UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Tesis previa a Ia Obtención del Título de INGENIERO ELÉCTRICO

ANÁLISIS, NORMAS Y SOLUCIONES A LAS CONDICIONES OPERATIVAS APLICADAS A LA MEDIDA DE ARMÓNICOS EN LA SUBESTACIÓN LIMÓN # 23

TOMO II

AUTORES:

EDGAR GEOVANNY BRABO PEÑAFIEL
JUAN CARLOS CULCAY PERALTA

DIRECTOR:

ING. WALTER OROZCO, MSC

Cuenca, Mayo de 2011

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA".

Cuenca, Mayo del 2011.

Edgar Geovanny Brabo Peñafiel

Juan Carlos Culcay Peralta

Certifico que bajo mi dirección la tesis fue realizada por los señores.

Edgar Geovanny Brabo Peñafiel

Juan Carlos Culcay Peralta

Ing. Walter Orozco, Msc

DIRECTOR

DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a mis padres, hermanas, hermano, sobrinos, sobrinas y amigos en general, además a Belén por su ayuda fuera de la ciudad de Cuenca, que sin ellos no hubiese podido culminar.

Geovanny Brabo

"No veo lógico rechazar datos porque parezcan increíbles." **Fred Hoyle**

DEDICATORIA

A mis padres, porque creyeron en mí y porque me sacaron adelante, dándome ejemplos dignos de superación, esfuerzo y entrega, porque en gran parte gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta. Además a mis hermanas, tíos, primos, abuelos y amigos por su constante apoyo.

Juan Carlos Culcay

"Son los problemas sin resolver, no los resueltos, los que mantienen activa la mente".

Erwin Guido Kolbenheyer.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento y gratitud:

A la Universidad Politécnica Salesiana y a sus docentes por habernos enseñado; ademas de formarnos como profesionales y como mejores personas.

A nuestro director que con su apoyo, su dedicacion al revisar el trabajo se logro la culminacion del mismo.

A la Empresa electrica regional centro sur (EERCS C.A.), que acepto el tema de análisis propuesto y a sus colaboradores: Ing. Miguel Arevalo, Ing. Patricio Quituisaca, Ing. Armando Guaman, Ing. Galo Cabrera por su tiempo para proporcionarnos informacion y a su vez guiar dicho trabajo.

Geovanny Brabo.

Juan Carlos Culcay.

CAPITULO III: RECOLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS TECNICO EN LA SUBESTACIÓN # 23 COMO EN LOS ALIMENTADORES # 2311, 2312.

3.3. Cargas conectadas a los alimentadores de la subestación # 23. ……Página 366.
3.3.1. Recolección de datos de los usuarios del alimentador 2311. ……Página 366.
3.3.1.1. Usuario 1380310. ……Página 366.
3.3.1.2. Usuario 3417417. ……Página 379.
3.3.1.3. Usuario 3820149. ……Página 384.
3.3.1.4. Usuario 1364470. ……Página 397.
3.3.1.5. Usuario 3608718. ……Página 407.
3.3.1.6. Usuario 3367588. ……Página 411.
3.3.1.7. Usuario 1373174. ……Página 420.
3.3.1.8. Usuario 1333046. ……Página 433.
3.3.1.9. Usuario 3759230. ……Página 337.
3.3.1.10. Usuario 3520251. ……Página 441.
3.3.1.11. Usuario 3927258. ……...Página 445.
3.3.1.12. Usuario 1328970. ……...Página 449.
3.3.1.13. Usuario 1626936. ……...Página 454.
3.3.1.14. Usuario 2069904. ……...Página 458.
3.3.1.15. Usuario 3173507. ……...Página 462.
3.3.1.16. Usuario 3292612. ……...Página 466.
3.3.2. Tabulación de datos de los consumidores del alimentador 2311. ……..Página 470.
3.3.2.1. Tabulación de datos del usuario 1380310. ……..Página 470.
3.3.2.2. Tabulación de datos del usuario 3417417. ……..Página 477.
3.3.2.3. Tabulación de datos del usuario 3820149. ……..Página 480.
3.3.2.4. Tabulación de datos del usuario 1364470. ……..Página 487.
3.3.2.5. Tabulación de datos del usuario 3608718. ……..Página 494.
3.3.2.6. Tabulación de datos del usuario 3367588. ……..Página 496.
3.3.2.7. Tabulación de datos del usuario 3820149. ……..Página 503.
3.3.2.8. Tabulación de datos del usuario 1333046. ……..Página 509.
3.3.2.9. Tabulación de datos del usuario 3759230. ……..Página 515.

3.3.2.10. Tabulación de datos del usuario 3520251. ……....Página 521.
3.3.2.11. Tabulación de datos del usuario 3927258. ……....Página 527.
3.3.2.12. Tabulación de datos del usuario 1328970. ……....Página 533.
3.3.2.13. Tabulación de datos del usuario 1626936. ……....Página 539.
3.3.2.14. Tabulación de datos del usuario 2069904. ……....Página 545.
3.3.2.15. Tabulación de datos del usuario 3173507. ……....Página 551.
3.3.2.16. Tabulación de datos del usuario 3292612. ……....Página 557.
3.3.3. Recolección de datos de los usuarios del alimentador 2312… ……....Página 563.
3.3.3.1. Usuario 3595225. ……....Página 563.
3.3.3.2. Usuario 3093325**.** ……....Página 566.
3.3.3.3. Usuario 1370154. ……....Página 569.
3.3.3.4. Usuario 1333665. ……....Página 573.
3.3.3.5. Usuario 1333525. ……....Página 575.
3.3.3.6. Usuario 3593092. ……....Página 577.
3.3.4. Tabulación de datos de los consumidores del alimentador 2312. ……....Página 587.
3.3.4.1. Tabulación de datos del usuario 3595220. ....Página 588.
3.3.4.2. Tabulación de datos del usuario 3093325. ....Página 590.
3.3.4.3. Tabulación de datos del usuario 1370154. ....Página 595.
3.3.4.4. Tabulación de datos del usuario 1333665. ....Página 600.
3.3.4.5. Tabulación de datos del usuario 1333525. ....Página 603.
3.3.4.6. Tabulación de datos del usuario 3367588. ....Página 606.
3.4. Análisis de armónicas individuales para los alimentadores 2311, 2312…Página 613.
3.4.1. Armónicas individuales del alimentador 2311……Página 613.
3.4.1.1. Armónicas individuales del transformador 10528. ……..…Página 613.
3.4.1.2. Armónicas individuales del transformador 10374. ……..…Página 616.
3.4.1.3. Armónicas individuales del transformador 10621. ……..…Página 619.
3.4.1.4. Armónicas individuales del transformador 10954. ……..…Página 622.
3.4.1.5. Armónicas individuales del transformador 10356. ……..…Página 624.
3.4.1.6. Armónicas individuales del transformador 11548. ……..…Página 626.
3.4.1.7. Armónicas individuales del transformador 10912. ……..…Página 628.
3.4.1.8. Armónicas individuales del transformador 10886. ……..…Página 630.

3.4.2. Tabulación de datos de armónicas individuales del alimentador 2311. Página 632.
3.4.2.1. Tabulación de datos del Transformador 10528……Página 632.
3.4.2.2. Tabulación de datos del Transformador 10374……Página 635.
3.4.2.3. Tabulación de datos del Transformador 10621……Página 638.
3.4.2.4. Tabulación de datos del Transformador 10954……Página 641.
3.4.2.5. Tabulación de datos del Transformador 10356……Página 644.
3.4.2.6. Tabulación de datos del Transformador 11548……Página 646.
3.4.2.7. Tabulación de datos del Transformador 10912……Página 648.
3.4.2.8. Tabulación de datos del Transformador 10886……Página 651.
3.4.3. Armónicas individuales del alimentador 2312……Página 653.
3.4.3.1. Armónicas individuales del transformador 10127……Página 653.
3.4.3.2. Armónicas individuales del transformador 10413……Página 655.
3.4.3.3. Armónicas individuales del transformador 10432……Página 658.
3.4.3.4. Armónicas individuales del transformador 10442……Página 660.
3.4.3.5. Armónicas individuales del transformador 10660……Página 662.
3.4.3.6. Armónicas individuales del transformador 10849……Página 665.
3.4.4. Tabulación de datos de armónicas individuales del alimentador 2312...Página 667.
3.4.4.1. Tabulación de datos del Transformador 10127……Página 667.
3.4.4.2. Tabulación de datos del Transformador 10413……Página 670.
3.4.4.3. Tabulación de datos del Transformador 10432……Página 672.
3.4.4.4. Tabulación de datos del Transformador 10442……Página 674.
3.4.4.5. Tabulación de datos del Transformador 10660……Página 677.
3.4.4.6. Tabulación de datos del Transformador 10849……Página 679.
3.4.5. Armónicas individuales del de usuarios de media tensión y usuarios finales……Página 681.
3.4.5.1. Armónicas individuales del usuario 1380310…..……Página 682.
3.4.5.2. Armónicas individuales del usuario 3417417…..……Página 685.
3.4.5.3. Armónicas individuales del usuario 3820149…..……Página 687.
3.4.5.4. Armónicas individuales del usuario 1364470…..……Página 690.
3.4.5.5. Armónicas individuales del usuario 3608718…..……Página 692.
3.4.5.6. Armónicas individuales del usuario 3367588…..……Página 694.

3.4.6. Tabulación de datos de armónicas individuales de usuarios de media tensión y usuarios finales. ….……..…Página 696.
3.4.6.1. Tabulación de datos del usuario 1380310…..……..……Página 696.
3.4.6.2. Tabulación de datos del usuario 3417417…..……..……Página 699.
3.4.6.3. Tabulación de datos del usuario 3820149…..……..……Página 702.
3.4.6.4. Tabulación de datos del usuario 1364470…..……..……Página 705.
3.4.6.5. Tabulación de datos del usuario 3608718…..……..……Página 708.
3.4.6.6. Tabulación de datos del usuario 3367588…..……..……Página 710.

CAPITULO IV: PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LA SUBESTACIÓN # 23 COMO TAMBIÉN EN LOS ALIMENTADORES # 2311, 2312. SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE ARMÓNICOS.

4.1. Importancia de analizar las pérdidas de energía en la subestación # 23….Página 713.
4.1.1. Pérdidas en alimentadores # 2311, 2312……...……Página 713.
4.1.2. Pérdidas en sistema de distribución……...……Página 714.
4.1.3. Pérdidas en cargas lineales y no lineales……...……Página 721.
4.2. Elementos que producen armónicos y como sustituir o eliminar.....……Página 722.
4.2.1. Sustituir o eliminar el elemento que causa problemas……Página 723.
4.2.2. Es posible mejorar el funcionamiento de cargas dentro del sistema.…..Página 725.
4.2.3. Compensación de armónicos según métodos efectivos..……...……Página 728.
4.2.3.1. Sobrecalentamientos de los conductores neutros.……...……Página 729.
4.2.3.2. Sobrecalentamiento de los conductores y perturbaciones en los interruptores automáticos de los circuitos……...……...……Página 729.
4.2.3.3. Sobrecargas de los condensadores de corrección del factor de potencia……...……...……Página 729.
4.2.3.4. Reducir las corrientes armónicas de las cargas perturbadoras…..……Página 730.
4.2.3.5. Disminuir la impedancia armónica de la fuente…..……...……Página 730.
4.2.3.6. Actuar en la estructura de la instalación……..……...……Página 730.
4.2.3.7. Encerrar las armónicas……...……Página 731.
4.2.3.8. Utilización de inductancias anti-armónicas…..……...……Página 732.

4.2.3.9. Filtros pasivos de armónicas……...……Página 732.
4.2.3.10. Filtros amortiguadores……...……Página 733.
4.2.3.11. Convertidores limpios y compensadores activos……...……Página 736.
4.2.3.12. Compensadores con estructura híbrida……..……...……Página 742.
4.3. Soluciones a las perdidas por armónicos……...……Página 747.
4.3.1. Solución a pérdidas en la subestación # 23…….……...……Página 747.
4.3.2. Solución a pérdidas en los alimentadores # 2311, 2312.……Página 763.
4.3.2.1. Transformador 10356……..……...…….…Página 763.
4.3.2.2. Transformador 11548……...……...……Página 764.
4.3.2.3. Transformador 10912……..……...…….Página 764.
4.3.2.4. Transformador 10886……...……...……Página 764.
4.3.2.5. Transformador 10621……...……...……Página 765.
4.3.2.6. Transformador 10528……...……...……Página 765.
4.3.2.7. Transformador 10127……...……...……Página 765.
4.3.2.8. Transformador 10849……...……...……Página 766.
4.3.2.9. Transformador 10442……...……...……Página 766.
4.3.3. Solución a pérdidas en el sistema de distribución. ……...……Página 766.
4.3.4. Solución a pérdidas en cargas lineales y no lineales……..……...……Página 767.
4.2.4.1. Usuario 1380310……...……...……Página 767.
4.2.4.2. Usuario 1364470……...……...……Página 767.
4.2.4.3. Usuario 3759230……...……...……Página 768.
4.2.4.4. Usuario 3173507……...……...……Página 768.
4.2.4.5. Usuario 3595220……...……...……Página 768.
4.4. Es factible la solución a las pérdidas de armónicos……...……Página 768.
4.4.1. Es económicamente factible……...……Página 769.
4.4.2. Es técnicamente factible……..……...……Página 770.
Referencias……....Página 771.

CAPITULO V: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

5.1. Subestación # 23 del cantón Limón……...Página 773.

5.2. Alimentador urbano rural # 2311 del cantón Limón……..Página 774.
5.3. Alimentador urbano rural # 2312 del cantón San Juan Bosco……...Página 778.
5.4. Recolección de datos de los usuarios del alimentador 2311…….…..Página 781.
5.5. Recolección de datos de los usuarios del alimentador 2312……..Página 787.
5.6. Importancia de analizar las pérdidas de energía en la subestación # 23…Página 790.
5.7. Solución a pérdidas en la subestación # 23……Página 791.
5.8. Es factible la solución a las pérdidas de armónicos……...Página 795.
5.9. Conclusiones……...……Página 795.
5.10. Recomendaciones……...……..……Página 798.
Anexos……...Página 799.

CAPITULO I.

ARMÓNICOS Y EFECTOS.

1. Introducción.

Desde el principio de la humanidad el hombre ha buscado la forma de transformar los distintos tipos de energías existentes en la naturaleza en energías directamente utilizables para satisfaces sus necesidades y mejorar sus condiciones de vida. Es así que en el año de 1880 se construye la primera planta de generación eléctrica de corriente continua desarrollada por el científico Tomas Edison, con lo que nace la tecnología eléctrica y con ello una nueva era, en la cual el eje de desarrollo social está directamente ligado con los avances producidos en el estudió de la energía eléctrica.

En el siglo XX comienza a surgir los procesos de producción y con ello la necesidad de contar con un sistema eléctrico confiable, de tal forma que no se paralicen los procesos productivos, por tanto la calidad de energía eléctrica en esta época estaba valorada y relacionada con la cantidad de interrupciones que se producía en este sistema de distribución. A partir de 1970 se produce la revolución tecnológica, en la cual el principal actor es la electrónica, siendo los dispositivos electrónicos digitales los encargados de modernizar los procesos de producción y disminución de tiempos, con lo cual se incrementa el uso de estos componentes, a raíz de la utilización de estos elementos se comienzan a observar las deficiencias de la energía eléctrica debido a la sensibilidad de estos dispositivos a las variaciones de amplitud, formas de onda y frecuencia de la tensión de suministro, como consecuencia de estas observaciones nace un concepto importante que continuamente toma más importancia, la calidad de la energía eléctrica. Con el pasar del tiempo este concepto está evolucionando debido a que empiezan a aparecer nuevos conceptos como son el efecto flicker, distorsión armónica, fluctuaciones de tensión tanto de corta y larga duración, factor de potencia.

En la actualidad, la calidad de la energía eléctrica es uno de los aspectos más relevantes dentro de este campo, es así que hay organismos internacionales de normalización como:

IEEE, ANSI, IEC, ISO entre otros los cuales han realizado muchos estudios para establecer normas y estándares para la calidad de la energía eléctrica.

Por tanto es de vital importancia realizar un diagnóstico sobre las perturbaciones existentes en la subestación de Limón # 23 ya que están afectando a la calidad de energía, se va a determinar las causas y a proveer posibles soluciones con el fin lograr los estándares de calidad exigidos en las normas tanto nacionales e internacionales establecidas para su correcto funcionamiento.

1.1. La calidad de la energía eléctrica.

La generación de energía eléctrica en los centros de producción y su suministro en los puntos de consumo se hace mediante la red de distribución eléctrica. Para su adecuado funcionamiento, en términos generales, la primera necesidad es que los centros de generación satisfagan la demanda de los usuarios. Superado el problema del suministro se debe considerar la calidad de la energía suministrada. Este no es un aspecto de importancia evidente como el anterior, sin embargo tiene repercusiones de primera magnitud. La calidad de la energía eléctrica es un término global que no tiene una definición exacta y que abarca tanto la disponibilidad del suministro eléctrico junto con la calidad de la tensión y la corriente suministradas. Cualquier desviación de la tensión y la corriente de su forma ideal se consideran como una pérdida de calidad o como una perturbación. La mala calidad de la energía eléctrica en el punto de suministro al consumidor puede generar problemas importantes en las instalaciones y equipos conectados a la red.

Las perturbaciones en la calidad de la energía eléctrica se pueden agrupar en dos grandes grupos: variaciones y eventos.

- Las variaciones son pequeñas desviaciones de la tensión o de la corriente respecto de su valor nominal. Como ejemplos, el cambio del valor eficaz o valor cuadrático medio de la señal (rms), el cambio de la frecuencia de la señal respecto de su valor nominal o la distorsión armónica.

- Los eventos, por su parte, son desviaciones que sólo ocurren ocasionalmente como los huecos de tensión o las sobretensiones transitorias.

En ocasiones, puede ser difícil clasificar un fenómeno como perturbación o como evento. Las variaciones pueden ser medidas a cada instante mientras que los eventos requieren esperar a que una tensión o una corriente características excedan un valor que este fijado como límite. Dado que este valor límite es arbitrario la distinción entre ambas también es arbitraria.

El problema de la calidad de la energía eléctrica es de naturaleza compleja. La energía eléctrica se genera como un sistema de tensiones trifásico equilibrado y se hace llegar al consumidor por medio de un sistema de transporte y distribución. En este proceso, la energía eléctrica sufre una serie de alteraciones que pueden afectar a los usuarios. Además, la conexión de los aparatos de los clientes al sistema de distribución de energía eléctrica origine a que circulen corrientes eléctricas proporcionales a la demanda de los mismos. Estas corrientes al circular por la red originan caídas de tensión, haciendo que la amplitud de la tensión suministrada en un determinado punto y en un determinado instante sea función de las caídas de tensión acumuladas en todos los elementos de la red por la que se alimenta el cliente. Por tanto, para asegurar unos niveles mínimos de calidad en el suministro eléctrico es necesaria la cooperación de todos los agentes que intervienen en el proceso, el generador, el distribuidor y el propio consumidor. Además de la demanda por parte de los consumidores de una energía eléctrica de mayor calidad y a más bajo costo, hay otros dos factores que afectan de forma importante y creciente a la calidad del suministro eléctrico en las actuales redes de distribución. Estos dos factores son la liberalización del sector eléctrico y la integración de fuentes de energía renovable.

La liberalización del sector eléctrico está cambiando el modelo tradicional de la red eléctrica. Anteriormente era un sistema formado por un número muy reducido de grandes generadores que suministraba la energía por medio de una red de transmisión y de distribución a las cargas de los clientes. Sin embargo, actualmente se está convirtiendo en una red global, en donde un cierto número de compañías independientes generan energía y un gran número de clientes consumen esa energía de la red, también la pueden generar o incluso ambas cosas en diferentes instantes de tiempo. Este nuevo

modelo de sistema eléctrico supone un cambio importante que tiene una gran influencia en la calidad del suministro. En lo relativo a la calidad de la energía eléctrica, las fuentes de energía renovables afectan fundamentalmente al aumento de la distorsión armónica, ya que la generación a otras frecuencias distintas de la fundamental de la red implica la necesidad de sistemas de conexión que pueden producir mayores niveles de armónicos, también al aumento en los niveles del flicker de tensión, producido por las fuentes de energía eólica o en general a la menor tolerancia de los sistemas no convencionales a las perturbaciones eléctricas debido a su menor capacidad.

La disminución de la calidad de la energía eléctrica produce pérdidas, calentamientos y otros efectos: pero el más importante es el mal funcionamiento o la avería de los equipos conectados a la red de distribución. Esto puede derivar en problemas importantes en un entorno residencial o comercial, pero en los procesos industriales, los efectos económicos que pueden producir por la parada o la avería de los equipos pueden llegar a ser muy graves.

1.2. Armónicos, interarmónicos y subarmónicos.

La red de distribución eléctrica suministra energía a los equipos conectados a sus líneas mediante una onda sinusoidal de valor eficaz 120/220 V y frecuencia 60 Hz. Las características de esta onda están establecidas en la norma IEEE 519-1992. Sin embargo aparecen otras componentes frecuenciales que degradan la calidad de la onda suministradora de energía. Estas componentes se clasifican en función de su frecuencia f del siguiente modo si denotamos con f_1 a la componente fundamental de la red:

- Componente continua: $f = 0\ Hz$ es decir $f = h\ x\ f_1$ donde $h = 0$.
- Armónicos: $f = h\ x\ f_1$ donde $h > 0$ y entero.
- Interarmónicos: $f \neq h\ x\ f_1$ donde $h > 0$ y entero.
- Subarmónicos: 0 Hz < $f <\ f_1$, es decir, $f = h\ x\ f_1$ donde $0 < h < 1$.

El término subarmónico no tiene una definición oficial, pero se puede considerar como un caso especial de interarmónico con frecuencia inferior a la frecuencia fundamental.

1.2.1. Armónicos.

Los armónicos han sido históricamente la perturbación más estudiada ya que su existencia se conoce desde los comienzos de la distribución de la energía eléctrica. Su estudio y la evolución de las técnicas de medida han sido en gran parte los generadores del interés en otros aspectos de la calidad de la energía eléctrica hasta llegar a la situación actual.

Los armónicos en las formas de onda de la tensión y de la corriente son componentes de frecuencia de valor múltiplo de la frecuencia fundamental. Estos componentes armónicos se producen por la conexión de cargas no lineales a la red. Estas cargas absorben corrientes no lineales que al circular por las impedancias del sistema producen caídas de tensión no lineales que modifican la forma de onda de la tensión suministrada.

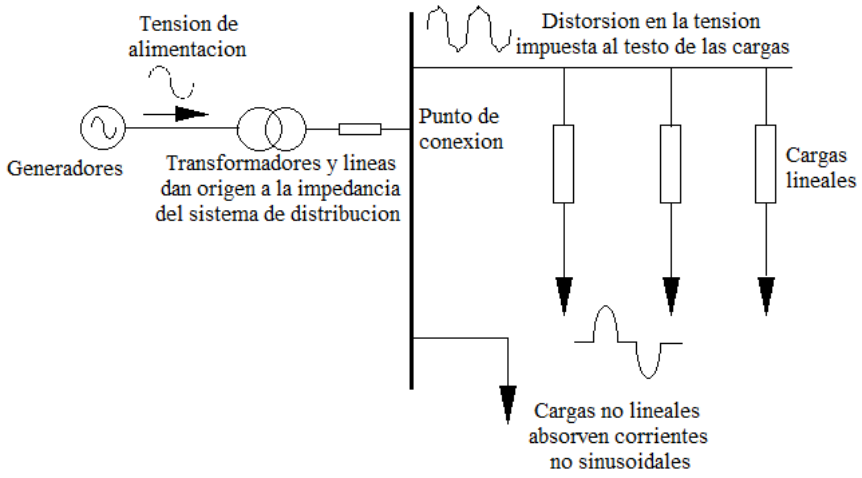

Figura 1. Generación y propagación de armónicos en las redes de distribución de energía eléctrica.

En términos generales se pueden citar como fuentes de armónicos en entornos industriales a los rectificadores, hornos de inducción, hornos de arco. En cuanto a los receptores de uso doméstico; los balastros de iluminación fluorescente, las lámparas de descarga de vapor de sodio, equipos electrónicos con fuentes de alimentación de funcionamiento conmutado, y equipos que incluyen motores como; los equipos de aire acondicionado, frigoríficos, etc. También producen armónicos los elementos de

instalaciones eléctricas como los equipos de producción, transporte y distribución de energía eléctrica y dispositivos electrónicos de control y mando que regulan la intensidad absorbida por un equipo consumidor.

Los armónicos se pueden evaluar de dos formas diferentes:

- Individualmente, por medio de su amplitud relativa, μ_h, respecto a la amplitud de la tensión de la componente fundamental U_1, siendo h el orden del armónico

$$\mu_h = \frac{U_h}{U_1} \qquad [\text{Ec. } 1]$$

- Globalmente, por medio del índice de distorsión armónica total, *THD*,

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} \mu_h^2} \qquad [\text{Ec. } 2]$$

La enorme proliferación de cargas no lineales está produciendo un aumento continuo en los niveles de la distorsión armónica en las redes de distribución, de tal forma que si se mantiene esta tendencia se puede esperar que en pocos años se alcancen los niveles máximos admisibles contemplados en la normativa internacional actualmente.

En las figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 se representa la tendencia en la evolución de la amplitud de los armónicos de la tensión y corriente, cómo se observa, a lo largo de los últimos años se produce un aumento en el orden de amplitud de los armónicos. Así también los factores THD de suministro. Estas graficas corresponden a la subestación Limón # 23 del mes de junio de 2010 proporcionadas por la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur S.A. Los límites de la distorsión armónica individual y la distorsión armónica total en condiciones normales de operación están definidos en los estándares EN 50160 e IEEE 519.

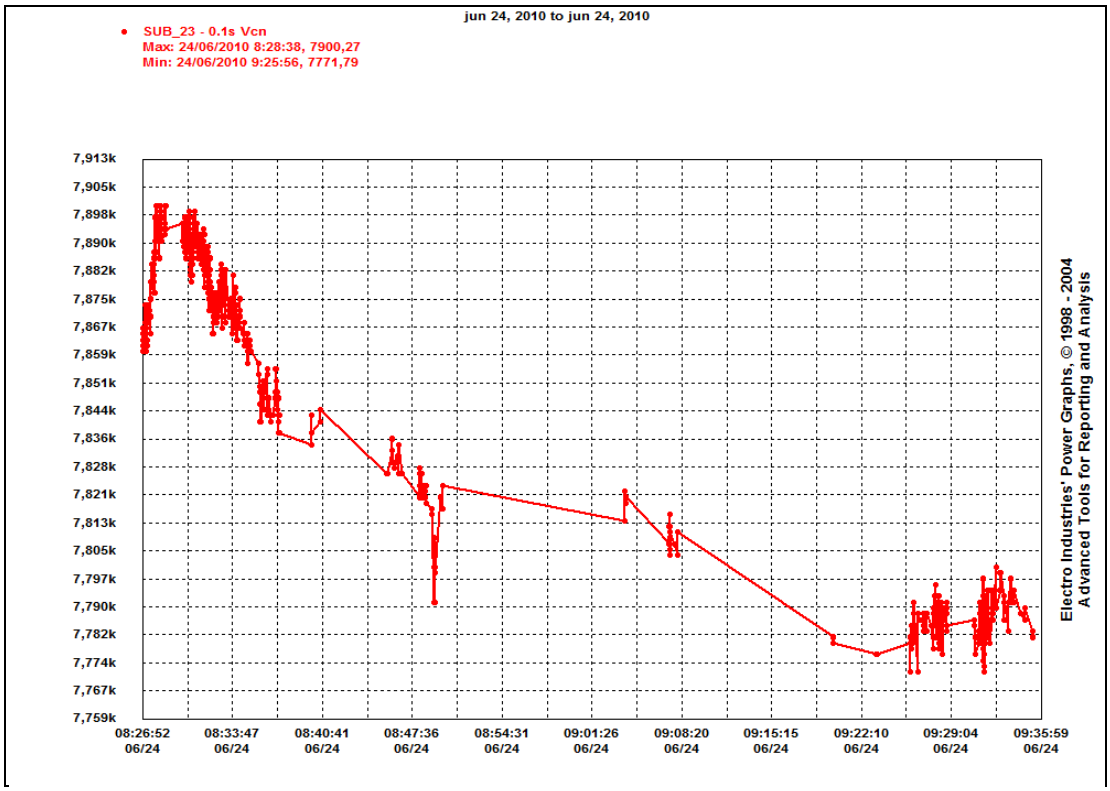

Figura 2.Grafica del voltaje de la fase C con respecto a neutro en la subestación Limón # 23.

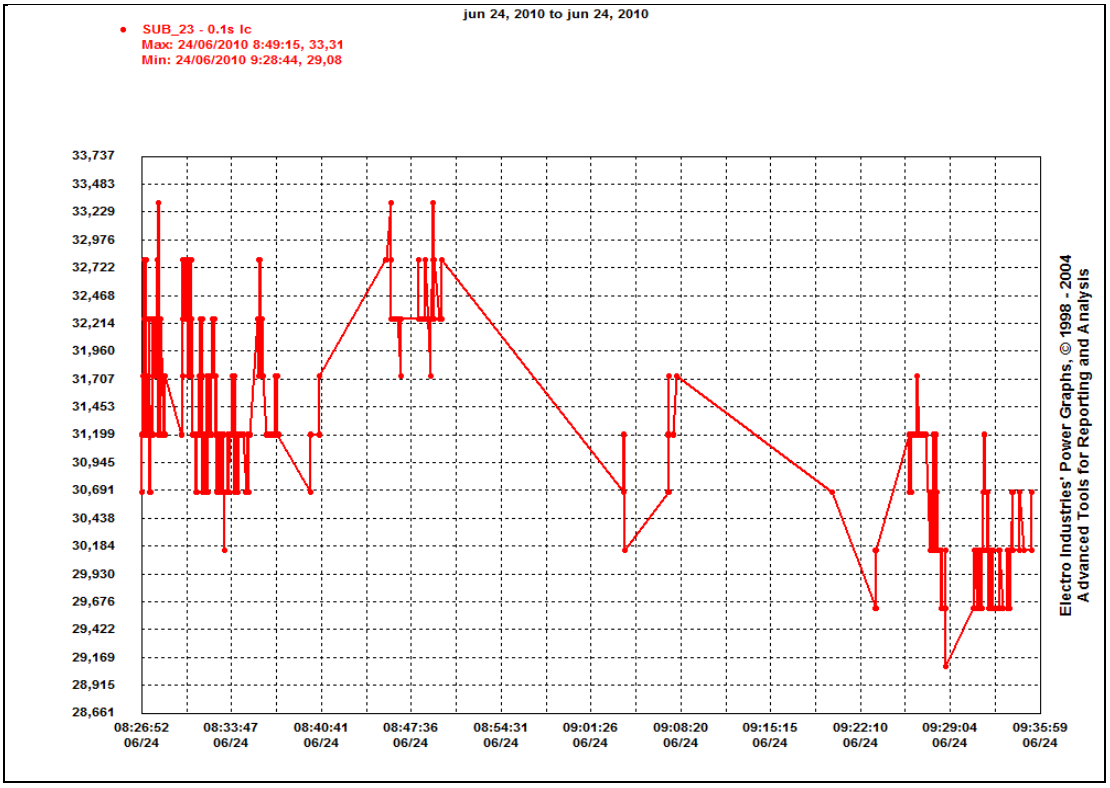

Figura 3. Grafica de la corriente de la fase C en la subestación Limón # 23.

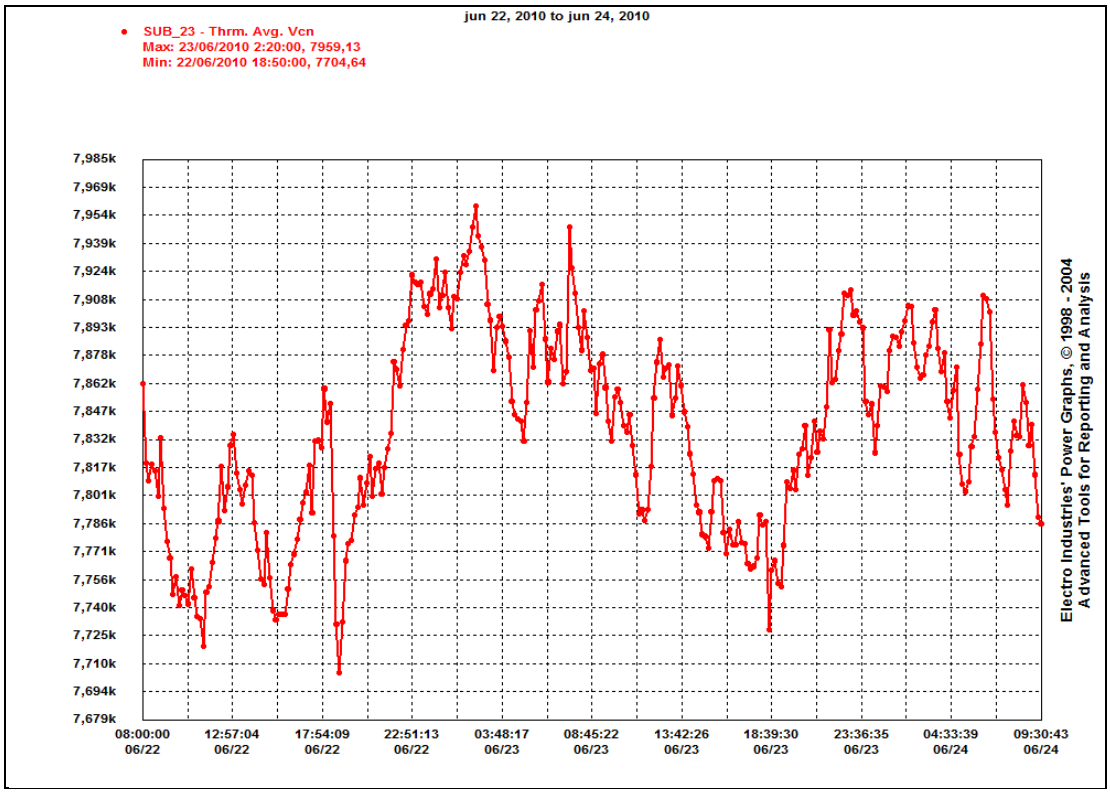

Figura 4. Grafica del voltaje Thrm de la fase C con respecto a neutro en la subestación Limón # 23.

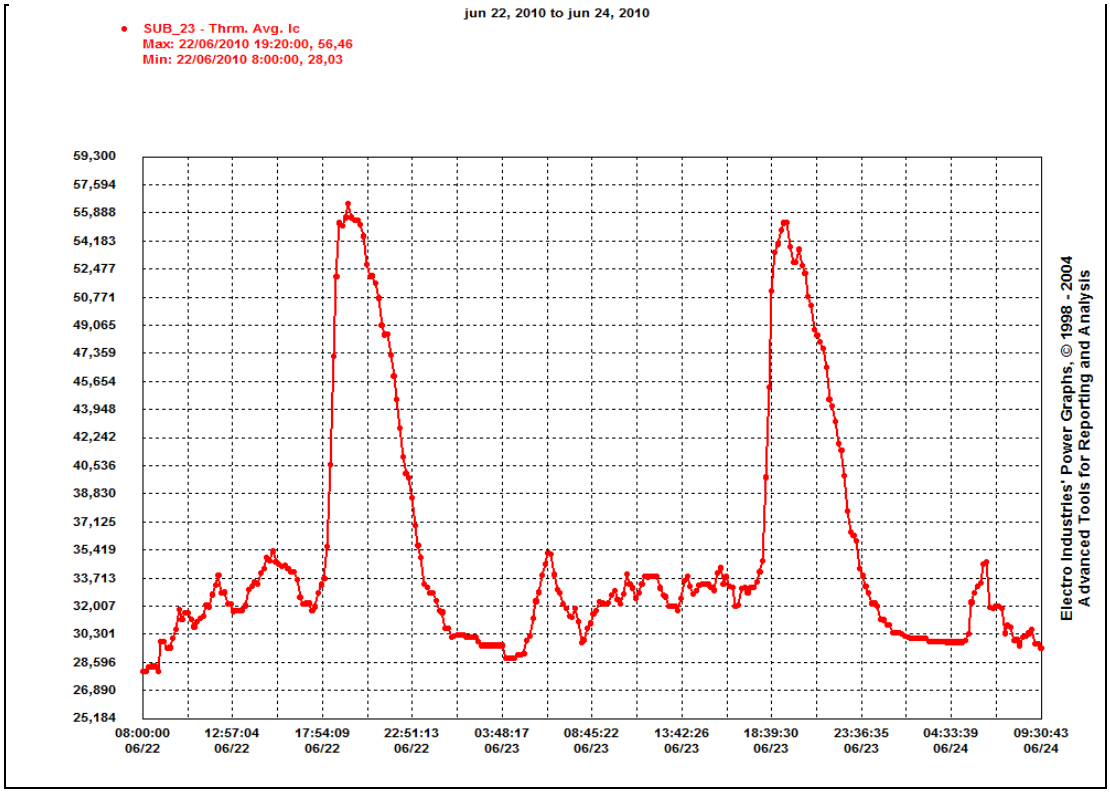

Figura 5. Grafica de la corriente Thrm de la fase C en la subestación Limón # 23.

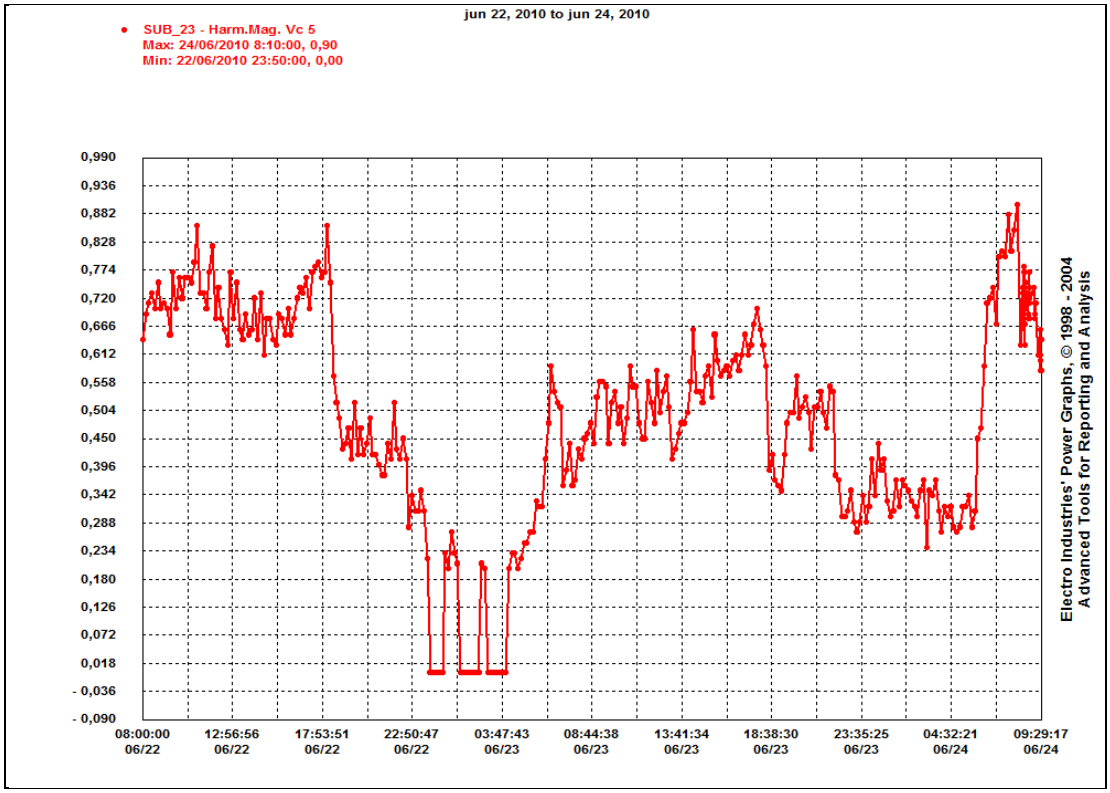

Figura 6. Grafica de la magnitud de armónicos de voltaje en la fase C en la subestación Limón # 23.

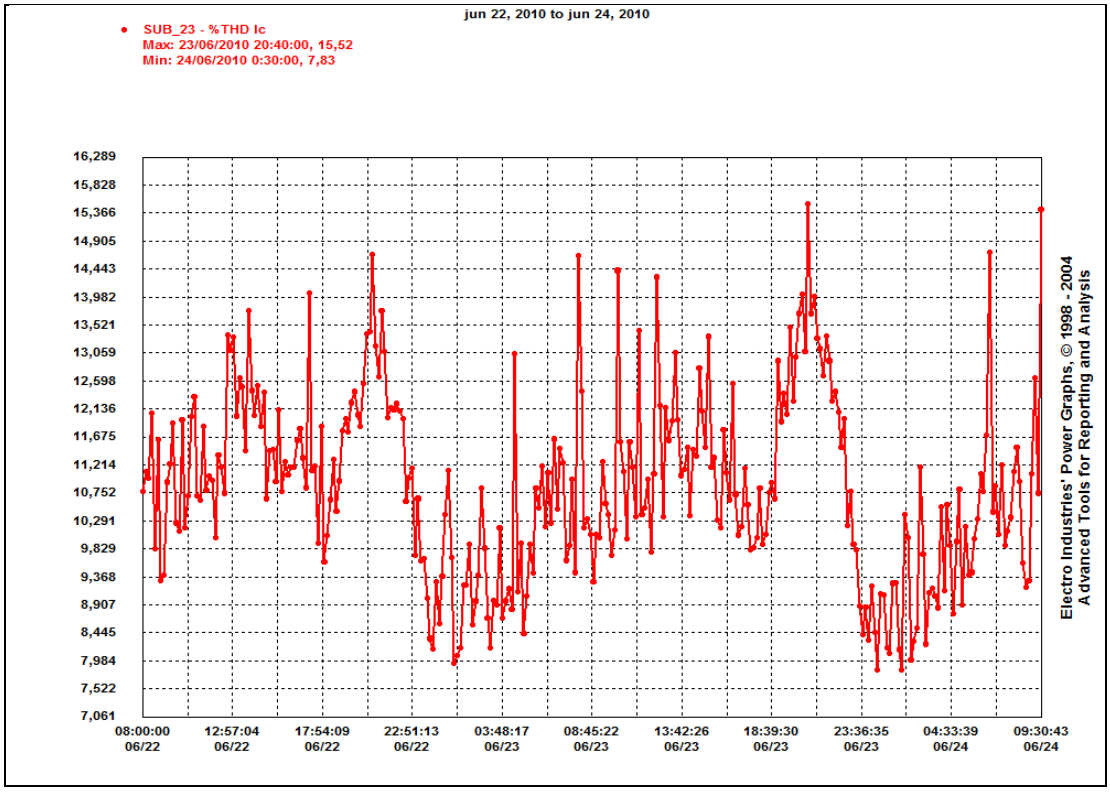

Figura 7. Grafica de THD de la corriente de la fase C en la subestación Limón # 23.

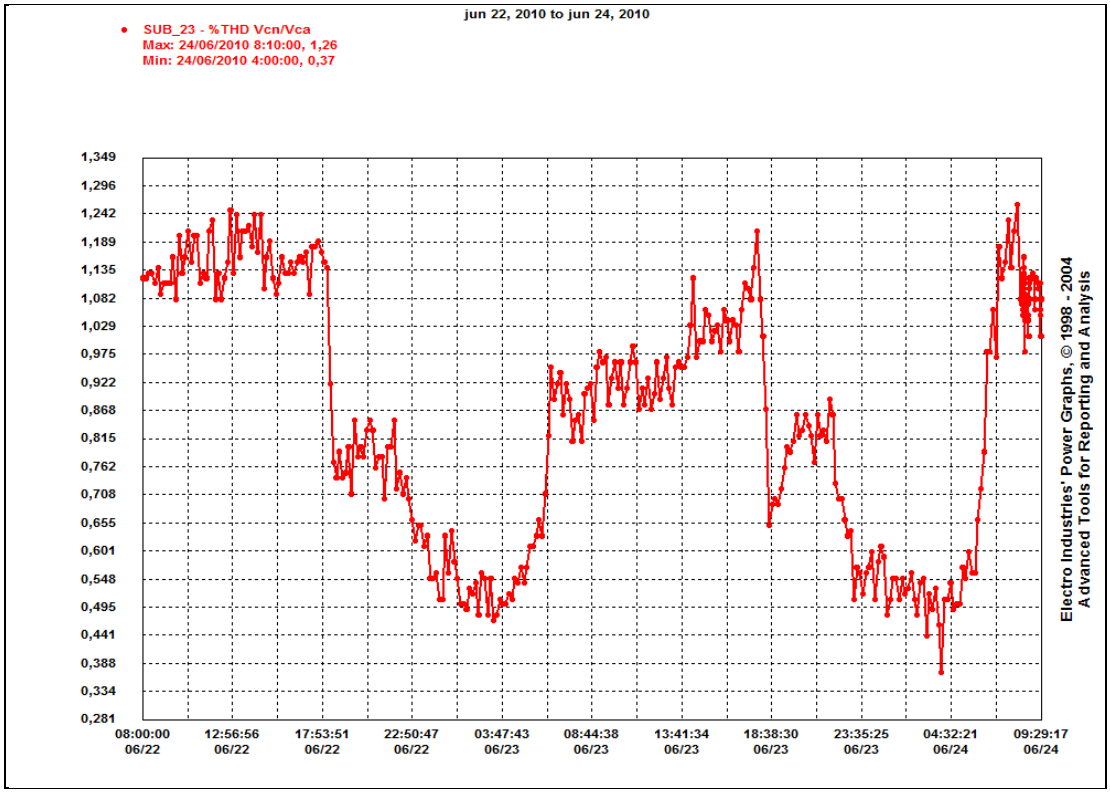

Figura 8. Grafica del THD del voltaje de la fase C con respecto a neutro en la subestación Limón # 23.

1.2.1.1. Efectos de los armónicos.

Los armónicos en las formas de onda de la tensión y la corriente están siempre presentes, en mayor o menor medida, en las redes de distribución y transporte de energía eléctrica actual por lo que afectan de forma permanente a la propia red y a las cargas conectadas a ella.

El efecto de los armónicos sobre los equipos depende de la naturaleza de estos así como de la magnitud, frecuencia y fase de los armónicos. Algunos de los efectos directos más importantes que producen son los siguientes:

- Los condensadores y transformadores sufren pérdidas adicionales y calentamientos que acortan su vida media de funcionamiento.
- Los fusibles de protección sufren calentamiento e incluso fusión en condiciones de intensidad normal.

- Los cables sufren fallos en el aislamiento, gradientes de tensión elevados y efecto corona.
- Los balastros inductivos que se utilizan en lámparas fluorescentes o lámparas de descarga sufren aumentos de temperatura.
- Los relés de protección sufren disparos inadecuados ocasionados por las modificaciones en los valores de pico y en los pasos por cero de la señal.
- En sistemas electrónicos de comunicaciones, computadores y equipos electrónicos de control de procesos como micro controladores, autómatas y robots, sus fuentes de generación de corriente continua a partir de la corriente alterna de la red eléctrica están diseñadas y construidas suponiendo que no se produzcan tensiones armónicos por encima de determinados niveles. Sin embargo, cuando se superan dichos niveles se puede producir pérdida de datos o aparición de datos erróneos, así como operaciones fuera de secuencia en robots y máquinas herramienta controlados por computador.
- En los equipos de medida por inducción se producen errores de medida ya que habitualmente están calibrados para una onda de tensión pura sin presencia de tensiones armónicas.
- Los sistemas de transmisión de señales por la red pueden ser alterados por frecuencias armónicos próximas al valor de la frecuencia de la señal portadora utilizada en la transmisión.
- En las propias redes eléctricas los armónicos incrementan sus pérdidas por calentamiento, especialmente en conductores neutros de baja tensión, transformadores y motores, ocasionando la degradación de los aislamientos, acortando su vida útil.
- Las cargas electrónicas que emplean fuentes de alimentación para disponer de energía eléctrica para su funcionamiento son más sensibles a las variaciones de la tensión en la red de suministro en función de la distorsión armónica existente. La distorsión armónica afecta a la forma de onda de la tensión alterna y modifica su factor de cresta, la relación entre su valor pico y su valor eficaz, aplicada a la entrada de la fuente de alimentación. Esto hace que la tensión continua en la salida del rectificador también varíe y si la tensión continua no regulada se hace

demasiado pequeña, la salida del regulador de tensión de la fuente de alimentación también disminuirá hasta que los distintos componentes del equipo alimentado acabarán por fallar.

1.2.2. Interarmónicos.

Los interarmónicos en las ondas de tensión y de corriente son componentes de frecuencia que no son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental.

Principalmente son producidos por ciclo convertidores, convertidores estáticos de frecuencia, convertidores subsíncronos, motores de inducción, hornos de arco y equipos de soldadura en arco, pero en general, cualquier carga no pulsante sincrónicamente con la frecuencia fundamental es una fuente potencial de interarmónicos.

Hasta el momento han sido un tipo de perturbación poco estudiada, pero el incremento que están experimentando actualmente en las redes de distribución y los efectos que producen, hace que haya crecido el interés por su medida y análisis. La medida de interarmónicos es una tarea compleja. Una señal con componentes interarmónicas no es necesariamente periódica y además, dependiendo del intervalo de observación, la señal puede aparecer como no simétrica.

La magnitud de las componentes interarmónicos actualmente es muy reducida, más de un orden de magnitud inferior que los componentes armónicos de una señal, y su medida en presencia de otros componentes armónicos y de la propia componente fundamental puede quedar casi totalmente enmascarada. Sin embargo, el creciente número de equipos de electrónica de consumo conectados a la red, cada vez introducen más de estas componentes interarmónicos y en conjunto aumentan sus niveles.

Los resultados que se exponen indican que las amplitudes de los interarmónicos de menor orden, interarmónicos de orden 1 y de orden 2 calculados empleando el concepto de grupo interarmónicos definido en los estándares IEEE 519-1992, IEC 61000 3-2 IEC 61000 3-4 son en ocasiones superiores a los niveles de compatibilidad definidos en la normativa internacional

1.2.2.1. Efectos de los interarmónicos.

La propagación de interarmónicos en la red de distribución puede producir efectos nocivos en los equipos a los que suministra energía eléctrica como:

- Efectos térmicos.
- Oscilaciones de baja frecuencia en sistemas mecánicos.
- Oscilaciones torsionales en máquinas eléctricas.
- Interferencias en señales de control y protección en líneas eléctricas.
- Sobrecargas en filtros paralelos para armónicos de alto orden.
- Interferencias en señales de telecomunicación.
- Perturbaciones acústicas.
- Saturación en transformadores de corriente.
- Flickers en sistemas de iluminación.

Uno de los efectos más importantes de los interarmónicos es su influencia en el flicker de los dispositivos de iluminación. Las componentes interarmónicos afectan al valor de pico y al valor eficaz de la tensión fundamental, haciendo que estas fluctuaciones de tensión produzcan fluctuaciones en la iluminación si la magnitud de los interarmónicos sobrepasa ciertos niveles de inmunidad. Estas variaciones en la iluminación tienen efectos nocivos en el ser humano.

1.2.3. Subarmónicos.

Los subarmónicos en las ondas de tensión y corriente no tienen una definición oficial ni tienen definido un método de medida en las normas internacionales. Son componentes de frecuencia inferior a la frecuencia fundamental causadas principalmente por hornos de arco controlados por integración de ciclo, cicloconversores, generadores eólicos y acondicionadores de potencia de carga por modulación de ráfaga de pulso. Son un problema aún poco estudiado en cuanto a su incidencia en la calidad de la energía

eléctrica y del que apenas existen unas pocas referencias en cuanto a su efecto en motores, transformadores y el flicker lumínico que causan.

1.2.3.1. Efectos de los subarmónicos.

La consecuencia directa de la inyección de corrientes subarmónicos es la distorsión de la tensión de baja frecuencia que aparece como modulación de la componente fundamental de la señal.
Entre los efectos de los subarmónicos se cita:

- Flicker de luz en sistemas de iluminación y pantallas de visualización.
- Asimetría del ciclo de histéresis en transformadores.
- Envejecimiento de la vida útil por efecto térmico.
- Perturbaciones en turbogeneradores.
- Funcionamiento incorrecto de sistemas de control remoto.
- Disparo erróneo de tiristores.
- Reducción de la vida útil de motores de inducción.

1.3. Principales cargas.

La carga es modelada mediante dos componentes: una fundamental y una armónica. La armónica presenta una parte lineal y una no lineal tal como se muestra en la figura 9. La parte lineal se representa mediante la conexión en paralelo de una resistencia y una inductancia, mientras la parte no lineal es representada mediante una fuente ideal de corriente que genera los componentes armónicos.

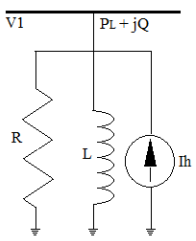

Figura 9. Modelo de carga armónica.

1.3.1. Carga lineal.

Esto ocurre cuando la carga posee elementos como resistencias, inductancias y condensadores de valores fijos. Con estas características en el sistema se tiene un voltaje y corriente senoidal, y por lo general existe un desfase entre ellos. La iluminación incandescente y las cargas de calefacción son lineales en naturaleza. Esto es, la impedancia de la carga es esencialmente constante independientemente del voltaje aplicado. Como se observa en la figura 10, en los circuitos de corriente alterna -AC la corriente se incrementa proporcionalmente al incremento del voltaje.

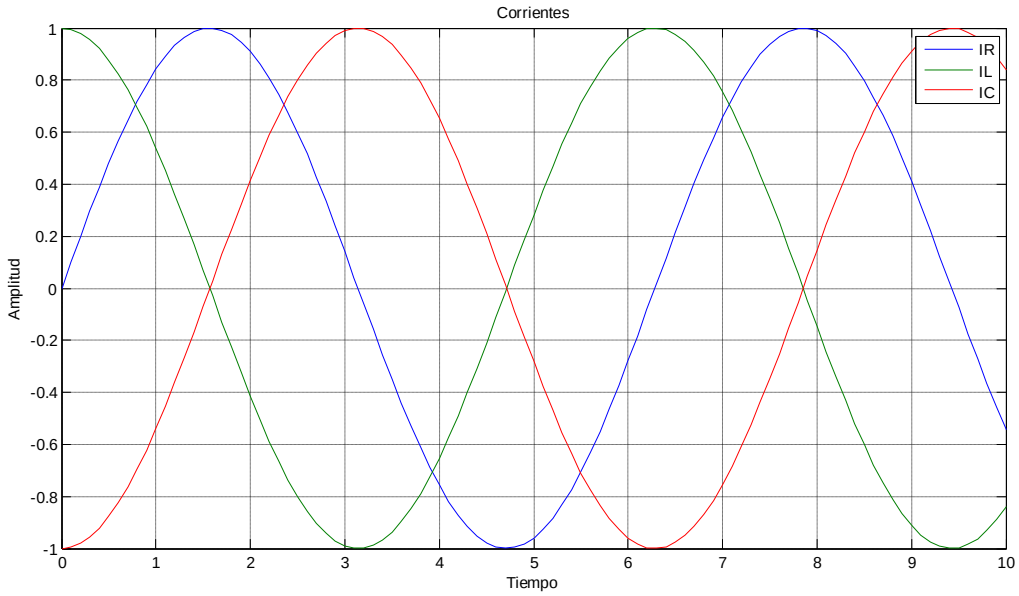

Figura 10. Ondas de corriente de una carga lineal.

Las corrientes lineales como: ***IR*** es una corriente pura de circuito resistivo; ***IL*** es una corriente de circuito parcialmente inductiva (atrasada); e ***IC*** es una corriente de circuito parcialmente capacitiva (adelantada). Una resistencia pura, una inductancia y una capacitancia son todas lineales. Con una carga lineal, la relación entre el voltaje y la corriente es lineal y proporcional; éste tipo de cargas no representan un problema de distorsión de la forma de onda por el hecho de comportarse de manera lineal. En la figura 11 para el gráfico de corriente la línea diagonal cuando posee un valor de pendiente "**m**" representa una resistencia fija del mismo valor.

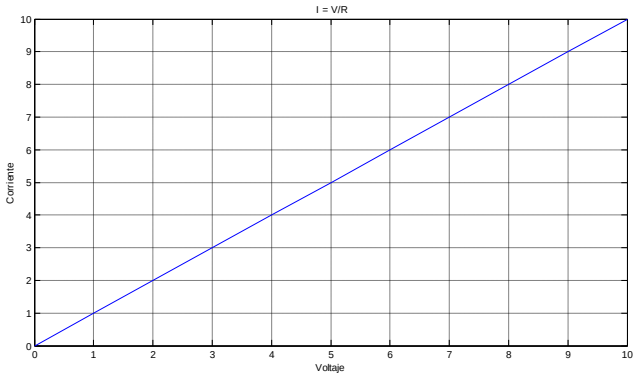

Figura 11. Curva del comportamiento de la carga lineal.

1.3.2. Carga no lineal.

Las cargas no lineales demandan una corriente no senoidal, cuyo paso por la impedancia del sistema provoca una caída de voltaje no senoidal, lo cual se traduce en una distorsión de voltaje en los terminales de la carga. Entre las cargas no lineales más comunes están los convertidores estáticos, dispositivos magnéticos saturados y hornos de arco. La figura 12, presenta un circuito de carga no lineal.

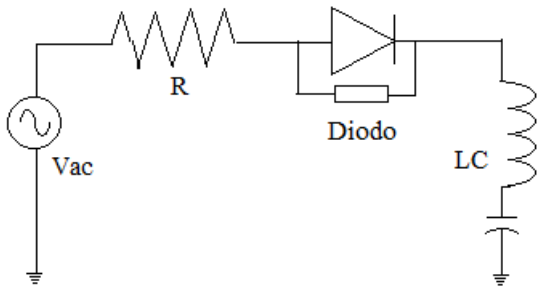

Figura 12. Circuito de carga no lineal.

El uso de las cargas no lineales se ha incrementado considerablemente en los últimos años. Los convertidores estáticos son las cargas no lineales de más variedad de aplicaciones, tales como fuentes de poder para procesos electroquímicos, variadores de velocidad y fuentes ininterrumpibles de poder (UPS).

Una alta distorsión de corriente provoca calentamiento excesivo en conductores y transformadores así como interferencia en equipos de comunicación mientras que la distorsión del voltaje provoca una operación incorrecta de equipos sensibles

(computadoras, microcontroladores). Con una carga no lineal no se tiene una relación directa entre el voltaje y la corriente, como se aprecia en la figura 13.

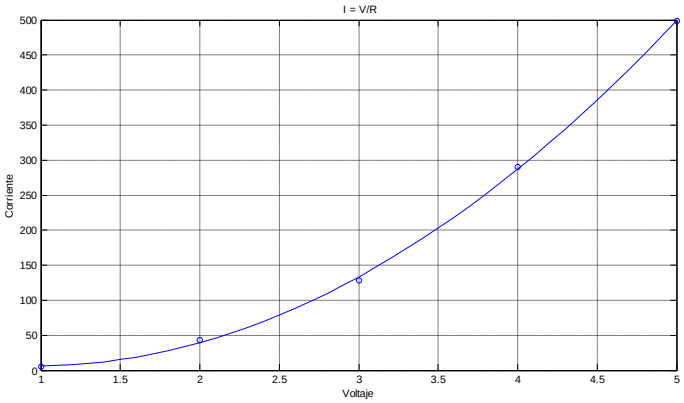

Figura 13. Curva del comportamiento de una carga no lineal

Los principales efectos de las cargas no lineales en los sistemas eléctricos son:

- Distorsión de voltaje en el sistema eléctrico.
- Interrupción de procesos productivos.
- Excesivas corrientes de retorno en el neutro.
- Altos niveles de voltaje de neutro a tierra.
- Sobrecalentamientos en los transformadores y elevados campos electromagnéticos.
- Disminución en la capacidad de los equipos de distribución.
- Penalizaciones tarifarias debido al bajo factor de potencia.

1.4. Causas y efectos de los armónicos.

La presencia de tensiones y corrientes armónicos en el sistema de potencia trae consigo muchas consecuencias no deseadas, las que de acuerdo a la sensibilidad característica de los equipos conectados a la red de suministro y al porcentaje de distorsión provocado por los armónicos ocasionara efectos que pueden ser perceptibles, nocivos o que

inclusive conlleven a su daño; dichos efectos pueden ser muy variados dependiendo del tipo de carga que esté alimentado por tensiones distorsionadas armónicamente.

Los equipos que presentan mayor susceptibilidad a la distorsión armónica son aquellos cuyo diseño o construcción asumen una entrada de tensión fundamental sinusoidal perfecta, aunque sin lugar a duda, los armónicos afectan negativamente al funcionamiento de todos los elementos y cargas conectadas al sistema eléctrico, por tanto de mucha importancia realizar un análisis de los efectos provocados por la distorsión armónica en los elementos constituyentes del sistema de potencia.

1.4.1. Efecto conductor neutro.

El diseño de circuitos ramales en el pasado había permitido un conductor neutro común para tres circuitos monofásicos. La lógica dentro de este diseño fue que el conductor neutro cargaría solamente con la corriente de desbalance de las tres cargas monofásicas. Un conductor neutro común parecía adecuado para las cargas y era económicamente eficiente puesto que un ingeniero de diseño balancearía las cargas durante el diseño, y un electricista balancearía las cargas durante su construcción. En muchos ejemplos el conductor neutro se disminuía en tamaño con respecto a los conductores de fase por las mismas razones.

Bajo condiciones balanceadas de operación en cargas monofásicas no lineales, el neutro común de los tres circuitos monofásicos es portador de armónicos triples de secuencia cero, los cuales son aditivos en el conductor neutro. Bajo condiciones de desbalance, el neutro común lleva corrientes comprendidas por las corrientes de secuencia positiva procedentes del desbalance del sistema, las corrientes de secuencia negativa procedentes del desbalance del sistema, y las corrientes aditivas de secuencia cero procedentes de los armónicos triples. Un conductor neutro común para tres circuitos ramales monofásicos, puede fácilmente sobrecargarse cuando alimenta, cargas no lineales balanceadas o desbalanceadas. Las corrientes excesivas en el conductor neutro provocan caídas de voltajes mayores que los normales entre el conductor neutro y tierra en las tomas de 120 volts. Esto puede desestabilizar la operación del equipamiento electrónico sensible, tales como computadoras, que pueden requerir de un receptáculo de tierra aislado.

Las barras de neutro de la pizarra de control representan el primer punto común de conexión de las cargas monofásicas conectadas en delta. Recuérdese que las corrientes armónicas de secuencia positiva y negativa, asumiendo cargas balanceadas, se cancelan en cualquier punto común de conexión. La barra del conductor neutro también puede sobrecargarse debido a los efectos de cancelación de las corrientes armónicos de secuencia positiva y negativa entre los conductores que sirven a diferentes cargas.
Además, las corrientes armónicas triples de secuencia cero fluyen en los conductores neutros, a pesar del balance de las cargas. Las corrientes armónicas triples solamente, pueden sobrecargar las barras de neutro. En la práctica, los conductores neutros de circuitos ramales individuales portan corrientes armónicos de secuencia positiva y negativa provenientes de los desbalances de fase junto a las corrientes de armónicos triples de secuencia generados por la carga. Las barras de neutro que son dimensionadas para llevar el valor completo de la corriente de la corriente nominal de fase pueden fácilmente sobrecargarse cuando el sistema de distribución de potencia alimenta cargas no lineales.

1.4.2. Efectos equipos electrónicos sensibles.

Existen numerosos equipos modernos que son muy sensibles a los cambios producidos en el voltaje de alimentación de los mismos. Entre ellos están: las computadoras, los módems, las tarjetas de electrónica compleja (de captación de datos, de comunicaciones, etc.), las cargas registradoras y muchos otros equipos domésticos y de oficina. Estos equipos al estar constituidos por complejas y delicadas configuraciones de elementos de baja potencia, necesitan de una fuente de alimentación muy estable que les provea de un voltaje dc de rizado casi nulo. Para ello necesitan de una fuente primaria de ac y de un bloque rectificador con fuente de voltaje estabilizada. En algunos casos este bloque de alimentación no posee el grado de invulnerabilidad necesario para soportar ciertos grados de distorsión de la onda de voltaje. Por esta razón los delicados circuitos son sometidos a variaciones notables en el lado dc de sus fuentes, afectando el funcionamiento de los mismos. Ésta es la causa del re-arranque de computadoras y de la pérdida de control de las cajas registradoras sometidas a voltajes altamente

contaminados. Además, los equipos con alto nivel de integración en sus elementos componentes que estén sometidos a voltajes distorsionados por armónicos durante prolongados períodos de tiempo, pueden presentar daños irreparables. En su gran parte estos daños provocan la inutilidad total del componente integrado del equipo en cuestión.

En el caso de los equipos que necesitan de un potencial de tierra nulo, si están conectados a conductores de neutro por los que circulan corrientes de armónicos, entonces se verán sometidos a voltajes de neutro a tierra ciertamente peligrosos que pueden causarles daños.

Existen además equipos electrónicos que necesitan censar las magnitudes de fase para tener una noción de tiempo con respecto a los comienzos de los períodos de las corrientes y voltajes de alimentación. Normalmente basan su funcionamiento en la detección del cruce por cero de las magnitudes que chequean. Cuando estas están sometidas a los efectos de distorsión de las cargas no lineales, puede darse el caso de que aparezcan cruces por cero de las formas de onda en momentos que no coinciden con el cambio de signo del lóbulo (positivo o negativo) de la onda que se tome de referencia. Estas detecciones incorrectas pueden dar lugar a operaciones erróneas y en algunos casos al no funcionamiento de los equipos que controlan.

1.4.3. Efecto en condensadores.

La impedancia de los condensadores disminuye al aumentar la frecuencia. Por tanto, si la tensión está deformada, por los condensadores que se usan para la corrección del factor de potencia circulan corrientes armónicos relativamente importantes. Por otra parte, la existencia de inductancias en algún punto de la instalación tiene el riesgo de que produzcan resonancias con los condensadores, lo que puede hacer aumentar mucho la amplitud de los armónicos en los mismos. Este fenómeno de resonancia puede ocasionar que sea perforado el aislamiento de los capacitores, provocando daños severos. Esta perforación puede ocurrir tanto por picos de voltaje como de corriente a través de los mismos aún cuando el diseño básico (a la frecuencia de operación) prevea pocas posibilidades de falla ante los picos de cargas operados y a los niveles de voltaje y de

corrientes esperados. En la práctica, no se recomienda conectar condensadores en instalaciones que tengan una tasa de distorsión armónica superior al 8%.

1.4.4. Efectos filtros pasivos.

En los filtros pasivos también pueden aparecer problemas de sobreesfuerzo del aislamiento por sobretensión o sobrecorriente en sus elementos componentes. Como estos filtros son los más empleados en la descontaminación armónica de los sistemas eléctricos debido a su bajo costo económico y facilidad de operación; también se hace necesario tenerlos en cuenta en el diseño durante la presencia de armónicos.

1.4.5. Efectos instantáneos.

Los armónicos de voltajes pueden distorsionar los controles usados en los sistemas electrónicos. Ellos pueden por ejemplo afectar las condiciones de conmutación de los tiristores por el desplazamiento del cruce por cero de la onda de voltaje.

Los armónicos pueden causar errores adicionales en los discos de inducción de los metros contadores. Por ejemplo, el error de un metro clase 2 será incrementado un 0.3%, en presencia de una onda de tensión y corriente con una tasa del 5 % para la quinta armónica.

Las fuerzas electrodinámicas producidas por las corrientes instantáneas asociadas con las corrientes armónicas causan vibraciones y ruido, especialmente en equipos electromagnéticos (transformadores, reactores, entre otros).

Torques mecánicos pulsantes, debido a campos de armónicos rotatorios pueden producir vibraciones en máquinas rotatorias.

Los disturbios son observados cuando líneas de comunicación y control son distribuidas a lo largo de líneas de distribución eléctricas que conducen corrientes distorsionadas.

Los parámetros que deben tenerse en cuenta incluyen: la longitud a la que se encuentran dichas líneas en paralelo, las distancias entre los dos circuitos y las frecuencias armónicos.

Los armónicos son causantes de numerosos problemas de operación en los sistemas de protección. Entre ellos está la operación incorrecta de fusibles, de interruptores (breakers) y equipos y/o sistemas digitales de protección.

Para el caso de equipos protegidos contra sobrevoltajes cuyos sistemas de protección también estén diseñados para operar con voltajes sinusoidales, pueden operar incorrectamente ante la aparición de formas de onda no sinusoidales. Esta operación incorrecta puede ir desde la sobreprotección del equipo hasta la desprotección del mismo por la no operación ante una forma de onda que podría dañarlo de forma severa. El caso típico se presenta ante formas de onda que presentan picos agudos. Si el dispositivo de medición está diseñado para responder ante valores *rms* de la forma de onda, entonces estos cambios abruptos pudieran pasar sin ser detectados y conllevarían a la desprotección del equipo ante aquellos picos agudos dañinos, que no provoquen un aumento notable de la magnitud medio cuadrática censada. También pudiera ocurrir el caso contrario, el disparo ante valores no dañinos para el equipo protegido. En estos casos el ajuste de la protección deberá depender de las características de la forma de onda: voltajes pico y *rms*, tiempo de crecimiento de la onda, entre otros. Las protecciones convencionales no tienen en cuenta todos estos parámetros y lo que toman como base del proceso de protección, lo hacen sobre la suposición de que la forma de onda es puramente sinusoidal lo cual puede ser aceptado para algunas formas de onda pero incorrecto para otras que pueden ser dañinas.

1.4.6. Efectos largo plazo.

El principal efecto a largo plazo de los armónicos es el calentamiento.

1.4.6.1. Calentamiento de capacitores:

Las pérdidas causadas por calentamiento son debidas a dos fenómenos: conducción e histéresis en el dieléctrico. Como una primera aproximación, ellas son proporcionales al cuadrado del voltaje aplicado para conducción y a la frecuencia para histéresis. Los capacitores son por consiguiente sensibles a sobrecargas, debido a un excesivo voltaje a

la frecuencia fundamental o a la presencia de tensiones armónicos. Estas pérdidas son definidas por el ángulo de pérdida δ del capacitor cuya tangente es la razón entre las pérdidas y la energía reactiva producida, esto se representa en la figura 14.

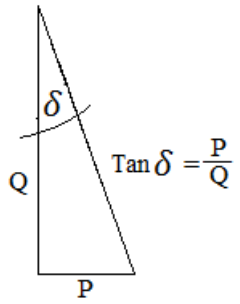

Figura 14. Triángulo relacionado con la potencia del capacitor (Potencia activa (P), reactiva (Q), aparente (R)).

Valores de alrededor de 10^{-4} de la frecuencia fundamental pueden ser citados para tan δ El calor producido puede conducir a un rompimiento dieléctrico.

1.4.6.2. Calentamiento debido a pérdidas adicionales en máquinas y transformadores:

Pérdidas adicionales en el estator (cobre y hierro) y principalmente en el rotor (devanado de amortiguamiento, y circuito magnético) de máquinas causadas por la diferencia considerable en velocidad entre el campo rotatorio inducido por los armónicos y el rotor. En los transformadores existirán pérdidas suplementarias debido al efecto pelicular, el cual provoca un incremento de la resistencia del conductor con la frecuencia, también habrá un incremento de las pérdidas por histéresis y las corrientes de Eddy o Foucault (en el circuito magnético).

1.4.6.3. Calentamiento de cables y equipos.

Las pérdidas son incrementadas en cables que conducen corrientes armónicas, que incrementa la temperatura en los mismos. Las causas de las pérdidas adicionales incluyen:

- Un incremento en la resistencia aparente del conductor con la frecuencia, debido al efecto pelicular.
- Un aumento del valor eficaz de la corriente para una misma potencia activa consumida.
- Un incremento de las pérdidas dieléctricas en el aislamiento con la frecuencia, si el cable es sometido a distorsiones de tensión no despreciables.
- El fenómeno relacionado con la proximidad, de envolventes, de pantallas (conductores revestidos) puestas a tierra en ambos extremos, entre otros.

De una forma general todos los equipos (cuadros eléctricos) sometidos a tensiones o atravesados por corrientes armónicos, sufren más pérdidas y deberán ser objeto de una eventual disminución de clase.

Muchas de las anomalías que ocasiona la circulación de corrientes de frecuencias que no son propiamente del sistema, a través de él y de los equipos conectados, causan en ocasiones problemas de operación, tanto a la empresa suministradora como al usuario. Se deben a las siguientes razones:

- Las frecuencias del flujo de potencia de tensiones y corrientes sobrepuestas a las ondas de flujo de 50 ó 60 ciclos, originan altas tensiones, esfuerzos en los aislamientos, esfuerzos térmicos e incrementan las pérdidas eléctricas.
- Muchos aparatos eléctricos son diseñados para aceptar y operar correctamente en potencia de 50 ó 60 ciclos, pero no responden bien a cantidades significantes de potencia a diferentes frecuencias. Esto puede causar ruido en el equipo eléctrico, problemas mecánicos y en el peor de los casos falla del equipo.
- Los armónicos generados en un sistema eléctrico pueden crear niveles altos de ruido eléctrico que interfieren con las líneas telefónicas cercanas.
- La presencia de frecuencias diferentes a la nominal en la tensión y en la corriente, regularmente no son detectables por un monitoreo normal, por mediciones o por el equipo de control; por lo que su presencia no se nota. Por ejemplo los medidores residenciales monofásicos no detectan frecuencias mucho más arriba de 6 ciclos. Frecuentemente la primera indicación de la presencia

significativa de armónicos es cuando causan problemas de operación o fallas del equipo.

- El mal funcionamiento de ciertos aparatos que utilizan la tensión como referencia para el control de los semiconductores o como base de tiempos para la sincronización de ciertos equipos.
- Perturbaciones porque se crean campos electromagnéticos. Así, cuando los conductores de baja intensidad o de transmisión de datos están muy próximos a cables de gran potencia por los que circulan corrientes armónicos, pueden, por inducción, ser receptores de corrientes que pueden provocar fallos en el funcionamiento de los elementos conectados a ellos.

1.4.7. Efecto pelicular.

El efecto pelicular es el fenómeno donde las corrientes alternas de alta frecuencia tienden a fluir cerca de la superficie más externa de un conductor que fluir cerca de su centro. Esto se debe al hecho de que las concatenaciones de flujo no son de densidad constante a través del conductor, sino que tienden a decrecer cerca de la superficie más exterior, disminuyendo la inductancia e incrementando el flujo de corriente. El resultado neto del efecto pelicular es que el área transversal efectiva del conductor es reducida a medida que la frecuencia es incrementada. Mientras mayor es la frecuencia, menor es el área transversal y mayor es la resistencia ac. Cuando una corriente de carga armónica esta fluyendo en un conductor, la resistencia ante corriente alterna equivalente R_{ac}, para el conductor es elevada, aumentando las pérdidas de cobre

$$I^2 \times R_{ac} \qquad [Ec.3]$$

Este es el efecto que provoca que numerosos equipos, a diferentes niveles en los sistemas de distribución de potencia, se vean sometidos a sobrecalentamientos excesivos. A ello contribuye también el incremento de las corrientes debido a la circulación de los armónicos de las diferentes secuencias. Este sobrecalentamiento es el que causa fallas por la pérdida del nivel de aislamiento en motores, transformadores, inductores y alimentadores en general.

1.4.8. Efecto resonancia paralelo.

Como se muestra en la figura 15, aparece una impedancia inductiva (transformador, conductor) en paralelo con la batería de condensadores.

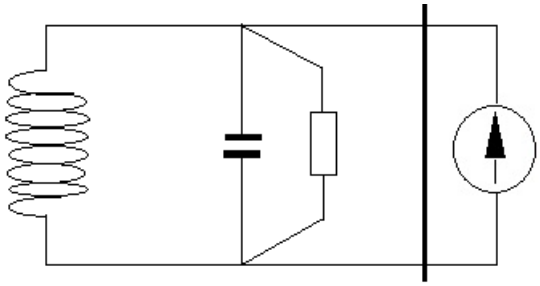

Figura 15. Esquema equivalente de la instalación.

Esta asociación inductancia-condensador en paralelo provoca el fenómeno de la resonancia paralelo del sistema, por lo cual, a una frecuencia determinada, el valor de la impedancia inductiva del sistema se hace muy elevado. La representación de la impedancia en función de la frecuencia para un sistema que representa resonancia paralelo se representa en la figura 16, donde también se muestra la impedancia del sistema sin batería de condensadores.

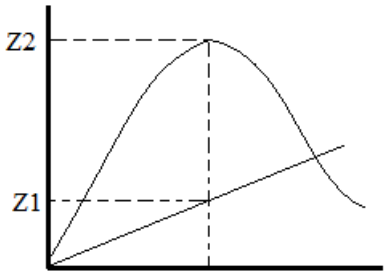

Figura 16. Resonancia paralelo y factor de amplificación

En la figura 16, se observa la diferencia de impedancias:

- Z1: impedancia de la instalación sin batería de condensadores,
- Z2: impedancia de la instalación con batería de condensadores.

La diferencia entre estos valores de impedancia es el factor de amplificación. La presencia de una batería de condensadores en una instalación, inclusive la propia capacitancia a tierra de un sistema de distribución no genera armónicos, sin embargo, pueden amplificar los armónicos existentes agravando el problema.
Por otro lado, el condensador es uno de los elementos más sensibles a los armónicos ya que presenta una baja impedancia a frecuencias elevadas y adsorbe las intensidades armónicos más fácilmente que otras cargas reduciendo considerablemente su vida útil.

Para comprobar de una forma rápida si en una red puede existir un riesgo importante de que se presente el fenómeno de la amplificación, se debe analizar lo siguiente:

- Que haya armónicos que puedan ser amplificados, es decir, que la frecuencia de resonancia paralelo del sistema coincida con un rango próximo al de los armónicos presentes en la instalación.
- La frecuencia de resonancia se puede calcular estimativamente con la siguiente expresión:

$$f_{rp} = \sqrt{\frac{S_{CC}}{Q}} \qquad \text{[Ec. 4]}$$

Donde:

f_{rp}: Frecuencia de resonacia paralelo.
S_{CC}: Potencia de cortocircuito en el punto de conexión de la batería.
Q: Potencia de la batería de condensadores.

- Que el factor de amplificación tenga un valor importante:

$$F_A = \frac{\sqrt{Q\ x\ P_{CC}}}{P} \qquad \text{[Ec. 5]}$$

Donde:

F_A: Factor de amplificación.

P_{CC}: Potencia de cortocircuito en el punto de conexión de la batería de condensadores.
Q: Potencia de la batería de condensadores (KVAr)
P: Potencia activa de la instalación (Kw).

- Si el orden de una corriente armónica inyectada por la fuente perturbadora corresponde al orden de la resonancia paralelo, existe el riesgo de sobretensiones armónicos, particularmente cuando la red está poco cargada. Las corrientes armónicas son entonces intensas en los componentes de la red, y representan un cierto peligro para los condensadores.
- Si el orden de la resonancia paralelo corresponde al orden de la frecuencia de los equipos de telemando del distribuidor (de la compañía distribuidora), existe riesgo de perturbaciones en estos equipos.

1.4.9. Efecto resonancia serie.

La resonancia serie aparece con la conexión serie de reactancia inductiva y una capacitiva. Existirá una determinada frecuencia que hará cero la impedancia del conjunto L-C serie.
Bajo condiciones de resonancia en serie, el sistema ofrece una impedancia muy baja a voltajes armónicos de frecuencia igual a la de resonancia. Por lo tanto, voltajes de pequeños armónicos en el sistema pueden originar corrientes elevadas de armónicos en los equipos. Este fenómeno es utilizado para filtrar los armónicos en una instalación.

1.4.10. Efecto transformador.

Aunque los transformadores son dimensionados para la operación con cargas de 60 Hz, cuando estos alimentan cargas no lineales evidencian un incremento notable en sus pérdidas; tanto en las de núcleo como en las de cobre. Corrientes armónicas de frecuencias más altas provocan pérdidas de núcleo incrementadas en proporción al cuadrado de la corriente de carga *rms* y en proporción al cuadrado de frecuencia debido al efecto pelicular. El incremento en las pérdidas de cobre se debe a la circulación de

corrientes armónicos de secuencia positiva y negativa transportadas en los conductores de fase provenientes de cargas generadoras de armónicos monofásicas y trifásicas, y a la circulación de las corrientes armónicos triples de secuencia cero que son transportadas en los conductores neutros desde las cargas monolineales generadoras de armónicos. Los armónicos triples de secuencia cero se suman algebraicamente en el neutro y pasan a través del sistema de distribución hasta que alcanzan un transformador conectado en delta-estrella. Cuando las corrientes de neutro de armónicos triples alcanzan un transformador delta-estrella la misma es reflejada dentro del devanado primario en delta donde circula y causa sobrecalentamiento y fallas en el transformador.

CAPÍTULO II.

ARMÓNICOS EN LA SUBESTACIÓN #23 E IMPACTO EN EL SISTEMA.

2.1. Métodos para analizar armónicos.

Existe una gran variedad de métodos analíticos usados para estudiar los armónicos y evaluar las soluciones de su problemática. Todos los métodos de análisis de armónicos emplean aproximaciones, linealizaciones de uno u otro tipo, presentando ventajas y desventajas los diferentes métodos, ninguno de ellos es el mejor en todas las situaciones. Ocasionalmente, dos o más métodos darán ligeras diferencias en los resultados cuando se usan para estudiar el mismo problema, en muy raras ocasiones pueden tenerse recomendaciones contradictorias de cómo reducir los armónicos.

2.1.1. Método de frecuencia.

El estudio del comportamiento de los armónicos de un circuito, un aparato eléctrico o de una parte del sistema ante una serie de pasos de frecuencias discretas, en cada paso se usa un modelo apropiado dependiente de la frecuencia para la parte que se analiza. En este análisis se pueden escoger los armónicos de frecuencia 60, 120, 180, 240, 300 etc., ciclos/seg. Este método es el más apropiado para análisis de condiciones posibles de resonancia y para análisis de diseño de filtros.

El análisis con diferentes frecuencias puede ser hecho junto con los estudios de flujo de carga, con análisis para la frecuencia de 60, 120, 180 y 240 ciclos, usando los valores de impedancias para las frecuencias mencionadas anteriormente y representando como generadores de armónicos a sus fuentes. Esta aproximación tiene la ventaja de que los programas de flujo de carga normales pueden ser usados para los flujos armónicos, identificando de esta manera los flujos de armónicos a través del sistema.

Desafortunadamente el método de las frecuencias, con frecuencia falla en el diagnóstico de los problemas de los armónicos, por diferentes razones, entre ellas estan: El flujo armónico y el flujo de frecuencia fundamental son aditivos, esta superposición puede

causar saturación y otros problemas con cargas no lineales. El método de la frecuencia parece ser el mejor para identificar los armónicos que pueden causar problemas en circuitos y en diferentes sistemas y pueden existir problemas de resonancia.

2.1.2. Método de análisis lineales.

Usualmente se aplican las técnicas de inyección de corriente que utilizan para estudiar fuentes armónicas compuestas de varias ondas cuadradas. Los equipos y circuitos deben ser representados como conjuntos de elementos lineales conectados en serie y en paralelo, o al menos lineales con cada rango de frecuencia.

Las ventajas de este método son su relativa simplicidad, su buena representación de porque y como las armónicas son creadas y como se propagan. Modelos de este tipo son frecuentemente construidos, después de que la naturaleza general de los armónicos en un sitio en particular es conocida, como un modelo para estudio del comportamiento y propagación de los armónicos de una manera más detallada.

2.1.3. Método de análisis no lineal en el dominio del tiempo.

Directamente se aplica a cargas no lineales simulando modelos en el dominio del tiempo. Programas tales como el EMTP o como mejor se conoce actualmente ATP, así como lo que se ha llamado simulación armónica en el tiempo con modelos para el flujo de potencia, calculan el aspecto de flujos de potencia usando modelos de cargas no lineales y modelos en líneas de equipos eléctricos representando sus impedancia a través del aspecto de frecuencias.

El ATP es la mejor herramienta para hacer análisis de problemas severos, su aproximación es muy buena y presenta una buena habilidad para realizar interacciones complejas de energía y equipo. Es el método preferido para evaluar los transitorios originados por armónicos como los causados por las corrientes de inrush originados por los transformadores.

La descripción general de elementos no lineales y variantes en el tiempo se realiza en términos de la ecuación diferencial siguiente:

$$x = f(x,t) \qquad \text{[Ec. 6]}$$

Donde *x* es el vector de estados de *m* elementos.

La ineficiencia de la solución convencional de [Ec. 6] mediante algún proceso de integración numérica, tal como el Runge-Kutta, ha imposibilitado su aplicación generalizada para obtener la solución en sistemas eléctricos con componentes no lineales y variantes en el tiempo, aún cuando en principio y en ausencia de inestabilidad numérica este proceso conduce a su solución precisa o "exacta".

2.1.4. Convergencia al Ciclo Límite.

Técnicas de aceleración de la convergencia de las variables de estado al ciclo límite mediante métodos Newton en el dominio del tiempo han sido desarrolladas con el propósito de eliminar la severa limitante de aplicación e ineficiencia computacional de los métodos convencionales de Fuerza Bruta para obtener las soluciones periódicas de sistemas eléctricos de potencia.

Fundamentalmente, para la deducción de estos métodos Newton, se parte del razonamiento de que la solución en estado estacionario $x(t)$ de [Ec. 6] es *T*-periódica y puede ser representada como un ciclo límite para x_k en términos de otro elemento periódico de x o en términos de una función arbitraria *T* periódica, originándose así una órbita. Antes de alcanzar el ciclo límite, los ciclos de la órbita transitoria están muy cercanos a éste. Su posición esta descrita adecuadamente mediante su ubicación en el Plano de Poincaré. Un sólo ciclo "mapea" su punto de inicio x^i a su punto final x^{i+1} y además mapea, a partir de un ciclo base, un segmento de perturbación Δx^i a Δx^{i+1}. Todos los mapeos cercanos al ciclo límite son quasi-lineales, y puede utilizarse un método Newton para obtener el punto de inicio x^∞ del ciclo límite.

Es posible aprovechar la linealidad existente en la vecindad de un ciclo base si [Ec. 6] se linealiza alrededor de una solución $x(t)$ de t_i a t_{i+T} obteniéndose el problema variacional.

$$\Delta x = J(t)\Delta x \qquad \text{[Ec. 7]}$$

Donde $J(t)$ es la matriz Jacobiana *T*-periódica.

Note que [Ec. 7] permite la aplicación de algoritmos tipo Newton para extrapolar la solución al ciclo límite, la cual es obtenida como:

$$x^{\infty} = x^{j} + C\left(x^{j+1} - x^{i}\right) \quad [\text{Ec. } 8]$$

Donde

$$C = (I - B)^{-1} \quad [\text{Ec. } 9]$$

2.2. Estudio de los armónicos en el dominio de la frecuencia.

El dominio de la frecuencia, el método más simple de análisis utiliza el marco de referencia de las componentes de secuencia para determinar la propagación de corrientes armónicas características mediante inyección de fuentes de corriente ideales en la red eléctrica.

2.2.1. La Transformada de Fourier.

La Transformada de Fourier es una herramienta matemática que permite efectuar la descomposición de cualquier tipo de señal representada en el dominio del tiempo (periódica o aperiódica) en función de componentes sinusoidales que proporcionan la representación en el dominio de la frecuencia de dicha señal, lo cual resulta útil en numerosas aplicaciones de procesamiento digital de señales y para el análisis y diseño de sistemas lineales invariantes en el tiempo.

Una señal periódica no sinusoidal se puede representar como una combinación de una serie de señales sinusoidales, llamadas “armónicas”, aplicando el teorema de Fourier.

El proceso de calcular la magnitud y la fase de una onda, periódica fundamental y sus armónicas en un periodo de tiempo se denomina análisis de armónicas.

Matemáticamente, la transformada de Fourier se expresa como:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} s(t) e^{-j2\pi f t} dt \quad [\text{Ec. } 10]$$

Donde, $s(t)$ es la señal que se va a descomponer en una suma de sinusoides, $S(f)$la transformada de $s(t)$.

Normalmente se asocia el análisis de funciones periódicas tales como una señal cuadrada con las series de Fourier más que con la transformada de Fourier. No obstante, la serie de Fourier es un caso especial de la transformada de Fourier.

Si la señal $s(t)$ no es periódica, entonces la transformada de Fourier será una función continua en frecuencia, es decir, $s(t)$ estará representada mediante la suma de sinusoides de todas las frecuencias. Para ilustrarlo, la figura 17 muestra un pulso de duración finita y su transformada de Fourier, de donde se deriva que una frecuencia sinusoidal llega a ser indistinguible de la siguiente y, por tanto se debe considerar todas las frecuencias.

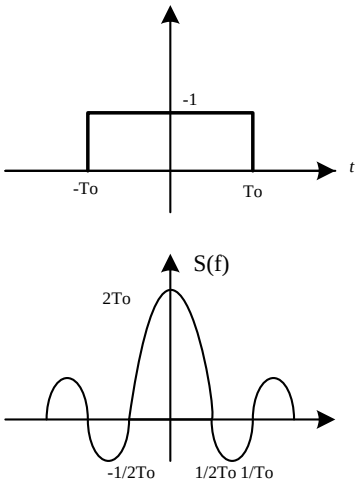

Figura 17.Transformada de Fourier de un pulso de duración finita.

En conclusión, la transformada de Fourier es una representación en el dominio de la frecuencia de una función. Como indican las figuras 17 y 18, el dominio de la frecuencia de la transformada de Fourier contiene exactamente la misma información que la función original, únicamente se diferencian en la forma de representarla.

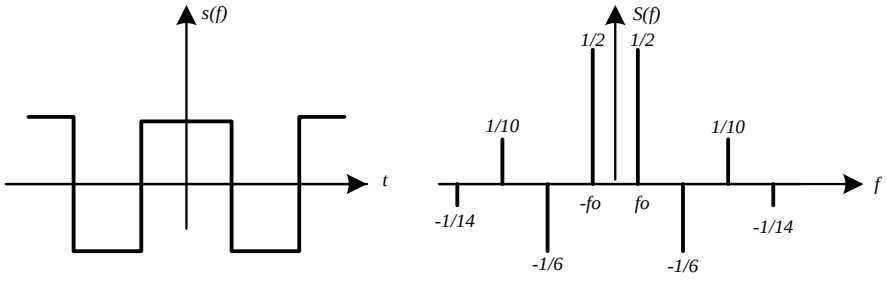

Figura 18.Transformada de Fourier de una onda cuadrada.

2.2.2. La transformada discreta de Fourier (DFT).

La transformada discreta de Fourier (DFT) es simplemente una aplicación particular de la transformada de Fourier para cuando se trabaja con señales muestreadas a iguales intervalos de tiempo, pues la DFT se calcula sobre secuencias de longitud finita que se encuentran comprendidas dentro del intervalo temporal $0 < n < N - 1$, siendo N el número total de muestras de las que se compone la secuencia de longitud finita bajo análisis.

La DFT tiene varias aplicaciones importantes, dentro de las cuales cabe mencionar las siguientes:

- Estimación espectral de las frecuencias contenidas en señales muestreadas.
- Estimación espectral y filtrado de señales contaminadas por ruido o interferencia.
- Desenmascarado de tramas de datos en comunicación digital.
- Identificación de la función de transferencia de sistemas lineales e invariantes en el tiempo a partir de su respuesta frecuencial.

El desarrollo matemático de la transformada discreta de Fourier parte de la transformada de Fourier para señales discretas que permite describir el espectro de señales discretas de longitud infinita. La deducción de la DFT se consigue a partir de la definición de la convolución discreta entre dos señales cualesquiera $x[n]$ y $h[n]$ para un intervalo de muestreo $ts = 1$, definida como:

$$y[n] = x[n] * h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x_s[k] h_s[n-k] \qquad [\text{Ec. } 11]$$

Donde *n* y *k* son números enteros.

La convolución discreta entre dos señales se puede apreciar gráficamente de mejor manera mediante la figura 19 mostrada a continuación, en la que se presentan tanto las señales muestreadas como el resultado de la convolución entre ellas.

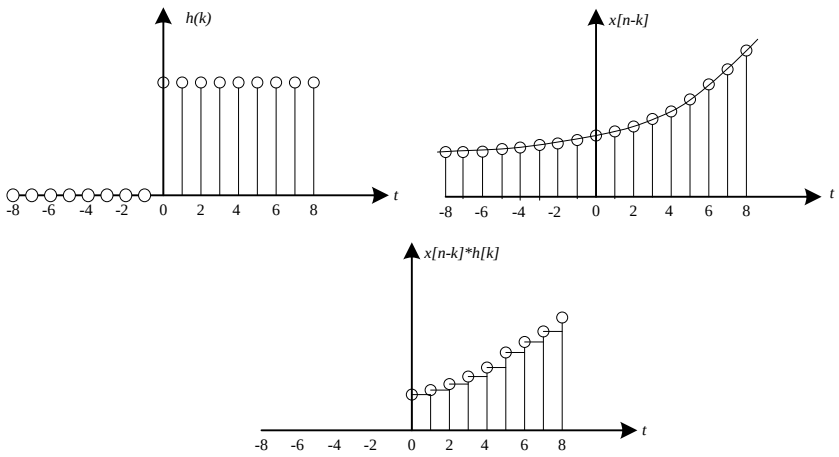

Figura 19.Convolución gráfica de las señales.

Entonces, si se tiene una señal de entrada armónica.

$$X[n] = e^{(j2\pi k f t_s)} \qquad \text{[Ec. 12]}$$

La respuesta ante una entrada $h[n]$ será la siguiente:

$$y[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{[(j2\pi(n-k)ft_s)]} * h[k]$$

$$y[n] = e^{[(j2\pi k f t_s)]} \sum_{k=-\infty}^{\infty} e^{(-j2\pi k f t_s)} * h[k]$$

$$y[n] = x[n] * H[f] \qquad \text{[Ec. 13]}$$

Donde, $H[f]$ es la transformada de Fourier de la señal discreta $h[n]$. Hay que tener en cuenta que la función $H[f]$ es periódica debido a que es una $h[n]$ señal muestreada a intervalos iguales de tiempo.

De lo anterior se define a la transformada de Fourier de una señal discreta como:

$$X(f) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[k] * e^{(-j2\pi n f t_s)} \qquad \text{[Ec. 14]}$$

Se puede observar que en [Ec. 14] se tiene el problema de trabajar con series de datos de longitud infinita, lo cual dificulta la implementación de la DFT, pues la electrónica requiere que se manejen únicamente un número finito de datos discretos que además sean de una magnitud finita y cuantificable.

Debido a lo expuesto anteriormente se trata de discretizar las variables continuas y de limitar el número de muestras que se toman de las mismas mediante un conversor A/D para obtener señales digitalizadas que pueden ingresar a un procesador para su tratamiento, lo cual conlleva a la necesidad de definir a la transformada discreta de Fourier para trabajar con series de longitud finita.

Para las series de Fourier se cumple la siguiente expresión para cuando se tiene una frecuencia:

$$f_0 = \frac{1}{T} \qquad \text{[Ec. 15]}$$

$$x_p(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} X_s[K] * e^{(j2\pi kfot)} \qquad \text{[Ec. 16]}$$

Donde:

$$x_s(k) = \frac{1}{T}\int_{\pi} x_p(t) * e^{(-j2\pi kfot)}dt \qquad \text{[Ec. 17]}$$

En la ecuación anterior de $x_p(t)$ se deben tomar muestras de la señal durante un período a intervalos de tiempo t_s para poder limitar la señal, de manera que el período se defina como:

$$T = Nt_s \qquad \text{[Ec. 18]}$$

Para calcular los coeficientes de la señal $X[n]$ (la serie de Fourier discreta de la señal periódica muestreada $x_p[n]$) con la siguiente ecuación:

$$X[n] = \frac{1}{Nt_s}\sum_{n=0}^{N-1} x_p[n] * e^{(-j2\pi kf_0nt_s)}t_s$$

$$X[n] = \frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x_p[n] * e^{(-j2\pi kn)} \qquad \text{[Ec. 19]}$$

Para $n = 0,1,2,3, \dots, N-1$.

Por lo tanto, si se tiene una señal $x[n]$ limitada a *N* muestras tomadas con un intervalo de muestreo constante t_s, la transformada de Fourier para esta señal discreta se define como:

$$X_p(f) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n]e^{(-j2\pi nft_s)} \qquad \text{[Ec. 20]}$$

Donde $X_p(f)$ es una señal conformada de N número de muestras tomadas periódicamente a una frecuencia de $1/t$, ante lo cual, para obtener la señal $X_T(k)$ se debe sustituir f por k/Nt_s, obteniéndose la siguiente ecuación:

$$X_T(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{[(-j2\pi nkt_s/Nt_s)]}$$

$$X_T(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{[-j2\pi nk/N]} \qquad \text{[Ec. 21]}$$

La [Ec. 21] resultante de $X_k(t)$ es la definición de la transformada discreta de Fourier de una señal $x[n]$. Cabe notar que esta expresión es idéntica a la de la serie discreta de Fourier excepto por el término $1/N$ fuera de la sumatoria.

Para comprender el cálculo de la DFT e interpretar el resultado de la misma se utilizará el ejemplo citado a continuación.

2.2.3. Ejemplo:

Teniendo una señal $x[n] = \{1,2,1,0\}$ de $N = 4$ muestras, el desarrollo de la DFT estará comprendido entre el intervalo $0 < n < 3$ para los valores $n = 0,1,2,3$; como sigue a continuación:

$$X_T(n) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] * e^{[-j2\pi nk/N]}$$

Obtenemos:

$$k = 0, X_T[0] = \sum_{n=0}^{3} x[n] * e^{[-j2\pi n(0)/4]} = 1 + 2 + 1 + 0 = 4$$

$$k = 1, X_T[1] = \sum_{n=0}^{3} x[n] * e^{[-j2\pi n(1)/4]} = 1 + 2e^{(-j\pi/2)} + e^{(-j\pi)} = -j2$$

$$k = 2, X_T[2] = \sum_{n=0}^{3} x[n] * e^{[-j2\pi n(2)/4]} = 1 + 2e^{(-j\pi)} + e^{(-j2\pi)} = 0$$

$$k = 3, X_T[3] = \sum_{n=0}^{3} x[n] * e^{[-j2\pi n(3)/4]} = 1 + 2e^{(-j3\pi/2)} + e^{(-j3\pi)} = j2$$

Por tanto, la DFT de $x[n]$ será $X_T(n) = \{4, -j2, 0, j2\}$.

El resultado de la DFT puede ser interpretado como los coeficientes espectrales (series de Fourier) de una señal periódica discreta cuyos muestreos coinciden con la señal $x[n]$, o como el espectro de una señal aperiódica discreta cuyos muestreos corresponden a la secuencia $x[n]$.

Tomando en cuenta lo mencionado anteriormente, se definirá a la DFT como una aproximación al espectro de frecuencias de la señal analógica muestreada original, cuya magnitud se ve influenciada por el intervalo de muestreo, mientras que su fase depende de los instantes de muestreo.

Existen varias formas de dibujar los coeficientes de la DFT de una secuencia de datos, una de ellas es indicarlos directamente mediante el módulo de la señal $X_T(k)$ respecto al índice k, pues la señal $X_T(k)$ es simétrica respecto a $N/2$.

Por lo tanto, para dibujar el espectro de frecuencias de una señal mediante el índice k basta con tomar en cuenta la mitad de los datos resultantes de aplicar la DFT a la secuencia de datos de la señal original $x(t) = sen(2\pi ft)$, como se ve en las figuras 20 y 21.

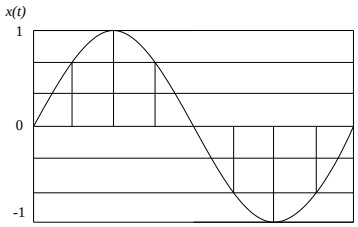

Figura 20. Gráfica de la función $x(t)$.

Las secuencias de $N = 8$ datos muestreados serán:

$$x[n] = \{0, 0.7071, 1, 0.71, 0, -0.7071, -1, -0.7071\}$$

Y el resultado de la DFT $x[n]$ será:

$$X[n] = \{0, -4j, 0, 0, 0, 0, 4j\}$$

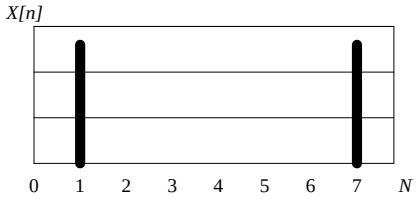

Figura 21. Resultado de la DFT de x[n].

2.2.4. La transformada rápida de Fourier (FFT).

El algoritmo de la Transformada Rápida de Fourier (FFT) fue propuesto en el año 1965 por Cooley y Tukey para aumentar la eficiencia del cálculo de la DFT, basándose en la idea de dividir el problema del cálculo de la DFT en dos o más subproblemas de pequeño tamaño, que se solucionan recursivamente por el mismo algoritmo, aplicando límites para determinar la recursión cuando el tamaño de los subproblemas son suficientemente pequeños, y la solución al problema original se obtiene combinando las soluciones de los subproblemas.

En el ejemplo de cálculo de una DFT de una señal de 4 muestras realizado en el ejemplo anterior se puede observar que el cálculo de la DFT implica realizar operaciones tanto de suma como de multiplicación con números complejos, ya que se requerirán N^2 multiplicaciones complejas y $N(N-1)$ sumas complejas, lo cual representa una alta carga de cálculos matemáticos al momento de implementar la DFT en un micro controlador, sobre todo cuando se trabaja con una gran cantidad de datos, por lo que es necesario utilizar el algoritmo FFT que permite implementar la DFT de manera más eficiente.

El algoritmo se basa en la definición de la DFT dada por la siguiente expresión:

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] * e^{[-j2\pi nk/N]}$$

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] * W_N^{nk} \qquad [\text{Ec. } 22]$$

Dónde $W_N * e^{[-j2\pi nk/N]}$.

Este algoritmo está limitado a que la longitud de la secuencia de datos $x[n]$ debe ser potencia de 2, es decir, el número de muestras debe ser $N = 2^t$ y en el caso de que no sea así se deberán añadir ceros a la secuencia hasta conseguir un número de potencia 2.

El término W_N se conoce como fasor y el algoritmo de la FFT aprovecha sus propiedades de periodicidad y simetría para evitar operaciones redundantes. A continuación se enumeran estas propiedades de W_N.

$$W_N^{k+N} = W_N^k$$
$$W_N^{k+\frac{N}{2}} = -W_N^k$$
$$W_N^{Nk} = 1$$
$$W_N^2 = W_{\frac{N}{2}} \qquad [\text{Ec. } 23]$$

Para comprender los beneficios de la utilización del algoritmo de la FFT, se utilizaraá el ejemplo de la DFT, para los términos $n = k = 0, 1, 2, 3$ y $N = 4$ muestras, obteniéndose las siguientes ecuaciones:

$$X[0] = x(0)W^0 + x(1)W^0 + x(2)W^0 + x(3)W^0$$
$$X[1] = x(0)W^0 + x(1)W^1 + x(2)W^2 + x(3)W^3$$
$$X[2] = x(0)W^0 + x(1)W^2 + x(2)W^4 + x(3)W^6$$
$$X[0] = x(0)W^0 + x(1)W^3 + x(2)W^6 + x(3)W^9 \qquad [\text{Ec. } 24]$$

Las [Ec. 24] pueden ser escritas de manera matricial de la siguiente manera al reemplazar los términos W_N por sus valores numéricos:

$$\begin{bmatrix} X[0] \\ X[1] \\ X[2] \\ X[3] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & W^1 & W^2 & W^3 \\ 1 & W^2 & W^4 & W^6 \\ 1 & W^3 & W^6 & W^9 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -j & -1 & j \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & j & -1 & -j \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix} \qquad [\text{Ec. } 25]$$

La [Ec. 25] se puede escribir como:

$$X[k] = F * x(n) \qquad [\text{Ec. } 26]$$

Donde *F* se conoce como la matriz de Fourier. De la ecuación matricial [Ec. 25] se pueden obtener las siguientes ecuaciones:

$$X[0] = x(0) + x(1) + x(2) + x(3)$$
$$X[1] = x(0) - jx(1) - x(2) + jx(3)$$
$$X[2] = x(0) - x(1) + x(2) - x(3)$$
$$X[3] = x(0) + jx(1) - x(2) - jx(3) \qquad [\text{Ec. } 27]$$

Las [Ec. 27] representan una DFT para $N = 4$. Se puede observar que se necesitan de 12 sumas y 4 multiplicaciones en la resolución de esta DFT, la cual puede ser representada mediante un graficó de mariposa que se indica en la figura 22 mostrada a continuación:

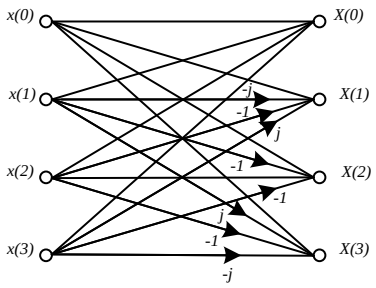

Figura 22. Representación gráfica de la mariposa de una DFT para N=4

La ecuación matricial [Ec. 27] puede dividirse en dos matrices como se muestra a continuación:

$$\begin{bmatrix} X[0] \\ X[1] \\ X[2] \\ X[3] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -j \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & j \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix} \quad \text{[Ec. 28]}$$

A su vez, la ecuación matricial [Ec. 28] se puede dividir en dos ecuaciones matriciales como sigue:

$$\begin{bmatrix} X[0] \\ X[1] \\ X[2] \\ X[3] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -j \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & j \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x(0) \\ x(1) \\ x(2) \\ x(3) \end{bmatrix} \quad \text{[Ec. 29]}$$

De las ecuaciones matriciales [Ec. 29] se pueden obtener 8 ecuaciones indicadas a continuación:

$$X[0] = x_1(0) + x_1(2)$$
$$X[1] = x_1(1) - jx_1(3)$$
$$X[2] = x_1(0) - x_1(2)$$
$$X[3] = x_1(0) + jx_1(3)$$
$$x_1(0) = x(0) + x(2) \quad \text{[Ec. 30]}$$

$$x_1(1) = x(0) - x(2)$$
$$x_1(2) = x(1) + x(3)$$
$$x_1(3) = x(1) - x(3)$$

A partir de las ecuaciones [Ec. 30] se puede volver a graficar la mariposa de la DFT para $N = 4$ como se muestra en la figura 23.

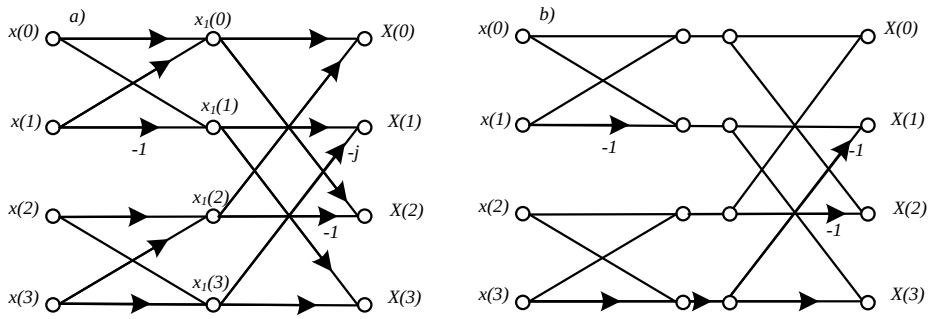

Figura 23. Representación gráfica de la mariposa de una DFT para N=4.

Como se puede observar en la figura 23, en la entrada de la mariposa las primeras muestras son pares y las restantes impares, mientras que en la salida las muestras están bien ordenadas y la mariposa es más simple. Además, es notorio que para este caso se necesitan sólo 8 sumas y 2 multiplicaciones para resolver la DFT, por lo tanto, si se compara con la anterior mariposa de la DFT se economizan 6 operaciones aritméticas, incluso se puede llegar a requerir de una sola multiplicación si se arregla la mariposa como se muestra en la parte b de la figura 23 donde es necesario multiplicar con j una sola vez.

El ahorro de operaciones matemáticas que se consigue con la aplicación de la FFT respecto a la DFT de acuerdo al número de muestras *N* de la secuencia de datos se muestra en la figura 24.

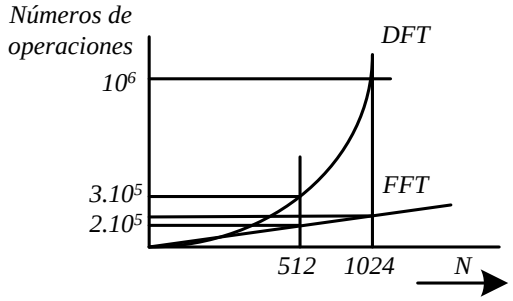

Figura 24. Número de operaciones necesarias para la FFT respecto a la DFT.

Los algoritmos de cálculo de la FFT se clasifican de acuerdo a si el tratamiento de los datos de la señal $x[n]$ se realiza en tiempo o en frecuencia.

2.3. Límites de distorsión armónica.

Para asegurar la integridad en el sistema de potencia global, es preciso establecer límites sobre los niveles de distorsión permisibles que apliquen tanto a los usuarios como a los suministradores de la energía.

Resulta especialmente delicada la relación usuario compañía suministradora, ya que esta última tiene derecho a pedir al usuario que limite la contaminación al sistema de transmisión y distribución y el usuario tiene el derecho a pedir el suministro de una energía con la menor contaminación posible.

Las distintas normatividades están diseñadas para limitar las corrientes armónicas de cada usuario en lo individual de forma que los niveles armónicos en voltaje en la totalidad del sistema de potencia sean aceptables, siendo su cumplimiento una responsabilidad compartida entre suministrador y usuarios.

2.3.1. Responsabilidad del suministrador.

Es su responsabilidad que en la acometida, la distorsión armónica total en voltaje THDv se encuentre dentro de los límites establecidos, por lo que debe asegurarse que condiciones de resonancia en el sistema de generación, transmisión o distribución no ocasionen niveles inaceptables de distorsión en voltaje, aún si los usuarios se encuentran dentro de los límites de generación armónica en corriente.

2.3.2. Responsabilidad de los usuarios.

Deben asegurar que en la acometida, la generación de armónicas en corriente se ubique dentro de los límites establecidos, tanto para componentes armónicas individuales como para la Distorsión de Demanda Total TDD, especificándose dichos límites como

porcentaje de la demanda promedio de corriente del usuario en lugar de la corriente fundamental instantánea, con el fin de proporcionar una base común de evaluación a lo largo del tiempo.

2.3.3. Orden de un armónico.

El orden armónico hace referencia al valor de su frecuencia referido a la fundamental (en nuestro caso 60 Hz). Así, un armónico de orden 3 tiene una frecuencia 3 veces superior a la fundamental, es decir 3 * 60 Hz = 180 Hz.

El orden el armónico, también referido como el rango del armónico, es la razón entre la frecuencia de un armónico f_n y la frecuencia del fundamental ($f1$).

$$n = \frac{f_n}{f1} \qquad [\text{Ec. } 31]$$

Por principio, la fundamental $f1$ tiene rango 1.

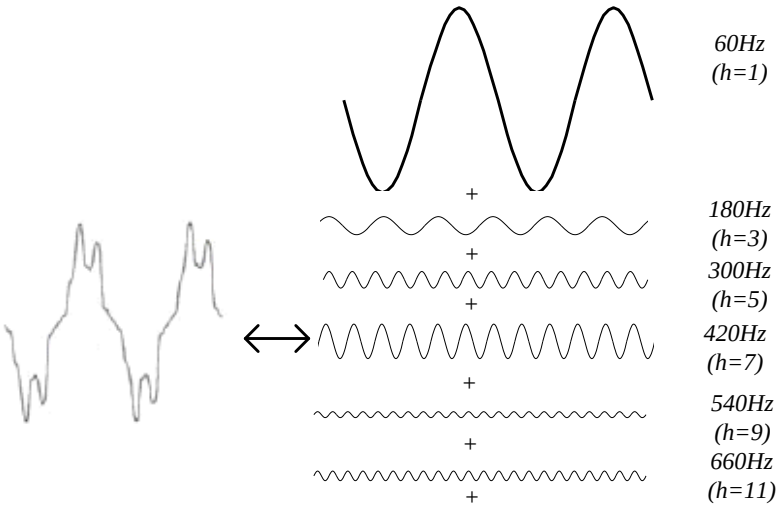

Figura 25. Orden de un armónico en una onda distorsionada

2.3.4. Flicker.

El Flicker se define como el nivel de molestia que percibe un observador medio como consecuencia de la variación de la luminosidad de una lámpara, ocasionada por fluctuaciones de tensión en la red de alimentación eléctrica.

El Flicker depende fundamentalmente de la amplitud y de la frecuencia de las fluctuaciones de tensión que lo causan. Según la norma UNE-EN 50160, el Flicker es la impresión de inestabilidad de la sensación visual debida a un estímulo luminoso en el cual la luminosidad o la distribución espectral fluctúan en el tiempo.

2.3.4.1. Medida del Flicker.

Según la Norma Internacional IEC 61000-4-15 (Febrero 2003). Esta norma proporciona las especificaciones funcionales y de diseño para medidores de Flicker. Los medidores de Flicker permiten conocer el nivel de molestia que percibiría un observador medio en el punto de la red en el que se conecte el medidor. Para ello, se emplea un algoritmo que traduce las fluctuaciones de tensión en ese punto de la red de alimentación eléctrica, en los niveles de molestia equivalentes que serían percibidos por el sistema ojo-cerebro del observador.

2.3.4.2. Índices para la evaluación del Flicker.

Hay dos índices básicos que se emplean para evaluar la severidad del Flicker:

$\boldsymbol{P_{ls}}$ Evalúa la severidad del Flicker a corto plazo, con intervalos de observación de 10 minutos. El valor del Pst se expresa en unidades de perceptibilidad (p.u.).

$\boldsymbol{P_{lt}}$ Evalúa la severidad del Flicker a largo plazo, con intervalos de observación de 2 horas. Se calcula a partir de doce valores consecutivos de Pst de acuerdo con esta fórmula:

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\frac{\sum_{i=1}^{N} P_{stl}^3}{N}} \qquad [\text{Ec. } 32]$$

2.3.4.3. Límites.

Según la UNE-EN 50160, en condiciones normales de operación, para cada periodo de una semana, el nivel de severidad de larga duración del flicker P_{lt} debido a las fluctuaciones de la tensión debería ser menor o igual a 1 durante el 95% del tiempo.

2.3.5. Tasa de distorsión individual [%V, %I].

Para cuantificar la distorsión existente en una señal, es preciso definir parámetros que determinen su magnitud y contar con equipos de medición adecuados. A continuación se presentan las expresiones necesarias para efectuar los cálculos relacionados con la distorsión armónica.

2.3.5.1. Valor eficaz (rms).

Cuando se suman señales de voltaje o corriente de diferentes frecuencias.

2.3.5.2. Corriente eficaz (rms).

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} \qquad [\text{Ec. } 33]$$

2.3.5.3. Voltaje eficaz (rms).

$$V_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2} \qquad [\text{Ec. } 34]$$

2.3.6. Distorsión armónica total [THD%V, THD%I].

Es la relación entre el contenido armónico de la señal y la primera armónica o fundamental, su valor se ubica entre 0% e infinito. Es el parámetro de medición de distorsión más conocido, por lo que es recomendable para medir la distorsión en parámetros individuales (V e I).

2.3.6.1 Distorsión Armónica de Tensión.

La forma de onda de tensión nunca es exactamente una onda seno de única frecuencia, este fenómeno es llamado "distorsión armónica de tensión" o simplemente "distorsión de

tensión" es cuando se asume una forma de onda periódica, que puede ser descrita como la suma de ondas seno con frecuencias que son múltiplos de la frecuencia fundamental. Las componentes no fundamentales son llamadas "distorsión armónica".
Hay tres contribuciones a la distorsión armónica de tensión:

1. La tensión generada por una máquina sincrónica no es exactamente sinusoidal, debido a pequeñas desviaciones desde forma ideal de onda generada por la máquina. Ésta es una pequeña contribución; asumiendo que la tensión generada debe ser sinusoidal, es una buena aproximación.

2. Los sistemas de potencia que transportan energía eléctrica desde las estaciones de generación a cargas que no son completamente lineales.
Algunos componentes en el sistema muestran corrientes no sinusoidales, incluso con una tensión sinusoidal. El ejemplo clásico es el transformador de potencia, cuando la no linealidad es debido a la saturación del flujo magnético en el núcleo de hierro del transformador.
El incremento en el uso de la electrónica de potencia para el control del flujo de potencia y tensión (Sistemas flexibles de transmisión AC o FACTS), lleva el riesgo de incrementar la cantidad de distorsión armónica originada en el sistema de potencia. Ésta tecnología también ofrece la posibilidad de remover en gran parte la distorsión armónica originada en otro sitio en el sistema o en la carga.

3. La principal contribución de la distorsión armónica de tensión, es debida a la carga no lineal. Las cargas no lineales son todas aquellas que generan corrientes no sinusoidales, es decir, corrientes que además de la componente fundamental tienen otras que son múltiplos enteros de la fundamental y que se conocen como armónicos. Una parte del incremento de la carga es alimentada a través convertidores electrónicos de potencia mostrando corrientes no sinusoidales. Los componentes de corriente armónica causan componentes de armónicos de tensión y así una tensión no sinusoidal en el sistema.
La distorsión armónica de tensión se puede expresar a partir del factor llamado (THDV), el cual es usado para definir el efecto armónico sobre la tensión en un sistema de potencia de baja, media y alta tensión.

$$THD_V = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h} V_h^2}}{V_1} * 100 \qquad [\text{Ec. } 35]$$

$\sum_{h=2}^{h} V_h^2$: Es la suma de los cuadrados de las amplitudes armónicas de tensión, en donde h es el orden armónico.

V: Es la amplitud de la tensión fundamental.

2.3.6.2 Distorsión Armónica de Corriente.

El fenómeno complementario de la distorsión armónica de tensión, es la distorsión armónica de corriente. Como la distorsión armónica de tensión es principalmente debida a la corriente de cargas no sinusoidales, la distorsión armónica de tensión y corriente, están fuertemente relacionadas. La distorsión armónica de corriente requiere sobredimensionar una serie de componentes como transformadores y cables. Cuando las impedancias en serie aumentan con la frecuencia, una corriente distorsionada puede causar más pérdidas que una corriente sinusoidal del mismo valor rms.

El espectro armónico de corriente contiene principalmente 5°, 7°, 11° y 13° componente armónico. Las ondas de alta frecuencia son debidas al cambio de frecuencia en los inversores DC/AC. La distorsión armónica de corriente se puede expresar a partir del factor llamado (THDI), el cual es usado para definir el efecto armónico sobre la corriente en un sistema de potencia.

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h} I_h^2}}{I_1} * 100 \qquad [\text{Ec. } 36]$$

$\sum_{h=2}^{h} I_h^2$: Es la suma de los cuadrados de las amplitudes armónicas de corriente, en donde h es el orden armónico.

I: Es la amplitud de la tensión fundamental.

2.4. Normativa reguladora de la emisión de armónicos.

Debido al crecimiento y desarrollo tecnológico a nivel mundial existente durante las últimas décadas, se ha convertido en una necesidad por parte de todos los países el

cumplir ciertas normas o reglamentos técnicos con el objetivo de garantizar la calidad y eficiencia de productos y servicios en general.

Debido a que la energía eléctrica es un producto ofrecido por parte de las empresas distribuidoras, también están sometidas a cumplir ciertos estándares de calidad, los cuales son emitidos por organizaciones de normalización.

Los organismos de normalización se clasifican en niveles, de acuerdo al campo de acción donde se aplican sus estudios, de esta manera pueden ser: Internacionales, Regionales, Nacionales, De Asociación y de Empresa.

Las normas internacionales son elaboradas por organismos, a los cuales tienen acceso todos los países que son miembros de las Naciones Unidas, sin embargo al realizar una norma de este tipo sólo un porcentaje de ellos participa, sin que ello excluya los requisitos técnicos de otros países. Debido a las necesidades de ciertas regiones, se han conformado organizaciones regionales de normalización, las cuales basadas en normas internacionales emiten reglamentos aplicables solamente para su región. De la misma manera, de acuerdo a los requerimientos de cada país, los organismos gubernamentales emiten reglamentaciones técnicas basadas en normas internacionales o regionales.

Las normas internacionales son elaboradas por los siguientes organismos:

- International Electrotechnical Comission (IEC).
- International Standardization Organization (ISO).

Los organismos regionales existentes son:

- Comisión Panamericana de Normas Técnicas (COPANT).
- Comité European de Normalisation Electrotechnique (CENELEC).
- European Comité for Standardization (CEN).
- Consejo de Armonización de Normas Electrotécnicas Naciones de América (CANENA).

Los organismos más importantes son:

- American Nacional Standars Institute (ANSI).
- Standars Council of Canada (SCC).
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

- Verband Deutscher Elktrotechneker (VDE).

Las asociaciones existentes son:

- Institute of Electrical and Electronic Engineering (IEEE).
- International Conference of Large Electrical Networks (CIGRE).
- The National Fire Protection Association (NFPA).

2.4.1. Institute of Electrical and Electronic Engineering (IEEE).

Es la mayor asociación internacional sin fines de lucro formada por profesionales de las nuevas tecnologías, como ingenieros eléctricos, electrónicos, informáticos, biomédicos, y mecatrónica, científicos de la computación. Su creación se remonta al año 1884, contando entre sus fundadores a personalidades de la talla de Thomas Alva Edison, Alexander Graham Bell y Franklin Leonard Pope. En 1963 adoptó el nombre de IEEE al fusionarse asociaciones como el AIEE (*American Institute of Electrical Engineers*) y el IRE (*Institute of Radio Engineers*).

IEEE es una autoridad líder y de máximo prestigio en las áreas técnicas derivadas de la eléctrica original: desde ingeniería computacional, tecnologías biomédica y aeroespacial, hasta las áreas de energía eléctrica, control, telecomunicaciones y electrónica de consumo, entre otras. Mediante sus actividades de publicación técnica, conferencias y estándares basados en consenso, el IEEE produce más del 30% de la literatura publicada en el mundo sobre ingeniería eléctrica, en computación, telecomunicaciones y tecnología de control, organiza más de 350 grandes conferencias al año en todo el mundo, y posee cerca de 900 estándares activos, con otros 700 más bajo desarrollo.

2.4.2. International Electrotechnical Commission (IEC).

Es una organización de normalización en los campos eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas. Numerosas normas se desarrollan conjuntamente con la ISO (normas ISO/IEC). A la IEC se le debe el desarrollo y difusión de los estándares para algunas unidades de medida, particularmente el gauss, hercio y weber; así como la primera

propuesta de un sistema de unidades estándar, el sistema Giorgi, que con el tiempo se convertiría en el sistema internacional de unidades.

2.4.3. European Committee for Standardization (CEN).

El CEN nace con el propósito de armonizar las normas técnicas voluntarias y las regionales y emite las normas denominadas Normas Europeas (EN), las cuales no son emitidas como documentos regionales sino que se emiten por parte de cada país miembro de la combinación regional.

2.4.4. Consejo Nacional de Electricidad (CONELEC).

El 10 de Octubre de 1996, se publica la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) como respuesta a la necesidad de reformular el grado de participación estatal en este sector. La LRSE creó El Consejo Nacional de Electricidad -CONELEC- que comenzó a operar el 20 de noviembre de 1997, una vez promulgado el Reglamento General Sustitutivo de la LRSE. El CONELEC se constituye como un ente regulador y controlador, a través del cual el Estado Ecuatoriano puede delegar las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, a empresas concesionarias.

Además, el CONELEC tiene que elaborar el Plan de Electrificación, que será obligatorio para el sector público y referencial para el sector privado.

2.4.5. Estándar IEEE 519-1992.

Esta norma, originaria de Estados Unidos, resulta más generalista y didáctica, ofrece abundante información acerca de las causas y efectos de las perturbaciones armónicas en sistemas de potencia. La filosofía que subyace detrás de este estándar busca, por un lado, limitar la inyección de corrientes armónicas por parte de los consumidores individuales para que no creen unos niveles inaceptables de distorsión en la tensión del sistema de

potencia en condiciones normales de funcionamiento, y por otro, acotar la distorsión armónica de la tensión ofrecida por la compañía suministradora.

En esta norma, los límites de inyección de corriente armónica en el *PCC (Punto de acoplo común)* se fijan en función de la relación entre la potencia de la carga y la potencia de cortocircuito en el punto de acoplo. A continuación, se muestran las definiciones de interés utilizadas en la IEEE 519-1992 para determinar estos límites.

2.4.5.1. Tasa de distorsión en la demanda (TDD – *Total Demand Distortion*).

Expresa la distorsión de corriente en relación a la demanda de corriente de la carga.

$$TDD(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} I_h^2}}{I_L} \qquad [\text{Ec. } 37]$$

En esta expresión, I_L es la máxima corriente de frecuencia fundamental demanda por la carga (durante 15 o 30 minutos) en el *PCC*, y se calcula a partir de la media de los máximos en la corriente demandada durante los últimos 12 meses.

Así mismo, h_{max} indica el orden armónico máximo que debe ser considerado en los cálculos. La única referencia que existe en la norma acerca de este valor especifica que $h_{max} = 50$.

2.4.5.2. Relación de cortocircuito (Rsc – *Short-circuit ratio*):

$$R_{sc} = \frac{I_{sc}}{I_L} \qquad [\text{Ec. } 38]$$

Donde:

$$I_{sc} = \frac{S_{sc}}{\sqrt{3}V_{nom}} = \frac{V_{nom}}{\sqrt{3}Z} \qquad [\text{Ec. } 39]$$

Siendo V_{nom} la tensión nominal de línea a línea, y Z la impedancia de la red en el *PCC*.

De una manera general, el objetivo de esta norma es limitar la inyección de corrientes armónicas para que la tensión en el *PCC* no presente ningún armónico individual con una amplitud superior a un 3% de la componente fundamental, y que globalmente, el *THD* de tensión no sea superior al 5% en sistemas en los que no existe una resonancia paralelo a una frecuencia específica.

La Tabla #1 muestra las bases para la limitación de corrientes armónicas en función del valor de R_{sc} en el *PCC*.

Tabla #1. Bases para la limitación de corrientes armónicas en IEEE 519-1992.

R_{sc} (en el PCC)	Max. En los armónicos individuales de la tensión [1] (%)	Suposición relacionada
10	2,50 – 3,00	Sistema delicado
20	2,00 – 2.50	1 – 2 Consumidores grandes
50	1,00 – 1,50	Algunos consumidores relativamente grandes
100	0,50 – 1,00	5 – 20 Consumidores de tamaño medio
1000	0,05 – 0,10	Muchos consumidores pequeños
(1) Porcentaje de la tensión de frecuencia fundamental.		

2.4.5.3. Límites de distorsión en Voltaje.

El suministrador es responsable de mantener la calidad del voltaje en el sistema global, especificándose los límites para diferentes niveles de tensión. Es importante notar que la definición de la distorsión armónica total THD que se utiliza es diferente a la convencional ya que se expresa la distorsión en función al voltaje nominal, que es un valor constante para cada usuario, estableciéndose así, una base fija de evaluación a lo largo del tiempo.

Tabla #2. Límites de distorsión en voltaje en IEEE 519-1992.

Límites de Distorsión Armónica en Voltaje en % del voltaje nominal		
Nivel de tensión en la acometida (Vn)	**Distorsión armónica individual**	**Distorsión armónica total THD Vn**
Vn≤1kV	5.0%	8.0%
1<Vn≤69kV	3.0%	5.0%
69kV<Vn≤161kV	1.5%	2.5%
Vn>161kV	1.0%	1.5%

2.4.5.4. Límites de distorsión en Corriente.

Las corrientes armónicas para cada usuario son evaluadas en la acometida y los límites se establecen en base a la relación entre la corriente de cortocircuito y la demanda máxima de corriente de la carga del usuario.

Tabla #3. Límites de distorsión en corriente en IEEE 519-1992.

I_{cc}/I_L	TDD	h<11	11≤h<17	17≤h<23	23≤h<35	h≥35
Vn≤69kV						
<20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20 - 50	8.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50 - 100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100 - 1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
>1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%
69kV<Vn≤161kV						
<20*	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
20 - 50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%
50 - 100	6.0%	5.0%	2.25%	2.0%	0.75%	0.35%
100 - 1000	7.5%	6.0%	2.75%	2.5%	1.0%	0.5%
>1000	10.0%	7.5%	3.5%	3.0%	1.25%	0.7%
Vn>161kV						
<50	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
≥50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%

Todos los equipos de generación de energía están limitados a estos valores de corriente, sin importar la relación I_{cc}/I_L.

- Para las armónicas pares, los límites son el 25% de los valores especificados en la Tabla #3.
- No se permite la existencia de componentes de corriente directa, que corresponden a la armónica cero.

- Si las cargas que producen las armónicas utilizan convertidores con número de pulsos q mayor a 6, los límites indicados en la tabla se incrementan por un factor:

$$\sqrt{\frac{q}{6}} \qquad \text{[Ec. 40]}$$

2.4.5.5. Límites de distorsión de demanda.

La distorsión de demanda total TDD está definida como:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} * 100\% \qquad \text{[Ec. 41]}$$

Donde:

I_h: Magnitud de la armónica individual

I_L: Demanda máxima de la corriente fundamental de la carga

h: Orden armónico impar

- I_{cc}: Debe utilizarse aquella que bajo condiciones normales de operación, resulte en la mínima corriente de cortocircuito en la acometida, ya que este valor reduce la relación I_{cc}/I_L y la evaluación es más severa.

- I_L: Es la demanda máxima de la corriente fundamental en la acometida y puede calcularse como el promedio de las demandas máximas de corriente mensuales de los últimos 12 meses o puede estimarse para usuarios que inician su operación.

Los límites son más estrictos para los usuarios que representan mayor carga al sistema, ya que la relación I_{cc}/I_L es menor.

Los sistemas más robustos pueden transmitir mayores niveles de corrientes armónicas sin producir una distorsión excesiva de voltaje que los sistemas más débiles.

2.4.6. Estándar UNE-EN61000.

Esta norma, denominada de "Compatibilidad Electromagnética" (CEM), se corresponde con la norma europea EN 61000, que a su vez adopta la norma internacional IEC 1000 o CEI 1000. Trata sobre la compatibilidad electromagnética, que es definida por CEI como la "aptitud de un equipo para funcionar satisfactoriamente en un ambiente electromagnético sin introducir perturbaciones intolerables en ese ambiente".

La norma UNE-EN 61000 se ha publicado organizada en varias partes y secciones, con la estructura indicada en la Tabla #6, donde se relacionan los documentos actualmente vigentes.

En relación con la calidad de producto en BT y MT cabe destacar la parte 2, secciones 2 (UNE-EN 61000-2-2:2003) y 12 (UNE-EN 61000-2- 12:2004), que tratan de los niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión o en las redes de distribución pública en media tensión, respectivamente. Fijan el nivel de compatibilidad para la tasa de distorsión total en la tensión, *D*, en un 8%.

Este ratio es calculado a partir de:

$$D = \sqrt{\sum_{n=2}^{N} (\mu_n)^2} \qquad [\text{Ec. } 42]$$

Donde $\mu_n = U_n/U_1$, siendo U_n el valor eficaz de la componente de orden n y U_1 el valor eficaz de la componente fundamental. *N* puede tomarse en la práctica igual a 40.

Esta norma define también una tasa de distorsión ponderada, D_w, que para el caso más desfavorable de alimentación a unos condensadores, responde a la expresión:

$$D_w = \sqrt{\sum_{n=2}^{N} (n * \mu_n)^2} \qquad [\text{Ec. } 43]$$

En la Tabla #4 se resumen los niveles de compatibilidad establecidos en las normas UNE-EN 61000-2-2 para el caso de redes de suministro público en BT y UNE-EN 61000-2-12 para las redes de distribución pública en MT, resaltándose con fondo sombreado las diferencias existentes con respecto a la norma UNE-EN 50160.

Tabla #4. Resumen de las normas UNE-EN 61000-2-2:2003 Y 61000-2-12:2004.

<table>
<tr><th>Característica</th><th colspan="6">Baja Tensión (BT)</th><th colspan="2" rowspan="2">Media Tensión (MT)</th></tr>
<tr><td>frecuencia</td><td colspan="6">50 Hz o 60 Hz ±2%</td></tr>
<tr><td>Amplitud</td><td colspan="6">Tensión nominal, Vn
240V entre fase y neutro (sistema a 4 hilos)
415V entre fases (sistema a 3 hilos)</td><td colspan="2">1kV≤Vn≤35kV</td></tr>
<tr><td>Variaciones rápidas de tensión</td><td colspan="6">3% Vn
8% Vn esporádicamente
Parpadeo (flicker)
*Severidad de larga duración Plt≤0.8
*Severidad de corta duración Pst≤1.0</td><td colspan="2">3%Vo</td></tr>
<tr><td>Huecos</td><td colspan="8">Desde 100 ms a 1500 ms</td></tr>
<tr><td>Desequilibrios</td><td colspan="8">$V^-/V^+ \leq 2\%$</td></tr>
<tr><td rowspan="12">Armónicos</td><td colspan="4">Armónicos impares</td><td colspan="2" rowspan="2">Armónicos pares</td></tr>
<tr><td colspan="2">No múltiplos de 3</td><td colspan="2">Múltiplos de 3</td></tr>
<tr><td>Orden n</td><td>Tensión relativa</td><td>Orden n</td><td>Tensión relativa</td><td>Orden n</td><td>Tensión relativa</td></tr>
<tr><td>5</td><td>6%</td><td>3</td><td>5%</td><td>2</td><td>2%</td></tr>
<tr><td>7</td><td>5%</td><td>9</td><td>1.5%</td><td>4</td><td>1%</td></tr>
<tr><td>11</td><td>3.5%</td><td>15</td><td>0.3%</td><td>6</td><td>0.5%</td></tr>
<tr><td>13</td><td>3%</td><td>21</td><td>0.2%</td><td>8</td><td>0.5%</td></tr>
<tr><td>17</td><td>2%</td><td>>21</td><td>0.2%</td><td>10</td><td>0.5%</td></tr>
<tr><td>19</td><td>1.5%</td><td></td><td></td><td>12</td><td>0.2%</td></tr>
<tr><td>23</td><td>1.5%</td><td></td><td></td><td>>12</td><td>0.2%</td></tr>
<tr><td>25</td><td>1.5%</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>>25</td><td>0.2+0.5-25/n</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Interarmónicos</td><td colspan="8">0.2%</td></tr>
<tr><td>Componentes continuas</td><td colspan="8">En estudio</td></tr>
<tr><td>Transmisión de señales de información</td><td colspan="8">0.11-0.5% kHz: 3.5-6%; 0.5-2% kHz: 2-55; 3-20kHz: 2%; 20-150 kHz: 0.3%</td></tr>
</table>

2.4.7. Estándar IEC 61000-3-2.

Compatibilidad electromagnética. Límites para la emisión de corrientes armónicas para los equipos con corrientes de entrada ≤ 16A. Esta norma establece los límites para las componentes armónicas de la corriente de entrada que pueden ser producidas por equipos probados bajo condiciones específicas de ensayo y que se pretenden conectar a redes públicas de baja tensión. Los equipos para los cuales se aplica esta norma se han dividido en los siguientes grupos:

- Clase A: La comprenden equipos trifásicos equilibrados y todos los demás equipos que no pertenezcan a las siguientes clases.
- Clase B: Herramientas portátiles.
- Clase C: Equipos de iluminación, incluyendo dispositivos reguladores.
- Clase D: Equipos que tengan una corriente de entrada con una forma de onda especial y una potencia de entrada P ≤ 600W.

A continuación se muestra un diagrama de flujo para la clasificación de los equipos según las clases antes mencionadas.

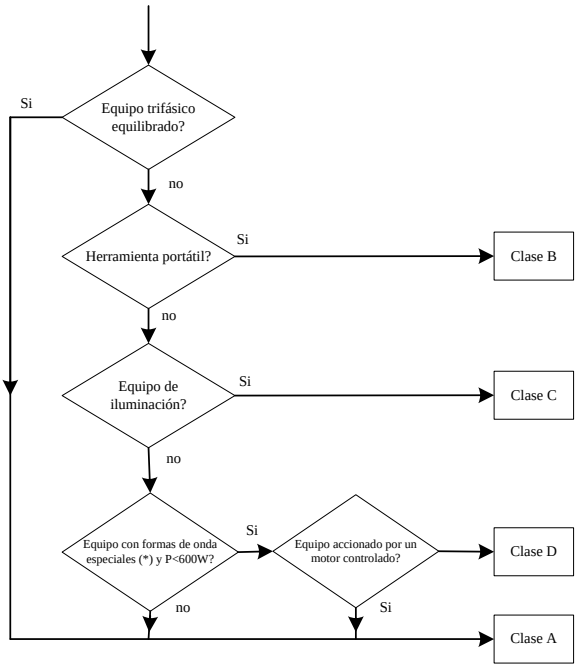

Figura 26. Clasificación de equipos con I≤16A según IEC 61000-3-2.

Los límites que establece esta norma se refiere a la corriente de línea para todos los tipos de potencia, tipos de conexiones y de carga. Las corrientes armónicas menores a 5mA o al 0,6% de la corriente de entrada se desprecian. En las siguientes tablas sólo se muestran los detalles generales de la normativa. Así mismo, hay que indicar que esos límites no se aplican a equipos de gran potencia (P>1kW) de uso profesional, los cuales no están concebidos para venderse al público en general.

Tabla #5. Límites de emisión de corrientes armónicas para equipos de Clase A.

Orden de los armónicos impares (h)	Máxima corriente admisible (A)	Orden de los armónicos pares (h)	Máxima corriente admisible (A)
3	2.30	2	1.08
5	1.14	4	0.43
7	0.77	6	0.30
9	0.40	8≤h≤40	1.84/h
11	0.33		
13	0.21		
15≤h≤39	2.25/h		

Tabla #6. Límites de emisión de corrientes armónicas para equipos de Clase C.

Orden armónico (h)	Máxima corriente admisible [(1)] (%)
2	2
3	$30x\lambda^{(2)}$
5	10
7	7
9	5
11≤h≤39	3
(1) Porcentaje de la corriente de frec. Fundamental	
(2) λ es el factor de potencia del circuito	
(*) La potencia de las luminarias debe ser P>25W	

Tabla #7. Límites de emisión de corrientes armónicas para equipos de Clase D.

Orden armónico (h)	Máxima corriente admisible (1) (%)	
	(mA/W)(1)	(A)
3	3.40	2.30
5	1.90	1.14
7	1.00	0.77
9	0.50	0.40
11	0.35	0.33
13	0.296	0.21
$15 \leq h \leq 39$	3.85/*h*	2-25/*h*
(1) Corrientes relativas a la potencia del equipo (P)		
(*) No existen límites para equipos con P<75W		

2.4.8. Estándar IEC 61000-3-4.

Compatibilidad electromagnética. Límites de emisión de equipos eléctricos y electrónicos con una corriente nominal que excede los >16A. Esta norma internacional extiende el ámbito de aplicación de la IEC 61000-3-2 para regular los límites de emisión de equipos eléctricos y electrónicos con una corriente nominal que excede los 16A por fase que se pretendan conectar a redes públicas de baja tensión (principalmente industriales) de corriente alterna a 50-60Hz de las siguientes maneras:

- Conexión monofásica a redes de hasta 240V de tensión nominal de 2 o 3 conductores.
- Conexión trifásica a redes de hasta 600V de tensión nominal de 3 o 4 conductores.

Es interesante resaltar que el ensayo de cumplimiento de esta normativa por parte de un equipo se puede realizar a partir de medidas directas de su emisión armónica, o mediante simulación por ordenador. En la norma IEC 61000-3-4 existen algunas definiciones que deben ser revisadas para el correcto entendimiento de los límites que en ella se especifican. Estas definiciones son:

2.4.8.1. Punto de acoplo común (PCC – *Point of Common Coupling*).

Punto de la red pública que está más próximo al consumidor afectado y en el cual están, o pueden estar, conectados otros consumidores.

2.4.8.2. Tasa de distorsión armónica (THD – *Total Harmonic Distortion*).

$$THD(\%) = 100 \sum_{h=2}^{40} \left(\frac{I_h}{I_1}\right)^2 \quad [\text{Ec. } 44]$$

2.4.8.3. Distorsión armónica parcial ponderada (PWHD – *Partial Weighted Harmonic Distortion*).

$$PWHD(\%) = 100 \sum_{h=14}^{40} h \left(\frac{I_h}{I_1}\right)^2 \quad [\text{Ec. } 45]$$

2.4.8.4. Potencia de cortocircuito (*Ssc – Short-circuit power*).

Se calcula a partir de la tensión nominal de línea a línea (U_{nom}) y de la impedancia (Z) en el *PCC*.

$$S_{sc} = \frac{V_{nom}^2}{Z} \quad [\text{Ec. } 46]$$

2.4.8.5. Potencia aparente nominal (*Sequ – Rated apparent power*).

Se calcula a partir del valor eficaz de la corriente nominal del equipo (I_{equ}) y de la tensión nominal (U_p) entre fase y neutro, U_i) entre fases).

Para equipos conectados entre fase y neutro:

$$S_{equ} = U_p I_{equ} \quad [\text{Ec. } 47]$$

Para equipos conectados entre fase y fase:

$$S_{equ} = U_1 I_{equ} \quad [\text{Ec. } 48]$$

Para equipos trifásicos equilibrados:

$$S_{equ} = \sqrt{3}\, U_1 I_{equ} \qquad [\text{Ec. } 49]$$

Para equipos trifásicos desequilibrados ($I_{equ-max}$) es el máximo valor eficaz de corriente que fluye en cualquiera de las tres fases).

$$S_{equ} = 3\, U_p I_{equ-max} \qquad [\text{Ec. } 50]$$

2.4.8.6. Relación de cortocircuito (*Rsce – Short-circuit ratio*).

Relación entre la potencia de cortocircuito en el punto de acoplo a red (S_{sc}) y la potencia aparente nominal del equipo a conectar (S_{equ}).

Donde:

Para equipos conectados entre fase y neutro:

$$R_{sce} = \frac{S_{sc}}{3S_{equ}} \qquad [\text{Ec. } 51]$$

Para equipos conectados entre fase y fase:

$$R_{sce} = \frac{S_{sc}}{2S_{equ}} \qquad [\text{Ec. } 52]$$

Para todos los equipos trifásicos:

$$R_{sce} = \frac{S_{sc}}{S_{equ}} \qquad [\text{Ec. } 53]$$

A partir del valor de la relación de cortocircuito (R_{sce}), existen diferentes procedimientos de conexión a la red que definen las siguientes etapas:

Etapa 1. Conexión simplificada: Los equipos que cumplen con los límites de la *Etapa 1* (Tabla #8) pueden ser conectados en cualquier punto del sistema de potencia donde la relación de cortocircuito sea $R_{sce} \geq 33$.

***Etapa 2. Conexión basada en los datos de la red y del equipo*:** En los equipos que no cumplan con los límites de la *Etapa 1*, se podrán permitir valores superiores de emisión

armónica (Tablas #9 y #10), en base al estudio de las características del enlace a red, siempre y cuando la relación de cortocircuito sea $R_{sce} \geq 33$.

Etapa 3. Conexión basada en la potencia declarada del consumidor: si no se satisfacen las condiciones impuestas en las *Etapas 1* y *2*, o si la corriente del equipo excede de 75A, la autoridad suministradora puede aceptar la conexión del equipo en base a la potencia activa declarada en la instalación del consumidor. En este caso se aplicarán los requisitos impuestos por la autoridad suministradora.

Tabla #8. Límites de emisión para equipos de la Etapa 1 (S S equ sc ≤ 33).

Armónicos no múltiplos de 3		**Armónicos múltiplos de 3**	
Orden armónico (*h*)	**Max. Corriente I_h/I_1(%)**	**Orden armónico (*h*)**	**Max. Corriente I_h/I_1(%)**
5	10.7	3	21.6
7	7.2	9	3.8
11	3.1	15	0.7
13	2.0	21	≤0.6
17	1.2	27	≤0.6
19	1.1	≥33	≤0.6
23	0.9		
25	0.8		
29	0.7		
31	0.7		
(*) Para armónicos pares: ≤8/h o ≤0.6.			
(**) I_1 corriente nominal de frecuencia fundamental.			

Tabla #9. Límites de emisión para equipos de la Etapa 2 conectados entre fase y neutro, entre fase y fase, y trifásicos desequilibrados ($R_{sce} \geq 33$).

Min. R_{sce} (1)	Tasa total admisible (%)		Tasa individual admisible					
	THD	PWHD	I_3/I_1	I_5/I_1	I_7/I_1	I_9/I_1	I_{11}/I_1	I_{13}/I_1
66	25	25	23	11	8	6	5	4
120	29	29	25	12	10	7	6	5
175	33	33	29	14	11	8	7	6
250	39	39	34	18	12	10	8	7
350	46	46	40	24	15	12	9	8
450	51	51	40	30	20	14	12	10
600	57	57	40	30	20	14	12	10
(1) Para valores intermedios R_{sce} se puede interpolar.								
(*) El valor relativo de los armónicos pares no debe sobrepasar 16/h%.								
(**) Caso de sistemas trifásicos desequilibrados, estos valores se aplican a cada fase.								

Tabla #10. Límites de emisión para equipos de la Etapa 2 con conexión trifásica equilibrada $R_{sce} \geq 33$.

Min. R_{sce} (1)	Tasa total admisible (%)		Tasa individual admisible			
	THD	PWHD	I_3/I_1	I_5/I_1	I_{11}/I_1	I_{13}/I_1
66	16	25	14	11	10	8
120	18	29	16	12	12	8
175	25	33	20	14	12	8
250	35	39	30	18	13	8
350	48	46	40	25	15	10
450	58	51	50	35	20	15
600	70	57	60	40	25	18
(1) Para valores intermedios R_{sce} se puede interpolar.						
(*) El valor relativo de los armónicos pares no debe sobrepasar 16/h%.						

En la medida de las corrientes, se despreciarán los armónicos de corriente inferiores a un 0,6% de la corriente de frecuencia fundamental. Así mismo, las emisiones armónicas con duración inferior a 10 segundos que aparecen cuando un equipo es puesto en funcionamiento, o cuando es desconectado, ya sea manual o automáticamente, no

excederán en más de 1,5 veces los valores límites establecidos en la etapa correspondiente. Por último, hay que indicar que los límites de corriente se aplicarán sobre cualquier transitorio que aparezca durante la evaluación del equipo, o parte del mismo. Para los armónicos pares cuyos órdenes estén comprendidos entre el 2 y el 10, y para los armónicos impares cuyos órdenes estén comprendidos entre el 3 y el 19, se permitirán valores que no superen en más de 1,5 veces los límites establecidos para cada armónico durante un máximo de un 10% de un periodo de observación de 2,5 minutos.

2.4.9. Regulación No. CONELEC – 004/01. Calidad del servicio eléctrico de distribución.

El objetivo de la presente Regulación es establecer los niveles de calidad de la prestación del servicio eléctrico de distribución y los procedimientos de evaluación a ser observados por parte de las Empresas Distribuidoras.

2.4.9.1. Índices de Calidad.

$$V_i' = \left(\frac{V_i}{V_n}\right) * 100 \qquad [\text{Ec. } 54]$$

$$THD = \left(\frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{40}(V_i)^2}}{V_n}\right) 100 \qquad [\text{Ec. } 55]$$

Donde:

V_i': Factor de distorsión armónica individual de voltaje.

THD: Factor de distorsión total por armónicos, expresado en porcentaje.

V_i: Valor eficaz (rms) del voltaje armónico "i" (para i = 2... 40) expresado en voltios.

V_n: Voltaje nominal del punto de medición expresado en voltios.

2.4.9.2. Mediciones.

El Distribuidor deberá realizar mensualmente lo siguiente:

Un registro en cada uno de los puntos de medición, en un número equivalente al 0,15% de los transformadores de distribución, en los bornes de bajo voltaje, no menos de 5.

Para la selección de los puntos se considerarán los niveles de voltaje, el tipo de zona (urbana, rural), y la topología de la red, a fin de que las mediciones sean representativas de todo el sistema. Una vez realizada la selección de los puntos, la Empresa Distribuidora debe notificar al CONELEC, por lo menos 2 meses antes de efectuar las mediciones.

Simultáneamente con este registro se deberá medir la energía entregada a efectos de conocer la que resulta suministrada en malas condiciones de calidad. En cada punto de medición, para cada mes, el registro se efectuará durante un período no inferior a 7 días continuos, en intervalos de medición de 10 minutos.

Las mediciones se deben realizar con un medidor de distorsiones armónicas de voltaje de acuerdo a los procedimientos especificados en la norma IEC 61000-4-7. Con la finalidad de ubicar de una manera más eficiente los medidores de distorsiones armónicas, se efectuarán mediciones de monitoreo de armónicas, de manera simultánea con las mediciones de voltaje indicadas anteriormente; por lo que los medidores de voltaje deberán estar equipados para realizar tales mediciones de monitoreo.

2.4.9.3. Límites.

Los valores eficaces (rms) de los voltajes armónicos individuales (V_i') y los THD, expresados como porcentaje del voltaje nominal del punto de medición respectivo, no deben superar los valores límite (V_i' y THD') señalados a continuación. Para efectos de esta regulación se consideran los armónicos comprendidos entre la segunda y la cuadragésima, ambas inclusive.

Tabla #11. Valores límite (V_i' y THD') según la Regulación No. CONELEC – 004/01. Calidad del servicio eléctrico de distribución.

ORDEN (n) DE LA ARMONICA Y THD	TOLERANCIA $\|V_i'\|$ o $\|THD'\|$ (% respecto al voltaje nominal del punto de medición)	
	V > 40 kV (otros puntos)	V ≤ 40 kV (trafos de distribución)
Impares no múltiplos de 3		
5	2.0	6.0
7	2.0	5.0
11	1.5	3.5
13	1.5	3.0
17	1.0	2.0
19	1.0	1.5
23	0.7	1.5
25	0.7	1.5
> 25	0.1 + 0.6*25/n	0.2 + 1.3*25/n
Impares múltiplos de tres		
3	1.5	5.0
9	1.0	1.5
15	0.3	0.3
21	0.2	0.2
Mayores de 21	0.2	0.2
Pares		
2	1.5	2.0
4	1.0	1.0
6	0.5	0.5
8	0.2	0.5
10	0.2	0.5
12	0.2	0.2
Mayores a 12	0.2	0.5
THD	3	8

2.5. Frecuencia de los armónicos.

Las frecuencias de los armónicos que más problemas generan en el flujo de potencia, son aquellas que son múltiplos enteros de la fundamental como son: 120, 180, 240, 300 y 360 ciclos/segundos y las que siguen. Obsérvese que la frecuencia del sistema es la primera armónica.

En contraste las frecuencias no armónicas, por ejemplo 217 ciclos/segundo, generalmente son generadas e inyectadas al sistema de transmisión y distribución con algún objetivo especial. Estos casos son producidos deliberadamente o en algunos casos inadvertidamente. Es más difícil detectar una armónica que no es múltiplo de la frecuencia fundamental, porque no altera la longitud de onda de la misma manera, esto significa que no se ve un cambio estable en el osciloscopio cuando se estudia la onda, sin embargo, una vez que se detecta es mucho más fácil identificar su origen.

2.5.1. Espectro armónico.

Las armónicas son ondas de frecuencias múltiplos de la fundamental. El espectro teórico cubre todas las ondas, desde las de orden $1, 2, 3, 4, \ldots$ hasta el orden n, en que n tiende al infinito.

Por lo tanto, en el caso general, las armónicas son:

2.5.1.1. Para tensiones:

$$v = Vsennx \qquad [\text{Ec. } 56]$$

2.5.1.2. Para corrientes:

$$i = Isennx \qquad [\text{Ec. } 57]$$

En que $n = 2, 3, 4, 5, \ldots$, donde n tiende al infinito.

En teoría, y la práctica así lo demuestra, en los sistemas de potencia la amplitud de las ondas varía inversamente proporcional al orden n de la onda. En otras palabras, las ondas en que n es un número pequeño, tienen relativamente mayor amplitud que las ondas en que n es un número grande.

2.5.2. Armónica cero.

El flujo de corriente directa es la armónica de frecuencia cero, la contaminación con corriente directa de un sistema o potencia es parte de un estudio teórico completo de todas las armónicas, ya sea en el dominio del tiempo o de la frecuencia.

Generalmente la presencia de tensión o corriente directa es una señal de una pobre puesta a tierra, severo desbalance de carga o daño de algún equipo. Aún con la presencia de una pequeña señal, existe el problema de puesta a tierra, flujo en el conductor neutro o desbalance interno.

Como las frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental, las armónicas en sus diferentes frecuencias siempre estarán en fase con la fundamental y su impacto es básicamente el mismo. Esto significa que la distorsión armónica que se presenta en la onda de 50 ó 60 ciclos es la misma.

2.6. Diversidad y curvas del contenido de armónicos.

Como la propia carga, la generación de armónicos por los usuarios varía en función del tiempo, siendo posible graficar curvas de armónicos en forma similar a las curvas de carga. Esta variación en la generación de armónicos es causada por los mismos aparatos eléctricos que se conectan a la fuente de potencia eléctrica, siendo variables con la hora del día, el día de la semana, la estación del año, es decir, en la misma forma en que varía su curva de carga.

Sin embargo, los armónicos no son proporcionales a la carga o necesariamente una función del uso de los aparatos eléctricos, frecuentemente dependen de otros factores que originan cambios en las impedancias del sistema. Los armónicos sumados en un sistema de potencia en una determinada área o sobre un alimentador, está sometido a un comportamiento similar al del factor de coincidencia.

Como la demanda pico, el pico de armónicos creado por un grupo de usuarios no es igual a la suma de los picos individuales de los niveles de armónicos que pueden originar, esto se debe a los siguientes 3 factores:

2.6.1. Diversidad temporal.

Es idéntico en el concepto y en la aplicación a la coincidencia o diversidad aplicada a la demanda máxima: diferentes usuarios producen su pico de armónicos que salen de sus instalaciones a diferentes horas. Como la carga, los picos de armónicos tienen períodos de unos cuantos minutos a una determinada hora siguiendo el ciclo de encendido y apagado de los diferentes aparatos eléctricos. El nivel máximo de armónicos para un grupo de usuarios ocurre cuando la suma de sus demandas es un máximo, y como ellos no tienen su demanda máxima al mismo tiempo, esto puede ser mucho menor que la suma de los picos de armónicos de los usuarios individuales.

2.6.2. Diversidad de fase.

Dos aparatos eléctricos idénticos se conectan al mismo tiempo a la fuente de potencia eléctrica y que ambos producen igual cantidad de armónicos de tercer orden, pero debido a la diferencia en sus circuitos la polaridad de uno con respecto al otro es inversa (180 grados de diferencia de fase), su salida de armónicos se cancelará completamente.
Conociendo las principales fuentes de armónicos en un sistema de potencia, existe un ancho rango de ángulos de fase en los armónicos generados y cierta cantidad de cancelaciones ocurren. Sin embargo, a todos los aparatos eléctricos se les aplica la misma forma de onda, lo cual tiende a sincronizar su comportamiento. Simultáneamente muchas otras fuentes están un poco sincronizadas, con diversidad en fase que se presenta, debido a las diferencias en especificaciones de equipo, etc.

2.6.3. Atenuación.

Sin un número suficiente de aparatos similares generadores de armónicos son instalados, pueden llegar a ser significativos con respecto a la impedancia del sistema visto desde su localización, ellos distorsionan la tensión que ven (la tensión que se les aplica para que produzcan armónicos) y en muchos casos esto reduce su contribución armónica individual. Por ejemplo un aparato eléctrico de 120 watts (Una PC) típicamente puede

crear 0.9 amperes de inyección de corriente de tercer armónico. Cuando varios cientos de estos equipos son instalados en un lugar, la corriente en estos elementos puede exceder 11 % del nivel de corriente de corto circuito en ese lugar, la corriente de tercera armónica inyectada será en promedio de 0.8 amperes por equipo, presentando un 11 % de reducción. Los aparatos distorsionan la forma de onda de la tensión de tal manera que esto produce más armónicos. Armónicos de mayor orden presentan una mayor atenuación, en condiciones similares a las descritas para el tercer armónico, el quinto armónico es reducido por un factor cercano al 40% y el noveno armónico en un 66 %.

Como resultado de estos tres fenómenos, la contribución armónica por aparato disminuye a medida que más aparatos son incluidos. En general, el factor de diversidad y la diversidad de fase, son las razones más importantes de porque los armónicos de menor orden disminuyen cuando se incrementa el tamaño del grupo, y la atenuación es el mayor fenómeno que reduce la magnitud de las armónicas de mayor nivel.

El factor de coincidencia armónico se define de la siguiente manera.

$$HC = \frac{Distorsión\,armónica\,total\,de\,un\,grupo\,de\,usuarios}{Sumatoria\,de\,las\,distorsiones\,armónicas\,individuales} \qquad [Ec.\,58]$$

En general en la presencia de muchas fuentes similares de armónicos, el nivel de armónicos en el sistema tiende a adquirir un nivel de saturación, donde el factor de coincidencia reduce su contribución a valores del 70 %.

REFERENCIAS.

[1] NORIEGA STEFANOVA Ernesto, *Generalidades sobre los armónicos y su influencia en los sistemas de distribución de energía.* Empresa Eléctrica Matanzas. Cuba Enero 2005.

[2] Regulación CONELEC Nº-004/01 (2001). *Calidad de Servicio eléctrico de distribución.* Resolución Nº 0116/01, 23 mayo 2001, Quito, Ecuador.

[3] CASTAÑEDA Oscar, CASTAÑEDA William, *Análisis de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto e Influencia de Armónicos de Corriente dentro del Área de Concesión de CNEL-Milagro.* Corporación Centro Nacional de Control de Energía - CENACE Eléctrica de Guayaquil.

[4] CARRILLO, Gilberto CAICEDO, Gabriel ORDOÑEZ, Plata PETIT, Johann USTARIZ, Armando. M*etodología integral para la compensación de la potencia ficticia en sistemas de distribución de energía eléctrica*. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones A.A. 678 – Bucaramanga-Colombia. Universidad Industrial de Santander.

[5] RAMÓN IGNACIO, Diego García. *Análisis wavelet aplicado a la medida de armónicos, interarmónicos y subarmónicos en redes de distribución de energía eléctrica.* Universidad de Cantabria Departamento de Electrónica y Computadores. Santander, Octubre de 2006.

[6] SAMANIEGO ROJAS, Eduardo Mauricio PALACIOS MORA, David Efrén. *Estudio y análisis de perturbaciones (armónicos y flicker) correspondiente al sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA) en la ciudad de Loja.* Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías. Carrera de Ingeniería Eléctrica. Cuenca. 2006. 370 p.

[7] The Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE. IEEE Recommended Practices for Monitoring Electrical Power Quality*, (1159): 1995.

[8] A.A. Mahmoud, R.D. Schultz, *"A Method for Analyzing Harmonic Distribution in A.C. power Systems", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-101, No. 6, 1982, Págs. 1815-1824.

[9] A. Medina, "*Power System Modelling in the Harmonic Domain*", PhD Thesis, University of Canterbury, New Zealand, 1992

[10] T.S. Parker, L.O. Chua, *"Practical Numerical Algorithms for Chaotic Systems"*, Springer-Verlag, 1989.

[11] Universidad de navarra "transformada *discreta de Fourier*", España 1999, Http: //www.tecnun.com/asignaturas/tratamiento%digital/tema6.pdf

[12] IEEE Standard, *"IEEE Standard 519-1992. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*". 1992.

[13] AENOR, "*UNE-EN 61000. Compatibilidad Electromagnética"*.

CAPITULO III.

RECOLECCIÓN DE DATOS Y ANÁLISIS TÉCNICO EN LA SUBESTACIÓN # 23 COMO EN LOS ALIMENTADORES # 2311, 2312.

3.1. Recolección de datos operativos y análisis de la subestación # 23.

En este capítulo se basa en normas ya existentes a nivel nacional las cuales fueron emitidas por el CONELEC-004/01 estas establecen el nivel de calidad de la prestación del servicio eléctrico y los procedimientos de evaluación para las empresas distribuidoras. Estos son: los índices de calidad, mediciones, límites; todos estos ya detallados en el capítulo anterior, en cuanto a las mediciones la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. lleva un registro anual de las mediciones realizadas en cada subestación, para ello se facilitó la información y de acuerdo a las normas se deberá registrar un número de siete días consecutivos recolectando mediciones en un intervalo de diez minutos durante el transcurso mencionado. En cuanto a los límites de tolerancia que permite esta norma están expuestos en las tablas del capítulo anterior.

Las características generales de la subestación Limón # 23 ubicada en Morona Santiago, Cantón Limón, Zona Urbana, con una cantidad de muestras de datos de 1008, con un registrador tipo NEXUS, a una tensión de 13800V fase-fase, realizando las mismas mediciones en las tres fases existentes, existiendo dos alimentadores los cuales son el alimentador 2311 del cantón Limón y el alimentador 2312 del cantón San Juan Bosco en el cual constan los siguientes datos:

Tabla # 12. Alimentador existente en la subestación Limón # 23.

Nombre del alimentador	Descripción alimentador	Nivel de voltaje (Kv)	Transf. monofásicos	Transf. trifásicos	Número de transformadores
					Total
2311	Limón	13.8	233	7	240
2312	San Juan Bosco	13.8	134	8	142
Sumatoria:					382

3.1.1. Recolección de datos: Flicker [p.u.], THD_V [%], THD_I [%], Voltaje Promedio [V], Corriente Promedio [A], Potencia Real Promedio [W], Consumo de Energía [Wh], Potencia Aparente [VA] y Factor de Potencia [Cos Φ].

Las definiciones y conceptos de cada elemento de las mediciones tomadas así como las normas y límites están detalladas en el capítulo anterior. Con lo cual para esta etapa la recolección de datos se realizó en el transcurso del mes de Abril de 2010, en la fecha del 13 de abril del 2010 empezando a las 0:00 hasta el 19 de abril del 2010 terminando a las 23:50. Los datos fueron tomados cada 10 minutos durante el transcurso mencionado como se indica en la norma CONELEC-004/01. El equipo utilizado para realizar las mediciones es el registrador NEXUS. Además de esto, la subestación Limón # 23, es trifásica con lo cual se analizará las diferentes fases individualmente para así constatar problemas en cada fase.

3.1.1.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Para analizar los flicker se tomaran en consideración los datos P_{st} obtenidos mediante el registrador NEXUS, con el fin de encontrar las causas de flicker cuando este sobrepase los límites establecidos en las normas. En primera instancia se realizará el estudio de los valores de P_{st} de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen el límite $P_{st} = 1$ en el 95% de las mediciones realizadas en el transcurso de siete días continuos. En caso que los valores P_{st} tengan una magnitud crítica, se realizará un análisis detallado de las posibles causas que lo provoquen, independientemente o no con la regulación del CONELEC. Además anexamos al final los datos de la EERCS C.A. facilitados por el Departamento de Calidad de Energía con los detalles de los índices de calidad el producto en las subestaciones.

Aquí se analizará el índice de calidad del producto en la subestación Limón # 23 en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010, en cuanto a los flicker primero se analizá una gráfica en conjunto de las tres fases para poder observa los picos

de valores de P_{st} 1 en conjunto y luego se describirá individualmente para cada fase realizando una descripción de cada evento que surgió o está fuera de los límites.

Se debe considerar que existen 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar primero en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que existen nueve valores de de P_{st} 1 distribuidos; en la fase A existen cinco valores de muestras mayores al límite (1 p.u. 0.50%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.50%), en la fase B existen dos valores de muestras mayores al límite (1 p.u. 0.20%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.80%) y en cuanto a en la fase C existen dos valores de muestras mayores al límite (1 p.u. 0.20%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.80%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

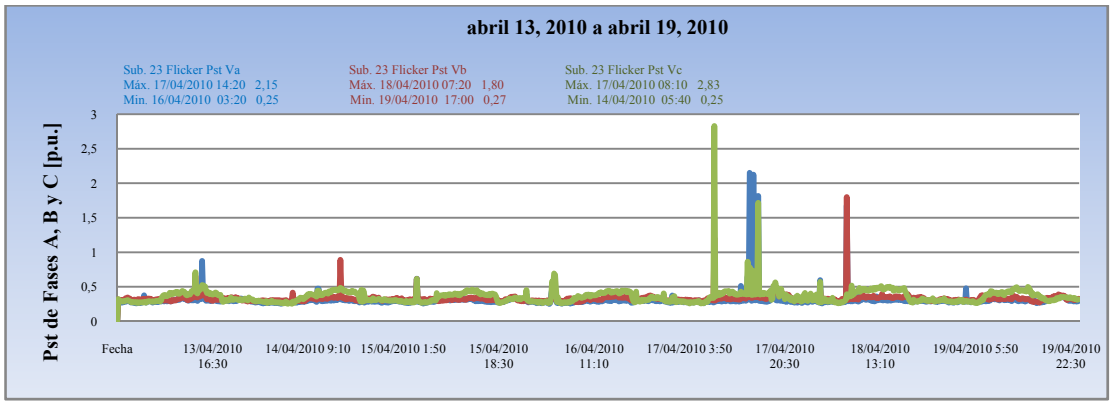

Figura 27. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A, B y C [p.u.].

Ahora analizando el P_{st} de la fase A, se observa que a pesar del cumplimiento de la regulación, se observan valores de P_{st} que sobrepasan el límite; este es el caso de los días 17 de Abril del 2010 a las 14:20 con un valor de $P_{st} = 2.151$, 17 de Abril del 2010 a las 14:30 con un valor de $P_{st} = 2.126$, 17 de abril del 2010 a las 15:00 con un valor de $P_{st} = 2.124$, 17 abril del 2010 a las 15:50 con un valor de $P_{st} = 1.815$ y el 18 de Abril del 2010 a las 7:20 con un valor de $P_{st} = 1.678$. Además el valor máximo registrado de $P_{st} = 2.15$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 14:20 y el valor mínimo registrado de $P_{st} = 0.25$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 3:20.

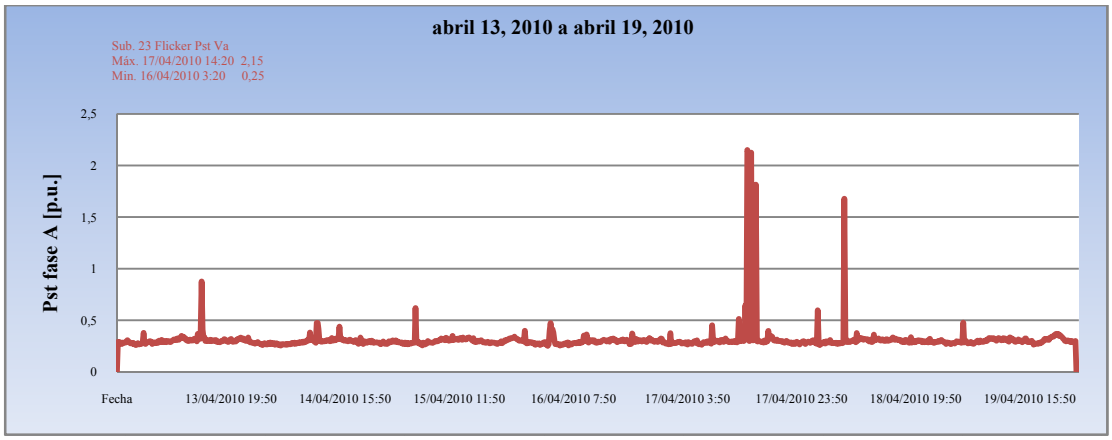

Figura 28. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el de la fase B, se observa que a pesar del cumplimiento de la regulación, se observan valores de que sobrepasan el límite; este es el caso de los días 17 de Abril del 2010 a las 8:10 con un valor de y el 18 de Abril del 2010 a las 7:20 con un valor de . Además el valor máximo registrado de en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 7:20 y el valor mínimo registrado de en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 17:00.

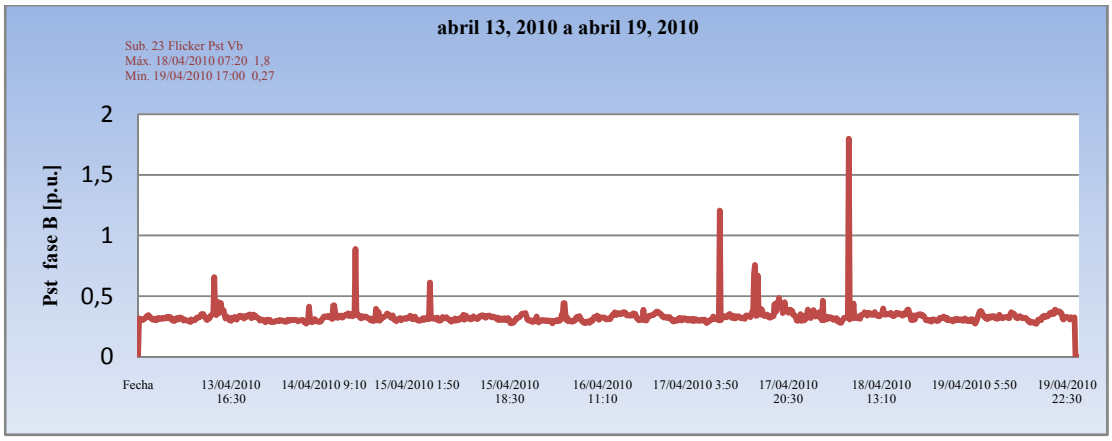

Figura 29. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

Finalmente al analizar el de la fase C, se observa que a pesar del cumplimiento de la regulación, se observan valores de que sobrepasan el límite; este es el caso de los días 17 de Abril del 2010 a las 8:10 con un valor de y el 17 de Abril del

2010 a las 15:50 con un valor de . Además el valor máximo registrado de en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 8:10 y el valor mínimo registrado de en la fecha 14 de Abril del 2010 a las 5:40.

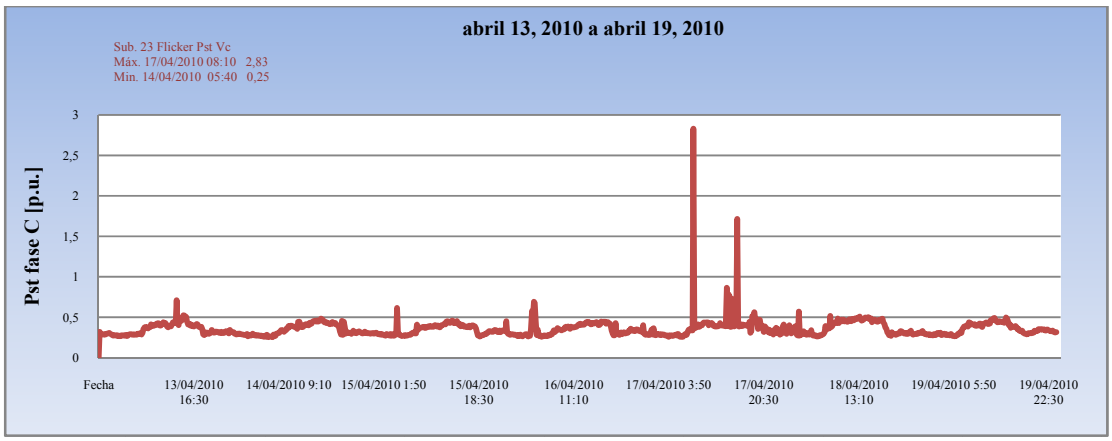

Figura 30. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase C [p.u.].

En conclusión debido a que los máximos picos de flicker son del sábado 17 de Abril de 2010 a las 14:20 Pm y 8:10 Am y domingo 18 de abril del 2010 a las 7:20 Am, lo cual indica que estos niveles de severidad fueron originados por variaciones de tensión de corta duración debido a posibles fallas del sistema "aguas arriba" lo cual ha producido caídas de tensión. Estas fluctuaciones pueden afectar el funcionamiento de equipos sensibles (sin llegar a daños irreparables), anomalías en los sistemas de iluminación, en especial lámparas incandescentes y de descarga debido a que la sensación de fluctuaciones rápidas de tensión son acumulativas, se presenta cansancio visual y dependiendo de la frecuencia del fénomeno y de la sensibilidad de la persona que lo percibe, puede ocacionar cefaleas, migrañas, ser causa de estrés y hasta a ser un riesgo de salud, particularmente para las personas propensas a la epilepsia debido a que puede ocasionar crisis convulsiva. La responsabilidad del usuario es velar por que las perturbaciones producidas por los equipos eléctricos conectados dentro de sus instalaciones no sobrepasen los límites establecidos en esta norma. El usuario debe evitar que su comportamiento de fliker transmitida, desde su punto común de acoplamiento PCC, influya en el desmejoramiento de la calidad de energía tanto de otro

usuario como de la empresa de suministro de energía eléctrica. Esto con el fin de garantizar que los límites de compatibilidad establecidos en esta norma no sean excedidos. En cuanto a la empresa es responsable de mantener valores adecuados de impedancia (nivel de cortocircuito) con el fin de que el fliker en el punto común de acoplamiento no exceda los niveles de compatibilidad y cumpla con los límites de planificación establecidos en las normas. Todo esto con el objetivo final de disponer de una fuente de alimentación de energía eléctrica que cumpla con estandares de calidad establecidos y las normativas vigentes.

3.1.1.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Para analizar las distorsiones armónicas de tensión se tomará en consideración las normas ya antes descritas en el capítulo II, con el fin de encontrar las causas de THD_v cuando este sobrepase los límites establecidos en las normas. Primero se realizará el estudio de los valores THD_v de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen el límite establecido en la tabla # 2 de límites de distorsión de voltaje, en donde el nivel de tensión en la acometida $1 < Vn \leq 69Kv$ para una distorsión armónica total (THD_v) Vn debe ser igual al 5.0%. Las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se considerara 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase; los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar los valores de incumplimiento en conjunto y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.71$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 5:40 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.33$ en la fecha 14 de Abril del 2010 a las 10:10.

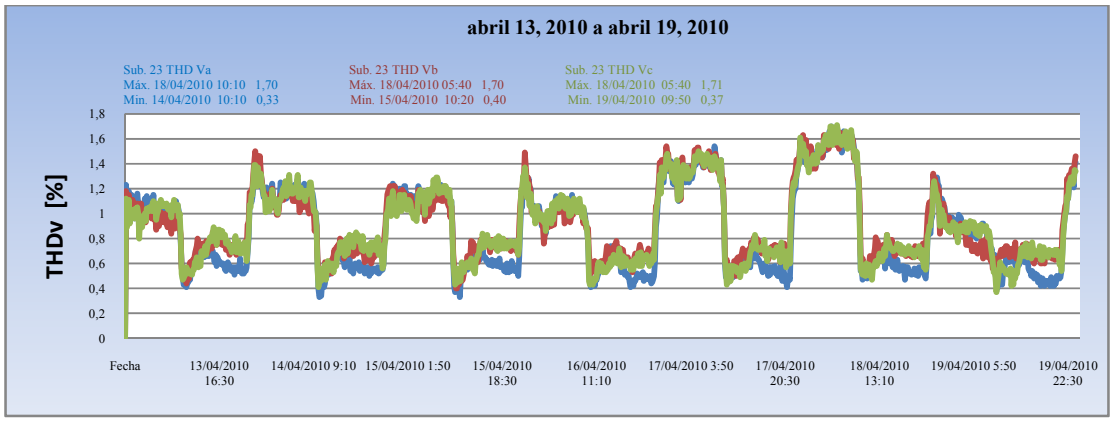

Figura 31. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observan valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 4:40 con un valor de $THD_V = 1.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 14 de Abril del 2010 a las 10:00 con un valor de $THD_V = 0.33$ llegando a ser el valor mínimo.

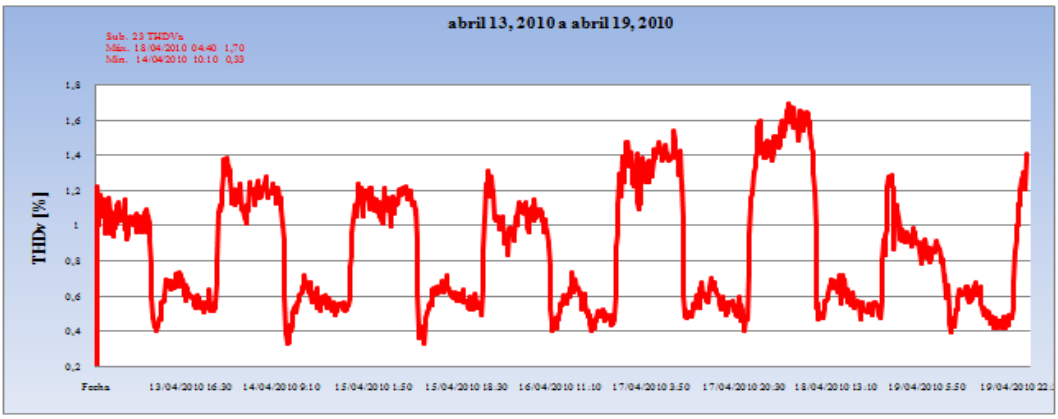

Figura 32. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observan valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 5:40 con un valor de $THD_V = 1.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 15 de Abril del 2010 a las 10:20 con un valor de $THD_V = 0.40$ llegando a ser el valor mínimo.

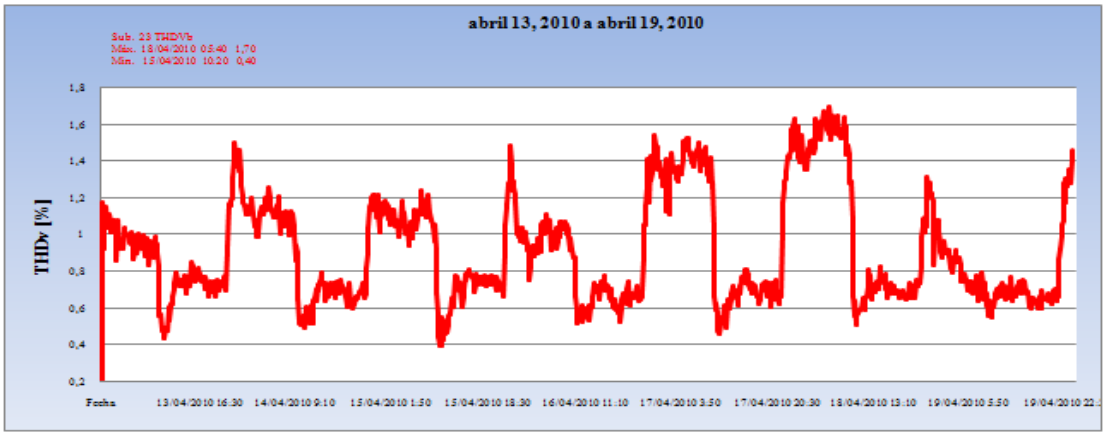

Figura 33. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

Al analizar el THD_V de la fase C, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observan valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 5:40 con un valor de $THD_V = 1.71$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 09:50 con un valor de $THD_V = 0.37$ llegando a ser el valor mínimo.

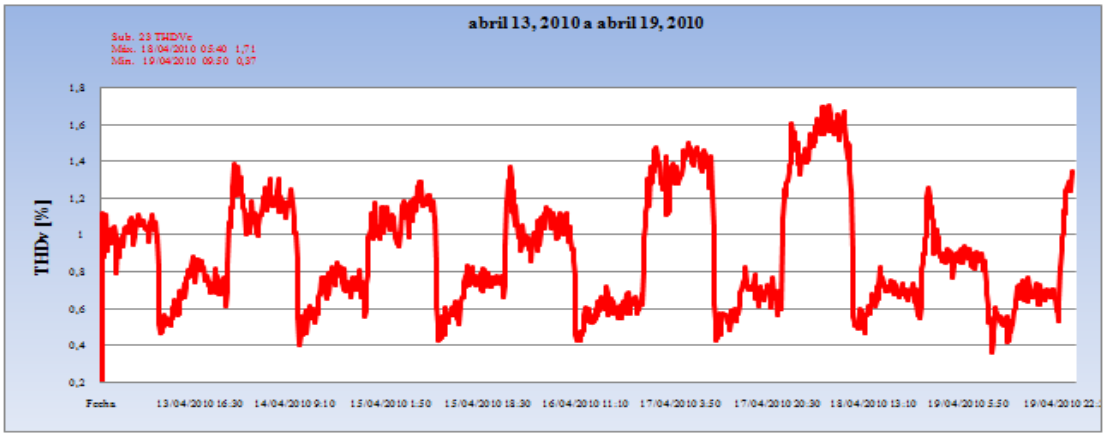

Figura 34. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase C [%].

En conclusión la distorsión armónica de tensión está dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles fallas del sistema "aguas arriba" lo cual ha producido dichas fluctuaciones. Los niveles de distorsión armónica son generalmente mayores en el sistema eléctrico del cliente que en la subestación de la Empresa Eléctrica

Regional Centro sur C.A. esto se verificará en los análisis a las cargas lineales y no lineales de la empresa eléctrica regional centro sur.

3.1.1.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Para analizar las distorsiones armónicas de corriente se tomaran en consideración las normas ya antes descritas en el capítulo II, con el fin de encontrar las causas de THD_I cuando este sobrepase los límites establecidos en las normas. Primero se realizará el estudio de los valores THD_I de tal manera que se verifica el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. Para una distorsión armónica total (THD_I) debe ser igual o menor al 20.00%. Las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se consideraran 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase. Los datos obtenidos con muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 0.70%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 99.30%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B y fase C en conjunto es $THD_I = 11.39$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 25.47$ en la fecha 14 de Abril del 2010 a las 18:30 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 7.47$ en la fecha 15 de Abril del 2010 a las 01:10.

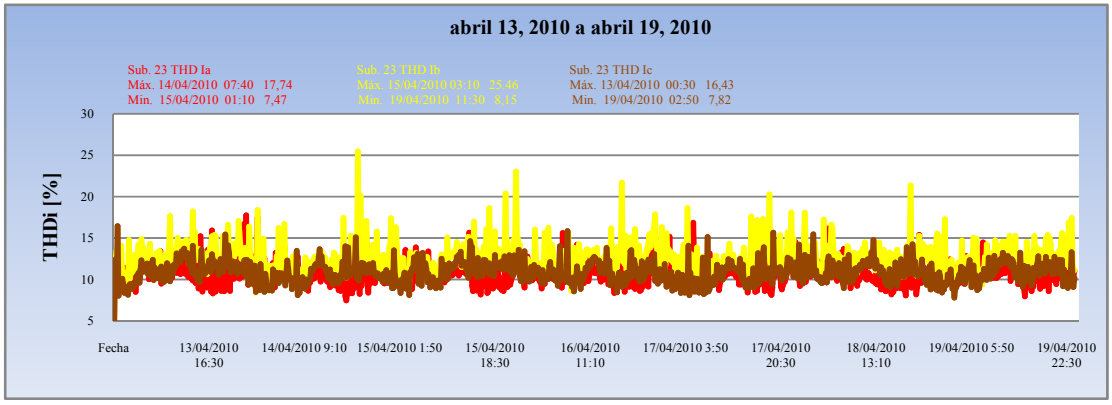

Figura 35. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observan valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 14 de Abril del 2010 a las 7:40 con un valor de $THD_I = 17.74$ llegando a ser el valor máximo y el día 15 de Abril del 2010 a las 01:10 con un valor de $THD_I = 7.47$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 10.80$

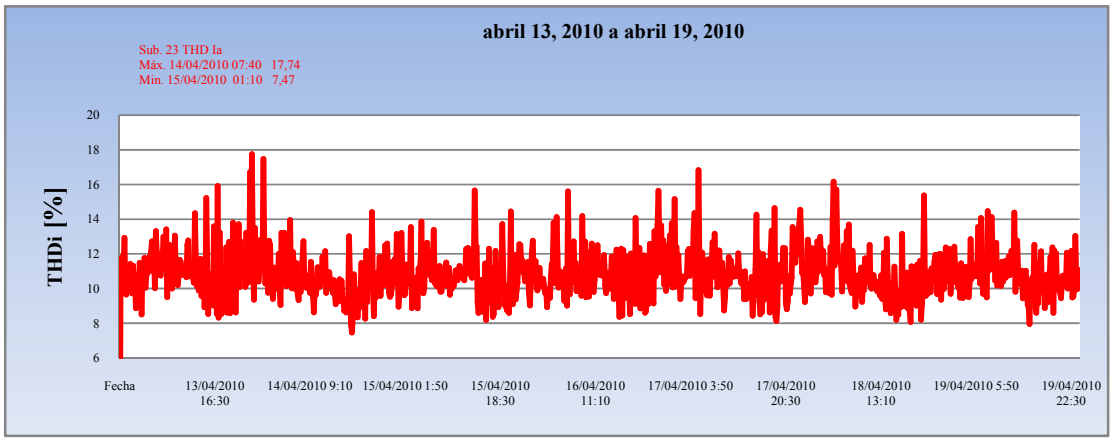

Figura 36. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen valores que sobrepasan el límite estos son el día 14 de Abril del 2010 a las 18:30 con un valor de $THD_I = 25.46$, el día 14 de Abril del 2010 a las 19:00 con un valor de $THD_I = 20.11$, el día 15 de Abril del 2010 a las 20:20 con un valor de $THD_I = 20.37$, el día 15 de Abril del 2010 a las 22:10 con un valor de $THD_I = 23.01$, el día 16 de Abril del 2010 a las 16:40 con un valor de $THD_I = 21.68$, el día 17 de Abril del 2010 a las 18:30 con un valor de $THD_I = 20.25$, y el día 18 de Abril del 2010 a las 19:10 con un valor de $THD_I = 21.35$, sin embargo se observan valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 14 de Abril del 2010 a las 18:30 con un valor de $THD_I = 25.47$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 11:30 con un valor de $THD_I = 8.15$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 12.54$.

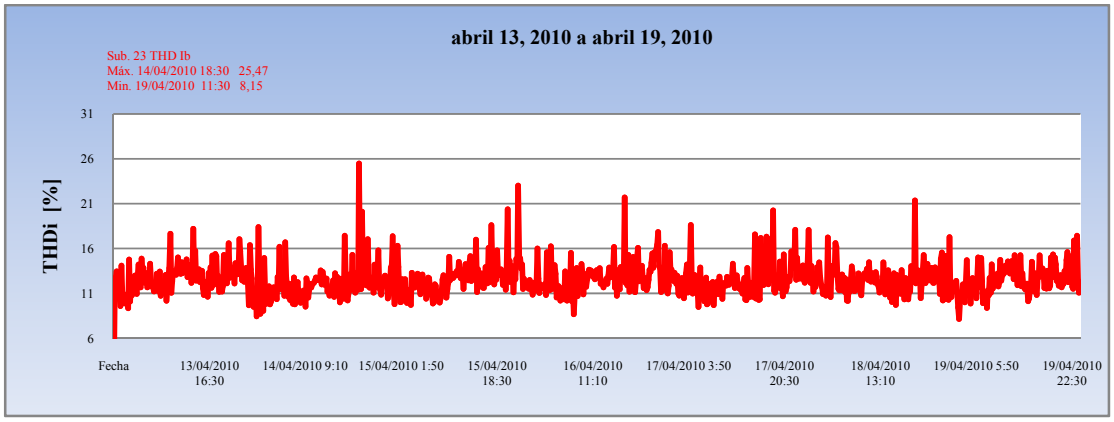

Figura 37. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase B [%].

Al analizar el THD_I de la fase C, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observan valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 13 de Abril del 2010 a las 00:30 con un valor de $THD_I = 16.43$ llegando a ser el valor máximo y el día 119 de Abril del 2010 a las 02:50 con un valor de $THD_I = 7.82$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 10.83$.

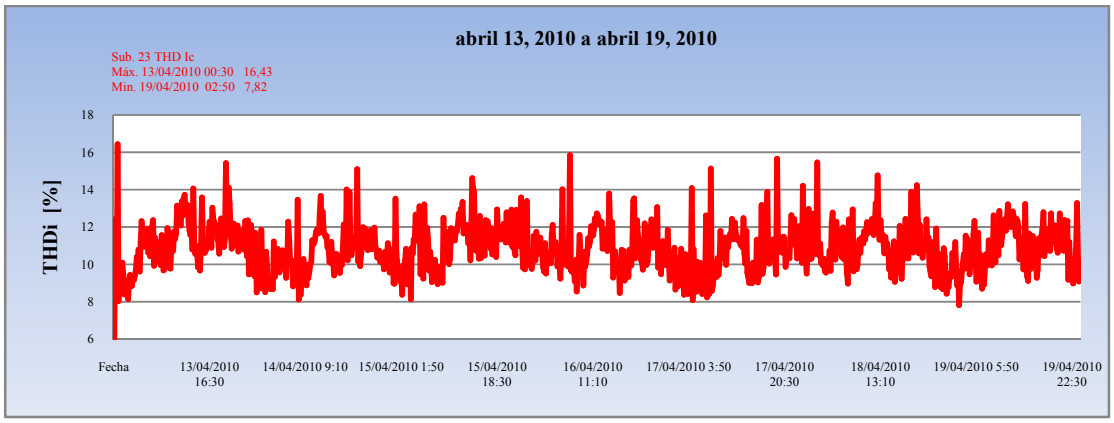

Figura 38. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase C [%].

En conclusión la distorsión armónica de corriente está dentro de los límites, los picos producidos en la fase B se deben a posibles ingresos de clientes de gran consumo los que producen dichas fluctuaciones. Los niveles de distorsión armónica son generalmente mayores en el sistema eléctrico del cliente que en la subestación de la EERCS CA.

3.1.1.4. Voltaje Promedio [V]: Fase A. Fase B. Fase C.

Para analizar el voltaje promedio se tomará en consideración que el voltaje nominal es de 13800 fase-fase y de 7967 fase-neutro. Primero se realizará el estudio de los valores de voltaje promedio de tal manera que se puede verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen el límite de $7967 \mp 10\%$ establecido del voltaje nominal fase-neutro, las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar los valores de incumplimiento en conjunto y luego en forma individual por cada fase, el límite inferior es de 7170.69 V fase-neutro y el límite superior es de 8764.18 V fase-neutro. En donde se observaá si no existen muestras mayores ni menores al límite en ninguna fase, por lo que se concluye que si cumple con la regulación. Además el valor máximo registrado de $Vprom = 8399.22\ [V]$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 18:00 y el valor mínimo registrado de $Vprom = 8057.67\ [V]$ en la fecha 14 de Abril del 2010 a las 10:10.

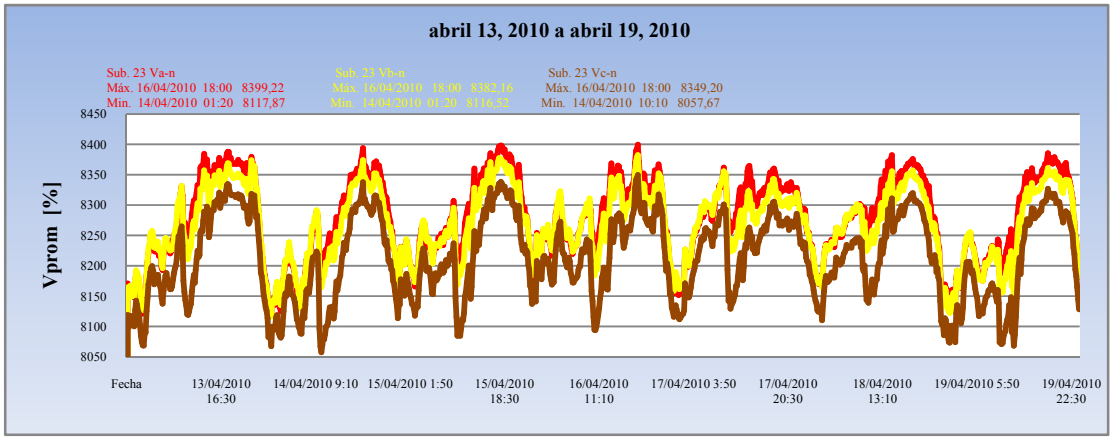

Figura 39. Voltaje promedio de las fases A, B y C [V].

Al analizar el voltaje promedio de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo se observan valores de voltaje promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 16 de Abril del 2010 a las 18:00 con un valor de $Vprom = 8399.22\ [V]$ llegando a ser el valor máximo y el día 14 de Abril

del 2010 a las 01:20 con un valor de $Vprom = 8117.87\ [V]$ llegando a ser el valor mínimo.

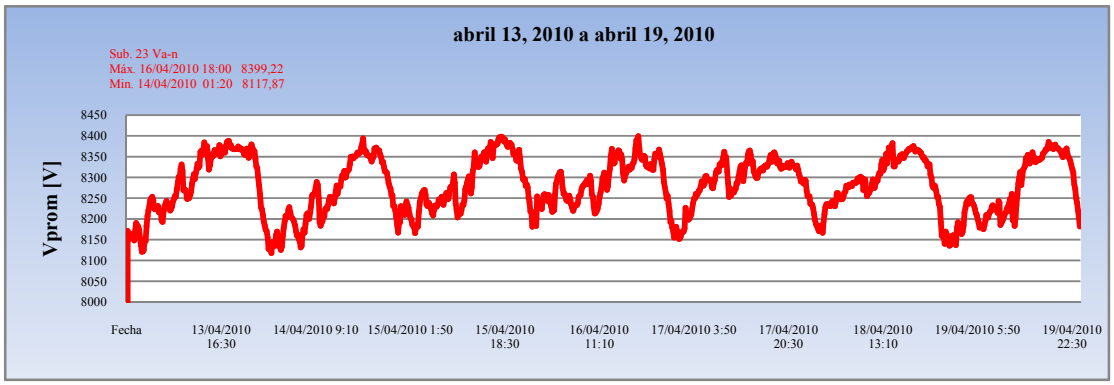

Figura 40. Voltaje promedio de la fase A [V].

Analizando el voltaje promedio de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite; sin embargo se observan valores de voltaje promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 16 de Abril del 2010 a las 18:00 con un valor de $Vprom = 8382.16\ [V]$ llegando a ser el valor máximo y el día 14 de Abril del 2010 a las 01:20 con un valor de $Vprom = 8116.52\ [V]$ llegando a ser el valor mínimo.

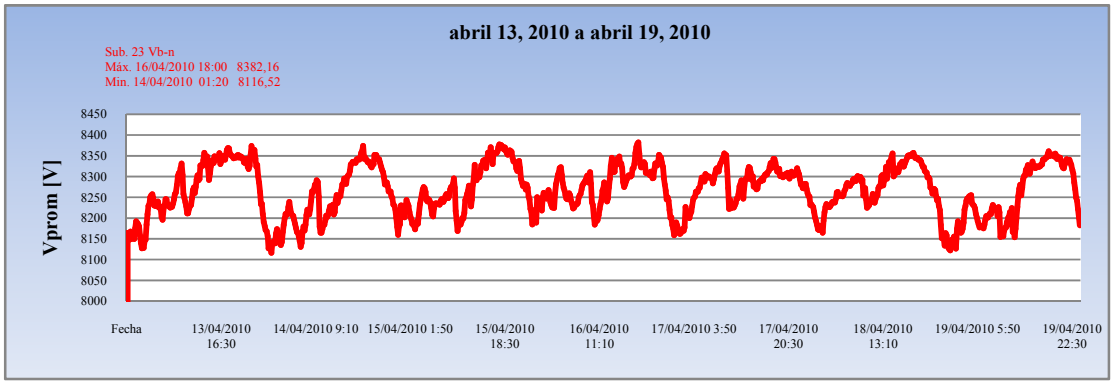

Figura 41. Voltaje promedio de la fase B [V].

Al analizar el voltaje promedio de la fase C, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observa valores de voltaje promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 16 de Abril del 2010 a las 18:00 con

un valor de $Vprom = 8349.20\ [V]$ llegando a ser el valor máximo y el día 14 de Abril del 2010 a las 10:10 con un valor de $Vprom = 8057.67\ [V]$ llegando a ser el valor mínimo.

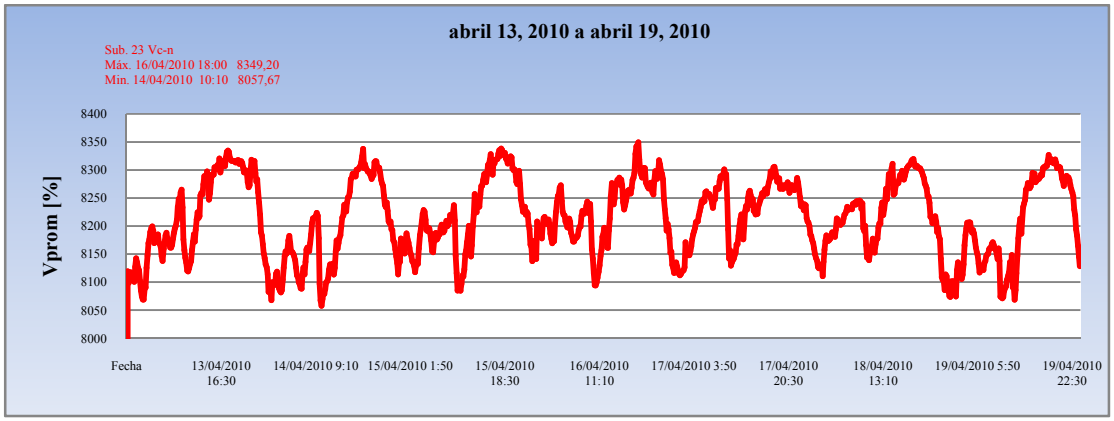

Figura 42. Voltaje promedio de la fase C [V].

En conclusión el mayor nivel de voltaje promedio se produce en las horas pico de los días resultando el día viernes el de más valor debido a muchas cargas conectadas. Pero el valor del voltaje promedio no se ve afectada por las variaciones debido a que son problemas de corta duración y no de duración continua para provocar grandes picos o caídas de tensión.

3.1.1.5. Corriente Promedio [A]: Fase A. Fase B. Fase C.

Para analizar las corrientes promedios se tomará en consideración que el voltaje nominal es de 13800 fase-fase y de 7967 fase-neutro y la potencia es de 25MVA. Las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se considerara 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar los valores y luego en forma individual por cada fase. La corriente promedio es $Iprom = 28.909679\ [A]$. Además el valor máximo registrado de $Iprom = 41.68\ [A]$ en la fecha 14 de Abril del 2010 a las 10:40 y el valor mínimo registrado de $Iprom = 19.56\ [A]$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 22:20.

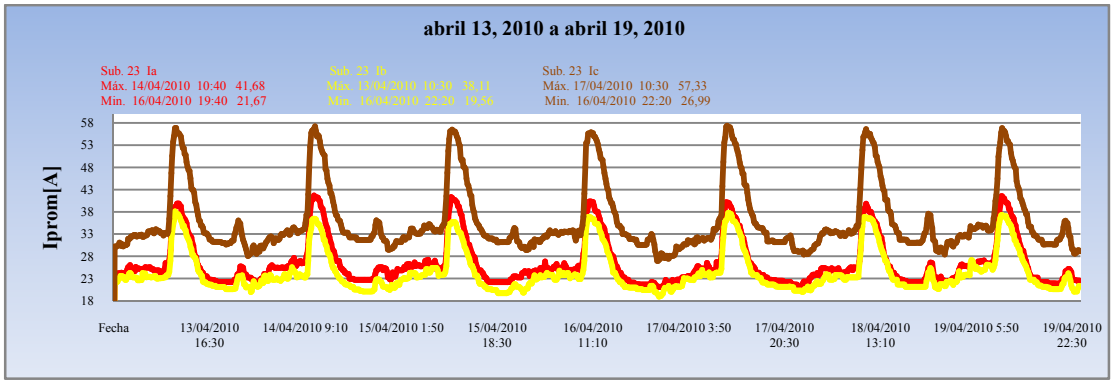

Figura 43. Corriente promedio de las fases A, B y C [V].

Analizando la corriente promedio de la fase A, se puede decir que existen valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de corriente empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanzar un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La corriente promedio es $Iprom = 26.3894944\ [A]$. Sin embargo se observan valores de corriente promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 14 de Abril del 2010 a las 10:40 con un valor de $Iprom = 41.68\ [A]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 19:40 con un valor de $Iprom = 21.67\ [A]$ llegando a ser el valor mínimo.

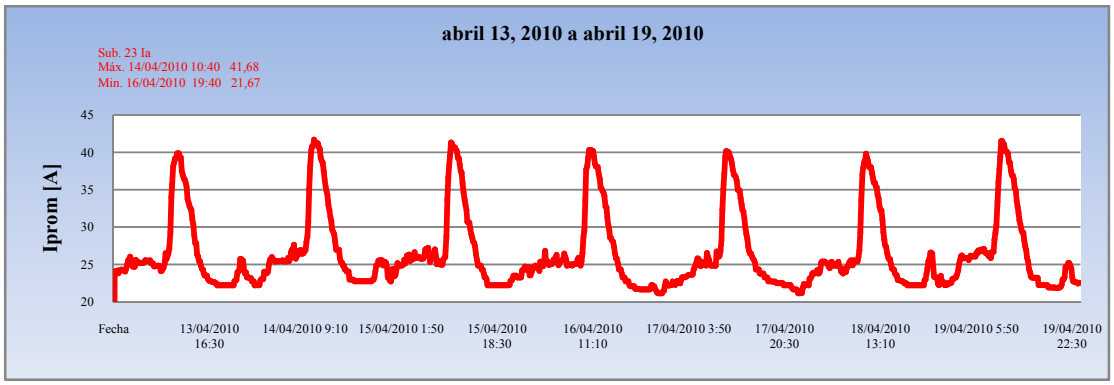

Figura 44. Corriente promedio de la fase A [V].

Al analizar la corriente promedio de la fase B, se puede decir que existe valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se

observa que este valor de corriente empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La corriente promedio es $Iprom = 24.4700677\ [A]$. Sin embargo se observan valores de corriente promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 13 de Abril del 2010 a las 10:30 con un valor de $Iprom = 38.11\ [A]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 22:20 con un valor de $Iprom = 19.56\ [A]$ llegando a ser el valor mínimo.

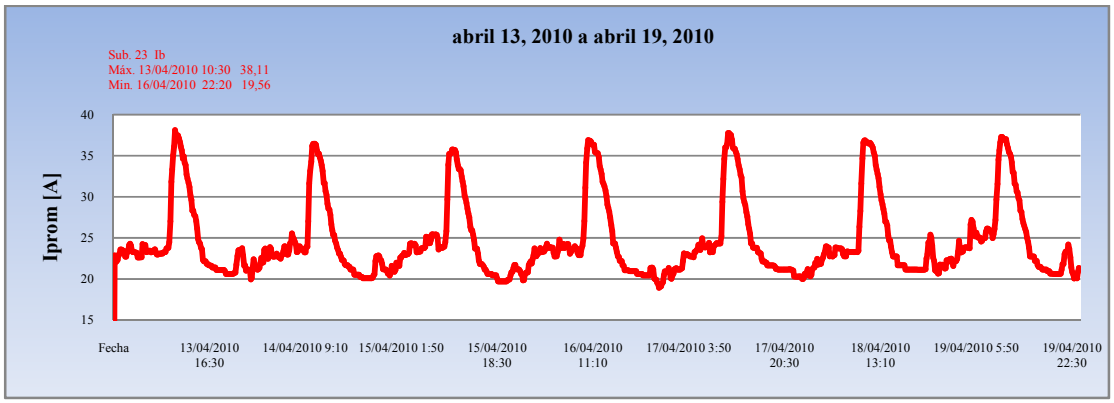

Figura 45. Corriente promedio de la fase B [V].

Al analizar la corriente promedio de la fase C, se puede decir que en esta fase es donde existe la mayor carga y su corriente promedio llegan a tener valores mucho más altos que las dos fases de misma manera los valores llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de corriente empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La corriente promedio es $Iprom = 35.8694749\ [A]$. Sin embargo se observan valores de corriente promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 17 de Abril del 2010 a las 10:30 con un valor de $Iprom = 57.33\ [A]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 22:20 con un valor de $Iprom = 26.99\ [A]$ llegando a ser el valor mínimo.

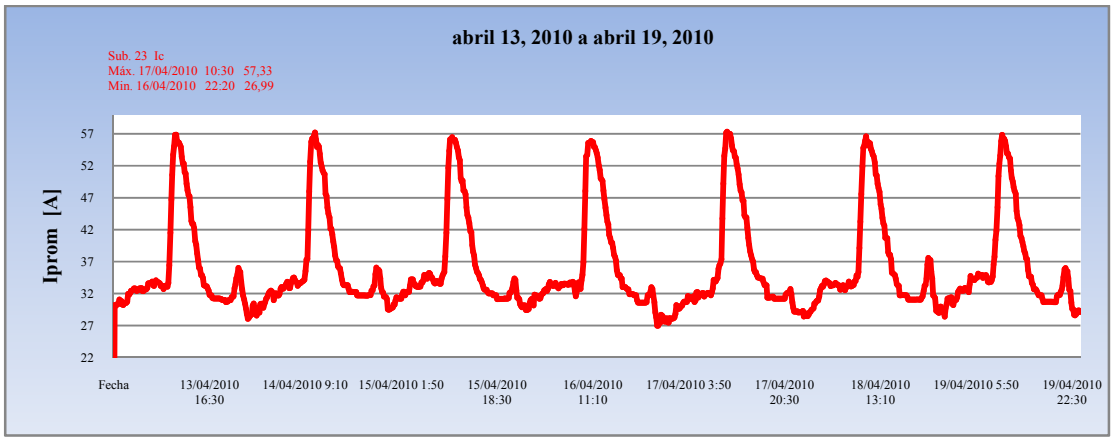

Figura 46. Corriente promedio de la fase C [V].

En conclusión el mayor nivel de corriente promedio se produce en las horas del medio día siendo aquí en donde se producen los mayores picos de corriente además se debe acotar que la fase C es la que posee la mayor carga siendo en si la que tiene un mayor consumo de energía notándose la diferencia en los valores y en las gráficas, además las gráficas son similares independiente que las cargas están desbalanceadas ya que estas están desplazadas unas de otra y no de una forma uniforme con pequeñas variaciones que sería la forma ideal para la subestación.

3.1.1.6. Potencia Real Promedio [W]: Fase A. Fase B. Fase C.

Para analizar las potencias reales promedios se tomará en consideración que el voltaje nominal es de 13800 fase-fase y de 7967 fase-neutro y la potencia es de 25MVA. Las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar los valores y luego en forma individual. La potencia promedio es $Wprom = 221549.3\,[W]$. Además el valor máximo registrado de $Wprom = 455026.6\,[W]$ en la fecha 14 de Abril del 2010 a las 10:50 y el valor mínimo registrado de $Wprom = 138124.8\,[W]$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 23:00.

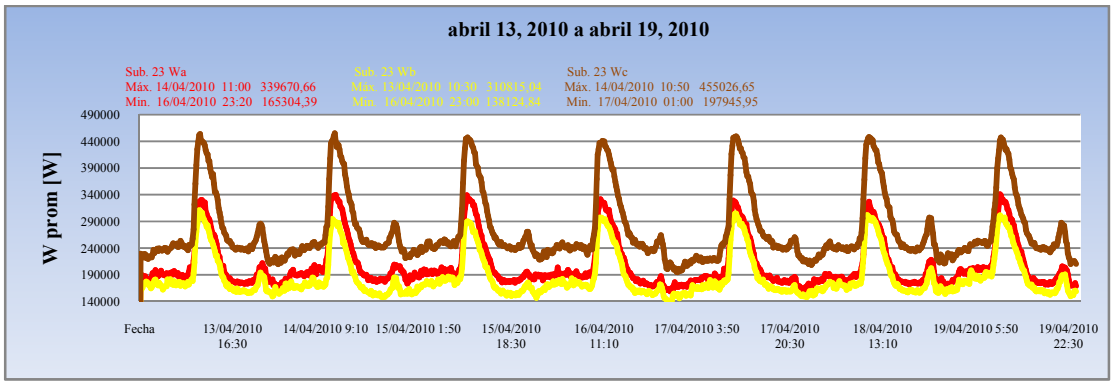

Figura 47. Potencia real promedio de las fases A, B y C [W].

Al analizar la potencia real promedio de la fase A, se puede decir que existe valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos se observa que este valor de potencia real empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La potencia promedio es $Wprom = 206688.5\ [W]$. Sin embargo se observan valores de potencia real promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 14 de Abril del 2010 a las 11:00 con un valor de $Wprom = 339670.6\ [W]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 23:20 con un valor de $Wprom = 165304.39\ [W]$ llegando a ser el valor mínimo.

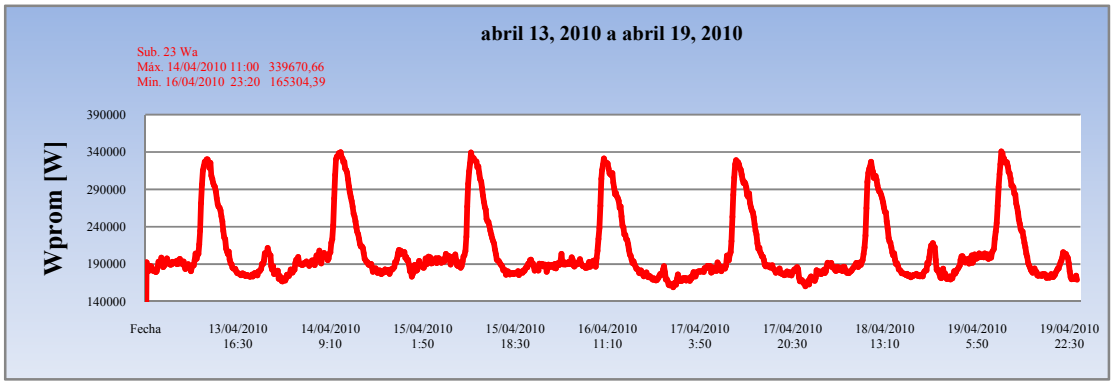

Figura 48. Potencia real promedio de la fase A [W].

Al analizar la potencia real promedio de la fase B, se puede decir que existe valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se

observa que este valor de corriente empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La potencia promedio es $Wprom = 186031.158\,[W]$. Sin embargo se observan valores de potencia real promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 13 de Abril del 2010 a las 10:30 con un valor de $Wprom = 310815{,}04\,[W]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 23:00 con un valor de $Wprom = 138124{,}84\,[W]$ llegando a ser el valor mínimo.

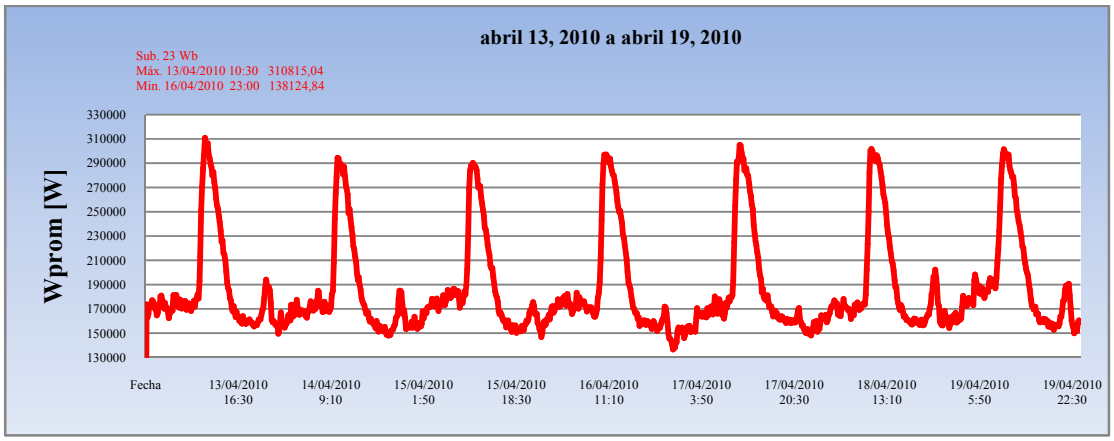

Figura 49. Potencia real promedio de la fase B [W].

Al analizar la potencia real promedio de la fase C, se puede decir que en esta fase es donde existe la mayor carga y su potencia real promedio llegan a tener valores mucho más altos que las dos fases de misma manera los valores llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de potencia real empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanzar un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La potencia promedio es $Wprom = 271928.23\,[W]$. Sin embargo se observan valores de potencia promedio que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 14 de Abril del 2010 a las 10:50 con un valor de $Wprom = 455026{,}65\,[W]$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 01:00 con un valor de $Wprom = 197945{,}95\,[W]$ llegando a ser el valor mínimo.

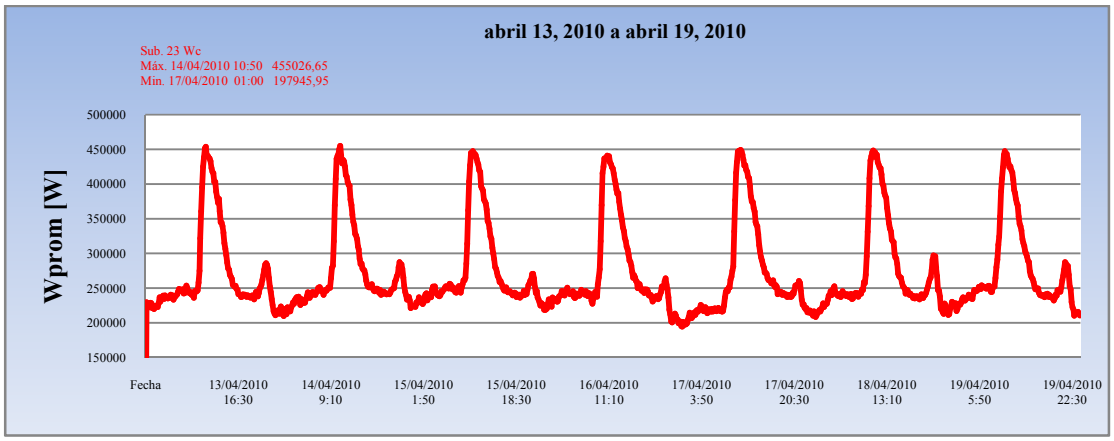

Figura 50. Potencia real promedio de la fase C [W].

En conclusión el mayor nivel de potencia real promedio se produce en las horas del medio día siendo aquí en donde se produce los mayores picos de potencia real además se debe acotar que la fase C es la que posee la mayor carga siendo en si la que tiene un mayor consumo de energía de corriente y potencia real notándose la diferencia en los valores y en las gráficas, además las gráficas son similares independiente que las cargas están desbalanceadas ya que estas están desplazadas unas de otras.

3.1.1.7. Consumo de Energía [Wh]: Fase A. Fase B. Fase C.

Para analizar el consumo de energía se tomará en consideración que el voltaje nominal es de 13800 fase-fase y de 7967 fase-neutro y la potencia es de 25MVA. Las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar los valores y luego en forma individual por cada fase. El consumo de energía promedio es $Wh = 36924.8835\ [W]$. Además el valor máximo registrado de $Wh = 75837.77\ [Wh]$ en la fecha 14 de Abril del 2010 a las 10:50 y el valor mínimo registrado de $Wh = 23722.28\ [Wh]$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 23:10.

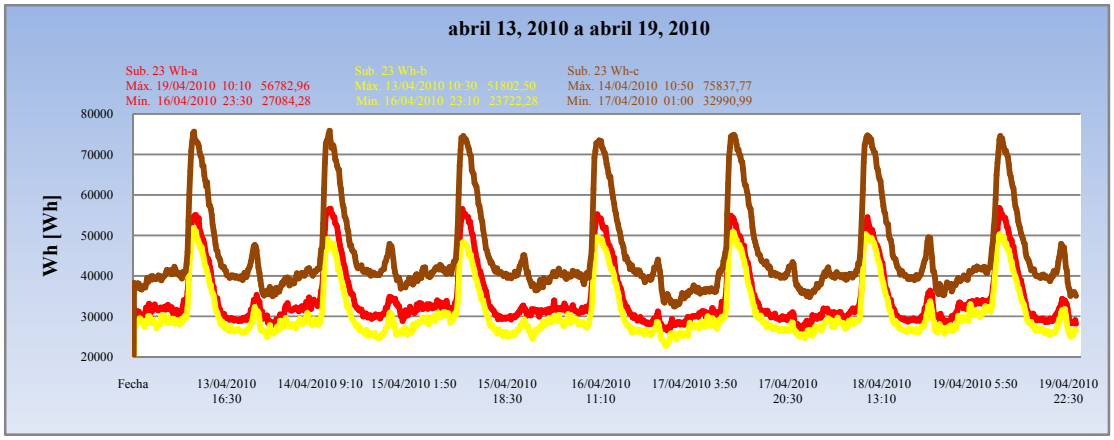

Figura 51. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Al analizar el consumo de energía de la fase A, se puede decir que existen valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de consumo de energía empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. El consumo de energía promedio es $Wh = 34448.6859\,[W]$. Sin embargo se observan valores de consumo de energía que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 10:10 con un valor de $Wh = 56782.96\,[Wh]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 23:30 con un valor de $Wh = 27084{,}28\,[Wh]$ llegando a ser el valor mínimo.

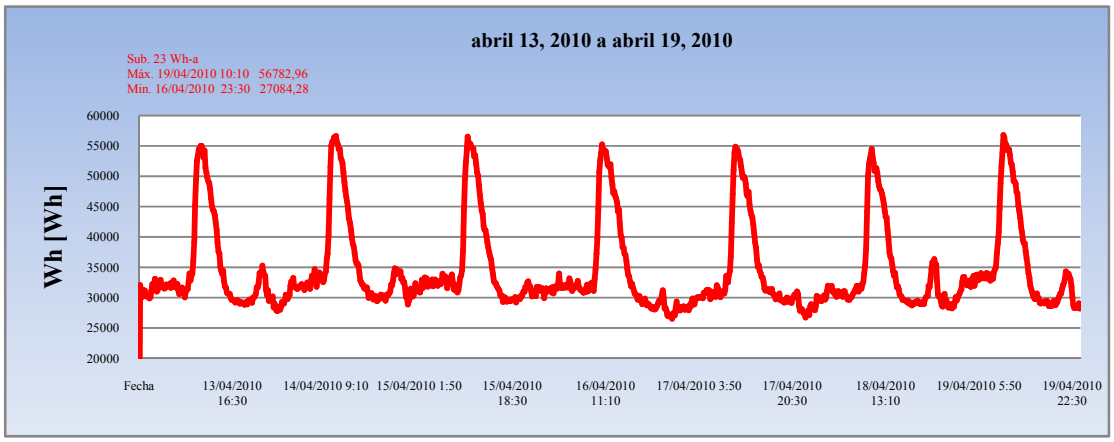

Figura 52. Consumo de energía de la fase A [Wh].

Al analizar el consumo de energía de la fase B, se puede decir que existen valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de consumo de energía empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanzar un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. El consumo de energía promedio es $Wh = 31005.193\ [W]$. Sin embargo se observan valores de consumo de energía que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 13 de Abril del 2010 a las 10:30 con un valor de $Wh = 51802.50\ [Wh]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 23:10 con un valor de $Wh = 23722{,}28\ [Wh]$ llegando a ser el valor mínimo.

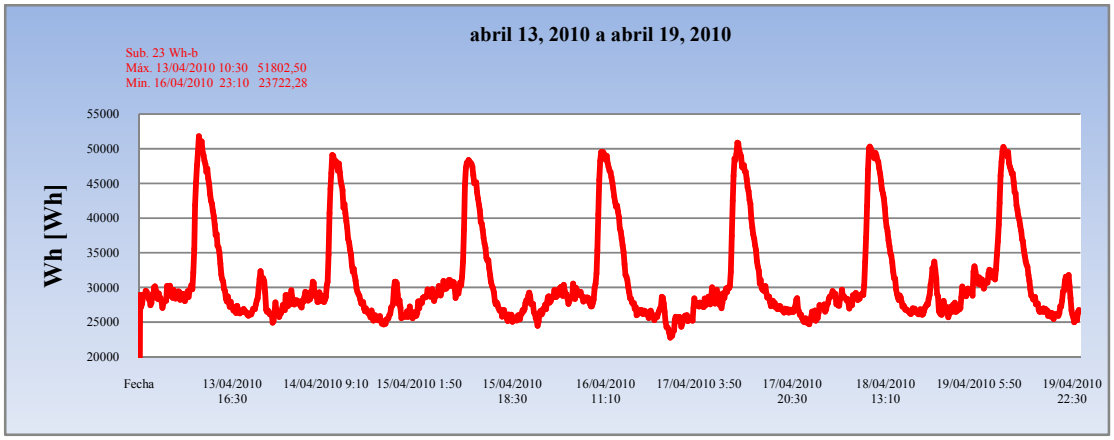

Figura 53. Consumo de energía de la fase B [Wh].

Al analizar el consumo de energía de la fase C, se puede decir que existen valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de consumo de energía empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. El consumo de energía promedio es $Wh = 45321.3117\ [W]$. Sin embargo se observan valores de consumo de energía que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 14 de Abril del 2010 a las 10:50 con un valor de $Wh = 75837{,}77\ [Wh]$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 01:00 con un valor de $Wh = 32990{,}99\ [Wh]$ llegando a ser el valor mínimo.

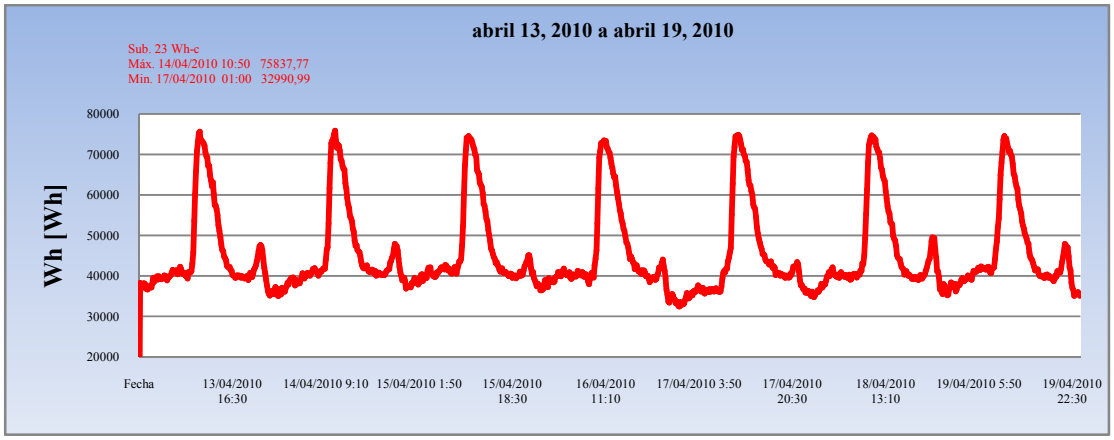

Figura 53. Consumo de energía de la fase C [Wh].

En conclusión el mayor nivel de consumo de energía se produce en las horas del medio día siendo aquí en donde se producen los mayores picos de consumo de energía, además se debe acotar que la fase C es la que posee la mayor carga siendo en si la que tiene un mayor consumo de energía de corriente, potencia real y consumo de energía notándose la diferencia en los valores y en las gráficas, además las gráficas son similares independiente que las cargas están desbalanceadas ya que estas están desplazadas unas de otras.

3.1.1.8. Potencia Aparente [VA]: Fase A. Fase B. Fase C.

Para analizar el consumo de potencia aparente se tomará en consideración que el voltaje nominal es de 13800 fase-fase y de 7967 fase-neutro y la potencia es de 25MVA. Las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar los valores y luego en forma individual por cada fase. La potencia aparente promedio es $S = 247246.6\ [VA]$. Además el valor máximo registrado de $S = 477580.40\ [VA]$ en la fecha 14 de Abril del 2010 a las 10:50 y el valor mínimo registrado de $S = 170544.05\ [VA]$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 23:20.

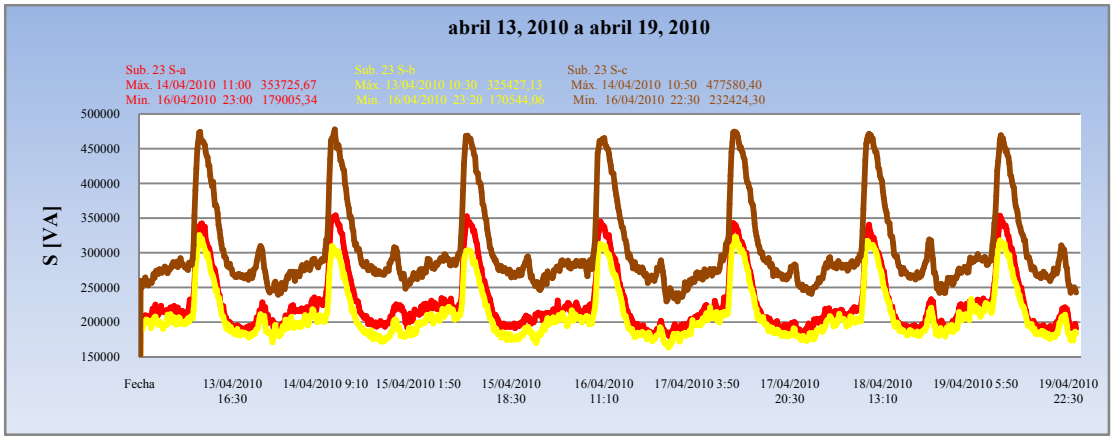

Figura 54. Potencia aparente de las fases A, B y C [VA].

Al analizar el consumo de potencia aparente de la fase A, se puede decir que existen valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de consumo de energía empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La potencia aparente promedio es $S = 226975.57\ [VA]$. Sin embargo se observan valores de consumo de energía que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 14 de Abril del 2010 a las 11:00 con un valor de $S = 353725.67\ [VA]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 23:00 con un valor de $S = 179005.34[VA]$ llegando a ser el valor mínimo.

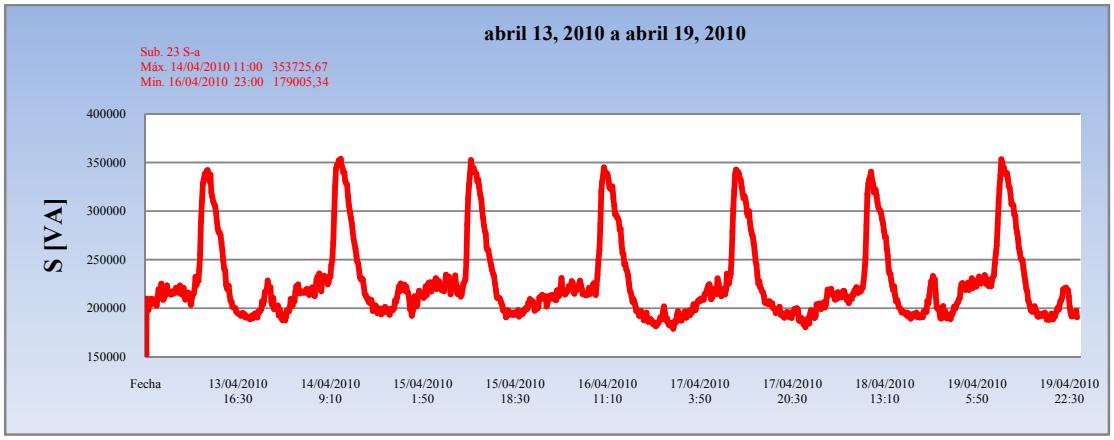

Figura 55. Potencia aparente de la fase A [VA].

Al analizar el consumo de potencia aparente de la fase B, se puede decir que existe valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de consumo de energía empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La potencia aparente promedio es $S = 211124.80\ [VA]$. Sin embargo se observan valores de consumo de energía que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 13 de Abril del 2010 a las 10:30 con un valor de $S = 325427.13\ [VA]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 23:20 con un valor de $S = 170544.06[VA]$ llegando a ser el valor mínimo.

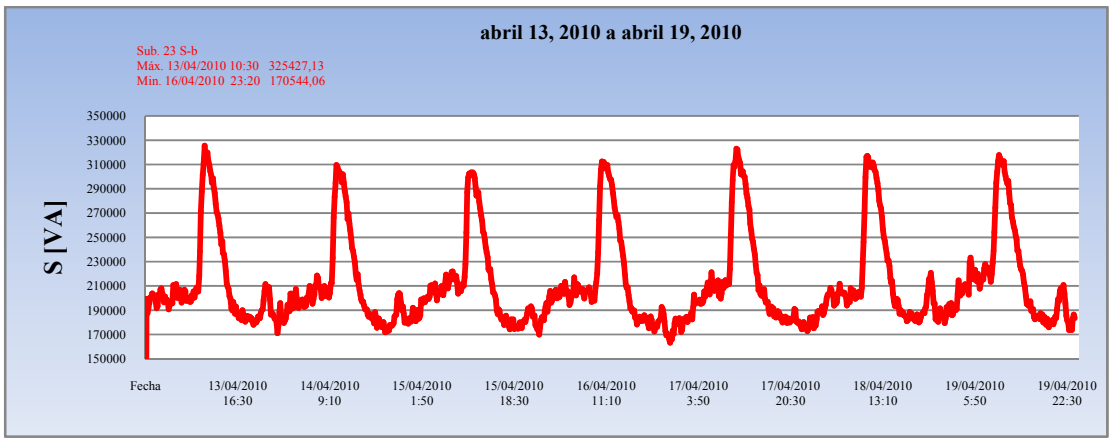

Figura 56. Potencia aparente de la fase B [VA].

Al analizar el consumo de potencia aparente de la fase C, se puede decir que existe valores que llegan a un máximo valor aproximadamente al medio día, de los datos tomados se observa que este valor de consumo de energía empieza en un valor promedio en la media noche y mientras transcurre el día empieza a subir el valor hasta que alcanza un valor máximo y luego decrece de la misma manera repitiéndose el proceso todos los días de forma similar. La potencia aparente promedio es $S = 303639.60\ [VA]$. Sin embargo se observan valores de consumo de energía que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 14 de Abril del 2010 a las 10:50 con un valor de $S = 477580.40\ [VA]$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 23:40 con un valor de $S = 232424.30[VA]$ llegando a ser el valor mínimo.

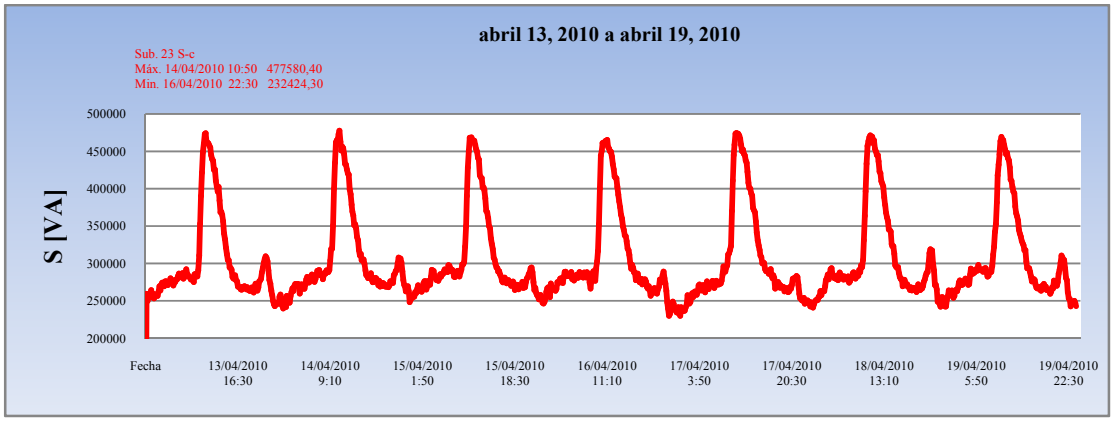

Figura 57. Potencia aparente de la fase C [VA].

En conclusión, el mayor nivel de consumo de potencia aparente se produce en las horas del medio día siendo aquí en donde se producen los mayores picos de consumo de energía, además se debe acotar que la fase C es la que posee la mayor carga siendo en si la que tiene un mayor consumo de energía de corriente, potencia real, consumo de energía y además consumo de potencia aparente notándose la diferencia en los valores y en las gráficas, además las gráficas son similares independiente que las cargas están desbalanceadas ya que estas están desplazadas unas de otra y no de una forma uniforme con pequeñas variaciones que sería la forma ideal para la subestación.

3.1.1.9. Factor de Potencia (Cos Φ): Fase A. Fase B. Fase C.

Antes de describir el factor de potencia se debe conocer la diferencia entre Cos Φ y Factor de Potencia. Las empresas penalizan el recibo eléctrico por el factor de potencia y no por el cos Φ para así conseguir mayor eficiencia en el sistema de distribución.

3.1.1.9.1. Cos Φ. (Coseno de Φ) no es más que el coseno del ángulo Φ que forman la potencia activa (P) y la potencia aparente (S) en el triángulo de potencias tradicional. En un sistema eléctrico de corriente alterna con ondas senoidales perfectas la descomposición de la potencia aparente en la suma de dos vectores da como resultados un triángulo rectángulo, en el que las componentes se encuentran en los ejes de los números reales y los imaginarios:

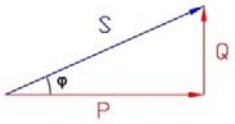

Figura 58. Potencias en un triángulo rectángulo.

Si en este triángulo rectángulo se aplica el Teorema de Pitágoras y las relaciones trigonométricas se obtiene que:

$$Cos\ \Phi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \qquad [\text{Ec. } 58]$$

El Cos Φ sólo depende de la potencia activa (P) y potencia reactiva (Q).

3.1.1.9.2. El factor de potencia (Fp). Es la relación entre la potencia activa (P) y la potencia aparente (S). Si la onda de corriente alterna es perfectamente senoidal, Fp y Cos Φ coinciden, si la onda no fuese perfecta la potencia aparente (S) no estaría únicamente compuesta por potencia activa (P) y potencia reactiva (Q), sino que aparecería una tercera componente suma de todas las potencias que genera la distorsión. A esta componente de distorsión se llama D. Ahora en la instalación hay una Tasa de Distorsión Armónica (THD) alta y debido a que hay corrientes armónicas. Estas corrientes armónicas, junto con la tensión a la que está sometido el conductor por el que fluyen da como resultado una potencia, que si fuese ésta la única distorsión en la instalación, su valor se correspondería con el total de las distorsiones D. Gráficamente se vería así:

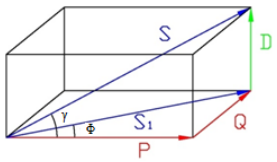

Figura 59. Potencias en un triángulo rectángulo con componente adicional D.

Se atiende a la cara inferior del prisma se observa el triángulo rectángulo anterior, pero la hipotenusa no es ahora la potencia aparente (S), sino la nueva potencia aparente (S1), ya que la potencia aparente (S) ha de tener en cuenta a D en su composición y en este caso se está obviando. Se presta atención al prisma completo se ven dos ángulos Φ, **γ**.

Ahora el ángulo importante no es Φ ya que no tiene en cuenta a D, sino **γ**. Atendiendo a la definición de Factor de Potencia, como la relación entre la potencia activa (W) y la potencia aparente (S) se obtiene la siguiente expresión:

$$Fp = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}} \qquad [\text{Ec. } 59]$$

En el caso de que el flujo eléctrico sea perfecto y no haya distorsiones (D=0) el factor de potencia y el Cos Φ coincidirán. Para analizar el factor de potencia se toma en consideración que el voltaje nominal es de 13800 fase-fase y de 7967 fase-neutro y la potencia es de 25MVA. Primero se realizará el estudio de los valores del factor de potencia de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no sean menores al límite de 0.92 establecido. Las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados en conjunto para determinar los valores y luego en forma individual por cada fase. El factor de potencia promedio es $Fp_{pro} = 0.890$. Además el valor máximo registrado de $Fp = 0.968$ en la fecha 13 de Abril del 2010 a las 10:40 y el valor mínimo registrado de $Fp = 0.788$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 07:30 notándose claramente que existe valores por debajo del límite en muchas ocasiones especialmente en la madrugada, parte de la mañana y en la tarde.

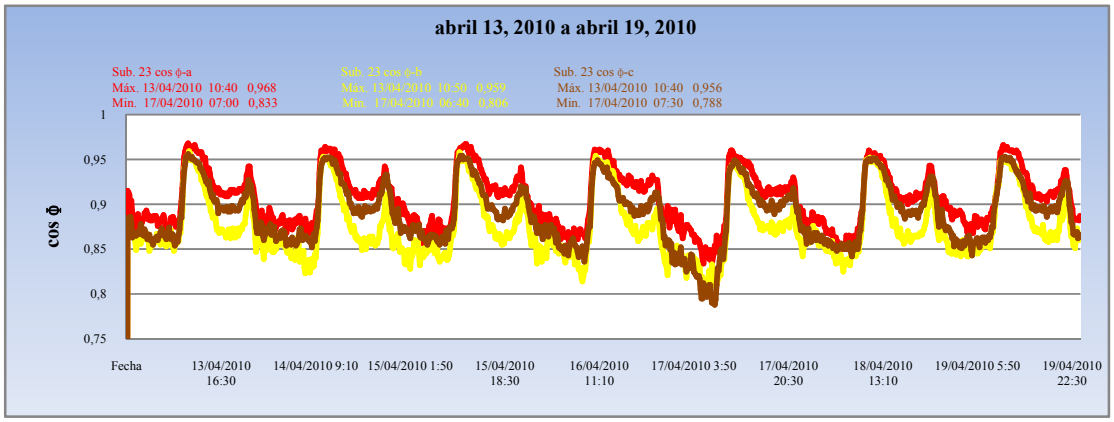

Figura 60. Factor de potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

Al analizar el factor de potencia de la fase A, se puede decir que existe valores que empiezan bajo el límite establecido en la madrugada y parte de la mañana llegando a un valor superior del límite en el medio día y volviendo a quedar fuera del límite en la tarde existiendo variaciones. El factor de potencia promedio es $Fp_{pro} = 0.906$. Además el valor máximo registrado de $Fp = 0.968$ en la fecha 13 de Abril del 2010 a las 10:40 y el valor mínimo registrado de $Fp = 0.833$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 07:00 notándose claramente que existe valores por debajo del límite en muchas ocasiones especialmente en la madrugada, parte de la mañana y en la tarde.

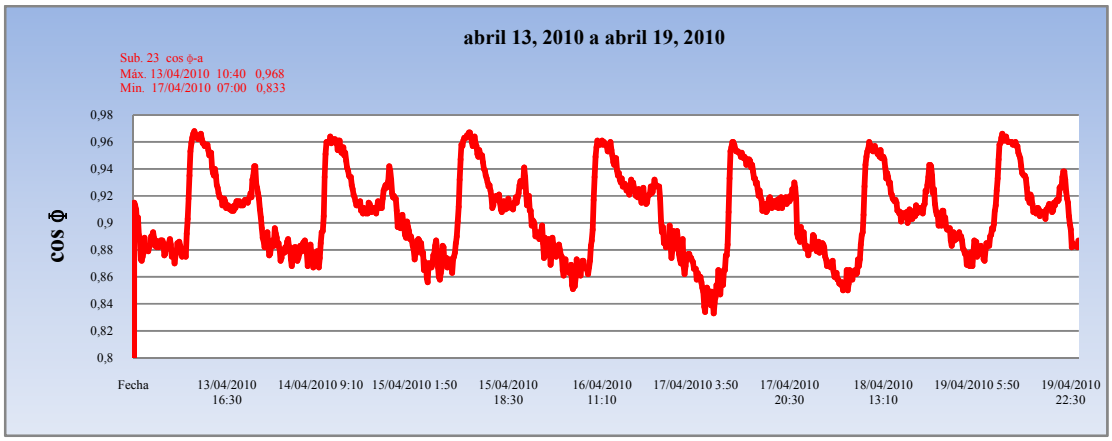

Figura 61. Factor de potencia de las fases A [Cos Φ].

Al analizar el factor de potencia de la fase B, se puede decir que existe valores que empiezan bajo el límite establecido en la madrugada y parte de la mañana llegando a un valor superior del límite en el medio día y volviendo a quedar fuera del límite en la tarde existiendo variaciones. El factor de potencia promedio es $Fp_{pro} = 0.875$. Además el valor máximo registrado de $Fp = 0.956$ en la fecha 13 de Abril del 2010 a las 10:50 y el valor mínimo registrado de $Fp = 0.806$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 06:40 notándose claramente que existe valores por debajo del límite en muchas ocasiones especialmente en la madrugada, parte de la mañana y en la tarde.

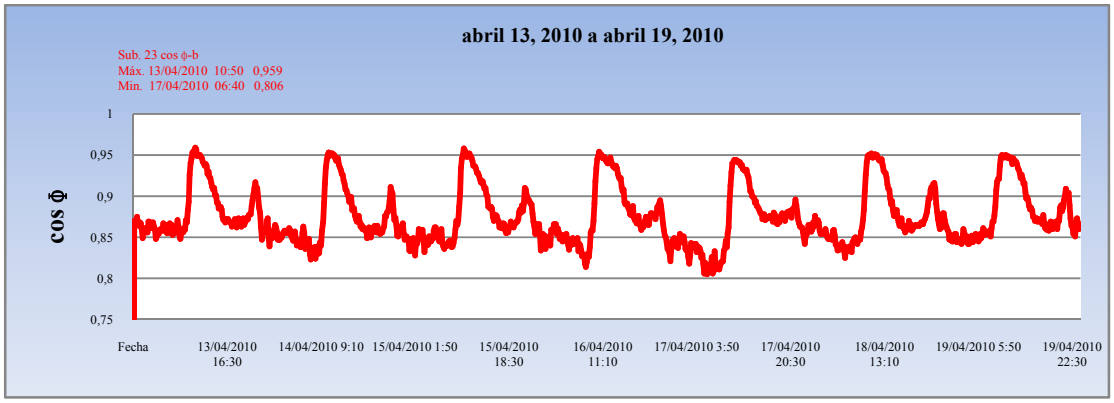

Figura 62. Factor de potencia de las fase B [Cos Φ].

Al analizar el factor de potencia de la fase A, se puede decir que existe valores que empiezan bajo el límite establecido en la madrugada y parte de la mañana llegando a un valor superior del límite en el medio día y volviendo a quedar fuera del límite en la tarde existiendo variaciones. El factor de potencia promedio es $Fp_{pro} = 0.889$. Además el valor máximo registrado de $Fp = 0.956$ en la fecha 13 de Abril del 2010 a las 10:40 y el valor mínimo registrado de $Fp = 0.788$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 07:30 notándose claramente que existe valores por debajo del límite en muchas ocasiones especialmente en la madrugada, parte de la mañana y en la tarde.

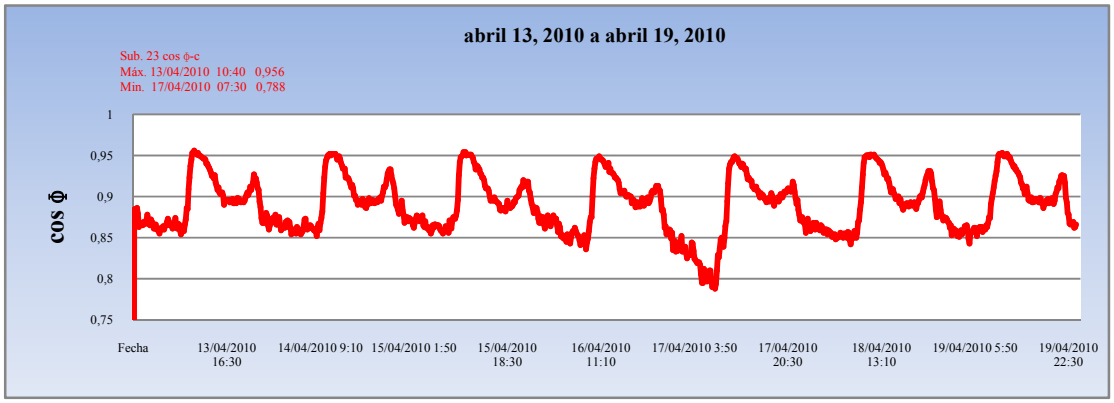

Figura 63. Factor de potencia de las fase C [Cos Φ].

En conclusión, la subestación está por debajo del límite del factor de potencia en la mayoría del tiempo. Las tres fases están en un bajo factor de potencia lo cual origina una mayor demanda de corriente, lo cual implica mayor demanda de corriente y la necesidad

de utilizar cables de transporte de mayor sección y al final mayor dimensión de la subestación por lo que no resulta práctico para la EERCS C.A. por esta razón esta empresa penaliza la existencia de un factor de potencia bajo. Existen desfases significativos entre las formas de onda de corriente y voltaje. Mientras el factor de potencia se acerque a cero se dice que es un circuito fuertemente reactivo y su factor de potencia es bajo. Cuando el circuito sea de carácter inductivo se habla de un factor de potencia en atraso, mientras que si el circuito es de carácter capacitivo se habla de un factor de potencia en adelanto. Ahora las cargas inductivas como los transformadores, motores de inducción y cualquier tipo de inductancia generan potencia inductiva con la intensidad retrasada respecto a la tensión. Y las cargas capacitivas como los bancos de condensadores o cables enterrados generan potencia reactiva con intensidad adelantada con respecto a la tensión. Por ejemplo el efecto inductivo de cargas como motores puede ser corregido localmente mediante banco de condensadores o en ocasiones motores síncronos con los que se les puede inyectar potencia capacitiva o reactiva con variar la corriente de excitación del motor. En este punto se requiere más capacidad de corriente para conseguir la misma cantidad de energía útil.

3.1.2. Recolección de datos de armónicas individuales.

Para analizar las armónicas individuales de las fases se tomará en consideración que el voltaje nominal es de 13800 fase-fase y de 7967 fase-neutro y la potencia es de 25MVA. Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en la subestación y los que poseen valores, se considera los límites que tienen cada armónica de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9 1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Las mediciones fueron realizadas en el transcurso de siete días continuos, en la fecha de 13 de Abril del 2010 hasta el 19 de Abril del 2010 se considerara 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados para determinar los valores.

3.1.2.1. Armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Ahora para las armónicas de la fase A, el valor promedio de la tercera armónica es , el valor máximo de la tercera armónica es en la fecha 13 de abril de 2010 a las 18:00, el valor promedio de la quinta armónica es , el valor máximo de la quinta armónica es en la fecha 18 de abril de 2010 a las 04:40, el valor promedio de la séptima armónica es , el valor máximo de la séptima armónica es en la fecha 19 de abril de 2010 a las 11:30, el valor promedio de la onceava armónica es , el valor máximo de la onceava armónica es en la fecha 15 de abril de 2010 a las 06:10 y el valor promedio de la treceava armónica es , el valor máximo de la treceava armónica es en la fecha 17 de abril de 2010 a las 09:20, notándose claramente que no existen valores superiores de los límites de cada armónica.

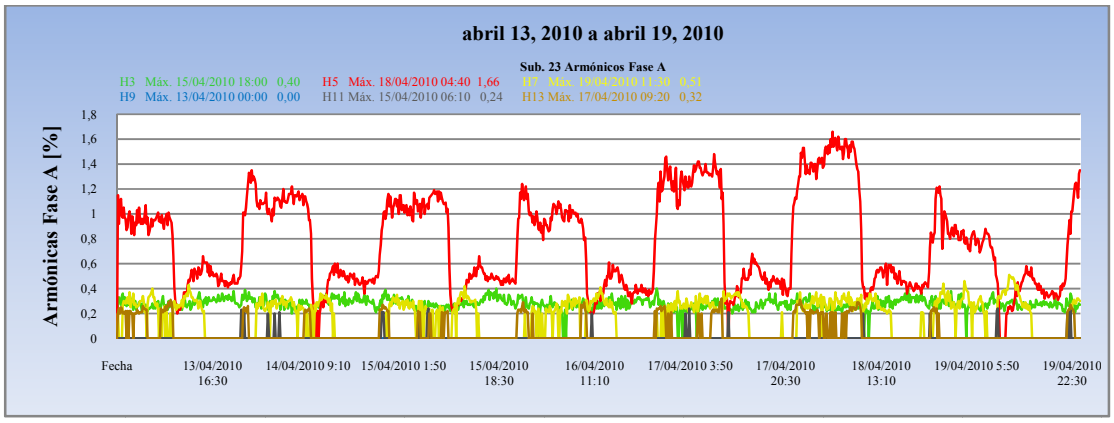

Figura 64. Armónicas individuales de la fase A [%].

Ahora para las armónicas de la fase B, el valor promedio de la tercera armónica es , el valor máximo de la tercera armónica es en la fecha 13 de abril de 2010 a las 11:40, el valor promedio de la quinta armónica es , el valor máximo de la quinta armónica es en la fecha 18 de abril de 2010 a las 11:40, el valor promedio de la séptima armónica es , el valor máximo de la séptima armónica es en la fecha 14 de abril de 2010 a las 05:00, el valor promedio de la novena armónica es , el valor máximo de la novena armónica

es en la fecha 14 de abril de 2010 a las 05:00, el valor promedio de la onceava armónica es , el valor máximo de la onceava armónica es en la fecha 17 de abril de 2010 a las 08:30 y el valor promedio de la treceava armónica es , el valor máximo de la treceava armónica es en la fecha 16 de abril de 2010 a las 09:20, notándose claramente que no existen valores superiores de los límites de cada armónica.

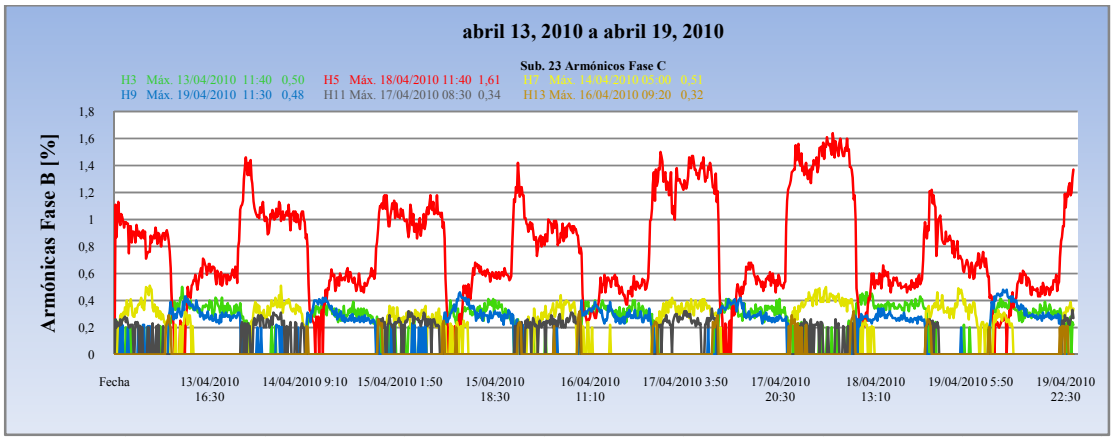

Figura 65. Armónicas individuales de la fase B [%].

Ahora para las armónicas de la fase C, el valor promedio de la tercera armónica es , el valor máximo de la tercera armónica es en la fecha 15 de abril de 2010 a las 20:00, el valor promedio de la quinta armónica es , el valor máximo de la quinta armónica es en la fecha 18 de abril de 2010 a las 14:20, el valor promedio de la séptima armónica es , el valor máximo de la séptima armónica es en la fecha 13 de abril de 2010 a las 15:00, el valor promedio de la novena armónica es , el valor máximo de la novena armónica es en la fecha 16 de abril de 2010 a las 17:30, el valor promedio de la onceava armónica es , el valor máximo de la onceava armónica es en la fecha 15 de abril de 2010 a las 16:20 y el valor promedio de la treceava armónica es , el valor máximo de la treceava armónica es en la fecha 18 de abril de 2010 a las 17:50, notándose claramente que no existe valores superiores de los límites de cada armónica.

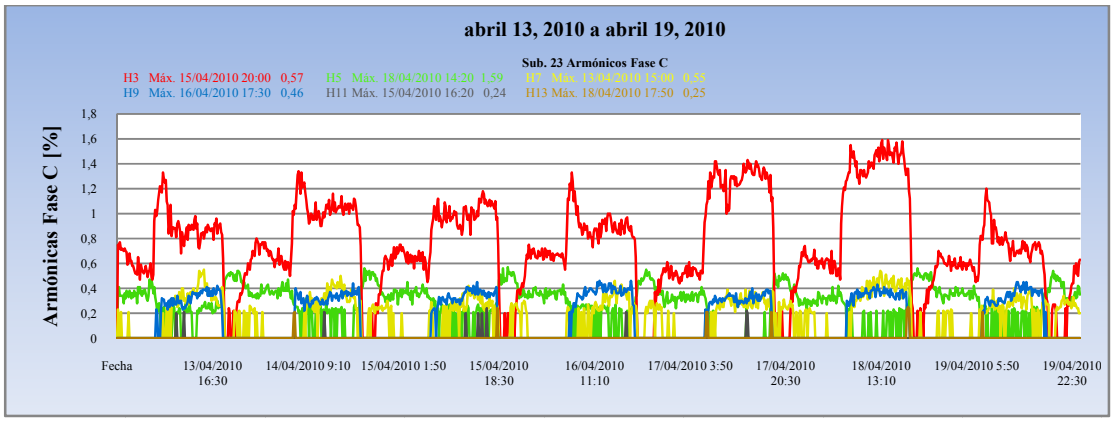

Figura 66. Armónicas individuales de la fase C [%].

En conclusión, las máquinas rotativas y los modernos transformadores en condiciones normales de funcionamiento no causan niveles significativos de distorsión, la situación cambia considerablemente durante los regímenes transitorios y cuando se establecen sobretensiones, condiciones que causan fuertes perturbaciones en las corrientes magnetizantes donde crean estas armónicas. Los transformadores causan distorsiones principalmente, por armónicas triples cono son la tercera armónica, novena armónica y doceava armónica, particularmente la tercera armónica. En cambio las máquinas rotativas no introducen armónicas importantes salvo los que presentan corrientes con ondas triangulares causando distorsiones principalmente por las armónicas como son la quinta armónica, séptima armónica, onceava armónica y treceava armónica. En este caso, la armónica individual que más afecta es la quinta seguida de la tercera armónica luego están la séptima y novena armónica y al final la onceava y treceava armónica presentes en el sistema de la EERCS C.A.

3.1.3. Tabulación de datos de las subestación.

Para este proceso se considerará los valores de los máximos y mínimos valores promedio, fechas y hora en las que sucedieron, porcentajes y los límites establecidos para cada uno de los valores ya antes descritos en este capítulo; además se verificará mediante gráficas los resultados para comprobar si cumplen o no con las regulaciones establecidas.

3.1.3.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 12. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite P_{ts} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{ts} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{ts} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	5	□ 1 p.u.	2	□ 1 p.u.	2
99.50%	0.50%	99.80%	0.20%	99.80%	0.20%

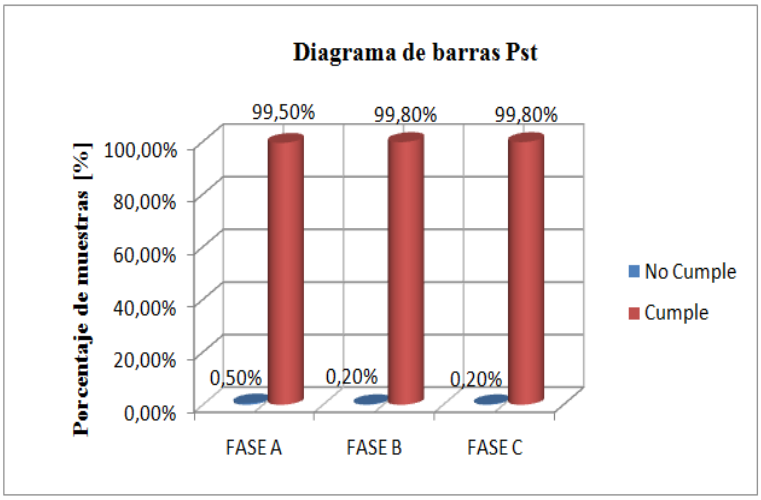

Figura 67. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 13. Fecha, hora de muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A	FASE B	FASE C
17/04/2010 - 08:10		1.206	2.830
17/04/2010 - 14:20	2.151		
17/04/2010 - 14:30	2.126		
17/04/2010 - 15:00	2.124		
17/04/2010 - 15:50	1.815		1.715
18/04/2010 - 07:20	1.678	1.779	

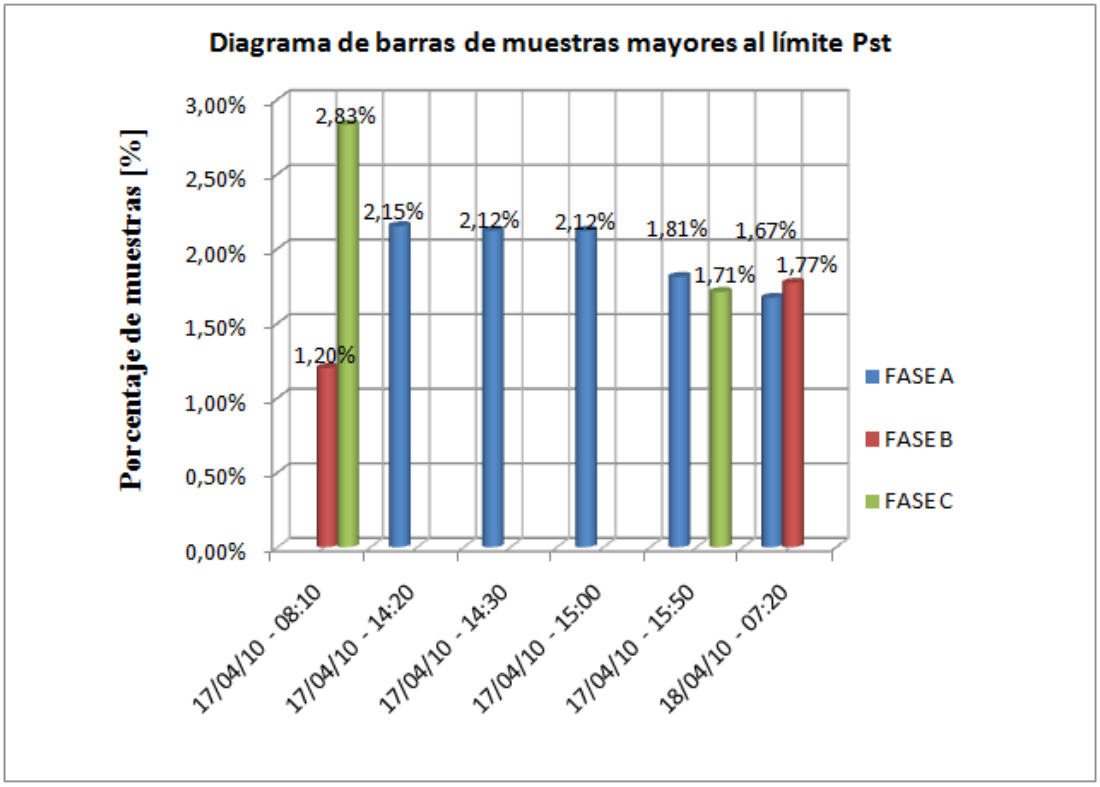

Figura 68. Fecha, hora de muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 14. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx P_{ts}	Mín P_{ts}	Máx P_{ts}	Mín P_{ts}	Máx P_{ts}	Mín P_{ts}
14/04/2010 - 05:40						0.25
16/04/2010 - 03:20		0.25				
17/04/2010 - 08:10					2.83	
17/04/2010 - 14:20	2.15					
18/04/2010 - 07:20			1.80			
19/04/2010 - 17:00				0.77		

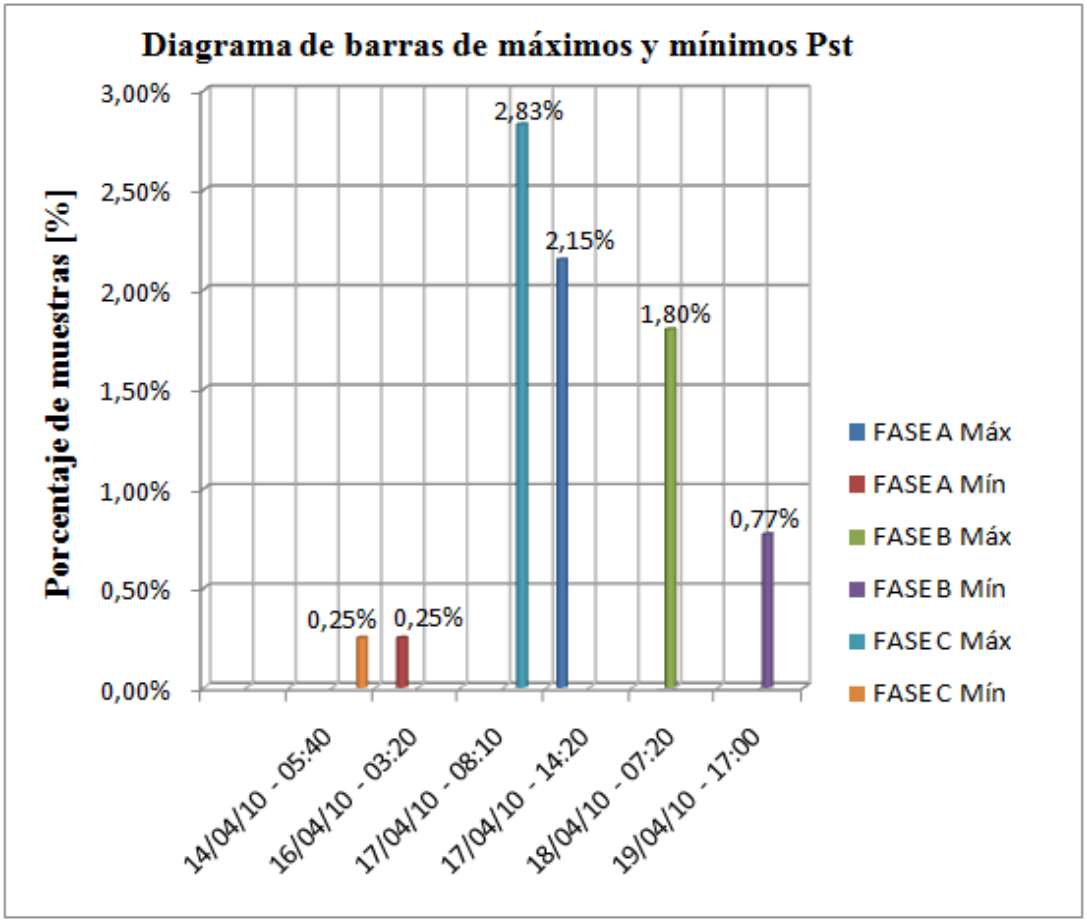

Figura 69. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

3.1.3.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 15. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

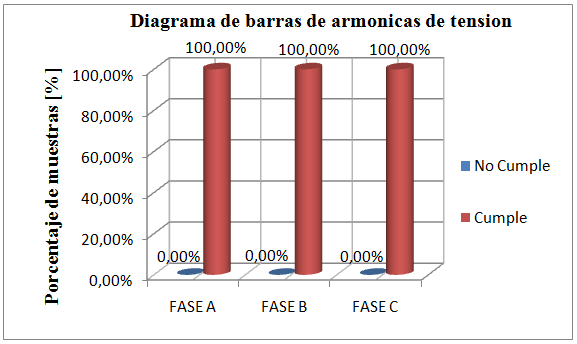

Figura 70. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 16. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
14/04/2010 - 10:10		0.33				
15/04/2010 - 10:40				0.40		
18/04/2010 - 04:40	1.70					
18/04/2010 - 05:40			1.70		1.70	
19/04/2010 - 09:50						0.37

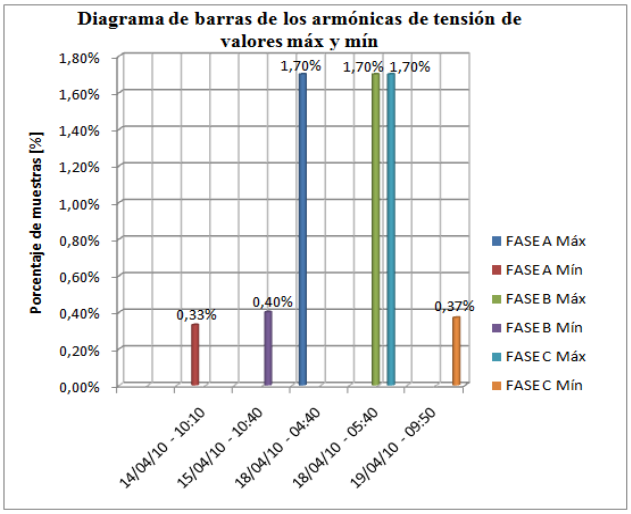

Figura 71. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.1.3.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 17. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	0	□ 20%	7	□ 20%	0
100.0%	0.00%	99.30%	0.70%	100.0%	0.00%

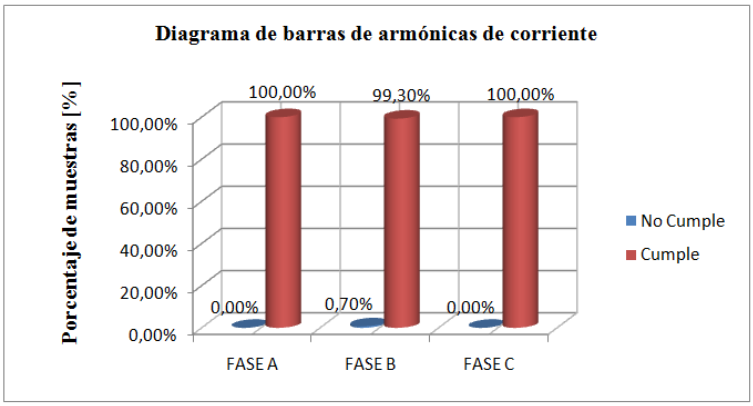

Figura 72. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Tabla # 18. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
13/04/2010 - 00:30					16.43	
14/04/2010 - 07:40	17.74					
14/04/2010 - 18:30			25.47			
15/04/2010 - 01:10		7.47				
19/04/2010 - 02:30						7.82
19/04/2010 - 11:30				8.15		

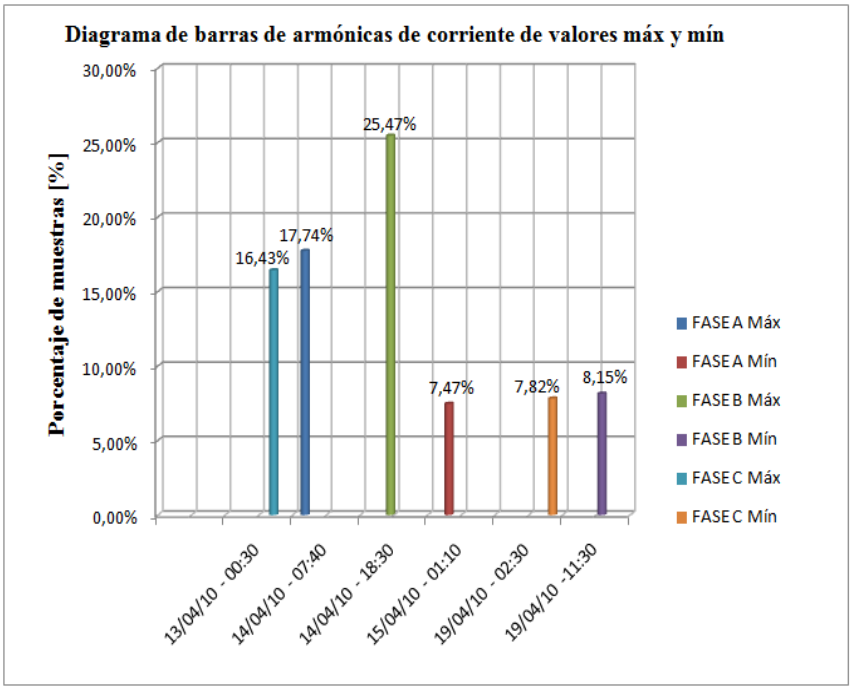

Figura 73. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Tabla # 19. Fecha, hora de muestras mayores a nivel de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A	FASE B	FASE C
14/04/2010 - 18:30		25.46	
14/04/2010 - 19:00		20.11	
15/04/2010 - 20:20		20.37	
15/04/2010 - 22:10		23.01	
16/04/2010 - 16:40		21.68	
17/04/2010 - 18:30		20.25	
18/04/2010 - 19:10		21.35	

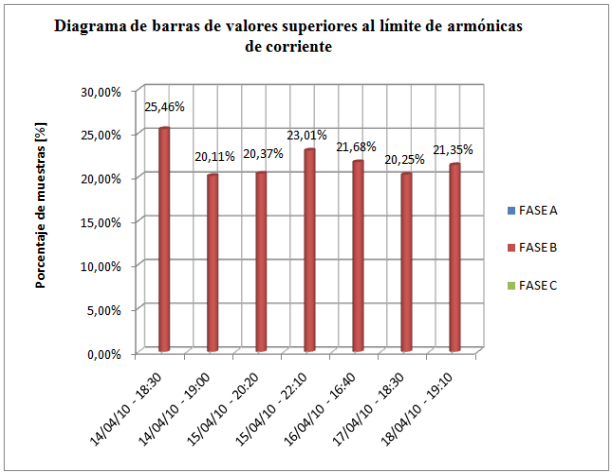

Figura 74. Fecha, hora de muestras mayores a nivel de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

3.1.3.4. Tabulación de datos de voltaje promedio [V]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 20. Límite de voltaje promedio de las fases A, B y C [V].

FASE A		FASE B		FASE C	
$V = 7967 \mp 10\%$		$V = 7967 \mp 10\%$		$V = 7967 \mp 10\%$	
-10%	$+10\%$	-10%	$+10\%$	-10%	$+10\%$
0	0	0	0	0	0
0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Muestras que cumplen		**Muestras que cumplen**		**Muestras que cumplen**	
100%		100%		100%	

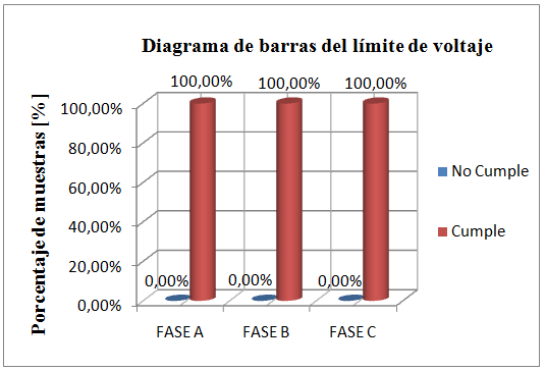

Figura 75. Límite de voltaje promedio de las fases A, B y C [V].

Tabla # 21. Voltajes promedio de las fases A, B y C [V].

Voltaje promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
8279.44	8267.22	8213.69	8253.45

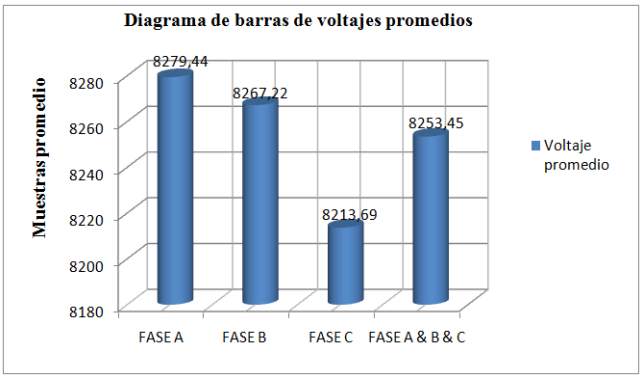

Figura 76. Voltajes promedio de las fases A, B y C [V].

Tabla # 22. Fecha, hora de máximos y mínimos voltajes promedio de las fases A, B y C [V].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**	**Máx**	**Mín**
14/04/2010 - 01:20		8117.8		8116.5		
14/04/2010 - 10:10						8057.6
16/04/2010 - 18:00	8399.2		8382.1		8349.2	

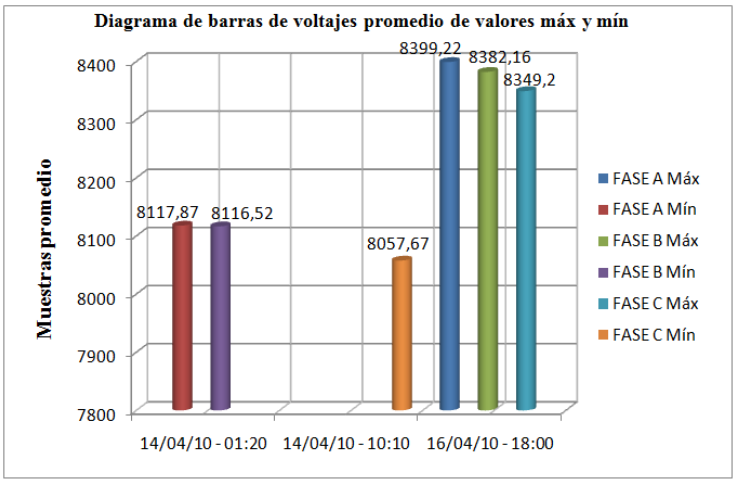

Figura 77. Fecha, hora de máximos y mínimos voltajes promedio de las fases A, B y C [V].

3.1.3.5. Tabulación de datos de corriente promedio [A]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 23. Corriente promedio de las fases A, B y C [A].

Corriente promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
26.38	24.47	35.86	28.90

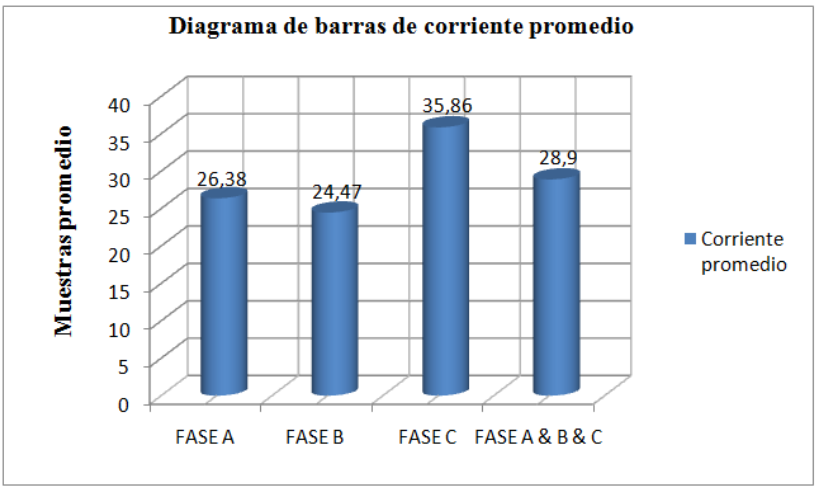

Figura 78. Corriente promedio de las fases A, B y C [A].

Tabla # 24. Fecha, hora de máximos y mínimos corrientes promedio de las fases A, B y C [A].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**	**Máx**	**Mín**
13/04/2010 - 10:30			38.11			
14/04/2010 - 10:40	41.68					
16/04/2010 - 19:40		21.67				
16/04/2010 - 22:10				19.56		
16/04/2010 - 22:30						26.99
17/04/2010 - 10:30					57.33	

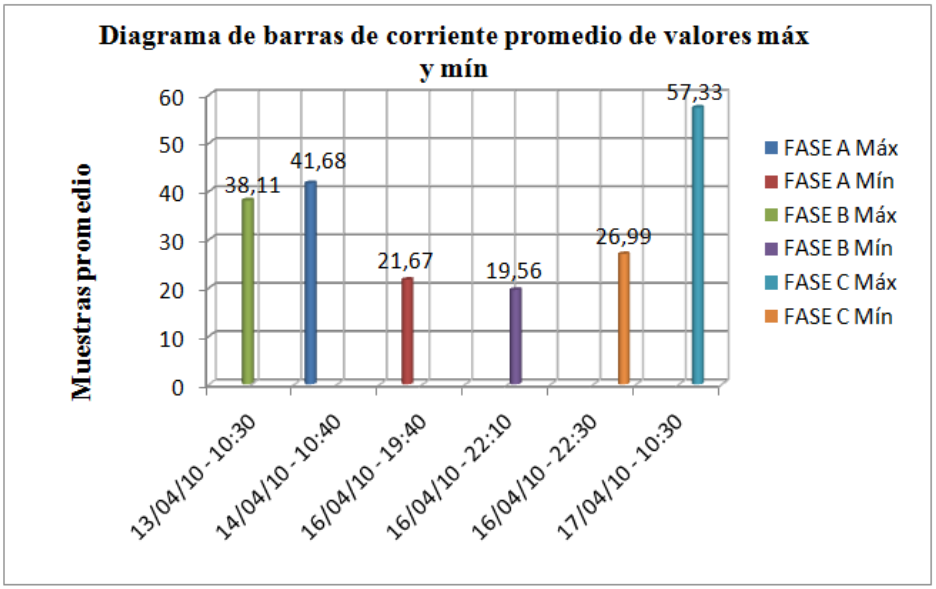

Figura 79. Fecha, hora de máximos y mínimos corrientes promedio de las fases A, B y C [A].

3.1.2.6. Tabulación de datos de potencia real promedio [W]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 25. Potencia real promedio de las fases A, B y C [W].

Potencia real promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
206688.516	186031.158	271928.231	221549.301

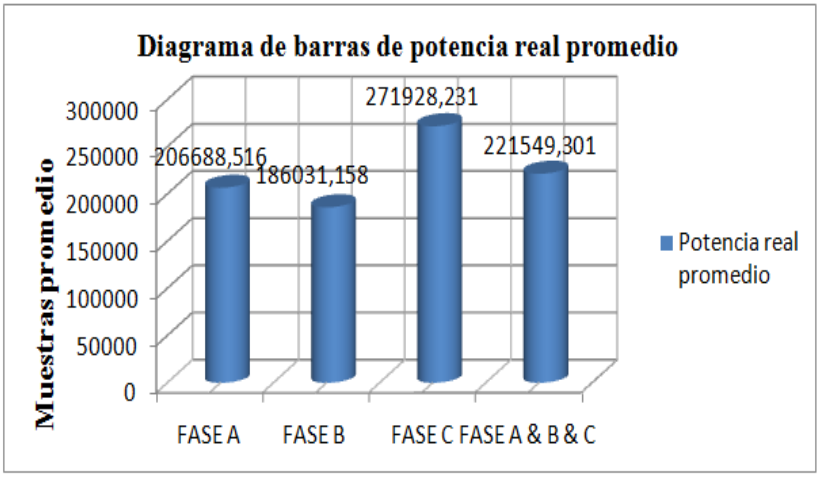

Figura 80. Potencia real promedio de las fases A, B y C [W].

Tabla # 26. Fecha, hora de máximos y mínimos potencia real promedio de las fases A, B y C [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
13/04/2010 - 10:30			310815			
14/04/2010 - 10:50					455026	
14/04/2010 - 11:00	339670					
16/04/2010 - 23:00				138124		
16/04/2010 - 23:20		165304				
17/04/2010 - 01:00						197945

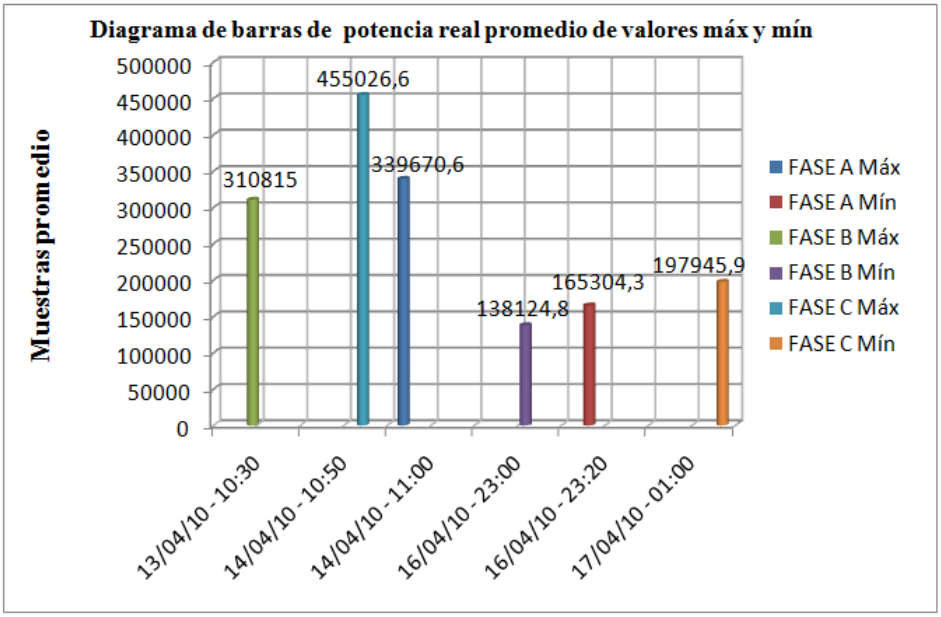

Figura 81. Fecha, hora de máximos y mínimos potencia real promedio de las fases A, B y C [W].

3.1.3.7. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 27. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Consumo de energía promedio			
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A & B & C
34448.685	31005.193	45321.311	36924.883

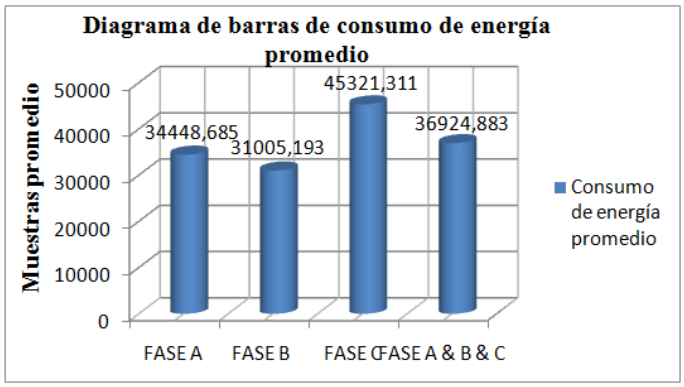

Figura 82. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Tabla # 28. Fecha, hora de máximos y mínimos consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
13/04/2010 - 10:30			51802			
14/04/2010 - 10:50					75837	
16/04/2010 - 23:10				23722		
16/04/2010 - 23:30		27084				
17/04/2010 - 01:00						32990
19/04/2010 -10:10	56782					

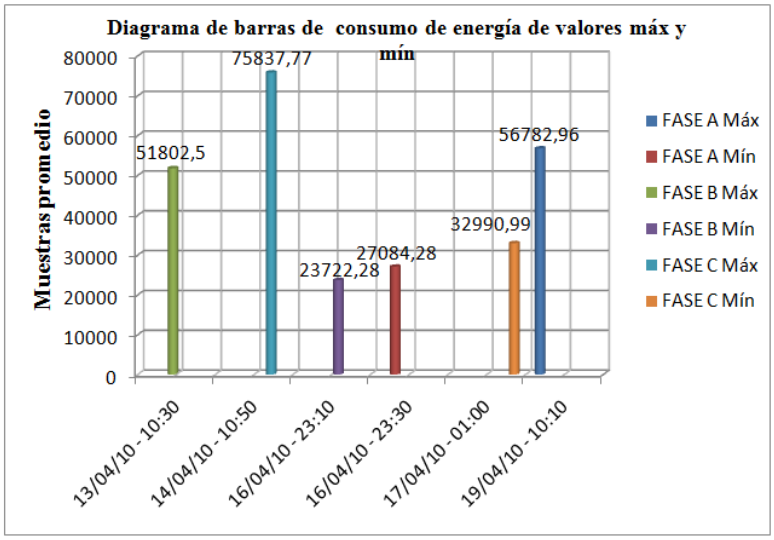

Figura 83. Fecha, hora de máximos y mínimos consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

3.1.3.8. Tabulación de datos de potencia aparente [VA]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 29. Potencia aparente de las fases A, B y C [VA].

Potencia aparente promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
226975.575	211124.802	303639.604	247246.66

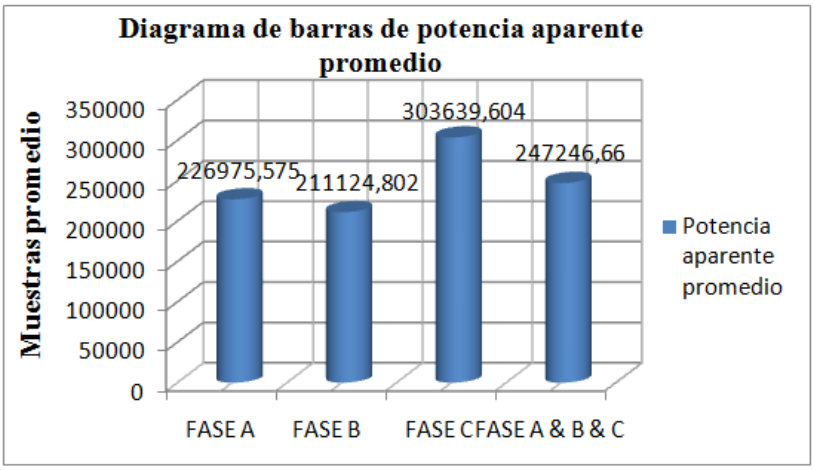

Figura 84. Potencia aparente de las fases A, B y C [VA].

Tabla # 30. Fecha, hora de máximos y mínimos potencia aparente de las fases A, B y C [VA].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**	**Máx**	**Mín**
13/04/2010 - 10:30			325427			
14/04/2010 - 10:50					477580	
14/04/2010 - 11:00	353725					
16/04/2010 - 23:00		179005				
16/04/2010 - 23:20				170544		
16/04/2010 - 23:40						232424

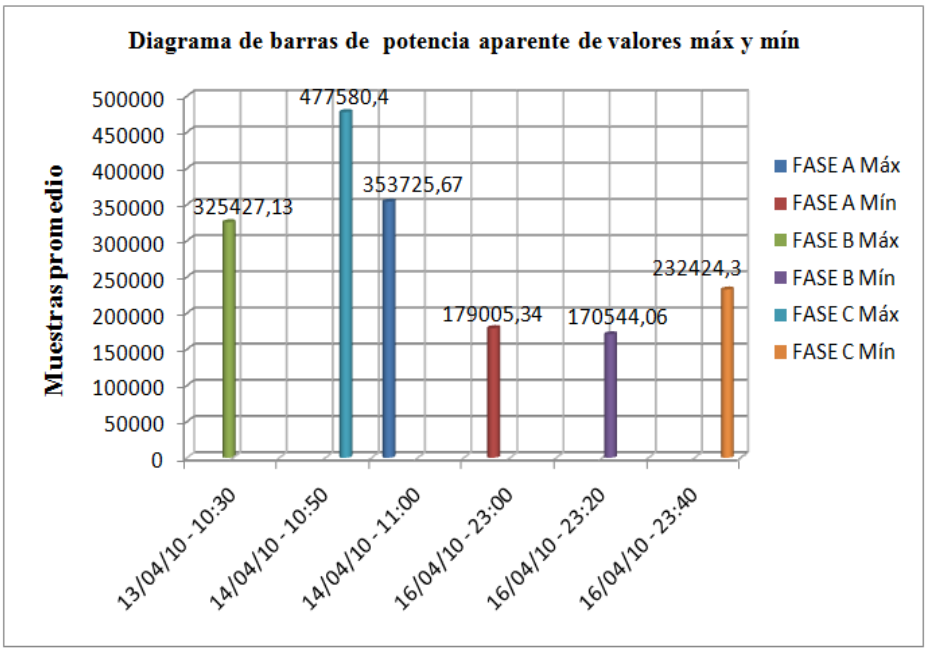

Figura 85. Fecha, hora de máximos y mínimos potencia aparente de las fases A, B y C [VA].

3.1.3.9. Tabulación de datos de factor de potencia [Cos Φ]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 31. Factor de potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

Factor de potencia promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
0.906	0.875	0.889	0.890

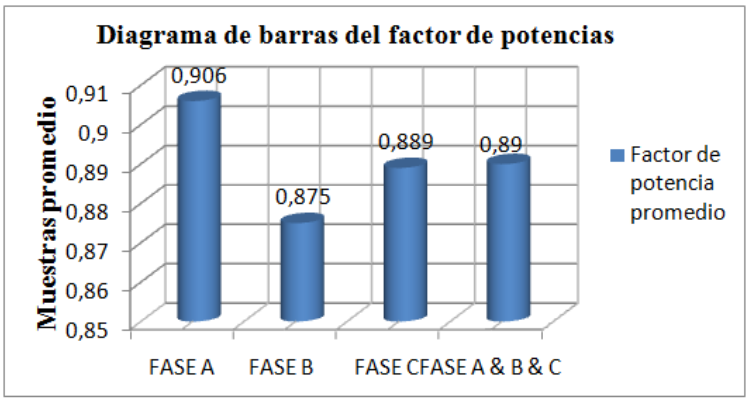

Figura 86. Factor de potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

Tabla # 32. Fecha, hora de máximos y mínimos factor de potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
13/04/2010 - 10:40	0.968				0.965	
14/04/2010 - 10:50			0.959			
17/04/2010 - 06:40				0.806		
17/04/2010 - 07:00		0.833				
17/04/2010 - 07:30						0.788

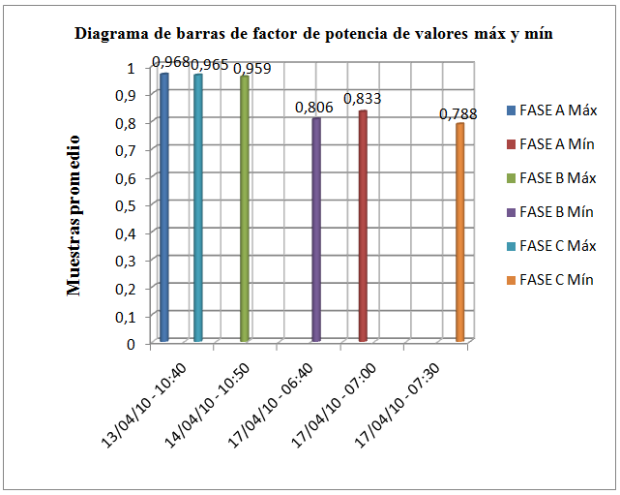

Figura 87. Fecha, hora de máximos y mínimos factor de potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

3.1.3.4. Tabulación de datos de armónicas individuales [%], Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 33(a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
13/04/2010 - 00:00				0.00		
15/04/2010 - 06:10					0.004	
15/04/2010 - 18:00	0.27					
17/04/2010 - 09:20						0.004
18/04/2010 - 04:40		0.76				
19/04/2010 - 11:30			0.67			

Tabla # 33(b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
13/04/2010 - 00:00				0.17		
13/04/2010 - 11:40	0.19					
14/04/2010 - 05:00			0.16			
16/04/2010 - 09:20						0.01
17/04/2010 - 08:30					0.07	
18/04/2010 - 11:40		0.77				

Tabla # 33(c). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
13/04/2010 - 15:00			0.16			
15/04/2010 - 06:20					0.002	
15/04/2010 - 20:00	0.26					
16/04/2010 - 17:30				0.16		
18/04/2010 - 14:20		0.75				
18/04/2010 - 17:50						0.002

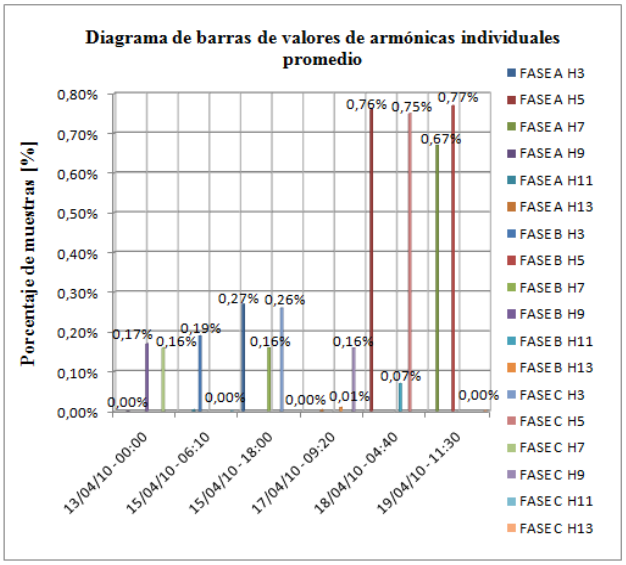

Figura 88. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Tabla # 34(a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
13/04/2010 - 00:00				0.00		
15/04/2010 - 06:10					0.24	
15/04/2010 - 18:00	0.40					
17/04/2010 - 09:20						0.32
18/04/2010 - 04:40		1.66				
19/04/2010 - 11:30			0.51			

Tabla # 34(b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
13/04/2010 - 00:00				0.00		
13/04/2010 - 11:40	0.50					
14/04/2010 - 05:00			0.51			
16/04/2010 - 09:20						0.32
17/04/2010 - 08:30					0.34	
18/04/2010 - 11:40		1.64				

Tabla # 34(c). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
13/04/2010 - 15:00			0.55			
15/04/2010 - 06:20					0.24	
15/04/2010 - 20:00	0.57					
16/04/2010 - 17:30				0.46		
18/04/2010 - 14:20		1.59				
18/04/2010 - 17:50						0.25

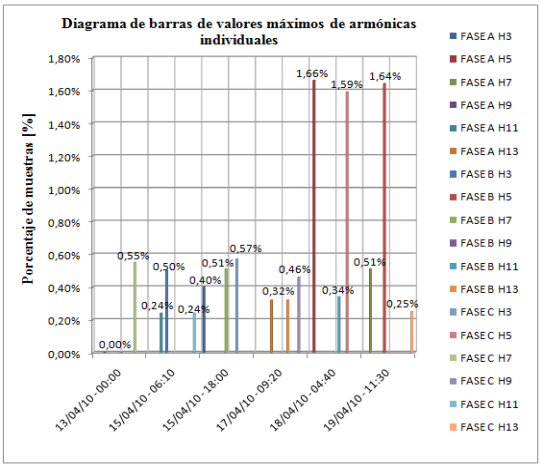

Figura 89. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases C [%].

3.2. Operación de los alimentadores dentro de la subestación # 23.

Ahora se analizan en detalle los alimentadores 2311 y 2312 de la subestación, aquí se detallan los transformadores monofásicos, trifásicos y al final consumidores, se observaa si están dentro de los límites permitidos y si la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. está cumpliendo con los reglamentos y disposiciones también se presentará los análisis mediante gráficas y tablas de las tabulaciones de datos los cuales están realizadas en dos fechas las que son: el alimentador 2311 con mediciones en Abril del 2010 y el alimentador 2312 con mediciones en Noviembre del 2010.

3.2.1. Descripción, recolección de datos del alimentador urbano rural # 2311 del cantón Limón.

Este alimentador presta su servicio al cantón Limón, perteneciente a la provincia de Morona Santiago, con una tensión de 220V fase – fase y 127V fase - neutro, cuenta con 233 transformadores monofásicos y 7 transformadores trifásicos. Con lo cual para esta etapa la recolección de datos se realizó en el transcurso del 15 al 22 de abril del 2010, los datos fueron tomados cada 10 minutos durante el transcurso mencionado como se indica en la norma CONELEC-004/01. Estas mediciones fueron proporcionadas por la EERCS C.A.

3.2.1.1. Transformador 10528.

Este transformador es de tipo trifásico de 75 KVA, con una potencia aparente de consumo de 21,49 KVA, tiene una tensión de 220V entre fases y 127V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona urbana del sector de Limón en la parroquia general Leónidas Plaza. Las mediciones se las realizó con el equipo Fluke 1744, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 16:20 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 16:10, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.1.1.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará en conjunto las tres fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A tiene una muestra mayor al límite (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.90%), en la fase B no existen muestras mayores al límite (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 100%) y en cuanto a en la fase C existe un valor de muestra mayor al límite (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.90%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

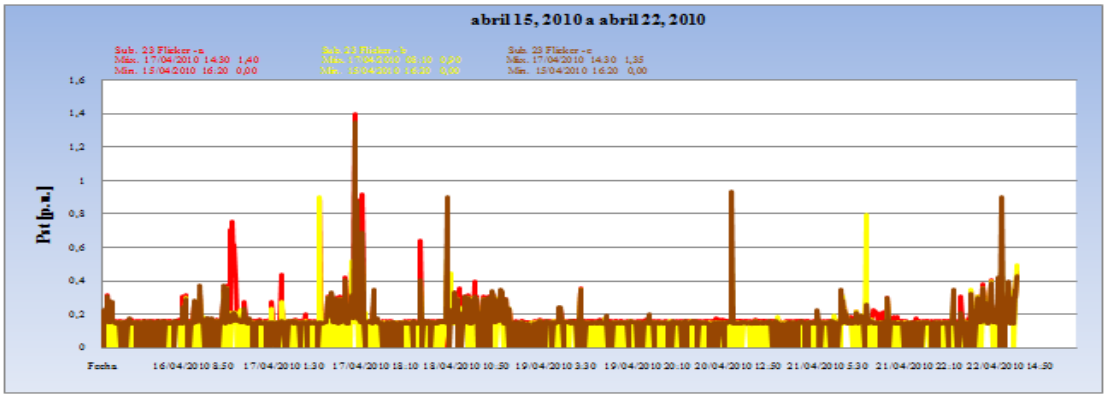

Figura 90. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A, B y C [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, sin embargo a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que el valor de P_{st} máximo se presenta el día 17 de Abril de 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 1{,}40$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 16:20, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, obteniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}18\ [p.u.]$.

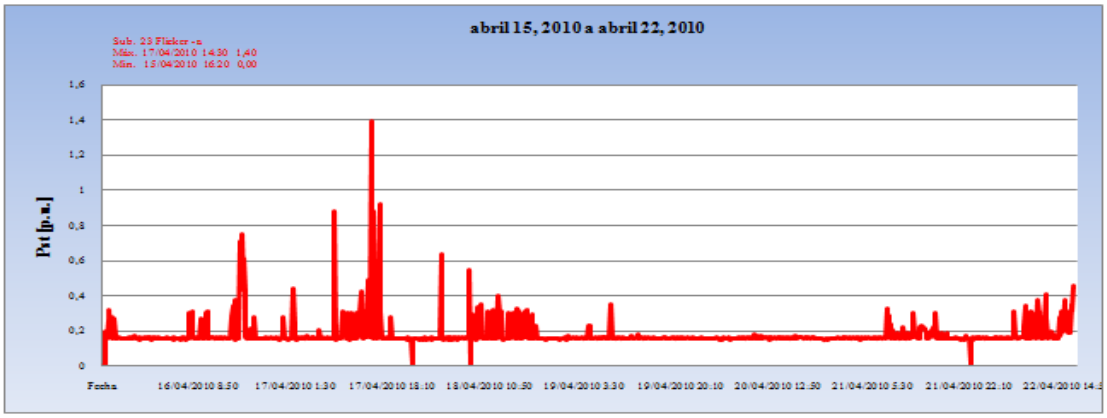

Figura 91. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, la cual se puede distinguir que no tiene muestras que superen el límite, en la gráfica se observa que el valor de P_{st} máximo presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 08:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}90$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 16:20, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, con un promedio de $P_{st} = 0{,}11\ [p.u.]$.

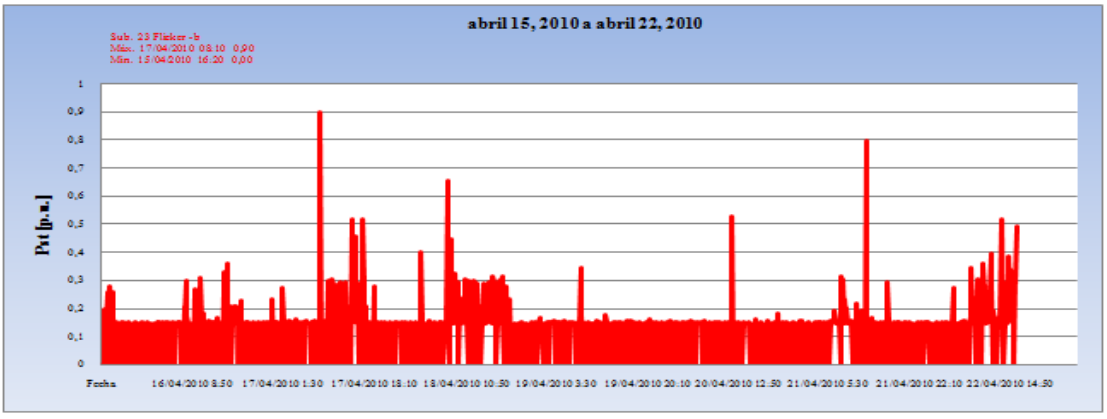

Figura 92. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

Finalmente al analizar el P_{st} de la fase C, que igualmente cumple con la regulación, y se observa que una muestra sobrepasa el valor límite de P_{st} , siendo el máximo el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 1{,}35$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 16:20, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, con un promedio de $P_{st} = 0{,}15\ [p.u.]$.

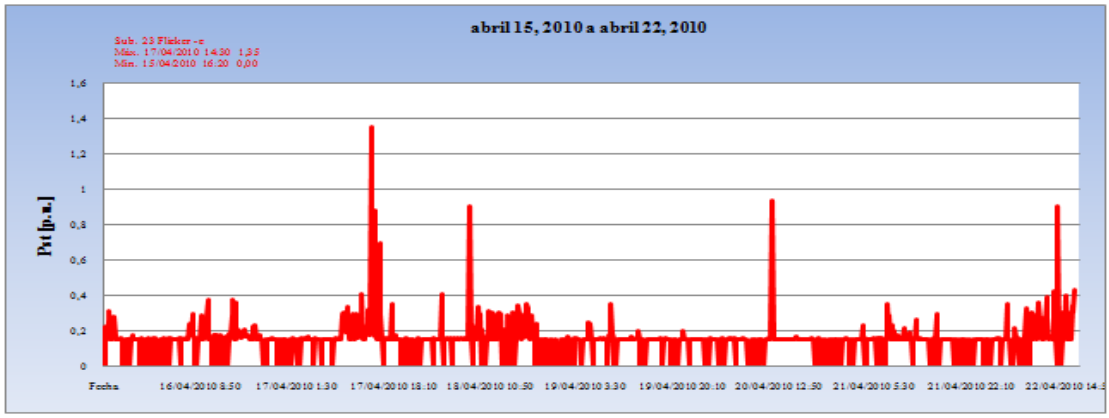

Figura 93. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase C [p.u.].

En conclusión los flickers máximos se presentan el día sábado 17 de Abril de 2010 a las 08:10 la fase B y las fases A y fase C los maximos son a las 14:30 del 17 de Abril del 2010. Además estas fluctuaciones son provocadas por la conexión de un equipo, en este transformador los niveles de severidad de corta duración están por debajo de los límites.

3.2.1.1.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Al graficar los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.68$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 13:20 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.30$ en la fecha 21 de Abril del 2010 a las 19:40.

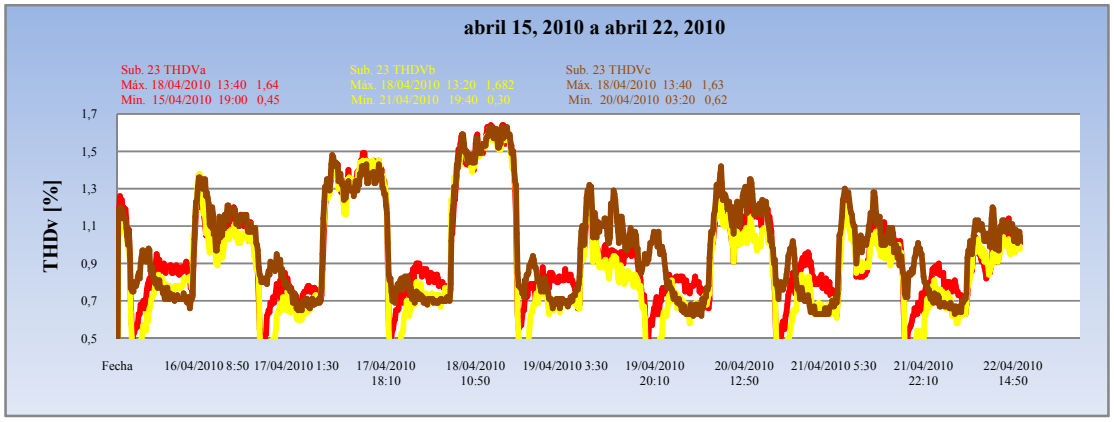

Figura 94. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:40 con un valor de $THD_V = 1.64$ llegando a ser el valor máximo y el día 15 de Abril del 2010 a las 19:00 con un valor de $THD_V = 0.45$ llegando a ser el valor mínimo.

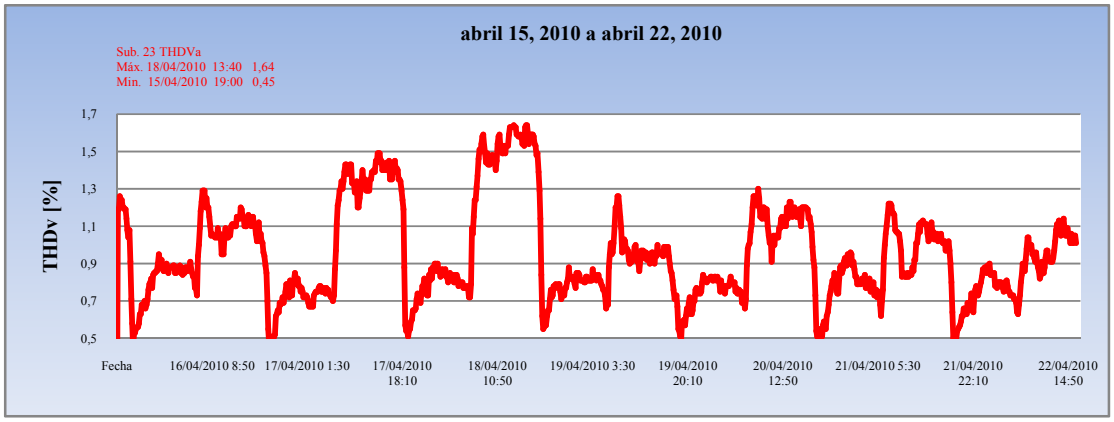

Figura 95. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:20 con un valor de $THD_V = 1.68$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 19:40 con un valor de $THD_V = 0.30$ llegando a ser el valor mínimo.

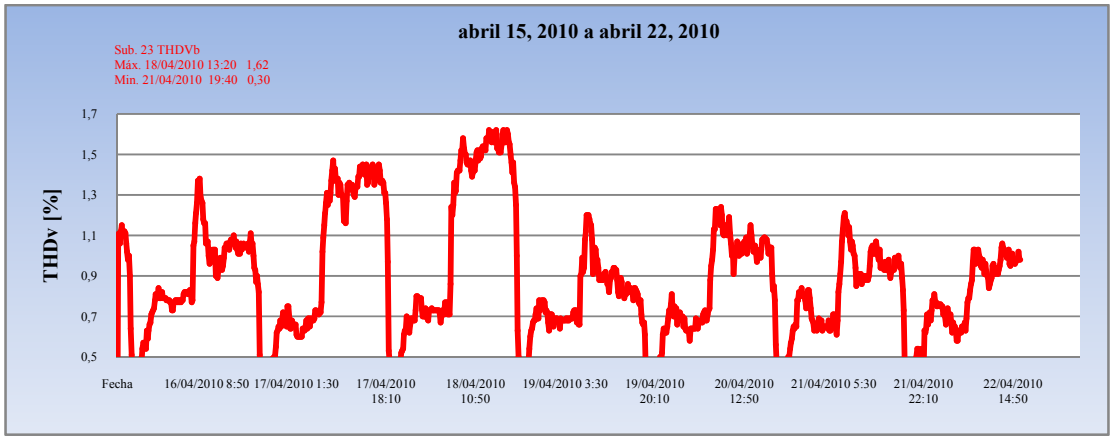

Figura 96. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

Al analizar el THD_V de la fase C, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:40 con un valor de $THD_V = 1.63$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 03:20 con un valor de $THD_V = 0.62$ llegando a ser el valor mínimo.

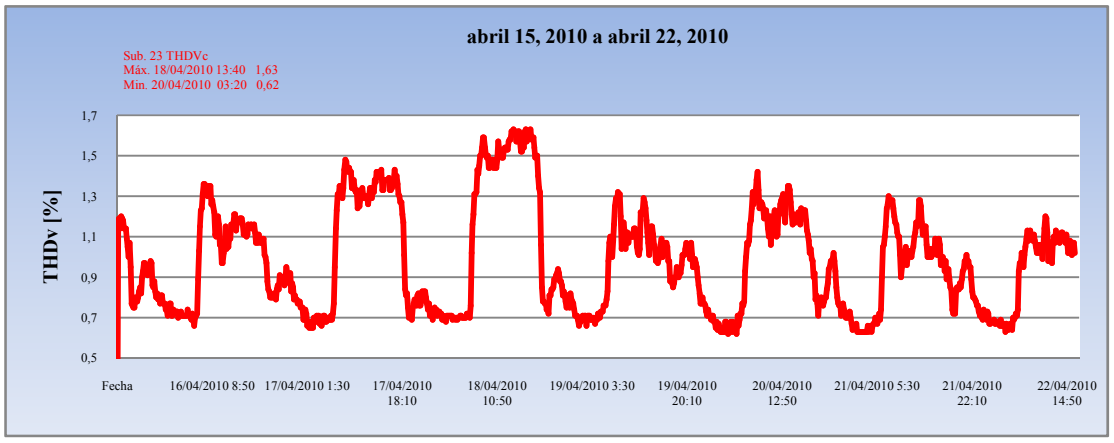

Figura 97. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase C [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de equipos lo cual ha producido dichas fluctuaciones.

3.2.1.1.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10528 de las tres fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 08.06 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 91.94 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 2.08 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 97.92 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 03.96 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 96.04 %) y para la fase C las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 18.15 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 81.85 %), se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B y fase C en conjunto es $THD_I = 15.33$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 39.40$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 16:40 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 3.70$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 06:50.

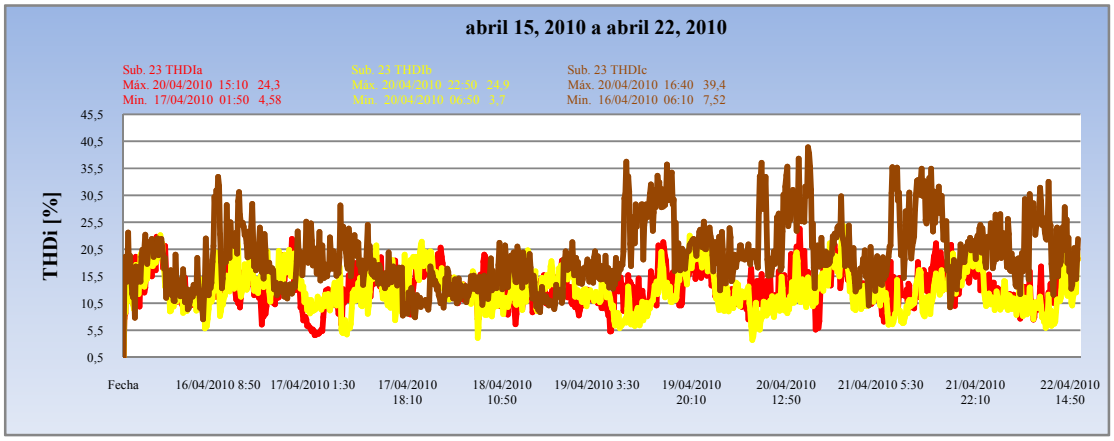

Figura 98. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existen 21 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 2.08%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 97.92%) sin embargo se observa valores de THD_I que llegan a

valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 15:10 con un valor de $THD_I = 24.30$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 01:50 con un valor de $THD_I = 4.38$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 13.42$

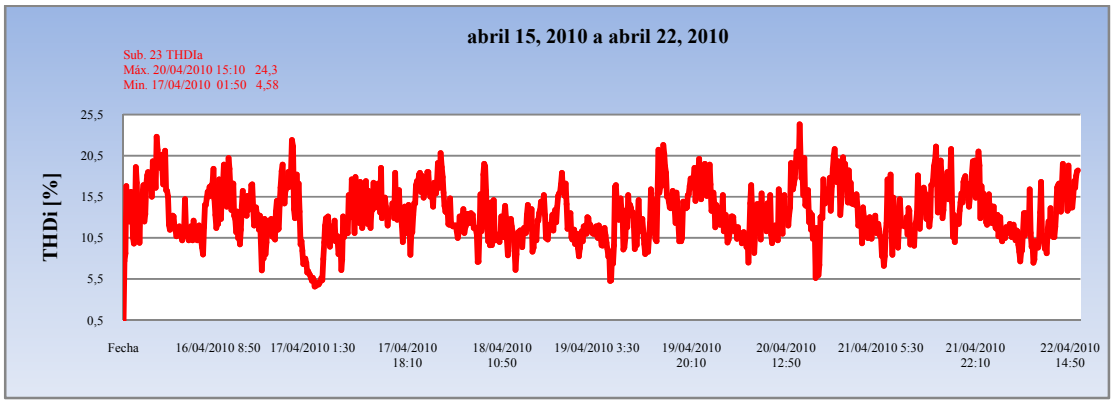

Figura 99. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 40 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 3.96%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 96.04%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 22:50 con un valor de $THD_I = 24.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 06:50 con un valor de $THD_I = 3.70$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 12.96$

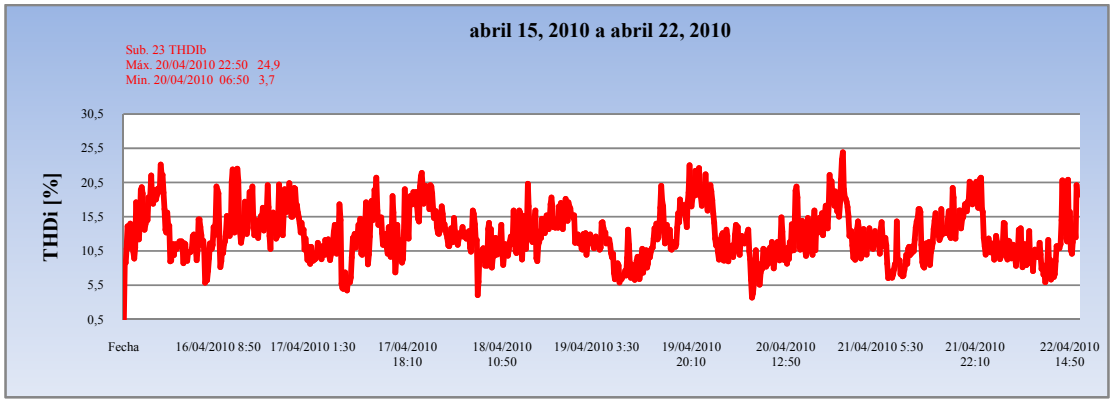

Figura 100. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

Al analizar el THD_I de la fase C, se puede decir que existen 183 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 18.15%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 81.85%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 16:40 con un valor de $THD_I = 39.40$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 06:10 con un valor de $THD_I = 7.52$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 19.32$

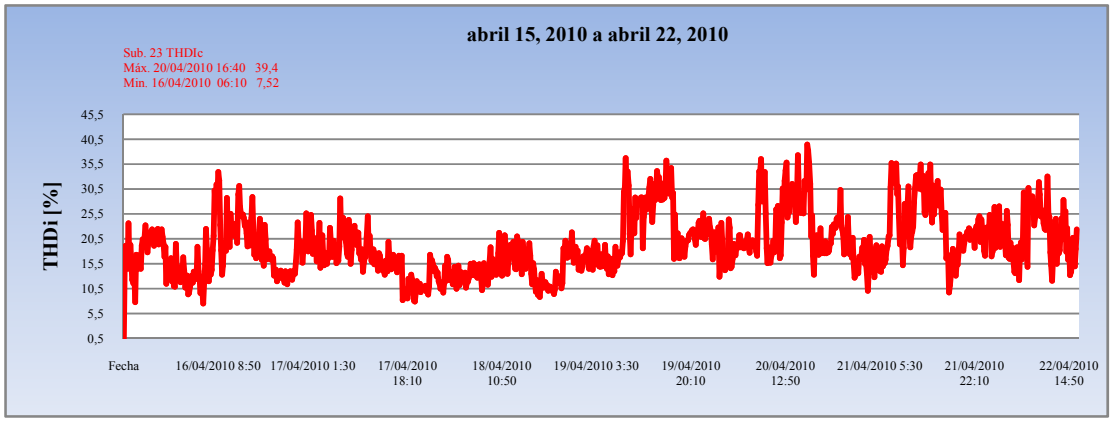

Figura 101. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase C [%].

En conclusión la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, especialmente la fase C en donde se encuentran conectadas la mayoría de las cargas no lineales pero en general este transformador posee en la fase A, fase B y fase C cargas no lineales que afectan a su correcto funcionamiento provocando una distorsión a la onda de corriente y a su vez generando armónicas de corriente en su funcionamiento, creando además un mayor consumo de corriente, potencia y mayor dimensionamiento de elementos como transformadores y cables de transporte por parte de la EERCS CA.

3.2.1.1.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B, Fase C.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las tres fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 16:20 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 16:10, con un tiempo total de 168 horas.

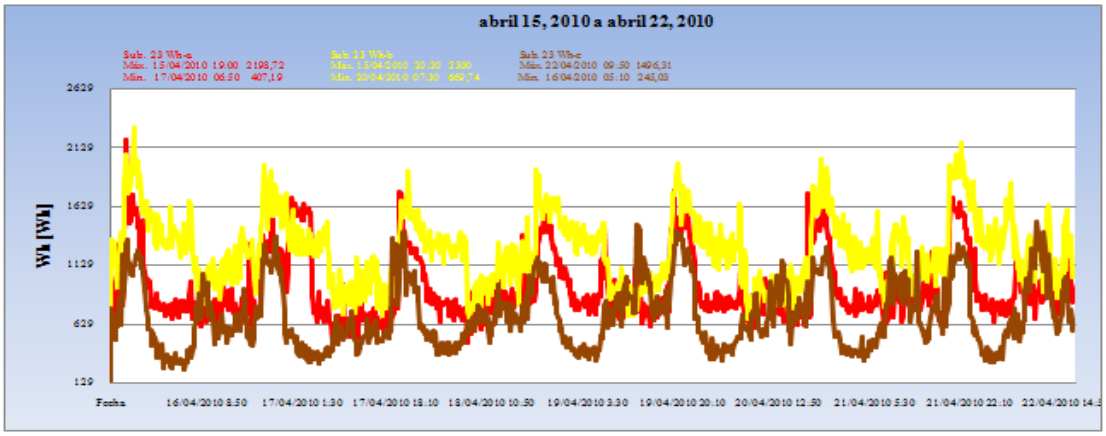

Figura 102. Nivel de consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 2198.72\ [Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 19:00 y un consumo mínimo de $Wh = 467.19\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 06:50, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 928.72\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de energía de $Wh = 936.21\ [KWh]$.

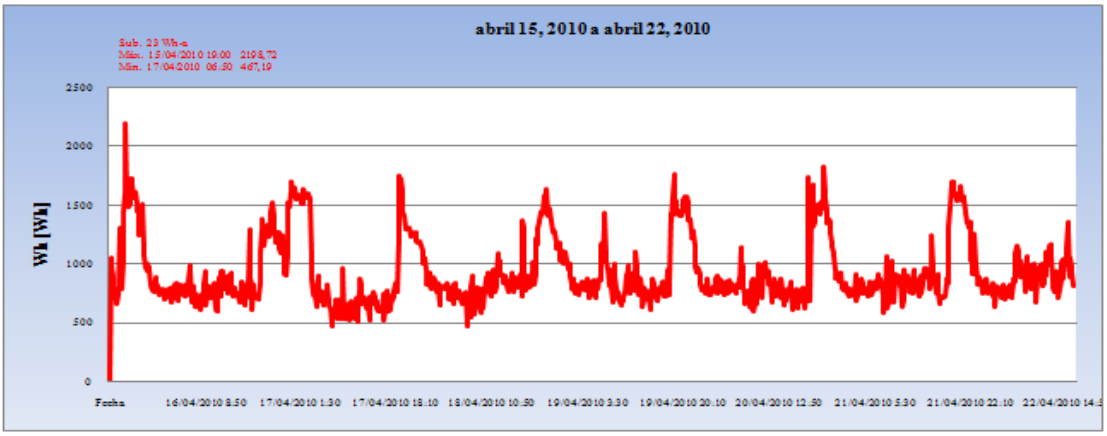

Figura 103. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 2300\ [Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 20:20 y un consumo mínimo de $Wh = 669.74\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 07:30, con un consumo de energía

promedio de $Wh\ prom = 1258.48\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 1258.56\ [KWh]$.

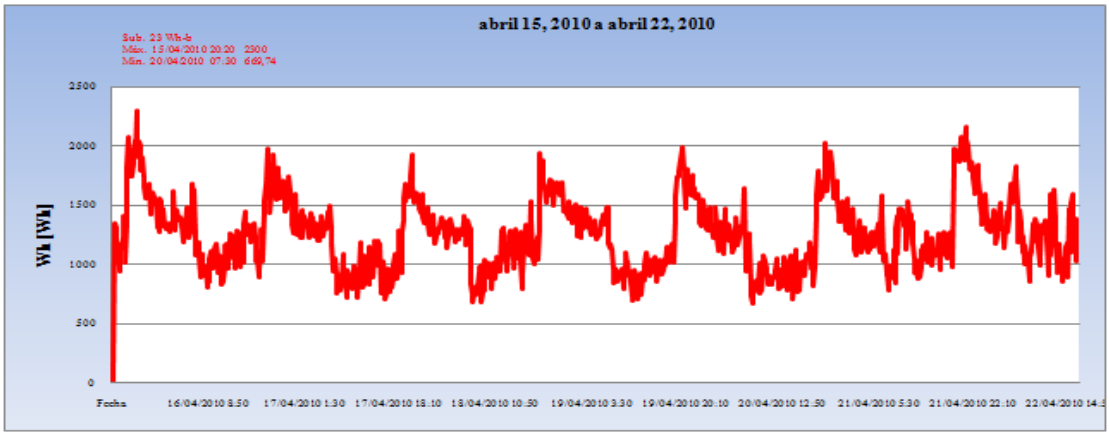

Figura 104. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Al determinar el consumo de energía en la fase C, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1496.31\ [Wh]$ el día 22 de Abril de 2010 a las 09:50 y un consumo mínimo de $Wh = 245.03\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 05:10, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 705.48\ [Wh]$de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 711.12\ [KWh]$.

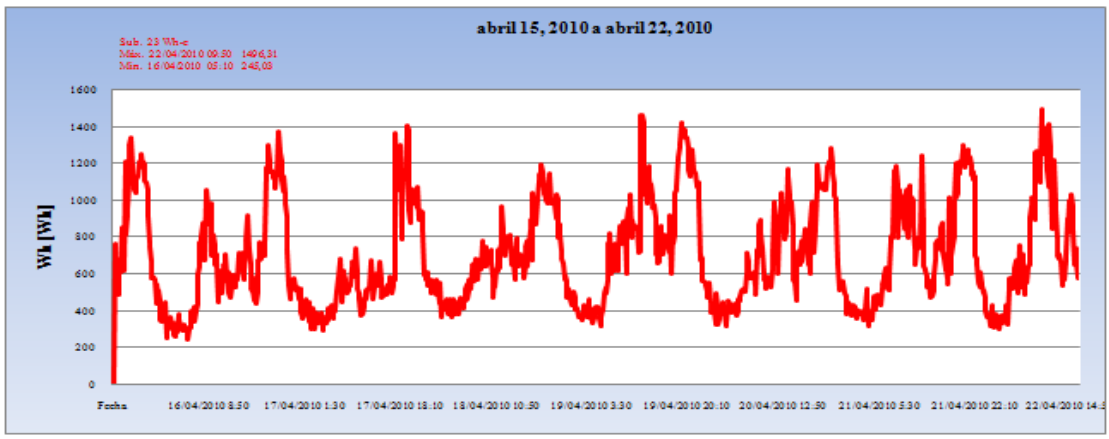

Figura 105. Nivel de consumo de energía de la fase C [Wh].

Se concluye que el consumo de potencia se encuentra en distintos niveles de consumo al igual que la potencia, los valores máximos de las fases A y fase B se presentan el día

jueves 15 de Abril de 2010 a las 19:00 y 20:20 respectivamente y la fase C el día jueves 22 de Abril de 2010 a las 09:50. Además este transformador está produciendo un mayor consumo de energía en la fase B debido a su mayor carga lineal.

3.2.1.1.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B, Fase C.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las tres fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 16:20 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 16:10, la cual se mantiene entre $Fp = 0.58$ a $Fp = 0.99$ y con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.80$ como se puede observar en la gráfica. Lo cual indica que no está cumpliendo con la regulación y está por debajo del límite.

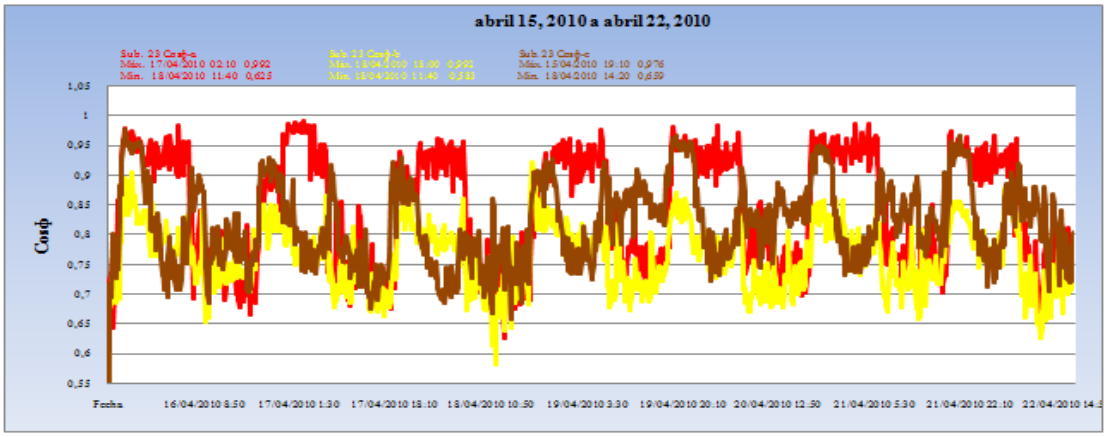

Figura 106. Nivel del Factor de Potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 0.99$ el día 17 de Abril de 2010 a las 02:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.62$ el día 18 de Abril de 2010 a las 11:40, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.82$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición. Lo cual indica que no está cumpliendo con la regulación y está por debajo del límite. A excepción de ciertas horas del día que si están dentro de la regulación.

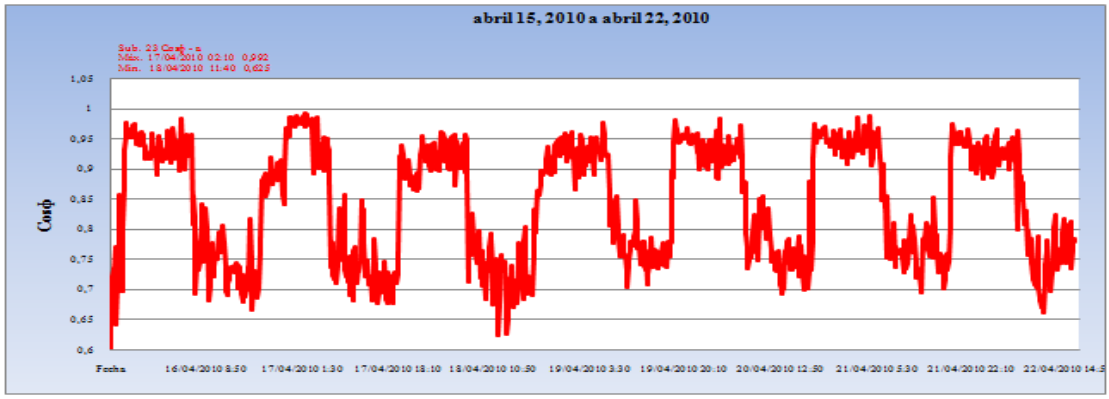

Figura 107. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 0.99$ el día 18 de Abril de 2010 a las 18:00 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.58$ el día 18 de Abril de 2010 a las 11:40, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.76$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición. Lo cual indica que no está cumpliendo con la regulación y está por debajo del límite. A excepción de ciertas horas del día que si están dentro de la regulación.

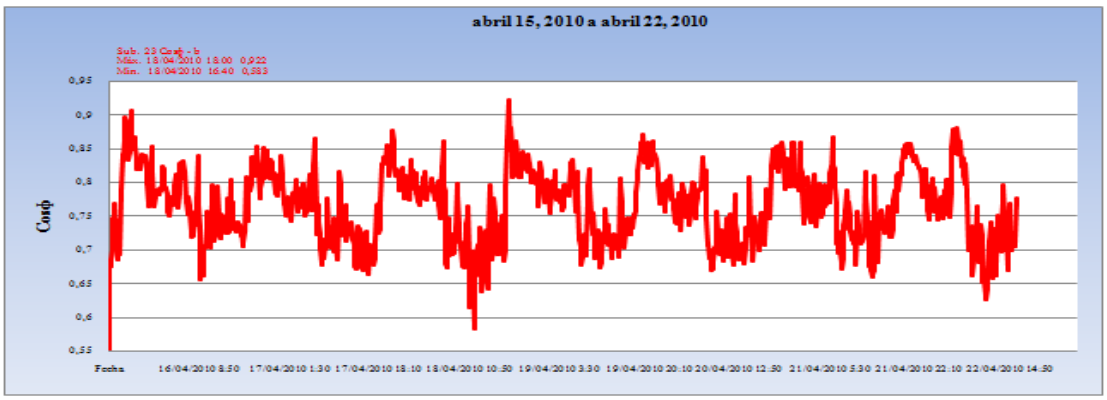

Figura 108. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase C, presenta un máximo de $Fp = 0.97$ el día 17 de Abril de 2010 a las 14:30 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.65$ el día 15 de Abril de 2010 a las 16:20, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.82$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición. Lo cual indica que no está

cumpliendo con la regulación y está por debajo del límite. A excepción de ciertas horas del día que si están dentro de la regulación.

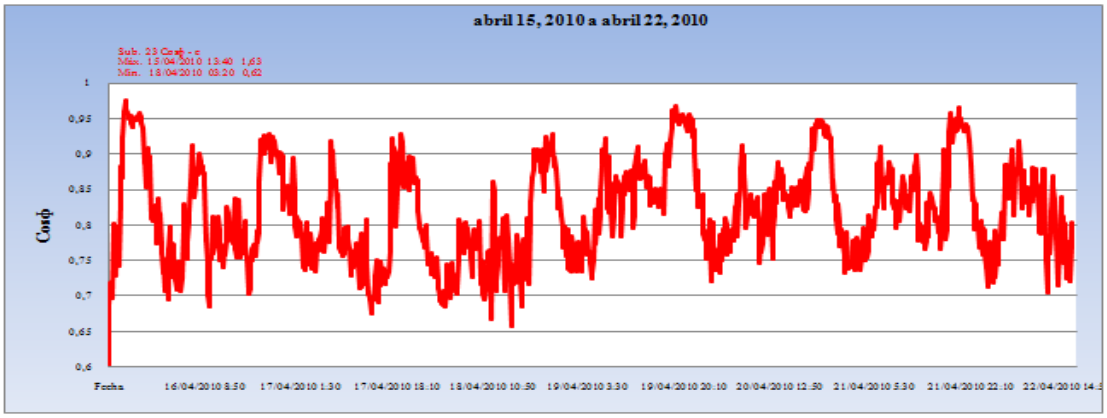

Figura 109. Nivel del Factor de Potencia de la fase C [Cos Φ].

El factor de potencia se encuentra en distintos niveles, ya que los valores máximos se presentan en diferentes días, la fase A el día lunes 24 de Abril de 2010 a las 19:40, la fase B presenta el mayor nivel de consumo el día Sábado 29 de Abril de 2010 a las 19:10 y la fase C el día lunes 24 de Abril de 2010 a las 07:10. En este transformador el factor de potencia está por debajo del límite establecido en la mayoría del tiempo, en algunos momentos del día o noche se tiene un factor de potencia sobre el límite pero es una variación que se nota al inicio del las jornadas el factor de potencia baja debido a la conexión de cargas capacitivas o inductivas por parte de los usuarios debido a que es un transformador urbano estando en el centro del cantón Limón y en constante cambio de cargas conectadas como almacenes, restaurantes, hostales, centros educativos, talleres además de la conexión y desconexión de sistemas de aire acondicionado.

3.2.1.2 Transformador 10374.

Este transformador es de tipo trifásico de 75 KVA, con una potencia aparente de consumo de 28,39 KVA, tiene una tensión de 220V entre fases y 127V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona urbana del sector de Limón. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 1744, con 1008 muestras en total para cada fase,

empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 17:10 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 17:00, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describe a continuación.

3.2.1.2.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará en conjunto las tres fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A no tiene ninguna muestra mayor al límite (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 100%), en la fase B existe una muestra mayor al límite (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.90%) y en cuanto a en la fase C existe un valor de muestra mayor al límite (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.90%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

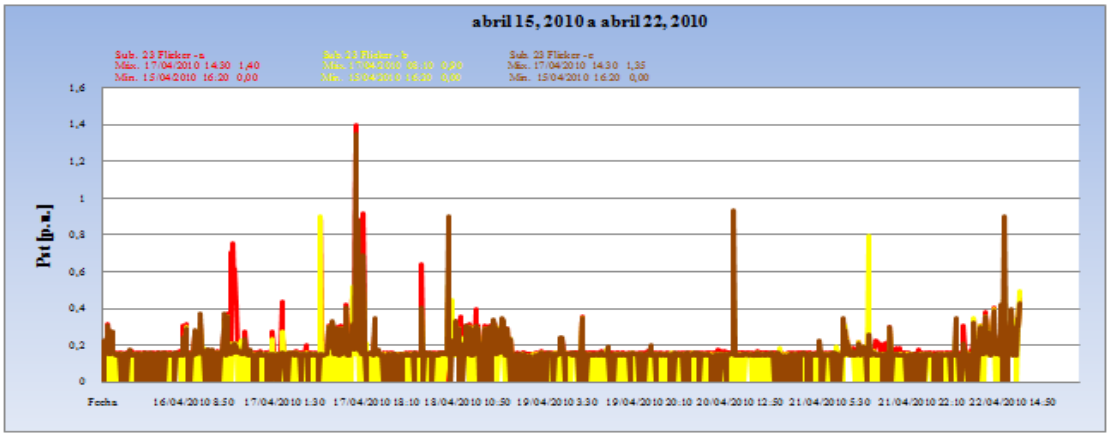

Figura 110. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A, B y C [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, sin embargo a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que el valor de P_{st} máximo se presenta el día 17 de Abril de 2010 a las 08:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}98$ y el valor mínimo se presenta el día 20 de Abril del 2010 a las 03:20, con un valor de $P_{st} = 0{,}16$, presentando un valor de $P_{st} = 0{,}25$ $[p.u.]$.

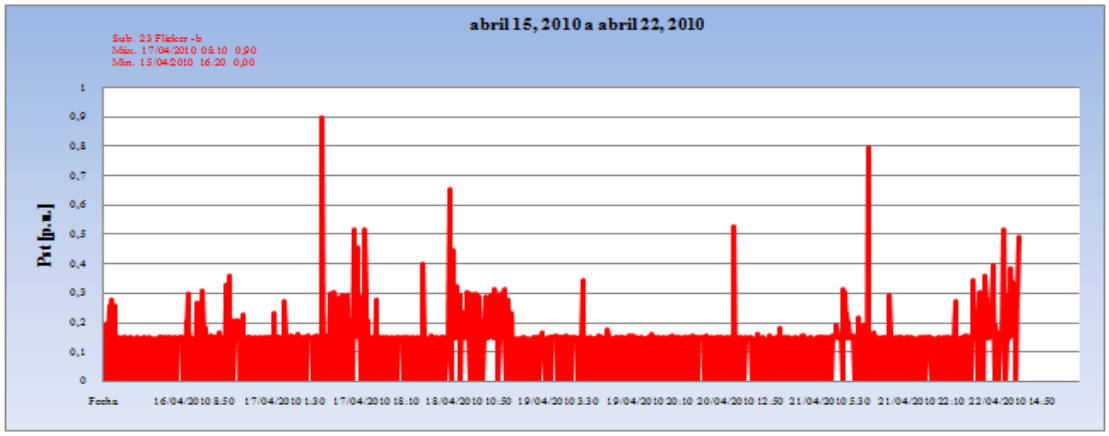

Figura 111. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, la cual se puede distinguir que tiene una muestra que supera el límite, en la gráfica se observa que el valor de P_{st} máximo se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 1{,}43$ y el valor mínimo se presenta el día 19 de Abril del 2010 a las 02:20, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}25\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

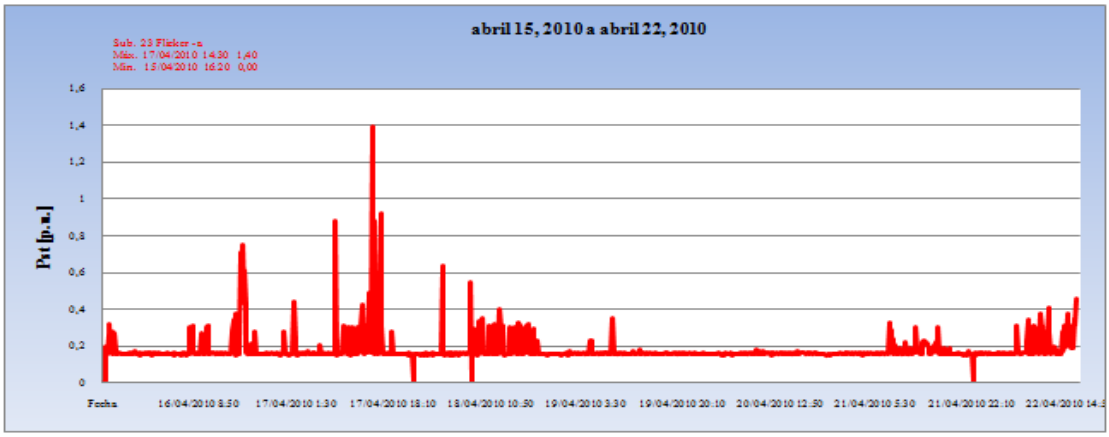

Figura 112. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

Finalmente se analiza el P_{st} de la fase C, que igualmente cumple con la regulación, y se observa que una muestra sobrepasa el valor límite de P_{st} , siendo el máximo el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 1{,}38$ y el valor mínimo se presenta el

día 15 de Abril del 2010 a las 19:00, con un valor de $P_{st} = 0{,}16$, con un promedio de $P_{st} = 0{,}25\ [p.u.]$.

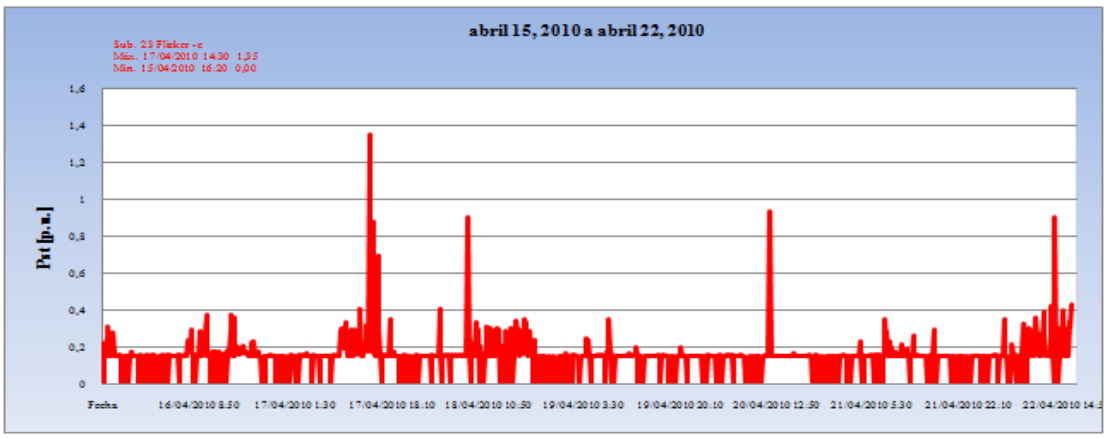

Figura 113. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase C [p.u.].

En conclusión los flickers máximos se presentan el día sábado 17 de Abril de 2010 a las 08:10 la fase A y las fases B y fase C a las 14:30 y como se puede observar en la gráfica los valores de P_{st} son bastante semejantes.

3.2.1.1.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ \ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.93$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 14:30 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.48$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 19:40.

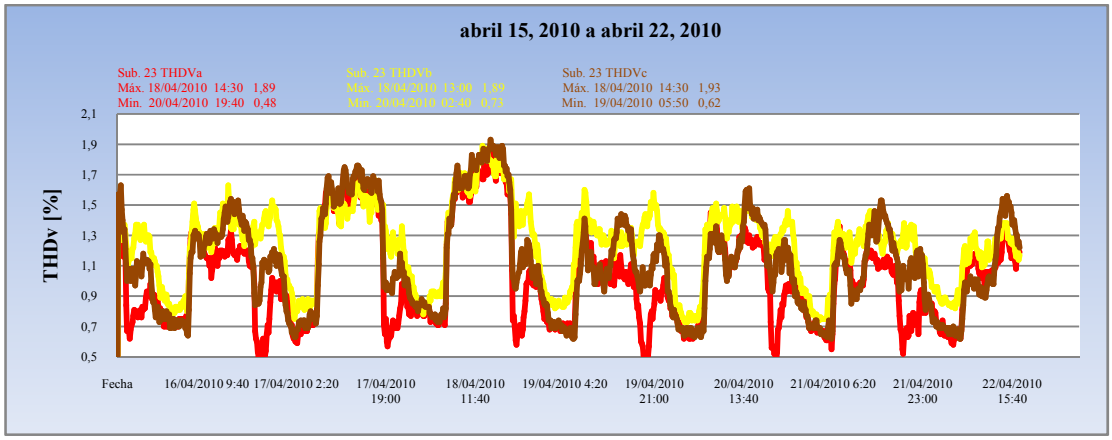

Figura 114. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 14:30 con un valor de $THD_V = 1.89$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 19:40 con un valor de $THD_V = 0.48$ llegando a ser el valor mínimo.

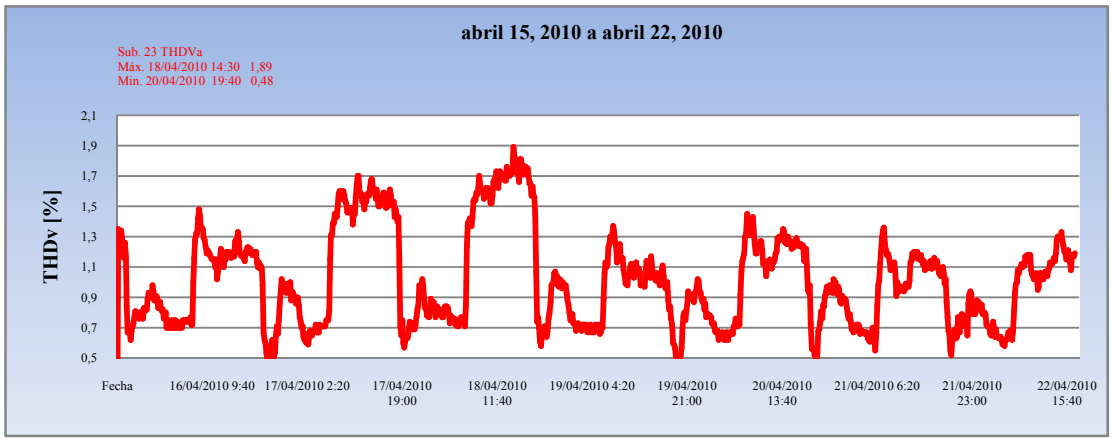

Figura 115. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:00 con un valor de

$THD_V = 1.89$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 02:40 con un valor de $THD_V = 0.73$ llegando a ser el valor mínimo.

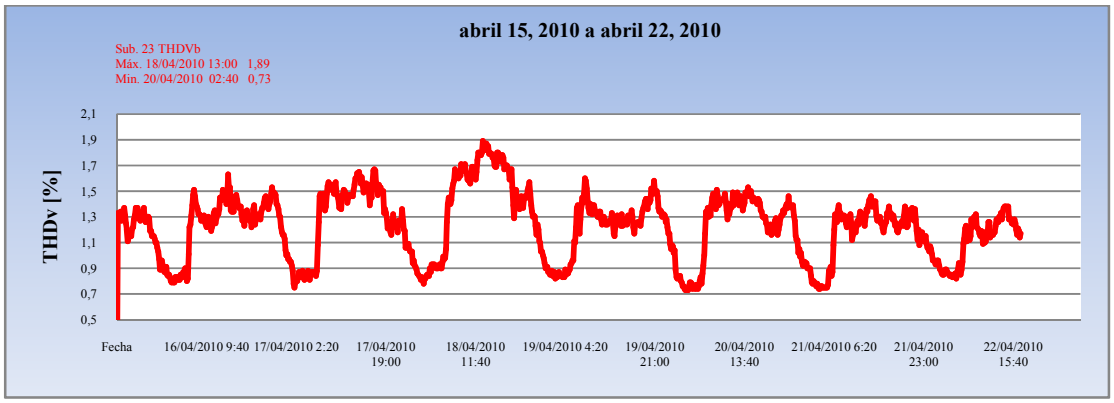

Figura 116. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

Al analizar el THD_V de la fase C, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:40 con un valor de $THD_V = 1.63$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 03:20 con un valor de $THD_V = 0.62$ llegando a ser el valor mínimo.

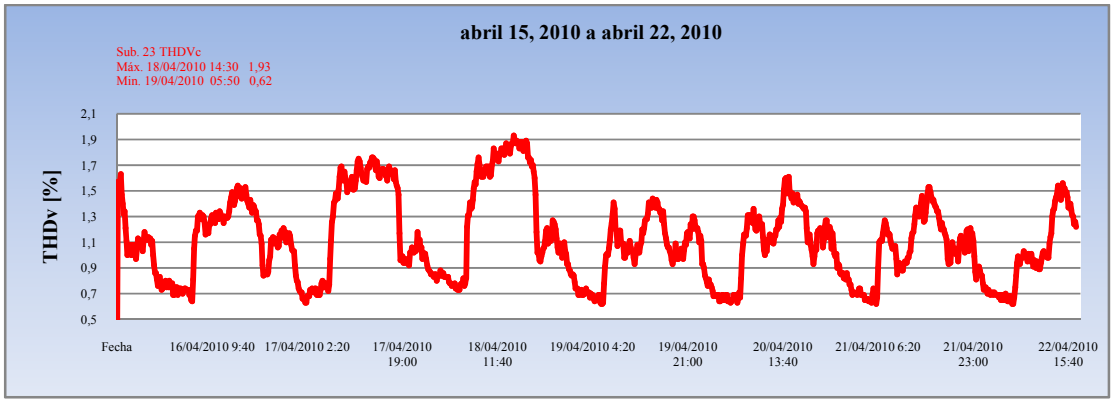

Figura 117. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase C [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de equipos lo cual ha producido dichas fluctuaciones.

3.2.1.1.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10374 de las tres fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 1.52 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.48 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.0 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 100 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 01.28 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.72 %) y para la fase C las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 03.27 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 96.73 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B y fase C en conjunto es $THD_I = 11.21$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 27.10$ en la fecha 22 de Abril del 2010 a las 14:40 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 2.17$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 04:40.

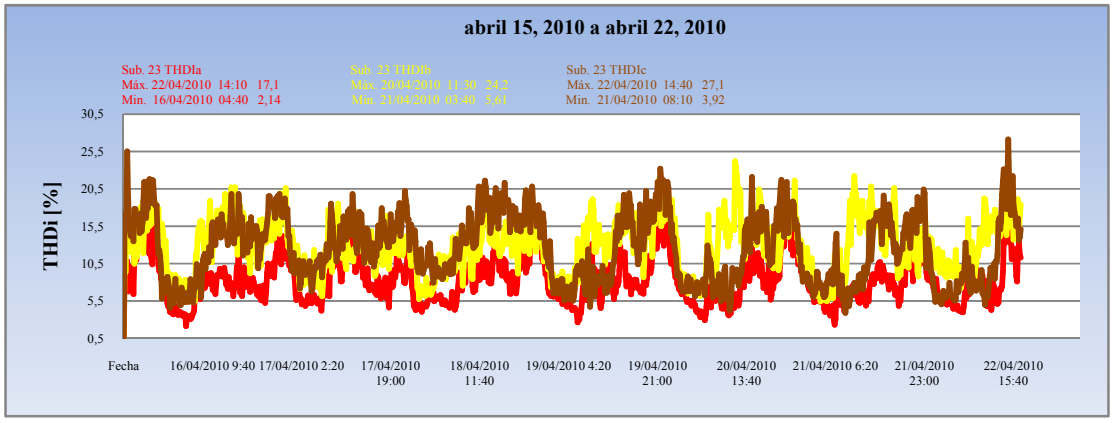

Figura 118. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.0%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 100%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores

máximos y mínimos este es el caso del día 22 de Abril del 2010 a las 14:10 con un valor de $THD_I = 17.10$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 04:40 con un valor de $THD_I = 2.17$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 08.27$

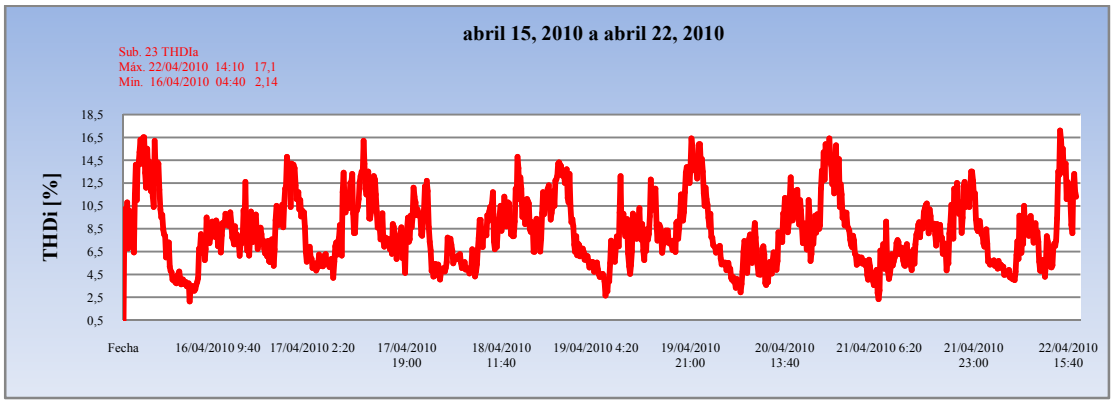

Figura 119. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 13 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 1.28%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.72%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 11:30 con un valor de $THD_I = 24.20$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 03:40 con un valor de $THD_I = 5.61$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 12.83$

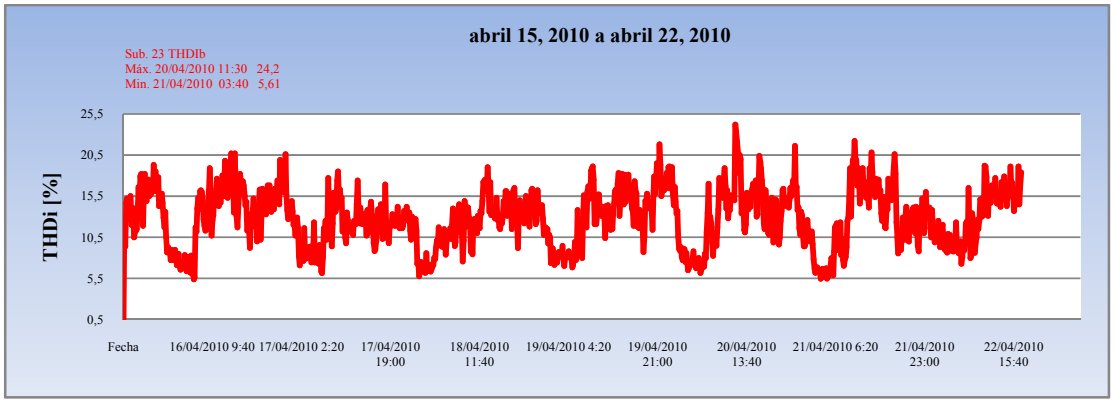

Figura 120. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase B [%].

Al analizar el THD_I de la fase C, se puede decir que existen 33 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 3.27%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 96.73%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 22 de Abril del 2010 a las 14:40 con un valor de $THD_I = 27.10$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 08:10 con un valor de $THD_I = 03.92$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 12.55$

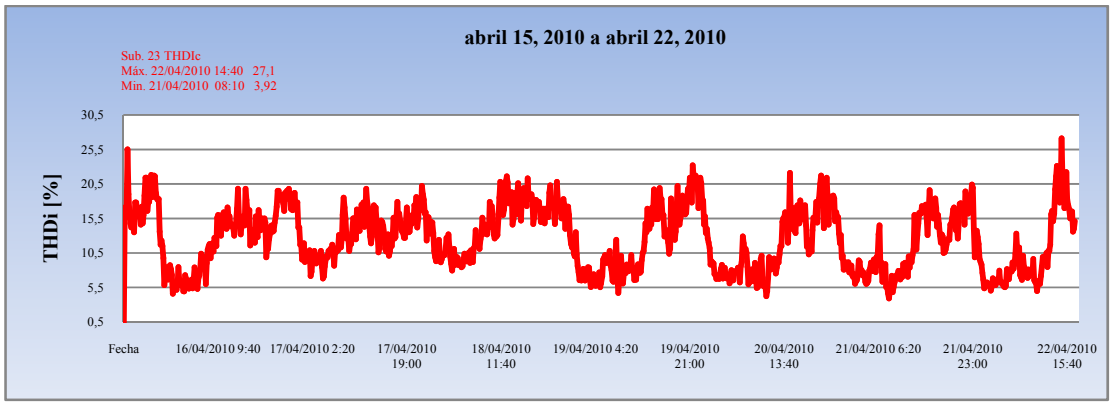

Figura 121. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase C [%].

En conclusión, la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, especialmente en la fase C es en donde se encuentran conectadas la mayoría de las cargas no lineales que afectan a su correcto funcionamiento provocando una distorsión a la onda de corriente, En este transformador su funcionamiento es factible para las armónicas de corriente y no representa un problema.

3.2.1.2.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B, Fase C.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las tres fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 17:10 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 17:00, con un tiempo total de 168 horas. Primero se graficará las tres fases en conjunto para así determinar los valores de consumo de energía promedio y determinar cuál es la fase que posee mayor consumo y cuanta diferencia se presenta entre estas fases.

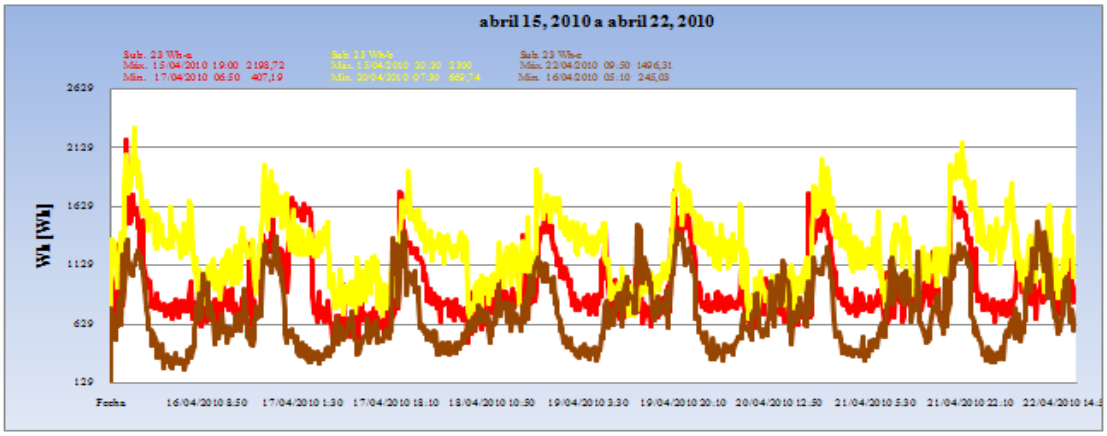

Figura 122. Nivel de consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 2414.35[Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 18:50 y un consumo mínimo de $Wh = 620.74[Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 03:50, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 1135.39[Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 1144.48[KWh]$.

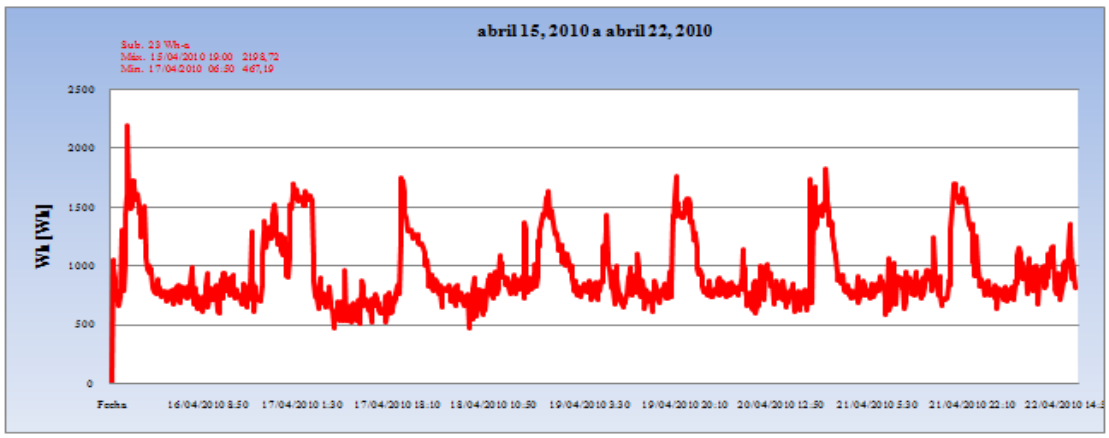

Figura 123. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, presenta un consumo máximo de $Wh = 2620.17\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 19:40 y un consumo mínimo de $Wh = 620.74[Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 07:20, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 1201.96\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 1211.58[KWh]$.

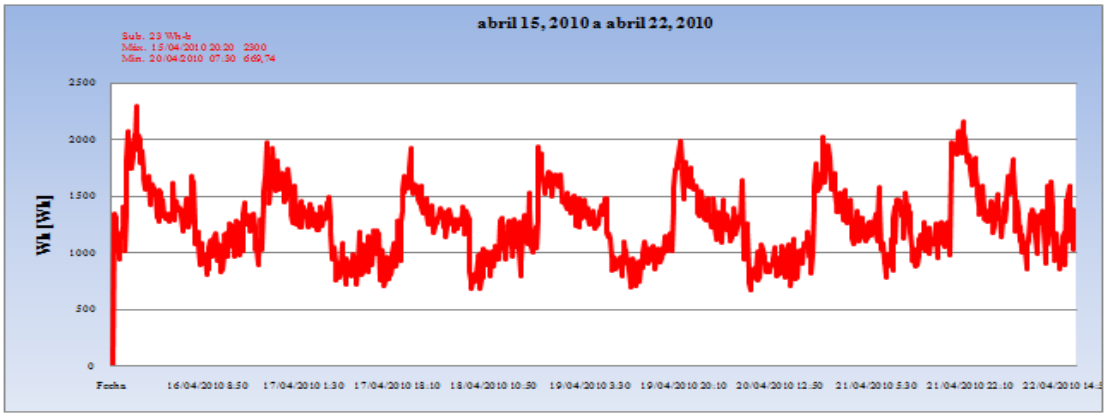

Figura 124. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Al determinar el consumo de energía en la fase C, presenta un consumo máximo de $Wh = 2718.18\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 20:40 y un consumo mínimo de $Wh = 767.76\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 02:40, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 1314.26\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 1324.78\ [KWh]$.

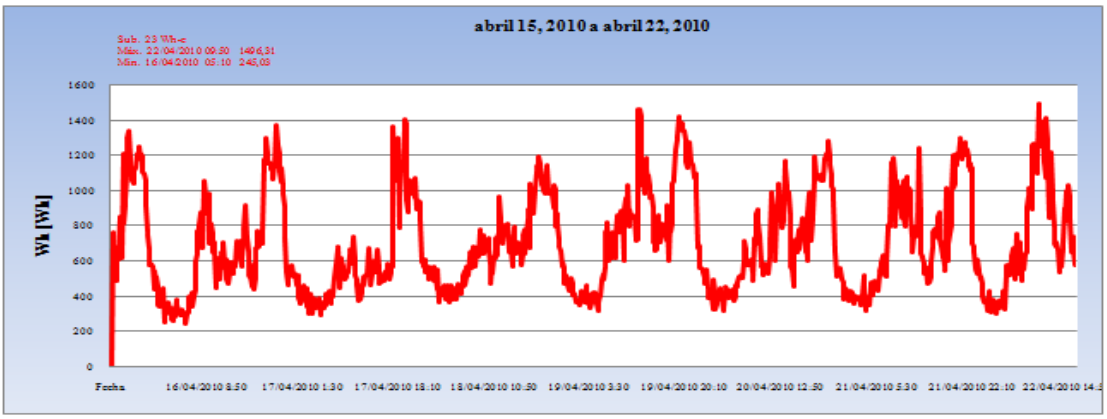

Figura 125. Nivel de consumo de energía de la fase C [Wh].

Se concluye que el consumo de potencia se encuentra en distintos niveles de consumo al igual que la potencia, ya que los valores de la fase C son mayores que la fase B y fase A, los valores máximos de las fases B y fase C se presentan el día martes 20 de Abril de 2010 a las 19:40 y 20:40 respectivamente y la fase A el día jueves 15 de Abril de 2010 a las 18:50.

3.2.1.2.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B, Fase C.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las tres fases de este transformador, en la gráfica se observa que el factor de potencia varia constantemente entre $Fp = 0.53$ y $Fp = 0.94$, este como un valor máximo además este transformador no cumple con la regulación.

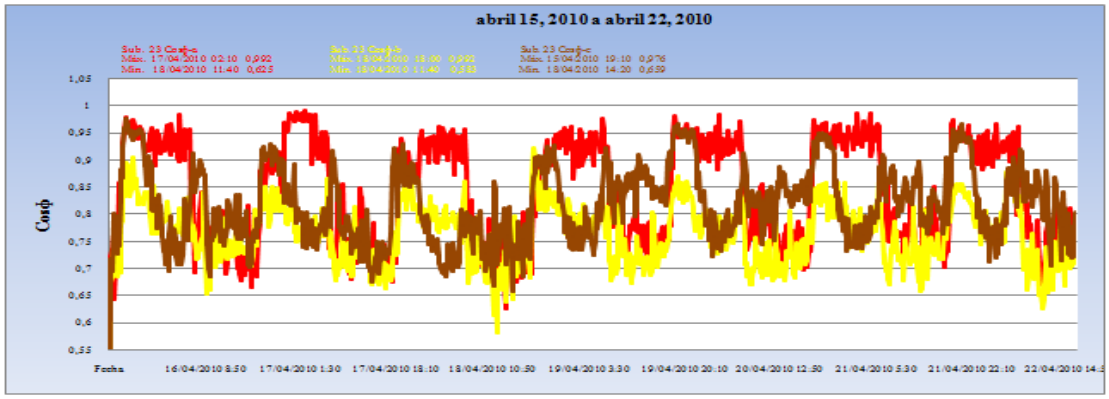

Figura 126. Nivel del Factor de Potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 0.95$ el día 19 de Abril de 2010 a las 18:40 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.53$ el día 22 Abril de 2010 a las 12:20, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.76$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición estando el factor de potencia por debajo del límite permitido.

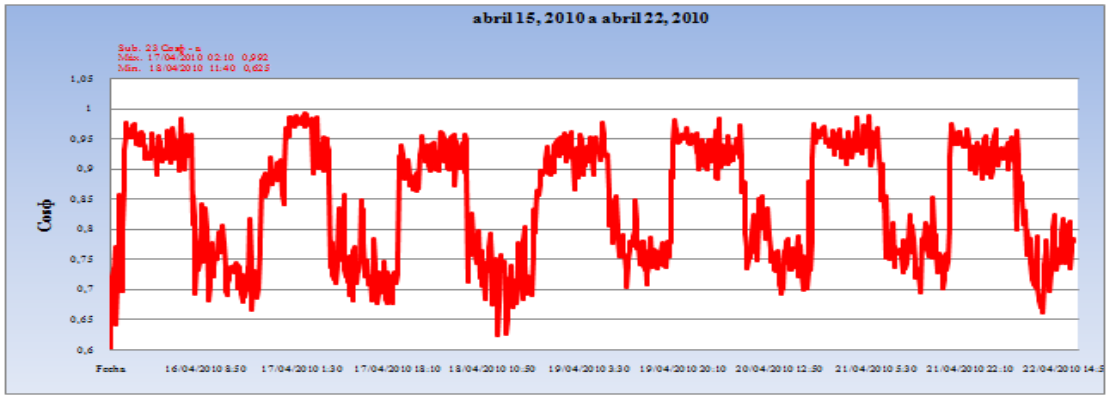

Figura 127. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 0.95$ el día 15 de Abril de 2010 a las 19:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.64$ el día 16 de Abril de 2010 a las 12:20, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.77$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición estando el factor de potencia por debajo del límite permitido.

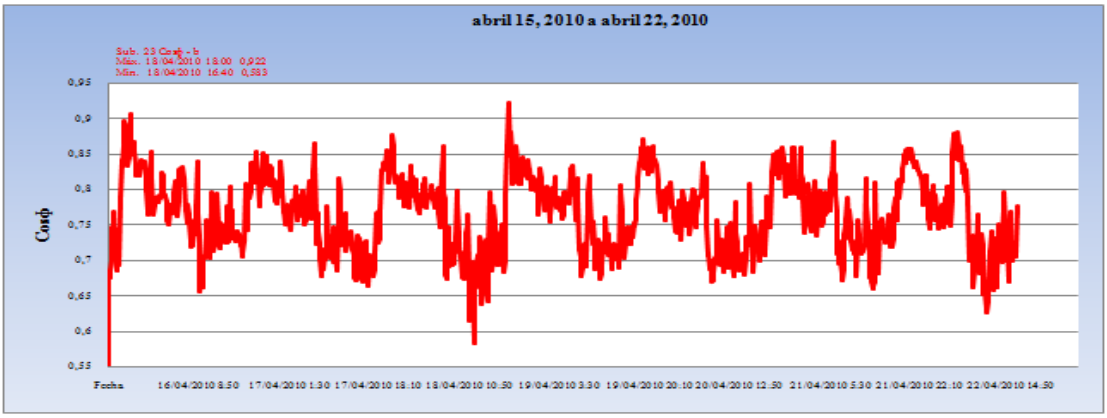

Figura 128. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase C, presenta un máximo de $Fp = 0.92$ el día 19 de Abril de 2010 a las 21:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.64$ el día 22 de Abril de 2010 a las 10:00, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.77$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición estando el factor de potencia por debajo del límite permitido.

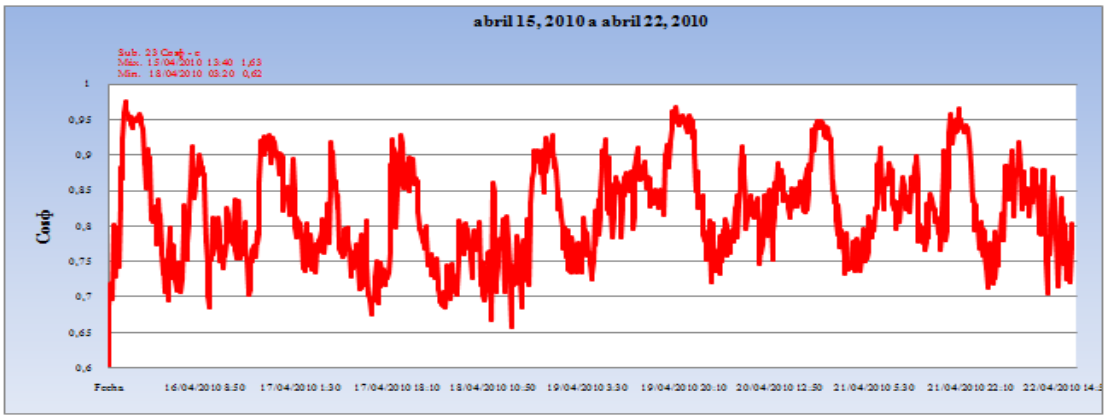

Figura 129. Nivel del Factor de Potencia de la fase C [Cos Φ].

El factor de potencia se encuentra en distintos niveles, ya que los valores máximos se presentan en diferentes días, la fase A el día sábado 15 de Abril de 2010 a las 19:20, la fase B presenta el mayor nivel de consumo el día miércoles 19 de Abril de 2010 a las 21:20 y la fase C el día miércoles 19 de Abril de 2010 a las 18:40. En este transformador el factor de potencia está por debajo del límite establecido en la mayoría del tiempo, en algunos momentos del día o noche se tiene un factor de potencia sobre el límite pero es una variación que se nota al inicio del las jornadas el factor de potencia baja debido a la conexión de cargas capacitivas o inductivas por parte de los usuarios debido a que es un transformador urbano estando en el centro del cantón Limón y en constante cambio de cargas conectadas como almacenes, restaurantes, hostales, centros educativos, talleres además de la conexión y desconexión de sistemas de aire acondicionado.

3.2.1.3. Transformador 10621.

Este transformador es de tipo trifásico de 50 KVA, con una potencia aparente de consumo de 9,20 KVA, tiene una tensión de 220V entre fases y 127V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona urbana del sector de Limón. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 1744, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 15:30 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 15:20, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.1.3.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará en conjunto las tres fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde observa que en la fase A no tiene ninguna muestra mayor al límite (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 100%), en la fase B existe una muestra mayor al límite (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.90%) y en cuanto a en la fase C existe un valor de muestra mayor al límite (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras

dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.90%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

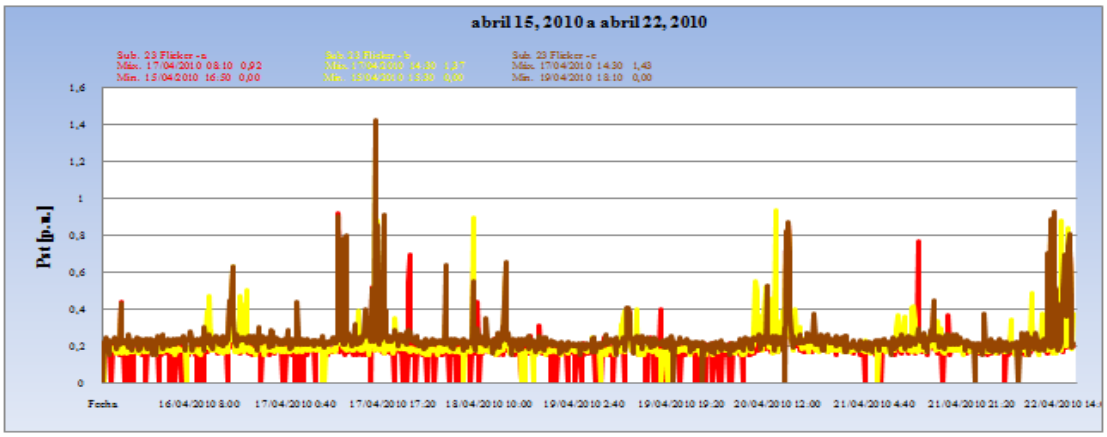

Figura 130. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A, B y C [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, sin embargo a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que el valor de P_{st} máximo se presenta el día 17 de Abril de 2010 a las 08:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}947$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 16:50, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}19\ [p.u.]$.

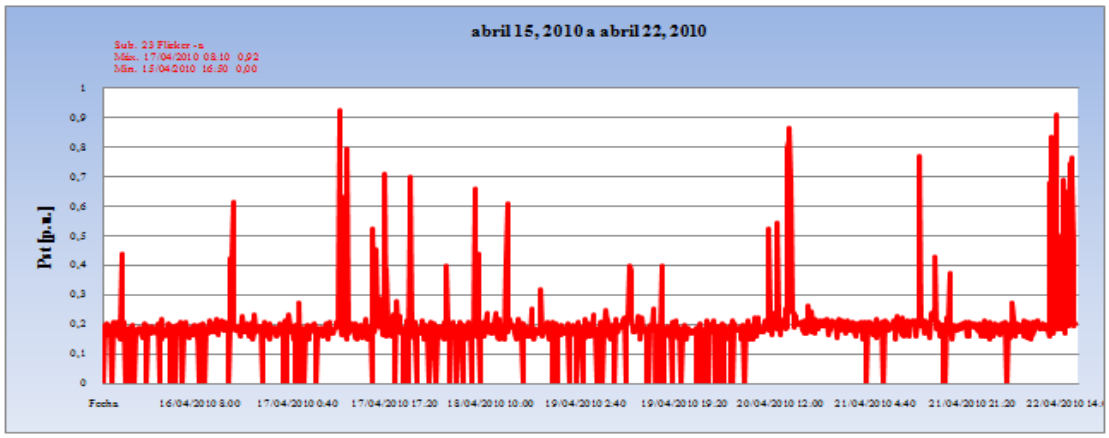

Figura 131. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, la cual se puede distinguir que tiene una muestra que supera el límite, en la gráfica se observa que el valor de P_{st} máximo se presenta el día 17

de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 1{,}37$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 15:30, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}21\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

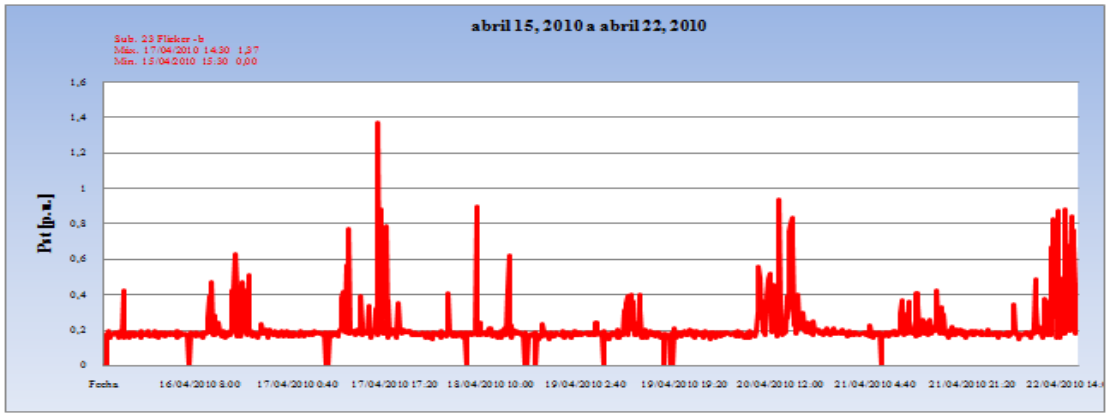

Figura 132. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

Finalmente se analiza el P_{st} de la fase C, que igualmente cumple con la regulación, se observa que una muestra sobrepasa el valor límite de P_{st} , siendo el máximo el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 1{,}43$ y el valor mínimo se presenta el día 19 de Abril del 2010 a las 18:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, con un promedio de $P_{st} = 0{,}24\ [p.u.]$.

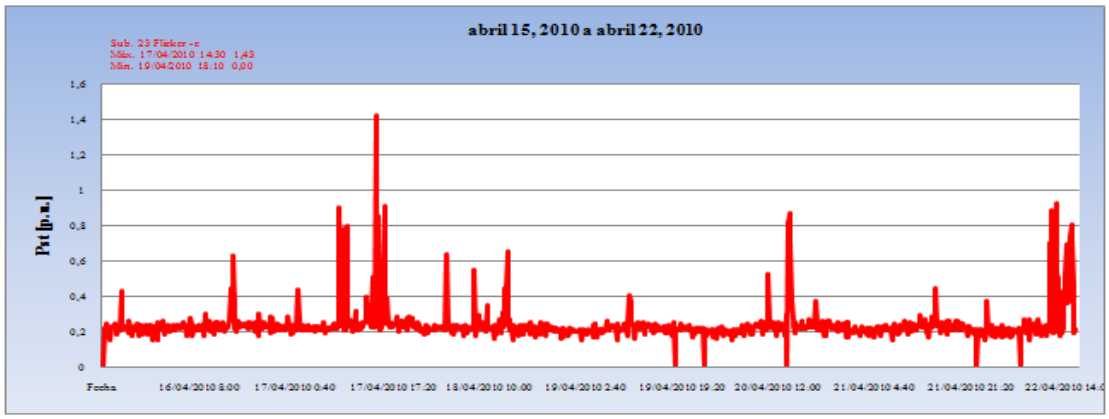

Figura 133. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase C [p.u.].

En conclusión los flickers máximos de este transformador se presentan el día Sábado 17 de Abril de 2010 a las 08:10 la fase A y las fases B y la fase C a las 14:30, que es el

mismo día y hora que los transformadores 10528 y el transformador 10374 y como se puede observar en la gráfica los valores de P_{st} son bastante similares y no causan daños a equipos ni personas a causa de efecto fliker.

3.2.1.3.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.92$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 13:20 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.33$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 19:10.

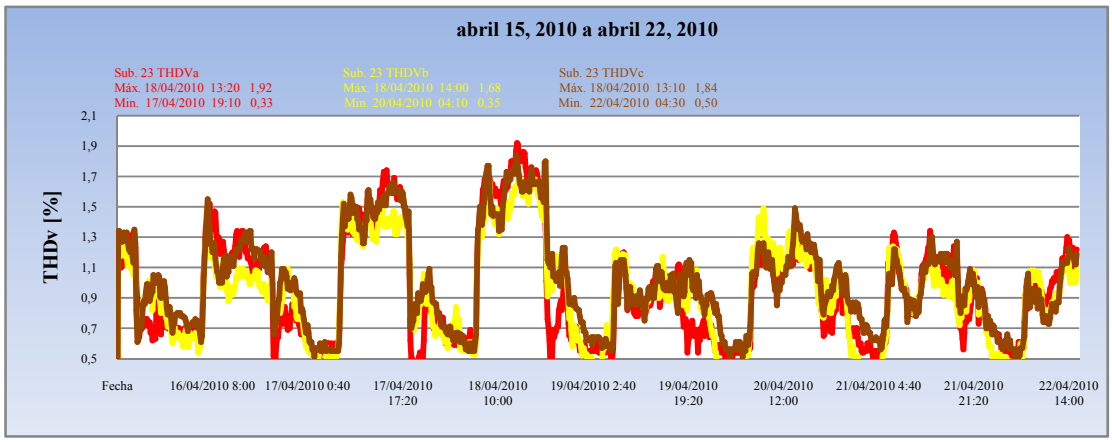

Figura 134. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:20 con un valor de $THD_V = 1.92$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 19:10 con un valor de $THD_V = 0.33$ llegando a ser el valor mínimo.

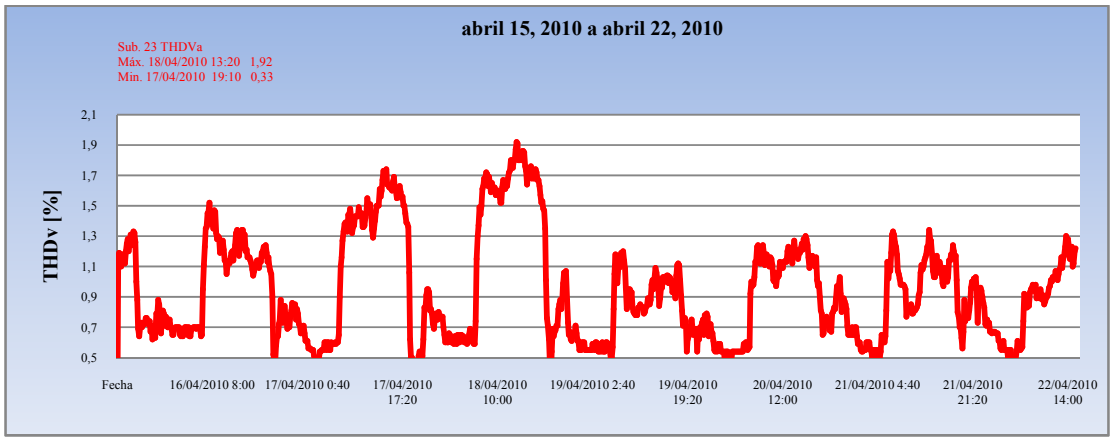

Figura 135. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 14:00 con un valor de $THD_V = 1.68$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 04:40 con un valor de $THD_V = 0.35$ llegando a ser el valor mínimo.

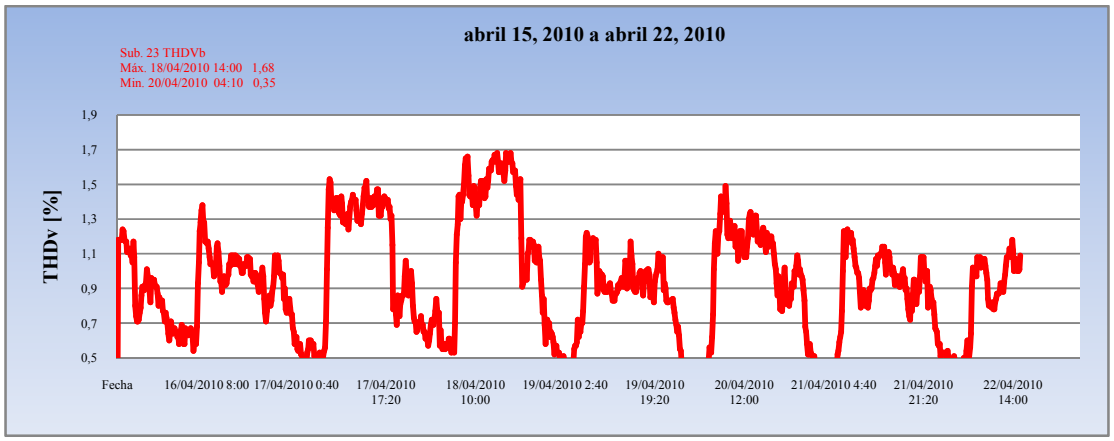

Figura 136. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

Al analizar el THD_V de la fase C, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:10 con un valor de

$THD_V = 1.84$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 04:30 con un valor de $THD_V = 0.50$ llegando a ser el valor mínimo.

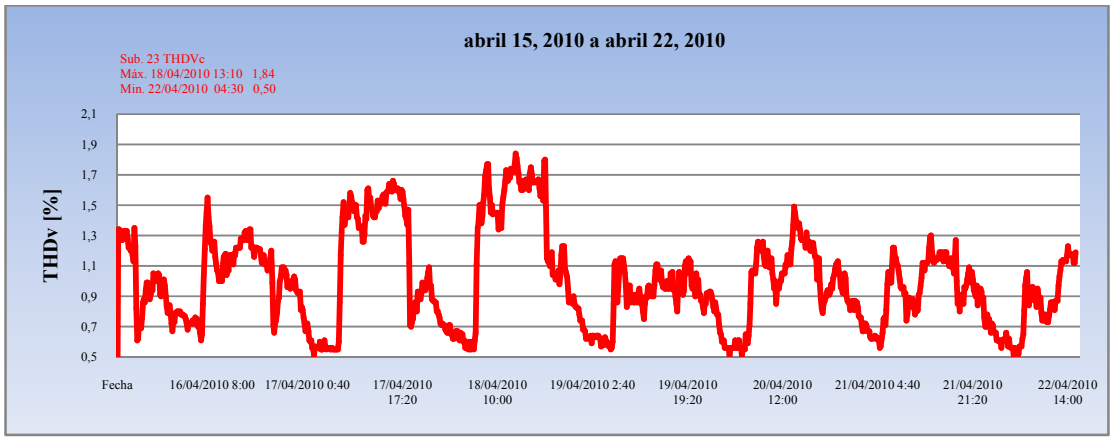

Figura 137. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase C [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de equipos lo cual ha producido dichas fluctuaciones.

3.2.1.3.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10621 de las tres fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 24.17 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 75.83 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 26.58 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 73.42 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 13.29 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 86.71 %) y para la fase C las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 32.63 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 67.37 %), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B y fase C en conjunto es $THD_I =$

15.51, además el valor máximo registrado de $THD_I = 55.40$ en la fecha 15 de Abril del 2010 a las 16:20 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 1.41$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 08:10.

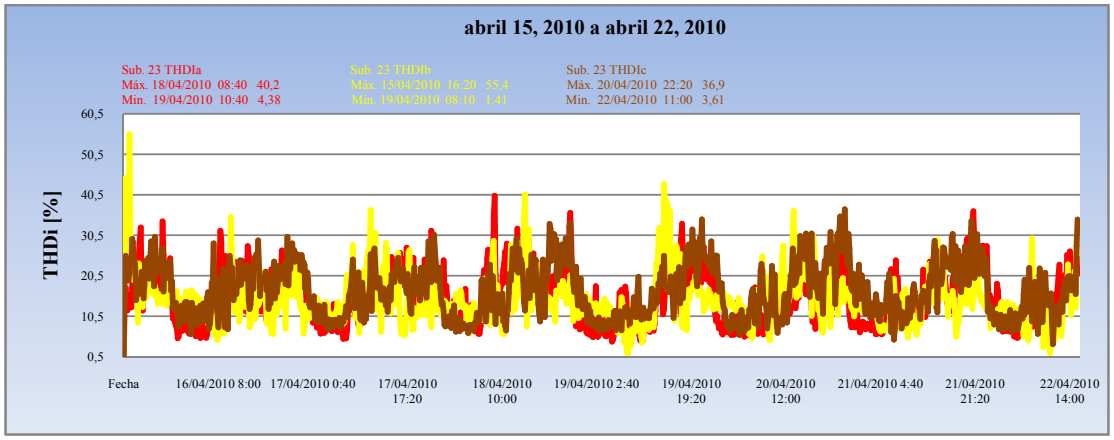

Figura 138. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existen 268 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 26.58 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 73.42 %) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 08:40 con un valor de $THD_I = 40.20$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 10:40 con un valor de $THD_I = 4.38$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 15.22$

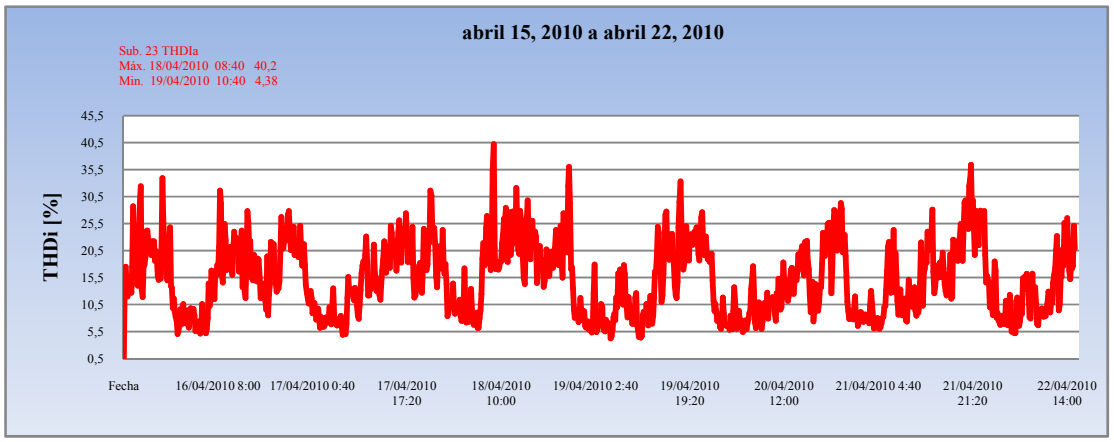

Figura 139. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 134 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 13.29%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 86.71 %) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 15 de Abril del 2010 a las 16:20 con un valor de $THD_I = 55.40$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 08:10 con un valor de $THD_I = 1.41$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 14.52$

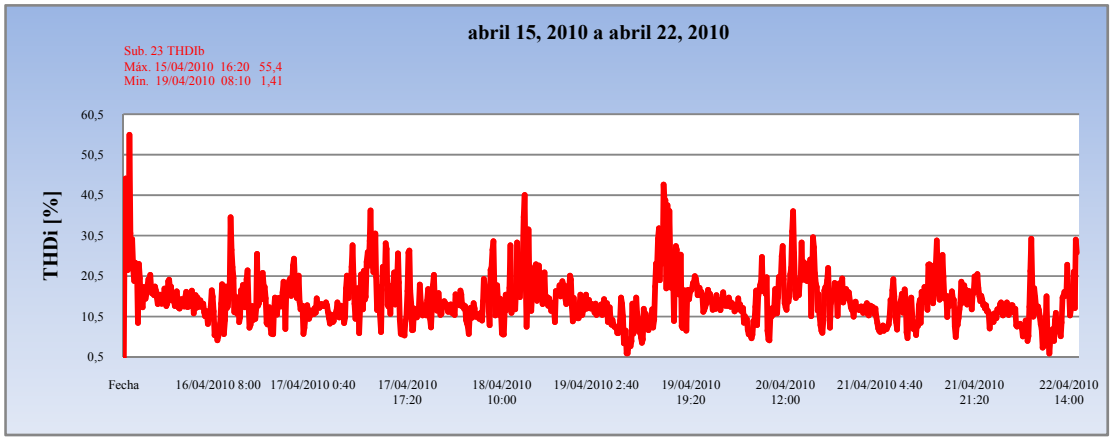

Figura 140. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

Al analizar el THD_I de la fase C, se puede decir que existen 329 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 32.63 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 67.37%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 22:20 con un valor de $THD_I = 36.90$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 11:00 con un valor de $THD_I = 3.61$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 16.80$.

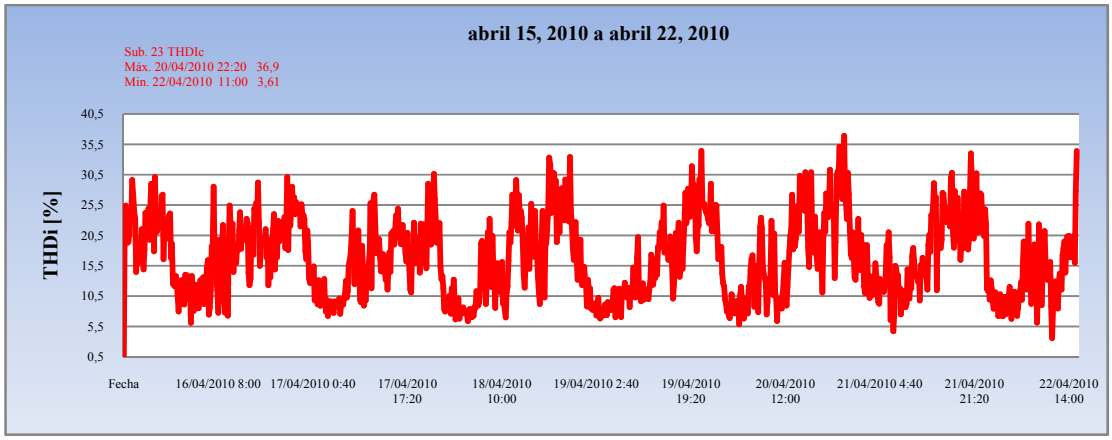

Figura 141. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase C [%].

En conclusión, la distorsión armónica de corriente no cumple con los límites establecidos, especialmente la fase A y fase C en donde se encuentran conectadas la mayoría de las cargas no lineales pero en general este transformador posee en la fase A, fase B y fase C cargas no lineales que afectan a su correcto funcionamiento provocando una distorsión a la onda de corriente y a su vez generando armónicas de corriente en su funcionamiento, creando además un mayor consumo de corriente, potencia y mayor dimensionamiento de elementos como transformadores y cables por parte de la EERCS.

3.2.1.3.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B, Fase C.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las tres fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 15:30 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 15:20, con un tiempo total de 168 horas, en donde se puede observa que el consumo está bastante equilibrado.

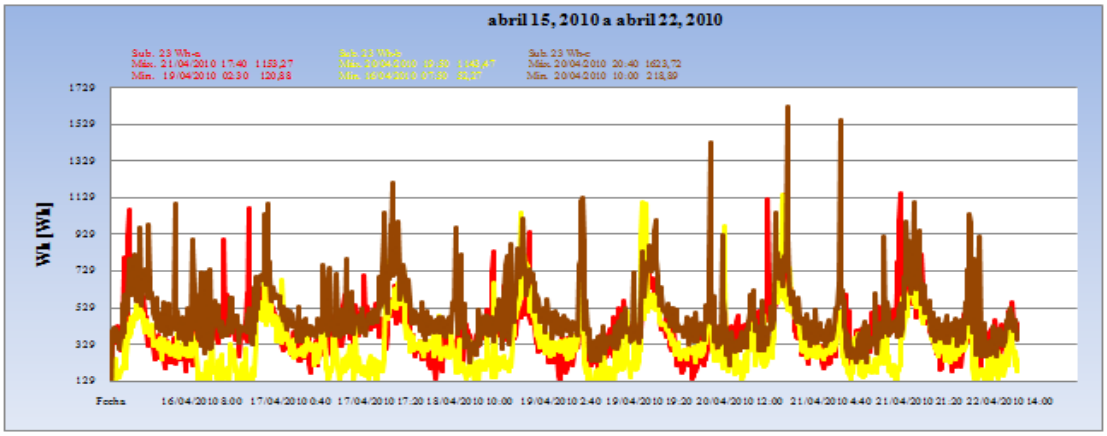

Figura 142. Nivel de consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1553.27\ [Wh]$ el día 21 de Abril de 2010 a las 17:40 y un consumo mínimo de $Wh = 120.88\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 02:30, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 402.83\ [Wh]$de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 406.05\ [KWh]$.

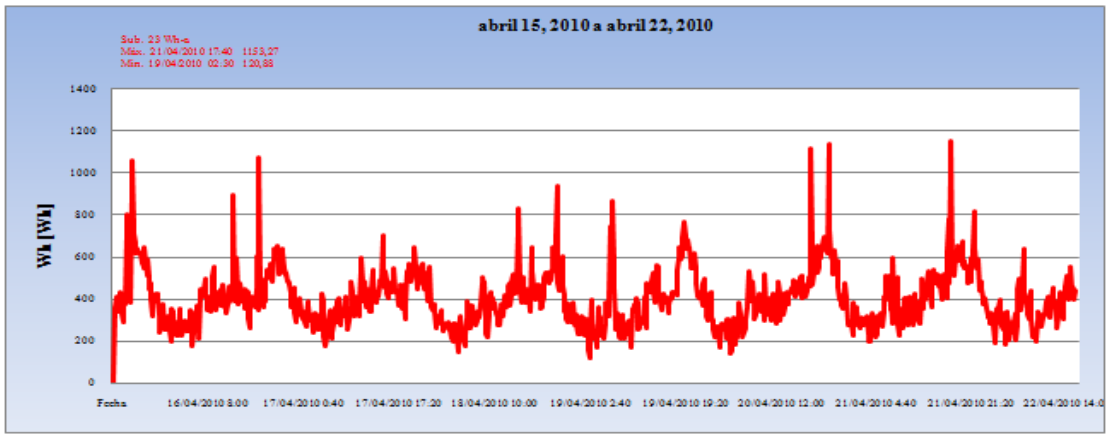

Figura 143. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1443.47\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 19:50 y un consumo mínimo de $Wh = 52.27\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 07:50, con un consumo de energía

promedio de $Wh\,prom = 321.92\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 324.50\ [KWh]$.

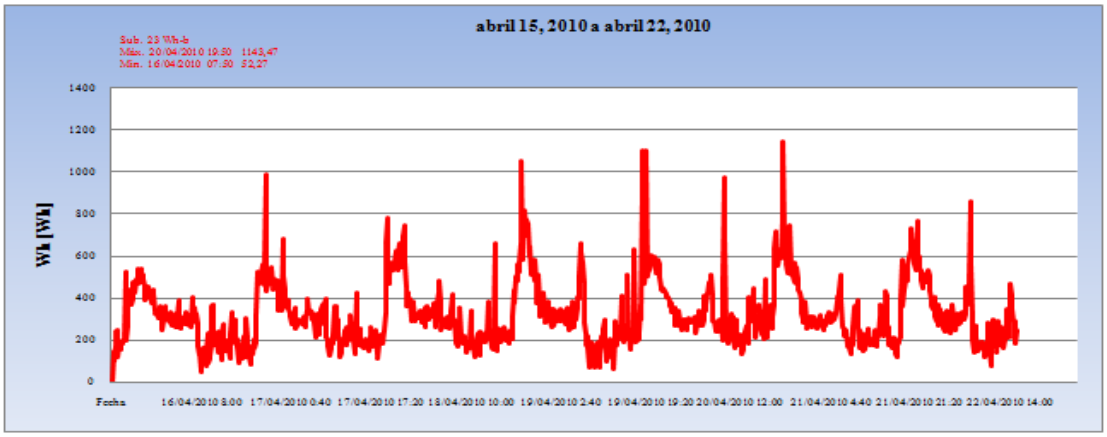

Figura 144. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Al determinar el consumo de energía en la fase C, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1623.72\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 20:40 y un consumo mínimo de $Wh = 218.89\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 10:00, con un consumo de energía promedio de $Wh\,prom = 492.18\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 496.12\ [KWh]$.

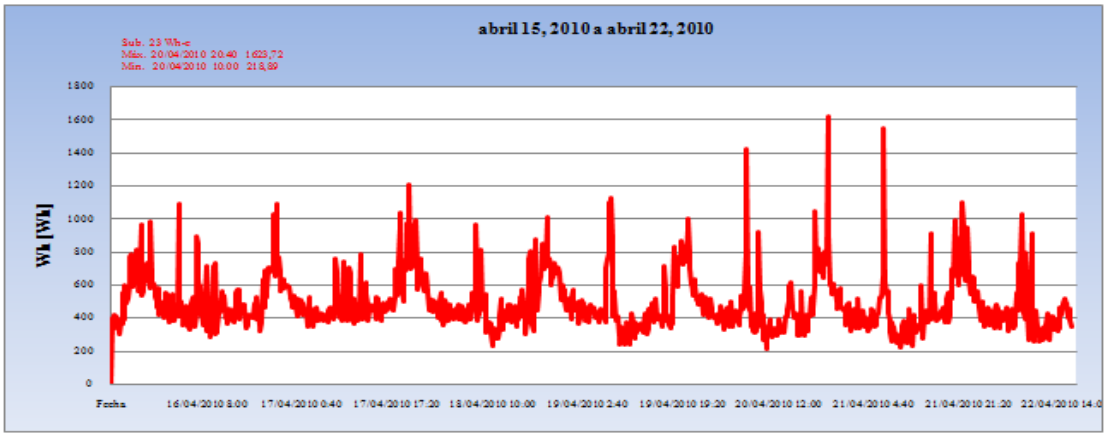

Figura 145. Nivel de consumo de energía de la fase C [Wh].

Se concluye que el consumo promedio de energía de la fase C es mayor que las fases A y la fase B, en la fase C tiene picos elevados de consumo en algunos momentos del día debido a las cargas no lineales conectadas a esta fase y la gran presencia de armónicas de corriente, de igual manera la fase A tiene picos elevados de consumo de energía debido a la presencia de armónicas de corriente , el valor máximo de la fase A se presenta el miércoles 21 de Abril del 2010 a las 17:30, las fases B y la fase C se presentan el día martes 20 de Abril de 2010 a las 19:50 y 20:40 respectivamente.

3.2.1.3.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B, Fase C.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las tres fases de este transformador, en la gráfica se observa que el factor de potencia varia constantemente entre $Fp = 0.47$ y $Fp = 1$, un caso especial se presenta en la fase B que presenta valores negativos, esto se debe a que no hubo consumo de energía en esta fase con lo que no cumple con la regulación establecida.

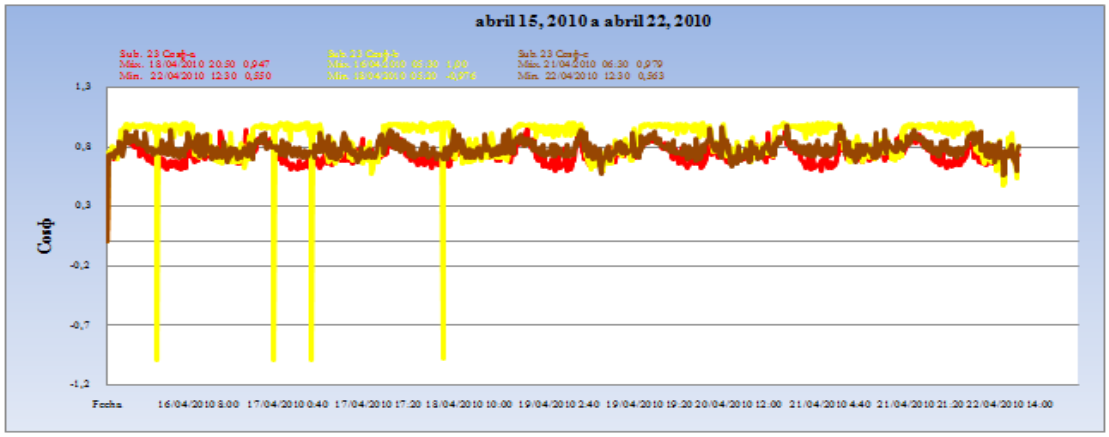

Figura 146. Nivel del Factor de Potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 0.94$ el día 18 de Abril de 2010 a las 20:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.55$ el día 22 Abril de 2010 a las 12:30, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.73$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición estando por debajo de la regulación establecida.

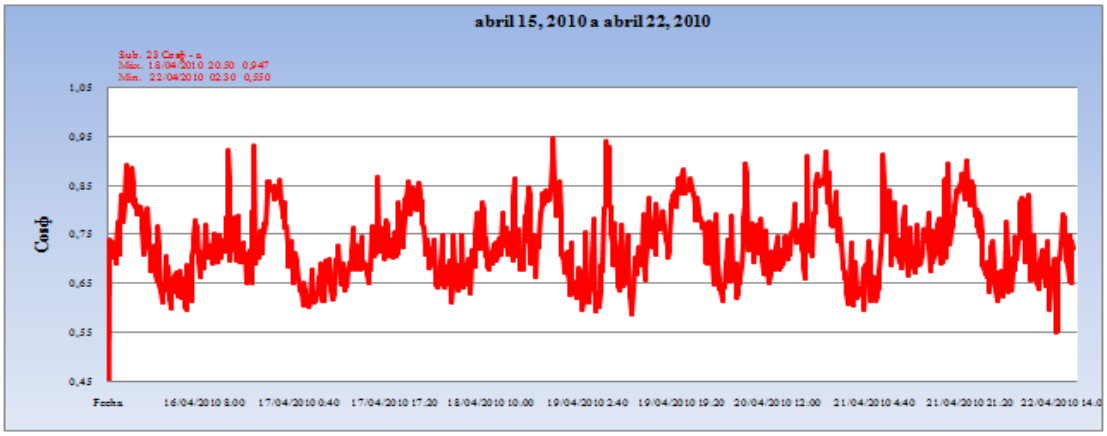

Figura 147. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 16 de Abril de 2010 a las 05:30 y un factor potencia mínimo de $Fp = -0.97$ el día 22 de Abril de 2010 a las 12:30, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.86$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, aquí se presentan valores negativos, ya que el consumo de potencia reactiva es negativa, esto puede ser por cargas capacitivas conectadas en esta fase sin cumplir el límite establecido.

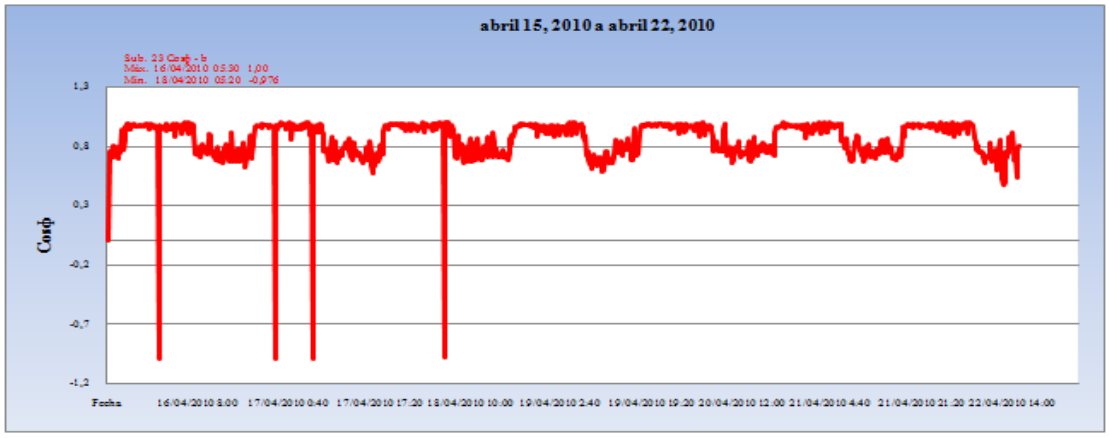

Figura 148. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase C, presenta un máximo de $Fp = 0.97$ el día 21 de Abril de 2010 a las 06:30 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.56$ el día 22 de Abril de

2010 a las 12:30, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.78$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición sin cumplir el límite establecido.

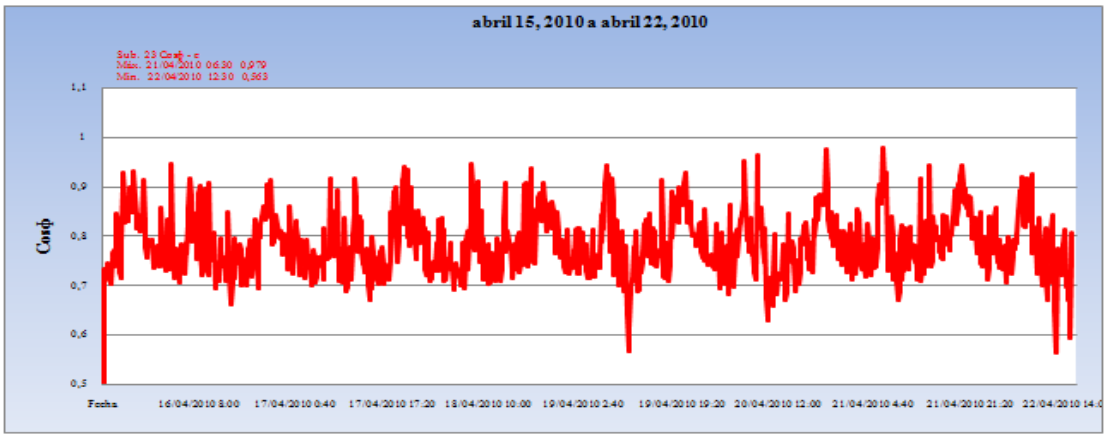

Figura 149. Nivel del Factor de Potencia de la fase C [Cos Φ].

El factor de potencia es una medida de lo retrasada que va la onda de intensidad respecto a la onda de tensión. Tiene un efecto negativo para las instalaciones de generación y transporte, porque cuanto más retrasada vaya la intensidad respecto a la tensión, para realizar el mismo trabajo, la intensidad debe ser cada vez mayor como a menor factor de potencia quiere decir que hay mas retraso, produce que la intensidad sea cada vez mayor al mejorar el factor de potencia del transformador, se reduce la corriente que pasa a través del transformador, lo que permite optimizar el transformador y añadir más consumidores finales. Resulta menos costoso mejorar el factor de potencia, instalando equipos de compensación, que sustituir el transformador. Además este transformador está por debajo del límite establecido debiendo ser mejorada ya que presenta una amenaza a las cargas conectadas debido al bajo factor de potencia y en algunas ocasiones un factor de potencia negativo para la fase B, la que está en un mayor índice de pérdidas y cargas no lineales conectadas, con un consumo de energía menor que la fase A y fase C pero con mayor pérdidas en el factor de potencia y una elevada cantidad de armónicas de corriente conectadas pese a su baja cantidad de cargas conectadas siendo necesaria una mejora de este factor de potencia y armónicas de corriente.

3.2.1.4. Transformador 10954.

Este transformador es de tipo monofásico de 10 KVA, con una potencia aparente de consumo de 0,13 KVA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado la calle José Pintado, de la zona urbana del sector de Limón. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 1744, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 12:30 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 12:30, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.1.4.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde observa que en la fase A tiene una muestra mayor al límite lo que presenta un porcentaje muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.90%) y en la fase B también existe una muestra mayor al límite (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.90%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

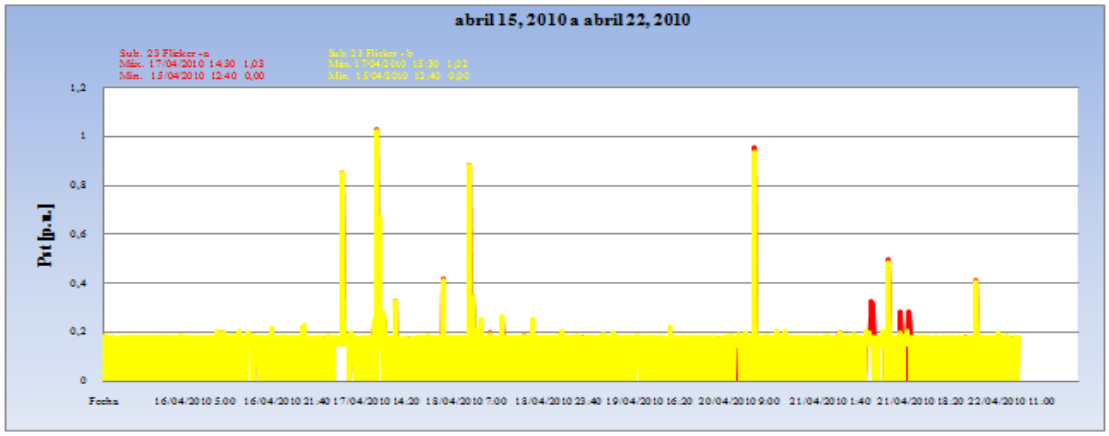

Figura 150. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, sin embargo a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que el valor de P_{st} máximo se presenta el día 17 de Abril de 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 1{,}03$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 12:30, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}10\ [p.u.]$.

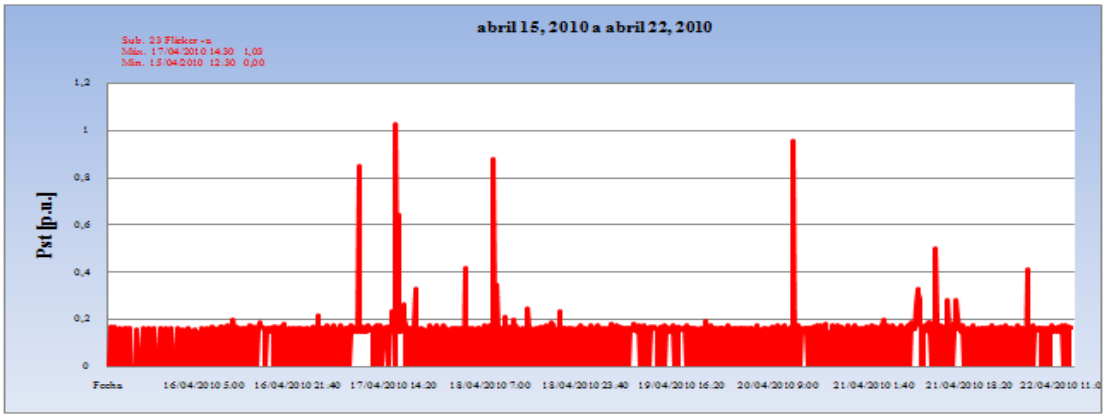

Figura 151. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, la cual se puede distinguir que tiene una muestra que supera el límite, en la gráfica se observa que el valor de P_{st} máximo se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 1{,}02$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 12:40, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}09\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

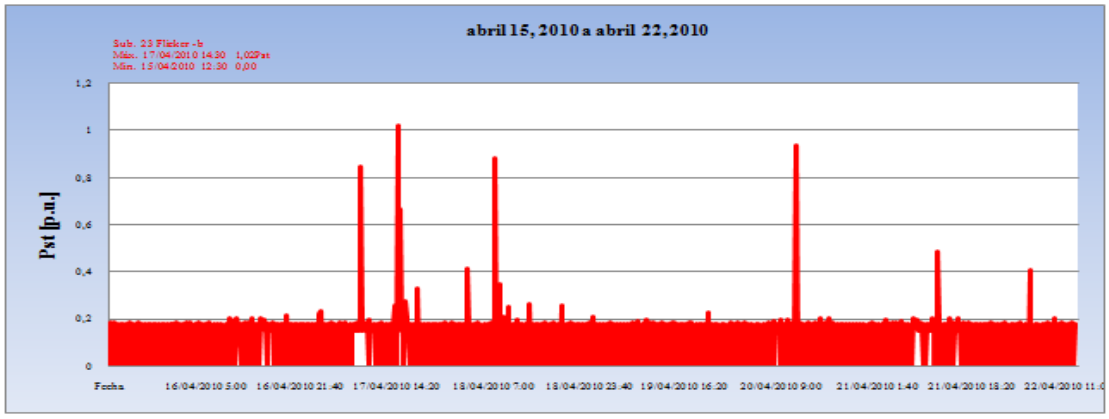

Figura 152. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers máximos de este transformador tanto de las fases A y fase B se presentan el día sábado 17 de Abril de 2010 a las 14:30 y como se puede observar en la gráfica los valores de P_{st} tienen variaciones al mismo tiempo.

3.2.1.4.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.65$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 13:20 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.62$ en la fecha 21 de Abril del 2010 a las 04:40.

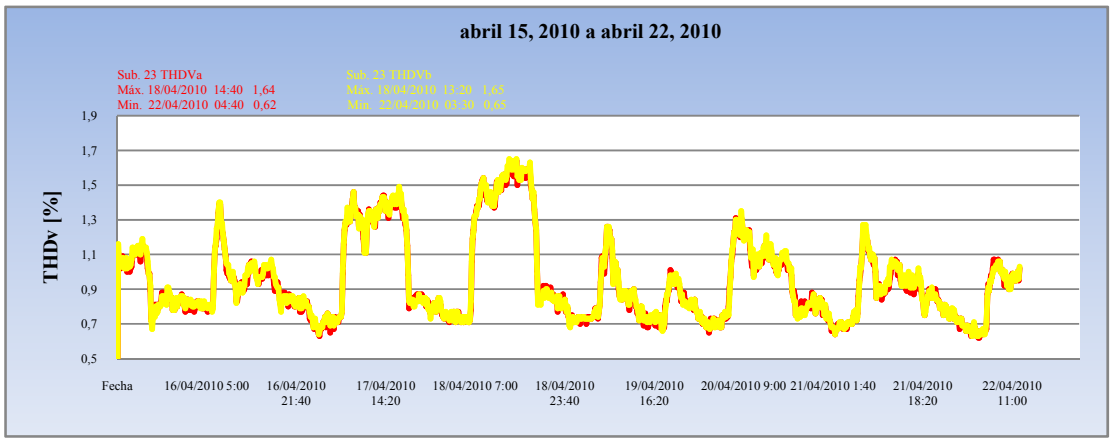

Figura 153. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 14:40 con un valor de $THD_V = 1.64$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 04:40 con un valor de $THD_V = 0.62$ llegando a ser el valor mínimo.

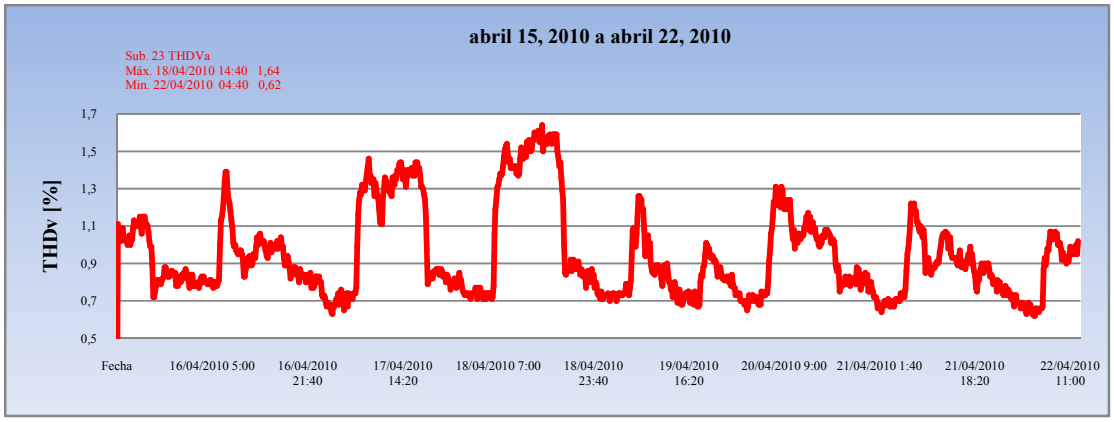

Figura 154. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:20 con un valor de $THD_V = 1.65$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 03:30 con un valor de $THD_V = 0.63$ llegando a ser el valor mínimo.

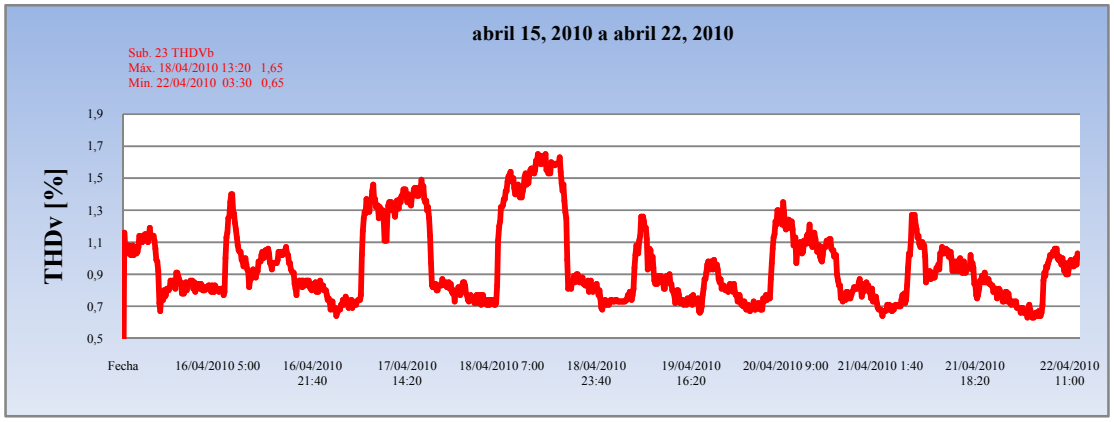

Figura 155. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de equipos lo cual ha producido dichas fluctuaciones y en este transformador las armónicas de tensión están con valores similares en todos los momentos con una variación mínima en algunos momentos del día con valores normales.

3.2.1.4.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10954 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 0.89 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 99.11 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 1.78 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.72 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.0 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 100 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 0.73$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 30.7$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 19:10 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 04:40.

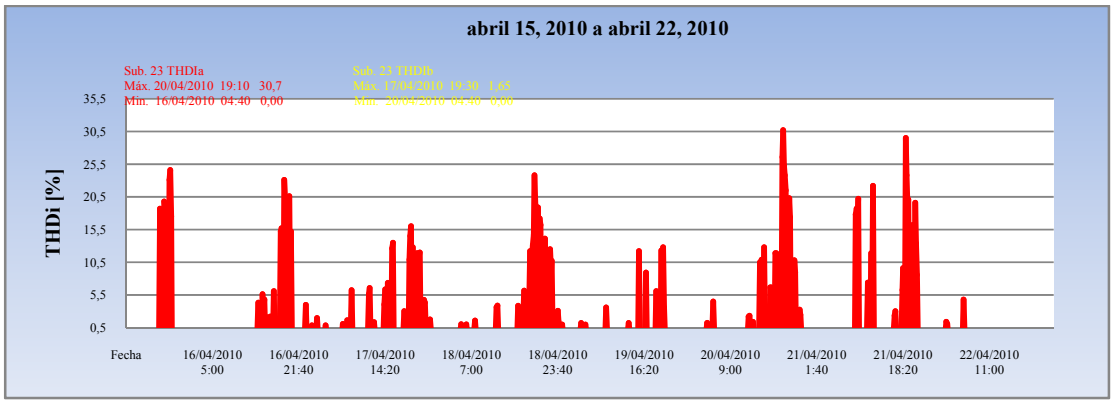

Figura 156. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existen 18 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 1.78%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.72%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 19:30 con un valor de $THD_I = 30.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010

a las 04:40 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 1.42$.

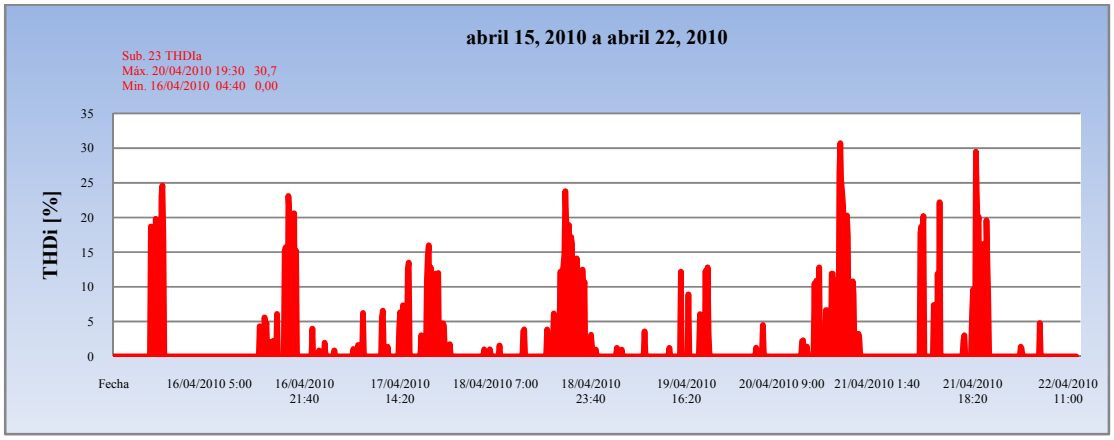

Figura 157. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 100%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 17 de Abril del 2010 a las 19:30 con un valor de $THD_I = 5.38$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 04:40 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 0.03$.

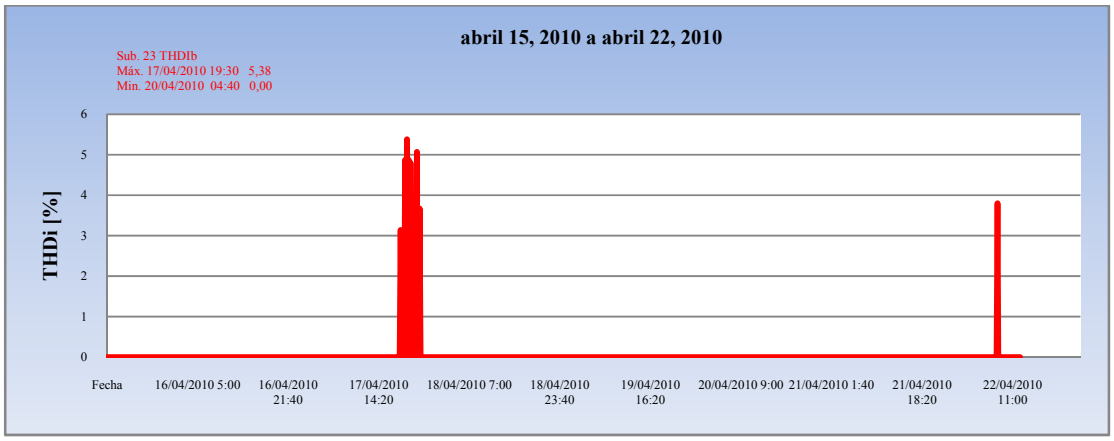

Figura 158. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

En conclusión la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, quedando este transformador sin ningún problema y con un correcto funcionamiento.

3.2.1.4.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

Ahora se va a determinar el consumo de energía de las dos fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 12:30 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 12:20, con un tiempo total de 168 horas, en donde se observa que el consumo de energía es diferente.

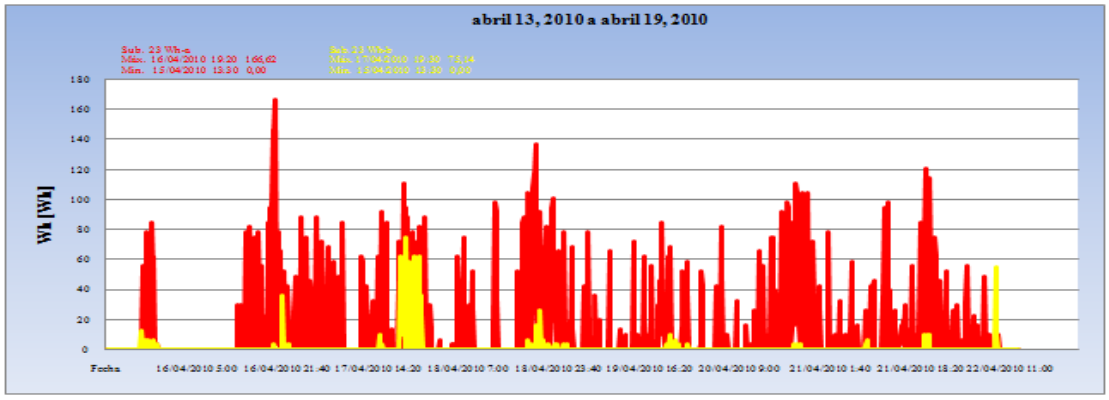

Figura 159. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, presenta un consumo máximo de $Wh = 166.62\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 19:20 y un consumo mínimo de $Wh = 0.00\ [Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 13:30, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 14.34\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 14.46\ [KWh]$.

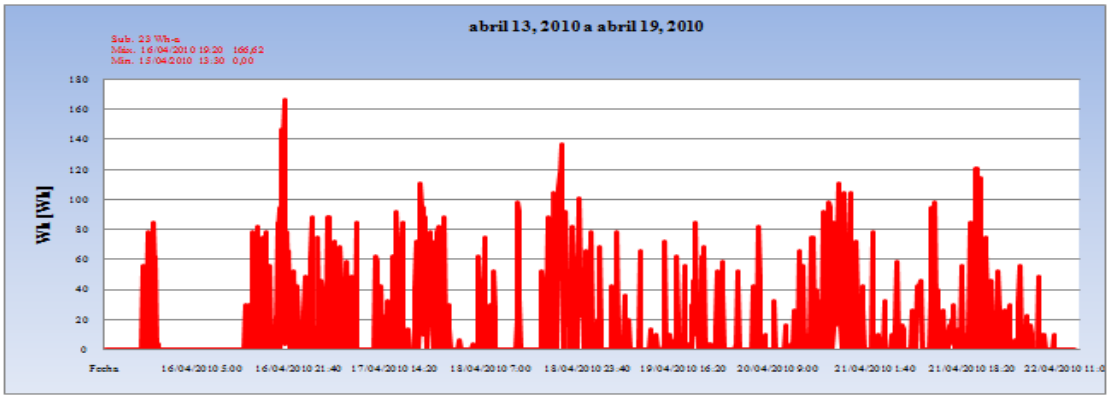

Figura 160. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, presenta un consumo máximo de $Wh = 75.14\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 19:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 13:30, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 1.08\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 1.10\ [KWh]$.

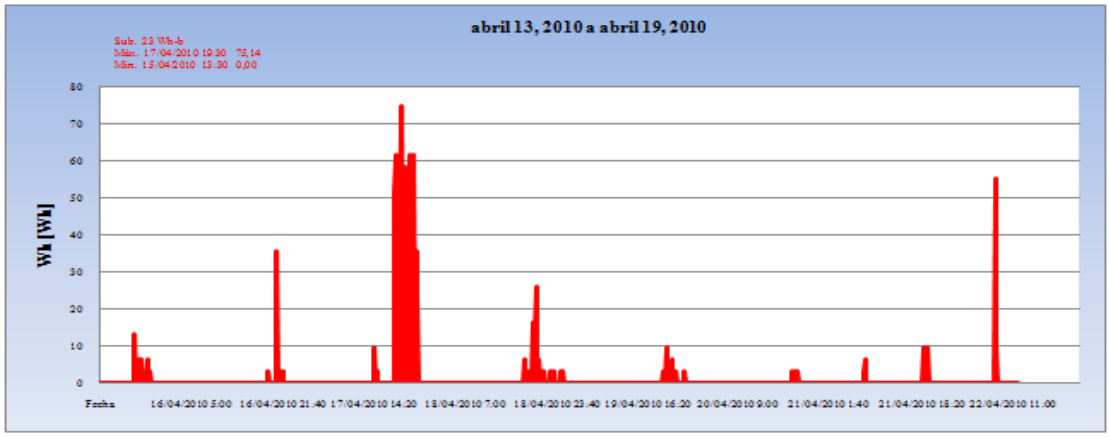

Figura 161. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo promedio de energía de la fase A es mayor que la fase B, y en momentos no tiene consumo de energía la fase y la fase B esto se debe a que la fase a tiene una cantidad de cargas mayores y la fase B tiene una cantidad menor de cargas y posee mucho más tiempo de menos consumo por esta razón los consumos promedios son bajos, el valor máximo de la fase A se presenta el día viernes 16 de Abril del 2010 a las 19:20 y la fase B se presenta el día sábado 17 de Abril de 2010 a las 19:30.

3.2.1.4.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación, se va a determinar el factor de potencia de las dos fases de este transformador, en la gráfica se puede observar que el factor de potencia varia constantemente entre $Fp = 0.33$ y $Fp = 1$ pero en algunas ocasiones hay valores de $Fp = 0.00$ esto se debe a que no hay consumo de energía como ya se ha mencionado antes.

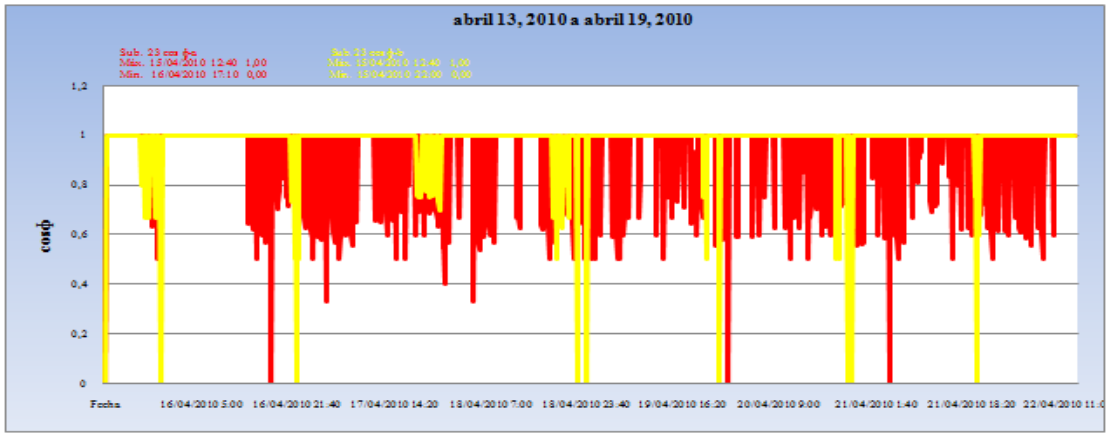

Figura 162. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 18 de Abril de 2010 a las 14:40 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.33$ el día 17 Abril de 2010 a las 02:40, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.90$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, en esta fase presentan valores de $Fp = 0.00$ debido a que no hay consumo de potencia cumpliendo con el límite establecido.

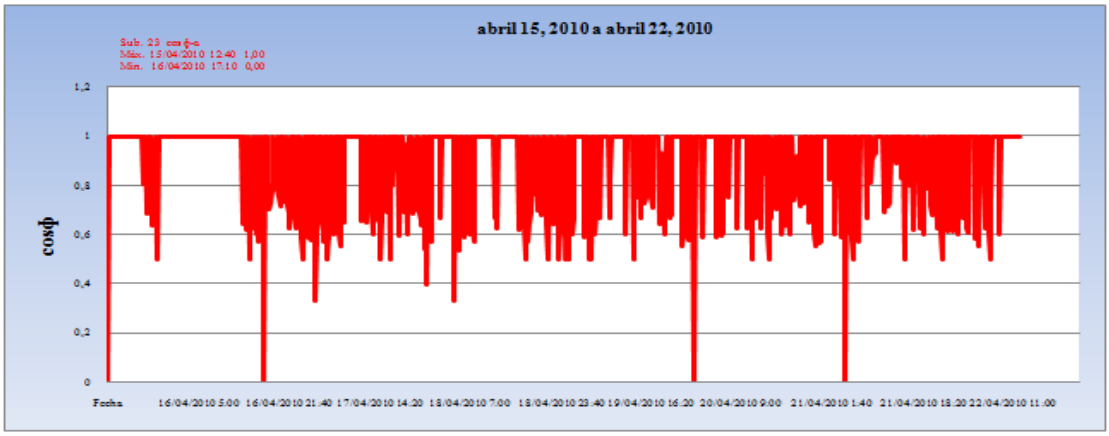

Figura 163. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 0.1$ el día 15 de Abril de 2010 a las 12:30 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.50$ el día 16 de Abril de 2010 a las 21:10, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.99$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, al igual que la fase A, aquí también se presentan valores de $Fp = 0.00$ y se encuentre dentro del límite establecido.

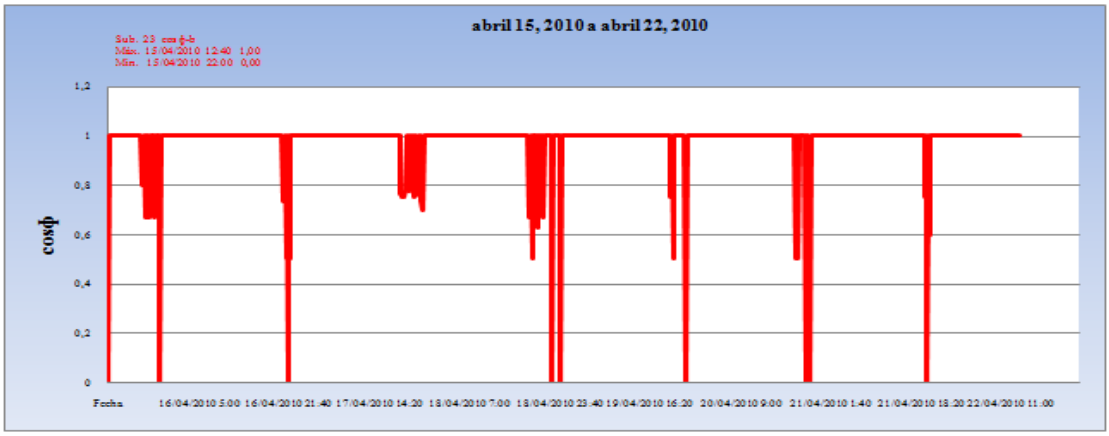

Figura 164. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Hasta ahora el transformador esta dentro del límite de factor de potencia debido a su baja cantidad de cargas conectadas.

3.2.1.5. Transformador 10356.

Este transformador es de tipo monofásico de 15 KVA, con una potencia aparente de consumo de 4,99 KVA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en el sector el Rosario que es una zona rural del cantón de Limón. Las mediciones se realizó con un equipo Fluke 1744, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 10:10 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 10:00, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.1.5.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A no tiene muestras mayores al límite lo que presenta un porcentaje muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 100%) y en la fase B existen tres muestras mayores al límite (1 p.u. 0.30%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.70%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

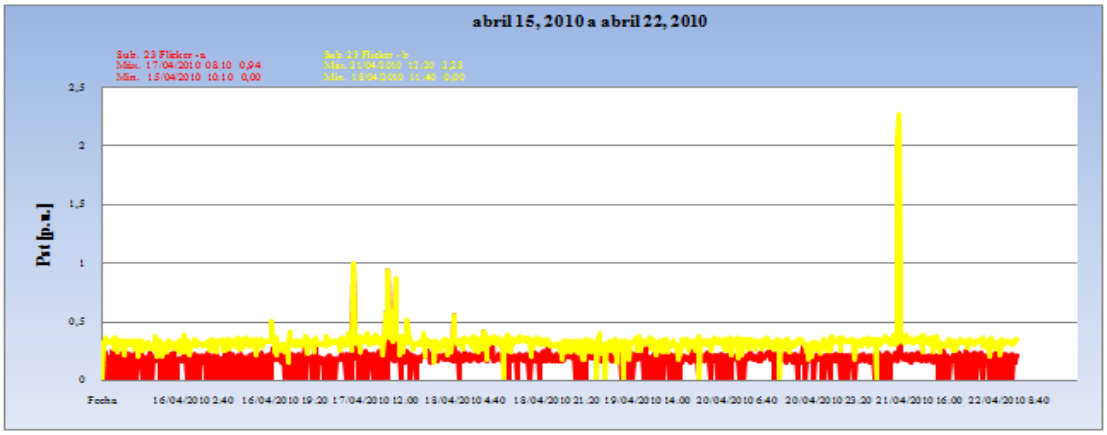

Figura 165. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar la fase A, en donde no existen muestras que superen los límites, sin embargo, se observa que el valor de P_{st} máximo se presenta el día 17 de Abril de 2010 a las

08:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}94$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 10:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, con un promedio de $P_{st} = 0{,}17\ [p.u.]$.

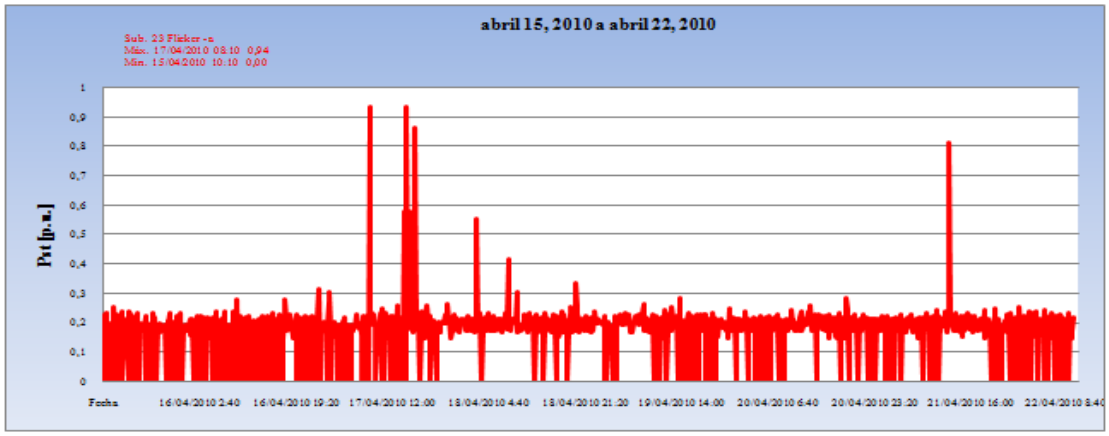

Figura 166. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, la cual se puede distinguir que tiene 3 muestras que superan el límite, en la gráfica se observa que los valores de P_{st} máximos se presentan los día 17 de Abril a las 08:10, con un valor de $P_{st} = 1{,}005$, la segunda se presenta el día 21 de Abril a las 12:10, con un valor de $P_{st} = 2{,}053$ y finalmente el día 21 de Abril a las 12:20 se presenta la tercera muestra y valor máximo fuera del límite con un valor de $P_{st} = 2{,}28$ y el valor mínimo se presenta el día 18 de Abril del 2010 a las 11:40, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}33\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

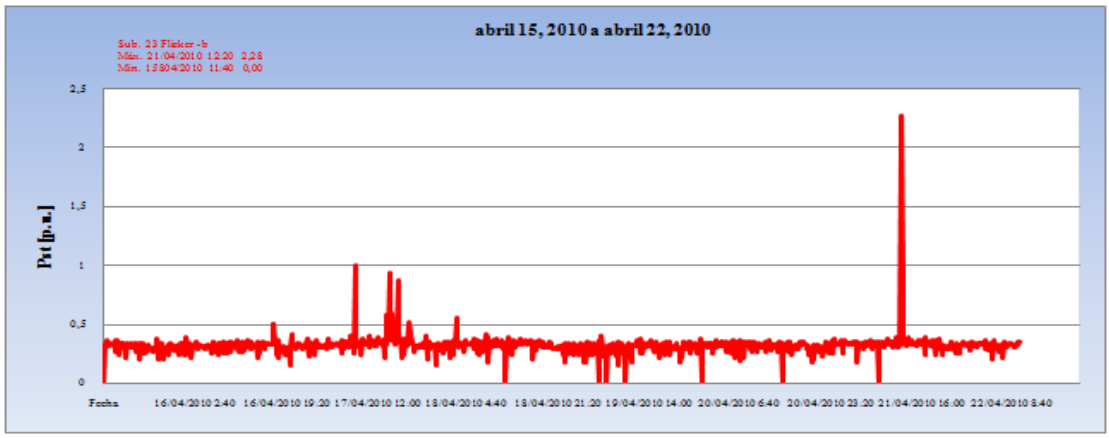

Figura 167. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers máximos de la fase A de este transformador no sobrepasan la norma establecida, a pesar de ello el valor máximo el día sábado 17 de Abril a las 08:10, en cambio la fase B presentó tres muestras fuera del límite, la primera el día sábado 17 de Abril a las 08:10 y las otras dos el día miércoles 21 de Abril a las 12:10 y 12:20.

3.2.1.5.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.80$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 20:10 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.61$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 09:30.

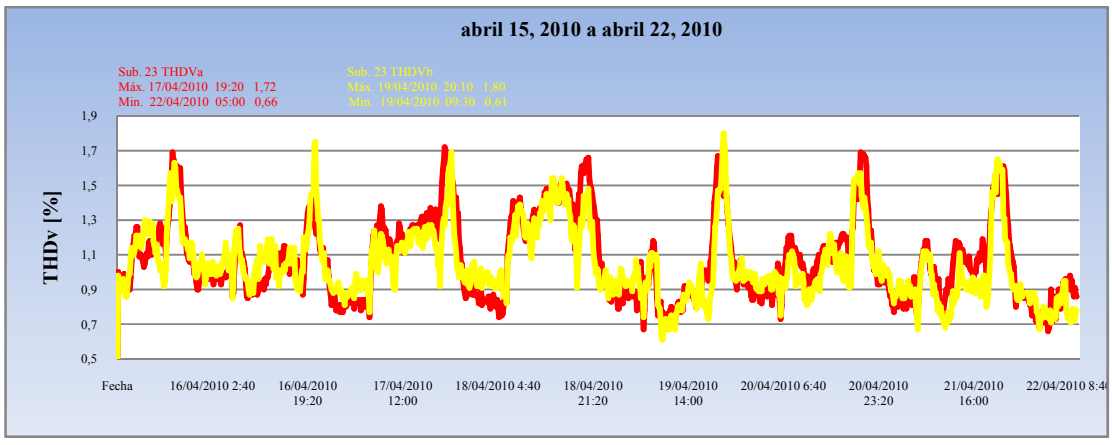

Figura 168. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 17 de Abril del 2010 a las 19:20 con un valor de

$THD_V = 1.72$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 05:00 con un valor de $THD_V = 0.66$ llegando a ser el valor mínimo.

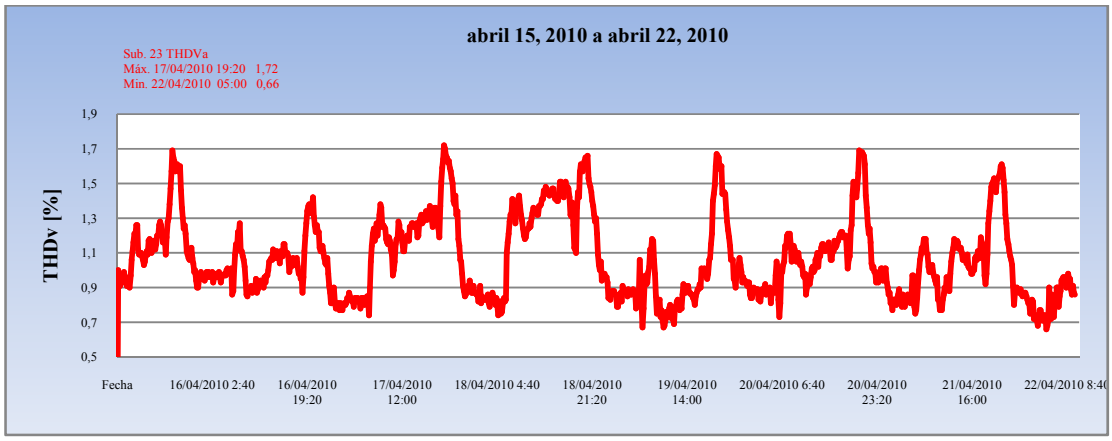

Figura 169. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 20:10 con un valor de $THD_V = 1.80$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 09:30 con un valor de $THD_V = 0.61$ llegando a ser el valor mínimo.

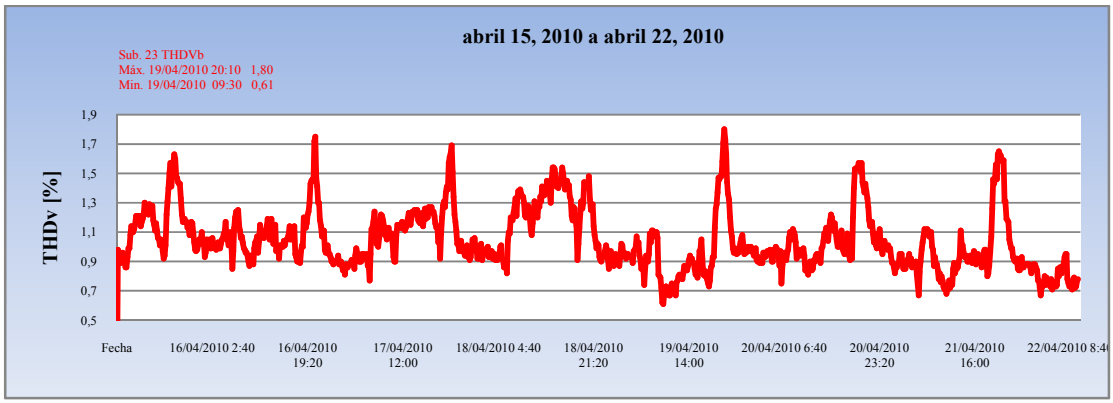

Figura 170. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.1.5.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10356 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 17.01 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 82.99 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ es 24.50 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 77.50 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ es 9.52 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 90.48 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida, pero la fase A debe estar en consideración para un mejoramiento o corrección de sus armónicas de corriente. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 12.31$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 51.3$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 11:50 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 09:50.

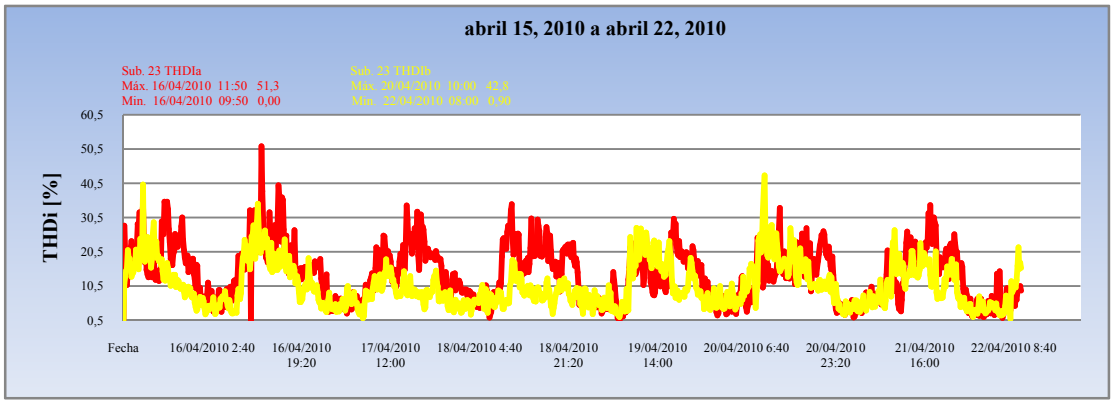

Figura 171. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existen 247 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 24.50%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 75.50%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 16 de Abril del 2010 a las 11:50 con

un valor de $THD_I = 51.30$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 09:50 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 14.05$.

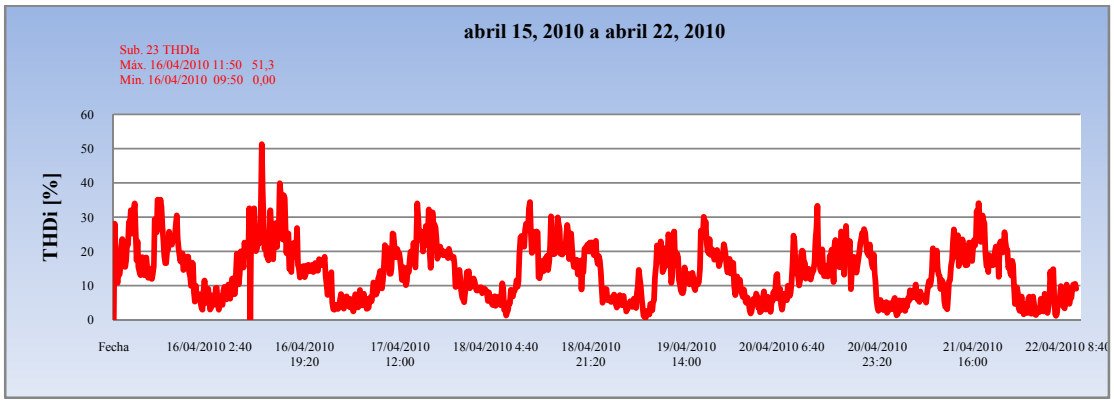

Figura 172. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 96 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 9.52%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 90.48%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 10:00 con un valor de $THD_I = 42.8$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 08:00 con un valor de $THD_I = 0.90$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 10.56$.

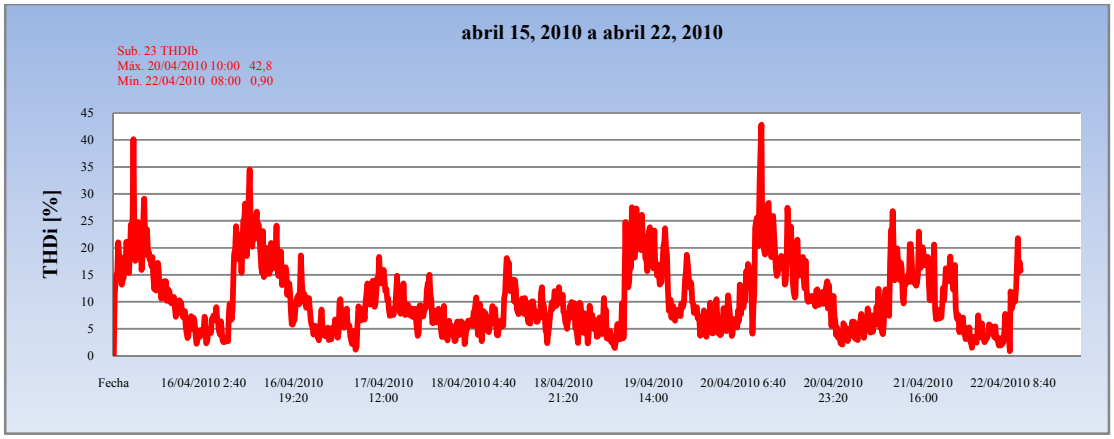

Figura 173. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase B [%].

En conclusión la distorsión armónica de corriente para la fase A no cumple con los límites establecidos, en cambio la fase B si cumple con los límites establecidos, debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase a pesar que en este transformador las cargas están en equilibrio la fase A posee más carga no lineal que la fase B quedando este transformador con problemas y con un incorrecto funcionamiento el una fase, a pesar que en las armónicas de corriente totales si cumple con el límite establecido se recomienda hacer un cambio o mejorar este problema.

3.2.1.5.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

Ahora se va a determinar el consumo de energía de las dos fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 10:10 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 10:00, con un tiempo total de 168 horas, en donde se puede observa que el consumo de energía es similar.

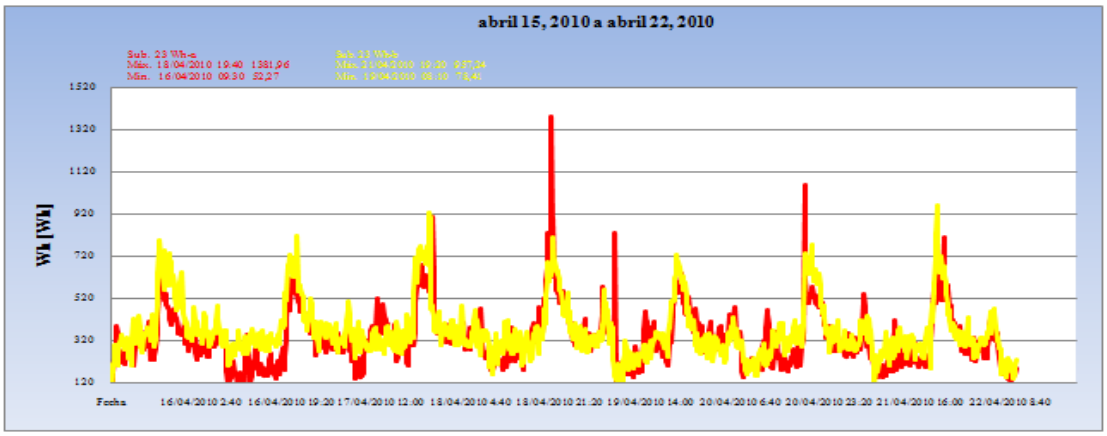

Figura 174. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1381.96\ [Wh]$ el día 18 de Abril de 2010 a las 19:40 y un consumo mínimo de $Wh = 52.27\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 09:30, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 328.96\ [Wh]$de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 331.60\ [KWh]$.

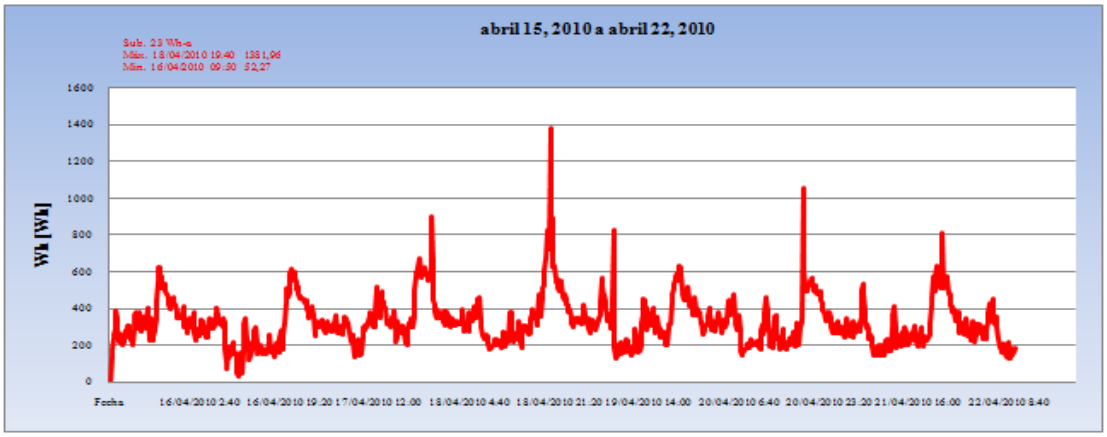

Figura 175. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 957.24\ [Wh]$ el día 21 de Abril de 2010 a las 19:20 y un consumo mínimo de $Wh = 78.41\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 08:10, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 364.98\ [Wh]$de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 367.90\ [KWh]$.

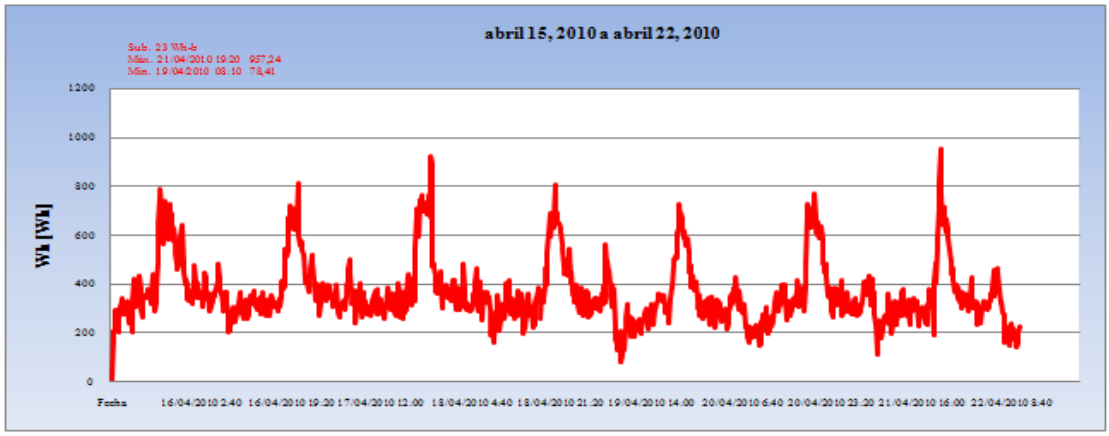

Figura 176. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo promedio de energía de la fase B es mayor que la fase A, como se puede observar en la gráfica, esto pasa por la misma razón de la presencia de armónicas de corriente en la fase A, el valor máximo de la fase A se presenta el día

domingo 18 de Abril del 2010 a las 19:40 y la fase B se presenta el día miércoles 21 de Abril de 2010 a las 19:20.

3.2.1.5.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las dos fases de este transformador, en la gráfica se observa que el factor de potencia varia constantemente entre $Fp = 0.64$ y $Fp = 0.99$ este transformador está por debajo del límite permitido en casi todo el día tan sólo en horas de la noche el factor de potencia esta dentro de los límites debido a conexión de cargas capacitivas.

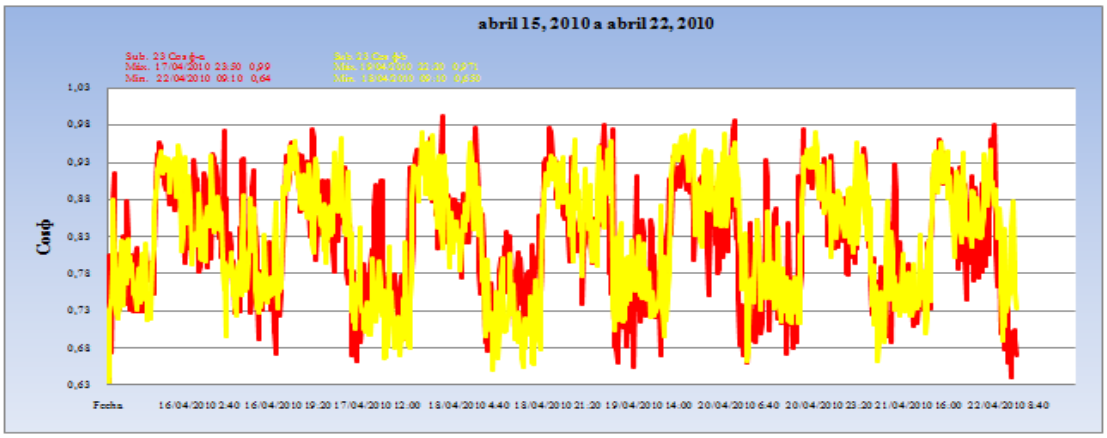

Figura 177. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 0.99$ el día 17 de Abril de 2010 a las 23:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.64$ el día 22 Abril de 2010 a las 09:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.82$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

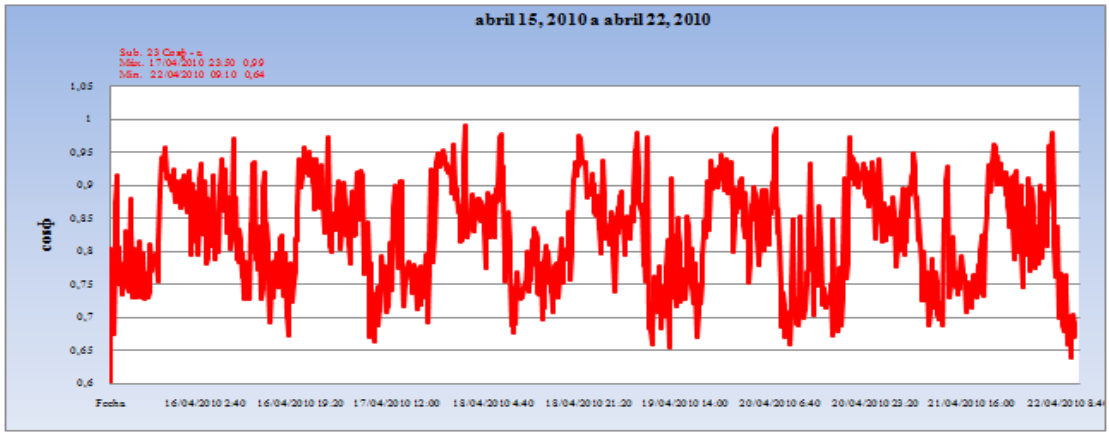

Figura 178. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 0.97$ el día 19 de Abril de 2010 a las 22:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.65$ el día 18 de Abril de 2010 a las 09:10, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.82$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

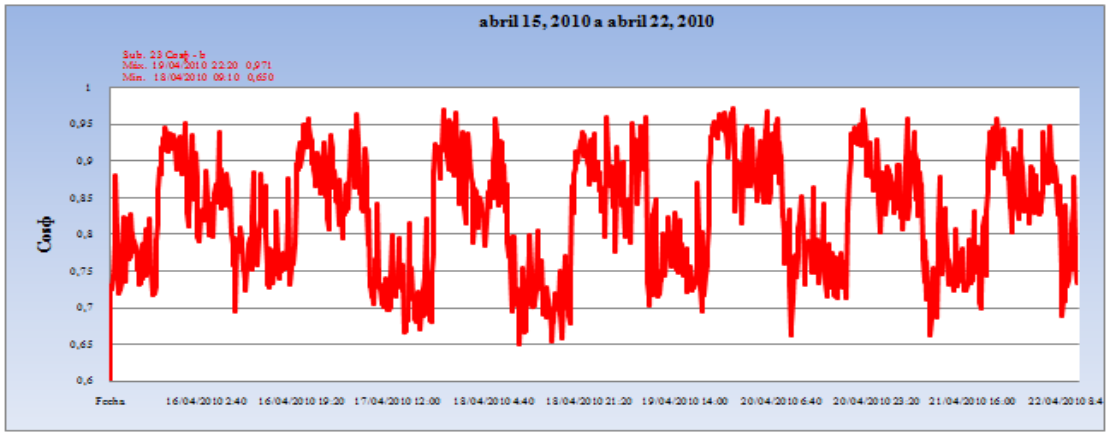

Figura 179. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Además este transformador está por debajo del límite establecido debiendo ser mejorada ya que presenta una amenaza a las cargas conectadas debido al bajo factor de potencia se debe acotar que este transformador está en una zona rural.

3.2.1.6. Transformador 11548.

Este transformador es de tipo monofásico de 15 KVA, con una potencia aparente de consumo de 11,68 KVA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en el sector Yungantza que es una zona rural del cantón de Limón. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 1744, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 09:00 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 08:50, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

3.2.1.6.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A tiene 7 muestras mayores al límite lo que presenta un porcentaje muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.69%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.31%) y en la fase B existen 26 muestras mayores al límite (1 p.u. 2.58%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 97.42%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

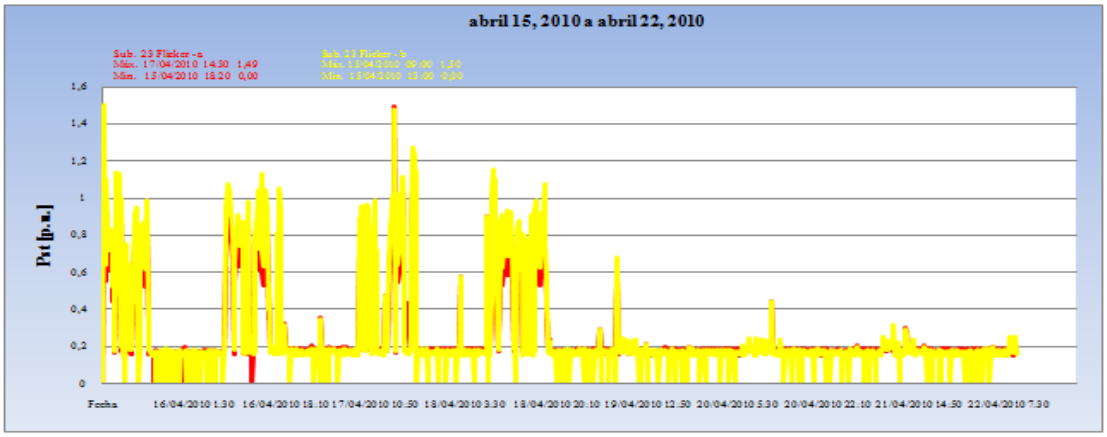

Figura 180. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, existen 7 muestras que superen los límites establecidos, el máximo valor se presenta el día 15 de Abril a las 09:00 con un valor $P_{st} = 1{,}286$, y el

valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 18:20, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}27\ [p.u.]$.

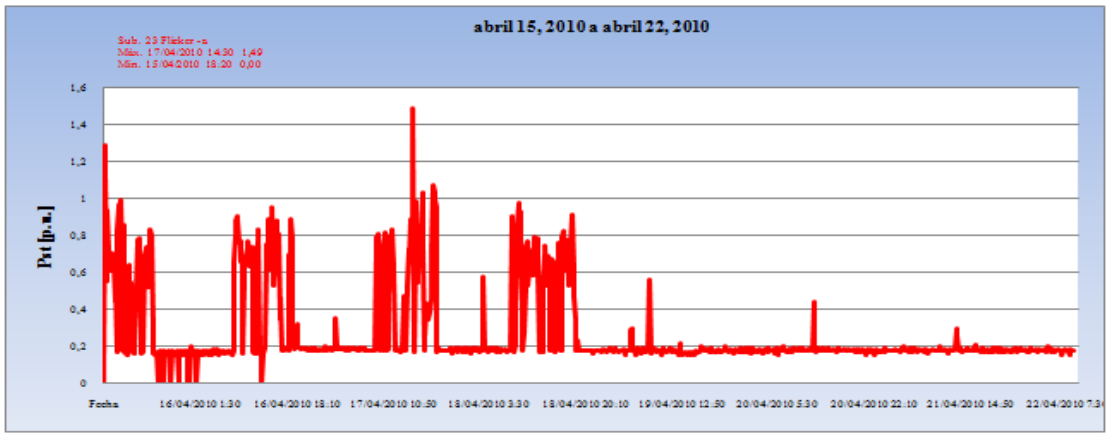

Figura 181. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, la cual se puede distinguir que tiene 26 muestras que superan el límite, el valor máximo se presenta el día 15 de Abril, a las 09:00 con un valor $P_{st} = 1{,}504$, y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 13:00, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}27\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

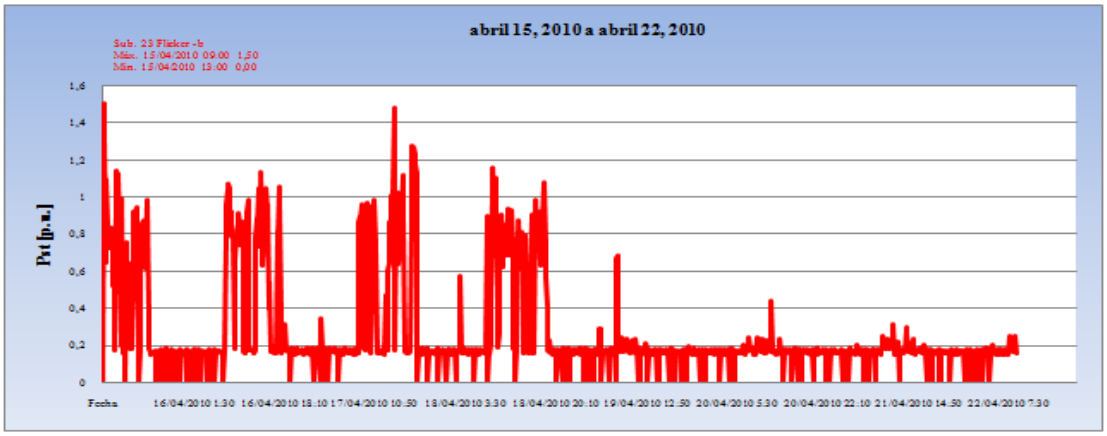

Figura 182. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers máximos de la fase A de este transformador sobrepasa el límite los días jueves 15 en horas de la mañana y sábado 17 de Abril en horas de la tarde, en cambio la fase B presentó muestras fuera del límite los días jueves 15 de Abril en horas de la mañana, el día viernes 16 también en horas de la mañana y tarde, el día sábado 17 de Abril tambien en horas de la tarde y finalmente el día domingo 18 en horas de la mañana .

3.2.1.6.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.65$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 13:10 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.48$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 02:40.

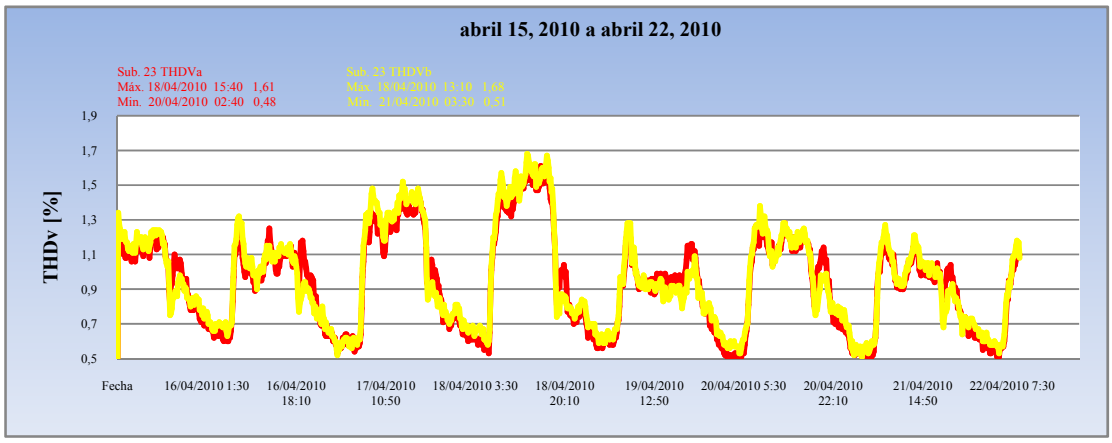

Figura 183. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y

mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 15:40 con un valor de $THD_V = 1.61$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 02:40 con un valor de $THD_V = 0.48$ llegando a ser el valor mínimo.

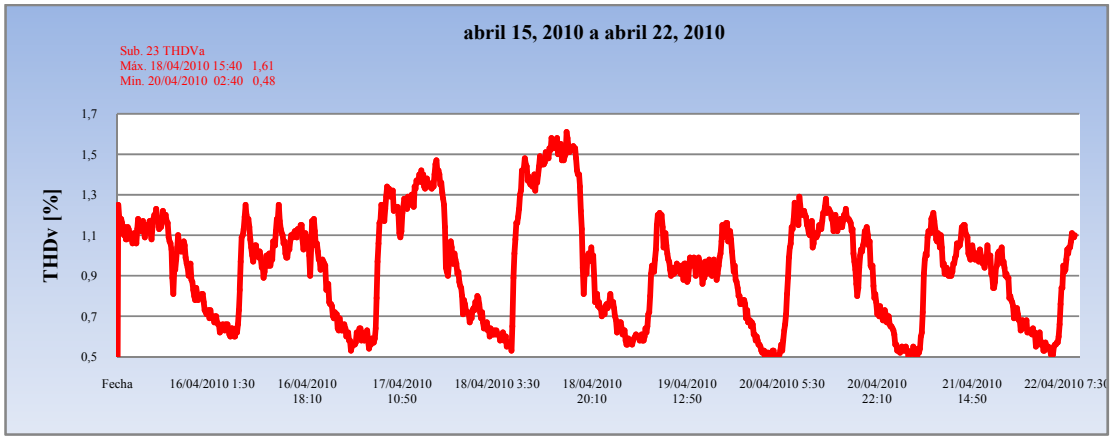

Figura 184. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 01:10 con un valor de $THD_V = 1.68$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 03:30 con un valor de $THD_V = 0.51$ llegando a ser el valor mínimo.

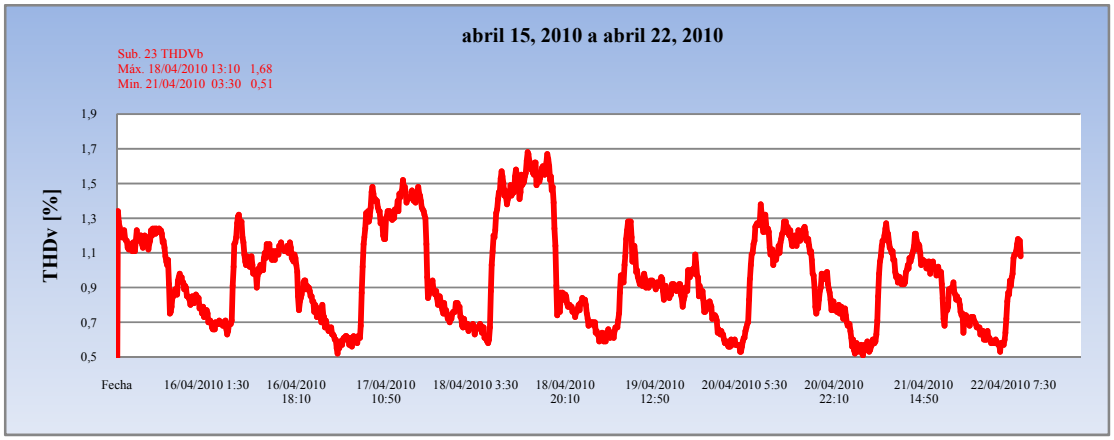

Figura 185. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión para este transformador monofásico están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.1.6.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 11548 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%\ es\ 8.33\ \%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%\ es\ 91.67\ \%$), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%\ es\ 11.40\ \%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%\ es\ 88.60\ \%$), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%\ es\ 5.25\ \%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%\ es\ 94.75\ \%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida, El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 11.56$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 46.9$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 01:10 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 2.09$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 07:10.

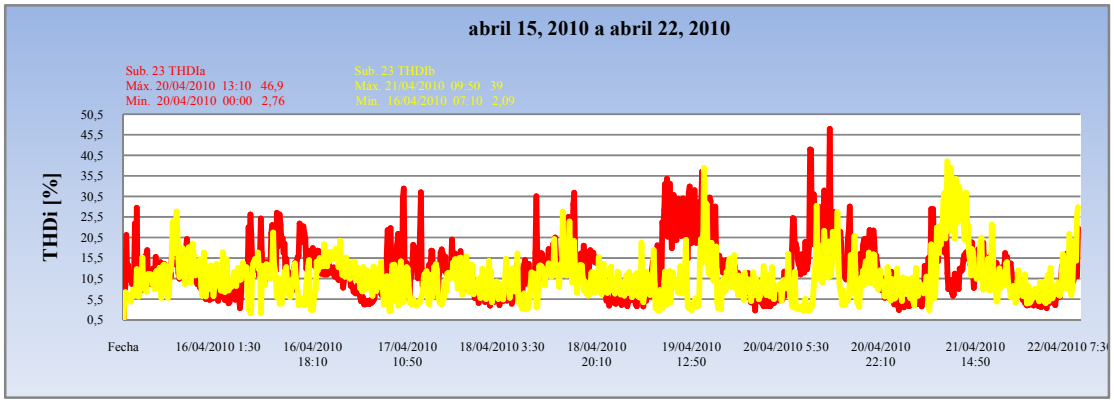

Figura 186. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existen 115 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%\ es\ 11.40\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de

($THD_I < 20\%$ *es* 88.60%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 13:10 con un valor de $THD_I = 46.90$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 00:00 con un valor de $THD_I = 2.76$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 12.60$.

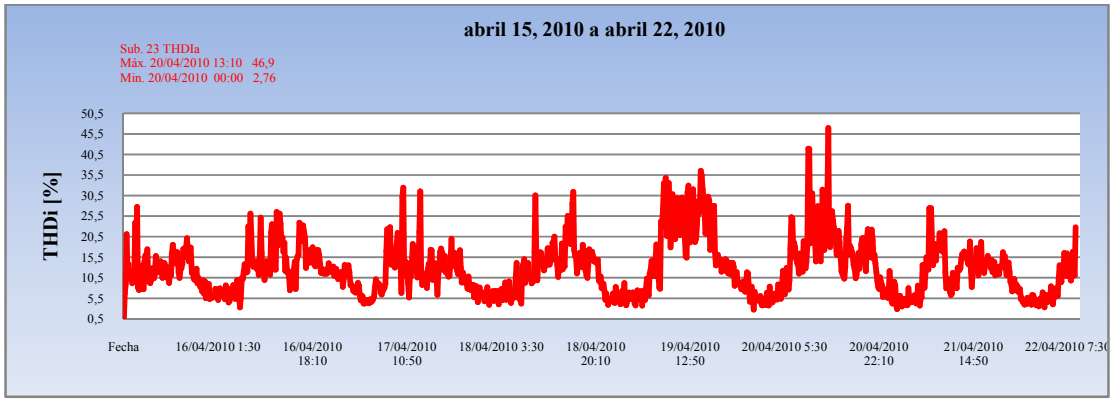

Figura 187. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 53 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 5.25%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 94.75%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 21 de Abril del 2010 a las 09:50 con un valor de $THD_I = 39.00$ llegando a ser el valor máximo y el día 16 de Abril del 2010 a las 07:10 con un valor de $THD_I = 2.09$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 10.52$.

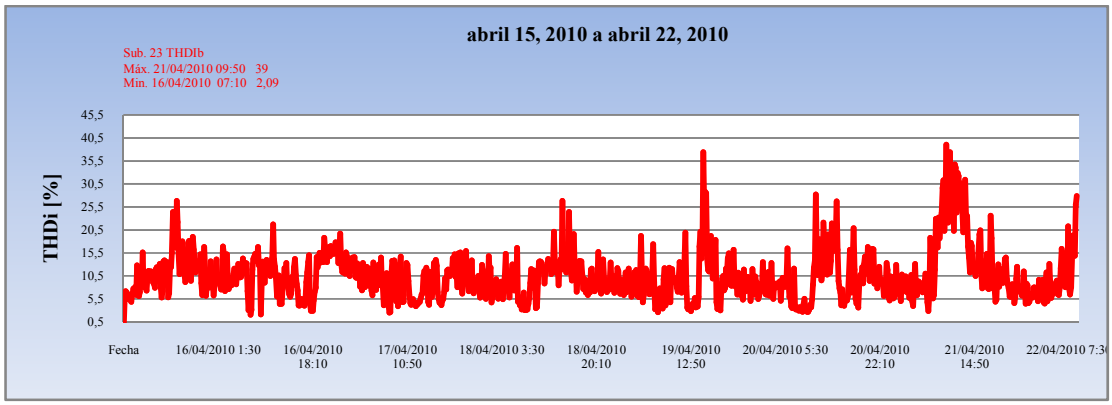

Figura 188. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de si cumple con los límites establecidos, la fase A tiene un porcentaje de armónicas de corriente debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase a pesar que en este transformador las cargas están en equilibrio la fase A posee más carga no lineal que la fase B quedando este transformador con armónicas de corriente para un futuro cercano, se podría mejorar este para no tener problemas ya que es más fácil y menos costoso reparar las armónicas de corriente que cambiar el transformador para tener un menor porcentaje de armónicas.

3.2.1.6.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

Ahora se va a determinar el consumo de energía de las dos fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 09:00 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 08:50, con un tiempo total de 168 horas de medición, donde se puede observa que el consumo de energía es mayor en la fase A que la fase B debido a su mayor índice de carga conectada.

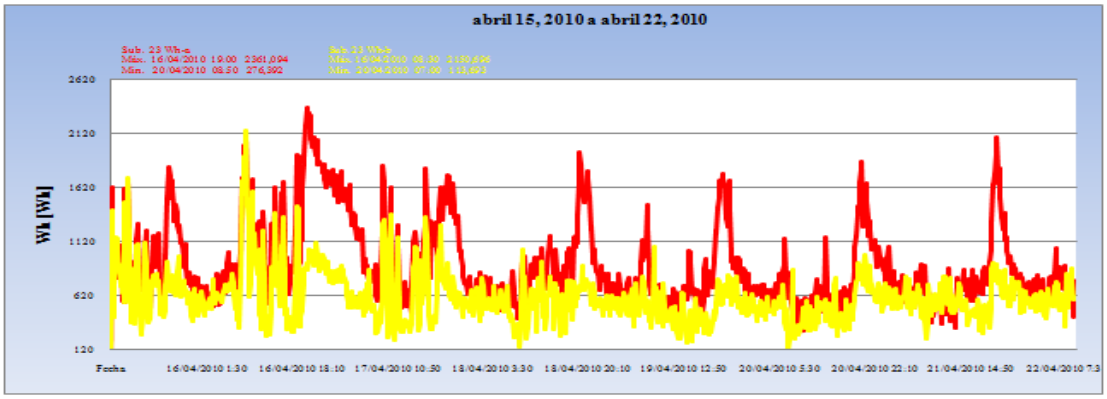

Figura 189. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 2361.09\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 19:00 y un consumo mínimo de $Wh = 276.39\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 08:50, con un consumo de energía

promedio de $Wh\ prom = 909.45\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 916.73\ [KWh]$.

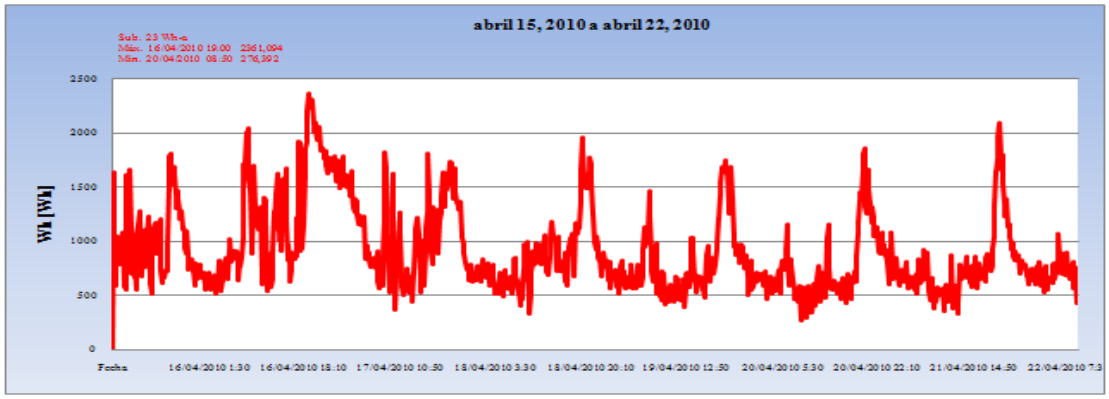

Figura 190. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 2150.69\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 08:30 y un consumo mínimo de $Wh = 113.69\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 07:00, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 608.92\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 613.80\ [KWh]$.

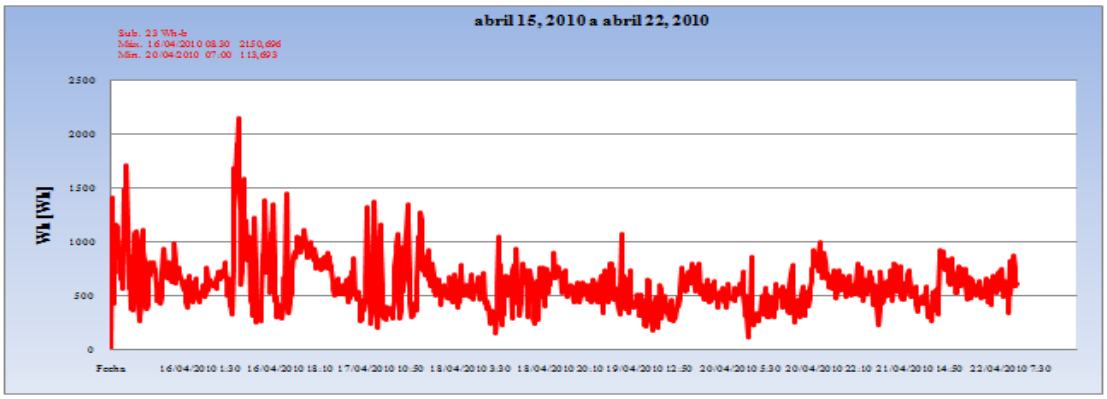

Figura 191. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo promedio de energía de la fase A es mayor que la fase B, como se puede observar en la gráfica, esto proviene de la cantidad de cargas no lineales

presentes, el valor máximo de las fases A y la fase B se presentan el día jueves 16 de Abril del 2010 a las 19:00 y 08:30 respectivamente.

3.2.1.6.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las dos fases de este transformador, en la gráfica se puede observar que el factor de potencia varía constantemente entre $Fp = 0.53$ y $Fp = 0.98$ y estando fuera del límite establecido.

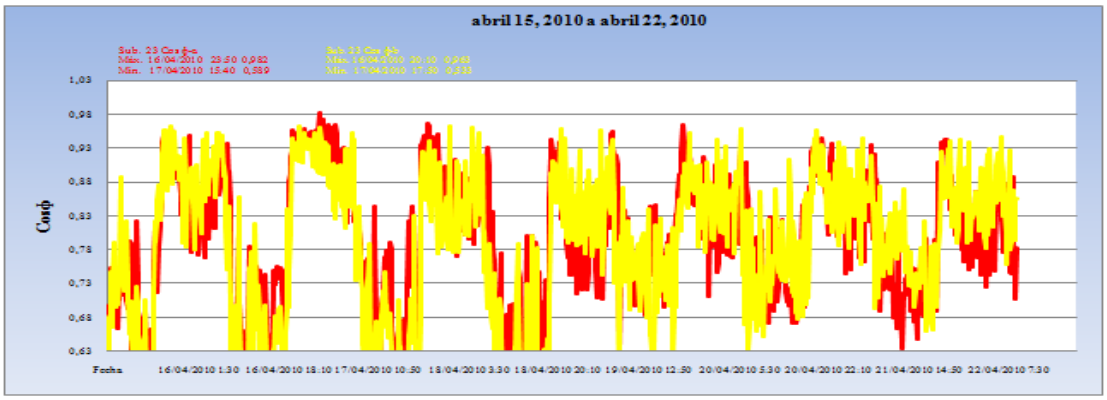

Figura 192. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A tiene un máximo de $Fp = 0.98$ el día 16 de Abril de 2010 a las 23:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.58$ el día 17 Abril de 2010 a las 15:40, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.79$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

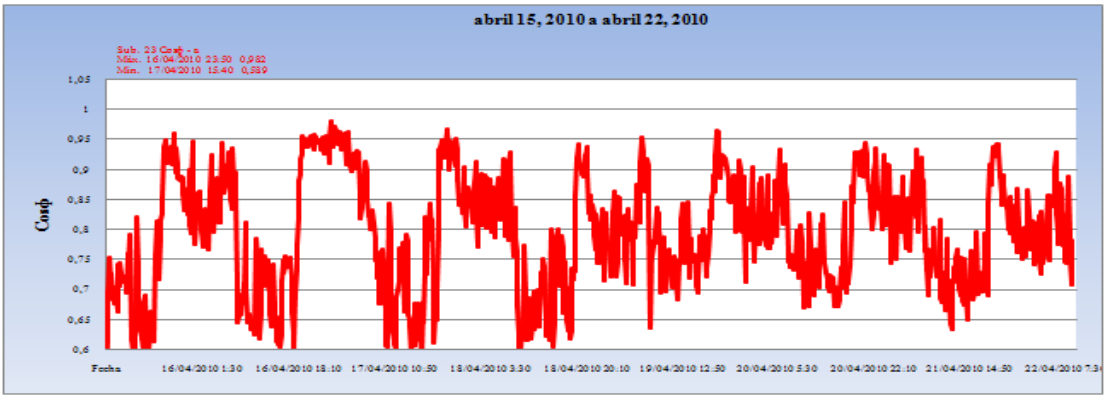

Figura 193. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 0.96$ el día 16 de Abril de 2010 a las 20:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.53$ el día 17 de Abril de 2010 a las 17:50, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.79$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

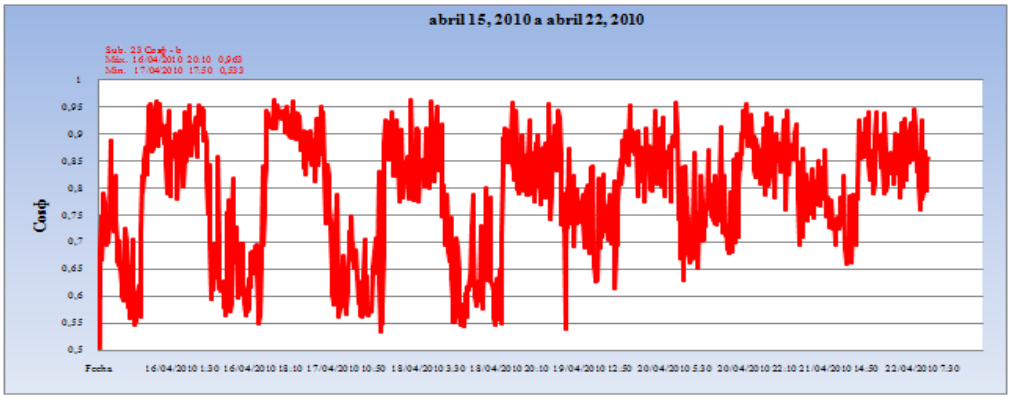

Figura 194. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Además este transformador está por debajo del límite establecido debiendo ser mejorada ya que presenta una amenaza a las cargas conectadas debido al bajo factor de potencia se debe acotar que este transformador está en una zona rural.

3.2.1.7. Transformador 10912.

Este transformador es de tipo monofásico de 25 KVA, con una potencia aparente de consumo de 12,23 KVA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en la parroquia general Leónidas Plaza ubicadas en las calles Simón Bolívar y Teniente Hugo Ortíz que es una zona urbana del cantón de Limón. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 1744, con 1008 muestras en total para cada fase, las medicines empiezan el día 15 de Abril de 2010 a las 14:30 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 14:20, con un total de 168 horas de medición.

3.2.1.7.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en las fases A y la fase B no tienen muestras fuera del límite lo que presenta un porcentaje muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 100%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

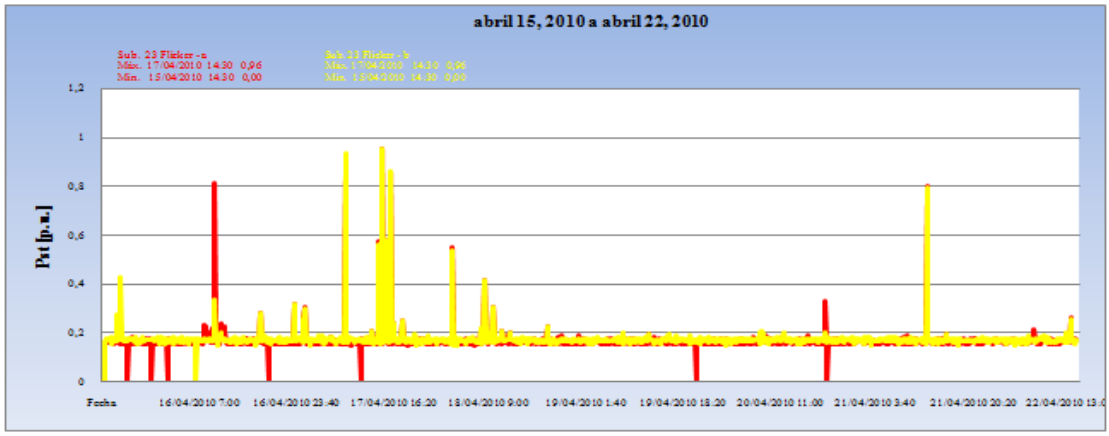

Figura 195. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, en donde no existen muestras que superen los límites establecidos, la muestra mayor se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30 con un valor $P_{st} = 0{,}97$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}17\ [p.u.]$.

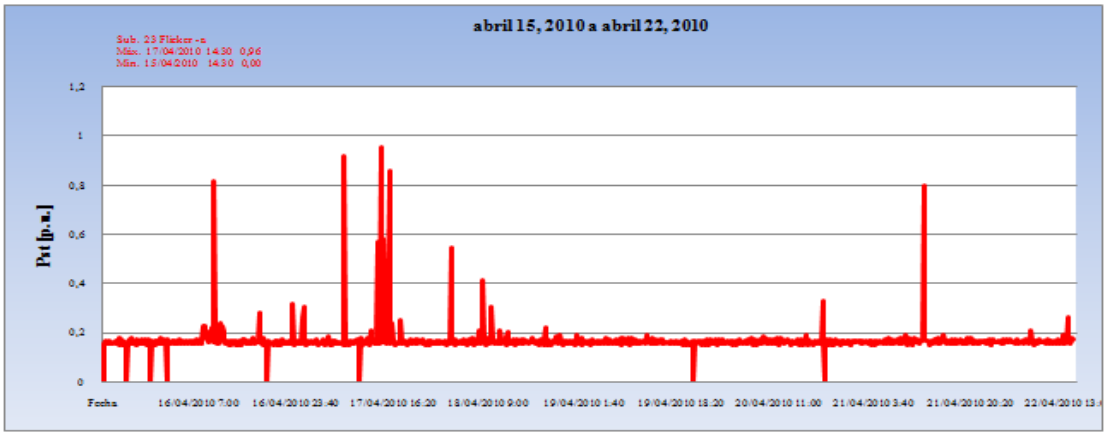

Figura 196. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, la cual no presenta muestras fuera del límite, el Flicker mayor fue el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30 con un valor $P_{st} = 0{,}96$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}18\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

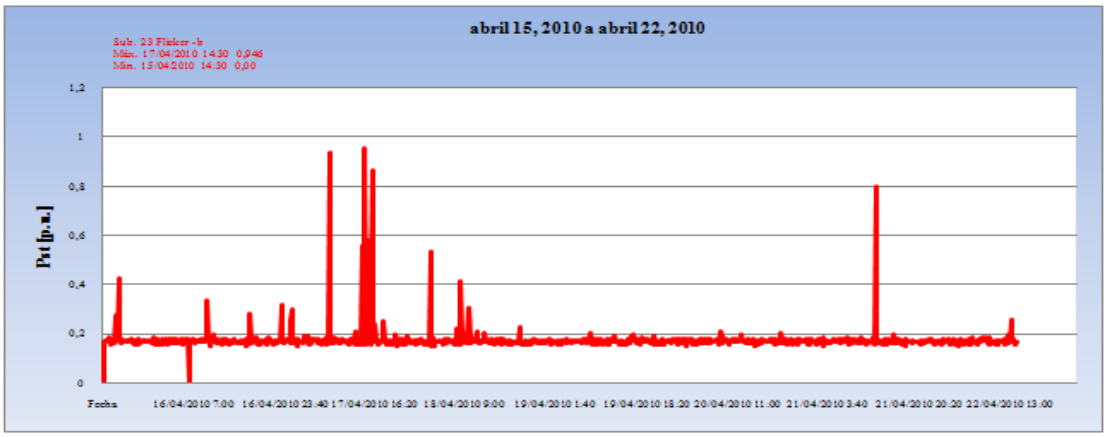

Figura 197. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers máximos de las fases A y la fase B no superan los límites establecidos por la norma, cabe destacar que este transformador poseee un índice de flickers casi lineales con una cierta cantidad de picos en algunas horas del día pero en una buena condición, cabe resaltar que los máximos se presentan el día sábado 17 de Abril a las 14:30.

3.2.1.7.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ \ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.00$ en

la fecha 19 de Abril del 2010 a las 19:30 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.58$ en la fecha 22 de Abril del 2010 a las 03:30.

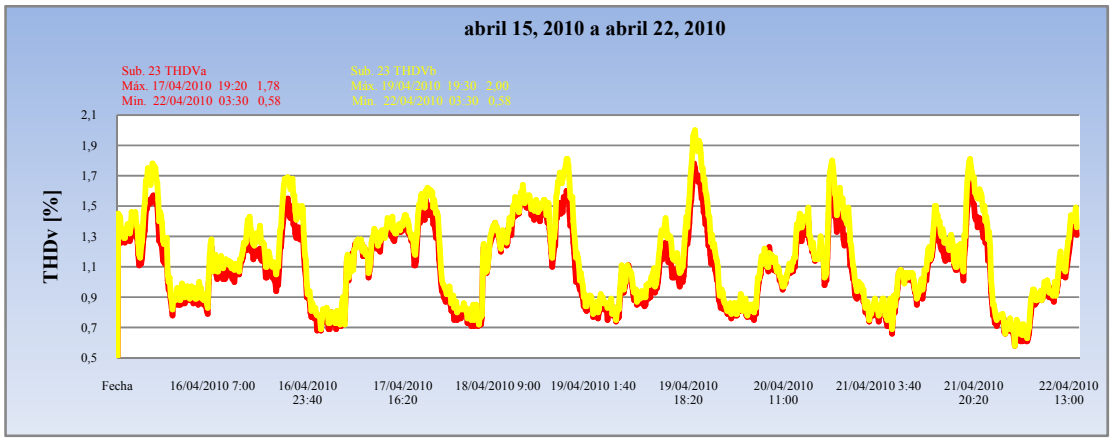

Figura 198. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 19:20 con un valor de $THD_V = 1.78$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 03:30 con un valor de $THD_V = 0.58$ llegando a ser el valor mínimo.

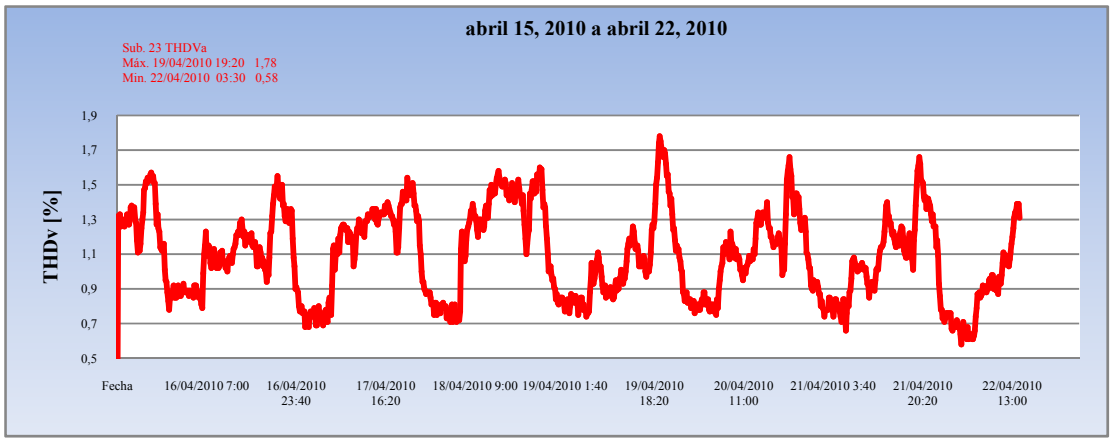

Figura 199. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 20:10 con un valor de $THD_V = 2.00$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 03:30 con un valor de $THD_V = 0.58$ llegando a ser el valor mínimo.

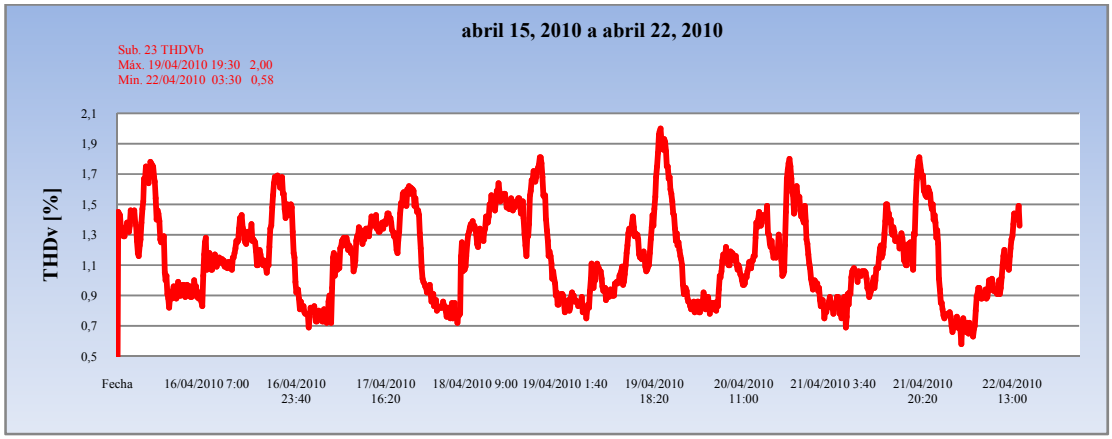

Figura 200. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.1.7.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10912 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 9.37 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 90.33 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 5.25 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 94.75 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 13.94 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 86.51 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida, pero la fase B debe estar en consideración para un mejoramiento o corrección de sus

armónicas de corriente. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 13.38$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 30.5$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 08:40 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 2.31$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 04:40.

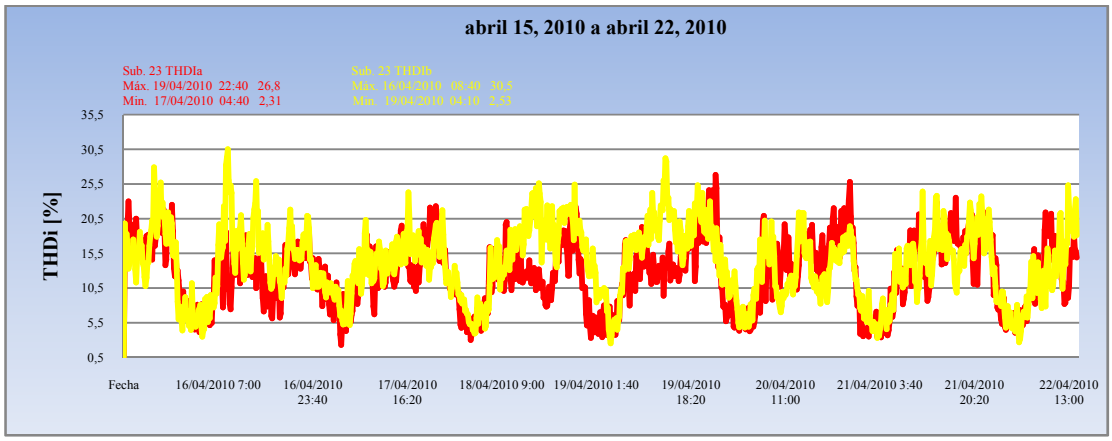

Figura 201. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existen 53 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 5.25%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 94.75%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 22:40 con un valor de $THD_I = 26.8$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 04:40 con un valor de $THD_I = 2.30$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 12.66$.

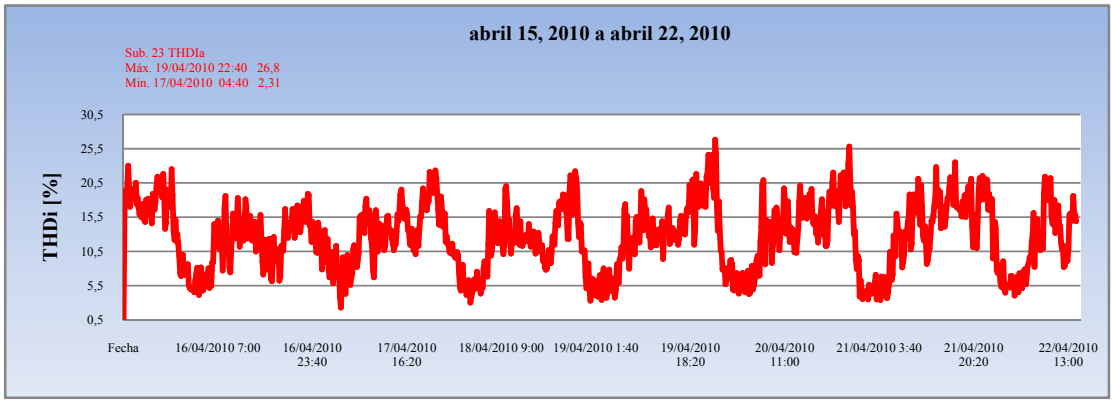

Figura 202. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 136 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 13.49%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 86.51%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 16 de Abril del 2010 a las 10:00 con un valor de $THD_I = 30.5$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 08:00 con un valor de $THD_I = 2.53$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 14.09$.

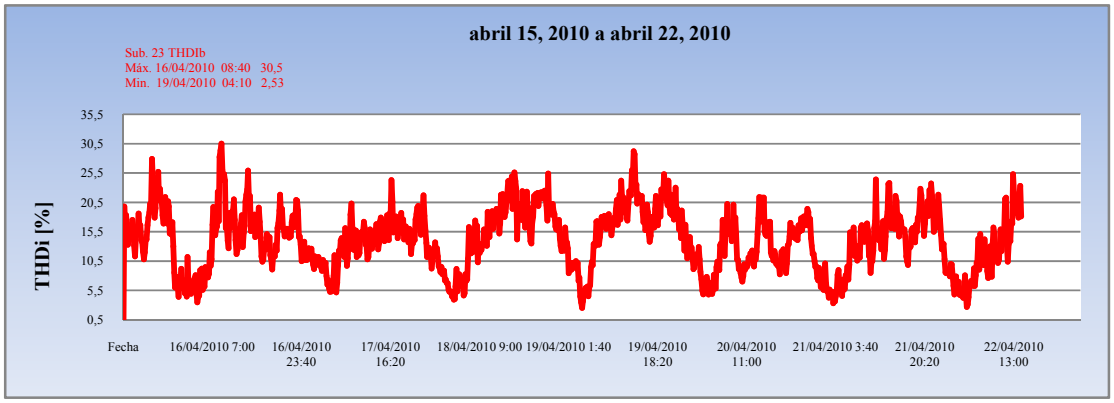

Figura 203. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

En conclusión la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, en cambio la fase B existe un alto índice de armónicas de corriente, debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase a pesar que en este transformador las cargas están en equilibrio, a pesar que en las armónicas de corriente totales si cumple con el límite establecido se recomienda hacer un cambio o mejorar este problema en la fase B.

3.2.1.7.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

Ahora se va a determinar el consumo de energía de las dos fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 14:30 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 14:20, con una cantidad de 1008 muestras y un tiempo total de 168 horas, en

donde se observa que el consumo de energía es mayor la fase B que el consumo de energía de la fase A.

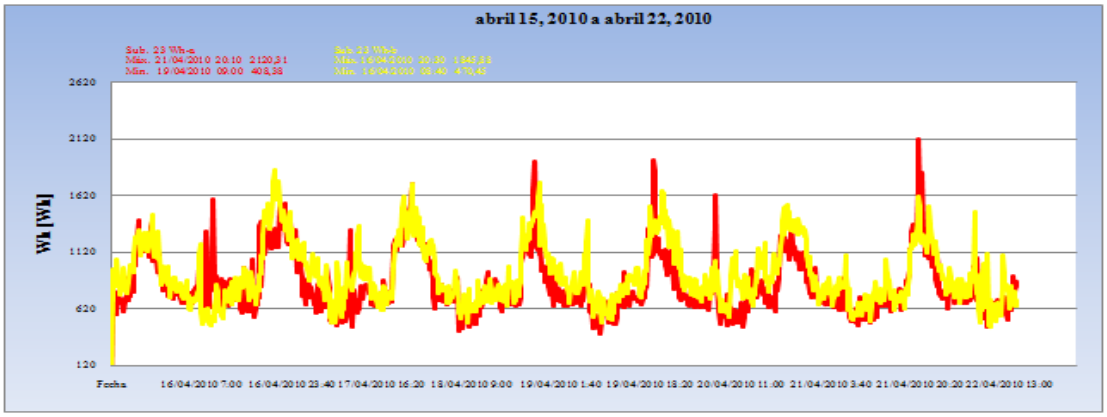

Figura 204. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 2120.31\ [Wh]$ el día 21 de Abril de 2010 a las 20:10 y un consumo mínimo de $Wh = 408.38[Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 09:00, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 830.77\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 837.42\ [KWh]$.

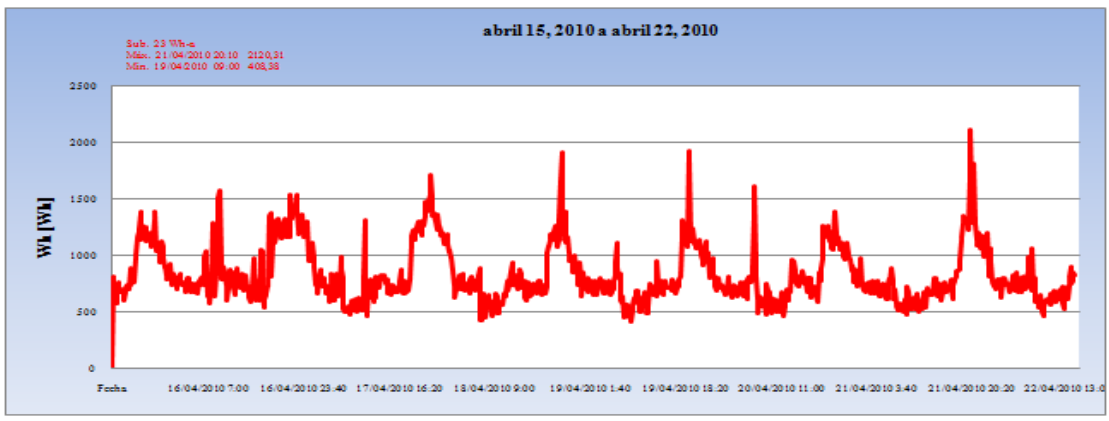

Figura 205. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1845.88\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 20:30 y un consumo mínimo de $Wh =$

470.45 $[Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 08:40, con un consumo de energía promedio de $Wh\,prom = 921.06\,[Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 928.43\,[KWh]$.

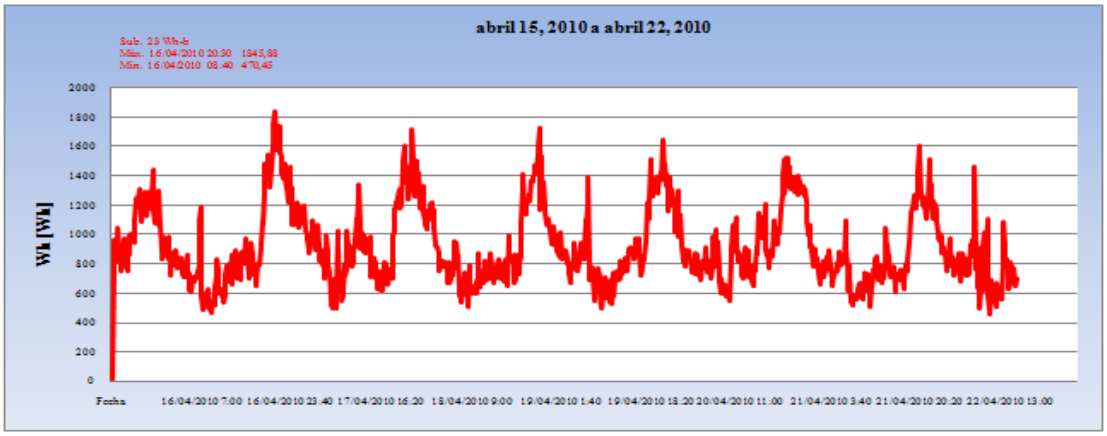

Figura 206. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo promedio de energía de la fase A es menor que la fase B, como se puede observar en la grafica, debido a la cantidad de cargas no lineales conectadas, el valor máximo de la fases A se presenta el día miércoles 21 de Abril a las 20:10 y la fase B se presenta el día jueves 16 de Abril del 2010 a las 20:30.

3.2.1.7.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación, se va a determinar el factor de potencia de las dos fases de este transformador, en la gráfica se observa que el factor de potencia varía constantemente entre $Fp = 0.68$ y $Fp = 0.98$.

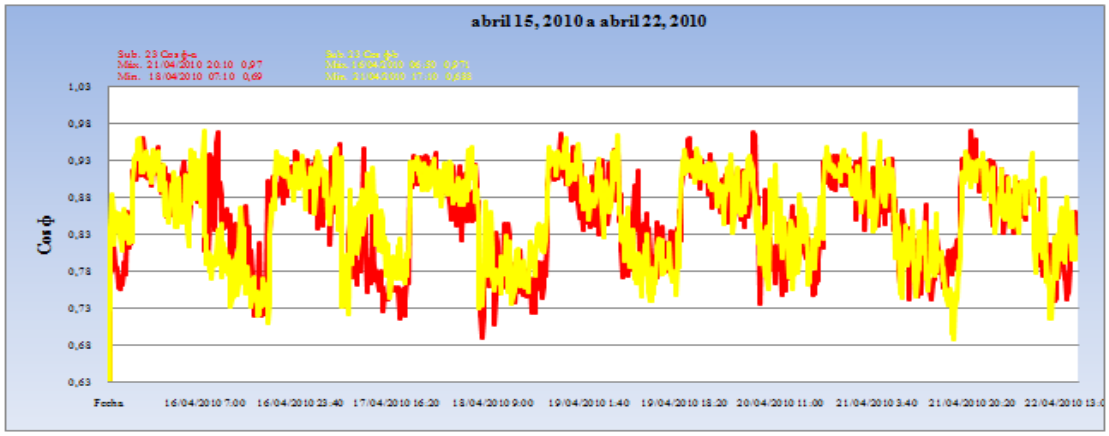

Figura 207. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 0.97$ el día 21 de Abril de 2010 a las 20:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.69$ el día 18 Abril de 2010 a las 07:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.85$ de las muestras tomadas durante los días de medición estando incumpliendo el límite establecido.

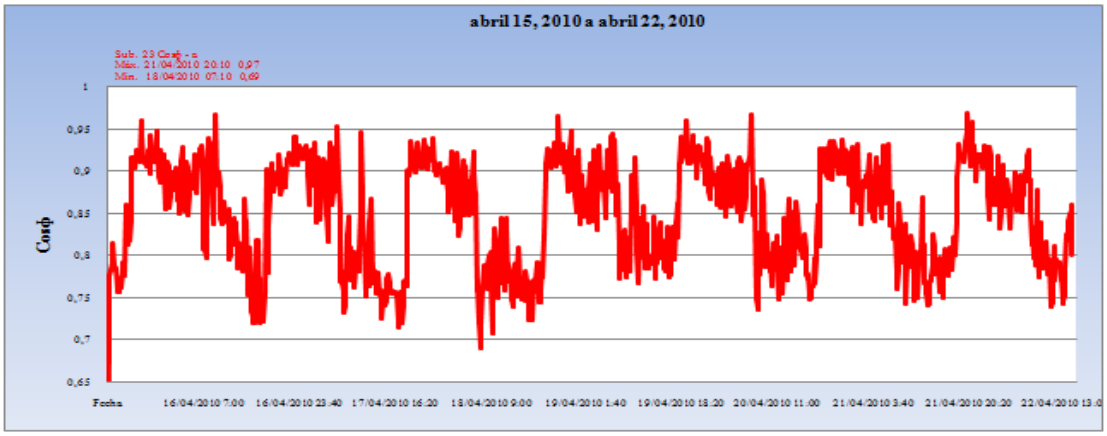

Figura 208. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 0.97$ el día 16 de Abril de 2010 a las 06:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.68$ el día 21 de Abril de 2010 a las 17:10, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.85$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

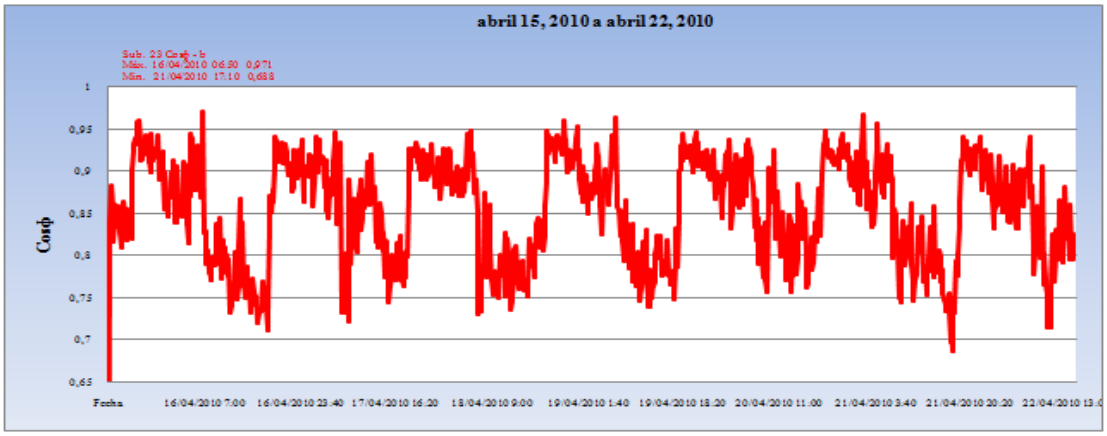

Figura 209. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Además este transformador está por debajo del límite establecido debiendo ser mejorada ya que presenta una amenaza a las cargas conectadas, la fase B es la que presenta la mayor de las cargas no lineales afectando las armónicas de corriente y como también el factor de potencia, se debe considerar este transformador para un mejoramiento en su factor de potencia para que no presente daños a equipos o a la empresa suministradora, se debe acotar que este transformador está en una zona urbana.

3.2.1.8. Transformador 10886.

Este transformador es de tipo monofásico de 15 KVA, con una potencia aparente de consumo de 5,98 KVA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en el centro del cantón Limón. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 1744, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 17:50 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 17:40, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.1.8.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

En la fase A no tiene ninguna muestra fuera del límite lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 100%), en cambio la fase B tiene 8 muestras que superan el

límite (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.79%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.21%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

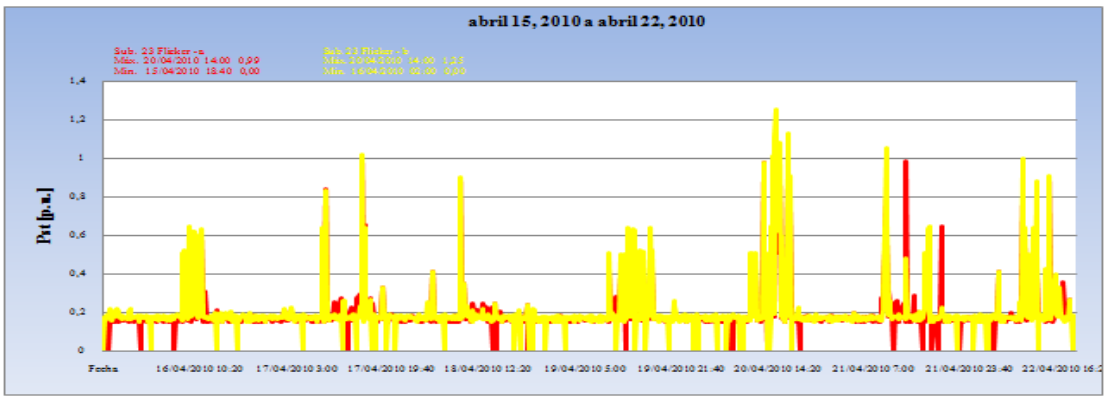

Figura 210. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, en donde no existen muestras que superen los límites establecidos, la muestra mayor se presenta el día 20 de Abril del 2010 a las 14:00 con un valor $P_{st} = 0{,}99$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 18:40, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}20$ $[p.u.]$.

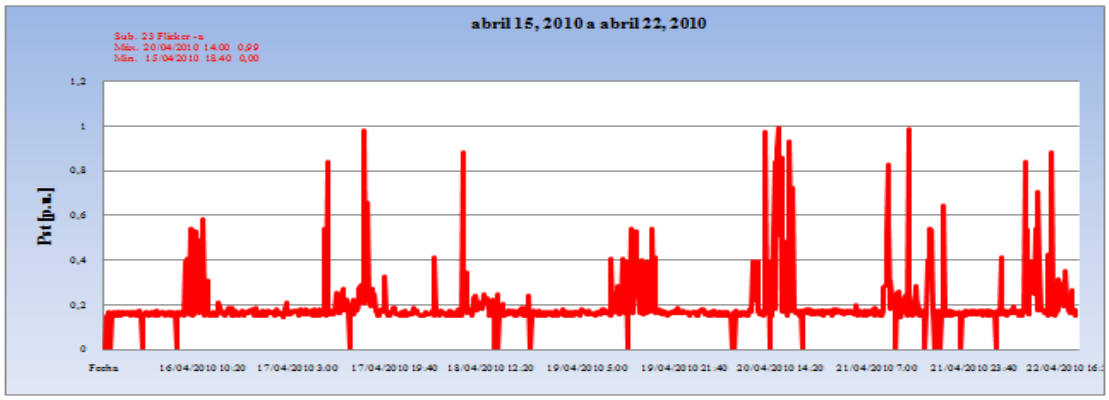

Figura 211. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, la cual presenta 8 muestras fuera del límite, con un valor máximo el día 20 de Abril del 2010 a las 13:30 con un valor $P_{st} = 1{,}131$ y el valor mínimo el día 16 de Abril del 2010 a las 02:00, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, con un promedio de $P_{st} = 0{,}18$ $[p.u.]$ de todas las mediciones.

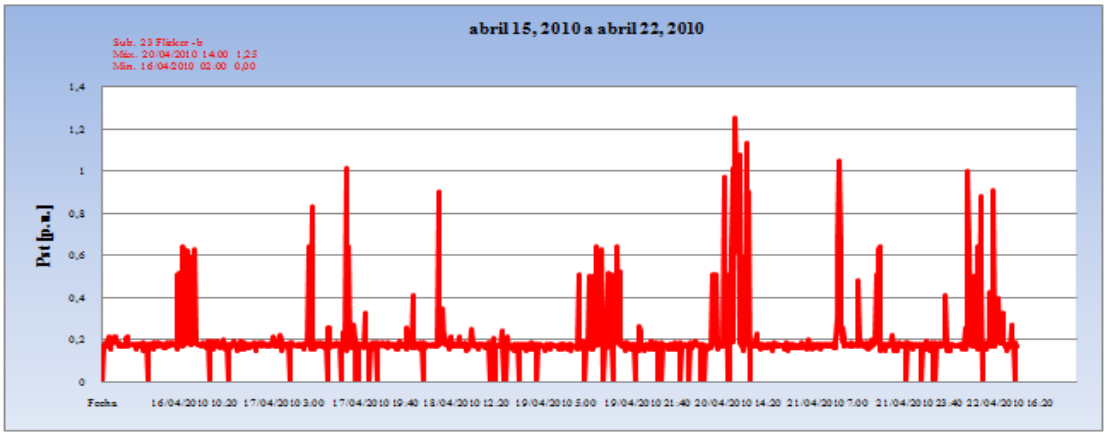

Figura 212. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, la curva de los flickers varían al mismo tiempo, pero la fase B supera el valor máximo a diferencia de la fase A que no lo hace, cabe resaltar que los máximos de las fases A y la fase B se presentan en horas de la tarde, especialmente el día martes 20 de Abril.

3.2.1.8.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.61$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 13:00 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.55$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 01:50.

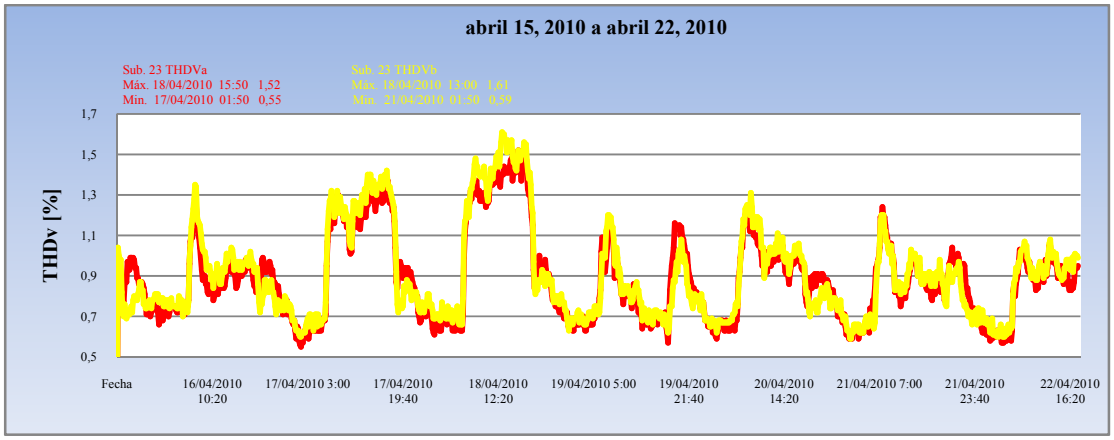

Figura 213. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 15:50 con un valor de $THD_V = 1.52$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 01:50 con un valor de $THD_V = 0.55$ llegando a ser el valor mínimo.

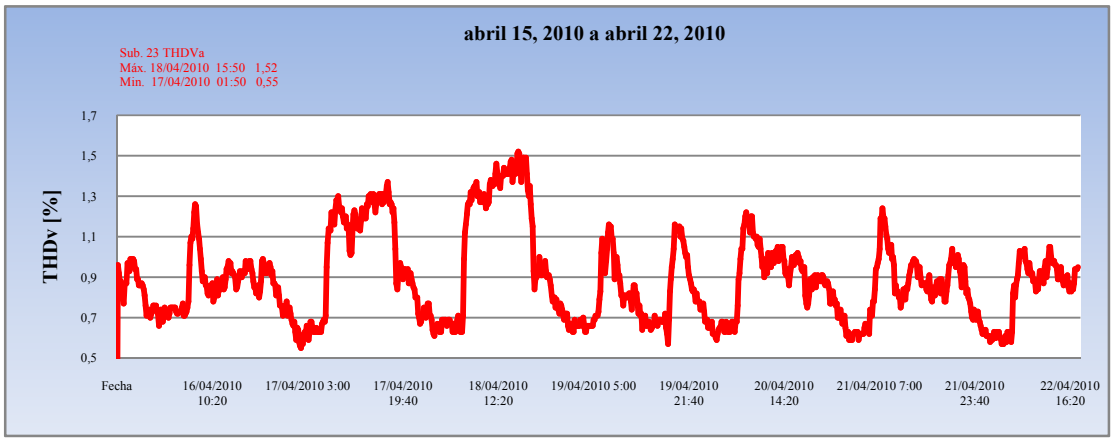

Figura 214. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:00 con un valor de

$THD_V = 1.61$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 01:50 con un valor de $THD_V = 0.59$ llegando a ser el valor mínimo.

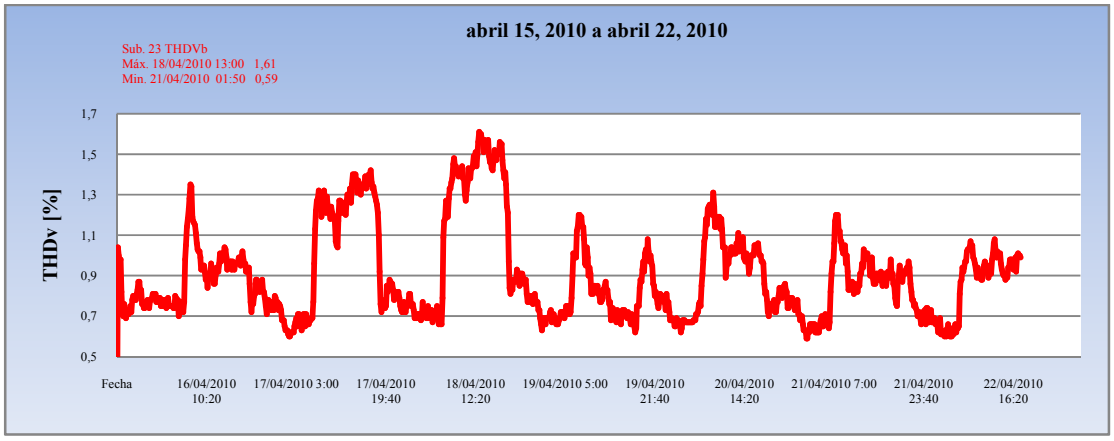

Figura 215. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.1.8.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10886 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 14.58 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 85.42 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 8.82 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 91.18 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 20.35 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 79.67 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida, pero la fase B debe estar en consideración para un mejoramiento o corrección de sus armónicas de corriente ya que esta no cumple con el límite establecido y estaría afectando a las cargas. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 12.31$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 51.3$ en la fecha 16 de Abril del

2010 a las 11:50 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 09:50.

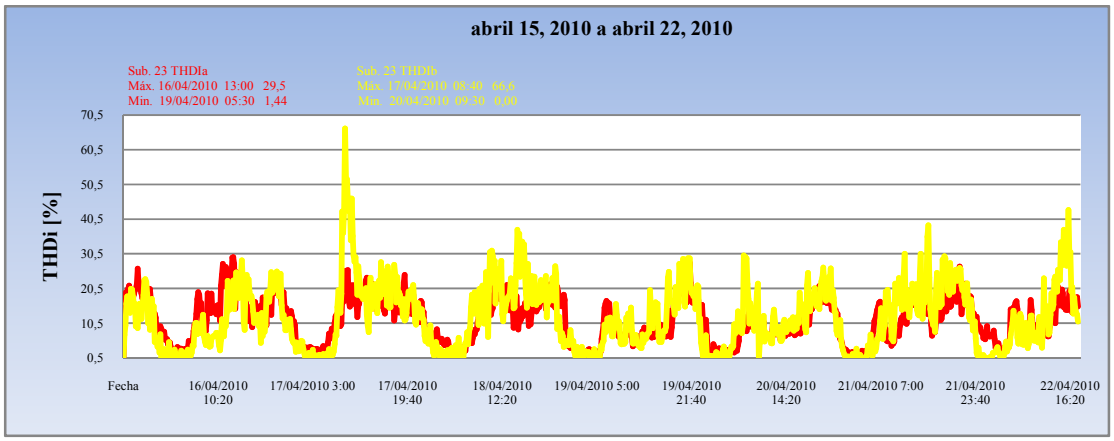

Figura 216. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existen 89 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 8.82%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 91.18%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 16 de Abril del 2010 a las 13:00 con un valor de $THD_I = 29.50$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 05:30 con un valor de $THD_I = 1.44$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 11.82$.

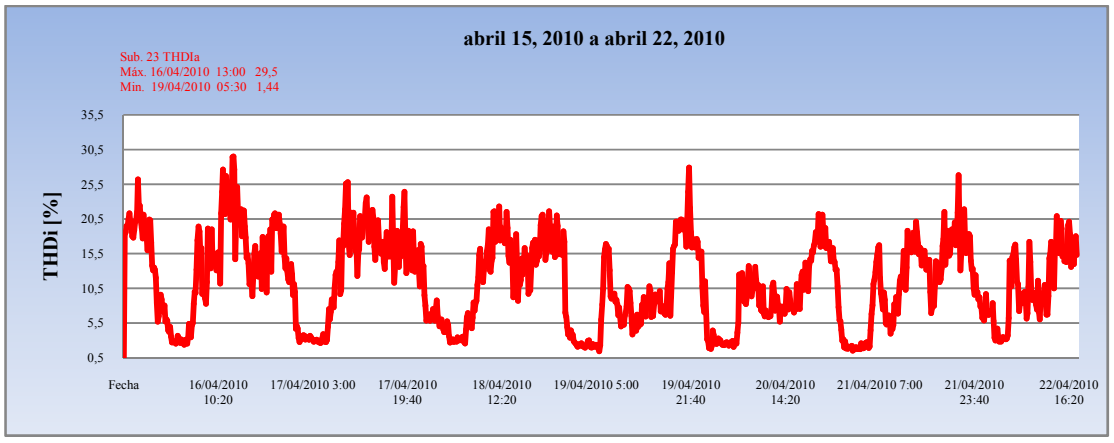

Figura 217. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 205 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 20.33%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 79.67%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 17 de Abril del 2010 a las 08:10 con un valor de $THD_I = 66.6$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 03:00 con un valor de $THD_I = 0.0$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 12.16$.

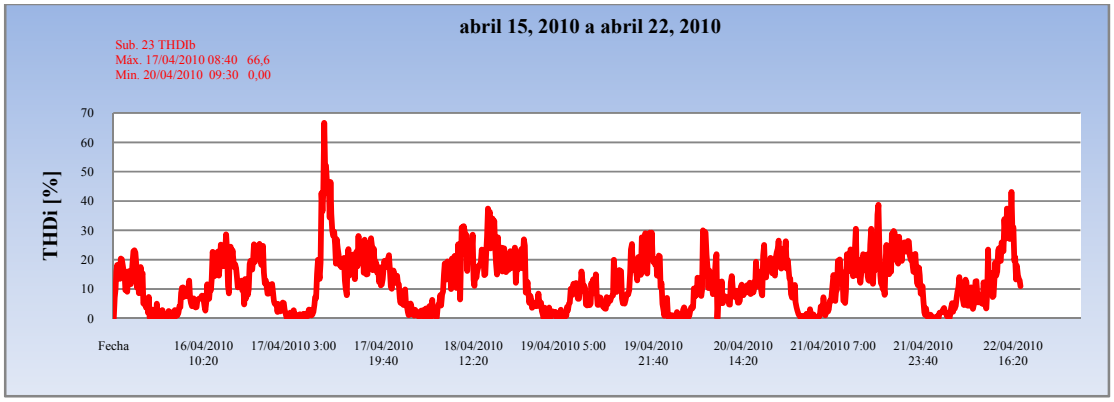

Figura 218. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de corriente para la fase A cumple con los límites establecidos, en cambio la fase B no cumple con los límites establecidos, debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase a pesar que en este transformador las cargas están en equilibrio la fase B posee más carga no lineal que la fase A quedando este transformador con problemas y con un incorrecto funcionamiento en la una fase, a pesar que en las armónicas de corriente de las dos fases juntas si cumple con el límite establecido se recomienda hacer un mejora para los armónicas de corriente y acabar con este problema.

3.2.1.8.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

Ahora se va a determinar el consumo de energía de las dos fases durante el periodo de medición que empezó el día 15 de Abril de 2010 a las 17:50 hasta el día 22 de Abril de 2010 a las 17:40, con un tiempo total de 168 horas.

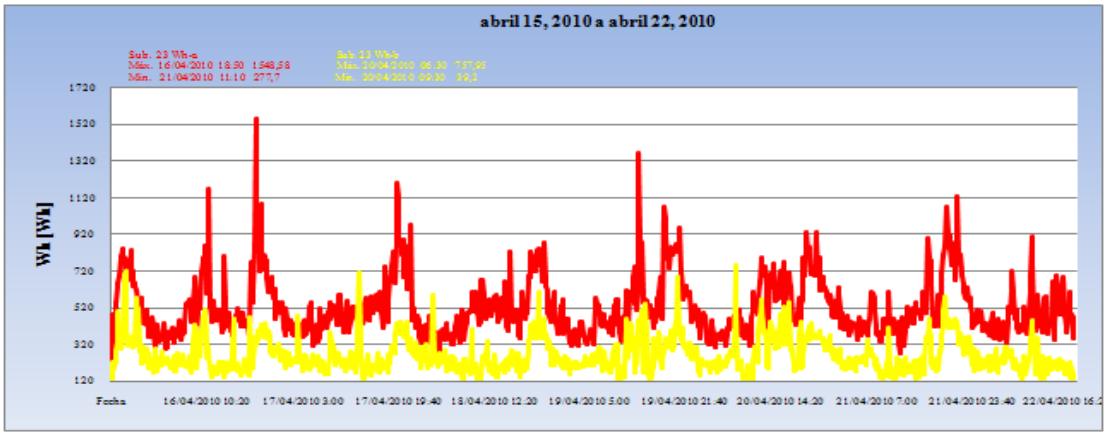

Figura 219. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1548.58\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 18:50 y un consumo mínimo de $Wh = 277.7\ [Wh]$ el día 21 de Abril de 2010 a las 11:10, con un consumo de energía promedio de $Wh = 524.80\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 522.01\ [KWh]$.

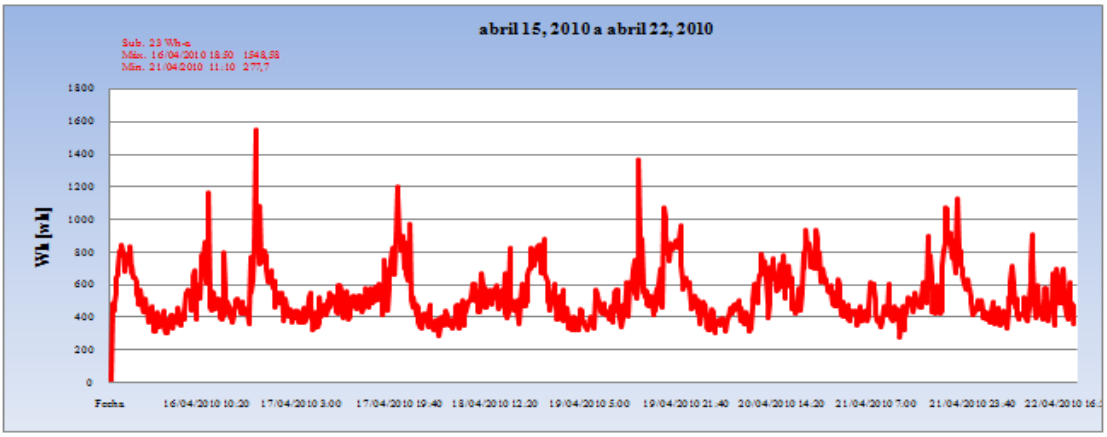

Figura 220. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 757.95\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 06:30 y un consumo mínimo de $Wh = 39.2\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 09:30, con un consumo de energía promedio de $Wh = 263.23\ [Wh]$ y un consumo total de $Wh = 265.34\ [KWh]$.

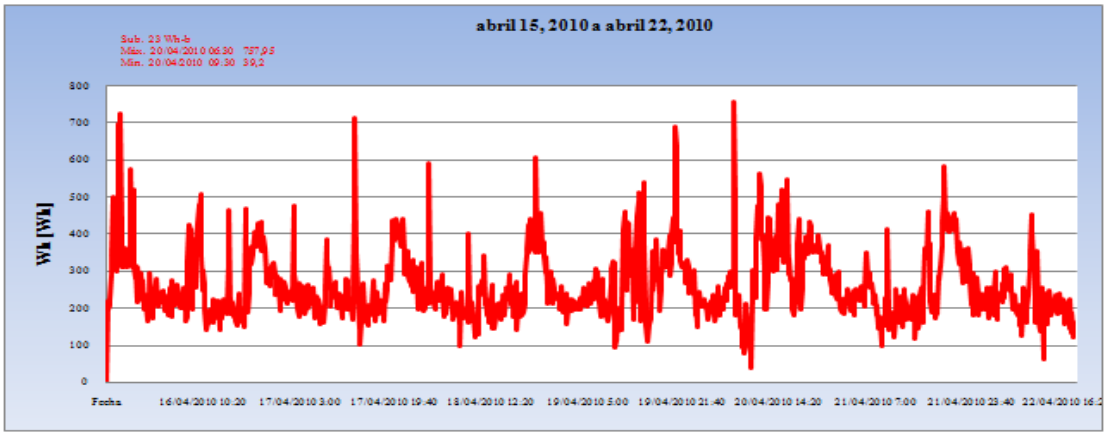

Figura 221. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

El consumo promedio de energía con un valor máximo en la fase A se presenta el día jueves 16 de Abril a las 18:50 de 2010 y en la fase B el día lunes 20 de Abril de 2010 a las 06:30.

3.2.1.8.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se determina el factor de potencia de las dos fases de este transformador, en la gráfica se puede observar que el factor de potencia varía constantemente entre $Fp = 0.40$ y $Fp = 1$

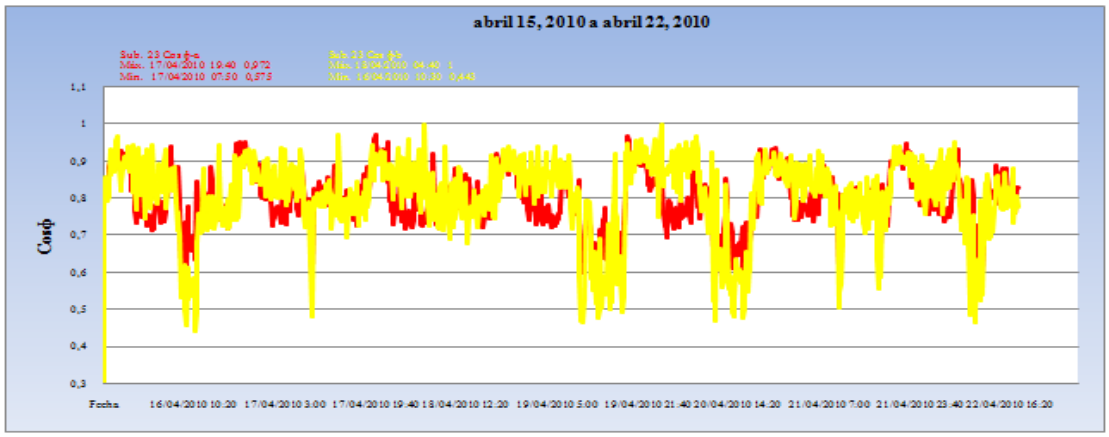

Figura 222. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, tiene un máximo de $Fp = 0.97$ el día 17 de Abril de 2010 a las 19:00 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.57$ el día 17 Abril de 2010 a las 07:50, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.80$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición estando fuera del límite establecido.

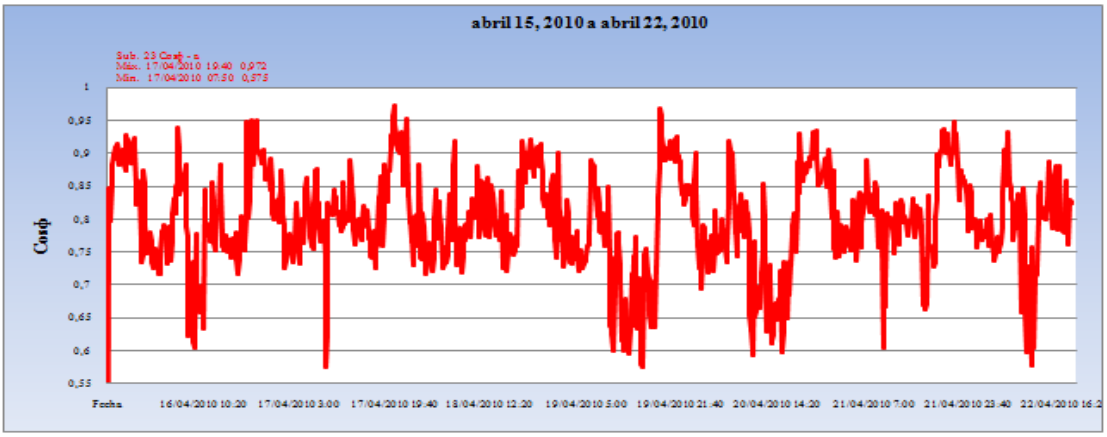

Figura 222. Nivel del Factor de Potencia de la fase A.

El factor de potencia en la fase B, tiene un máximo de $Fp = 1$ el día 18 de Abril de 2010 a las 04:40 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.44$ el día 16 de Abril de 2010 a las 10:30, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.80$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición estando fuera del límite establecido.

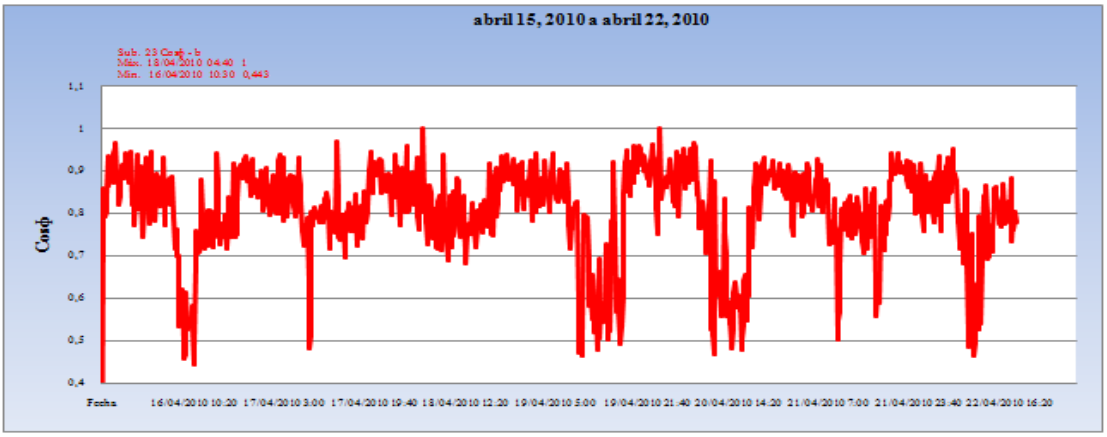

Figura 223. Nivel del Factor de Potencia de la fase B.

Además este transformador está por debajo del límite establecido debiendo ser mejorada ya que presenta una amenaza a las cargas conectadas debido al bajo factor de potencia se debe acotar que este transformador está en una zona urbana.

3.2.2. Tabulación de datos del alimentador 2311.

Para este proceso se considerarán los valores máximos y mínimos, promedio, fechas y hora en las que sucedieron, porcentajes y los límites establecidos para cada uno de los valores ya antes descritos en este capítulo; además se verificará mediante gráficas los resultados para comprobar si cumplen o no con las regulaciones establecidas.

3.2.2.1. Tabulación de datos del Transformador 10528.

Transformador tipo trifásico con una potencia de 75 KVA, del alimentador 2311 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón, en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona urbana del centro de Limón con una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.2.2.1.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 35. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	0	□ 1 p.u.	1
99.90%	0.10%	100%	0.00%	99.90%	0.10%

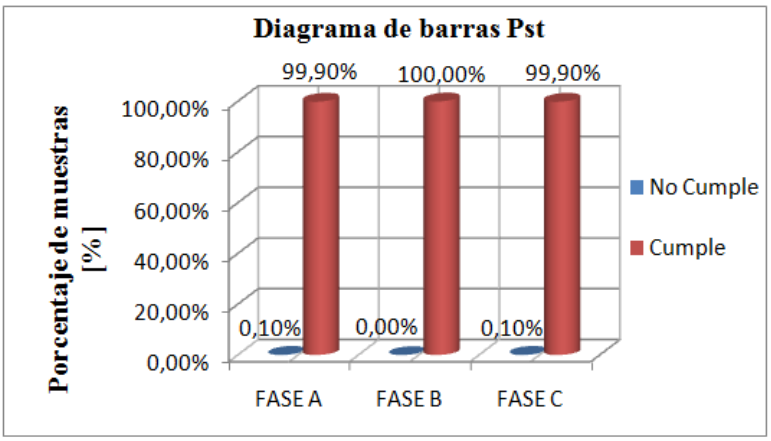

Figura 224. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 36. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
15/04/2010 - 16:20		0,00		0,00		0,00
17/04/2010 - 08:10			0,90			
17/04/2010 - 14:30	1,40				1,35	

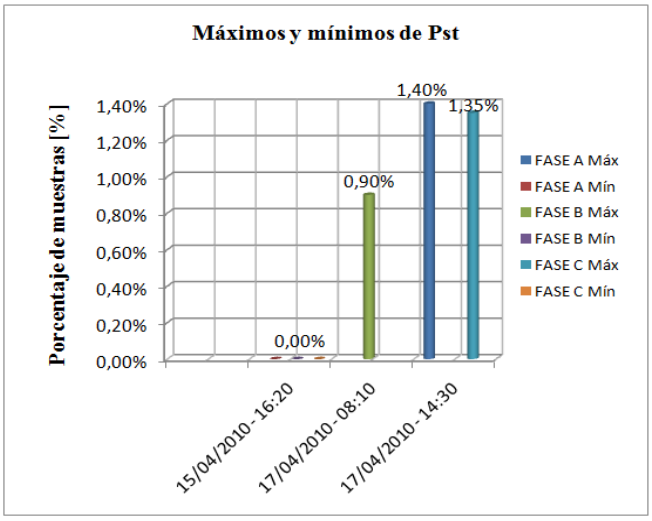

Figura 225. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 37. Fecha, hora de muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A	FASE B	FASE C
17/04/2010 - 14:30	1.39		
17/04/2010 - 14:30			1.35
17/04/2010 - 14:30		0.0	

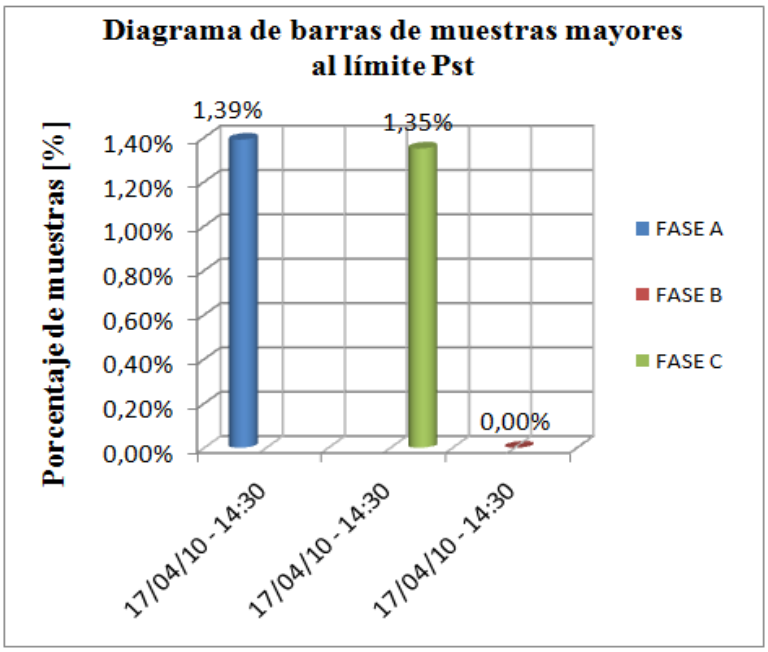

Figura 226. Fecha, hora de muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

3.2.2.1.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 38. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

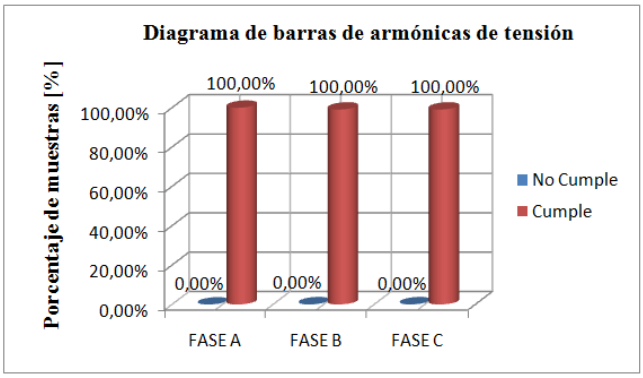

Figura 227. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 39. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
15/04/2010- 19:00		0.45				
18/04/2010 - 13:20			1.68			
18/04/2010 - 33:40	1.64				1.63	
20/04/2010 - 03:20						0.62
21/04/2010 -19:40				0.30		

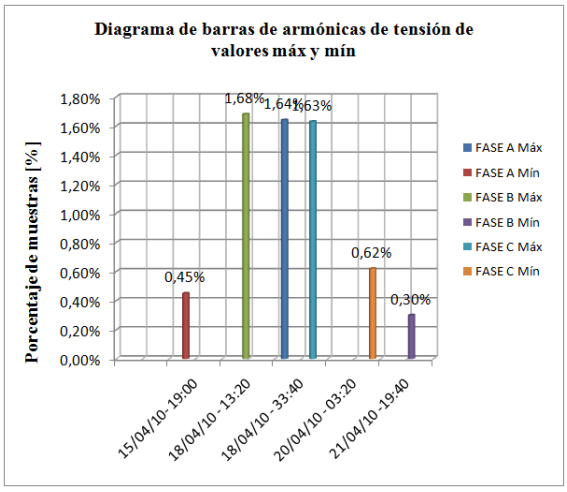

Figura 228. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.2.2.1.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 40. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	21	□ 20%	40	□ 20%	183
97.22%	2.08%	96.04%	3.96%	81.85%	18.15%

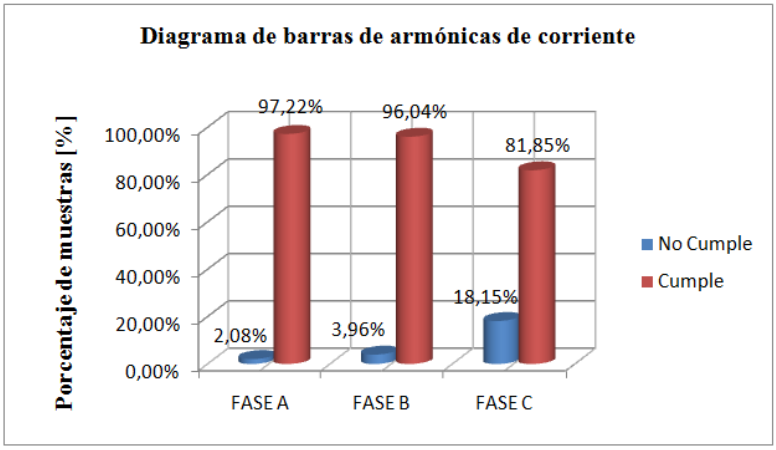

Figura 229. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Tabla # 41. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
15/04/2010 - 19:00		0.45				
18/04/2010 - 01:20			1.68			
18/04/2010 - 01:40	1.64				1.63	
20/04/2010 - 03:20						0.62
21/04/2010 - 19:40				0.30		

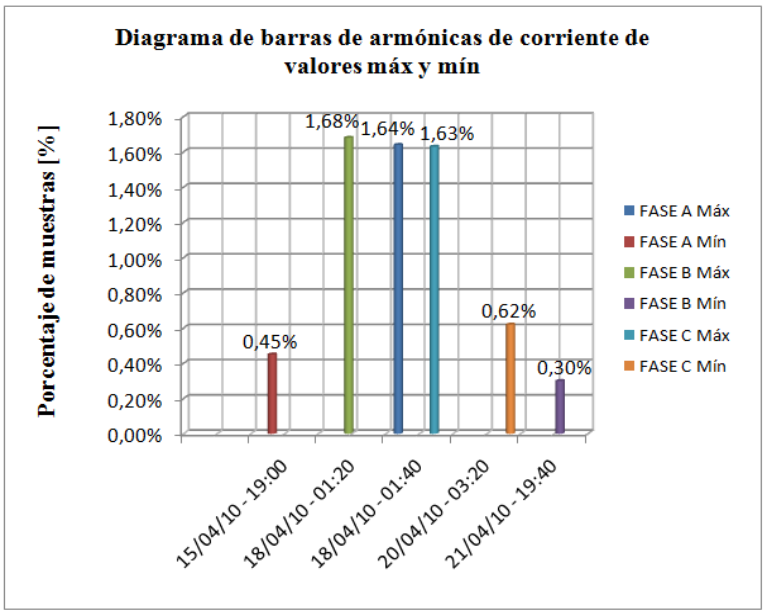

Figura 230. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

3.2.2.1.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 42. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Consumo de energía promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
936.31	1268.56	711.12	971.99

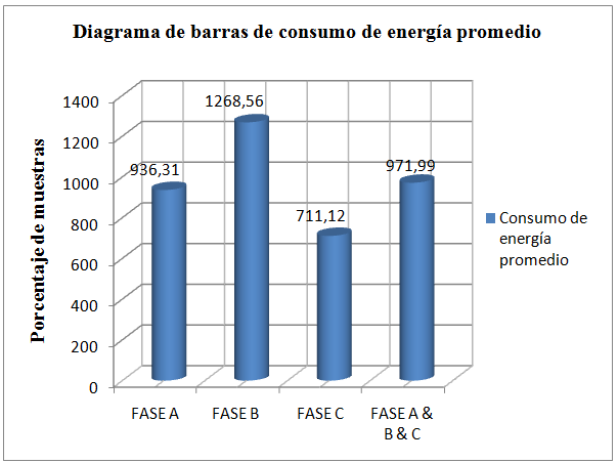

Figura 231. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Tabla # 43. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
15/04/2010 - 19:00	2198,7					
15/04/2010 - 20:20			2300			
16/04/2010 - 05:10						245,03
17/04/2010 - 06:50		467,19				
20/04/2010 - 07:30				669,7		
22/04/2010 - 09:50					1496,3	

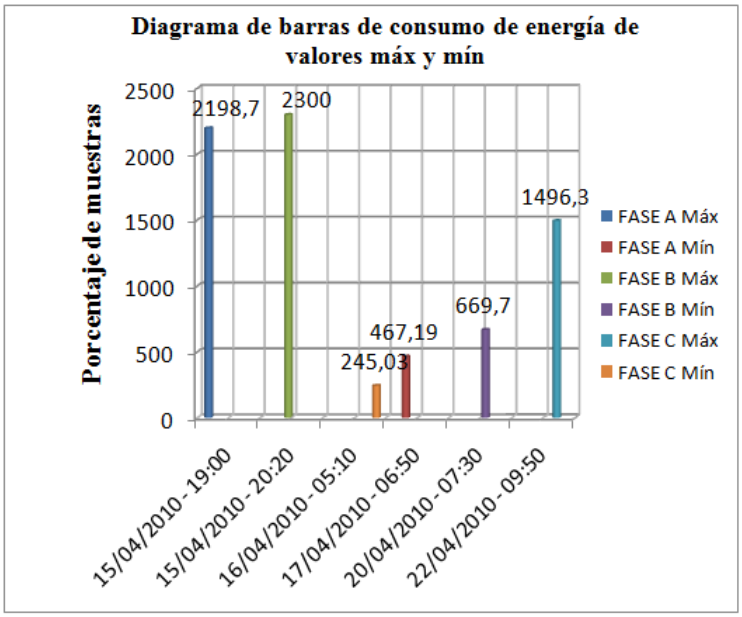

Figura 232. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

3.2.2.1.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 44. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Factor de potencia promedio			
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A & B & C
0.82	0.76	0.82	0.8

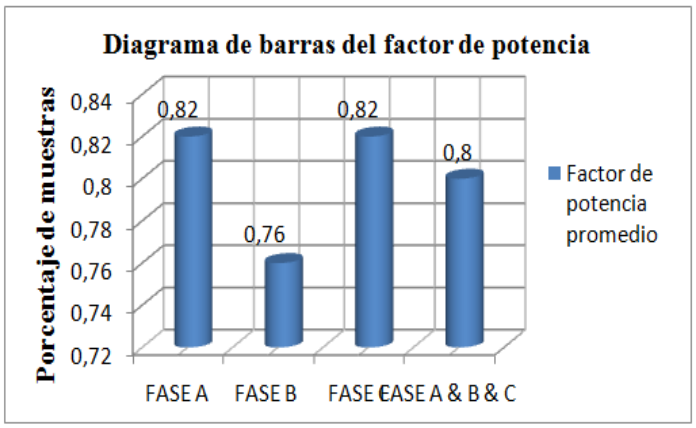

Figura 233. Factor de potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

Tabla # 45. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
15/04/2010 - 19:10					0,976	
17/04/2010 - 02:10	0,992					
18/04/2010 - 11:40		0,625		0,583		
18/04/2010 - 14:20						0,659
18/04/2010 - 18:00			0,922			

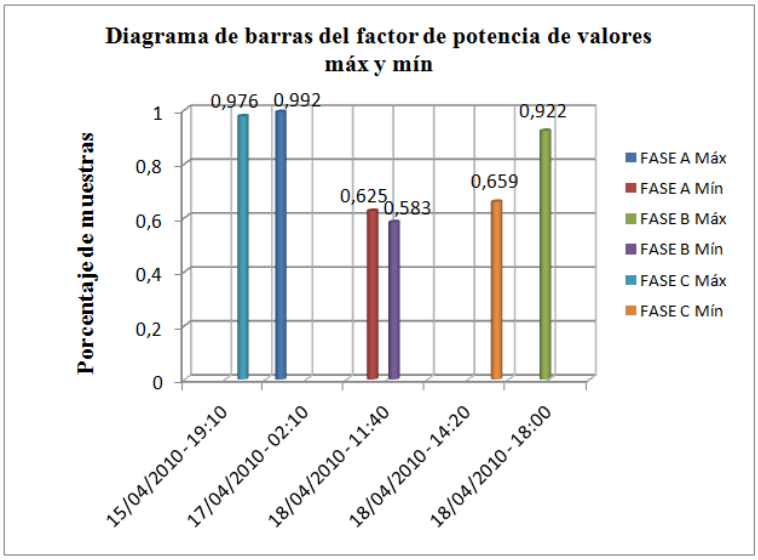

Figura 234. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

3.2.2.2. Tabulación de datos del Transformador 10374.

Transformador tipo trifásico con una potencia de 75 KVA, del alimentador 2311 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón, en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona urbana del centro de Limón con una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase - neutro

3.2.2.2.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 46. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	0	□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	1
100%	0.00%	99.90%	0.10%	99.90%	0.10%

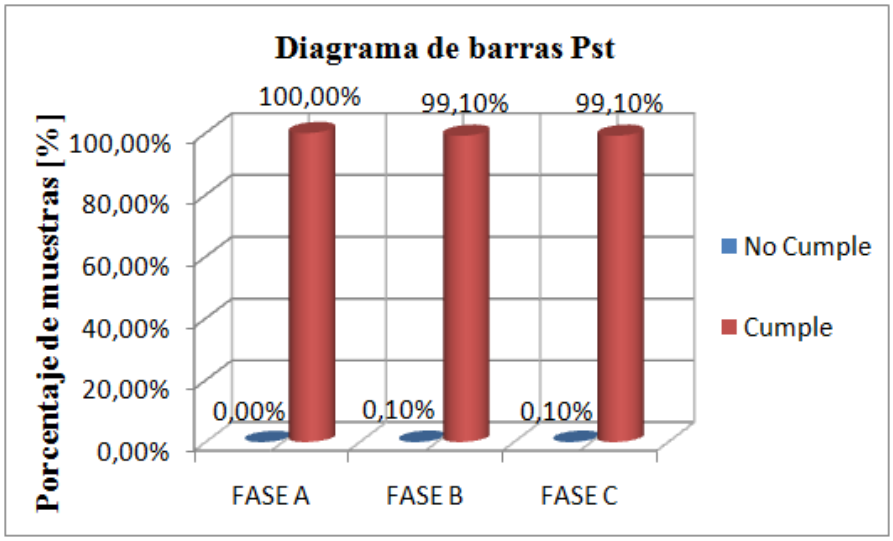

Figura 235. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 47. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
15/04/2010 - 19:00						0,16
17/04/2010 - 08:10	0,98					
17/04/2010 - 14:30			1,43		1,38	
19/04/2010 - 02:20				0,00		
20/04/2010 - 03:20		0,16				

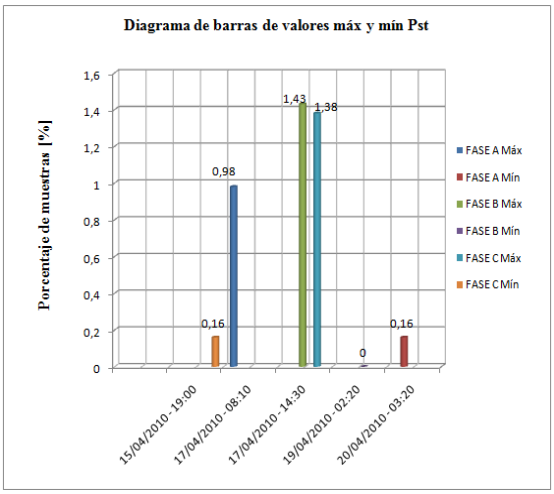

Figura 236. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

3.2.2.2.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 48. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

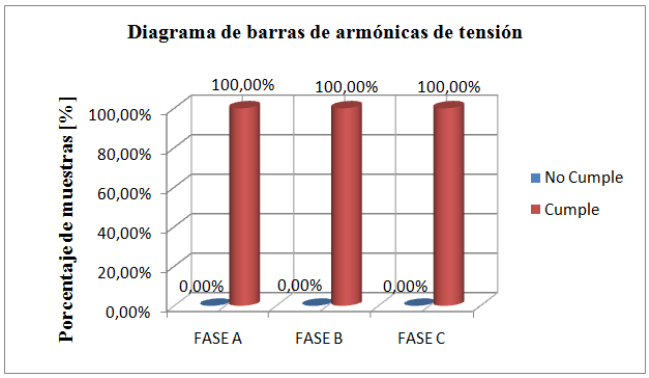

Figura 237. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 49. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
18/04/2010 - 01:00			1,89			
18/04/2010 - 14:30	1,89				1,93	
19/04/2010 - 05:50						0,62
20/04/2010 - 02:40				0,73		
20/04/2010 - 19:40		0,48				

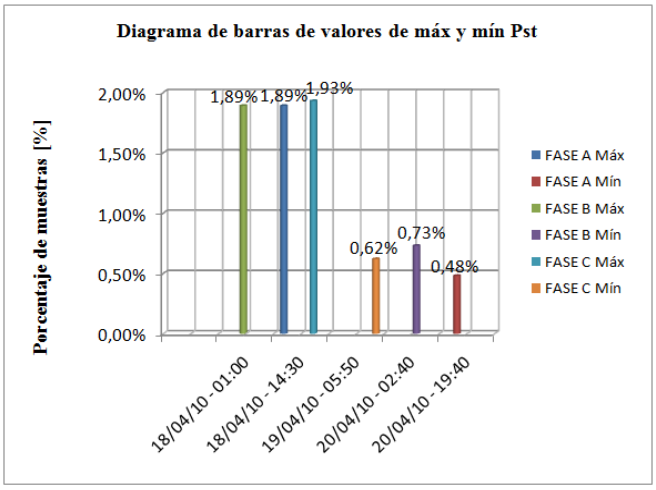

Figura 238. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.2.2.2.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 50. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	0	□ 20%	13	□ 20%	33
100.0%	0.00%	98.72%	1.28%	96.73%	3.27%

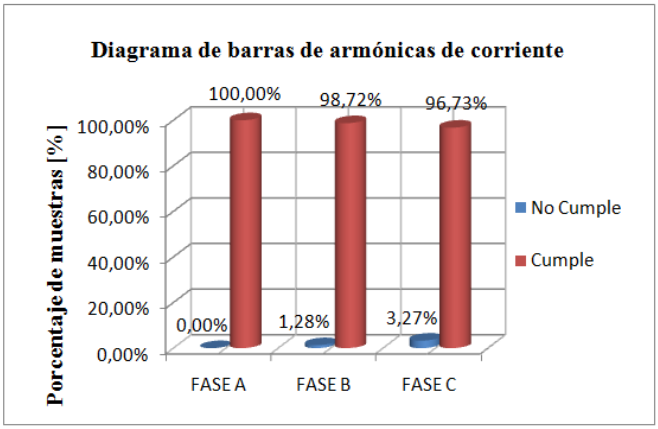

Figura 239. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Tabla # 51. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
16/04/2010 - 04:40		2.17				
20/04/2010 - 11:30			24.2			
21/04/2010 - 03:40				5.61		
21/04/2010 - 08:10						3.92
22/04/2010 - 14:10	17.1					
22/04/2010 - 14:40					27.1	

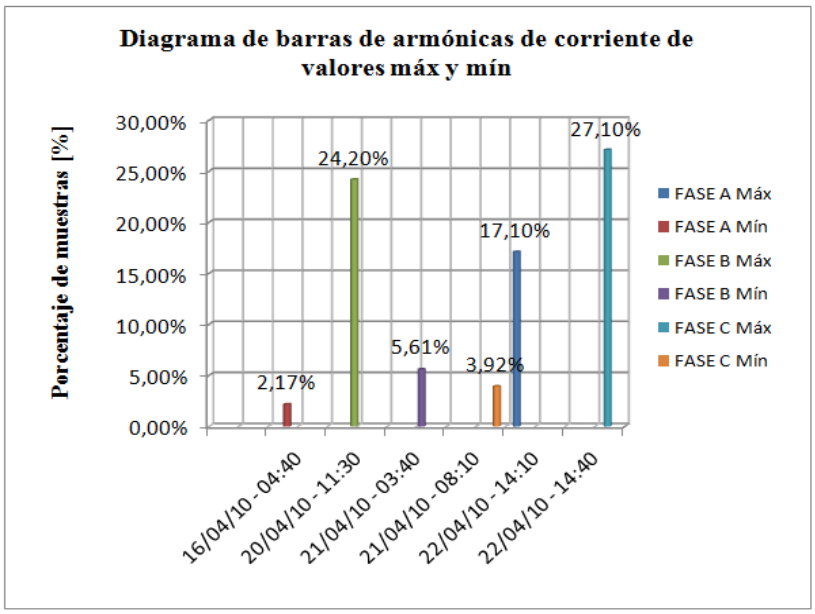

Figura 240. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

3.2.2.2.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 52. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Consumo de energía promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
1144.48	1201.96	1314.26	1220.23

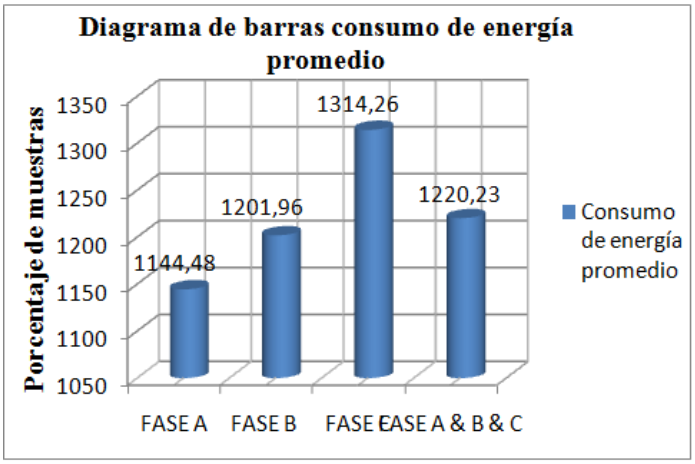

Figura 241. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Tabla # 53. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
15/04/2010 - 18:50	2414,3					
16/04/2010 - 02:40						767,76
16/04/2010 - 03:50		620,74				
17/04/2010 - 07:20				620,74		
20/04/2010 - 19:40			2620,1			
20/04/2010 - 20:40					2718,1	

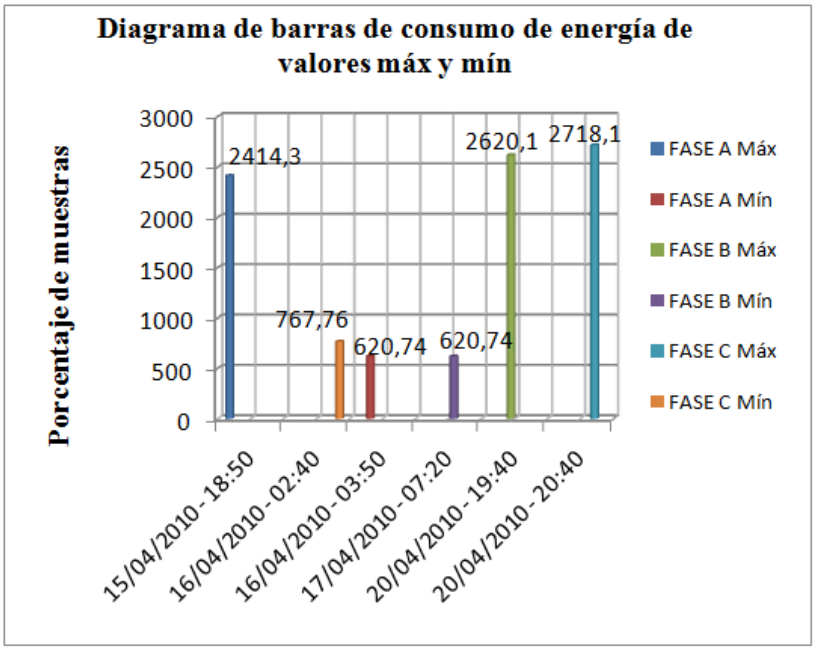

Figura 242. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

3.2.2.2.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 54. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Factor de potencia promedio			
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A & B & C
0.76	0.77	0.77	0.76

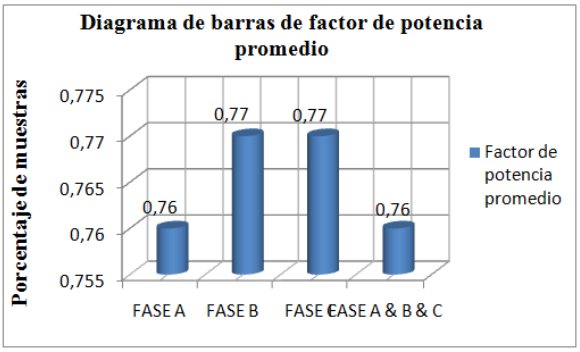

Figura 243. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Tabla # 55. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
15/11/2010 - 19:20			0,953			
16/11/2010 - 12:20				0,642		
19/11/2010 - 18:40	0,951					
19/11/2010 - 21:20					0,924	
22/11/2010 - 10:00						0,643
22/11/2010 - 12:20		0,533				

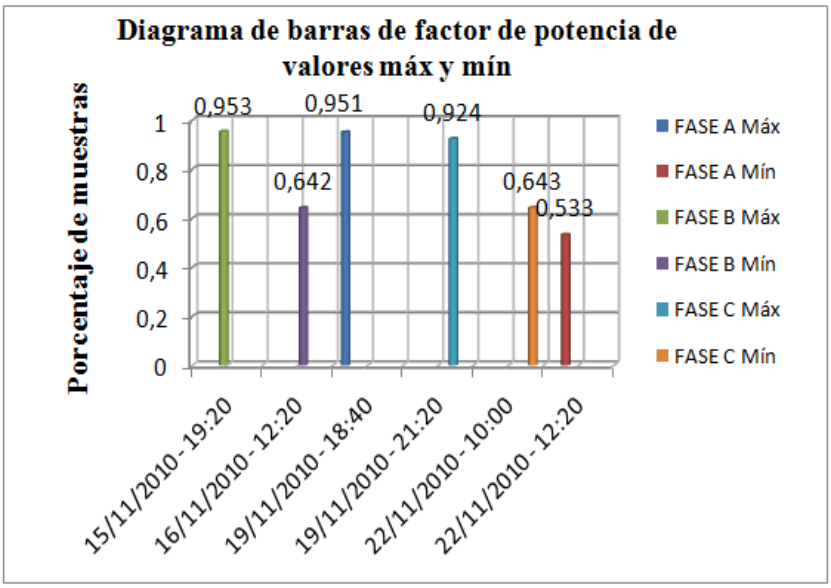

Figura 244. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

3.2.2.3. Tabulación de datos del Transformador 10621.

Transformador tipo trifásico con una potencia de 50 KVA, del alimentador 2311 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón, en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona urbana del centro de Limón con una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase - neutro

3.2.2.3.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 56. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	0	□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	1
100%	0.00%	99.90%	0.10%	99.90%	0.10%

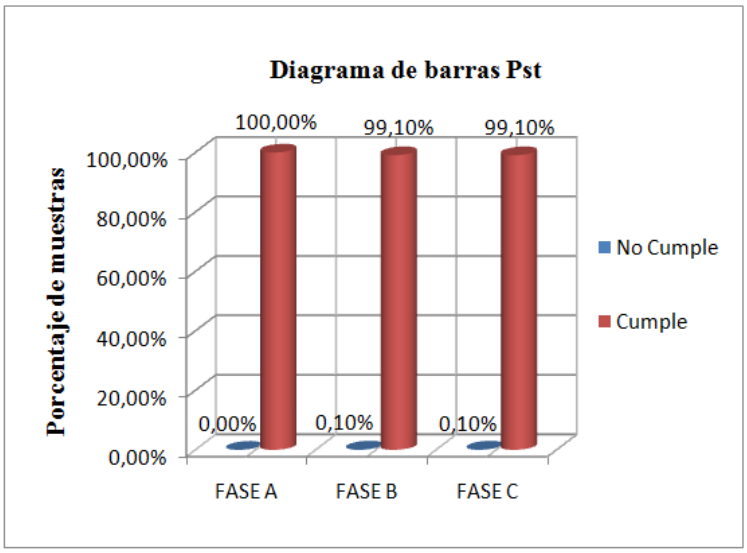

Figura 245. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 57. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
15/04/2010 - 15:30				0,00		
15/04/2010 - 16:50		0,00				
17/04/2010 - 08:10	0,92					
17/04/2010 - 14:30			1,37		1,43	
19/04/2010 - 18:10						0,00

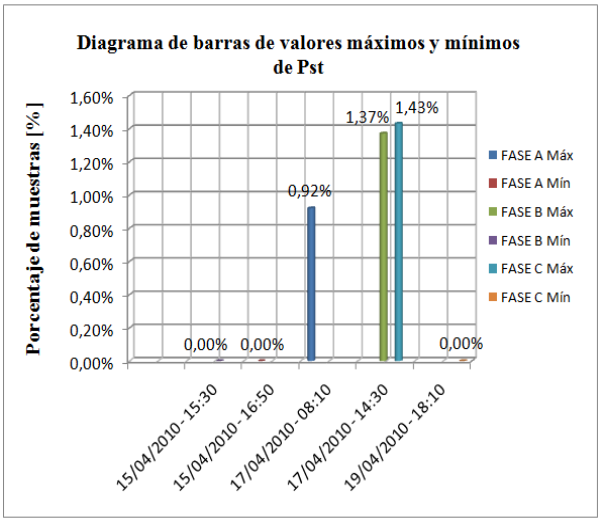

Figura 246. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

3.2.2.3.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 58. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

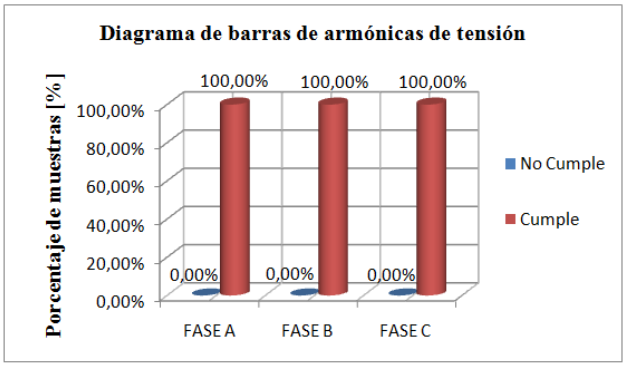

Figura 247. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 59. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
17/04/2010 - 19:10		0.33				
18/04/2010 - 01:10					1.84	
18/04/2010 - 01:20	1.92					
18/04/2010 - 14:00			1.65			
20/04/2010 - 04:10				0.35		
22/04/2010 - 04:30						0.50

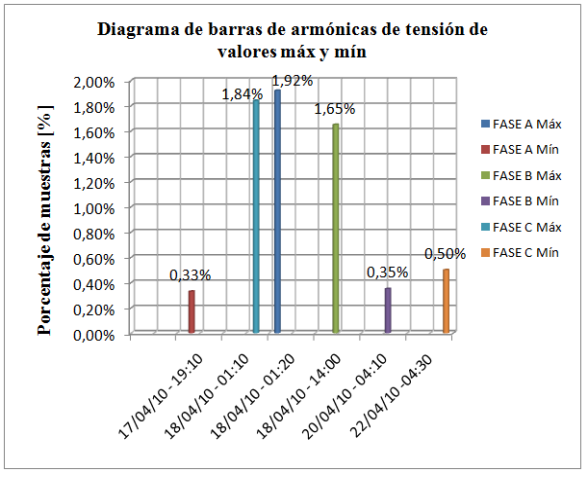

Figura 248. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.2.2.3.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 60. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	268	□ 20%	134	□ 20%	329
73.42%	26.58%	86.71%	13.29%	67.37%	32.63%

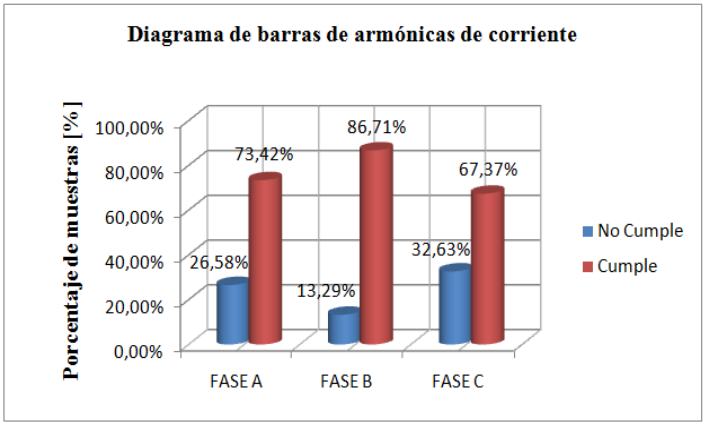

Figura 249. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Tabla # 61. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
15/04/2010 - 16:20			55.4			
18/04/2010 - 08:40	40.2					
19/04/2010 - 08:10				1.41		
19/04/2010 - 10:40		4.38				
20/04/2010 - 22:10					36.9	
22/04/2010 -11:00						3.61

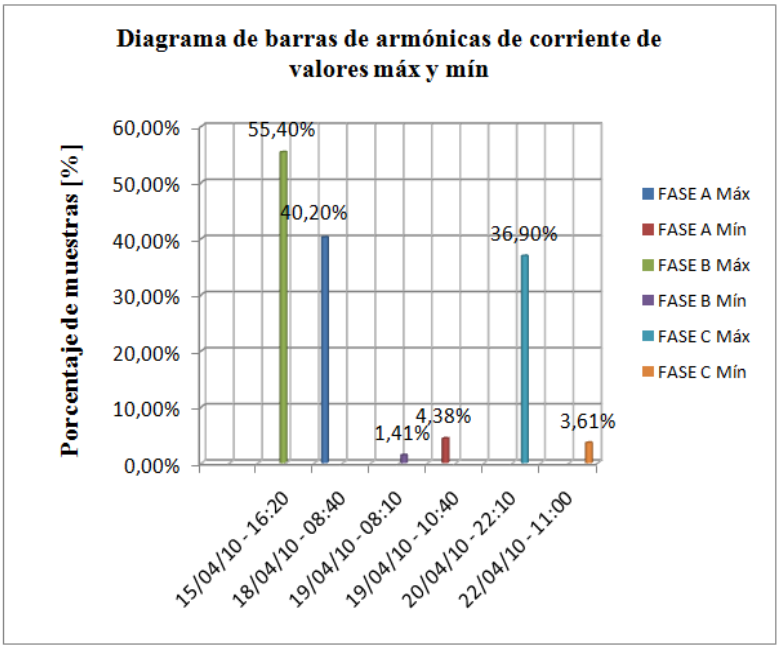

Figura 250. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

3.2.2.3.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 62. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Consumo de energía promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
406.05	324.50	496.12	408.89

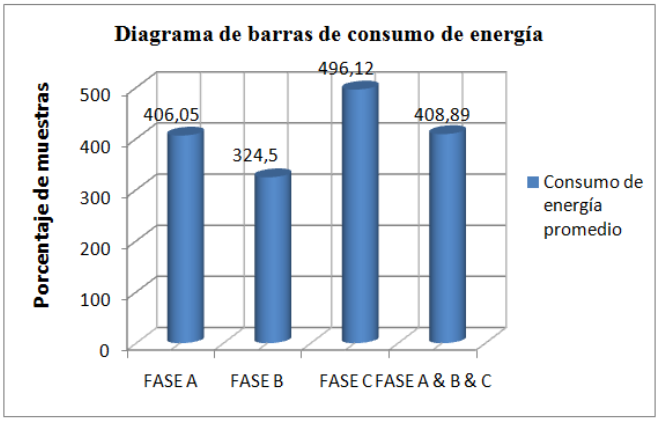

Figura 251. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Tabla # 63. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
16/04/2010 - 07:50				52,27		
19/04/2010 - 02:30		120,88				
20/04/2010 - 10:00						218,89
20/04/2010 - 19:50			1143,4			
20/04/2010 - 20:40					1623,7	
21/04/2010 - 17:40	1153,2					

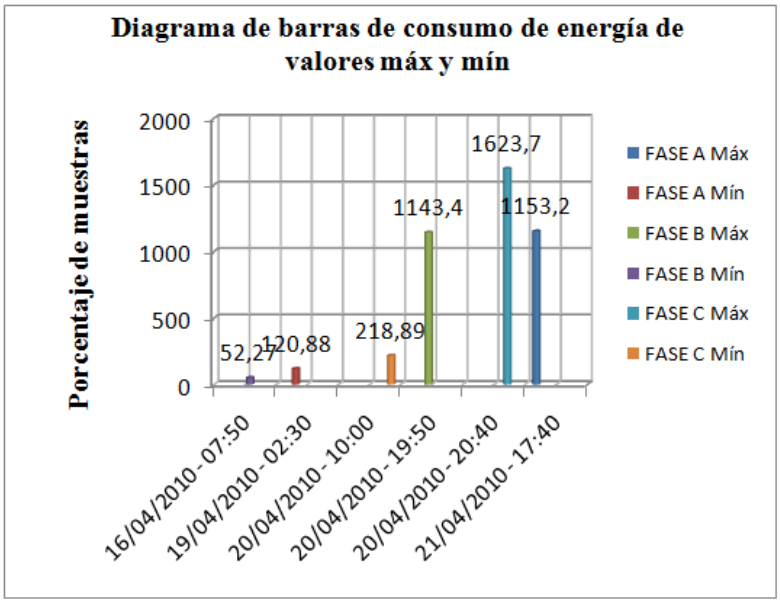

Figura 252. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

3.2.2.3.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 64. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Factor de potencia promedio			
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A & B & C
0.73	0.86	0.78	0.79

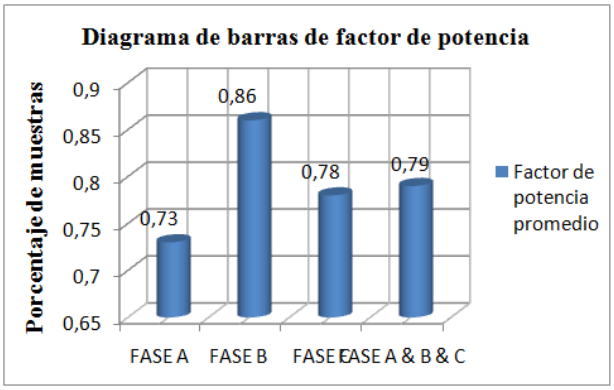

Figura 253. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Tabla # 65. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
16/11/2010 - 05:30			1,00			
18/1172010 - 20:50	0,947					
21/11/2010 - 06:30					0,979	
22/11/2010 - 12:30		0,55		0,476		0,563

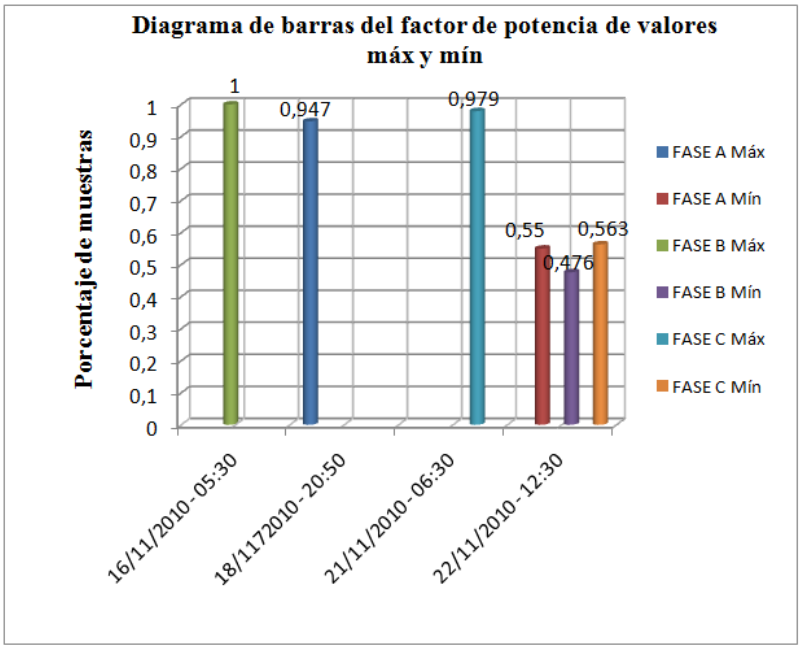

Figura 254. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

3.2.2.4. Tabulación de datos del Transformador 10954.

Transformador tipo monofásico con una potencia de 10 KVA, del alimentador 2311 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón, en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona urbana en el sector José Pintado, con una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.2.2.4.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 66. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	1
99.90%	0.10%	99.90%	0.10%

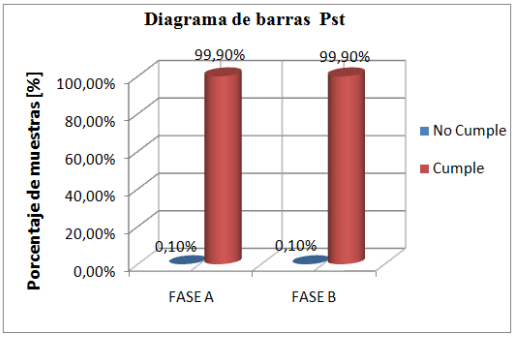

Figura 255. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 67. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
15/04/2010 - 12:30		0,00		
15/04/2010 - 12:40				0,00
17/04/2010 - 14:30	1,03		1,02	

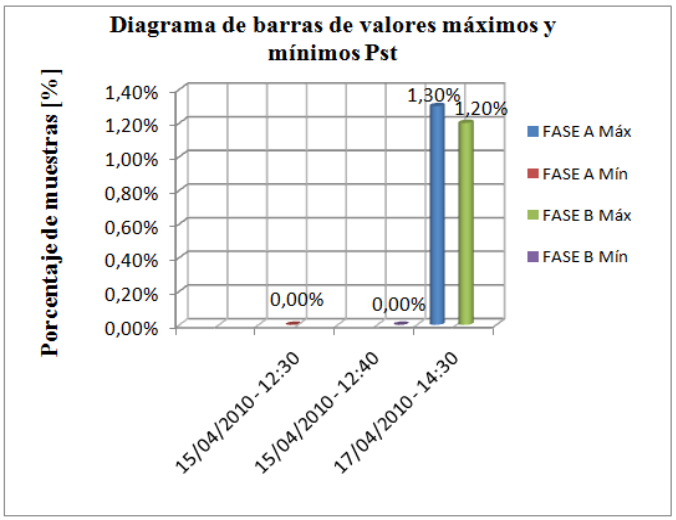

Figura 256. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.2.4.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 68. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

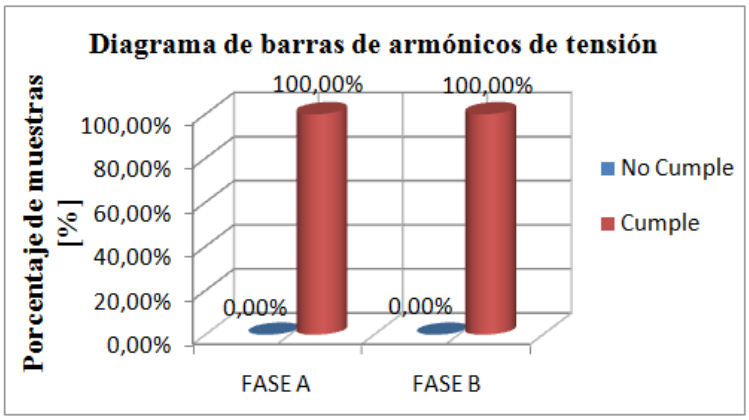

Figura 257. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 69. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
18/04/2010 - 13:20			1.65	
18/04/2010 - 14:40	1.64			
22/04/2010 - 03:30				0.65
22/04/2010 - 03:40		0.62		

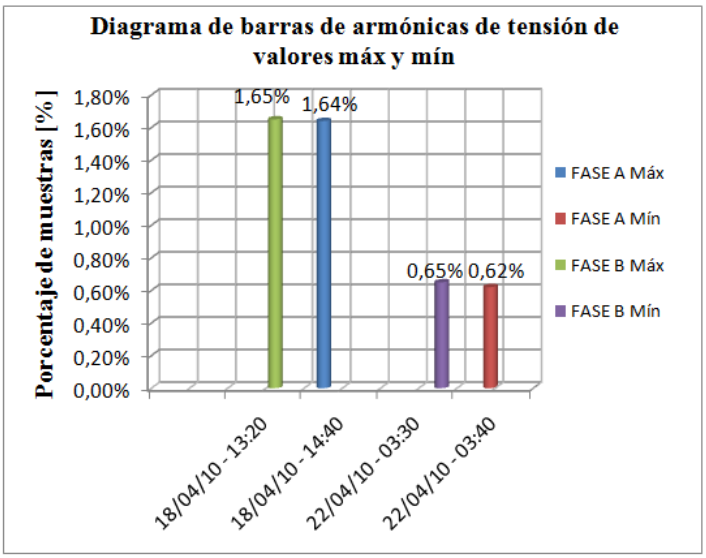

Figura 258. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.2.4.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 70. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	18	□ 20%	0
98.72%	1.78%	100%	0.0%

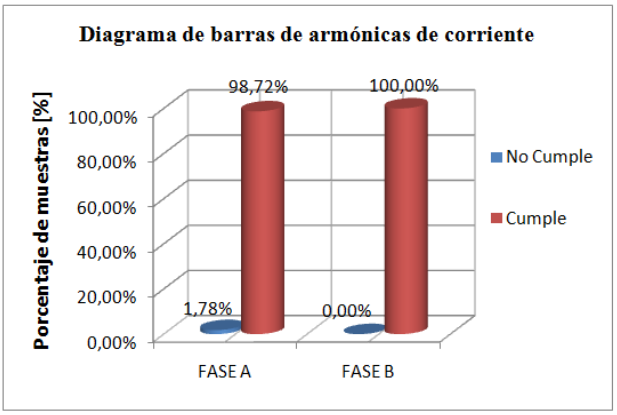

Figura 259. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 71. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
16/04/2010 - 04:40		0.0		
17/04/2010 - 19:30			1.63	
20/04/2010 - 04:40				0.0
20/04/2010 - 19:10	30.7			

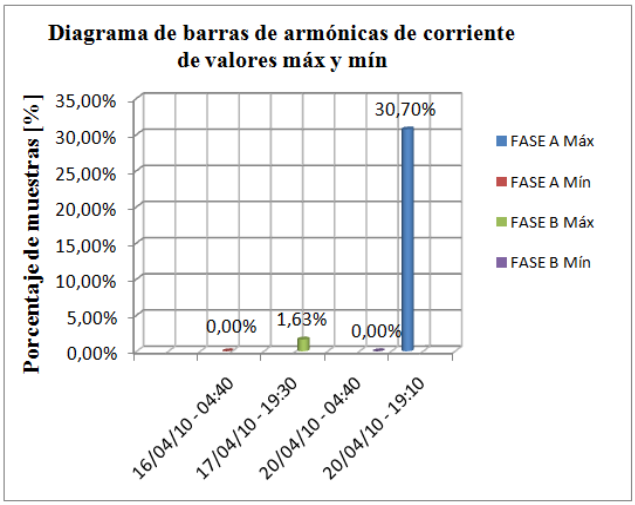

Figura 260. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.2.4.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 72. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
14.46	1.10	7.78

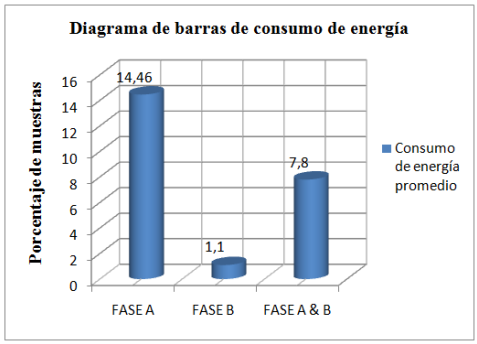

Figura 261. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Tabla # 73. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
15/04/2010 - 13:20		0,00		0,00
16/04/2010 - 19:20	166,62			
17/04/2010 - 19:30			75,14	

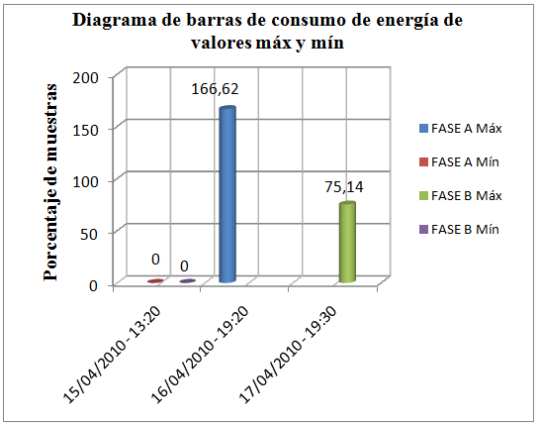

Figura 262. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.2.4.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 74. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.90	0.99	0.94

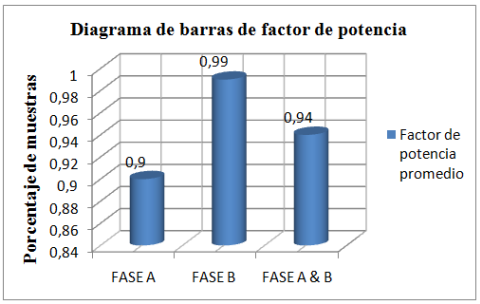

Figura 263. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 75. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
15/04/2010 - 12:30	1,00			
16/04/2010 - 21:10		0,5		
17/04/2010 - 02:40				0,33
18/04/2010 - 14:40			1,00	

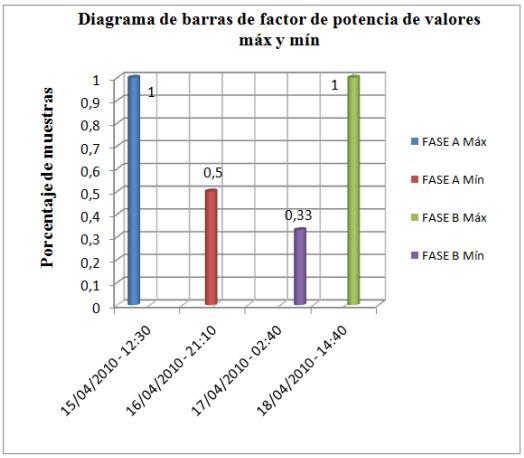

Figura 264. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.2.5. Tabulación de datos del Transformador 10356.

Transformador tipo monofásico con una potencia de 15 KVA, del alimentador 2311 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón, en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona rural del sector el Rosario, con una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.2.2.5.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 76. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	0	□ 1 p.u.	3
100%	0,00%	99,70%	0,30%

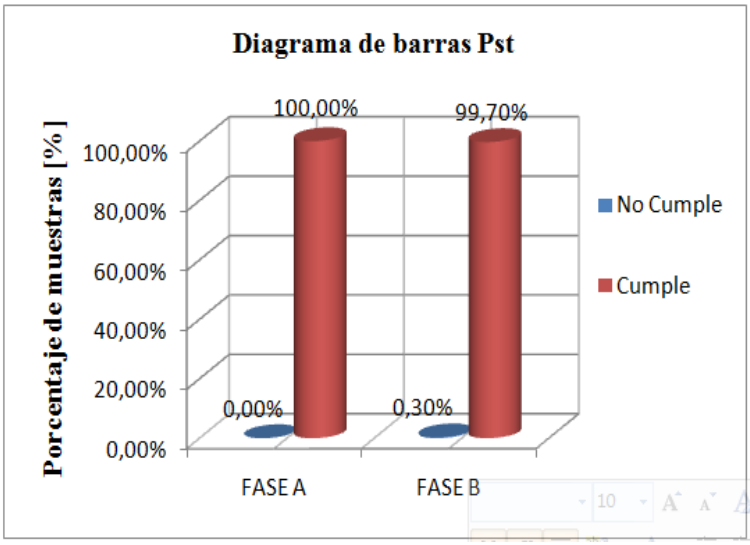

Figura 265. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 77. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
15/04/2010 - 10:10		0,00	1,005	
17/04/2010 - 08:10	0,94			
18/04/2010 - 11:40				0,00
21/04/2010 - 12:10			2,053	
21/04/2010 - 12:20			2,28	

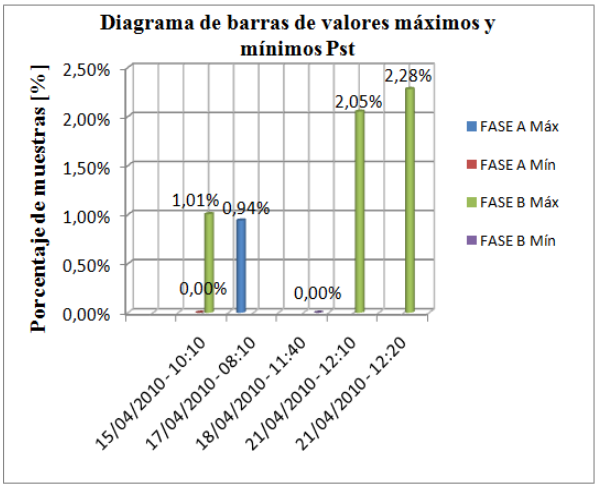

Figura 266. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.2.5.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 78. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

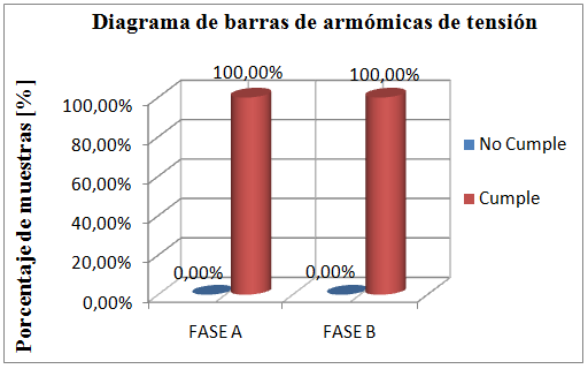

Figura 267. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 79. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
17/04/2010 - 19:20	1,72			
19/04/2010 - 09:30			1,80	
19/04/2010 - 20:10				0,61
22/04/2010 - 05:00		0,66		

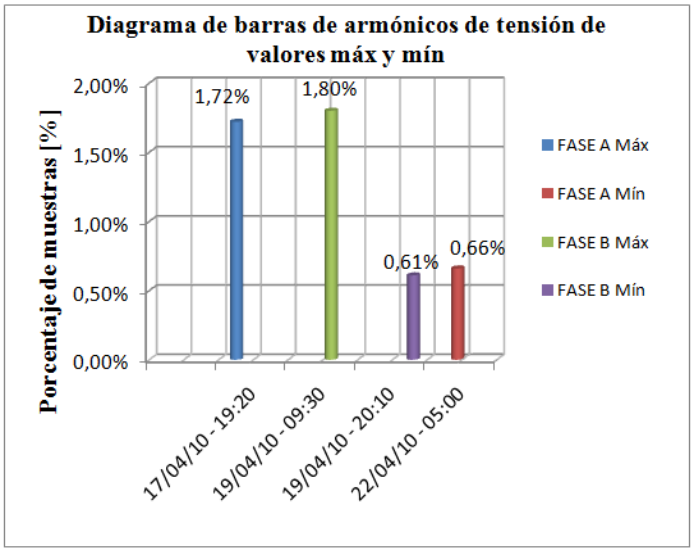

Figura 268. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.2.5.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 80. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	247	□ 20%	96
75.50%	24.50%	90.48%	9.52%

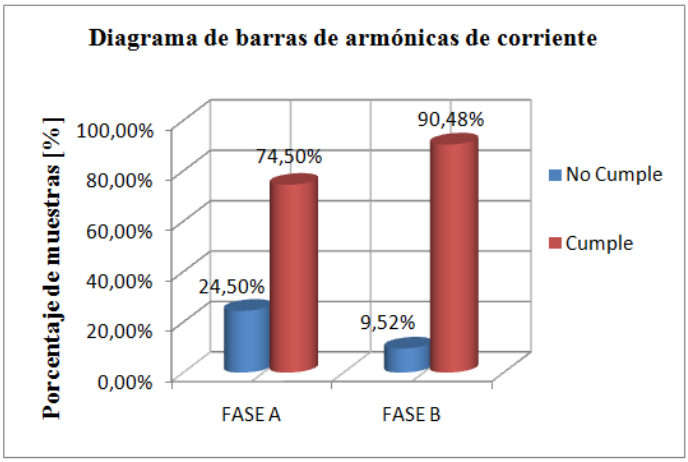

Figura 269. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 81. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
16/04/2010 - 09:50		0.0		
16/04/2010 - 11:50	51.3			
20/04/2010 - 10:00			42.8	
22/04/2010 - 08:00				0.90

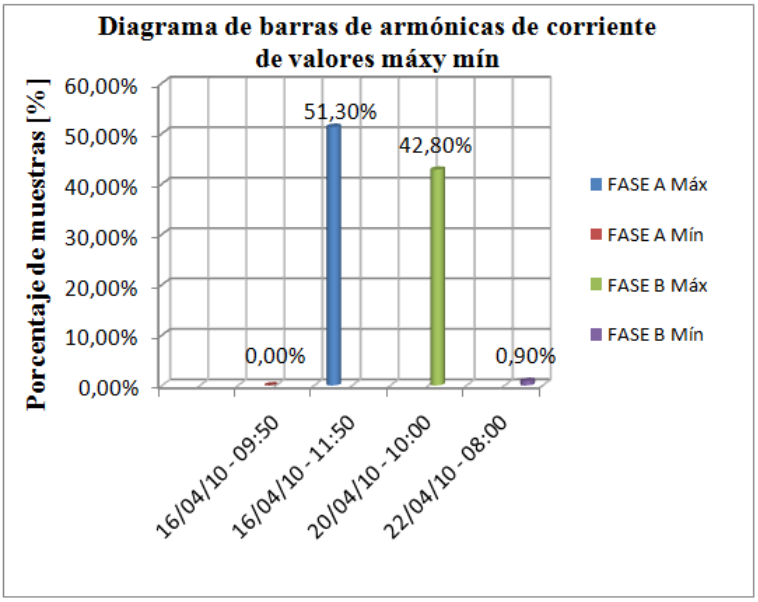

Figura 270. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.2.5.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 82. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
331.60	267.90	299.75

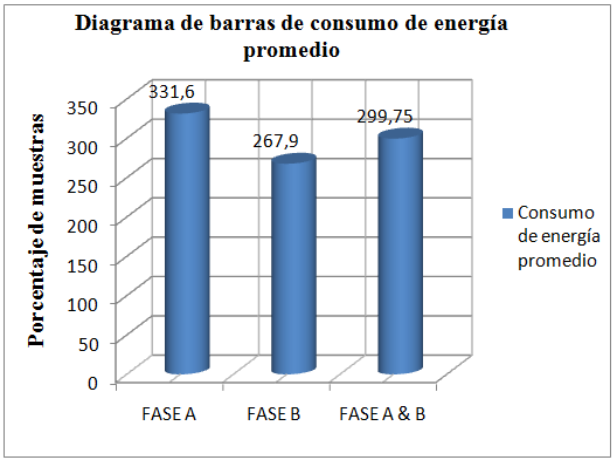

Figura 271. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 83. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
16/04/2010 - 09:50		52,27		
18/04/2010 - 19:40	1381,9			
19/04/2010 - 08:10				78,41
21/04/2010 - 19:20			957,24	

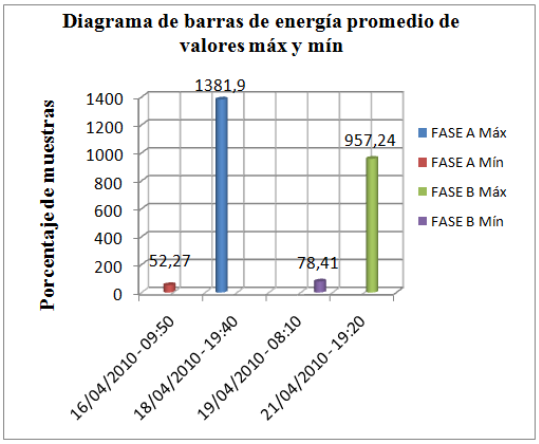

Figura 272. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.2.5.9. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 84. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	FASE B	FASE A & B
0.82	0.82	0.82

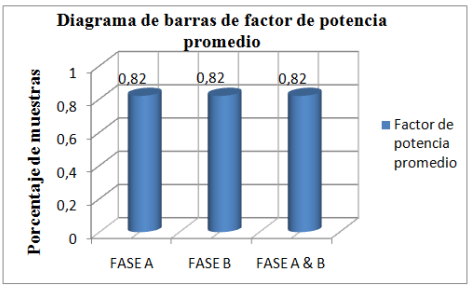

Figura 273. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 85. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
17/04/2010 - 23:50	0,99			
18/04/2010 - 09:10				0,650
19/04/2010 - 22:20			0,971	
22/04/2010 - 09:10		0,64		

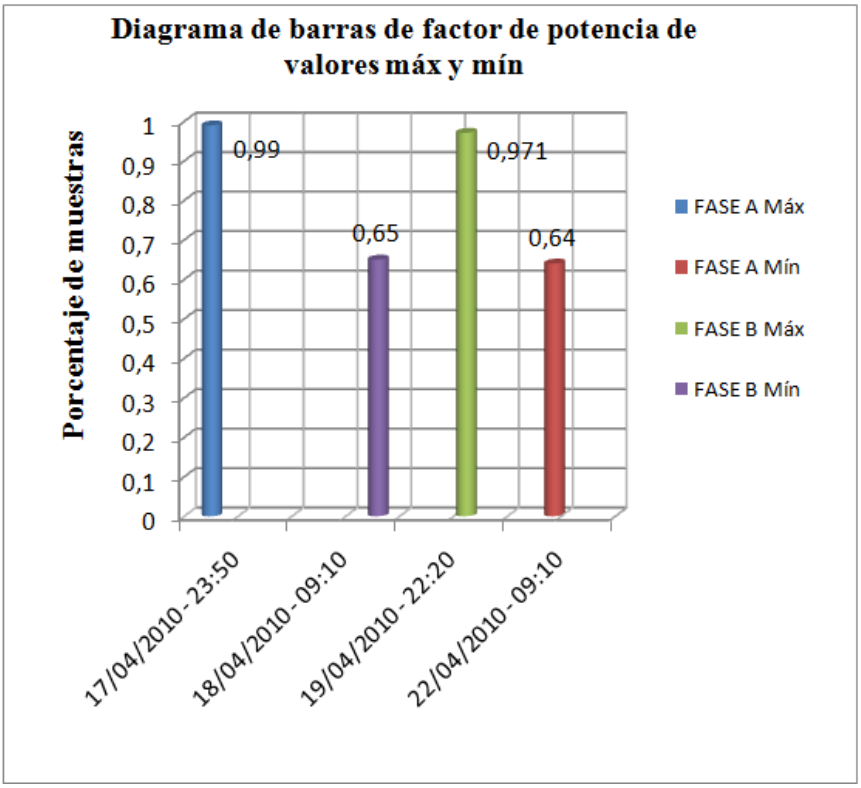

Figura 274. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.2.6. Tabulación de datos del Transformador 11548.

Transformador tipo monofásico con una potencia de 15 KVA, del alimentador 2311 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón, en la parroquia el Rosario en una zona rural de Yungantza con una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.2.2.6.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 86. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	7	□ 1 p.u.	26
99,31%	0,69%	97,42%	2,58%

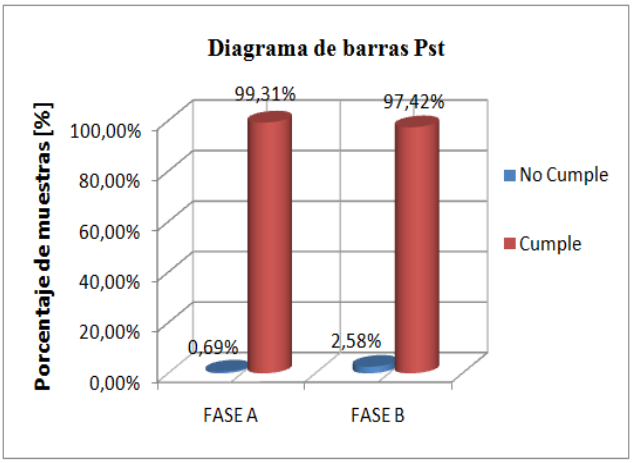

Figura 275. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 87. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
15/04/2010 - 09:00			1,50	
15/04/2010 - 13:00				0,00
15/04/2010 - 15:40		0,00		
17/04/2010 - 14:30	1,49			

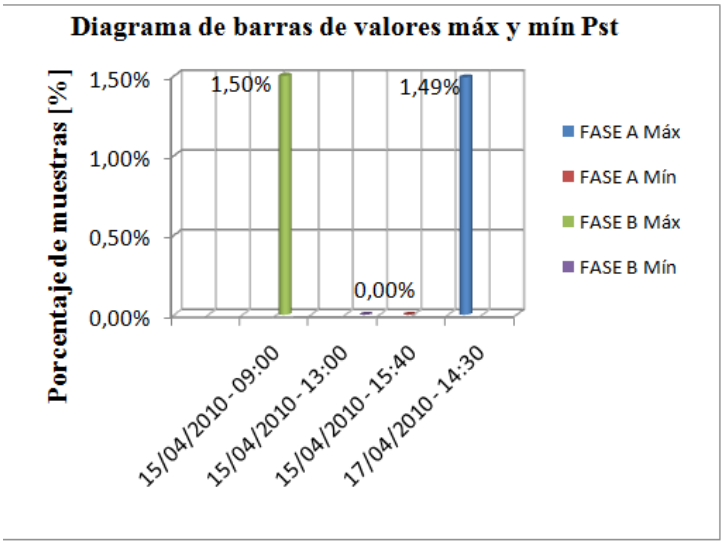

Figura 276. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.2.6.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 88. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

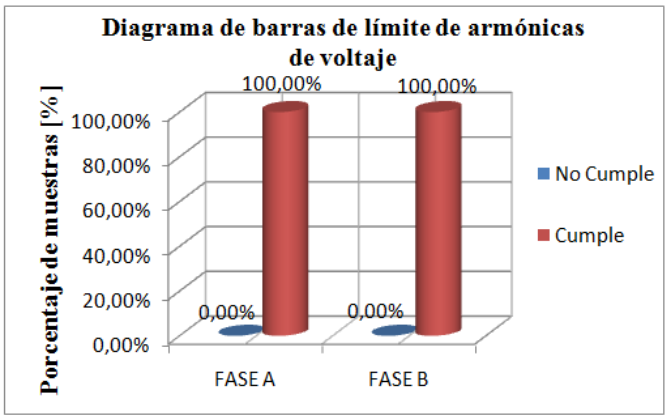

Figura 277. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 89. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
18/04/2010 - 13:10			1.65	
18/04/2010 - 15:40	1.61			
20/04/2010 - 02:40		0.48		
21/04/2010 - 03:30				0.51

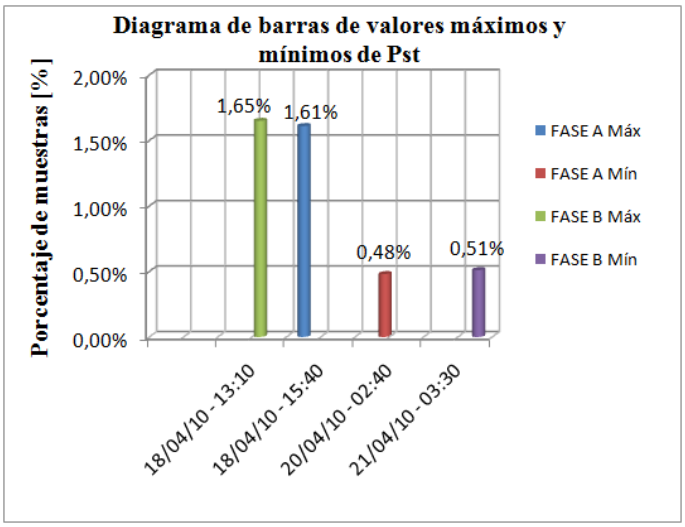

Figura 278. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.2.2.6.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 90. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	115	□ 20%	53
88.60%	11.40%	94.75%	5.25%

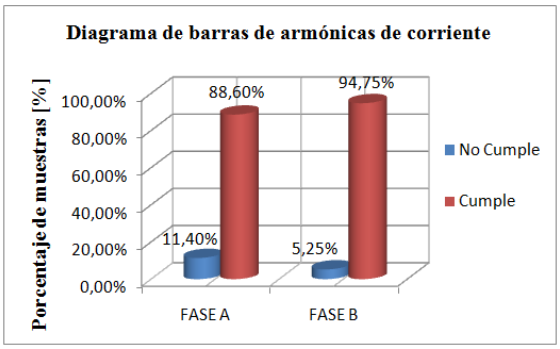

Figura 279. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 91. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
16/04/2010 - 07:10				2.09
20/04/2010 - 00:00		2.76		
20/04/2010 - 13:10	46.9			
21/04/2010 - 09:50			39	

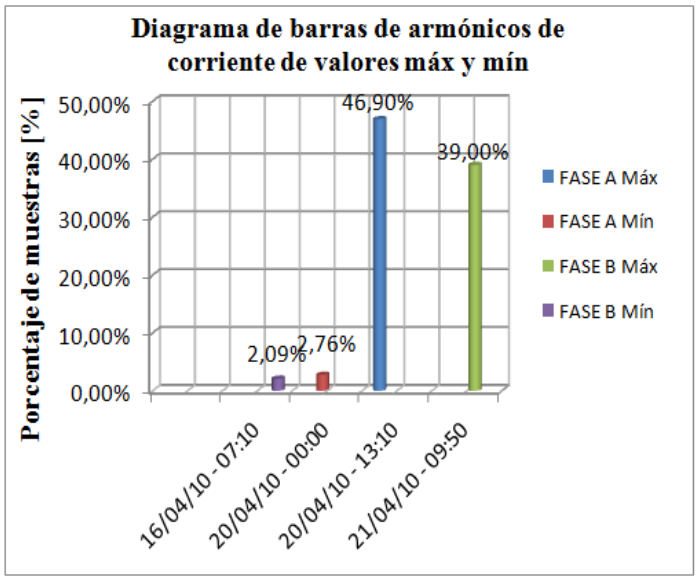

Figura 280. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.2.6.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 92. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
916.73	613.80	765.26

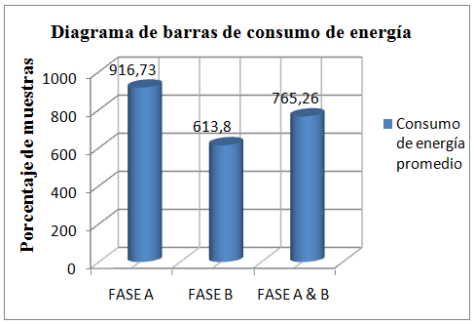

Figura 281. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 93. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
16/04/2010 - 08:30			2150,69	
16/04/2010 - 19:00	2361,09			
20/04/2010 - 07:00				113,69
20/04/2010 - 08:50		276,39		

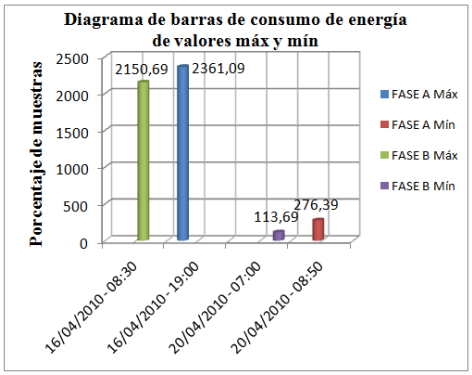

Figura 282. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.2.6.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 94. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.79	0.79	0.79

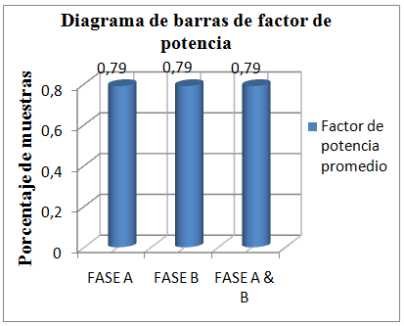

Figura 283. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 95. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
16/04/2010 - 20:10			0,963	
16/04/2010 - 23:50	0,982			
17/04/2010 - 15:40		0,589		
17/04/2010- 17:50				0,533

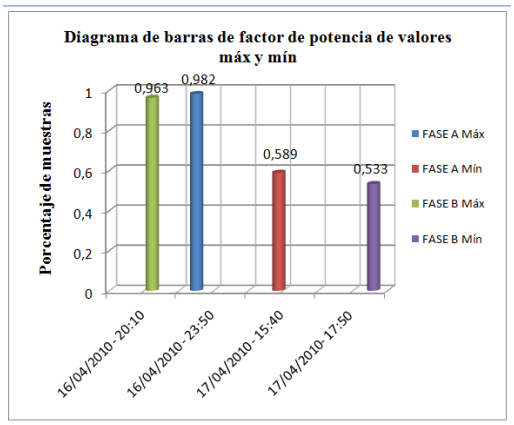

Figura 284. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.2.7. Tabulación de datos del Transformador 10912.

Transformador tipo monofásico con una potencia de 25 KVA, del alimentador 2311 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón, en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona urbana entre Simón Bolívar y Teniente Hugo Ortíz, con una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.2.2.7.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 96. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	0	□ 1 p.u.	0
100%	0,00%	100%	0,00%

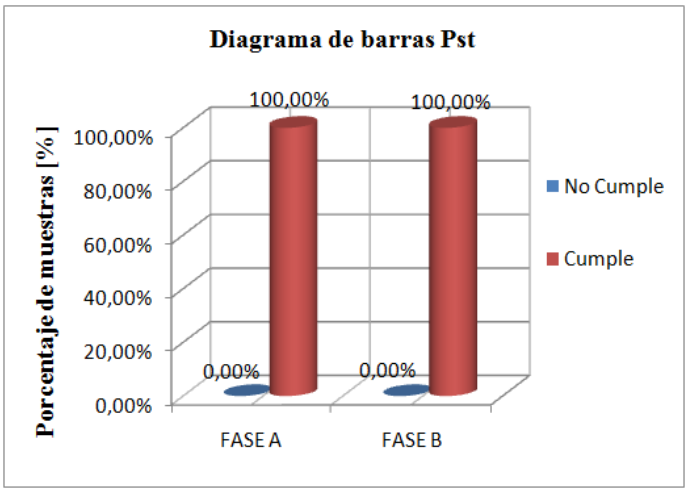

Figura 285. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 97. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
15/04/2010 - 14:30	0,96		0,96	
17/04/2010 - 14:30		0,00		0,00

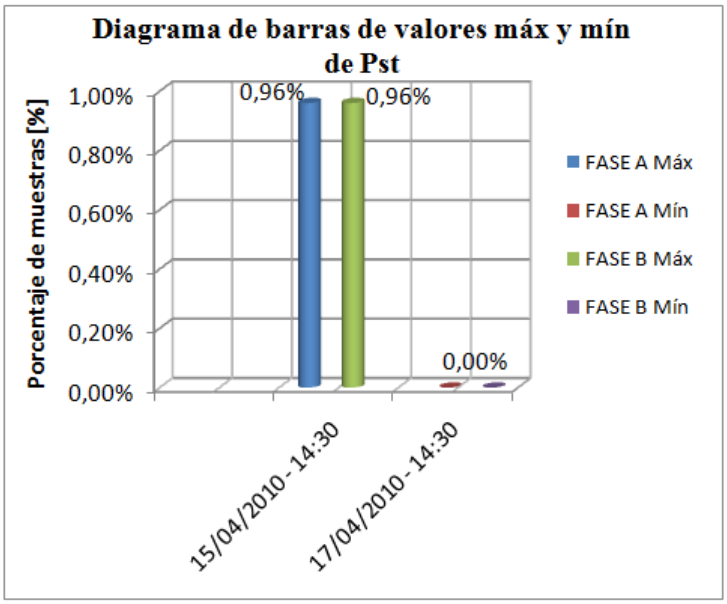

Figura 286. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.2.7.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 98. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

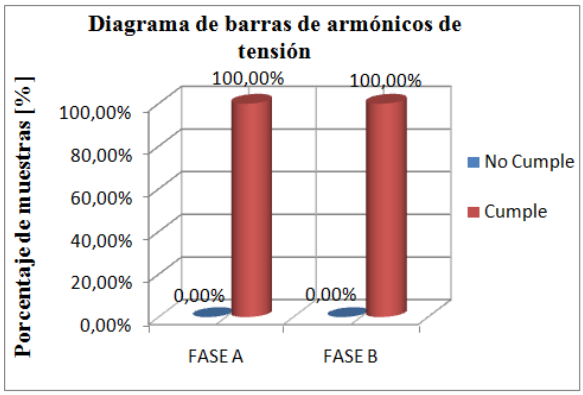

Figura 287. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 99. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
17/04/2010 - 19:20	1.78			
19/04/2010 - 19:30			2.00	
22/04/2010 - 03:30		0.58		0.58

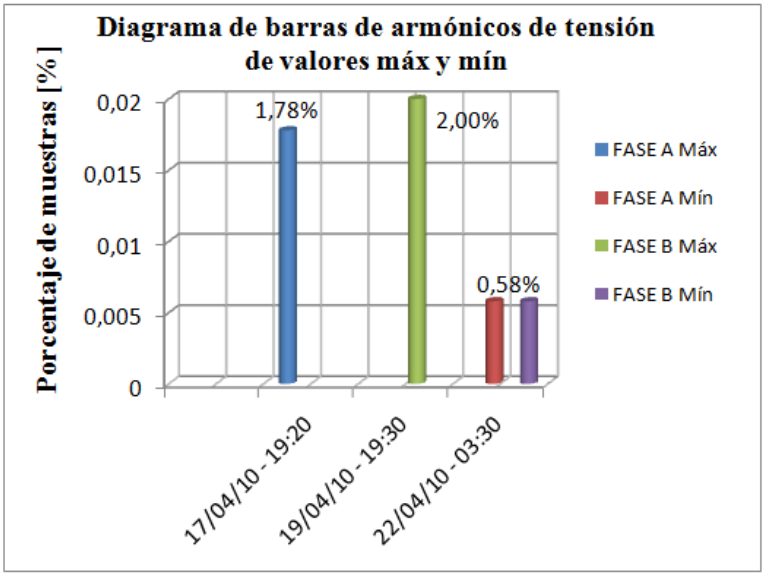

Figura 288. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.2.7.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 100. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	53	□ 20%	136
94.75%	5.25%	86.51%	13.49%

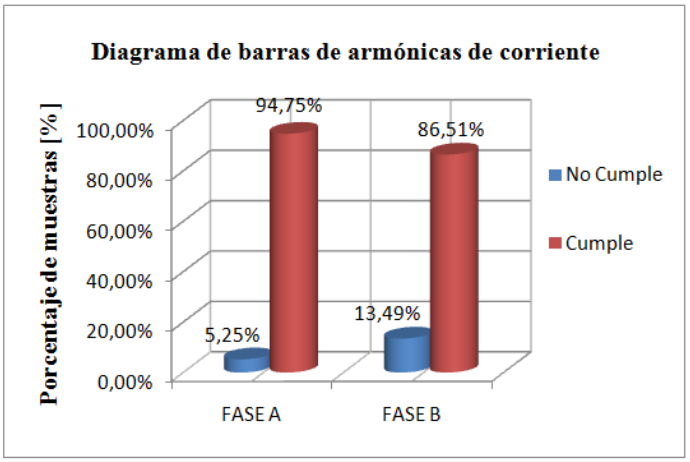

Figura 289. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 101. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases Ay B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
16/04/2010 - 03:40			30.5	
17/04/2010 - 04:40		2.31		
19/04/2010 - 04:10				2.53
19/04/2010 - 22:40	26.8			

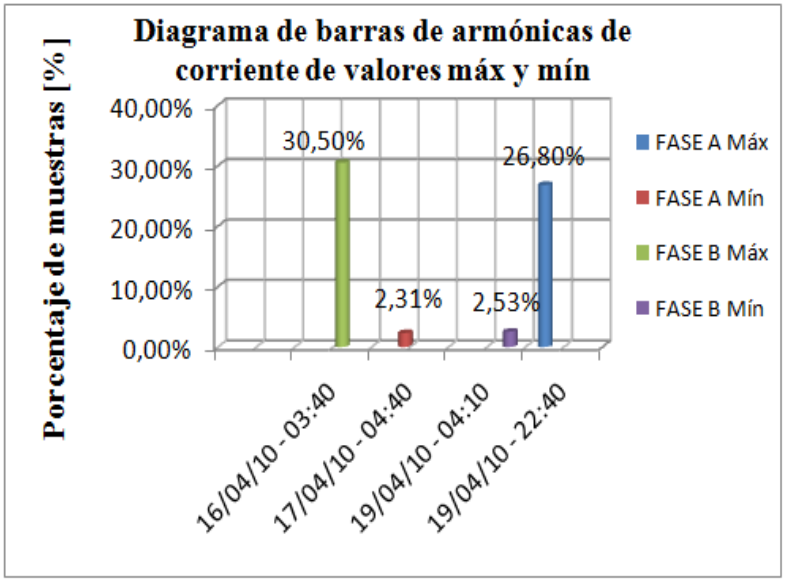

Figura 290. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.2.7.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 102. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
837.42	928.43	882.92

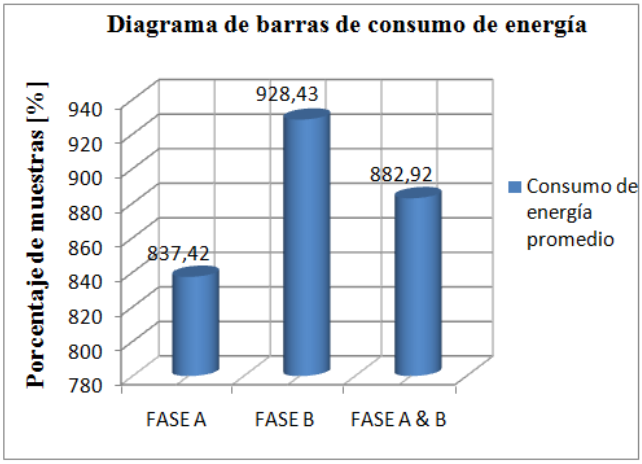

Figura 291. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 103. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
16/04/2010 - 08:40				470,4
16/04/2010 - 20:30			1845,8	
19/04/2010 - 09:00		408,3		
21/04/2010 - 20:10	2120,3			

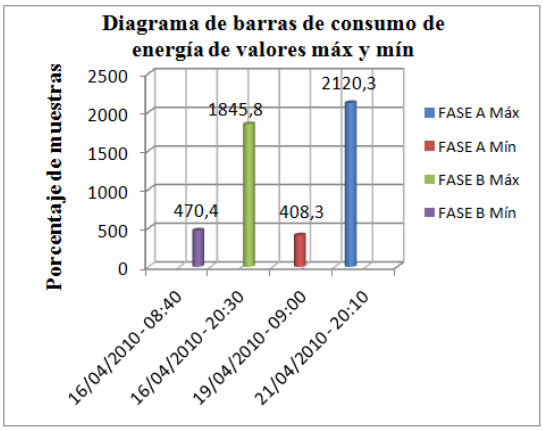

Figura 292. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.2.7.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 104. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	FASE B	FASE A & B
0.85	0.85	0.85

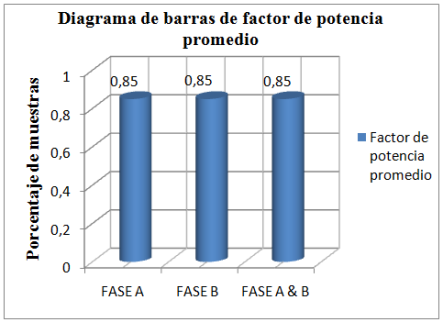

Figura 293. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 105. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
16/04/2010 - 06:50			0,97	
18/04/2010 - 07:10		0,69		
21/04/2010 - 17:10				0,68
21/04/2010 - 20:10	0,97			

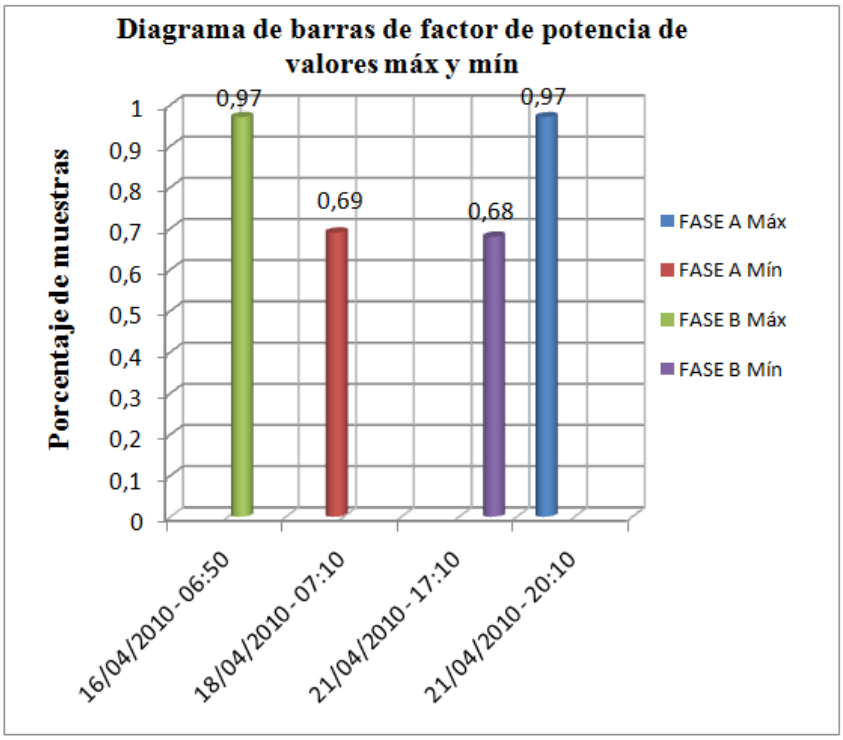

Figura 294. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.2.8. Tabulación de datos del Transformador 10886.

Transformador tipo monofásico con una potencia de 15 KVA, del alimentador 2311 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón, en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona urbana del centro de Limón, con una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.2.2.8.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 106. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	0	□ 1 p.u.	8
100%	0,00%	99,21%	0,79%

Figura 295. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

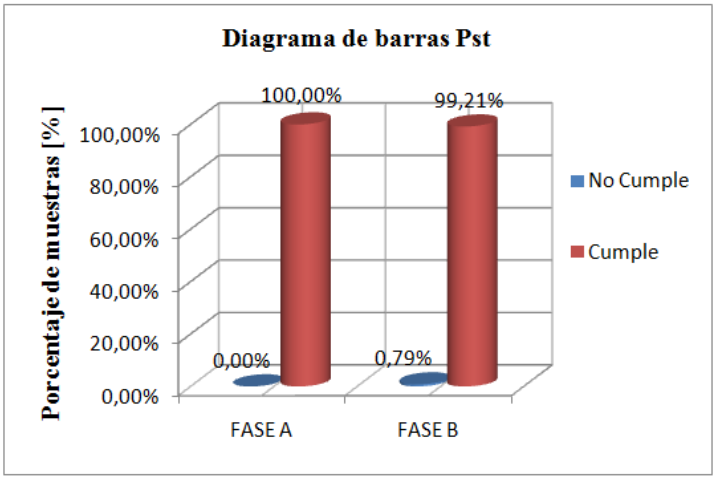

Tabla # 107. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
15/04/2010 - 18:40		0,00		
16/04/2010 - 02:00				0,00
20/04/2010 - 14:00	0,99		1,253	

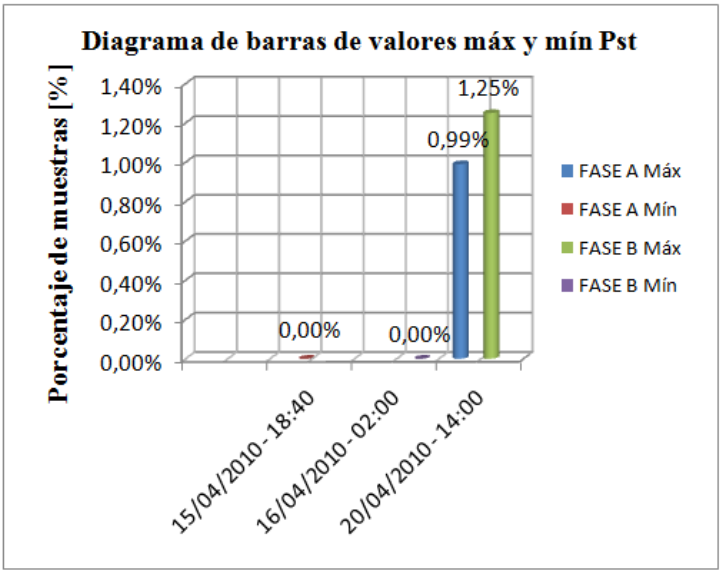

Figura 296. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.2.8.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 108. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

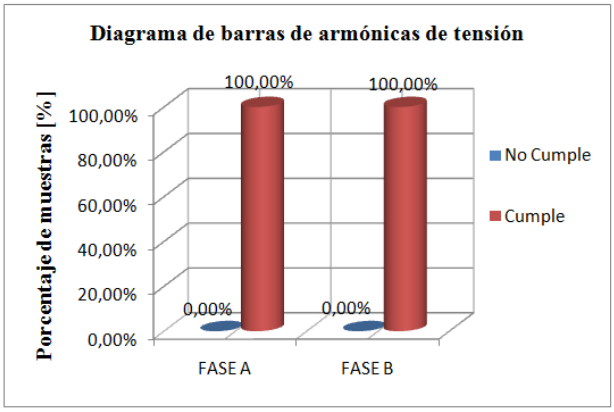

Figura 297. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 109. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
17/04/2010 - 01:50		0.55		
18/04/2010 - 13:00			1.61	
18/04/2010 - 15:50	1.52			
21/04/2010 - 01:50				1.50

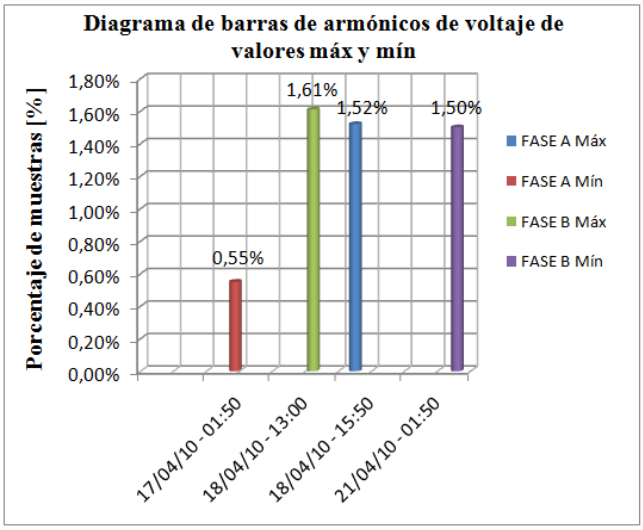

Figura 298. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.2.8.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 110. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	89	□ 20%	205
91.18%	8.82%	79.67%	20.33%

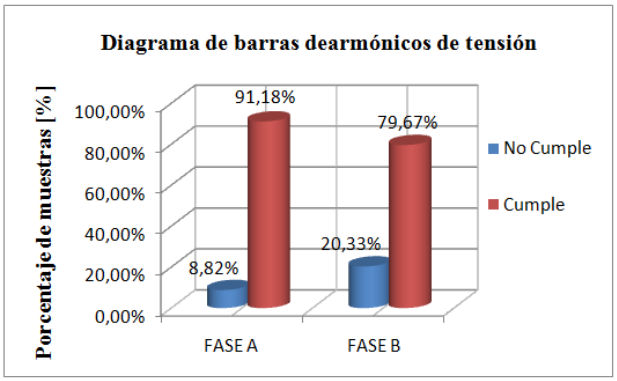

Figura 299. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 111. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
16/04/2010 - 01:00	29.4			
17/04/2010 - 08:10			66.6	
19/04/2010 - 05:30		1.44		
21/04/2010 - 03:00				0.0

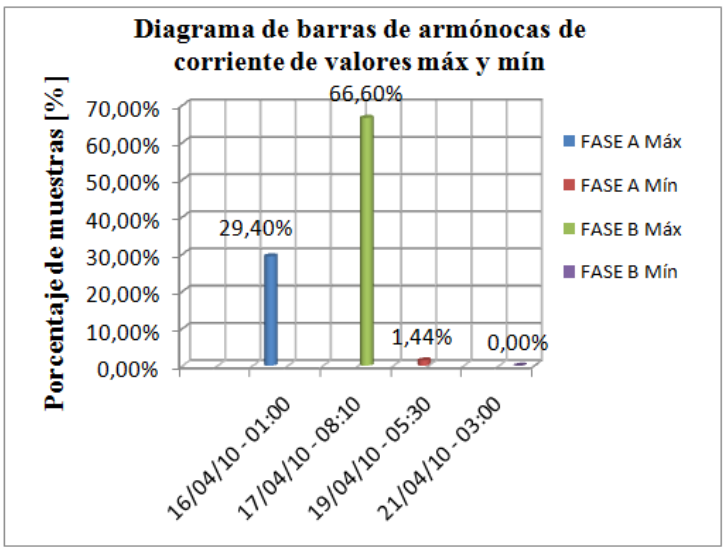

Figura 300. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.2.8.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 112. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
529.01	265.34	397.17

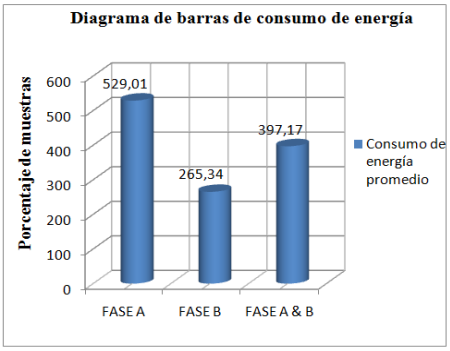

Figura 301. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 113. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
16/04/2010 - 18:50	1548,5			
20/04/2010 - 06:30			757,9	
20/04/2010 - 09:30				39,2
21/04/2010 - 11:10		277,7		

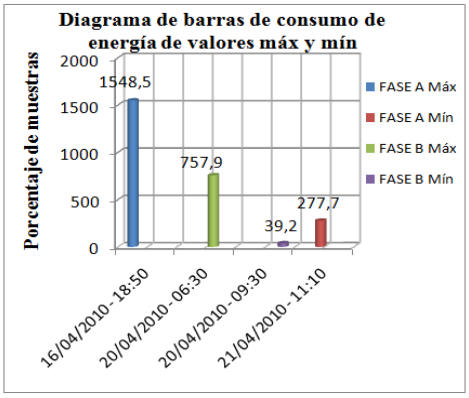

Figura 302. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.2.8.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 114. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.80	0.80	0.80

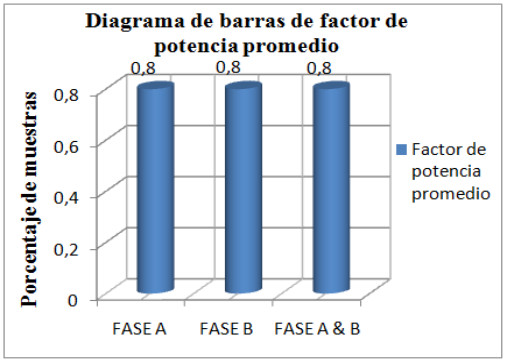

Figura 303. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 115. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
16/04/2010 - 10:30				0,44
17/04/2010 - 07:50		0,57		
17/04/2010 - 19:40	0,97			
18/04/2010 - 04:40			1,00	

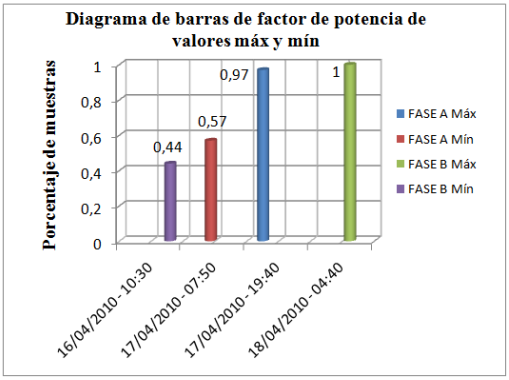

Figura 304. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.3. Descripción, recolección de datos del alimentador urbano rural # 2312 del cantón San Juan Bosco.

Este alimentador presta servicio a los cantones de San Juan Bosco, Gualaquiza y una parte de Limón Indanza, pertenecientes a la provincia de Morona Santiago, con una tensión de 220V fase – fase y 127V fase - neutro, cuenta con 134 transformadores monofásicos y 8 transformadores trifásicos. Las mediciones para este alimentador se las realizó desde el 23 de Octubre al 30 de Octubre del 2010, como se indica en la norma CONELEC-004/01. Estas mediciones fueron proporcionadas por la EERCS C.A.

3.2.3.1. Transformador 10127.

Este transformador es de tipo monofásico de 25 KVA, con una potencia aparente de consumo de 7,7 KVA, tiene una tensión de 240V entre fase - fase y 120V entre fase - neutro, se encuentra ubicado en una zona rural del cantón Limón Indanza de la parroquia San Juan Bosco. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 21275, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 11:40 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 11:30, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.3.1.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe una muestra mayor al límite (P_{st} 1), lo que un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.90%), en la fase B existen dieciocho muestras mayores al límite (1 p.u. 1.79%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 98.21%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

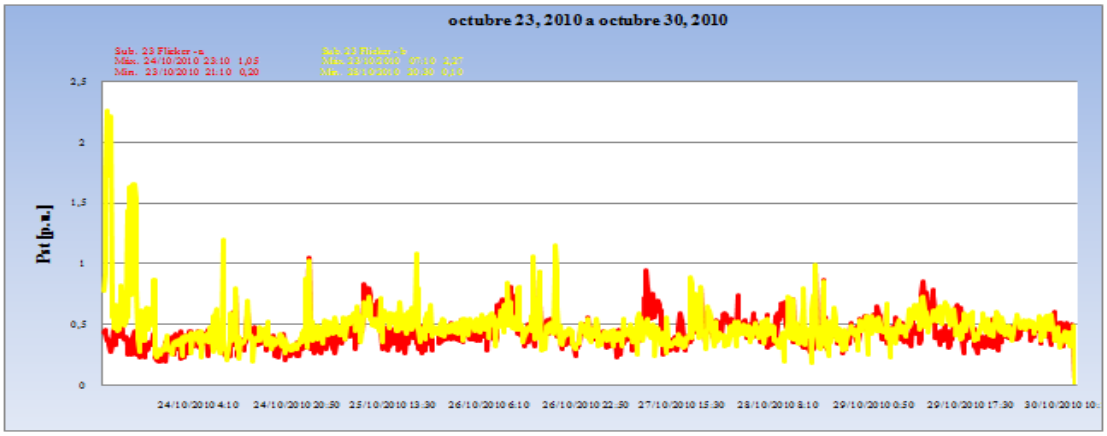

Figura 305. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay una muestra que supera el límite, la cual es el día 24 de Octubre del 2010 a las 23:10, con un valor máximo de $P_{st} = 1{,}05$ y el valor mínimo es el día 23 de Octubre del 2010 a las 21:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}196$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}43\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

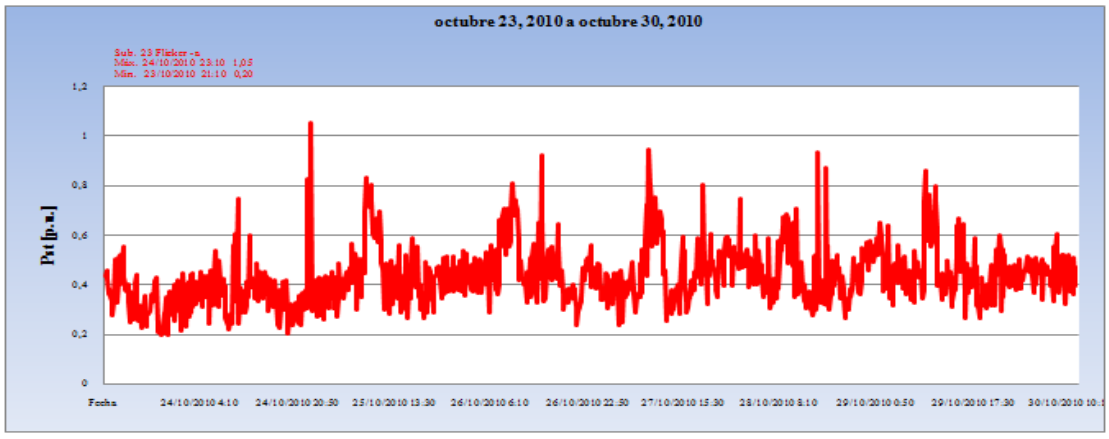

Figura 306. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que existen dieciocho muestras mayores al valor de P_{st} con un máximo a las 12:50 con un valor $P_{st} = 2{,}22$, y un valor mínimo se presenta el día 28 de Octubre del 2010 a las 14:00, con un valor de $P_{st} = 0{,}18$ teniendo promedio de $P_{st} = 0{,}48\ [p.u.]$.

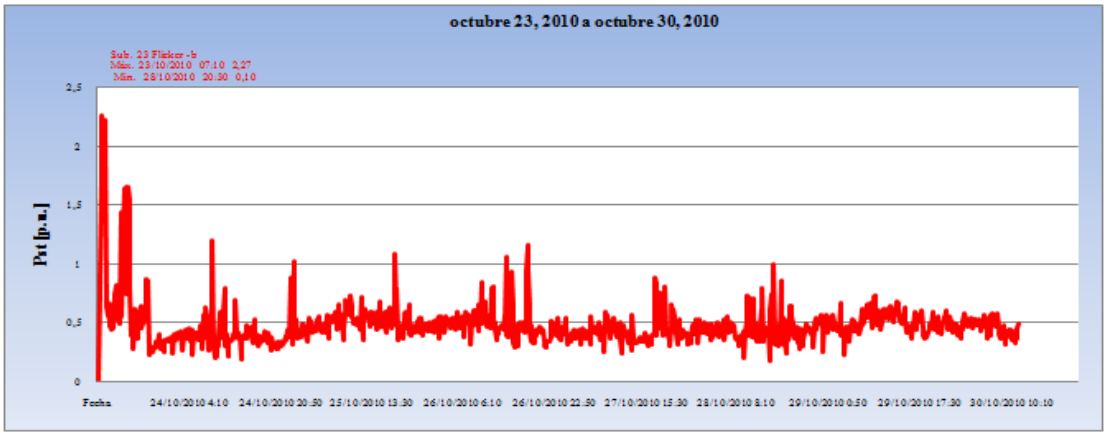

Figura 307. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, el flicker presente en la fase A fue el día domingo 24 de Octubre en horas de la noche, en cambio en la fase B se presentarón flickers durante cinco días, siendo el sábado 23 el día que presento mayores problemas en el lapso de las 12:00 hasta las 13:00 y desde las 16:00 hasta las 17:00.

3.2.3.1.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 3.64$ en la fecha 28 de Octubre del 2010 a las 19:50 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 1.63$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 02:50.

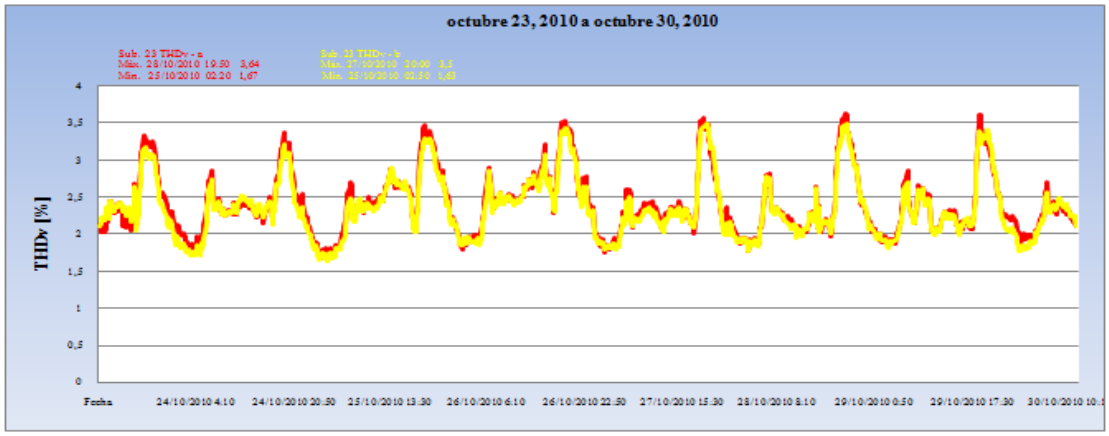

Figura 308. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 28 de Octubre del 2010 a las 19:50 con un valor de $THD_V = 3.64$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 02:20 con un valor de $THD_V = 1.67$ llegando a ser el valor mínimo.

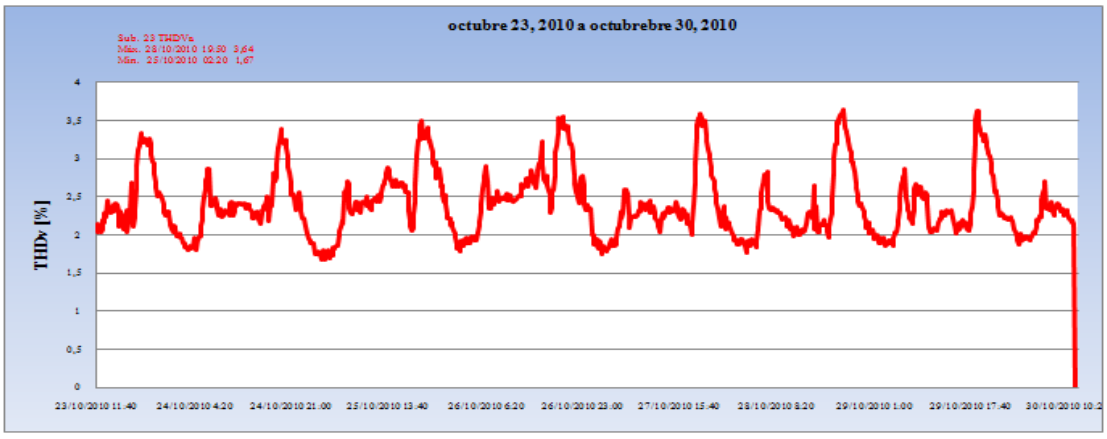

Figura 309. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 27 de Octubre del 2010 a las 20:00 con un valor de $THD_V = 3.50$

llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 02:50 con un valor de $THD_V = 1.63$ llegando a ser el valor mínimo.

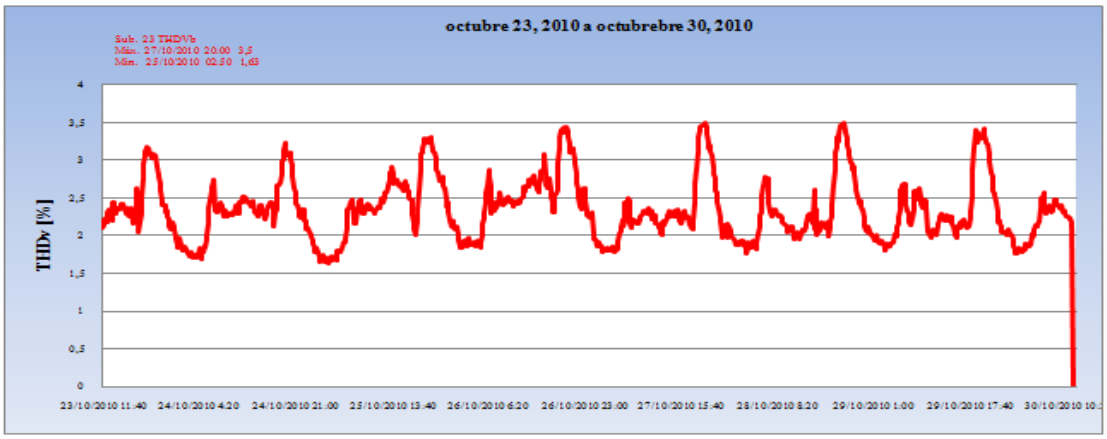

Figura 310. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión para este transformador monofásico están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.3.1.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 110127 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 7.58 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 92.41 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.49 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 99.51 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 14.68 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 85.31 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida, tener en cuenta que la fase B tiene un cierto contenido de armónicas de corriente las cuales pueden afectar a equipos o generar pérdidas mayores a este transformador a un

futuro cercano. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 11.69$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 37.20$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 16:10 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 2.09$ en la fecha 24 de Octubre del 2010 a las 01:30.

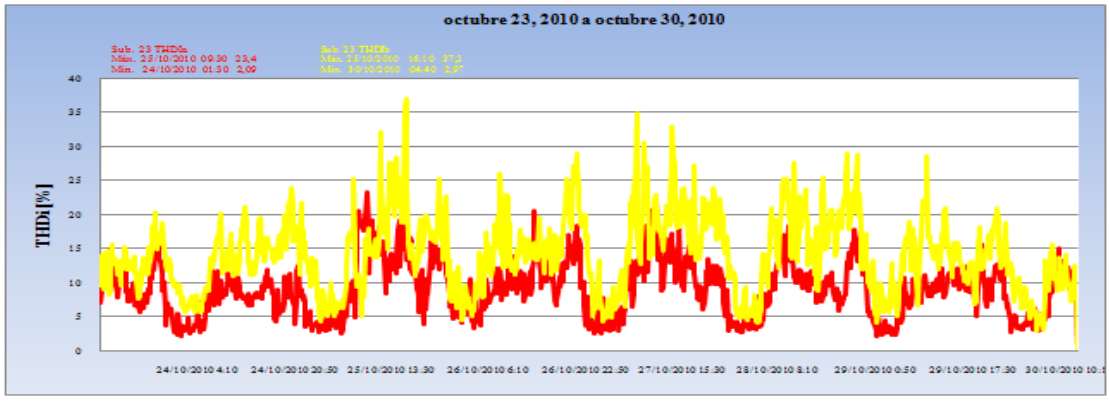

Figura 311. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 5 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.49%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 99.51%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 25 de Octubre del 2010 a las 09:30 con un valor de $THD_I = 23.40$ llegando a ser el valor máximo y el día 24 de Octubre del 2010 a las 01:30 con un valor de $THD_I = 2.09$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 09.17$.

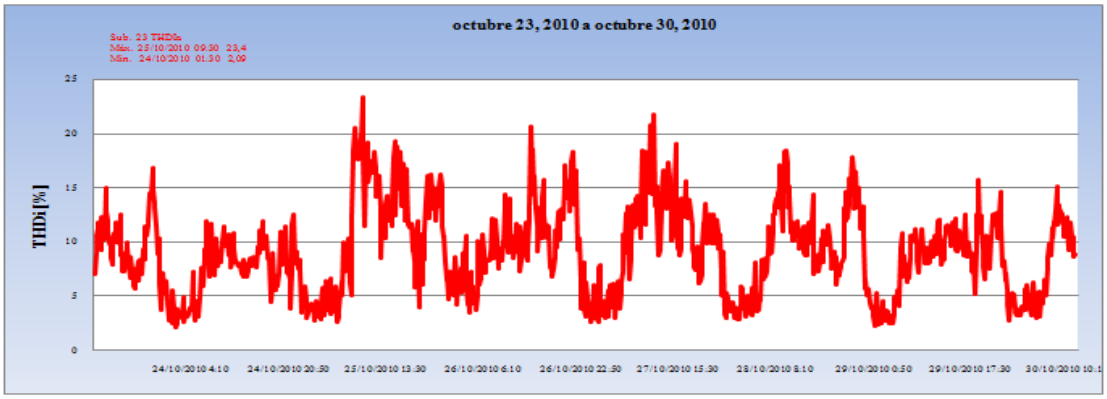

Figura 312. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 148 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 14.68%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 85.31%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 25 de Octubre del 2010 a las 16:10 con un valor de $THD_I = 37.20$ llegando a ser el valor máximo y el día 30 de Octubre del 2010 a las 04:40 con un valor de $THD_I = 2.97$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 14.22$.

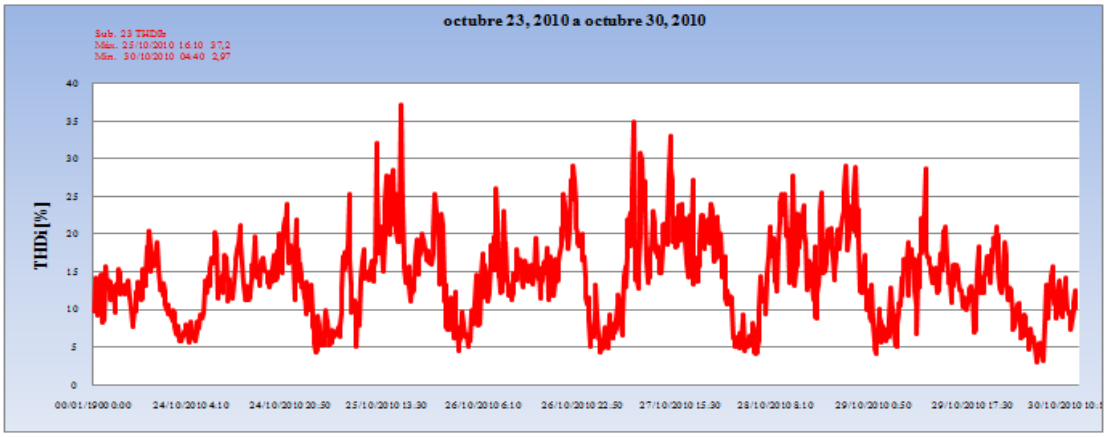

Figura 313. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, la fase B tiene un porcentaje de armónicas de corriente debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase, quedando este transformador con armónicas de corriente para un futuro cercano, se podría mejorar este para no tener problemas ya que es más fácil y menos costoso reparar las armónicas de corriente que cambiar el transformador para tener un menor porcentaje de armónicas.

3.2.3.1.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

En este punto se determina el consumo de energía de las fases A y fase B durante el periodo de medición que comenzó el día 23 de Octubre de 2010 a las 11:40 hasta el día 30 de Octubre de 2010 a las 11:30, con un tiempo total de 168 horas.

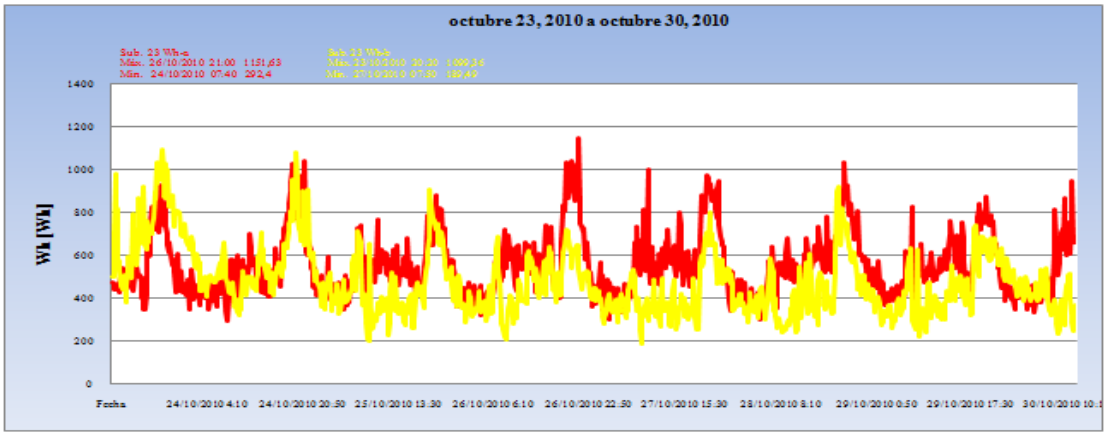

Figura 314. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1151{,}63\ [Wh]$ el día 26 de Octubre de 2010 a las 21:00 y un consumo mínimo de $Wh = 292{,}4\ [Wh]$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 07:40, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 555\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 559{,}45\ [KWh]$.

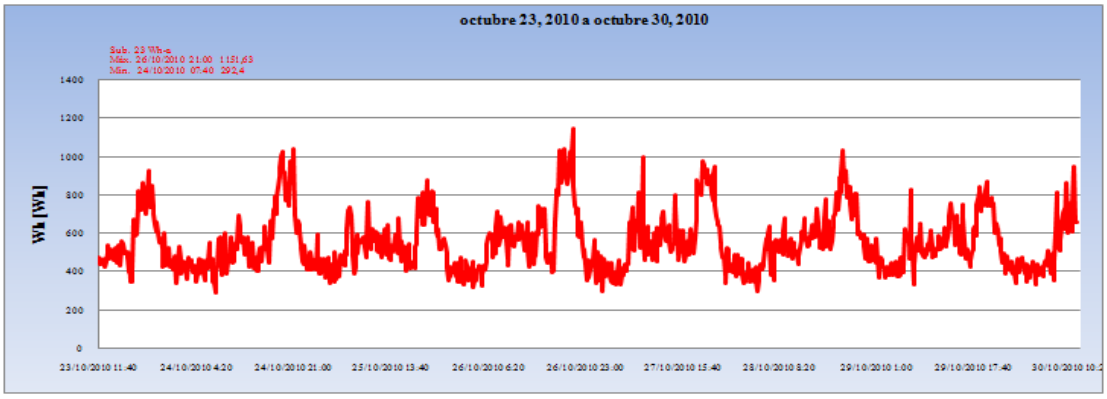

Figura 315. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1099{,}36\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 20:20 y un consumo mínimo de $Wh = 189{,}49\ [Wh]$ el día 27 de Octubre de 2010 a las 07:50, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 478{,}52\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 482{,}36\ [KWh]$.

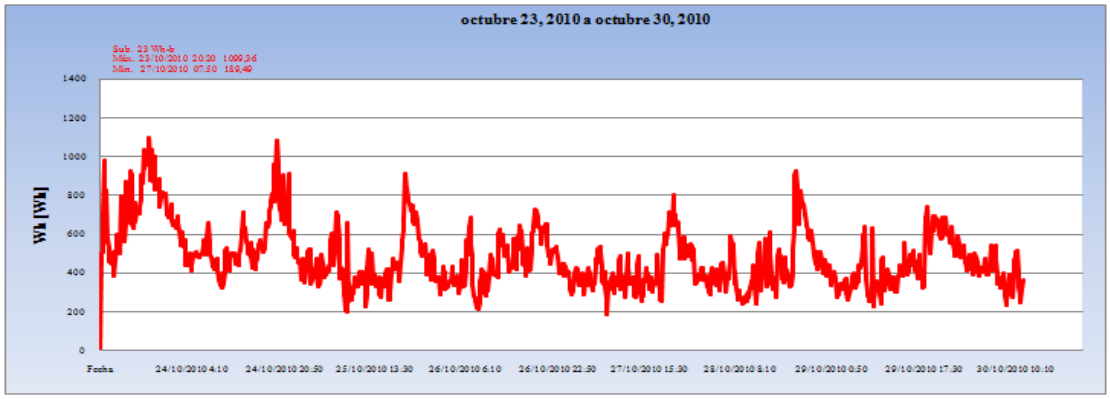

Figura 316. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo total de energía de la fase A es mucho más alto que el de la fase B, los consumos se presentan en el lapso de las 18:00 hasta las 22:00 todos los días.

3.2.3.1.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se determina el factor de potencia de las dos fases durante el periodo de medición que empezó el día 23 de Octubre de 2010 a las 11:40 hasta el día 30 de Octubre de 2010 a las 11:30, en donde se observa que las curvas se mantienen entre $Fp = 0.54$ y $Fp = 0.98$. Además para este transformador 10121 no se está cumpliendo con la regulación establecida ya que presenta un factor de potencia por debajo del límite debiendo tomar posibles soluciones o adecuaciones para la mejora, debido a los problemas que esto ocasiona a dicha empresa de distribución.

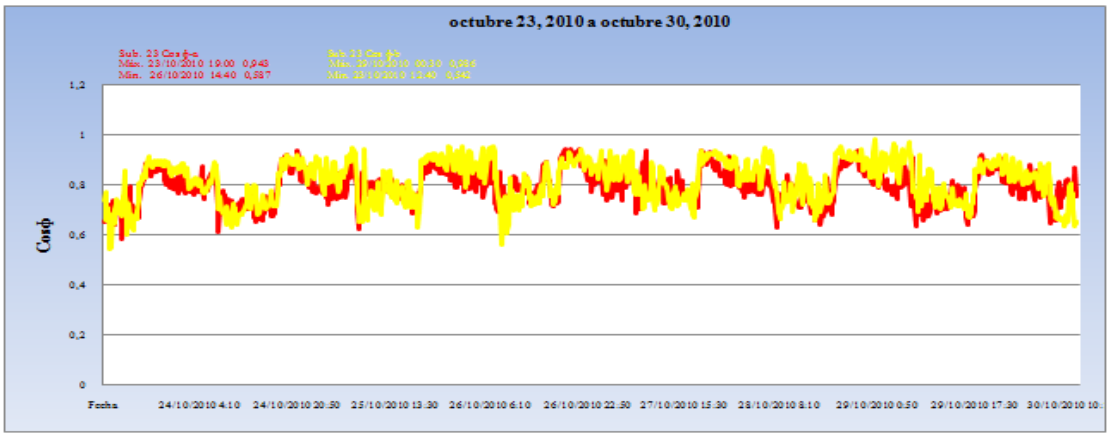

Figura 317. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, tiene un máximo de $Fp = 0.94$ el día 26 de Octubre de 2010 a las 19:00 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.58$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 14:40, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.79$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

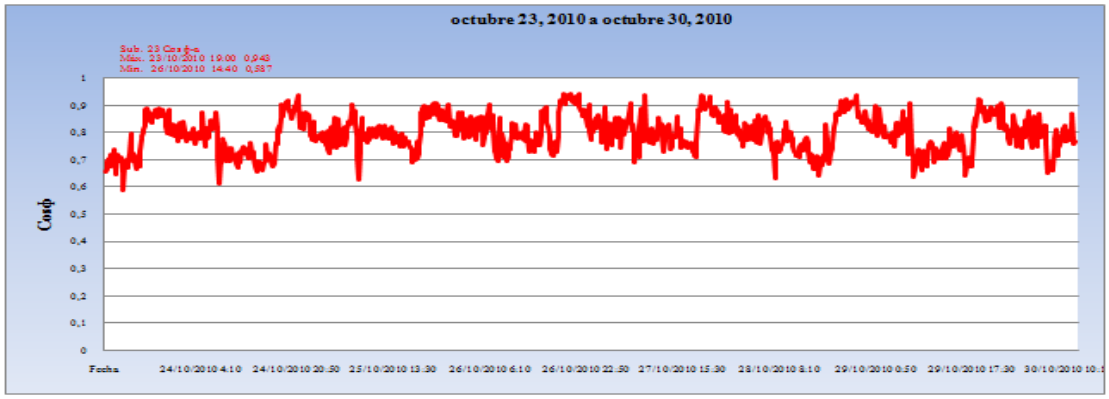

Figura 318. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 0.98$ el día 29 de Octubre de 2010 a las 00:30 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.54$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 12:40, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.81$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

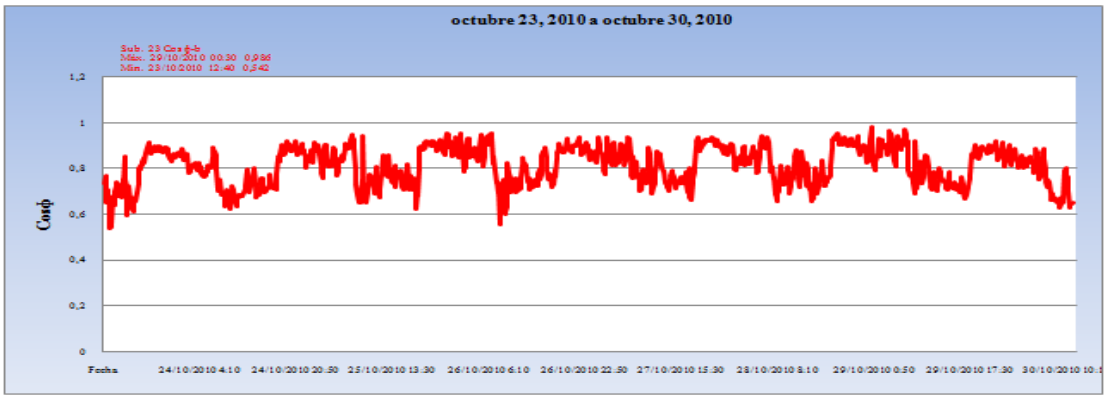

Figura 319. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Como se puede observa, las curvas del factor de potencia varían durante todo el día, en donde su valor es mayor en horas de la madrugada y es bajo en horas del día, sobre todo al medio día, sin cumplir con el límite establecido.

3.2.3.2. Transformador 10413.

Este transformador es de tipo monofásico de 15 KVA, con una potencia aparente de consumo de 2,53 KVA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona rural de la parroquia Pan de Azúcar perteneciente al cantón Limón Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 21270, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 13:10 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 13:20, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.3.2.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Se analiza las gráficas en conjunto para poder determinar si exceden el límite permitido por la norma, en donde se observa que en la fase A existe cincuenta muestras mayores al límite (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 4,96%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 95,04%), en la fase B existen tres muestras mayores al límite (1 p.u. 0,30%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99,70%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

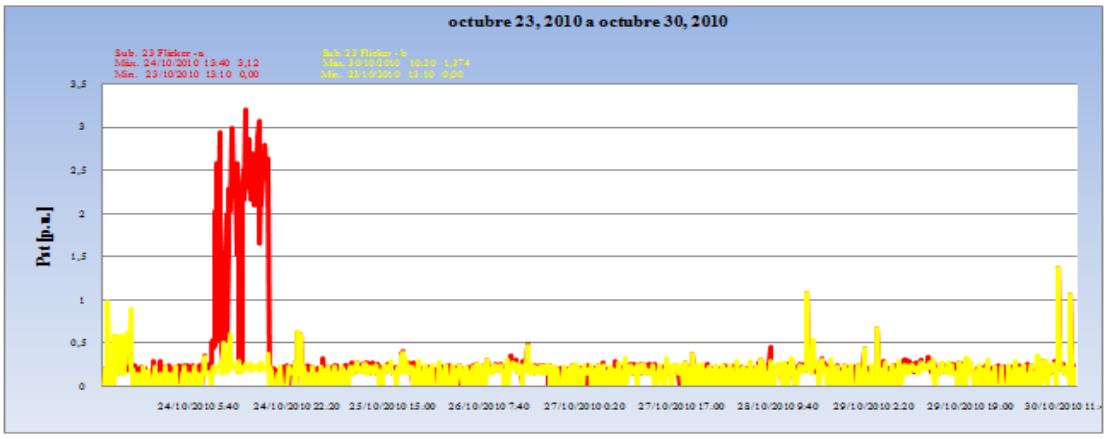

Figura 320. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, hay cincuenta muestras que superan el valor del límite establecido, las cuales se presentaron el día 24 de Octubre durante todo el día, con valores que están entre $P_{st} = 1.55$ y $P_{st} = 3.22$, el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 13:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}0$ teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}28\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

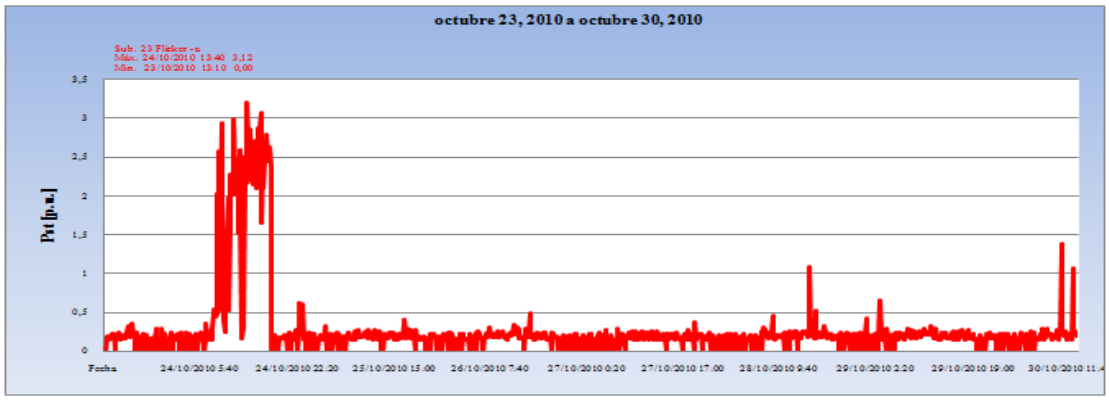

Figura 321. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que existen tres muestras mayores al valor de P_{st} máximo en donde la primera muestras se presentó el día 28 de Octubre desde las 14:50 con un valor $P_{st} = 1{,}09$, la segunda fue el día 30 de Octubre a las 10:20 con un $P_{st} = 1{,}37$ y la última el mismo día pero a las 12:20 con un valor $P_{st} = 1{,}06$ y el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 13:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$ teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}14\ [p.u.]$.

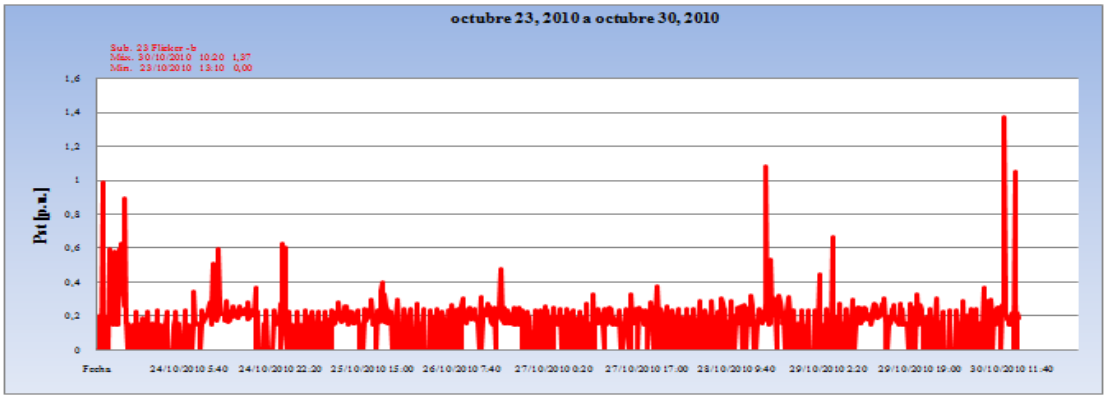

Figura 322. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, el flicker presente en la fase A fue el día domingo 24 de Octubre durante todo el día, por lo que durante ese día se instaló una carga temporal en esta fase, en cambio en la fase B se presentaron durante dos días, siendo el sábado 30 el día que presentó dos muestras que superaron el límite.

3.2.3.2.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.97$ en la fecha 27 de Octubre del 2010 a las 20:40 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 1.32$ en la fecha 23 de Octubre del 2010 a las 18:00.

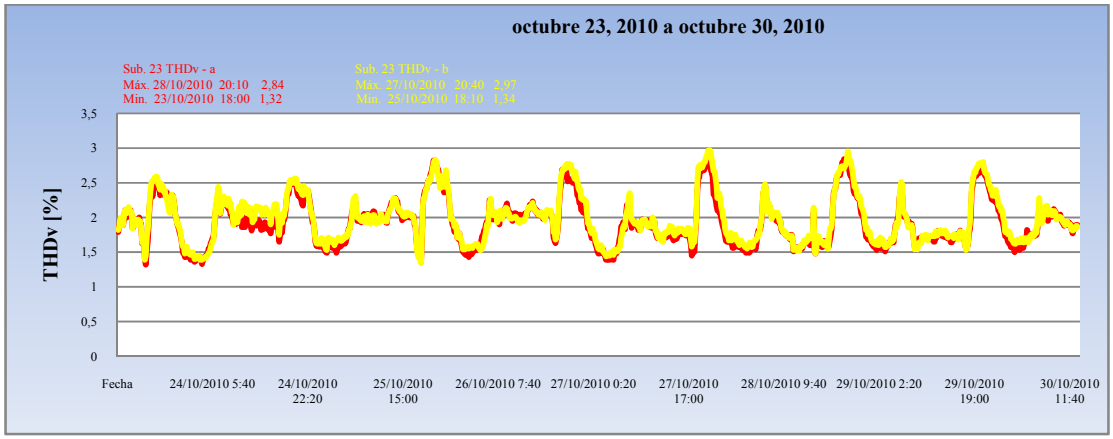

Figura 323. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 28 de Octubre del 2010 a las 20:10 con un valor de

$THD_V = 2.84$ llegando a ser el valor máximo y el día 23 de Octubre del 2010 a las 18:00 con un valor de $THD_V = 1.32$ llegando a ser el valor mínimo.

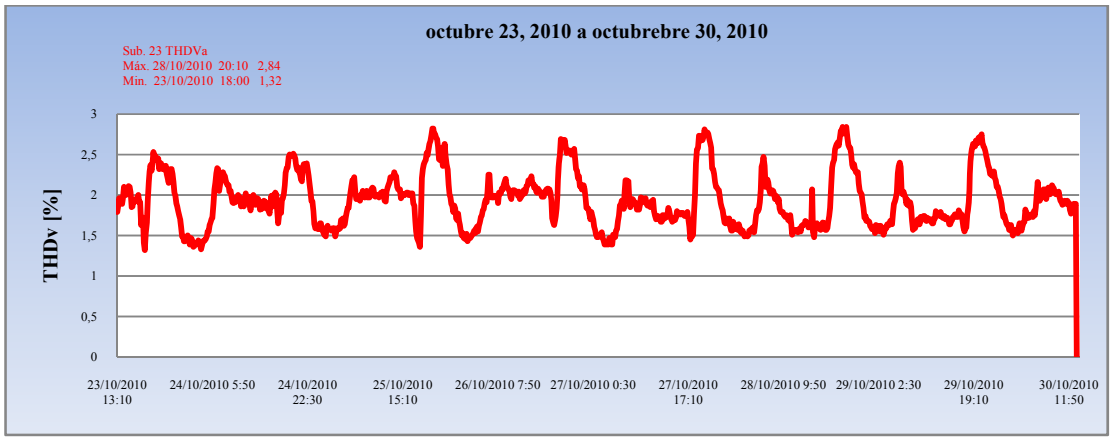

Figura 324. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 27 de Octubre del 2010 a las 20:40 con un valor de $THD_V = 2.97$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 18:10 con un valor de $THD_V = 1.34$ llegando a ser el valor mínimo.

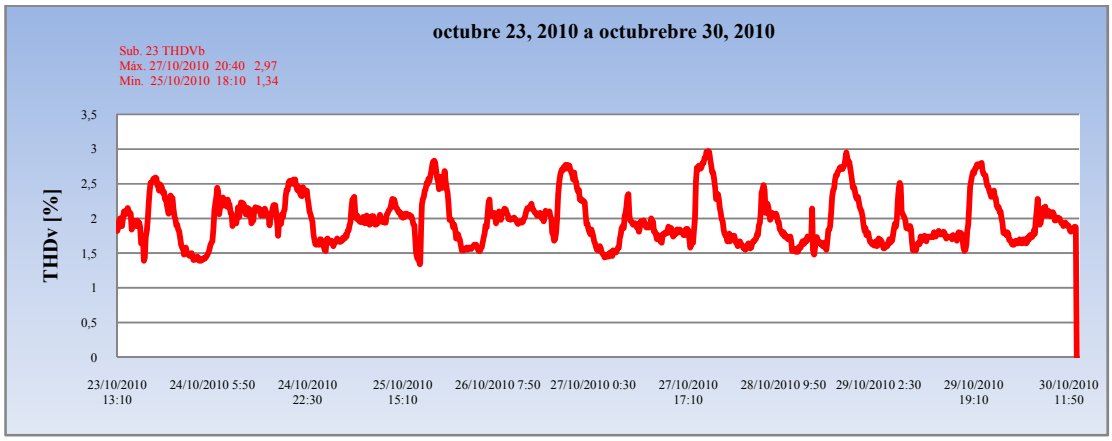

Figura 325. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión para este transformador monofásico está dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.3.2.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10413 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 3.32 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 96.68 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 4.96 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 95.04 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 1.68 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.32 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida, tener en cuenta que la fase A tiene un cierto contenido de armónicas de corriente las cuales pueden afectar a equipos o generar pérdidas mayores a este transformador a un futuro cercano. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 8.87$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 50.80$ en la fecha 26 de Octubre del 2010 a las 07:50 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 26 de Octubre del 2010 a las 10:30.

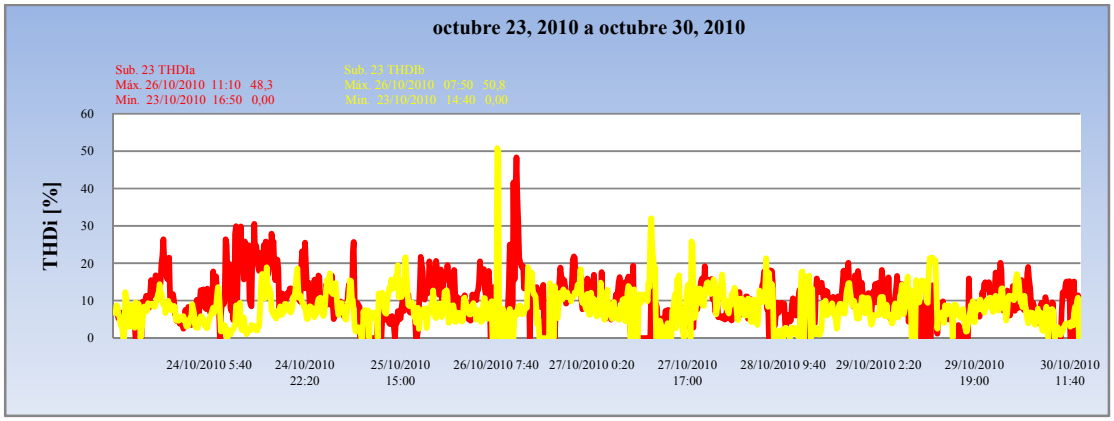

Figura 326. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 50 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 4.96%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 95.04%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 26 de Octubre del 2010 a las 11:10 con un valor de $THD_I = 48.30$ llegando a ser el valor máximo y el día 26 de Octubre del 2010 a las 10:30 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 09.81$.

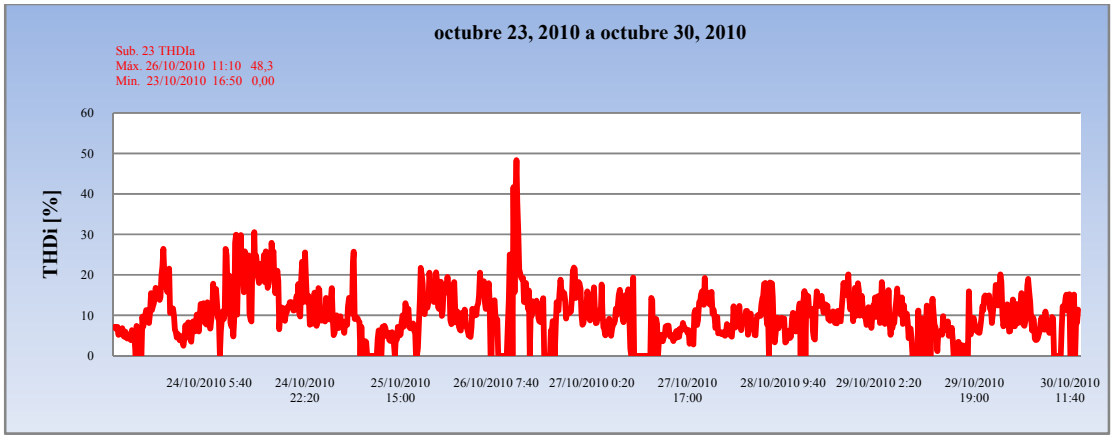

Figura 327. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 17 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 1.68%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 98.32%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 26 de Octubre del 2010 a las 07:50 con un valor de $THD_I = 50.80$ llegando a ser el valor máximo y el día 26 de Abril del 2010 a las 10:30 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 07.93$.

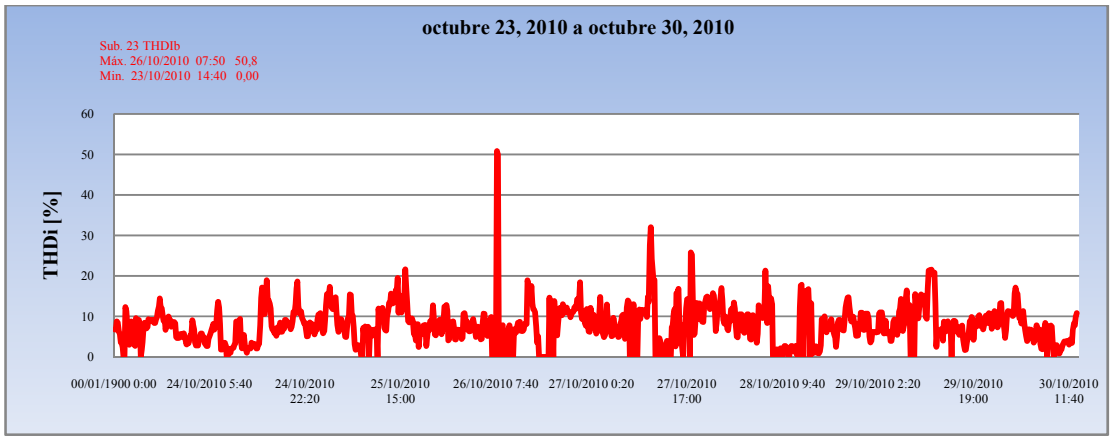

Figura 328. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, la fase A tiene un porcentaje bajo de armónicas de corriente debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase y la fase B también tiene un porcentaje bajo de armónicas de corriente debido a su bajo porcentaje de cargas.

3.2.3.2.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

Ahora se grafica las curvas de consumo de energía la empezó el día 23 de Octubre de 2010 a las 13:10 hasta el día 30 de Octubre de 2010 a las 13:20, con un tiempo total de 168 horas.

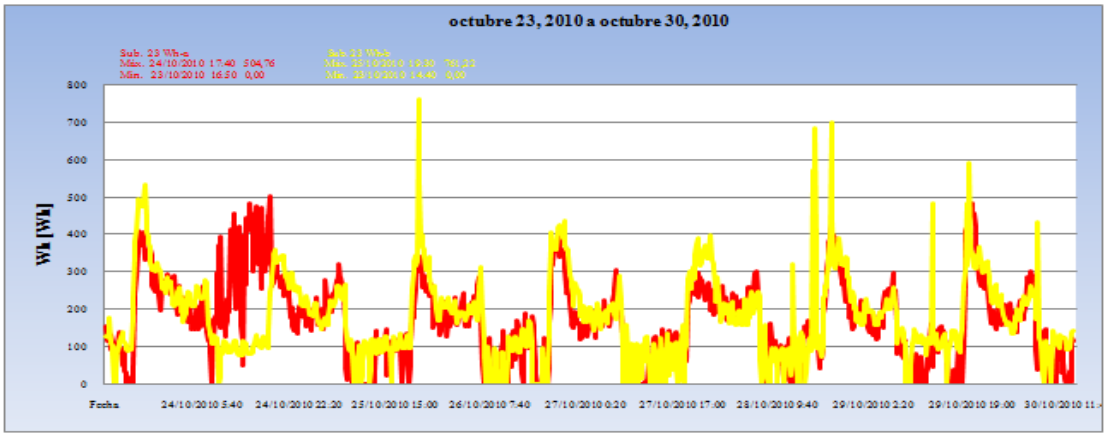

Figura 329. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 504.76\ [Wh]$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 17:40 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 16:50, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 169.62\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 170.98\ [KWh]$.

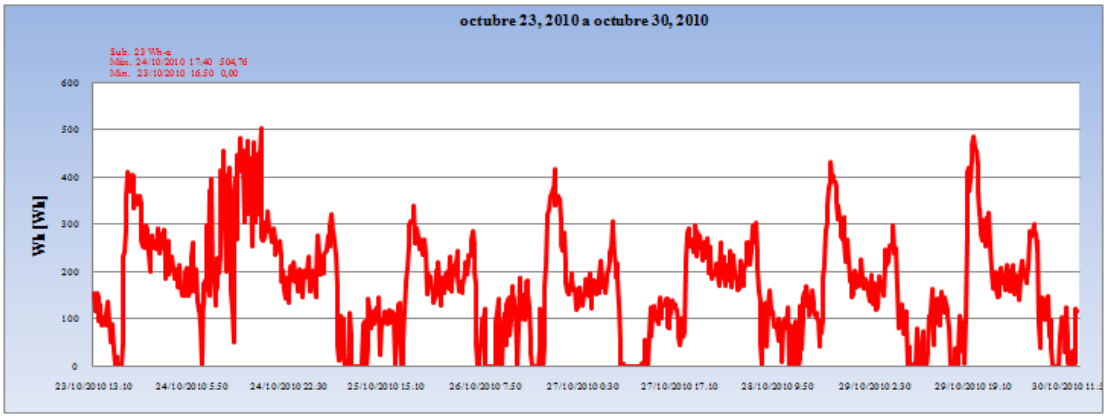

Figura 330. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 761.22\ [Wh]$ el día 25 de Octubre de 2010 a las 19:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 14:20, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 178.48\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 179.71\ [KWh]$.

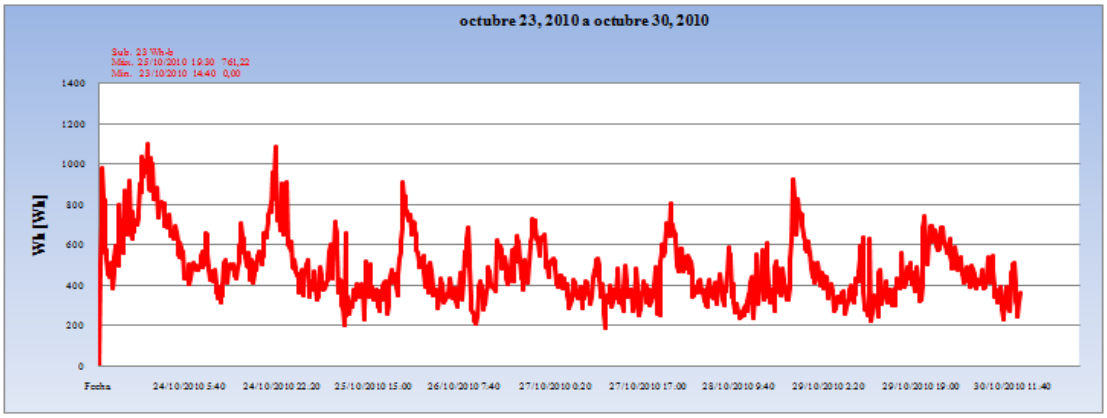

Figura 331. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Al igual que los datos anteriores, los valores de consumo de energía de las fases de este transformador son casi iguales, en donde se puede notar que hay muestras en la fase A que tienen un valor de cero, esto se debe a que en ese momento no hay consumo de corriente y que la fase B posee unos picos en determinados instantes debido a conexión de cargas temporales o de gran potencia.

3.2.3.2.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

Finalmente se determina el factor de potencia de las dos fases, en donde se puede observa que existen variaciones de la curva entre los valores de $Fp = 0.5$ y $Fp = 1$. Estando por debajo del límite establecido.

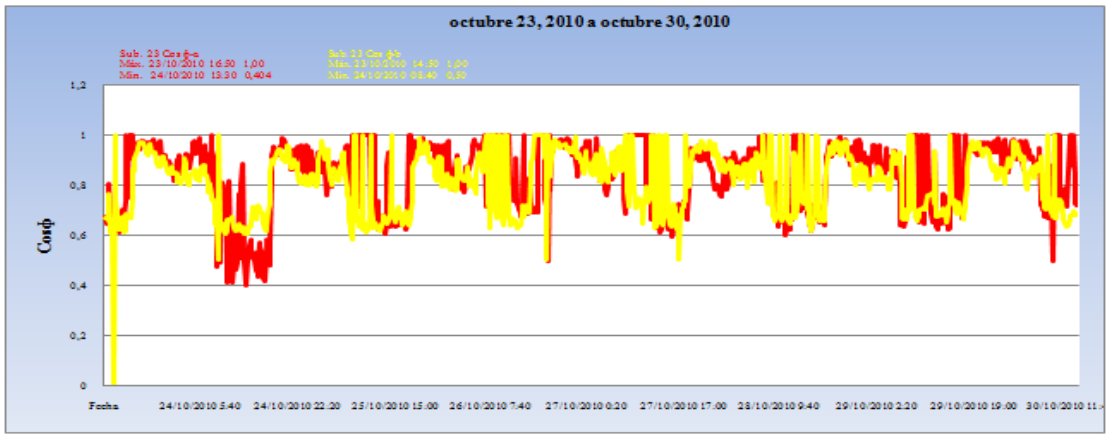

Figura 332. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 16:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.40$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 13:30, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.84$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

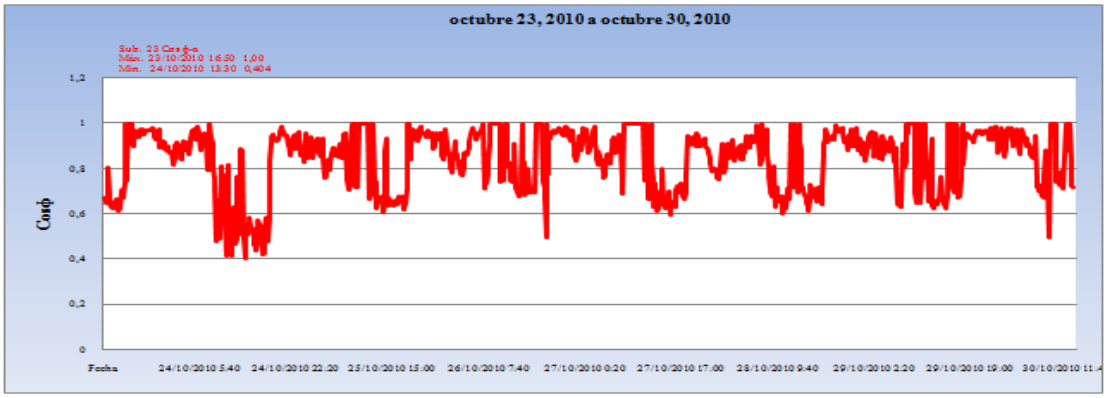

Figura 333. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 14:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.50$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 08:40, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.81$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

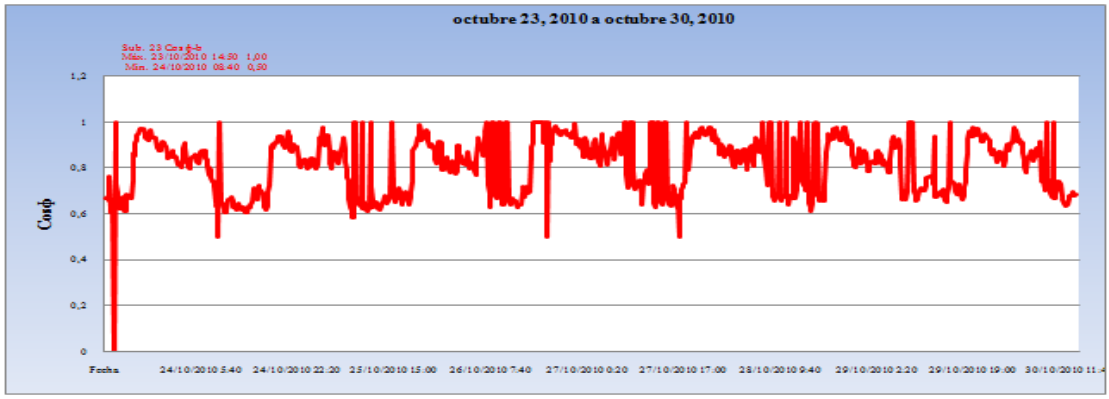

Figura 334. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Como se puede observa, las curvas del factor de potencia varían durante todo el día, en donde su valor máximo se presenta desde las 14:00 hasta las 16:00 y el resto del día su valor es variable como se puede observar en la gráfica. Este está por debajo del límite establecido o por momentos debido a la conexión de cargas puntuales mejora el nivel de factor de potencia por momentos y luego decrece a un valor por debajo del límite con variaciones bastante bruscas y quedando en factores de potencia bajos ocasionando pérdidas y problemas en los equipos.

3.2.3.3. Transformador 10432.

Este transformador es de tipo monofásico de 15 KVA, con una potencia aparente de consumo de 261VA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona rural del cantón Limón Indanza de la parroquia Indanza, perteneciente al sector Plan de Milagro. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 21267, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 18:10 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 18:00, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.3.3.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

De las mediciones tomadas a este transformador, se tiene que existe una muestra en cada fase que excede el límite permitido por la norma (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0,10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99,90) de lo que se concluye que este transformador cumple con la regulación establecida.

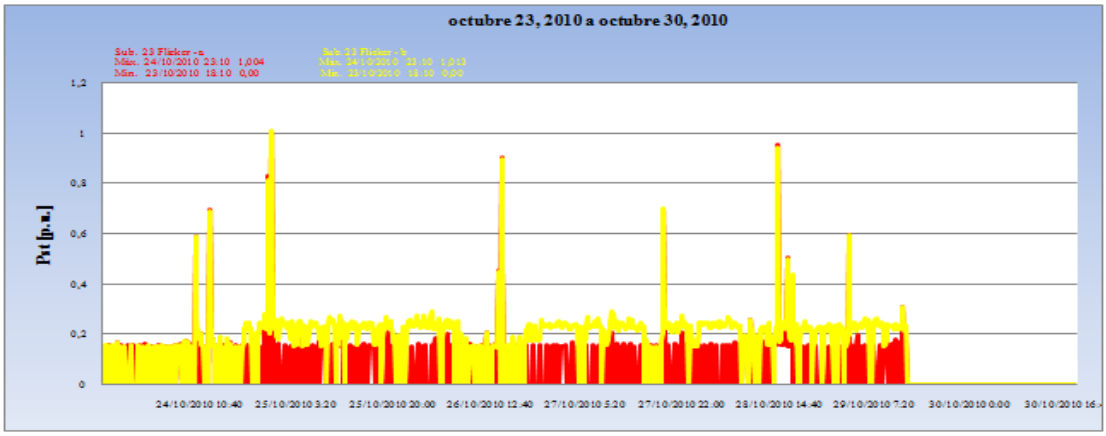

Figura 335. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay una muestra que supera el límite, con un valor máximo el día 24 de Octubre del 2010 a las 23:10, con un valor de $P_{st} = 1{,}004$ y el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 18:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}07\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

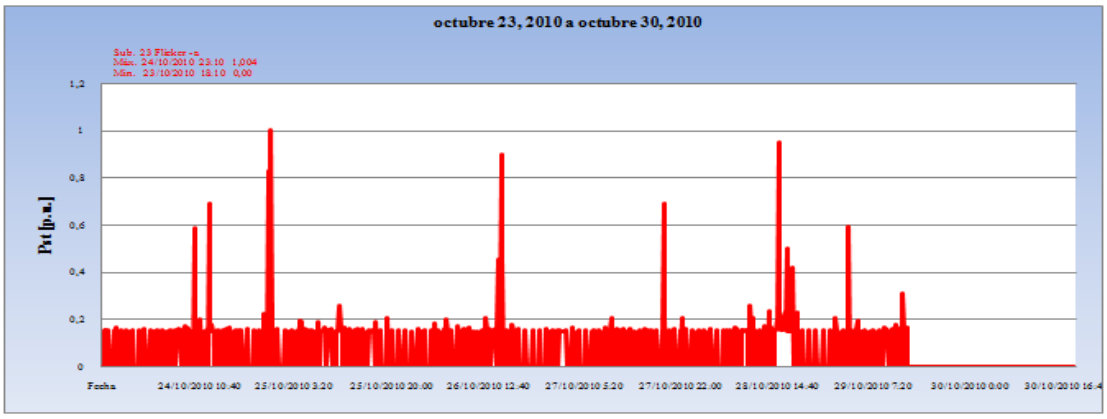

Figura 336. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay una muestra que supera el límite, la misma que se presenta con un valor máximo a las 23:10 del día 24 de Octubre del 2010 con un valor $P_{st} = 1{,}013$ y el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 18:10, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$ teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}18\ [p.u.]$.

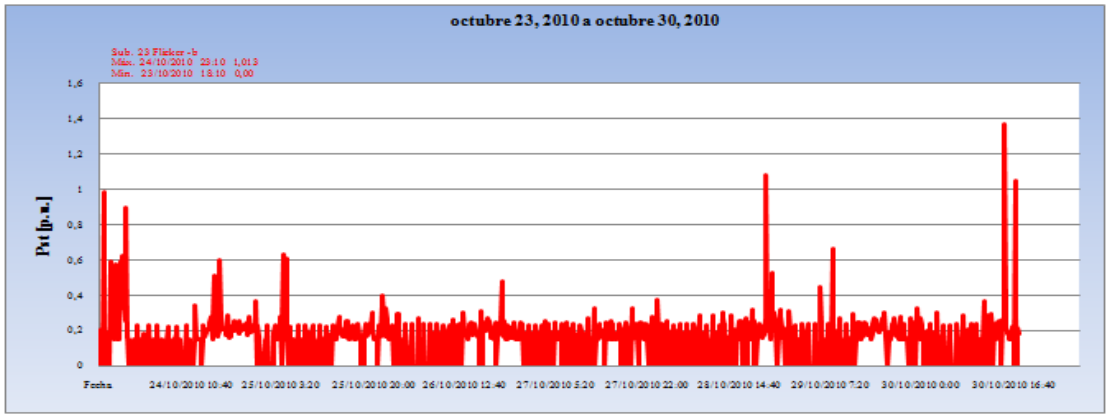

Figura 337. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

Se concluye que los flickers de este transformador, los maximos valores en las dos fases se presentaron el día domingo 24 de Octubre del 2010 a las 23:10, los mismos que fueron ocasionados por problemas aguas arriba debido a los bajos porcentajes o variaciones mínimas del fliker.

3.2.3.3.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.23$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 13:40 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.94$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 13:10.

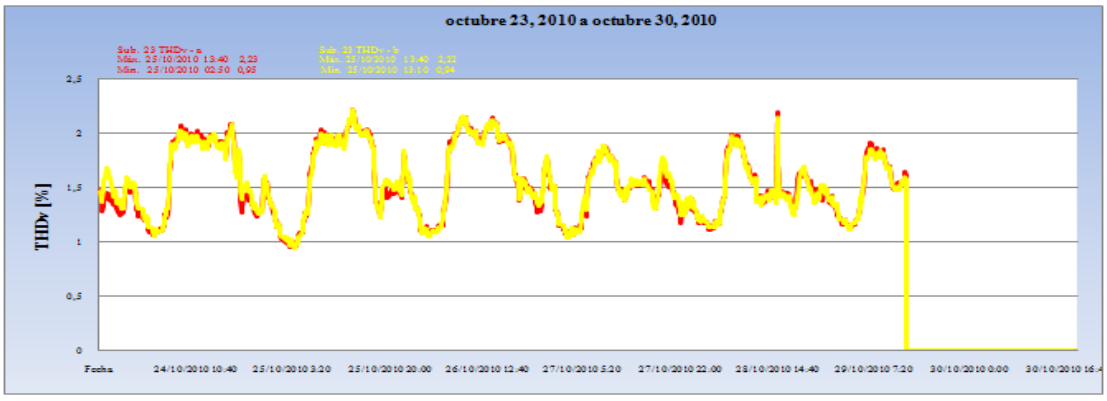

Figura 338. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 25 de Octubre del 2010 a las 13:40 con un valor de $THD_V = 2.23$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 02:50 con un valor de $THD_V = 0.95$ llegando a ser el valor mínimo.

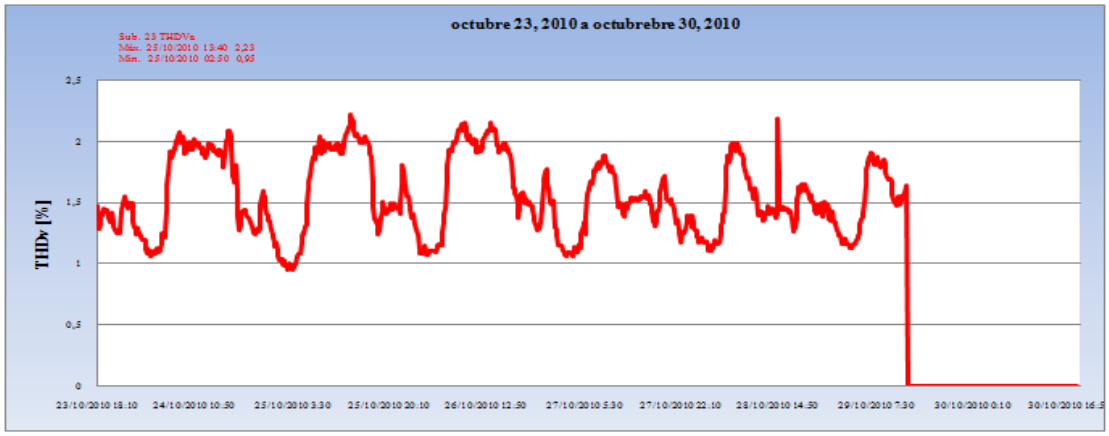

Figura 339. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 25 de Octubre del 2010 a las 13:40 con un valor de $THD_V = 2.22$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 13:10 con un valor de $THD_V = 0.94$ llegando a ser el valor mínimo.

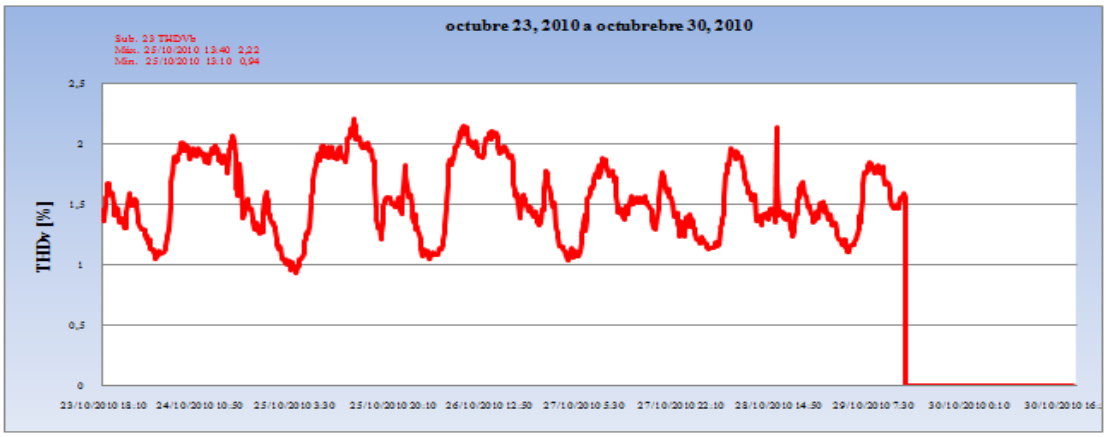

Figura 340. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión para este transformador monofásico están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.3.3.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10432 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 1.24 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.76 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 19.88 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.12 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.59 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 99.41 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 2.06$, además el máximo registrado de $THD_I = 300.00$ en la fecha 26 de Octubre del 2010 a las 15:10 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 23 de Octubre del 2010 a las 18:30.

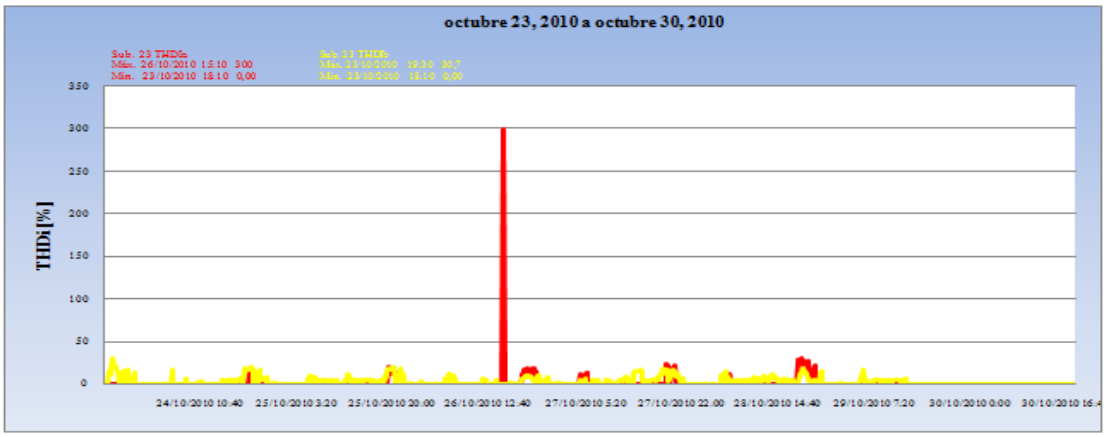

Figura 341. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 19 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 1.88%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 98.12%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 26 de Octubre del 2010 a las 15:10 con un valor de $THD_I = 300.00$ llegando a ser el valor máximo y el día 23 de Octubre

del 2010 a las 18:30 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 01.31$.

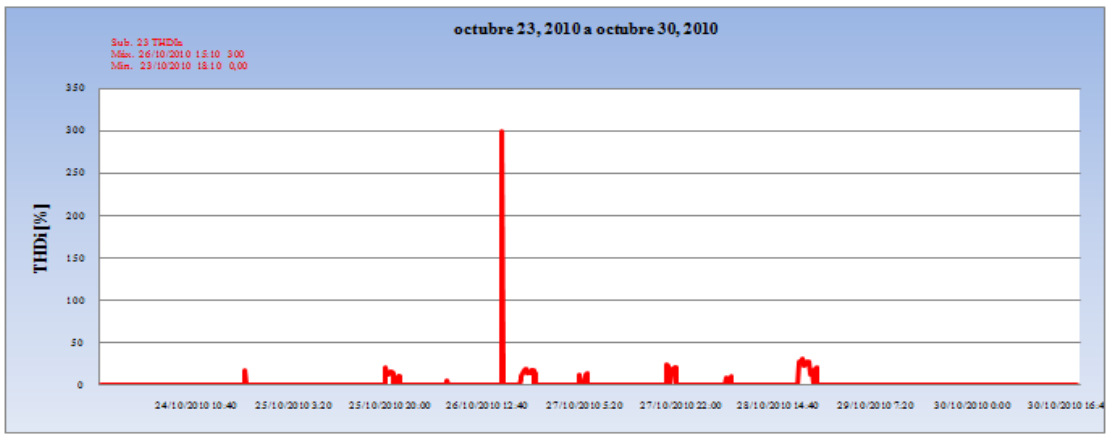

Figura 342. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 6 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.59%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 99.41%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 23 de Octubre del 2010 a las 07:50 con un valor de $THD_I = 30.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 23 de Abril del 2010 a las 18:30 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 02.82$.

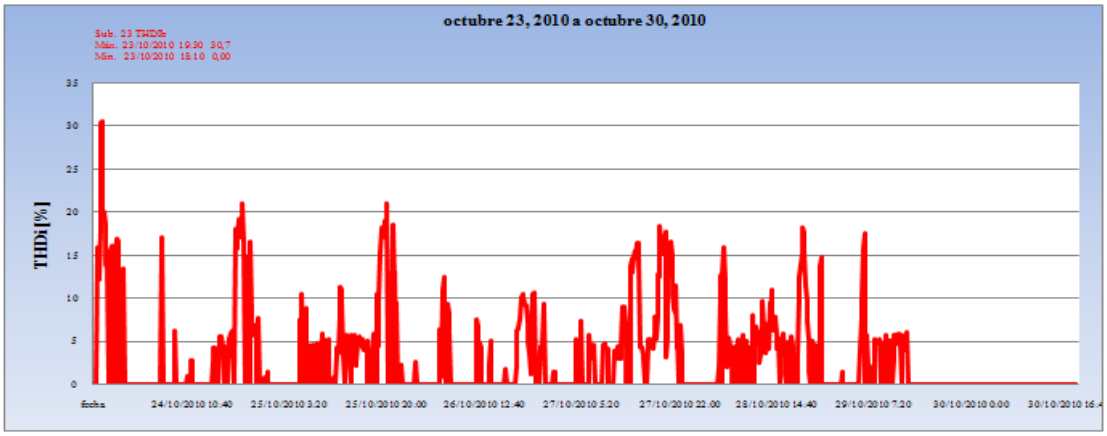

Figura 343. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, la fase A tiene un porcentaje bajo de armónicas de corriente debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase.

3.2.3.3.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

En este punto se determina el consumo de energía de las fases A y la fase B que se obtuvieron durante los siete días de medición.

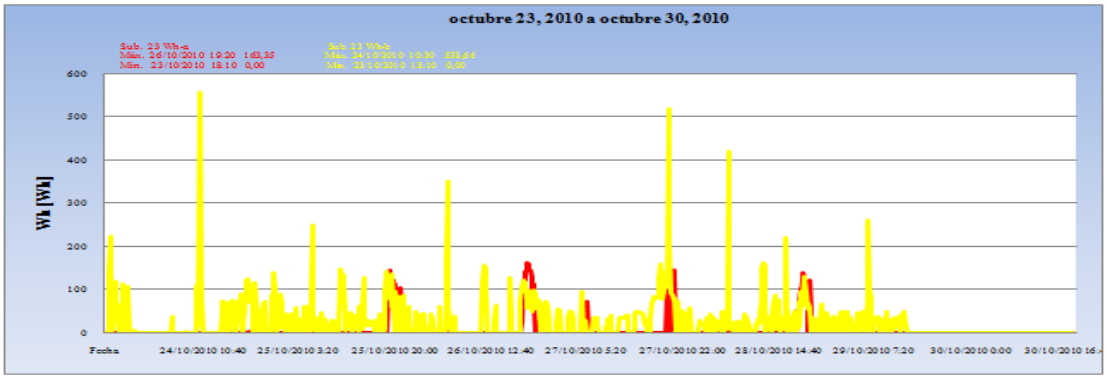

Figura 344. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 163{,}35\ [Wh]$ el día 26 de Octubre de 2010 a las 19:20 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 18:10, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 5{,}98\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 4{,}99\ [KWh]$.

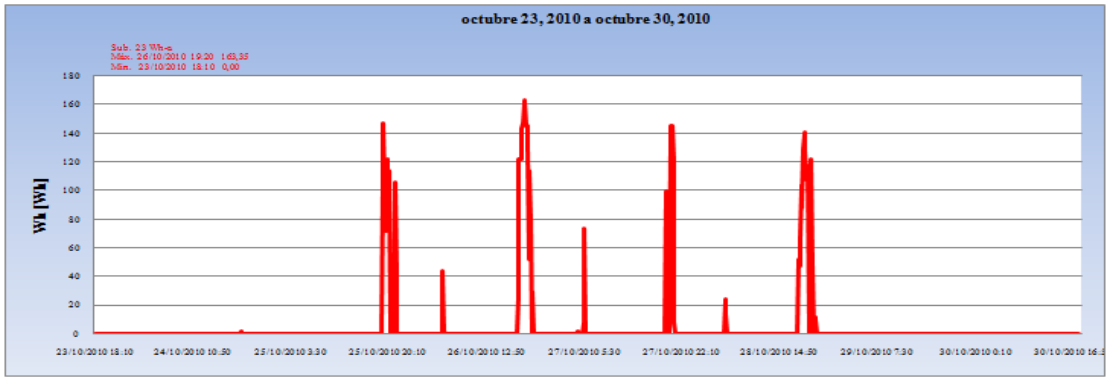

Figura 345. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, presenta un consumo máximo de $Wh = 558{,}66\ [Wh]$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 10:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 23 de Octubre a las 18:10, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 30{,}68\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 25{,}59\ [KWh]$.

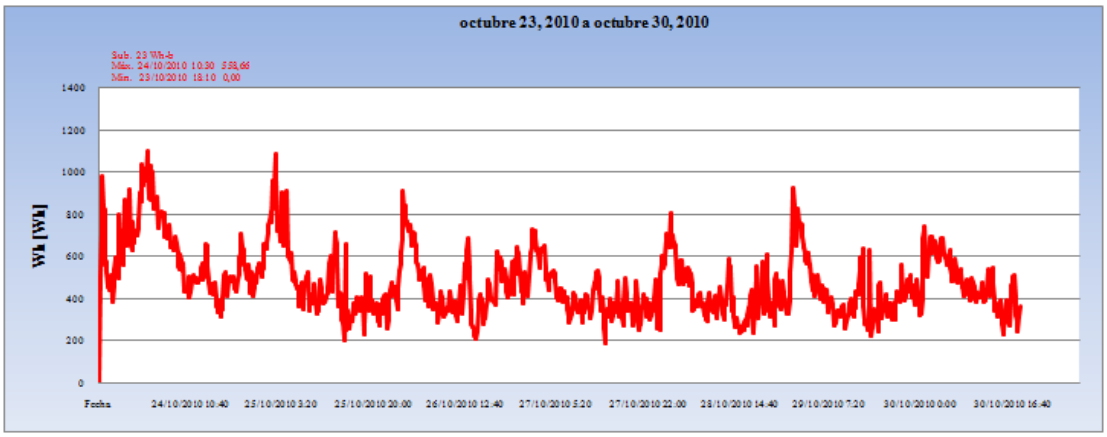

Figura 346. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo de la fase B es mayor que el de la fase A, siendo sus máximos valores en horas del medio día y durante la noche esto debido a la mayor cantidad de carga presente en dicha fase.

3.2.3.3.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se determina el factor de potencia de las dos fases, en donde se observa que la curva de la fase A presenta valores negativos, también la fase B varía entre $Fp = 0.5$ y $Fp = 1$ de esta manera sin cumplir el límite establecido además se debe acotar que la fase A es la que posee menos carga y la poca cantidad de carga que esta fase posee es en una cantidad capacitiva teniendo consecuencia en un factor de potencia negativo y en cuanto a la fase B también con picos de bajo factor de potencia .

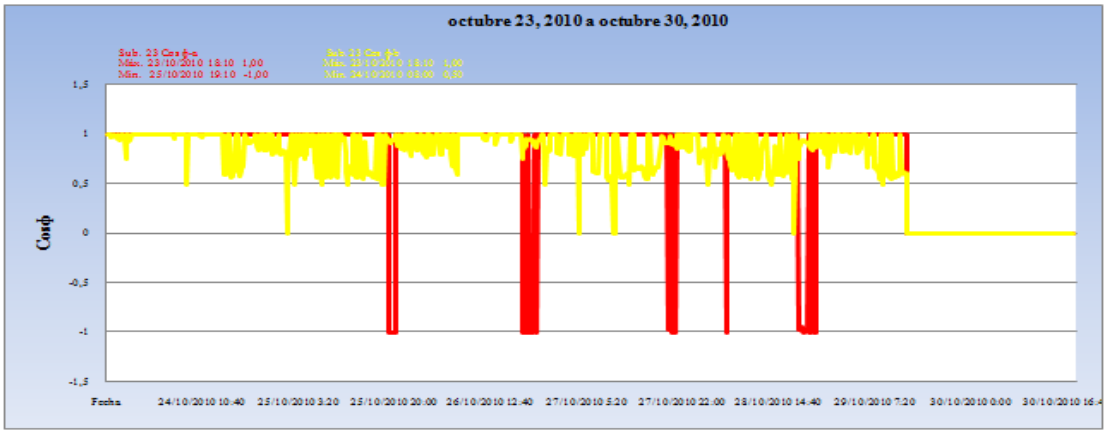

Figura 347. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 18:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = -1$ el día 25 de Octubre de 2010 a las 19:10, esto debido a que en ese momento hay mayor consumo de carga capacitiva, lo que presenta un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.89$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

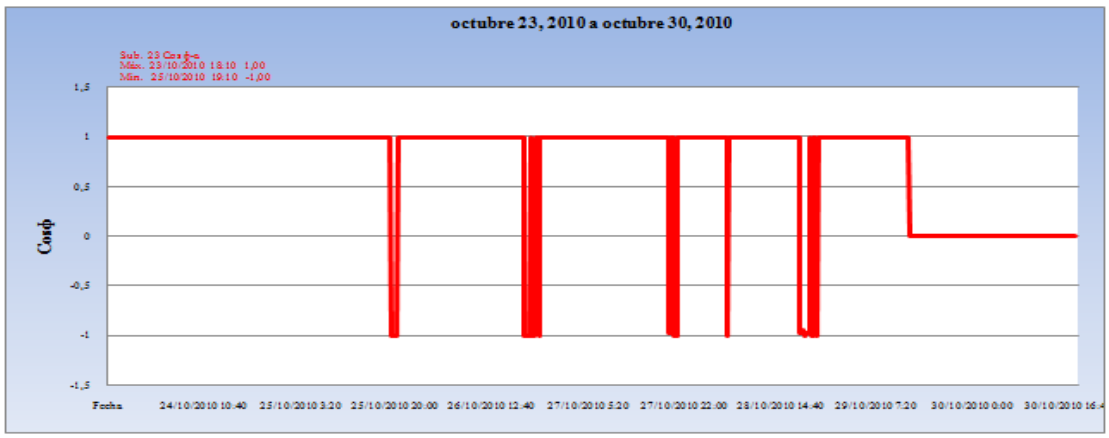

Figura 348. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 18:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.5$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 08:00, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.87$ de las

muestras tomadas durante los siete días de medición, en esta fase se presenta valores de cero a causa de que no hay consumo de carga.

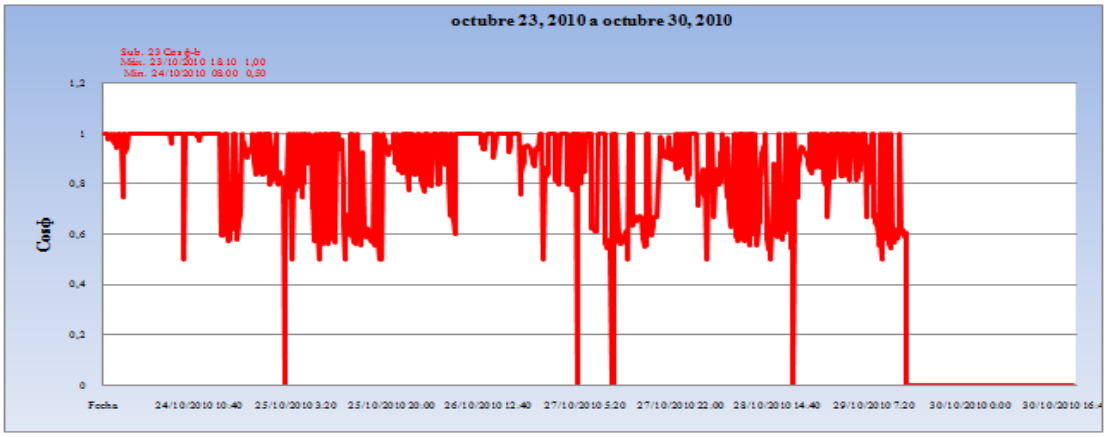

Figura 349. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Como se puede observa, la curva de la fase A varía entre $Fp = 1$ y $Fp = -1$ debido que no hay mayor carga conectada a esta red, también en la fase B hay variación de valores en la curva, siendo sus máximos valores en horas de la mañana y la madrugada y en momentos tenemos un consumo nulo debido a que este transformador se queda sin carga, acotando que este transformador queda sin cumplir con los límites establecidos de factor de potencia.

3.2.3.4. Transformador 10442.

Este transformador es de tipo monofásico de 10 KVA, con una potencia aparente de consumo de 4,5 KVA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona rural del cantón Limón Indanza de la parroquia Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 21277, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 18:50 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 18:40, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.3.4.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

En la primera gráfica se analizara conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, donde se observa que en la fase A existen seis muestras mayores al limite (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.60%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.40%) y esta fase es la que tiene mayor distorsión, en la fase B existen dos muestras mayores al límite (1 p.u. 0.20%) lo que presenta muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.80%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

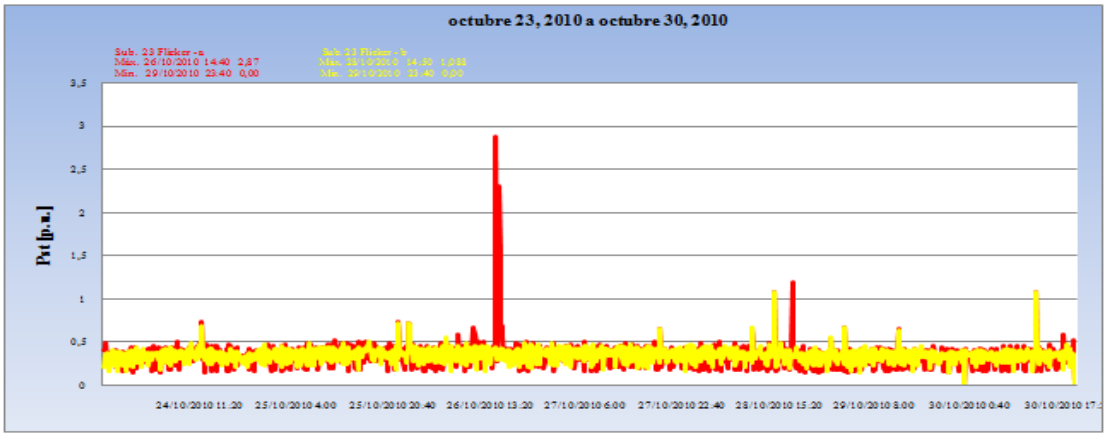

Figura 350. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay seis muestras que superan la norma, las tres primeras se presentaron el 26 de Octubre del 2010 desde las 14:40 con un $P_{st} = 2{,}88$ la segunda a las 15:10 con un valor de $P_{st} = 2{,}31$ y la tercera a las 15:20 con un $P_{st} = 1{,}53$, las siguientes dos se presentaron el día 28 de Octubre del 2010 a las 14:50 con un $P_{st} = 1{,}08$ y a las 18:00 con un $P_{st} = 1{,}20$, finalmente la última muestra que superó el límite se presentó a las 12:10 del día 30 de Octubre del 2010 y el valor mínimo se presenta el día 29 de Octubre del 2010 a las 23:40, con un valor de $P_{st} = 0{,}0$ teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}34$ $[p.u.]$ de todas las mediciones.

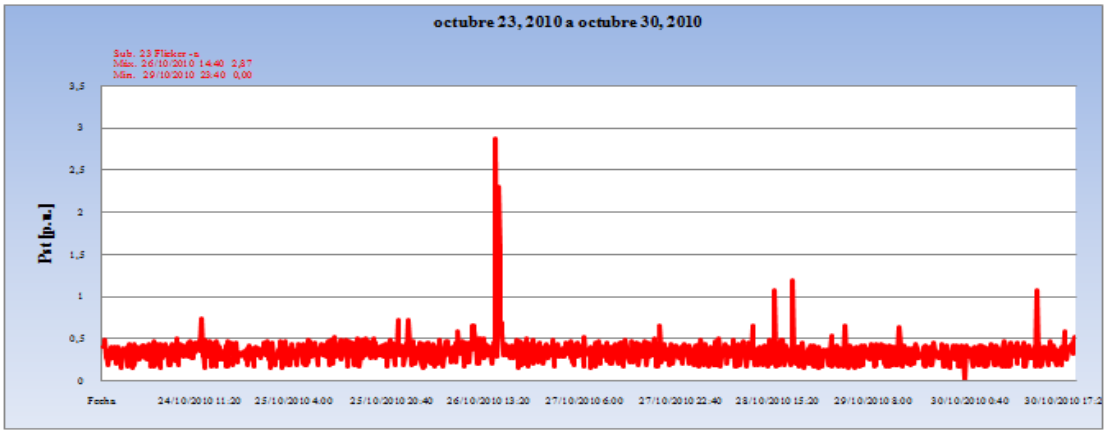

Figura 351. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, sin embargo a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que existen dos muestras mayores al valor de P_{st} máximo en donde la primera fue el día 28 de Octubre desde las 14:50 con un valor $P_{st} = 1{,}09$, la segunda fue a las 12:10 del día 30 de Octubre con un $P_{st} = 1{,}08$ y el valor mínimo se presenta el día 29 de Octubre del 2010 a las 23:40, con un valor de $P_{st} = 0{,}0$ teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}35\ [p.u.]$.

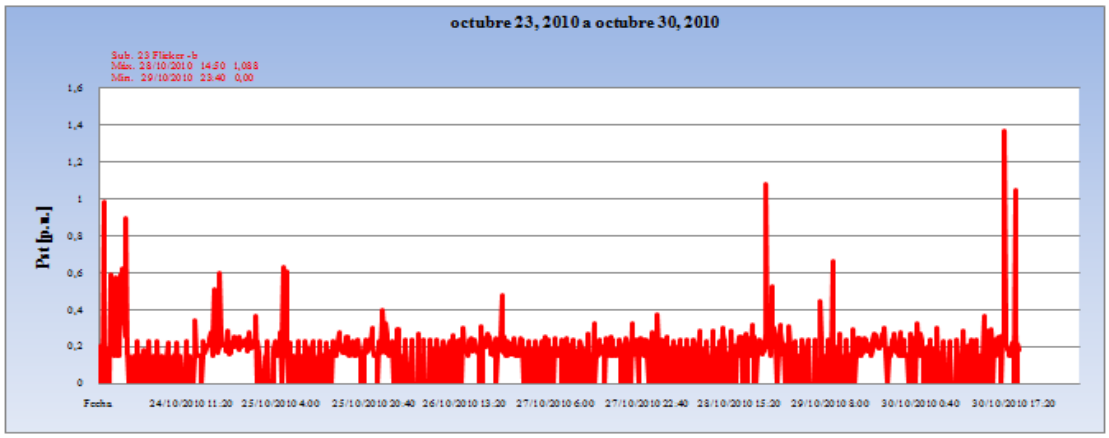

Figura 352. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, el flicker presente en la fase A se presentó el día martes 26 de Octubre de 2010 en horas de la tarde, debido a la variación, en cambio en la fase B se presentaron

durante los días 28 y 30 de Octubre de 2010, los mismos ocasionados por problemas aguas arriba.

3.2.3.4.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde observaque no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.51$ en la fecha 27 de Octubre del 2010 a las 19:40 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.80$ en la fecha 27 de Octubre del 2010 a las 09:20.

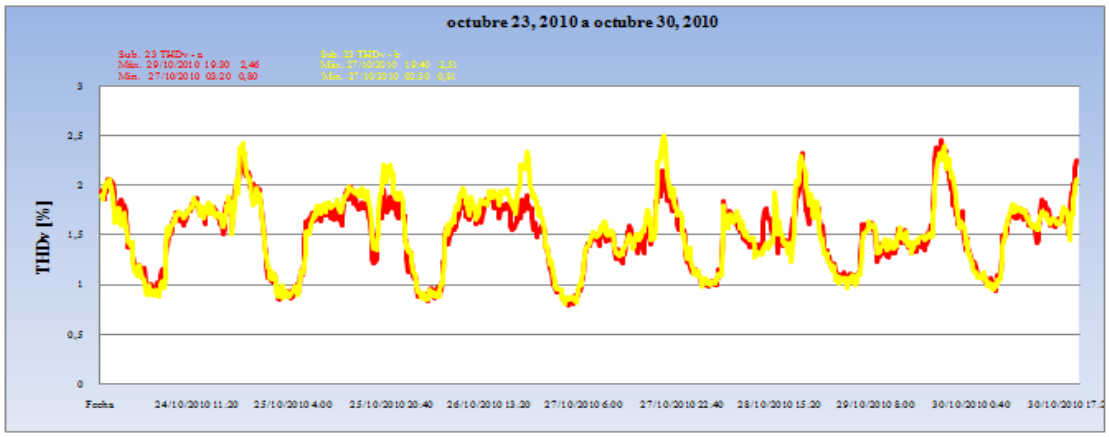

Figura 353. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 29 de Octubre del 2010 a las 19:30 con un valor de $THD_V = 2.40$ llegando a ser el valor máximo y el día 27 de Octubre del 2010 a las 09:20 con un valor de $THD_V = 0.80$ llegando a ser el valor mínimo.

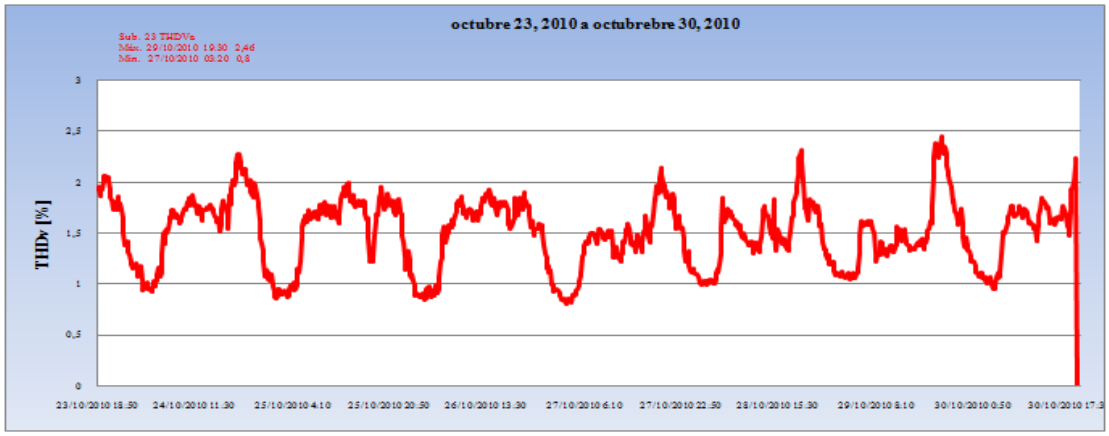

Figura 354. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 27 de Octubre del 2010 a las 19:40 con un valor de $THD_V = 2.51$ llegando a ser el valor máximo y el día 27 de Octubre del 2010 a las 02:30 con un valor de $THD_V = 0.81$ llegando a ser el valor mínimo.

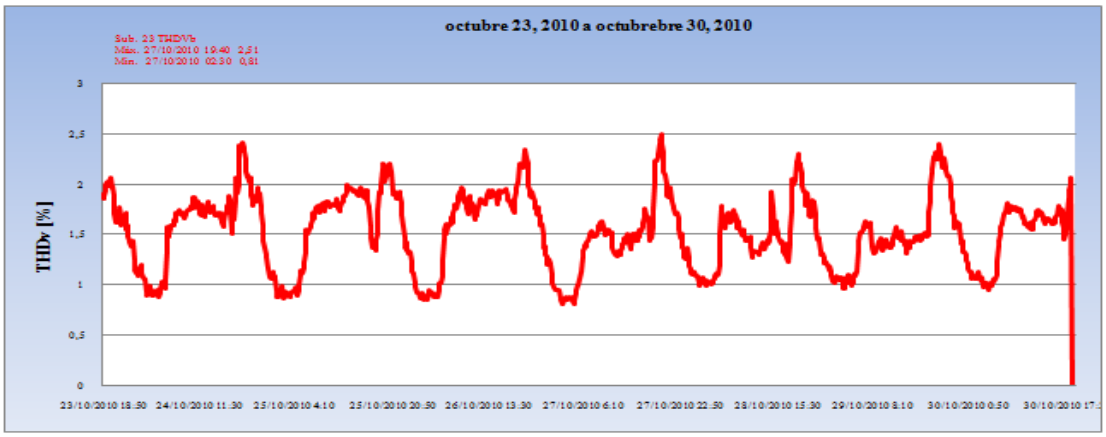

Figura 355. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de tensión para este transformador monofásico están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.3.4.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10442 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 19.64 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 80.36 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ es 21.72 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 78.28 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ es 17.55 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 82.45 %), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 14.22$, además el máximo registrado de $THD_I = 44.45$ en la fecha 30 de Octubre del 2010 a las 13:00 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 1.89$ en la fecha 27 de Octubre del 2010 a las 04:40.

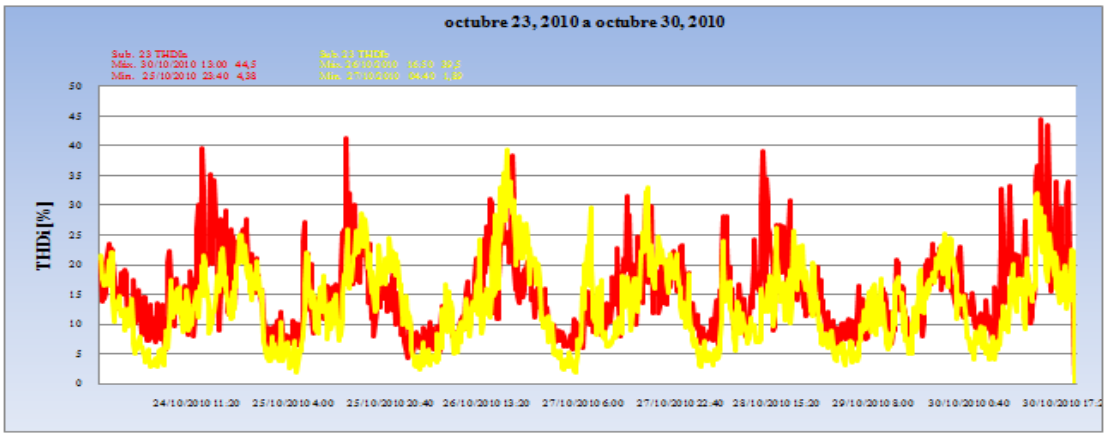

Figura 356. Distorsión armónica de corriente THDı de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 219 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 21.72%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 78.28%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 30 de Octubre del 2010 a las 13:00 con un valor de $THD_I = 44.45$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre

del 2010 a las 23:40 con un valor de $THD_I = 4.38$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 15.21$.

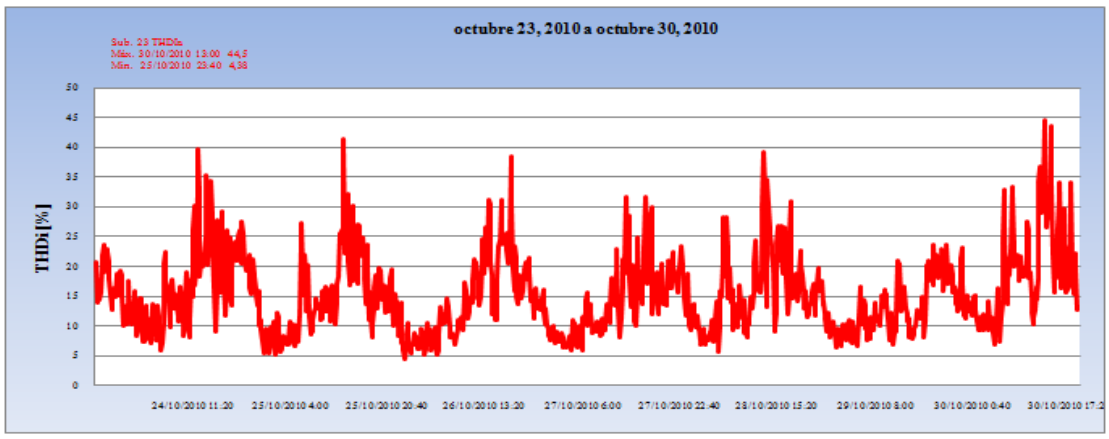

Figura 357. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 177 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 17.55%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 82.45%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 26 de Octubre del 2010 a las 06:50 con un valor de $THD_I = 39.50$ llegando a ser el valor máximo y el día 27 de Abril del 2010 a las 04:40 con un valor de $THD_I = 1.89$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 13.23$.

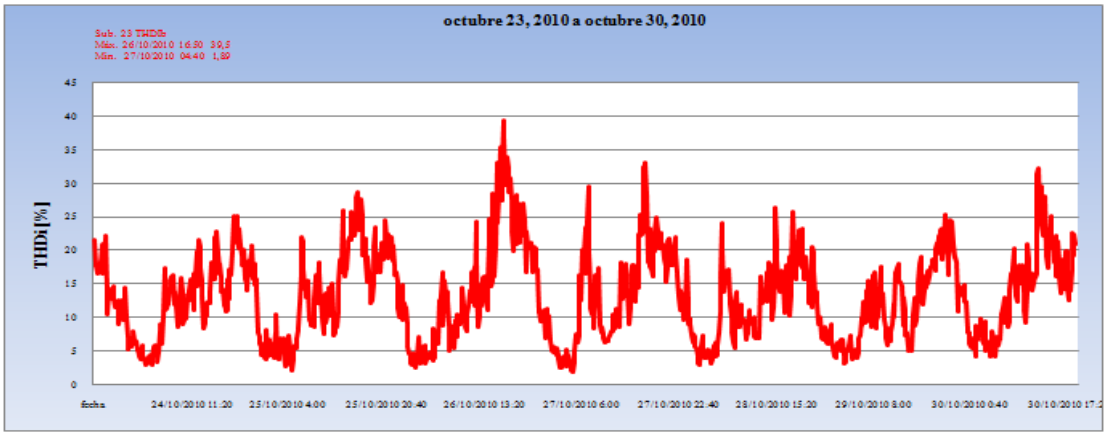

Figura 358. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%].

En conclusión, la distorsión armónica de corriente no cumple con los límites establecidos, la fase A tiene un porcentaje por encima del límite de armónicas de corriente debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase, igualmente la fase B está cerca del límite que también produce y causa fallas a los equipos conectados a estas fases.

3.2.3.4.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

En este punto se determina el consumo de energía de las fases A y la fase B de los siete días de medición, con un tiempo total de 168 horas para determinar los máximos consumos en sus horas respectivas.

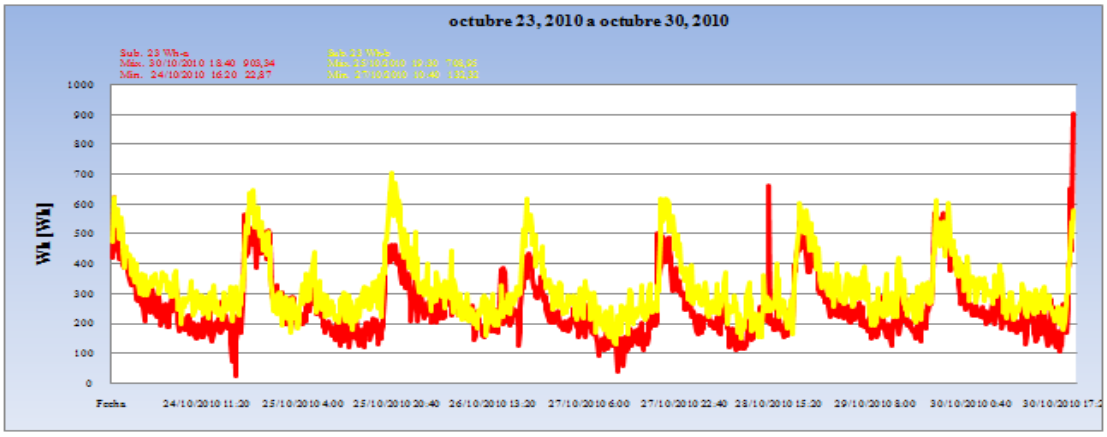

Figura 359. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 903{,}34\ [Wh]$ el día 30 de Octubre de 2010 a las 18:40 y un consumo mínimo de $Wh = 22{,}87\ [Wh]$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 16:20, con un consumo de energía promedio de $Wh\,prom = 251{,}17\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 253{,}19\ [KWh]$.

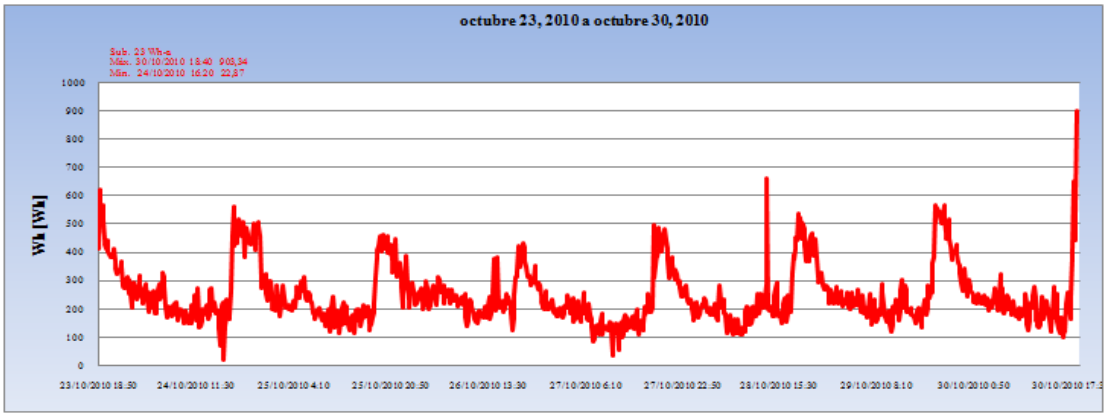

Figura 360. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

En la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 708{,}95[Wh]$ el día 25 de Octubre de 2010 a las 19:30 y un consumo mínimo de $Wh = 132{,}32\ [Wh]$ el día 27 de Octubre de 2010 a las 10:40, con un consumo de energía promedio de $Wh\,prom = 321{,}08\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 323{,}65\ [KWh]$.

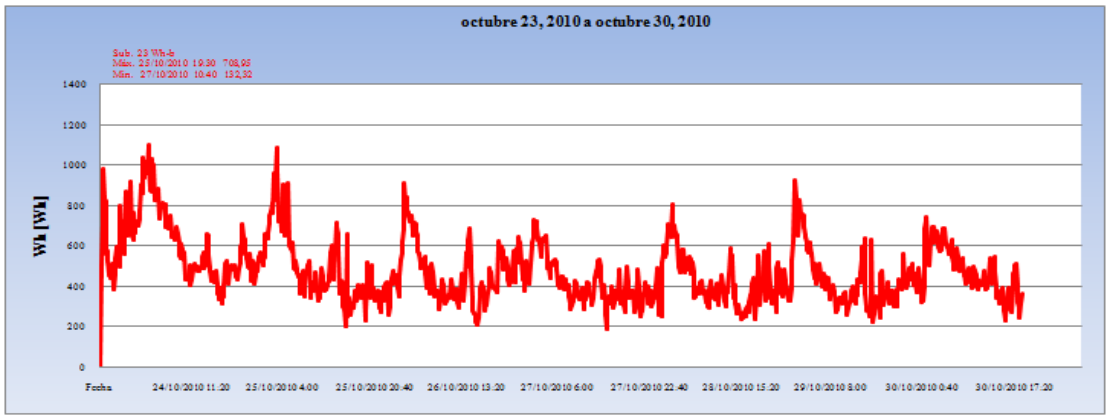

Figura 361. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo total de energía de la fase B es mucho más alto que el de la fase A, además estas dos fases tienen consumos similares en todo los instantes con picos máximos en ciertos momentos del día, los consumos mayores se presentan en el lapso de las 18:00 hasta las 22:00 de Octubre de 2010 todos los días durante las mediciones realizadas.

3.2.3.4.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se determina el factor de potencia de las dos fases durante el periodo de medición que empezó el día 23 de Octubre de 2010 a las 18:50 hasta el día 30 de Octubre de 2010 a las 18:40, en donde se observa que las curvas se mantienen entre $Fp = 0.65$ y $Fp = 0.94$ estando por debajo del límite establecido y sin cumplir este límite.

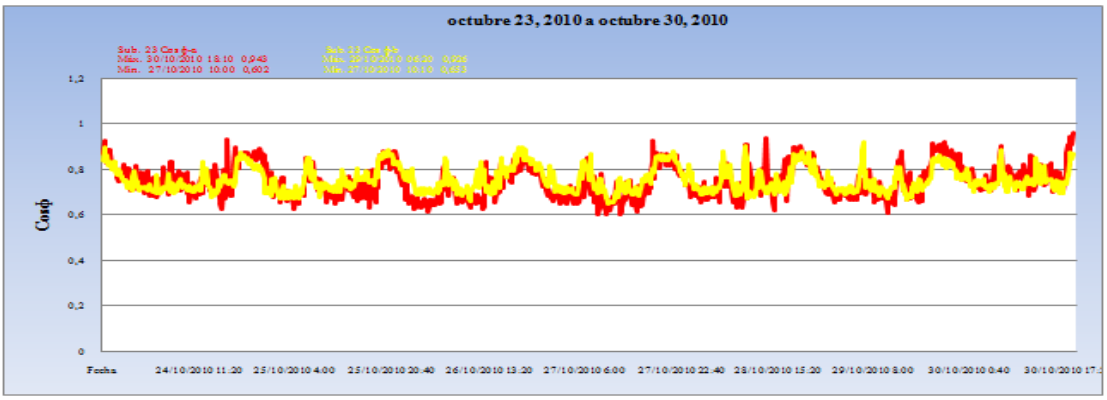

Figura 362. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, se tiene un máximo de $Fp = 0.94$ el día 30 de Octubre de 2010 a las 18:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.60$ el día 27 de Octubre de 2010 a las 10:00, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.74$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

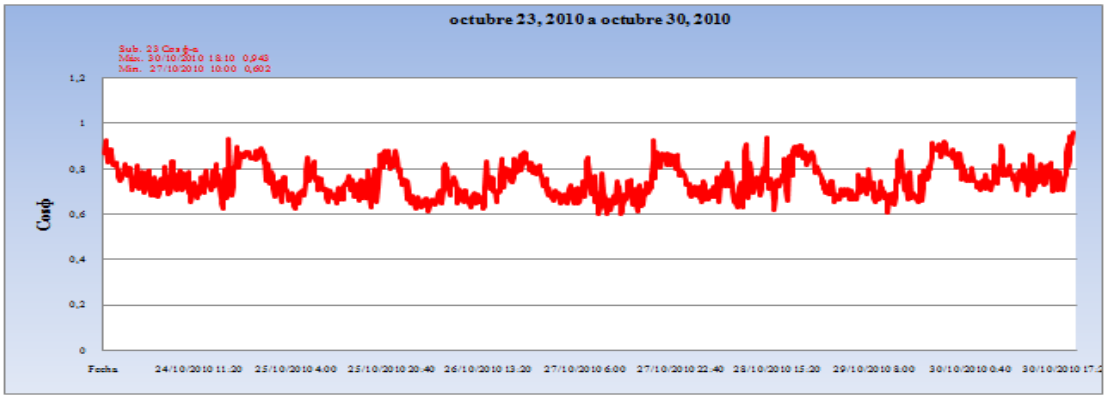

Figura 363. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 0.92$ el día 29 de Octubre de 2010 a las 06:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.65$ el día 27 de Octubre de 2010 a las 10:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.75$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

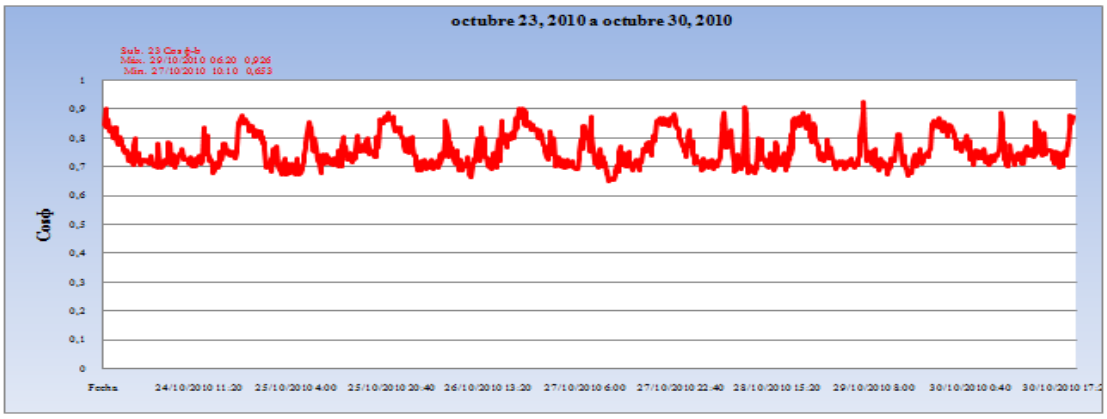

Figura 364. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Como se puede observa, las curvas del factor de potencia varían durante todo el día, donde su valor es mayor en horas de la madrugada y es bajo en horas del día, sobre todo al medio día debido a que se encuentra instalado en una zona rural además el transformador no cumple con el límite establecido estando por debajo del límite en casi todo momento.

3.2.3.5. Transformador 10660.

Este transformador es de tipo monofásico de 10 KVA, con una potencia aparente de consumo de 1,41 KVA, tiene una tensión de 240V entre fase - fase y 120V entre fase - neutro, se encuentra ubicado en una zona rural del cantón Limón Indanza de la parroquia San Antonio. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 21263, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 16:20 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 16:10, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describirá a continuación.

3.2.3.5.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

En la primera gráfica se analizará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existen ocho muestras mayores al limite (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.79%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.21%), en la fase B existen seis muestras mayores al límite (1 p.u. 0.60%) lo que presenta muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.40%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

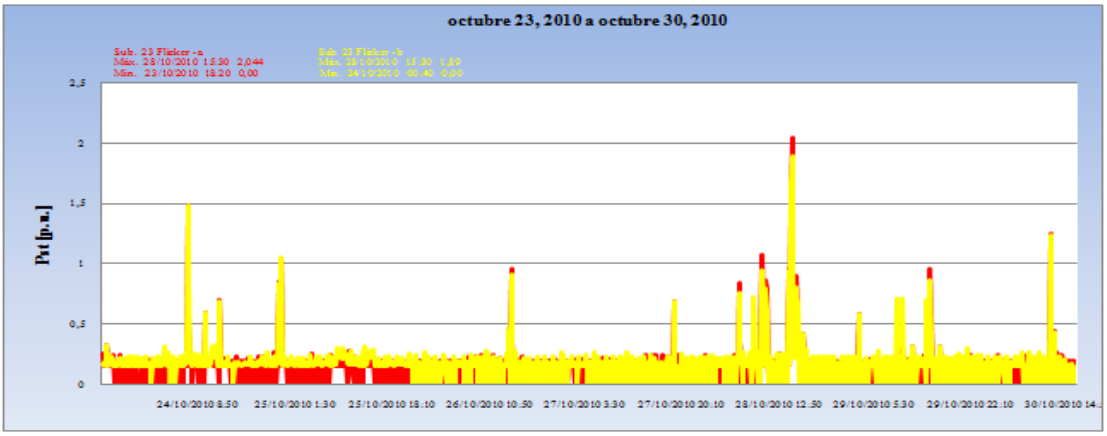

Figura 365. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, sin embargo a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay ocho muestras que superan la norma, la primera se presentó el 24 de Octubre de 2010 a las 07:00 con un $Pst = 1{,}49$ la segunda muestra el 24 de Octubre de 2010 a las 23:10 con un valor de $Pst = 1{,}04$, la tercera muestra el día 28 de Octubre de 2010, la cuarta muestra el 28 de Octubre de 2010 a las 10:10 con un valor de $Pst = 1{,}03$ la quinta muestra el 28 de Octubre de 2010 a las 10:20 con un $Pst = 1{,}08$, la sexta muestra el 28 de Octubre de 2010 a las 15:10 con un valor de $Pst = 1{,}48$, la séptima muestra el 28 de Octubre de 2010 a las 15:20 con un $Pst = 1{,}46$ y finalmente la última muestra que superó el límite se presentó a las 12:10 del día 30 de Octubre con un valor de $Pst = 1{,}25$, el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 18:20,

con un valor de $P_{st} = 0{,}0$ teniendo un promedio de $Pst = 0{,}11\ [p.u.]$ de todas las mediciones, por lo que esta fase si cumple con la regulación.

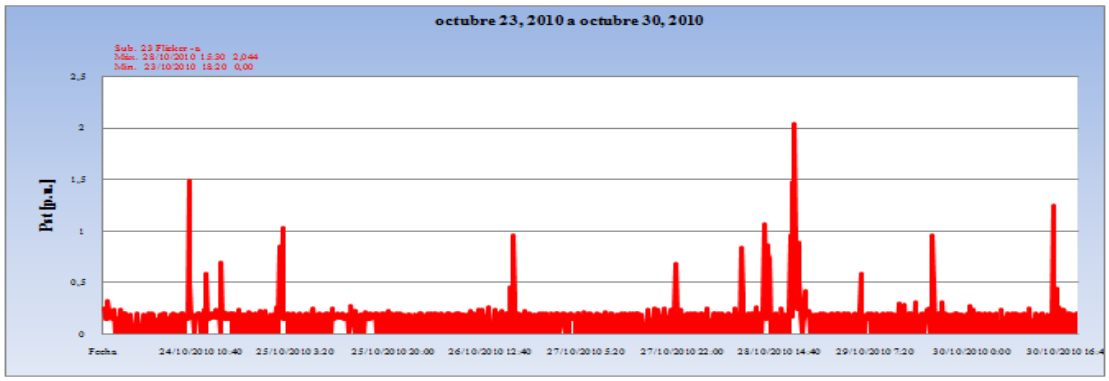

Figura 366. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

La fase B también cumple con la norma, ya que tiene seis muestras que sobrepasan el límite, en donde la primera se presentó el 24 de Octubre de 2010 a las 07:00 con un $Pst = 1{,}48$ la segunda muestra el 24 de Octubre de 2010 a las 23:10 con un valor de $Pst = 1{,}06$ la tercera muestra el 28 de Octubre de 2010 a las 15:10 con un valor de $Pst = 1{,}60$, la cuarta muestra el 28 de Octubre de 2010 a las 15:20 con un valor de $Pst = 1{,}67$ y la quinta muestra el 28 de Octubre de 2010 a las 15:30 con un $Pst = 1{,}90$ por último el día 30 de Octubre se presentó un $Pst = 1{,}25$ a las 12:10 y el valor mínimo se presenta el día 24 de Octubre de 2010 a las 00:40, con un valor de $P_{st} = 0{,}0$ teniendo un promedio de $Pst = 0{,}16\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

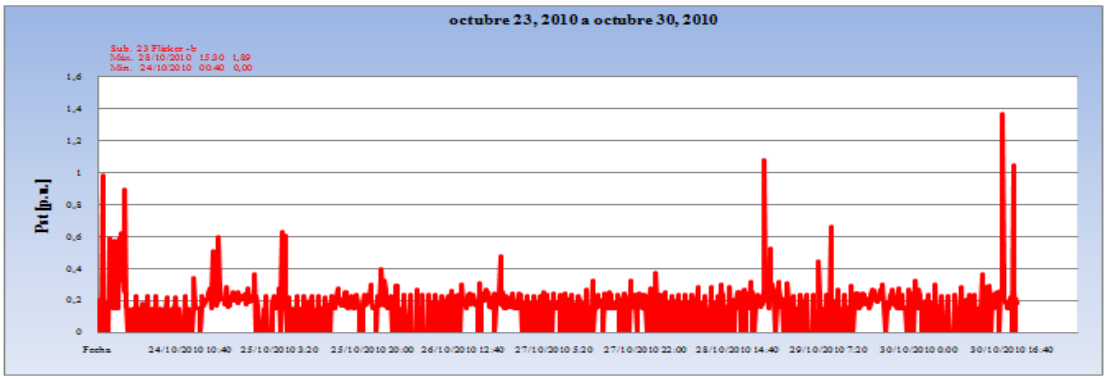

Figura 367. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers presentes en las dos fases se presentan a causa de cargas momentáneas conectadas a la red, ya que el resto de días los consumos de corriente son inferiores, los mismos se presentaron el 24 y jueves 28 de Octubre de 2010.

3.2.3.6.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ \ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.09$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 01:40 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.81$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 03:20.

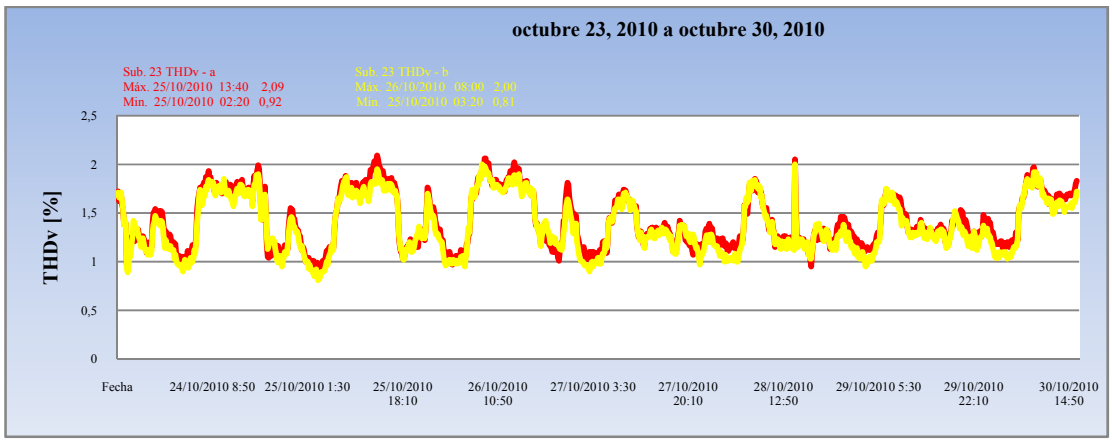

Figura 368. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%]

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existen valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 25 de Octubre del 2010 a las 13:40 con un valor de $THD_V = 2.09$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 02:20 con un valor de $THD_V = 0.92$ llegando a ser el valor mínimo.

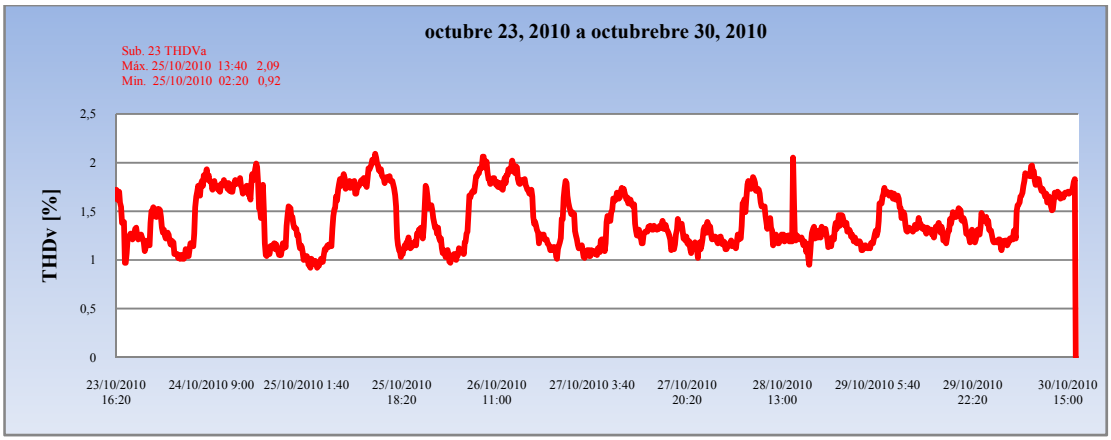

Figura 369. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%]

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 26 de Octubre del 2010 a las 08:00 con un valor de $THD_V = 2.39$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 03:20 con un valor de $THD_V = 0.81$ llegando a ser el valor mínimo.

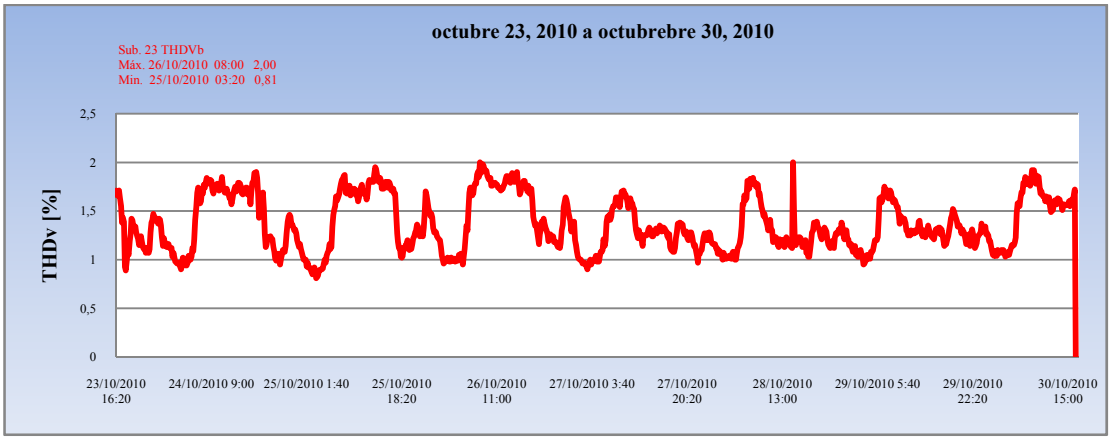

Figura 370. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%]

En conclusión, la distorsión armónica de tensión para este transformador monofásico están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.3.5.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10660 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 2.48 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 97,51 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 2.08 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 97.92 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 2.87 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 97.12 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 07.45$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 33.60$ en la fecha 30 de Octubre del 2010 a las 07:00 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 30 de Octubre del 2010 a las 06:00.

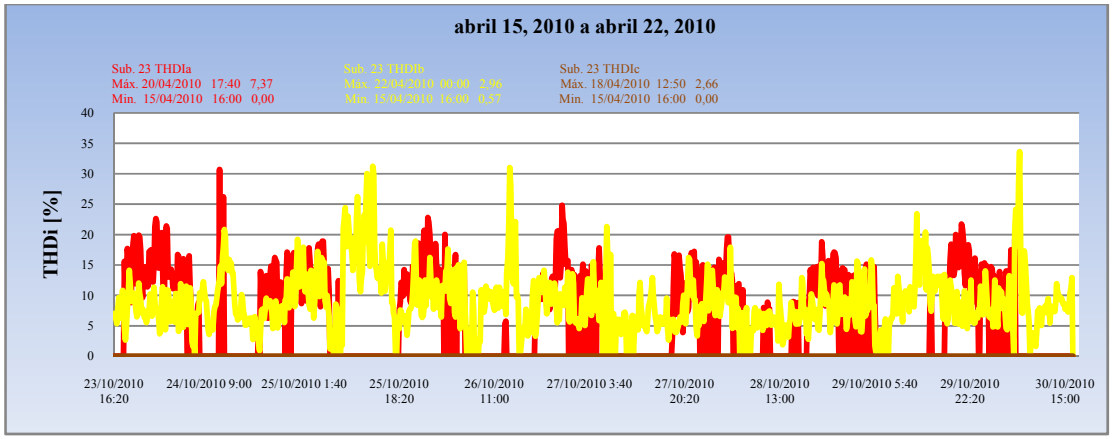

Figura 371. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A y B [%]

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 21 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 2.08%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 97.92%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 24 de Octubre del 2010 a las 10:50 con un valor de $THD_I = 30.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 30 de Octubre

del 2010 a las 06:00 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 06.10$.

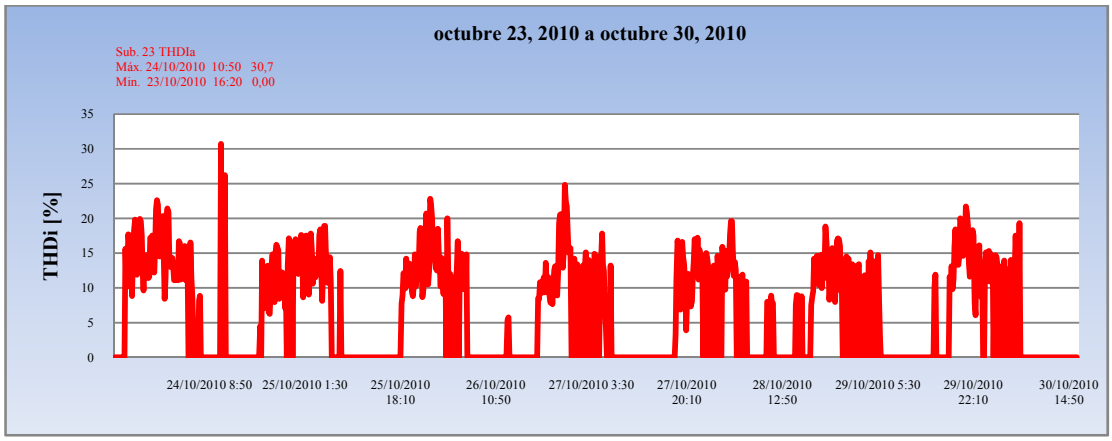

Figura 372. Distorsión armónica de corriente THDı de la fase A [%]

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 29 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 02.87%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 97.12%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 30 de Octubre del 2010 a las 07:00 con un valor de $THD_I = 33.60$ llegando a ser el valor máximo y el día 30 de Abril del 2010 a las 06:00 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 08.80$.

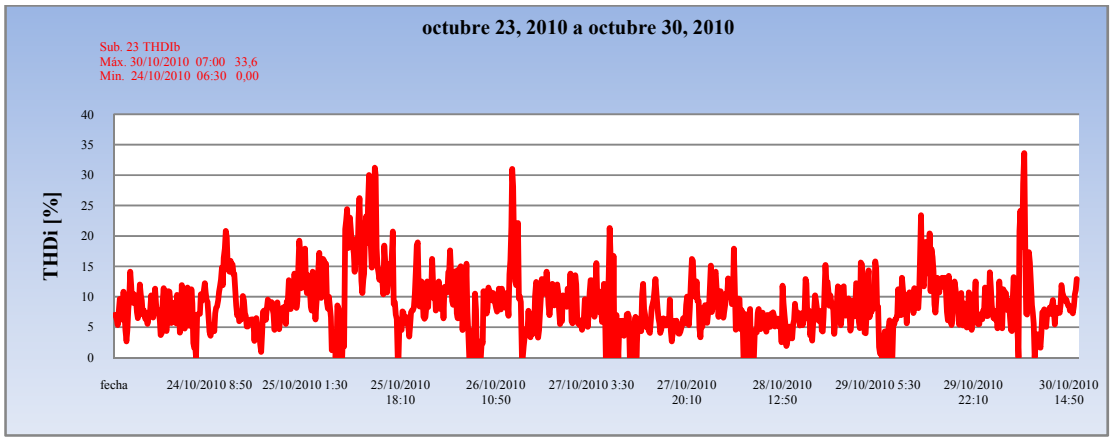

Figura 373. Distorsión armónica de corriente THDı de la fase B [%]

En conclusión, la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, la fase A y la fase B tiene un porcentaje bajo de armónicas de corriente.

3.2.3.6.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las fases A y la fase B de los siete días que duro la medición, con un tiempo total de 168 horas.

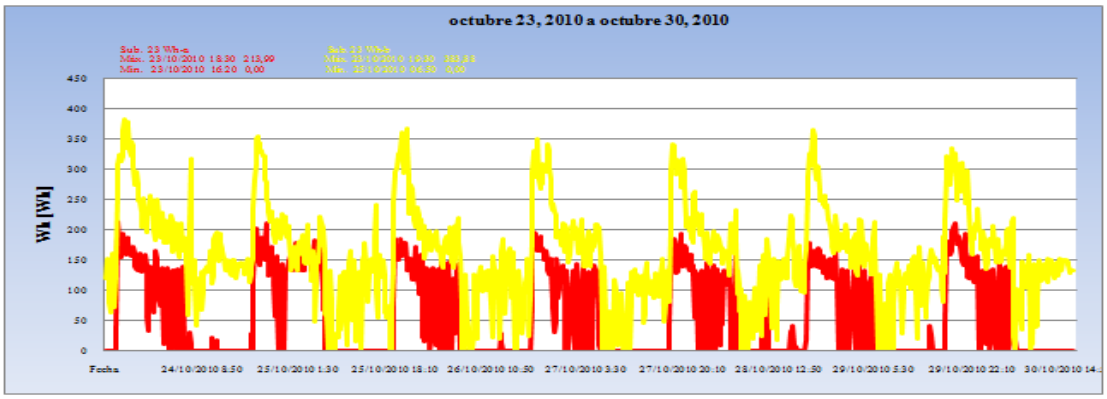

Figura 374. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 213.79\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 18:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 16:20, con un consumo de energía promedio de $Whprom = 55.54\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 55.49\ [KWh]$.

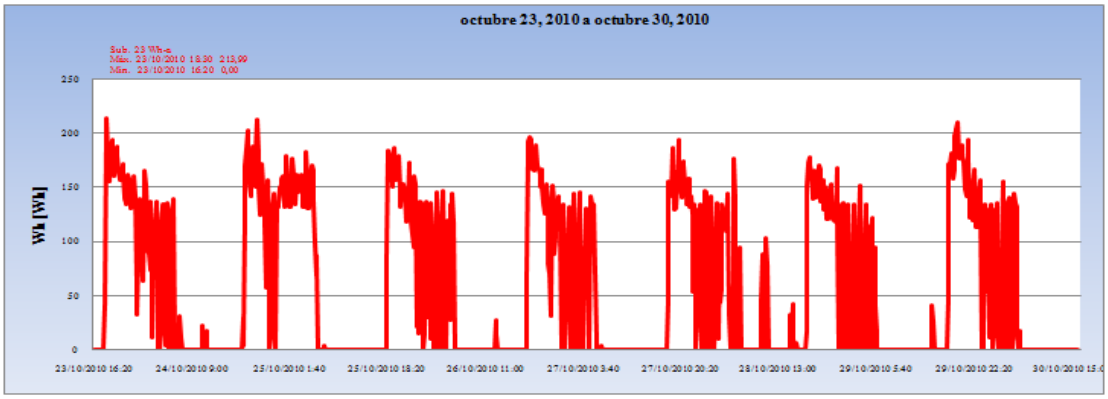

Figura 375. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

En la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 383.88\,[Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 19:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\,[Wh]$ el día 25 de Octubre de 2010 a las 16:50, con un consumo de energía promedio de $Wh\,prom = 160.98\,[Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 162.27\,[KWh]$.

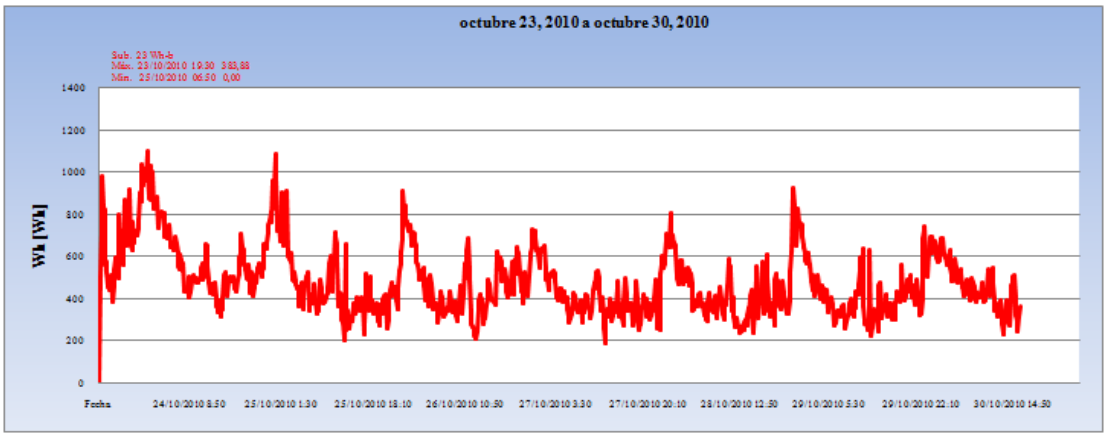

Figura 376. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo total de energía de la fase B es mucho más alto que el de la fase A, los consumos mayores se producen en el lapso de las 18:00 hasta las 22:00 de Octubre de 2010 todos los días, es un transformador conectado en una zona rural.

3.2.3.6.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

Finalmente se determina el factor de potencia de las dos fases, en donde se puede observa que existen variaciones de la curva entre los valores de $Fp = 0.45$ y $Fp = 1$. Durante el periodo de medición que empezó el día 23 de Octubre de 2010 a las 16:20 hasta el día 30 de Octubre de 2010 a las 16:10, donde se observa con la pequeña carga conectada tiene valores negativos de factor de potencia debido a la presencia de cargas capacitivas este transformador está por debajo del límite establecido teniendo que ser mejorada.

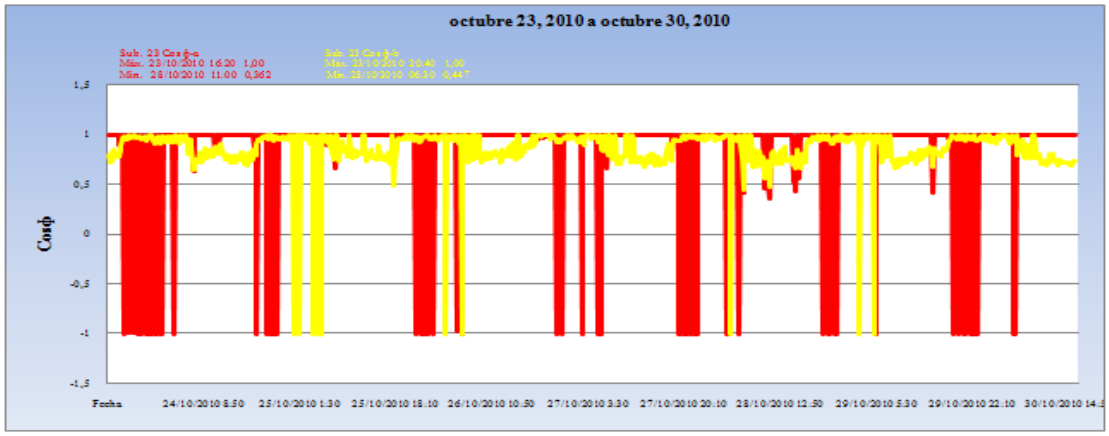

Figura 377. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 16:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.36$ el día 28 de Octubre de 2010 a las 11:00, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.98$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, además se puede observa que existe valores negativos, esto se puede dar debida a cargas capacitivas conectadas.

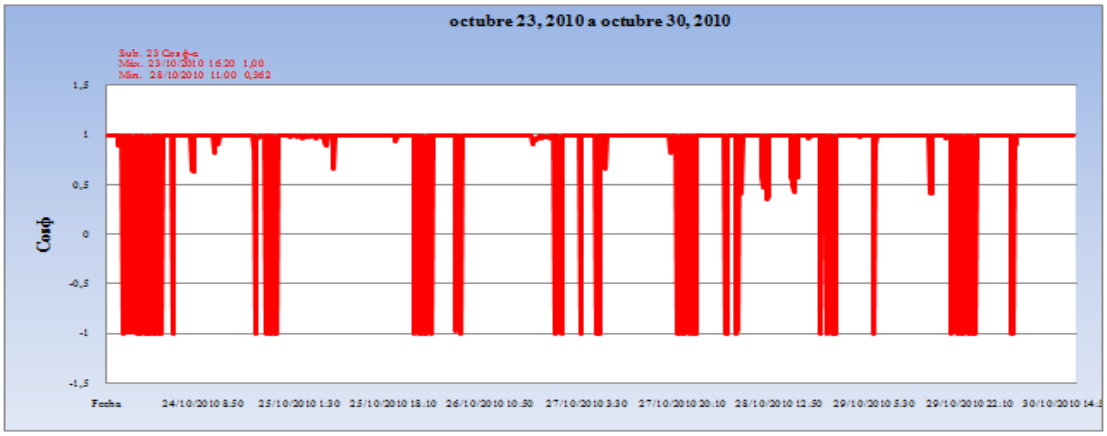

Figura 378. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 19:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.44$ el día 28 de Octubre de 2010 a las 06:30, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.86$ de las

muestras tomadas durante los siete días de medición, en esta fase también hay muestras que tienen valores negativos debido a cargas capacitivas conectadas.

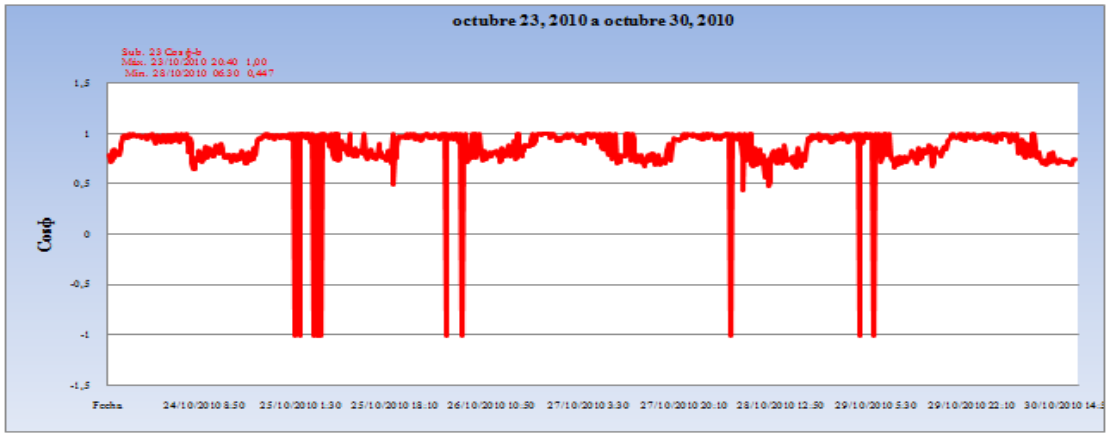

Figura 379. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Como se puede observar, las curvas del factor de potencia varían durante todo el día, en donde su valor es mayor en horas de la madrugada y es bajo en la tarde y noche sin cumplir con el límite establecido, con valores negativos presentes todos los días de periodo de medición y de funcionamiento del transformador teniendo que ser tomado para una mejora.

3.2.3.6. Transformador 10849.

Este transformador es de tipo monofásico de 15 KVA, con una potencia aparente de consumo de 1,58 KVA, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona rural de la parroquia el Cisne perteneciente al cantón Limón Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 21270, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 13:10 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 13:20, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.2.3.6.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

De las mediciones tomadas a este transformador, existe una muestra en cada fase que excede el límite permitido por la norma (P_{st} 1), lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0,10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99,90) por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

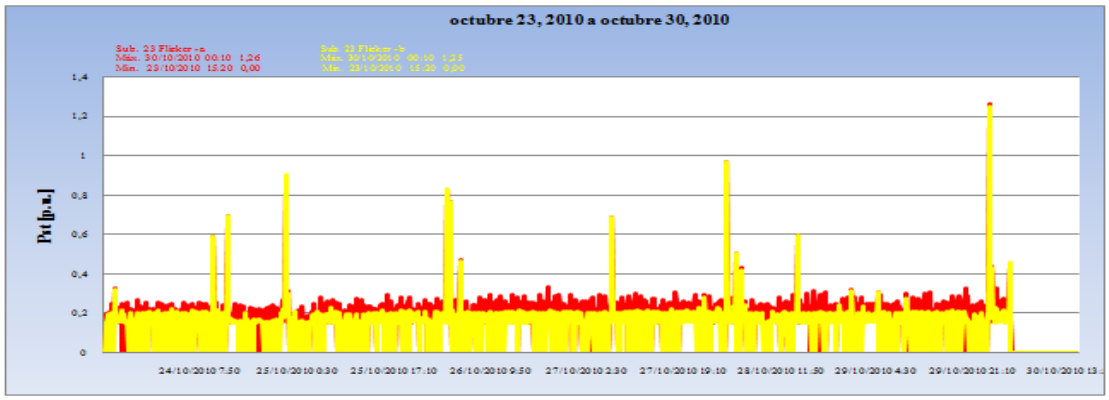

Figura 380. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, existe una muestra que supera el límite, la cual se presentó el día 30 de Octubre del 2010 a las 00:10 con un $P_{st} = 1{,}26$ y el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 15:20, con un valor de $P_{st} = 0{,}0$ teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}16\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

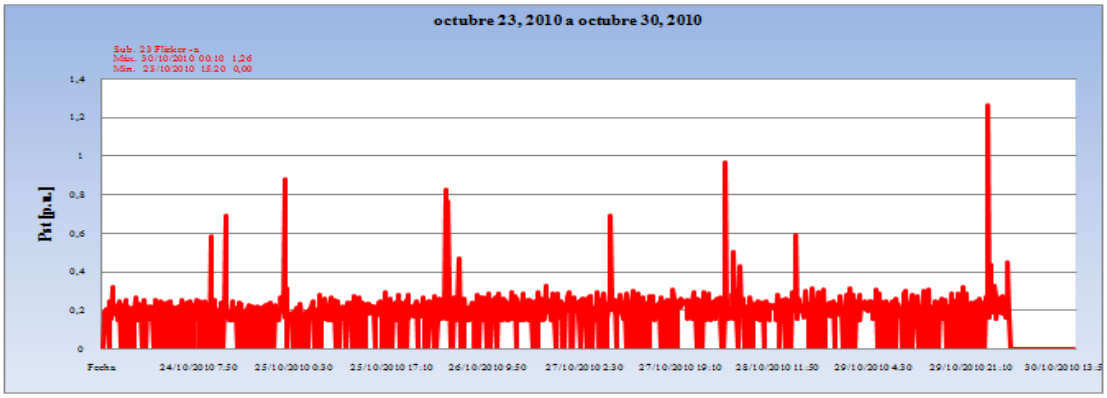

Figura 381. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay una muestra que supera la regulación, la misma que fue a las 00:10 del día 30 de Octubre del 2010 con un valor $P_{st} = 1{,}25$ y el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 15:20, con un valor de $P_{st} = 0{,}00$ teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}13\ [p.u.]$.

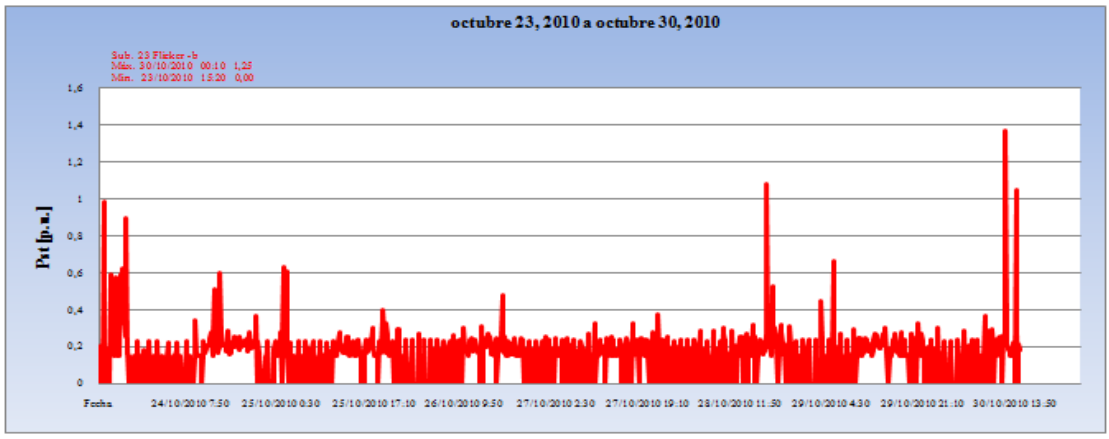

Figura 382. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers máximos que superaron el límite se presentaron el día sábado 30 de Octubre a las 00:10, esto puede haber sucedido por un problema aguas arriba.

3.2.3.6.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.39$ en la fecha 29 de Octubre del 2010 a las 06:50 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.0$ en la fecha 30 de Octubre del 2010 a las 04:00.

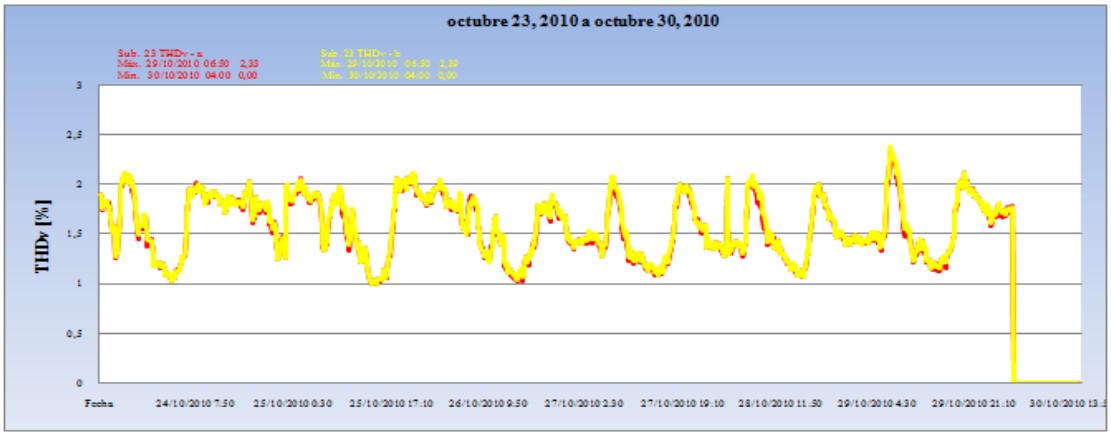

Figura 383. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%]

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 29 de Octubre del 2010 a las 06:50 con un valor de $THD_V = 2.33$ llegando a ser el valor máximo y el día 30 de Octubre del 2010 a las 04:00 con un valor de $THD_V = 0.0$ llegando a ser el valor mínimo.

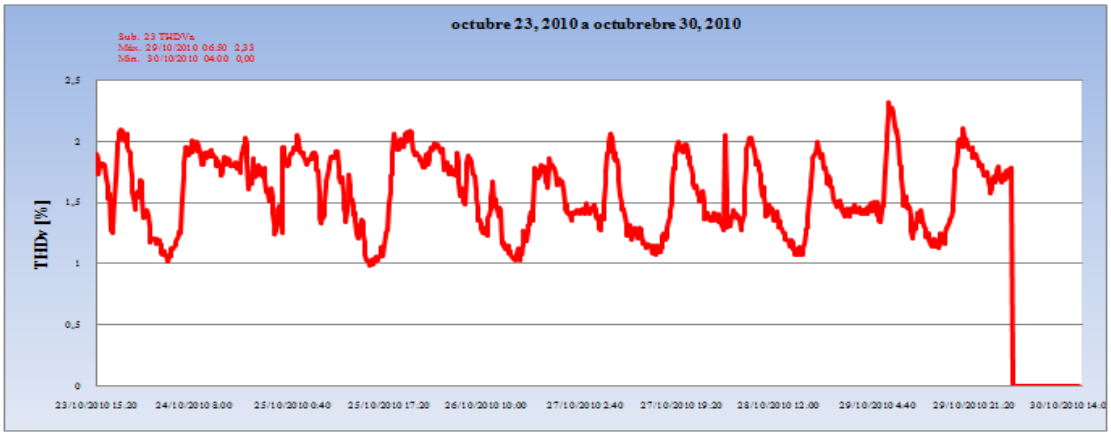

Figura 384. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%]

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 29 de Octubre del 2010 a las 06:50 con un valor de

$THD_V = 2.39$ llegando a ser el valor máximo y el día 30 de Octubre del 2010 a las 04:00 con un valor de $THD_V = 0.0$ llegando a ser el valor mínimo.

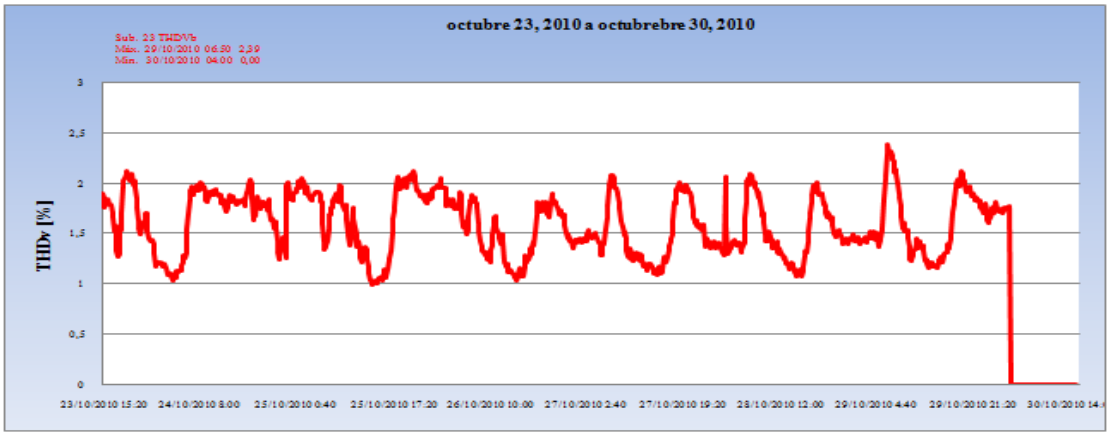

Figura 385. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%]

En conclusión, la distorsión armónica de tensión para este transformador monofásico están dentro de los límites, los picos producidos en cada fase se deben a posibles conexiones de cargas.

3.2.3.6.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10849 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 7.68 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 92.32 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 3.96 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 96.04 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 11.40 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 88.60 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 07.26$, además el valor

máximo registrado de $THD_I = 41.40$ en la fecha 23 de Octubre del 2010 a las 19:40 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 19:40.

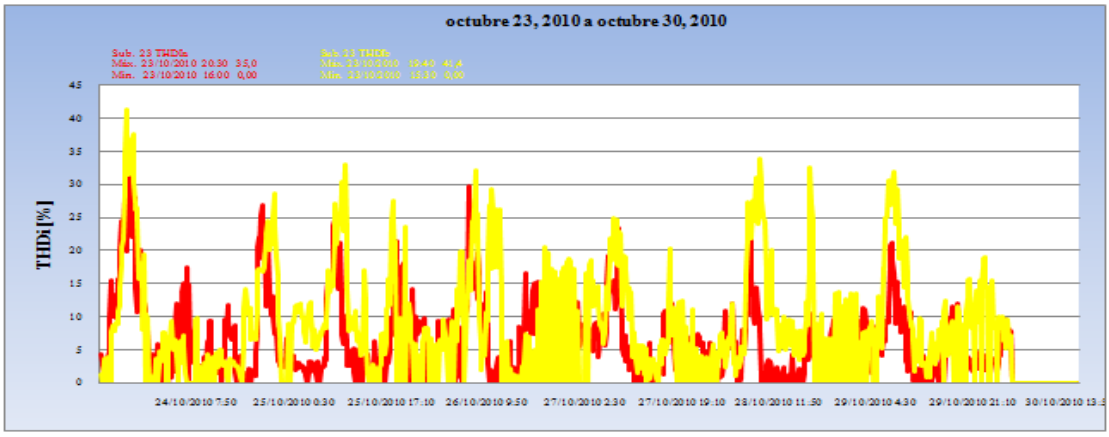

Figura 386. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A y B [%]

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 40 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 3.96%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 96.04%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 23 de Octubre del 2010 a las 20:30 con un valor de $THD_I = 35.00$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 18:20 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 05.95$.

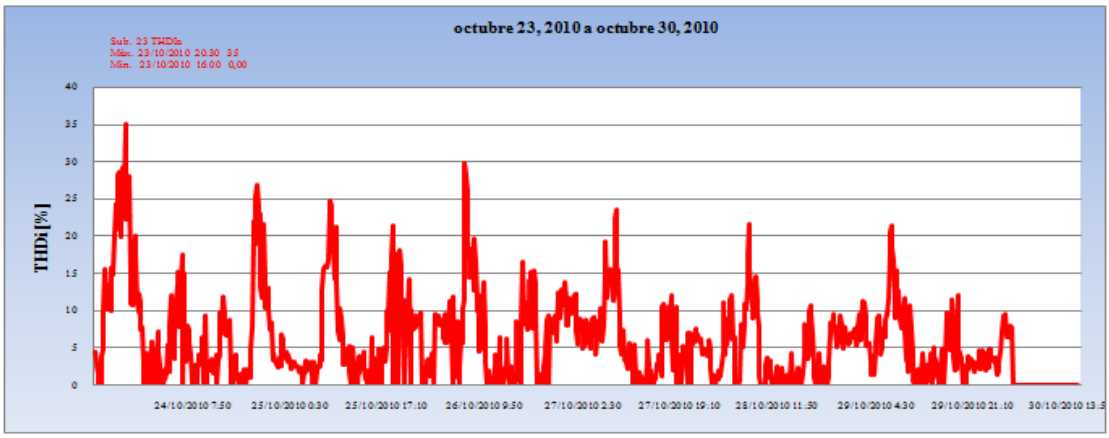

Figura 387. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%]

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existen 115 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 11.40%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 88.60%) sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 23 de Octubre del 2010 a las 19:40 con un valor de $THD_I = 41.40$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Abril del 2010 a las 18:20 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 05.95$.

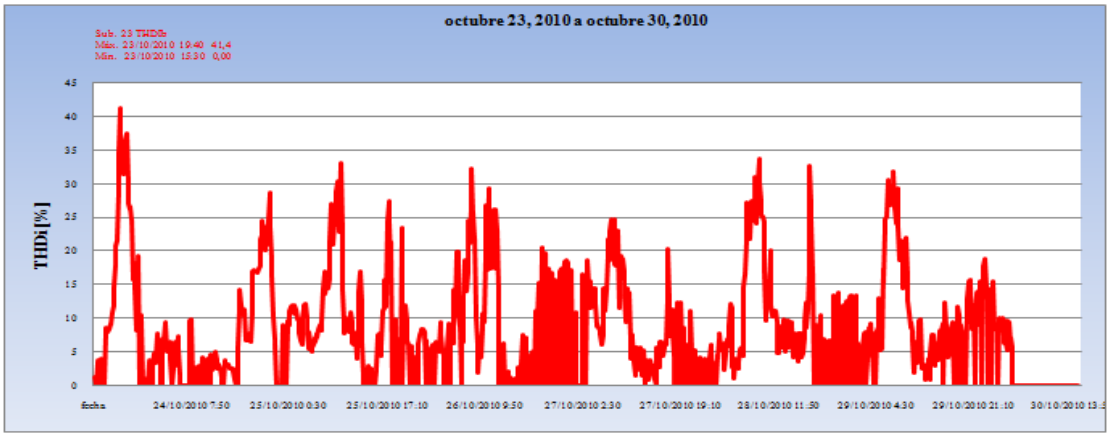

Figura 388. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase B [%]

En conclusión, la distorsión armónica de corriente si cumple con los límites establecidos, la fase B tiene un porcentaje alto de armónicas de corriente debido a las cargas no lineales conectadas en esta fase, presentando problemas cercanos y a futuro.

3.2.3.6.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

Ahora se grafica las curvas de consumo de energía, donde la fase A tiene un mayor consumo, las mediciones empezaron el día 23 de Octubre de 2010 a las 15:20 hasta el día 30 de Octubre de 2010 a las 15:10, con un tiempo total de 168 horas.

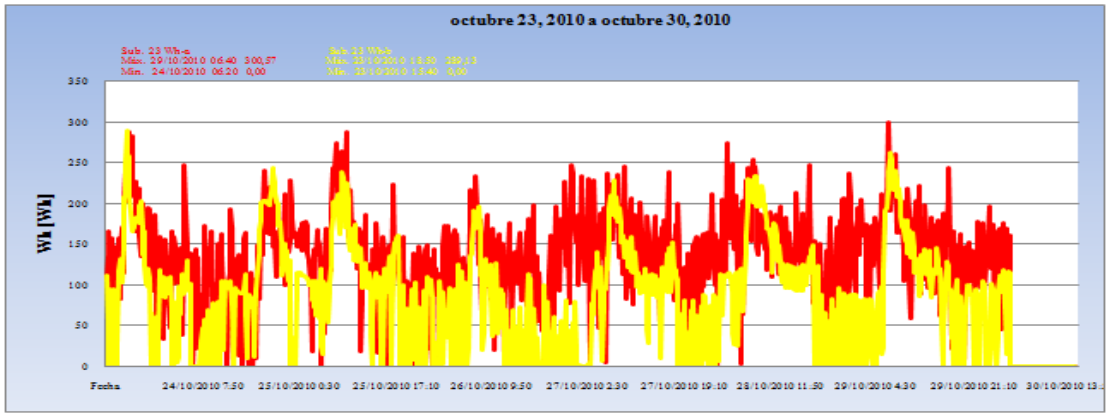

Figura 389. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 300.57\ [Wh]$ el día 29 de Octubre de 2010 a las 06:40 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 06:20, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 125.08\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 126.09\ [KWh]$.

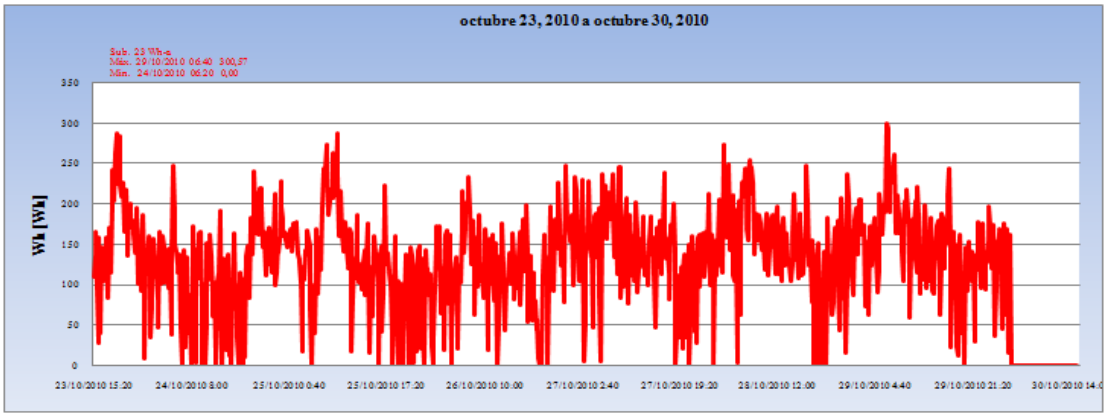

Figura 390. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, presenta un consumo máximo de $Wh = 289.13\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 18:50 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 15:40, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 82.18\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 82.84\ [KWh]$.

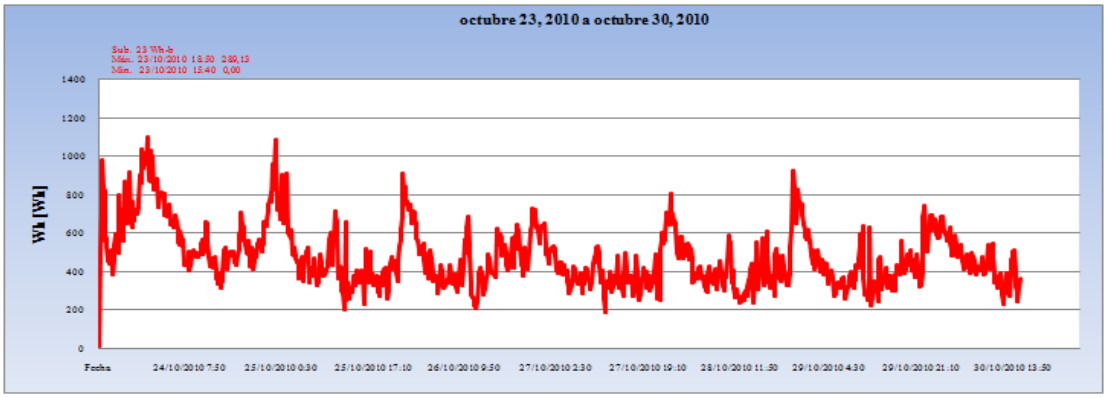

Figura 391. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Al igual que los datos anteriores, los valores de consumo de energía de las fases de este transformador tienen valores distintos, ya que el de la fase A es mayor que de la fase B. Además existe muestras que tienen un valor de cero, esto se debe a que en ese momento no hay consumo de corriente.

3.2.3.6.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

Finalmente se determina el factor de potencia de las dos fases, en donde se puede observa que existen variaciones de la curva entre los valores de $Fp = 0.5$ y $Fp = 1$.

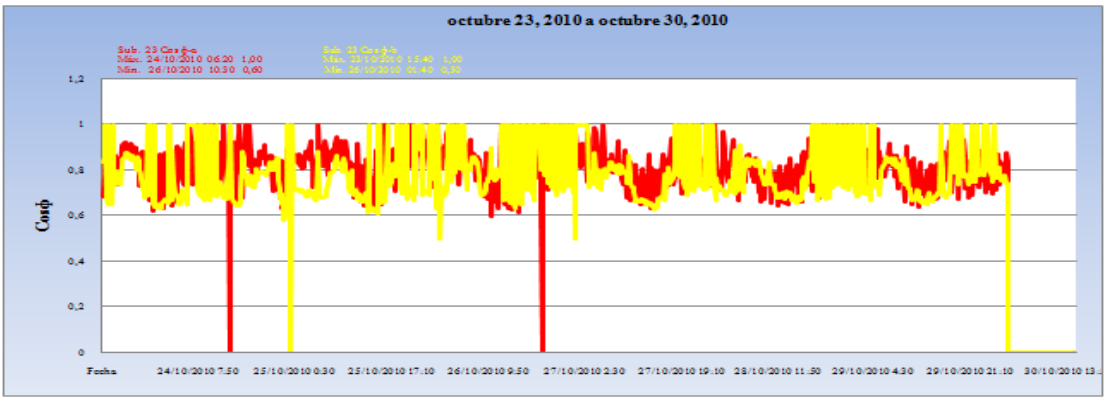

Figura 392. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 24 de Octubre de 2010 a las 06:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.60$ el día 26 de Octubre de

2010 a las 10:30, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.82$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, en esta fase hay dos muestras que tienen un valor de cero, las cuales se presentaron el día 24 de Octubre de 2010 a las 13:10 y 26 de Octubre de 2010 a las 19:20, esto se debe a que no hay consumo de corriente en ese instante.

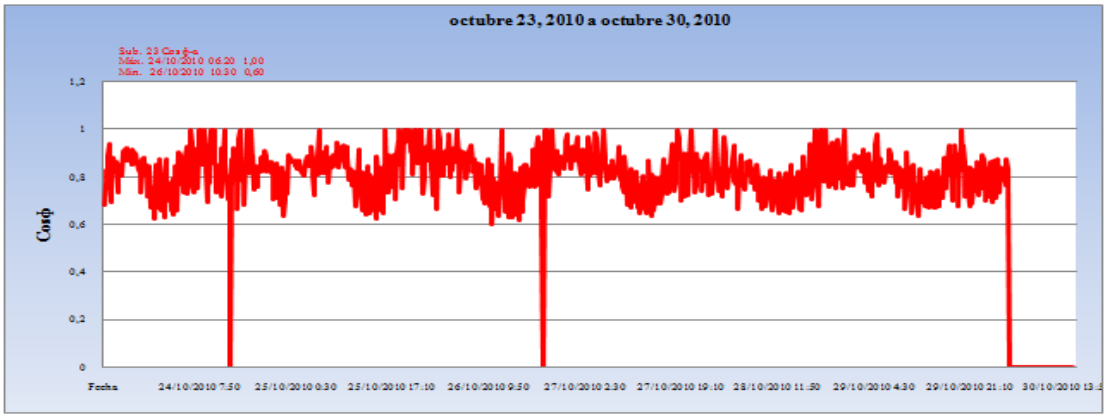

Figura 393. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 15:40 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.50$ el día 26 de Octubre de 2010 a las 01:40, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.78$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, en esta fase hay una muestra que tiene un valor de cero la cual se presenta a las 23:50 del día 24 de Octubre de 2010.

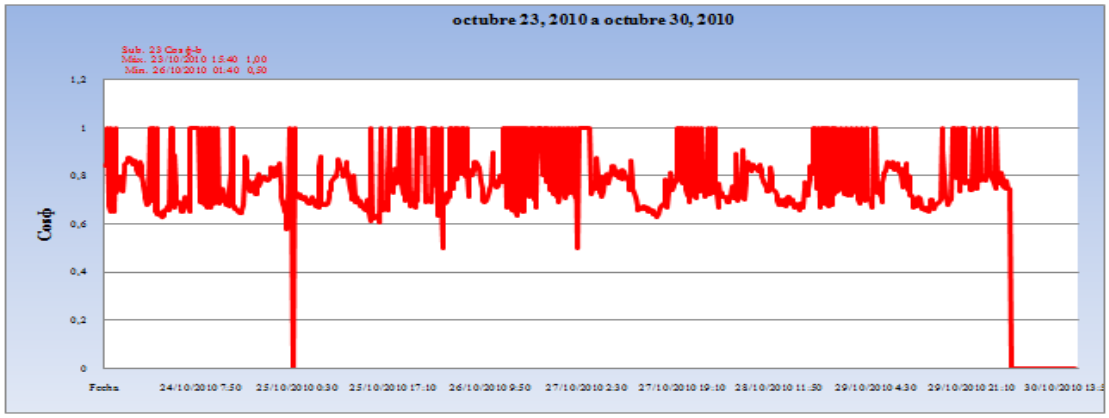

Figura 394. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Como se puede observar, la curva del factor de potencia de la fase A varía mucho más que el de la fase B, en donde sus valores más altos se presentan en horas del día y disminuyen en horas de la noche, quedando con un incumplimiento del límite de factor de potencia para una revisión o mejoramiento.

3.2.4. Tabulación de datos.

Para este proceso se considerarán los valores máximos y mínimos, promedio, fechas y hora en las que sucedieron, porcentajes y los límites establecidos para cada uno de los valores ya antes descritos en este capítulo, además se verificará mediante gráficas los resultados para comprobar si cumplen o no con las regulaciones establecidas.

3.2.4.1. Tabulación de datos del Transformador 10127.

Transformador tipo monofásico con una potencia de 25 KVA, del alimentador 2312 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón Indanza, en la parroquia San Juan Bosco en una zona rural del sector de San Juan Bosco con una tensión final de 220 V fase - fase y 127 V fase - neutro

3.2.4.1.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 116. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	18
99.90%	0.10%	98.21%	1.79%

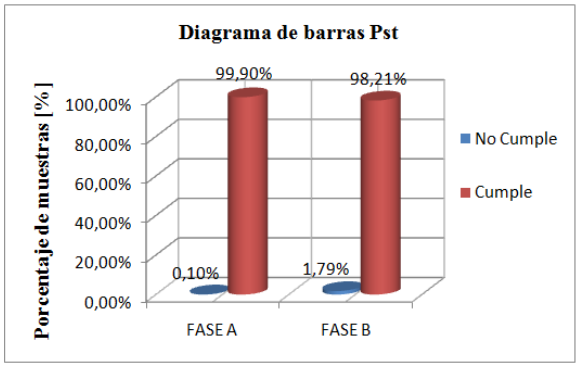

Figura 395. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 117. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
23/10/2010 - 12:10			2,27	
23/10/2010 - 21:10		0,19		
24/10/2010 - 23:10	1,05			
28/10/2010 - 14:00				0,18

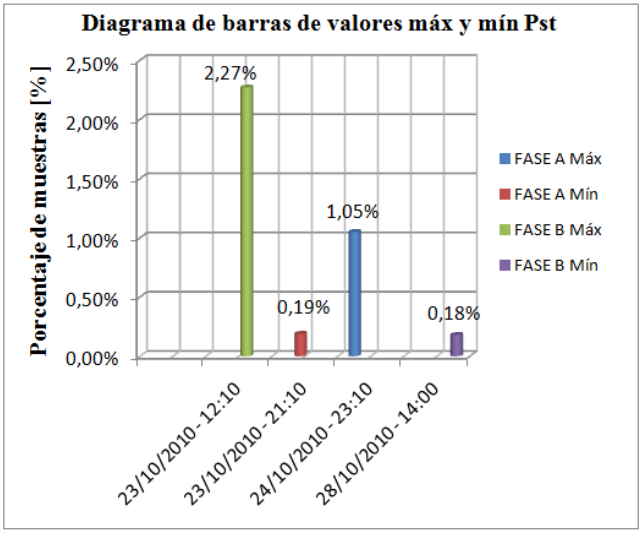

Figura 396. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.4.1.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 118. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

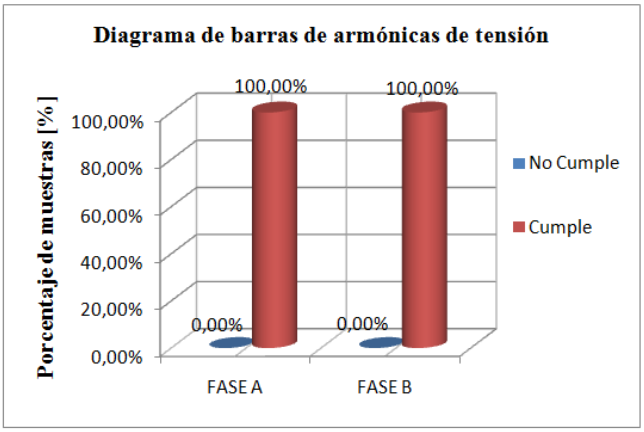

Figura 397. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 119. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
25/10/2010 - 02:20		1.67		
25/10/2010 - 02:50				1.63
27/10/2010 - 20:00	2.5			
28/10/2010 - 19:50			3.64	

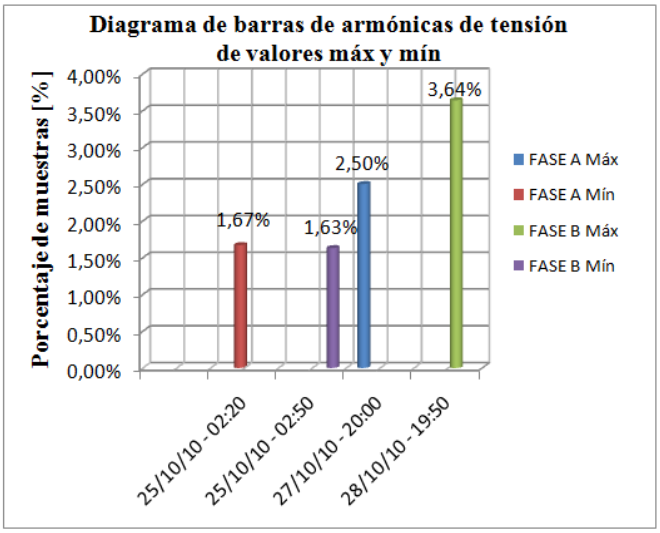

Figura 398. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.4.1.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 120. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	5	□ 20%	148
99.51%	0.49%	85.31%	14.68%

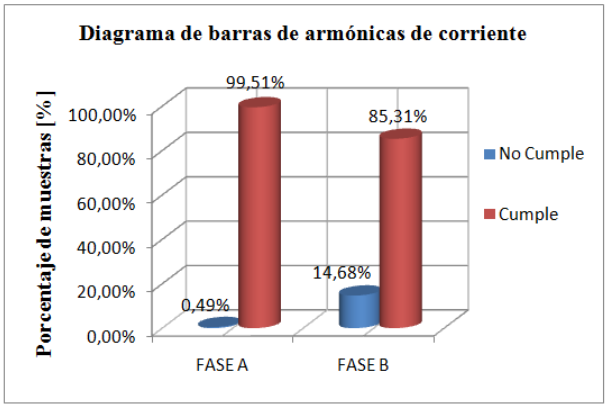

Figura 399. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 121. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases Ay B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
24/10/2010 - 01:30		2.09		
25/10/2010 - 09:30	23.40			
25/10/2010 - 16:10			37.20	
30/10/2010 - 04:40				2.97

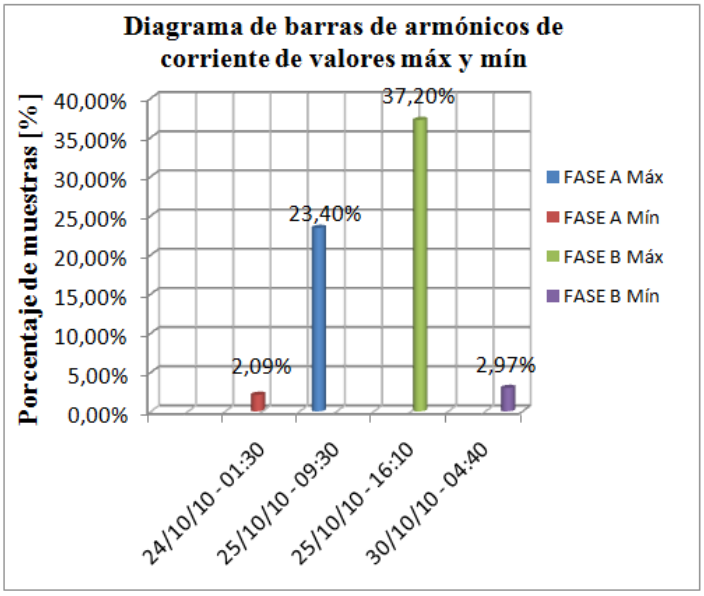

Figura 400. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.4.1.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 122. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	FASE B	FASE A & B
555	478.52	516.76

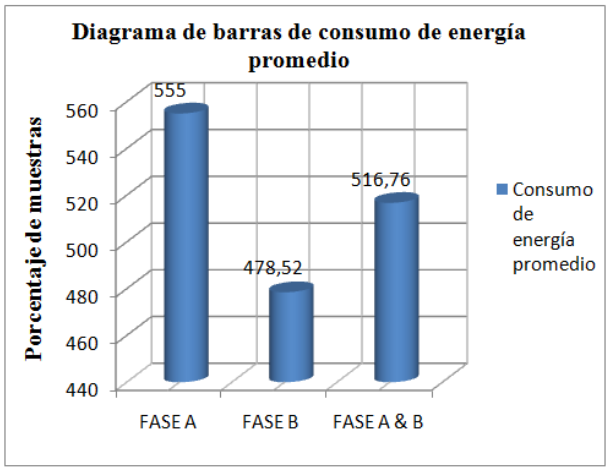

Figura 401. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 123. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
23/10/2010 - 20:20			1099,3	
24/10/2010 - 07:40		292,4		
26/10/2010 - 21:00	1151,6			
27/10/2010 - 07:50				189,4

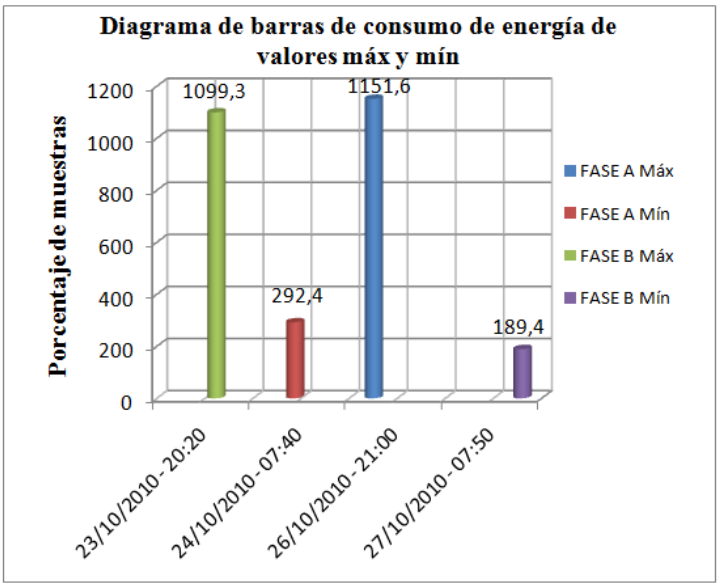

Figura 402. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.4.1.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 124. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.79	0.81	0.8

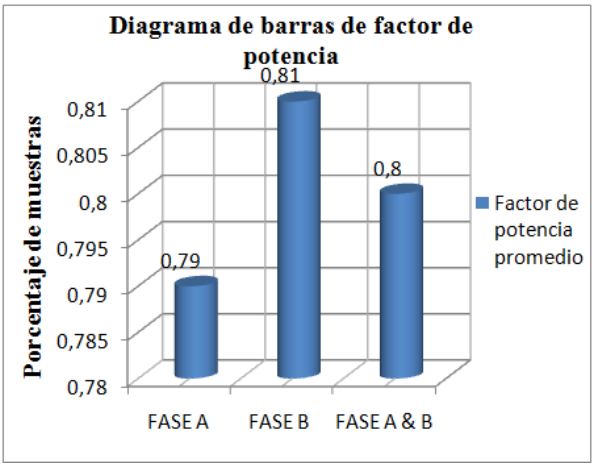

Figura 403. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 125. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
23/10/2010 - 12:40				0.54
23/10/2010 - 14:40		0.58		
26/10/2010 - 19:00	0.94			
29/10/2010 - 00:30			0.98	

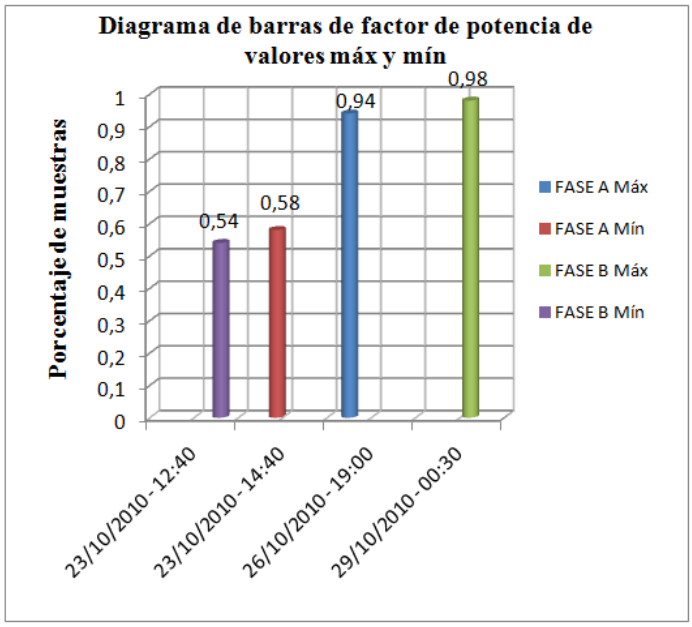

Figura 404. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.4.2. Tabulación de datos del Transformador 10413.

Transformador tipo monofásico con una potencia de 15 KVA, del alimentador 2312 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón Indanza, en la parroquia San Juan Bosco en una zona rural del sector de Pan de Azúcar con una tensión final de 220 V fase - fase y 127 V fase - neutro

3.2.4.2.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 126. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	50	□ 1 p.u.	3
95,04%	4,96%	99,70%	0,30%

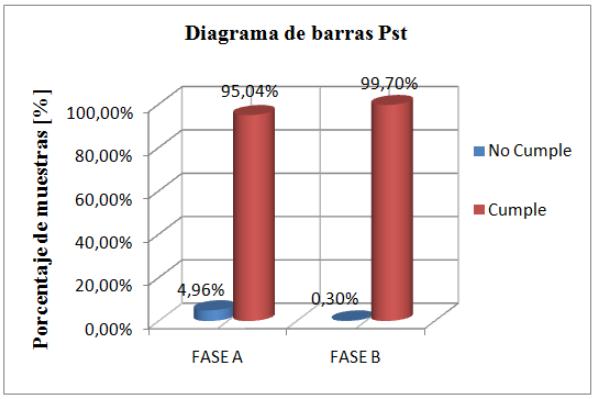

Figura 406. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 127. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
23/10/2010 - 13:10		0,00		0,00
24/10/2010 - 13:40	3,22			
30/10/2010 - 10:20			1,37	

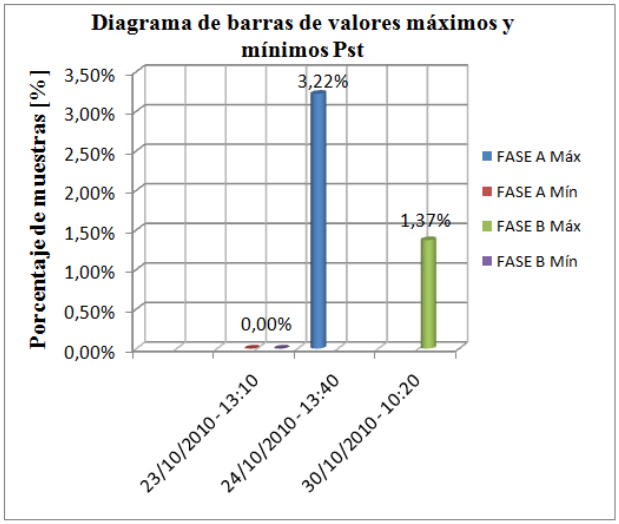

Figura 406. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.4.2.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 128. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

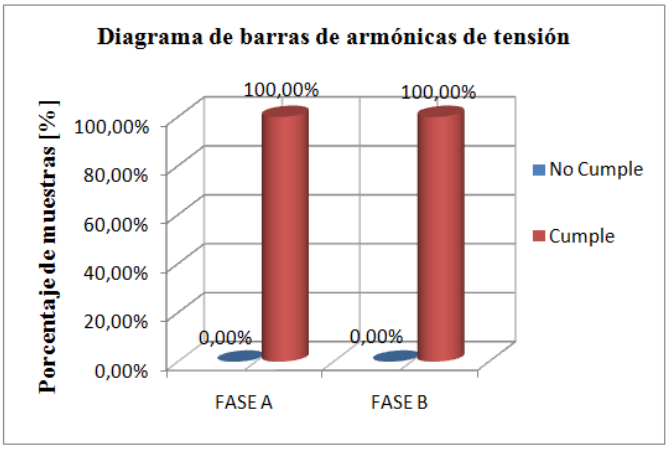

Figura 407. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 129. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
23/10/2010 - 18:00		1.32		
25/10/2010 - 18:10				1.34
27/10/2010 - 20:40			2.97	
28/10/2010 - 20:10	2.84			

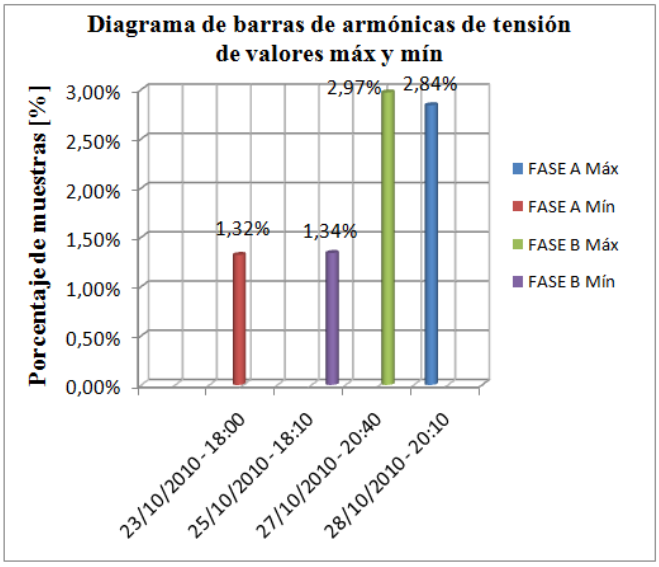

Figura 408. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.4.2.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 130. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	**Muestras □ al límite**	**Límite THD_I %**	**Muestras □ al límite**
□ 20%	50	□ 20%	17
95.04%	4.96%	98.32%	1.68%

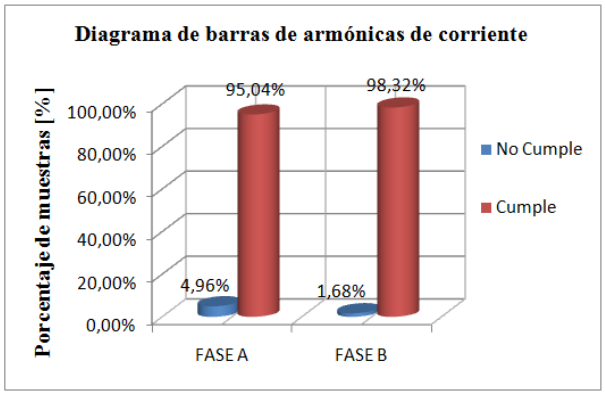

Figura 409. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 131. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases Ay B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
26/10/2010 - 07:50			50.80	
26/10/2010 - 10:30		0.0		0.0
26/10/2010 - 11:10	48.30			

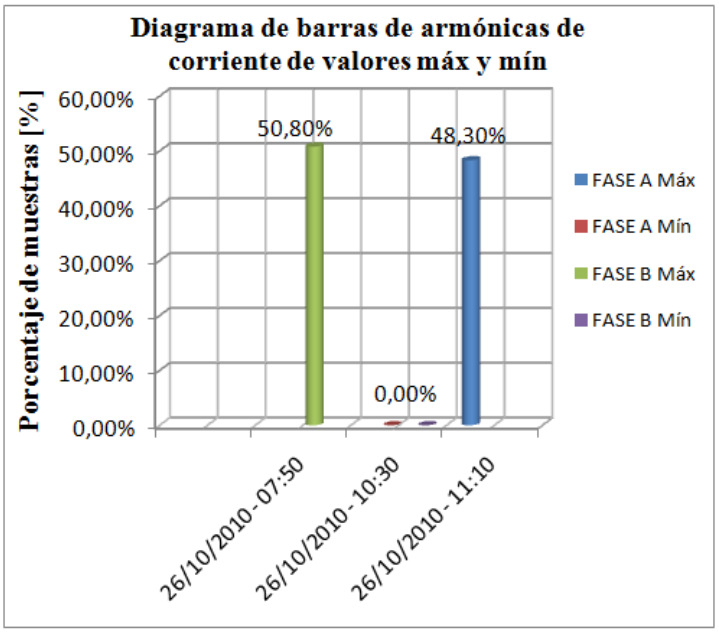

Figura 410. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.4.2.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 132. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	FASE B	FASE A & B
169.62	178.48	174.05

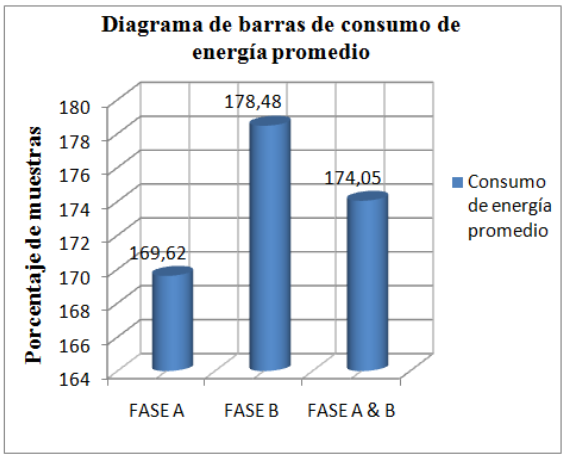

Figura 411. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 133. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
23/10/2010 - 14:20				0.0
23/10/2010 - 16:50		0.0		
24/10/2010 - 15:40	504.76			
25/10/2010 - 19:30			726.22	

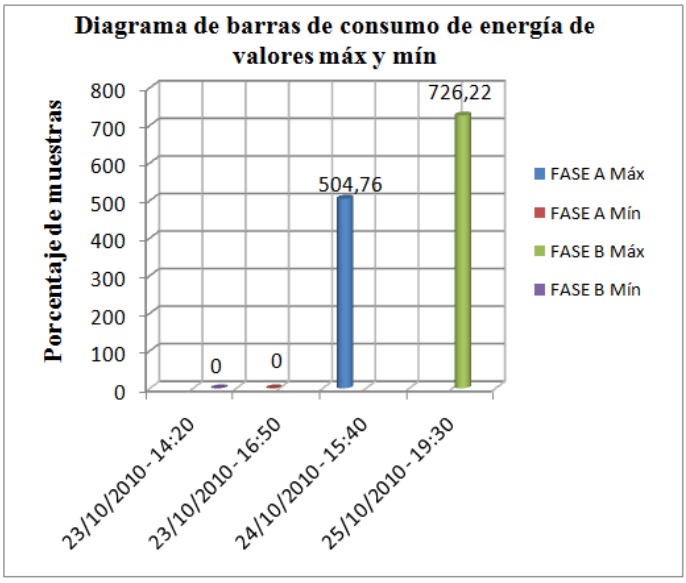

Figura 412. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.4.2.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 134. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.84	0.81	0.82

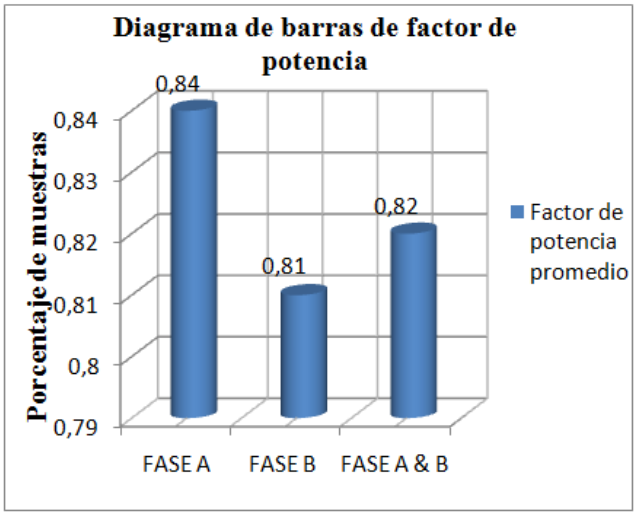

Figura 413. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 135. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
23/10/2010 - 14:50			1.00	
23/10/2010 - 16:50	1.00			
24/10/2010 - 08:40				0.500
24/10/2010 - 13:30		0.404		

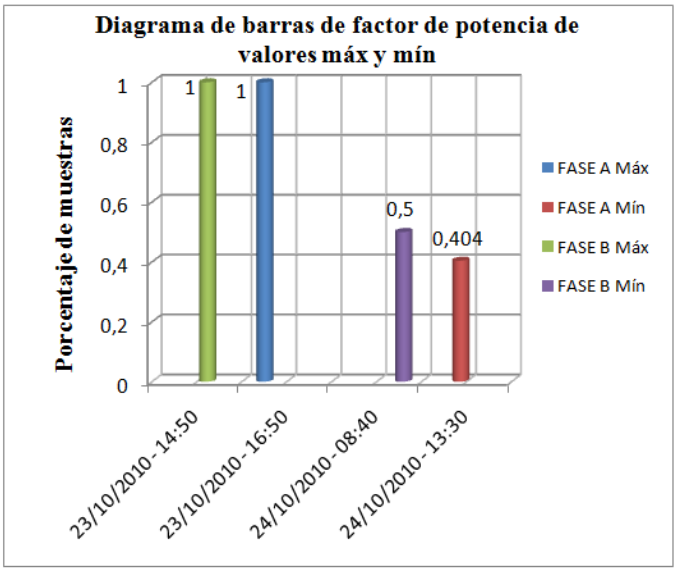

Figura 414. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.4.3. Tabulación de datos del Transformador 10432.

Transformador tipo monofásico con una potencia de 15 KVA, del alimentador 2312 perteneciente a la subestación 23 ubicado en la provincia de Morona Santiago, en el cantón Limón Indanza, en la parroquia San Juan Bosco en una zona rural del sector de Plan de Milagro con una tensión final de 220 V fase - fase y 127 V fase – neutro.

3.2.4.3.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 136. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	1
99.90%	0.10%	99.90%	0.10%

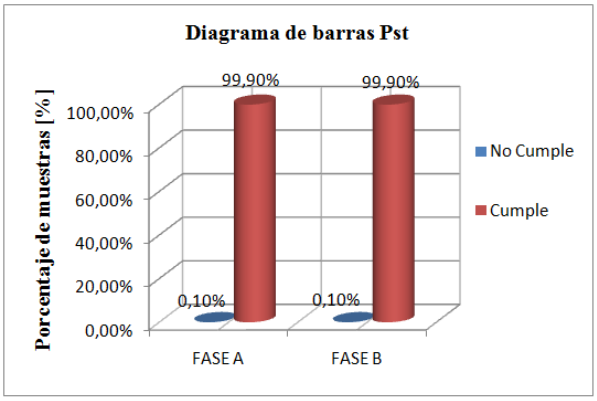

Figura 415. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 137. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
23/10/2010 - 18:10		0,00		0,00
24/10/2010 - 23:10	1,004		1,013	

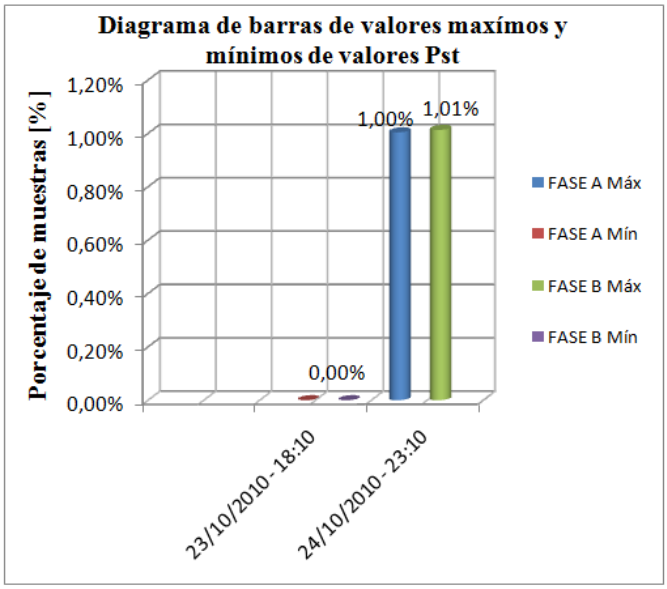

Figura 416. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.4.3.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 138. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

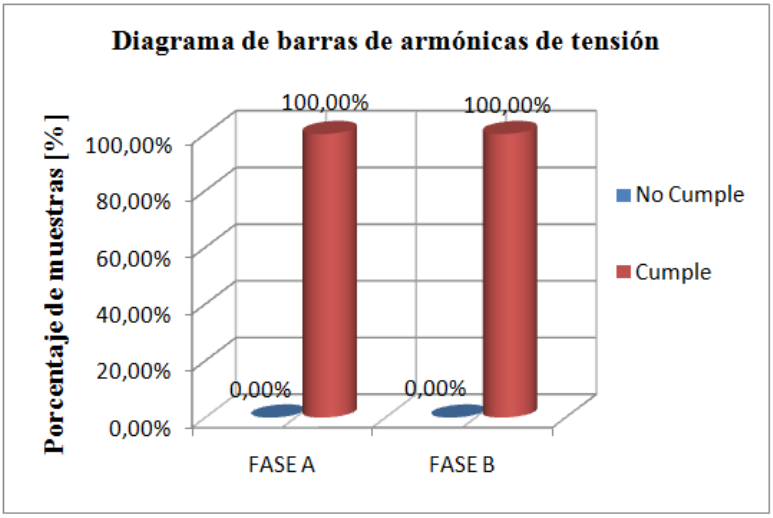

Figura 417. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 139. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
25/10/2010 - 02:50		0.95		
25/10/2010 - 13:10				0.94
25/10/2010 - 13:40	2.23		2.22	

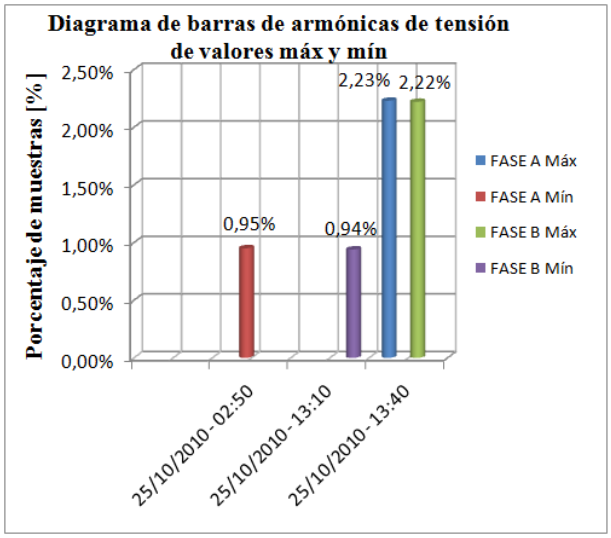

Figura 418. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.4.3.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 140. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	6	□ 20%	19
99.41%	0.59%	98.12%	1.88%

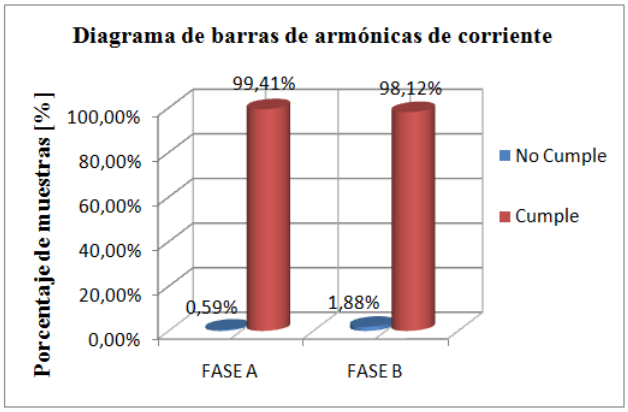

Figura 419. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 141. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases Ay B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
23/10/2010 - 18:30		0.0		0.0
23/10/2010 - 19:30			30.70	
26/10/2010 - 15:10	300			

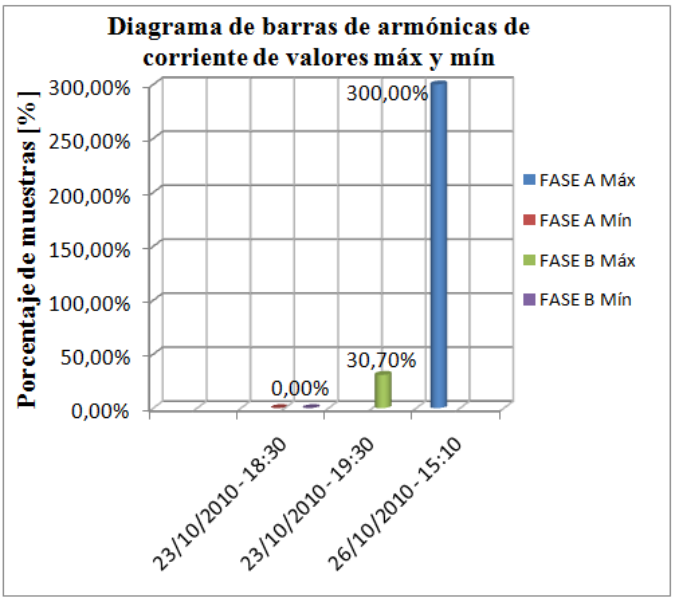

Figura 420. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.4.3.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 142. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	FASE B	FASE A & B
4.99	25.59	15.29

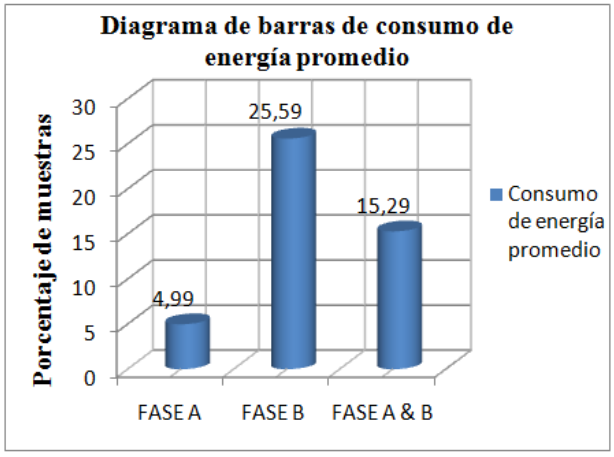

Figura 421. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 143. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
23/10/2010 - 18:10		0.0		0.0
24/10/2010 - 10:30			558.66	
26/10/2010 - 19:20	163.35			

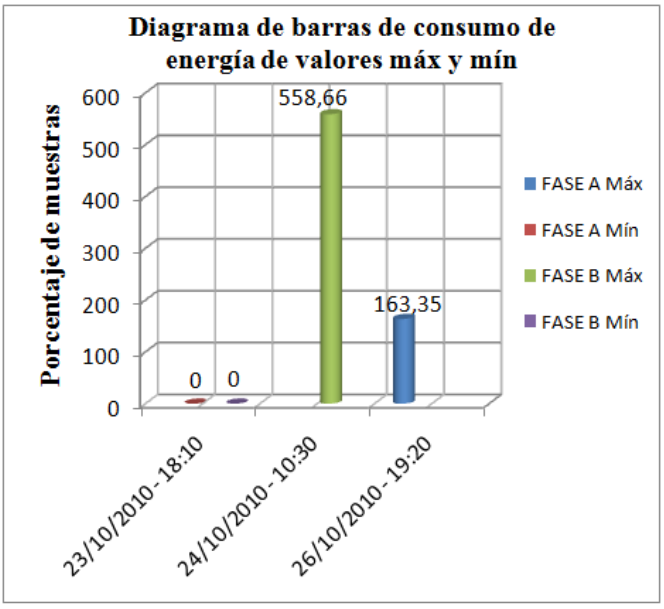

Figura 422. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.4.3.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 144. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.89	0.87	0.88

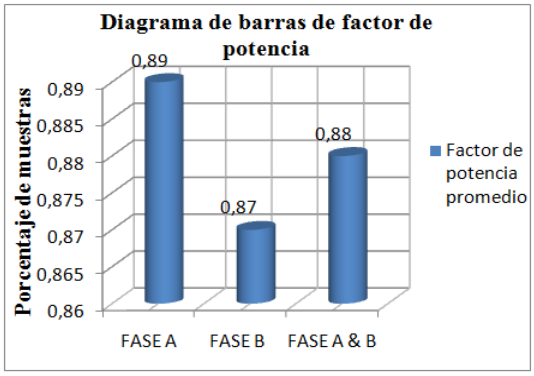

Figura 423. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 145. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
23/10/2010 - 18:10	1		1	
24/10/2010 - 08:00				0.50
25/10/2010 - 19:10		-1		

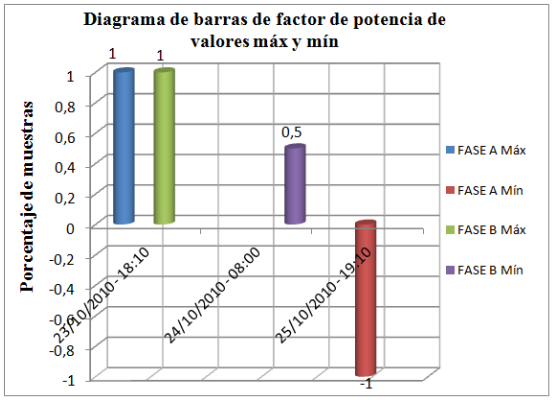

Figura 424. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.4.4. Tabulación de datos del Transformador 10442.

3.2.4.4.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 146. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	6	□ 1 p.u.	2
99.40%	0.60%	99.80%	0.20%

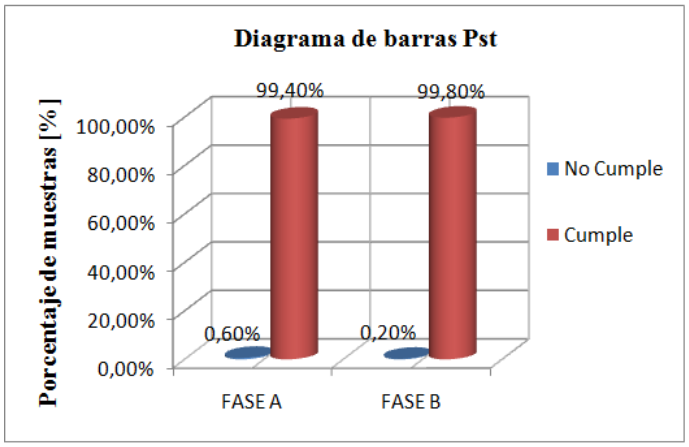

Figura 425. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 147. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**	**Máx P_{st}**	**Mín P_{st}**
26/10/2010 - 14:40	2.88			
28/10/2010 - 14:50			1.08	
29/10/2010 - 23:40		0.0		0.0

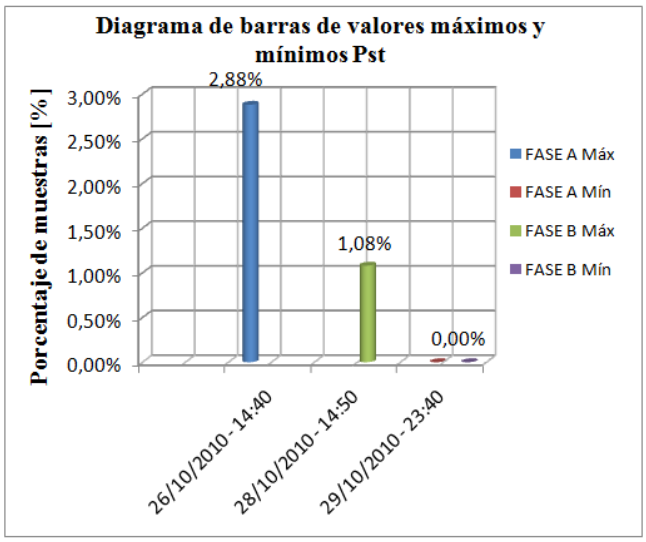

Figura 426. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.4.4.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 148. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

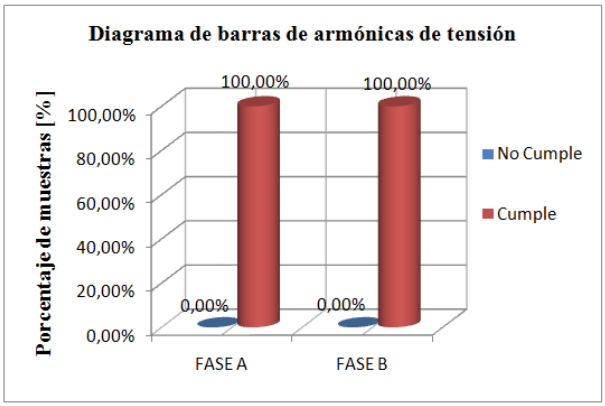

Figura 427. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 149. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
27/10/2010 - 02:50				0.81
27/10/2010 - 09:20		0.80		
27/10/2010 - 19:40			2.51	
29/10/2010 - 19:30	2.45			

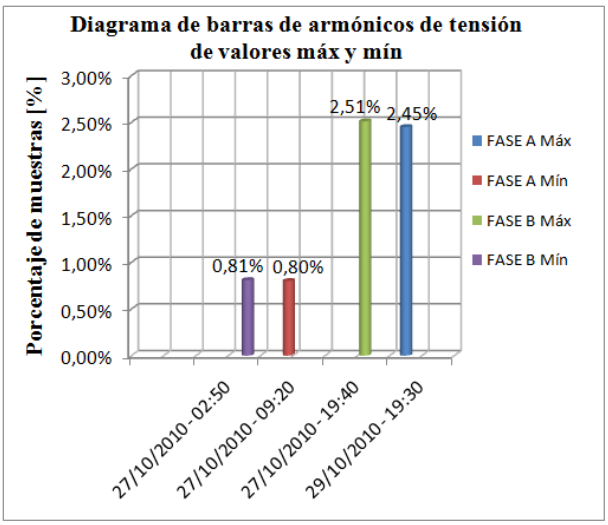

Figura 428. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.4.4.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 150. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	219	□ 20%	177
78.28%	21.72%	82.45%	17.55%

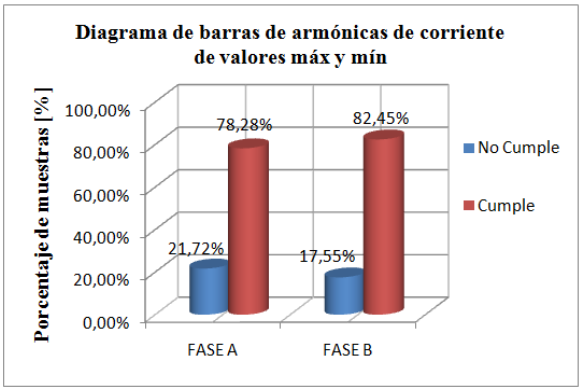

Figura 429. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 151. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases Ay B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
25/10/2010 - 23:40		4.38		
26/10/2010 - 06:50			39.5	
27/10/2010 - 04:40				1.89
30/10/2010 - 13:00	44.45			

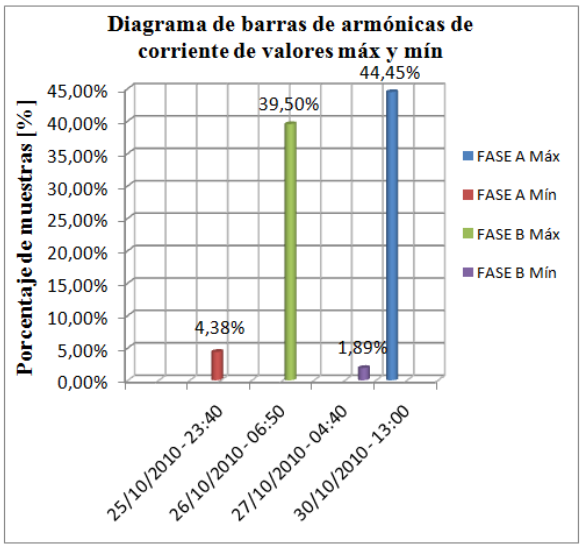

Figura 430. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.4.4.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 152. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
253.19	323.65	288.42

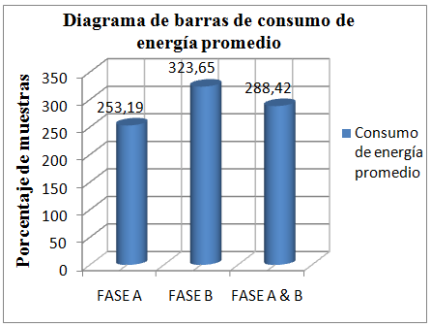

Figura 431. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 153. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
24/10/2010 - 16:20		22.87		
25/10/2010 - 19:30			708.95	
27/10/2010 - 10:40				132.32
30/10/2010 - 18:40	903.34			

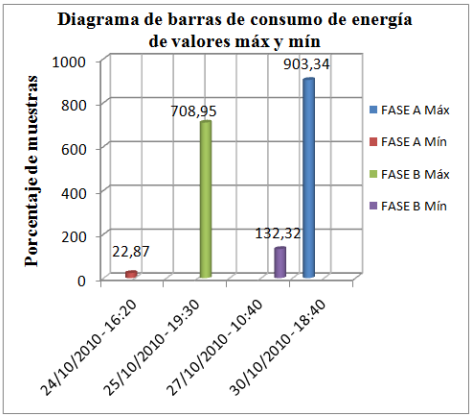

Figura 452. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.4.4.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 154. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.74	0.75	0.74

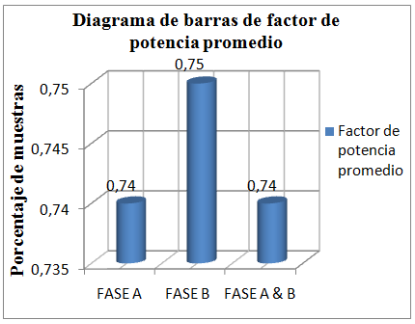

Figura 433. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 155. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
27/10/2010 - 10:00		0.60		
27/10/2010 - 10:10				0.65
29/10/2010 - 06:20			0.92	
30/10/2010 - 18:10	0.94			

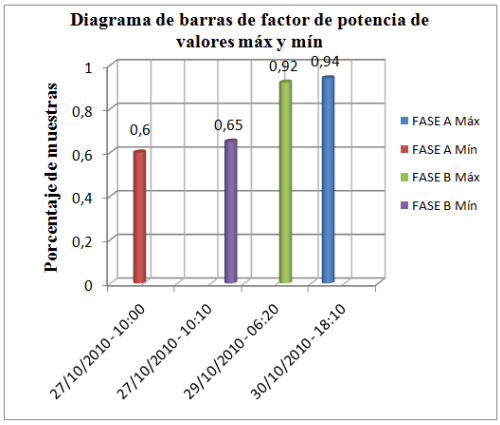

Figura 434. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.4.5. Tabulación de datos del Transformador 10660.

3.2.4.5.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 156. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	8	□ 1 p.u.	6
99.21%	0.79%	99.40%	0.60%

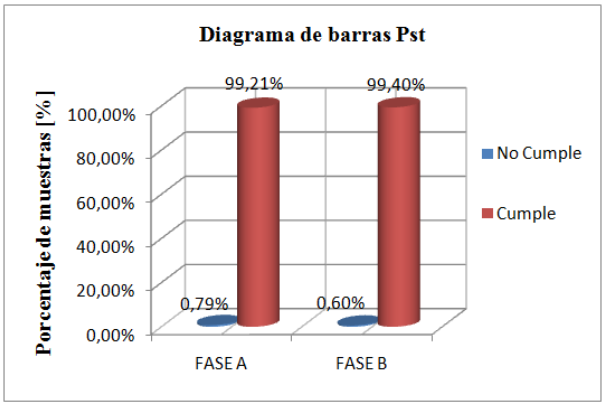

Figura 435. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 157. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**	**Máx P_{st}**	**Mín P_{st}**
23/10/2010 - 18:20		0.0		
24/10/2010 - 00:40				0.0
28/10/2010 - 15:30	2.04		1.90	

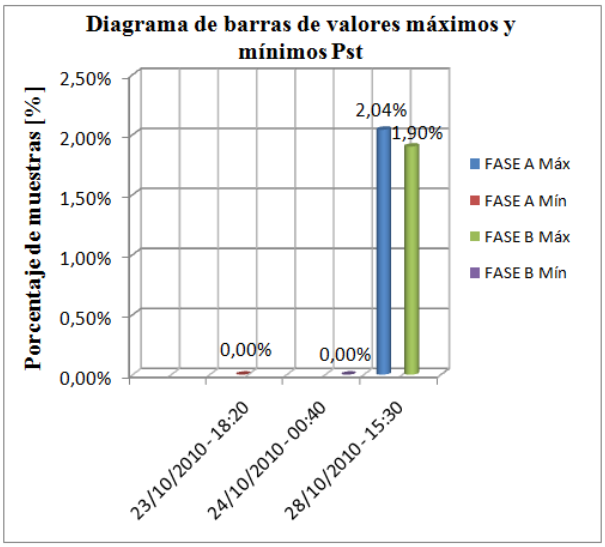

Figura 436. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.4.5.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 158. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

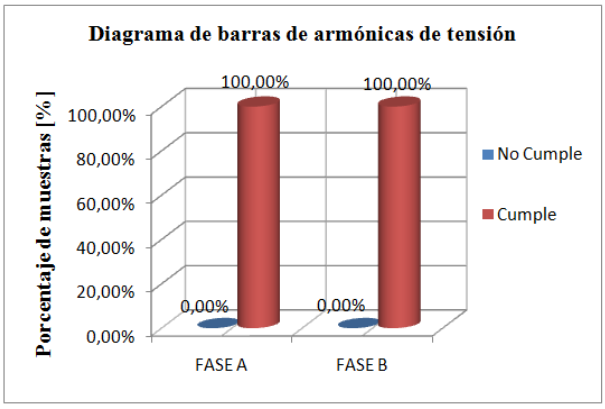

Figura 437. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 159. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
25/10/2010 - 02:20		0.92		
25/10/2010 - 03:20				0.81
25/10/2010 - 13:40	2.09			
26/10/2010 - 08:00			2.00	

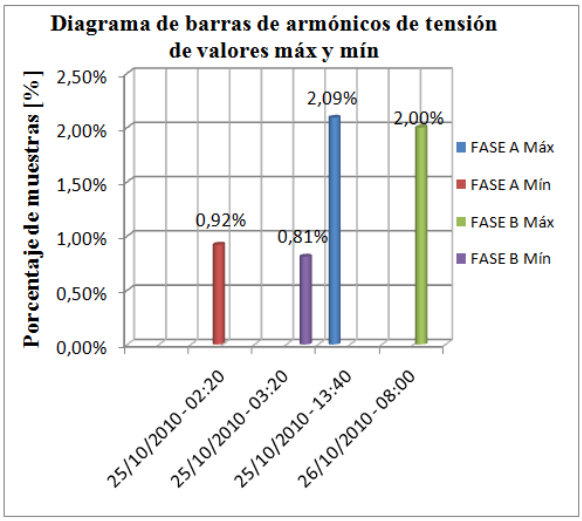

Figura 438. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.4.5.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 160. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	21	□ 20%	29
97.92%	2.08%	97.12%	2.87%

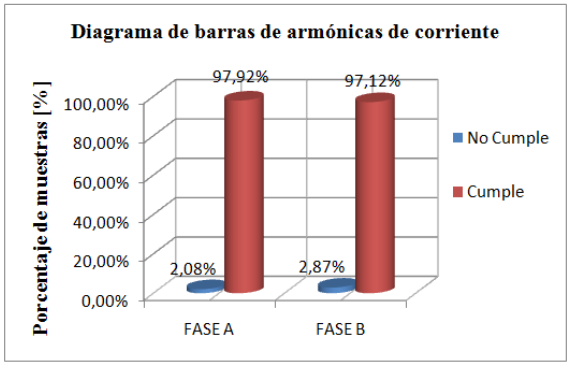

Figura 439. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 161. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases Ay B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
24/10/2010 - 10:50	30.70			
30/10/2010 - 06:00		0.0		0.0
30/10/2010 - 07:00			33.60	

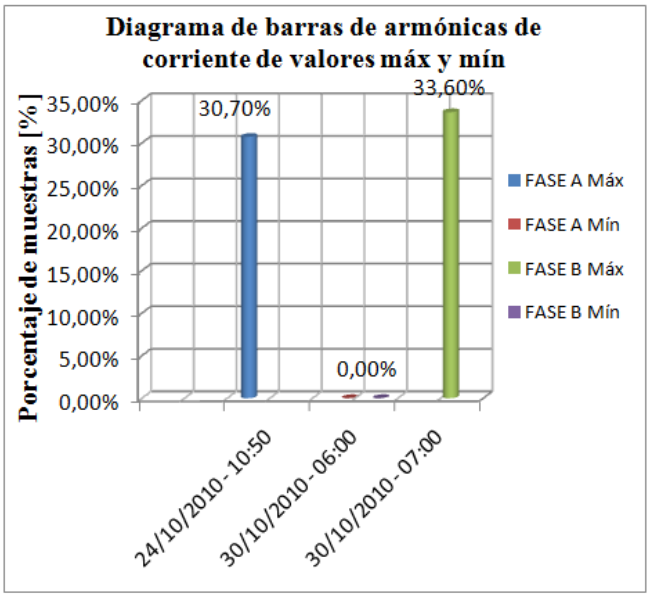

Figura 440. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.4.5.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 162. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
55.99	162.27	109.13

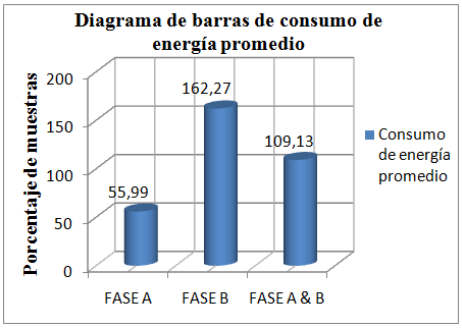

Figura 441. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 163. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
23/10/2010 - 16:20		0.0		
23/10/2010 - 18:30	213.99			
23/10/2010 - 19:30			383.88	
25/10/2010 - 06:50				0.0

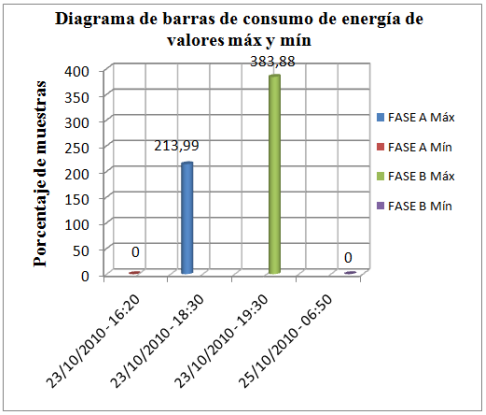

Figura 462. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.4.5.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 164. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.98	0.88	0.93

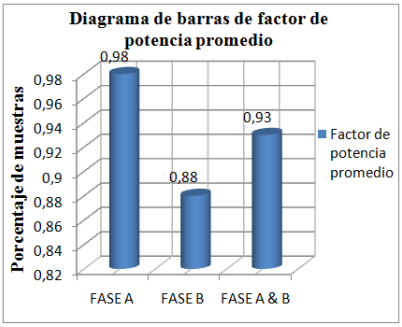

Figura 443. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 165. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
23/10/2010 - 16:20	1			
23/10/2010 - 19:50			1	
28/10/2010 - 06:30				0.44
28/10/2010 - 11:00		0.36		

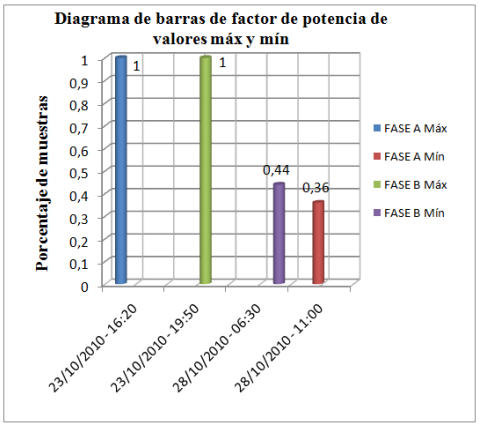

Figura 444. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.2.4.6. Tabulación de datos del Transformador 10849.

3.2.4.6.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 166. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	1
99.90%	0.10%	99.90%	0.10%

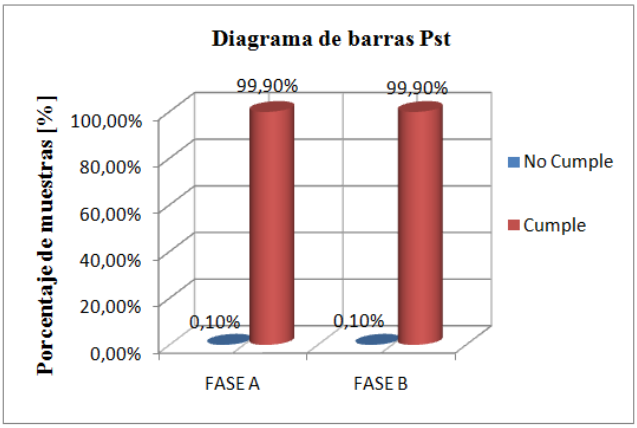

Figura 445. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 167. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
23/10/2010 - 15:20		0.0		0.0
30/10/2010 - 00:10	1.26		1.25	

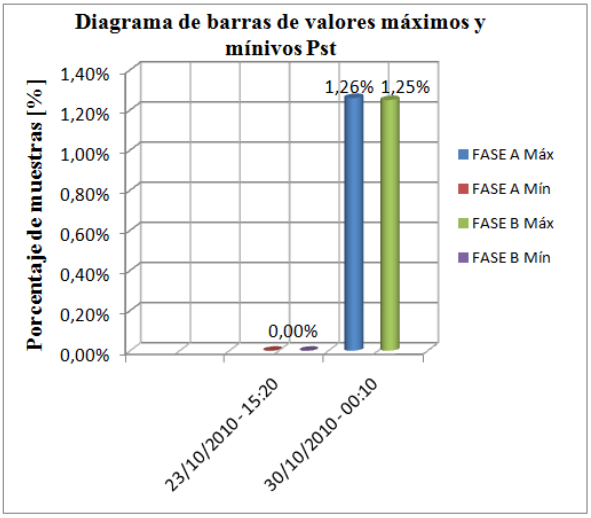

Figura 446. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.2.4.6.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 168. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

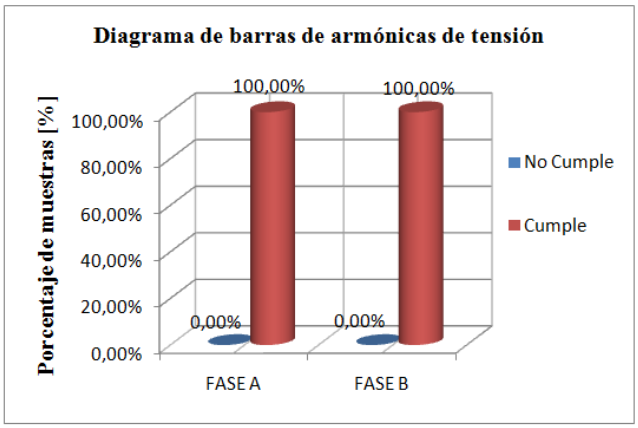

Figura 447. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 169. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
29/10/2010 - 06:50	2.33		2.39	
30/10/2010 - 04:00		0.0		0.0

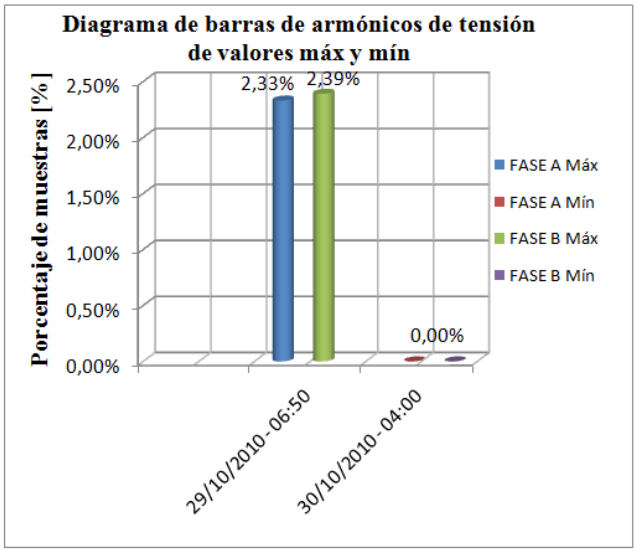

Figura 448. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.2.4.6.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 170. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	40	□ 20%	115
96.04%	3.96%	88.60%	11.40%

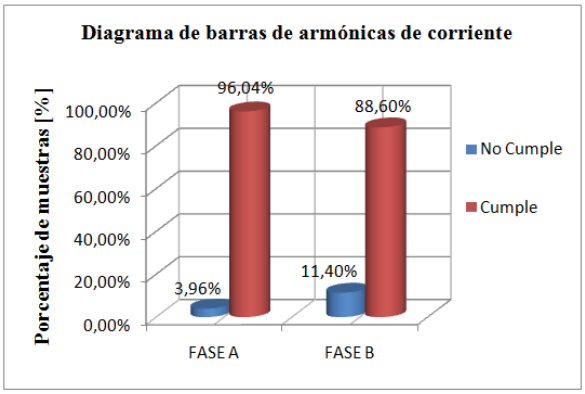

Figura 449. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 171. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases Ay B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
23/10/2010 - 19:40			41.40	
23/10/2010 - 20:30	35.0			
25/10/2010 - 18:20		0.0		0.0

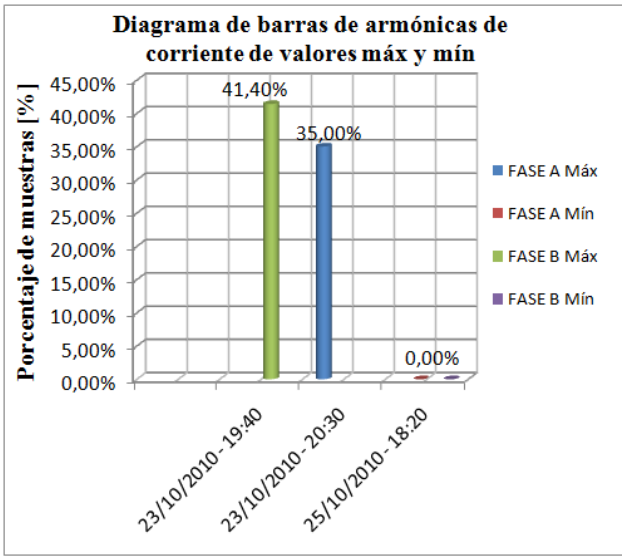

Figura 450. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.2.4.6.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 172. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
126.09	82.84	104.65

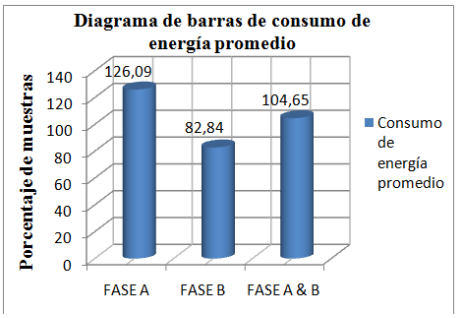

Figura 451. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 173. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
23/10/2010 - 15:40				0.0
23/10/2010 - 18:50			289.1	
24/10/2010 - 06:20		0.0		
29/10/2010 - 06:40	300.5			

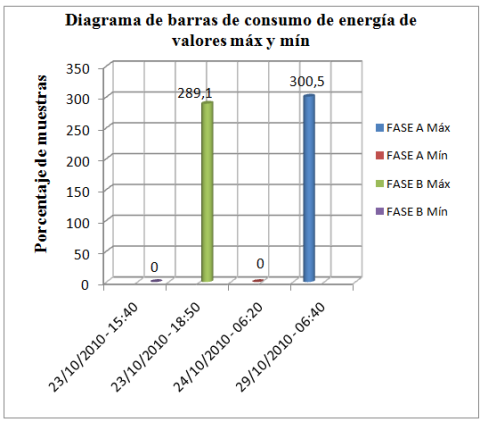

Figura 452. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.2.4.6.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 174. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.82	0.81	0.81

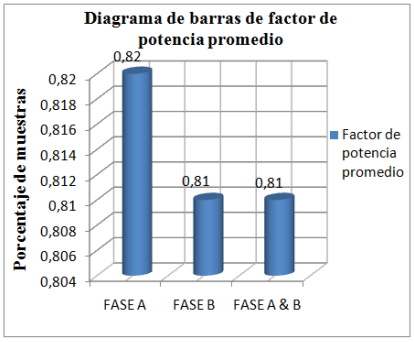

Figura 453. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 175. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
23/10/2010 - 15:40			1	
24/10/2010 - 06:20	1			
26/10/2010 - 01:40				0.50
26/10/2010 - 10:30		0.60		

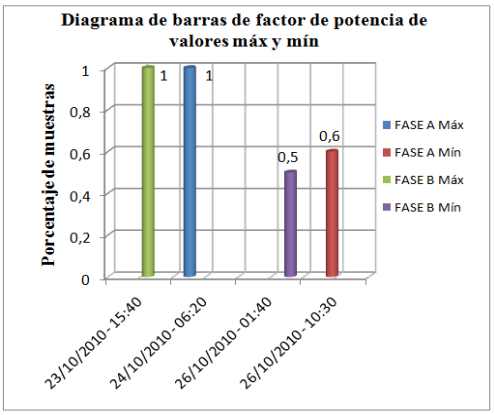

Figura 454. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.3. Cargas conectadas a los alimentadores de la subestación # 23.

Este alimentador presta servicio a los cantones de San Juan Bosco, Gualaquiza y una parte de Limón Indanza, pertenecientes a la provincia de Morona Santiago, en media y alta tensión. Las mediciones se realizaron como se indica en la norma CONELEC-004/01. Estas mediciones fueron proporcionadas por la EERCS C.A.

3.3.1. Recolección de datos de los usuarios del alimentador 2311.

Para esta etapa se considerara los mismos datos ya antes utilizados para determinar los datos que están fuera del límite establecido para cada transformador en este análisis.

3.3.1.1. Usuario 1380310.

Este usuario pertenece a media tensión que utiliza un transformador trifásico de 100KVA, del cual consume una potencia de 7,95KVA, se encuentra identificado con el código 10452P, el cual presenta servicio a la área No. 3 del Hospital Cantonal de Limón, tiene una tensión de 220V entre fase-fase y 120V entre fase-neutro, se encuentra ubicado en una zona urbana del cantón Limón Indanza de la parroquia General Leónidas Plaza.

Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 17 de Abril de 2010 a las 10:30 y culminando el día 24 de Abril de 2010 a las 10:20, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.1.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B, Fase C.

Se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A y la fase C existe una muestra mayor al límite (P_{st} 1), donde existe un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u.

99.90%), en la fase B no existen muestras mayores al límite (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 100%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

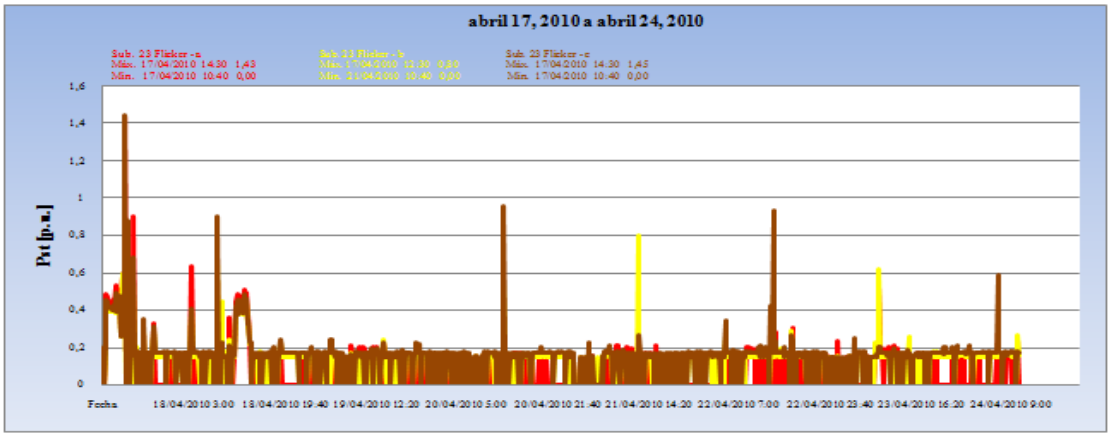

Figura 455. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A, B y C [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A; sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay una muestra que supera el límite, la cual se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $Pst = 1{,}43$ y el valor mínimo se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 10:40, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}07$ $[p.u.]$ de todas las mediciones.

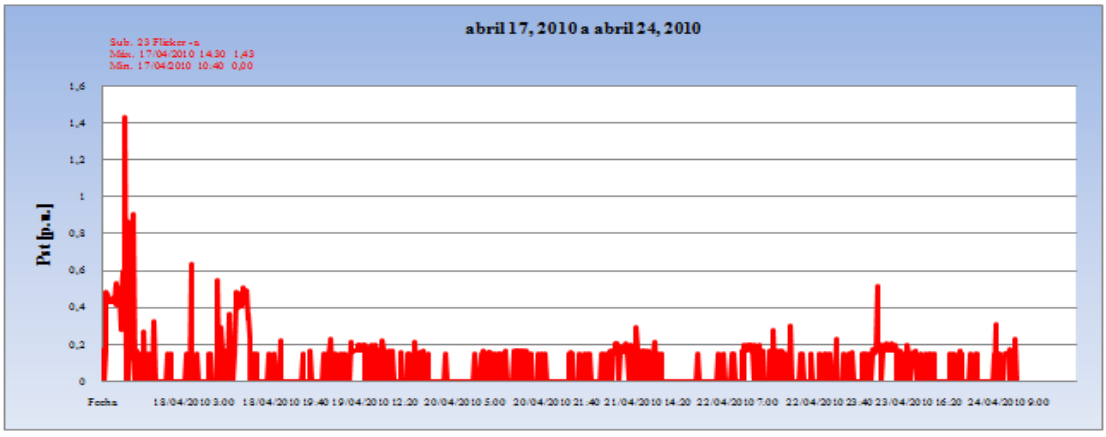

Figura 456. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, no existe valores que superen el limite, donde el día 21 de Abril a las 12:30 presentó su mayor muestra, la cual tuvo un valor de $Pst = 0{,}8$ y su valor menor se presentó el día 17 de Abril del 2010 a las 10:40, con un valor de $Pst = 0{,}0$ teniendo un promedio de $Pst = 0{,}13\ [p.u.]$

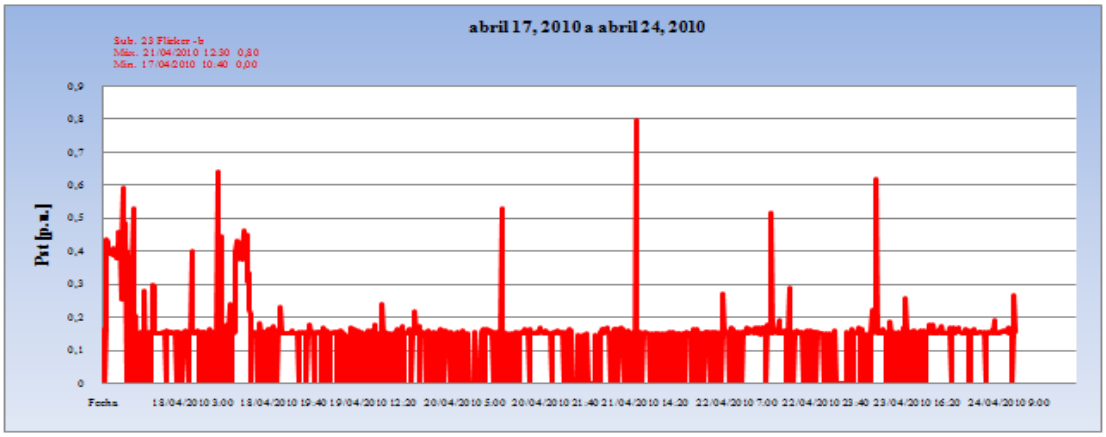

Figura 457. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En la fase C, se observa que hay una muestra que sobrepasa el límite, la cual presentó un $Pst = 1{,}45$, la misma que ocurrió el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30 y el valor mínimo el día 17 de Abril del 2010 a las 10:40, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}16\ [p.u.]$ de las mediciones durante los siete días.

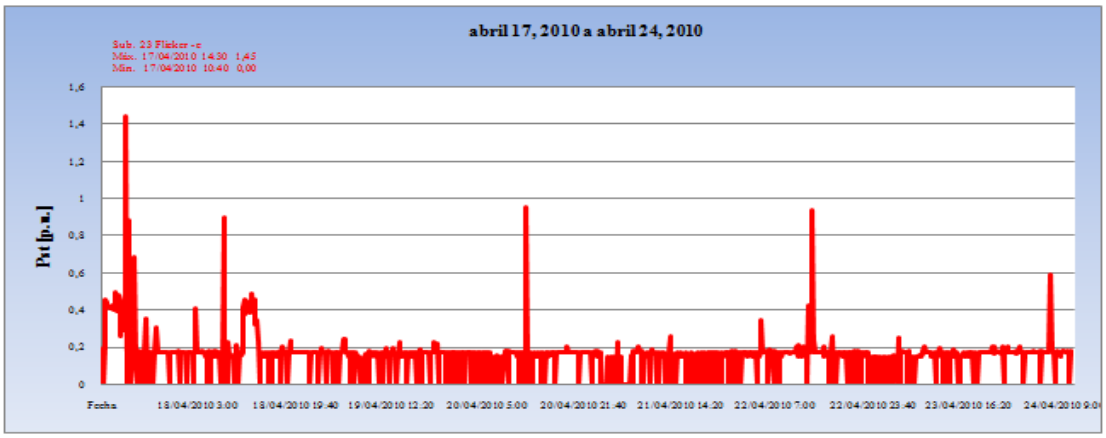

Figura 458. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase C [p.u.].

En conclusión, los flickers que superaron el limite en las fases A y fase C se presentó a causa de variación en el voltaje, ya que a esa hora el consumo de corriente fue bajo, esta variación se presento el día sábado 17 de Abril a las 14:30, en cambio el máximo valor de la fase B se presento el miércoles 21 de Abril a las 12:30, en términos generales los valores se mantienen entre 0,0 y 0,2, por lo que cumple con la regulación del CONELEC.

3.3.1.1.2. TDH_V [%]: Fase A, Fase B, Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

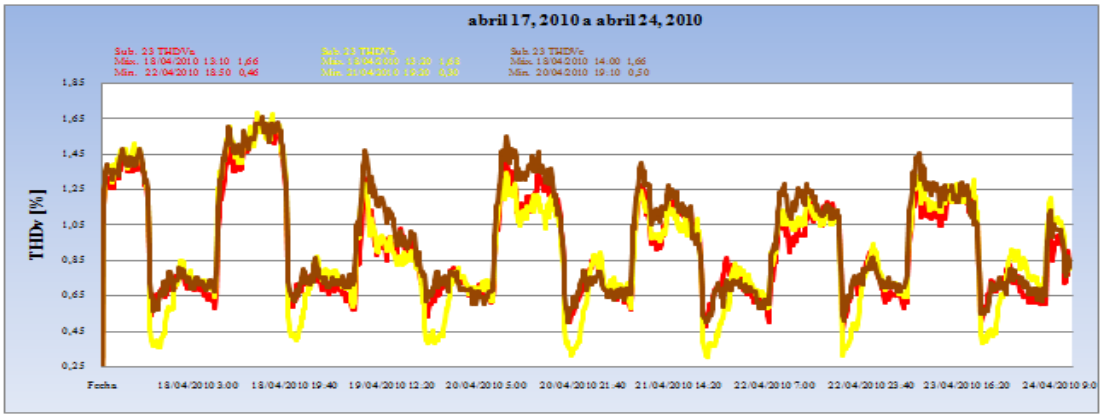

Figura 459. Distorsión armónica de tensión TDH_V de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite sin embargo se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:10 con un valor de $THD_V = 1.66$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 18:50 con un valor de $THD_V = 0.92$ llegando a ser el valor mínimo.

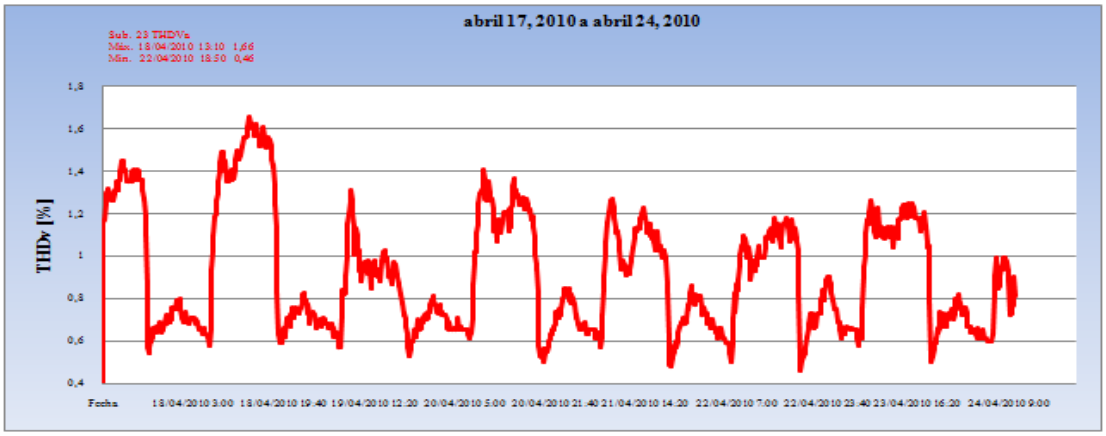

Figura 460. Distorsión armónica de tensión TDH_V de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:20 con un valor de $THD_V = 1.68$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 19:20 con un valor de $THD_V = 0.30$ llegando a ser el valor mínimo.

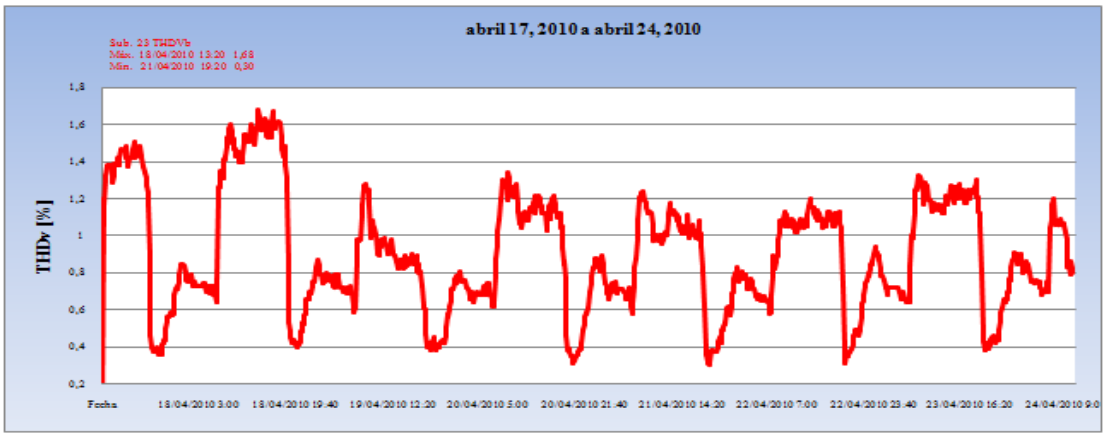

Figura 461. Distorsión armónica de tensión TDH_V de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase C, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 14:00 con un valor de

$THD_V = 1.66$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 19:10 con un valor de $THD_V = 0.50$ llegando a ser el valor mínimo.

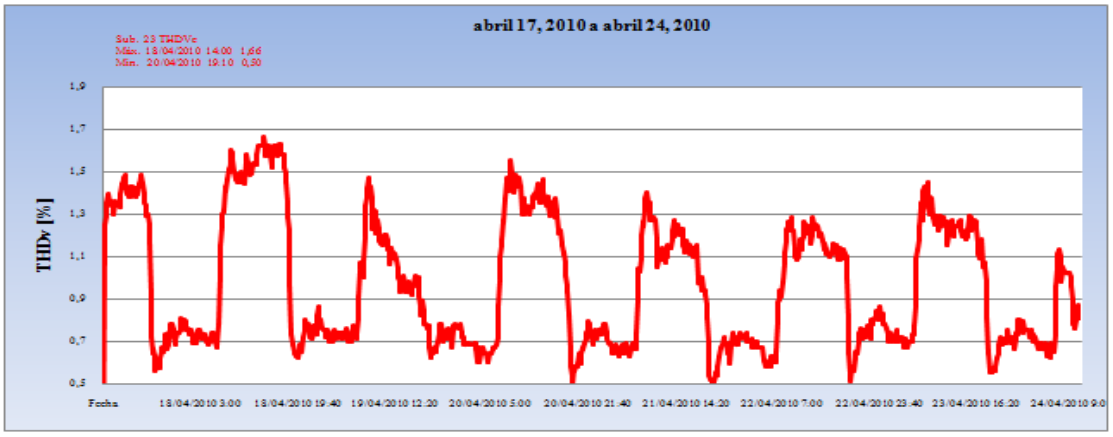

Figura 462. Distorsión armónica de tensión TDH_V de las fases A, B y C [%].

En forma general, en ninguna de las tres fases hay muestras que superen la regulación establecida por el CONELEC, además se puede notar que los máximos valores se presentaron el mismo día, domingo 18 de Abril esto es a causa de los equipos conectados a las redes de este transformador.

3.3.1.1.3. THD_I [%]: Fase A, Fase B, Fase C.

Se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 1380310 de las tres fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 50.09 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 49.91 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 27.28 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 72.72 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 75.99 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 24.01 %), para la fase C las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 47.02 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I <$

$20\%\ es\ 52.98\ \%$) por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B y fase C en conjunto es $THD_I = 20.13$.

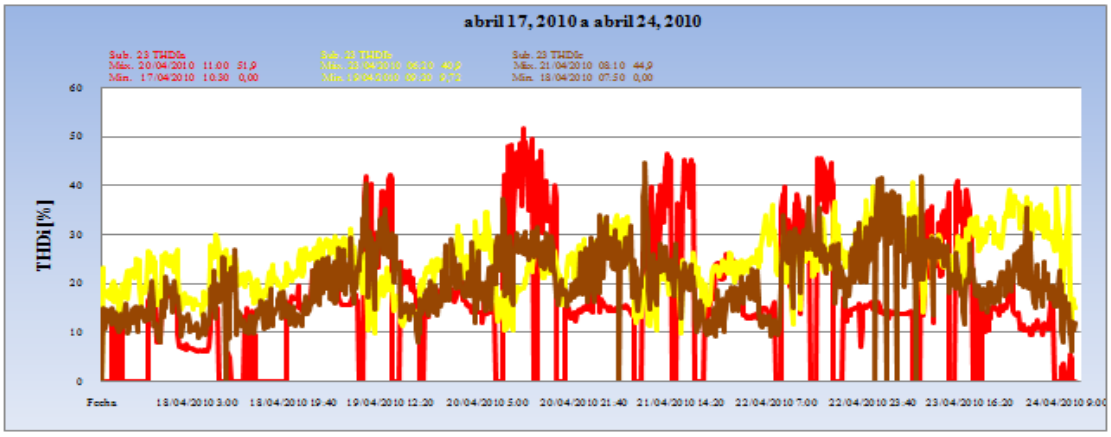

Figura 463. Distorsión armónica de corriente TDH_I de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 275 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%\ es\ 27.28\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%\ es\ 72.72\%$); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 11:00 con un valor de $THD_I = 51.90$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 10:30 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 15.85$.

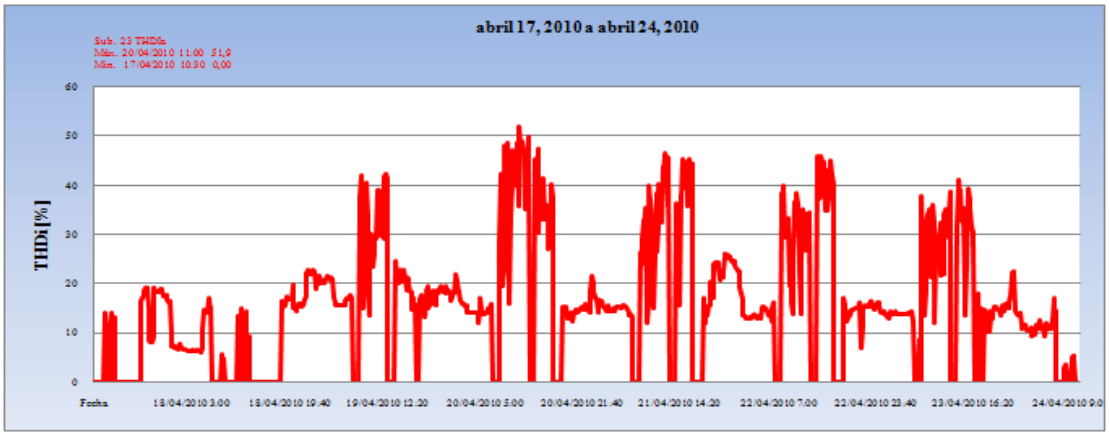

Figura 464. Distorsión armónica de corriente TDH_I de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existe 766 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 75.99%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 24.01%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 23 de Abril del 2010 a las 06:20 con un valor de $THD_I = 40.90$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 09:20 con un valor de $THD_I = 9.72$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 24.34$.

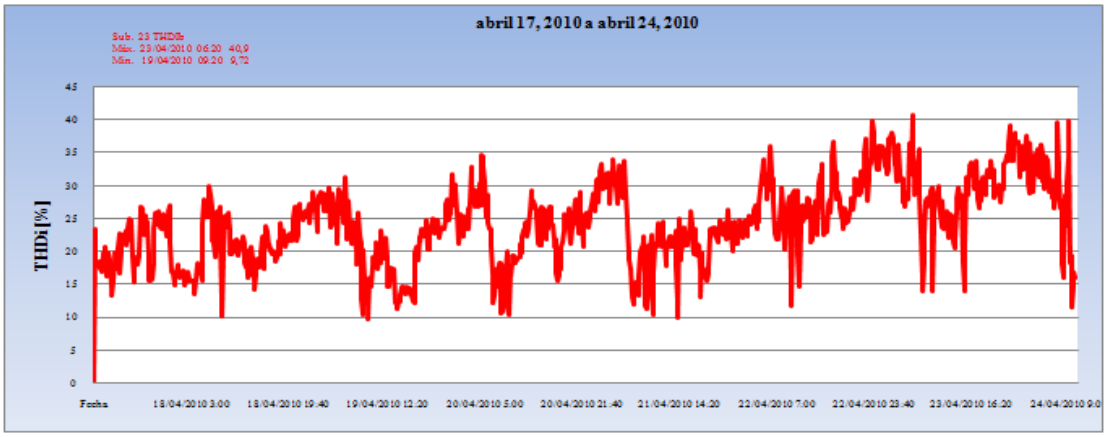

Figura 465. Distorsión armónica de corriente TDH_I de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase C, se puede decir que existe 474 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 47.02%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 52.98%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 21 de Abril del 2010 a las 08:10 con un valor de $THD_I = 44.90$ llegando a ser el valor máximo y el día 18 de Abril del 2010 a las 07:50 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 20.22$.

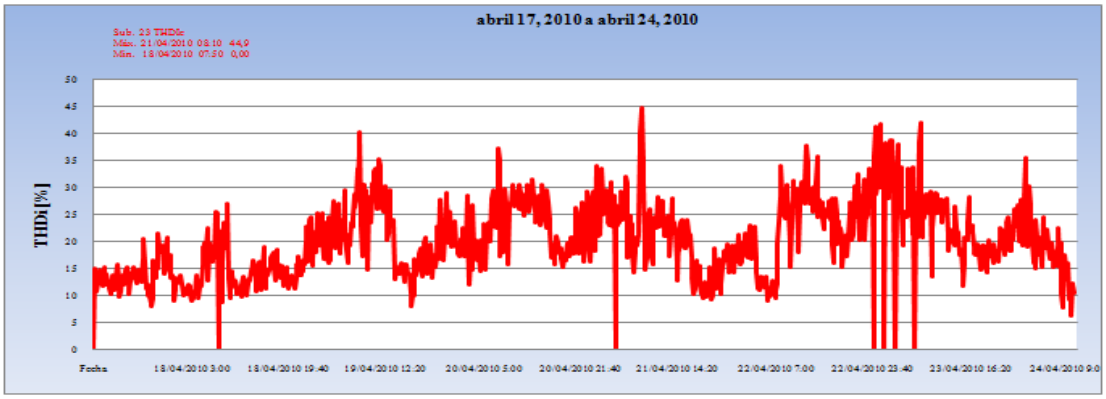

Figura 466. Distorsión armónica de corriente TDH_I de las fases A, B y C [%].

Como conclusión, este transformador posee una gran cantidad de armónicas de corriente estando por encima del 50% este transformador a su vez tiene la mayoría de la carga que produce armónicas conectadas en la fase B a pesar que la fase C y la fase A poseen un elevado índice de armónicas de corriente estando con un gran problema y presentando un problema a corto y largo plazo un problema.

3.3.1.1.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B, Fase C.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las fases A, fase B y fase C durante el periodo de medición que comenzó el día 17 de Abril de 2010 a las 10:30 hasta el día 24 de Abril de 2010 a las 10:20, con un tiempo total de 168 horas, en donde se puede observa que la fase B es la de mayor consumo.

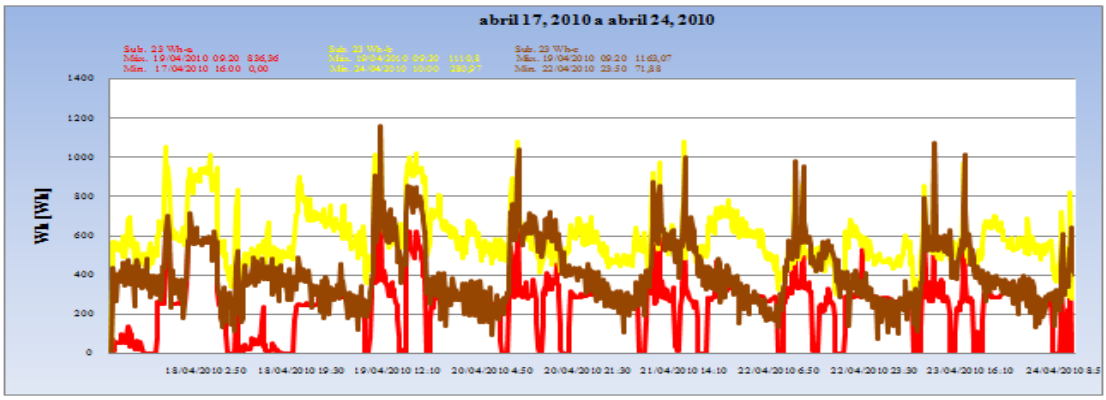

Figura 467. Nivel de consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, presenta un consumo máximo de $Wh = 836{,}36\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 09:20 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 16:00, con un consumo de energía promedio de $Wh = 247{,}60\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 249{,}33\ [Wh]$.

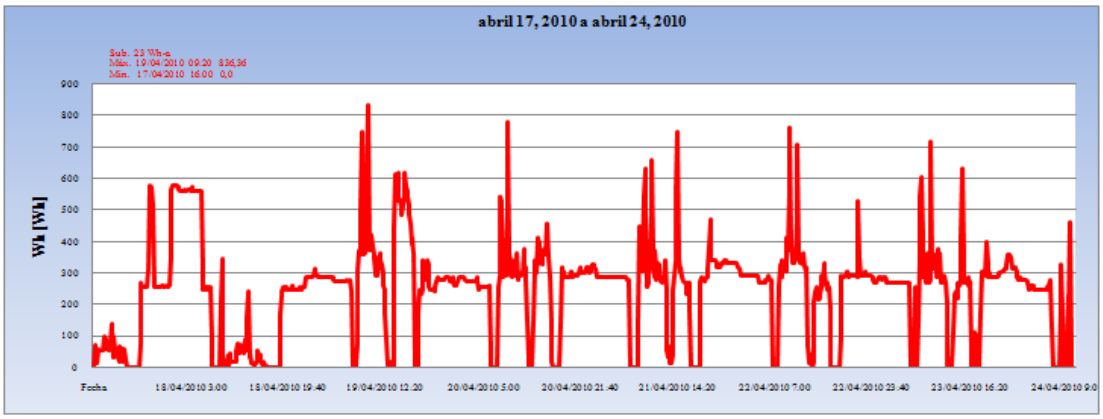

Figura 468. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, presenta un consumo máximo de $Wh = 1110{,}8\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 09:20 y un consumo mínimo de $Wh = 280{,}97\ [Wh]$ el día 24 de Abril de 2010 a las 10:00, con un consumo de energía promedio de $Wh = 581{,}76\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 586{,}11\ [Wh]$.

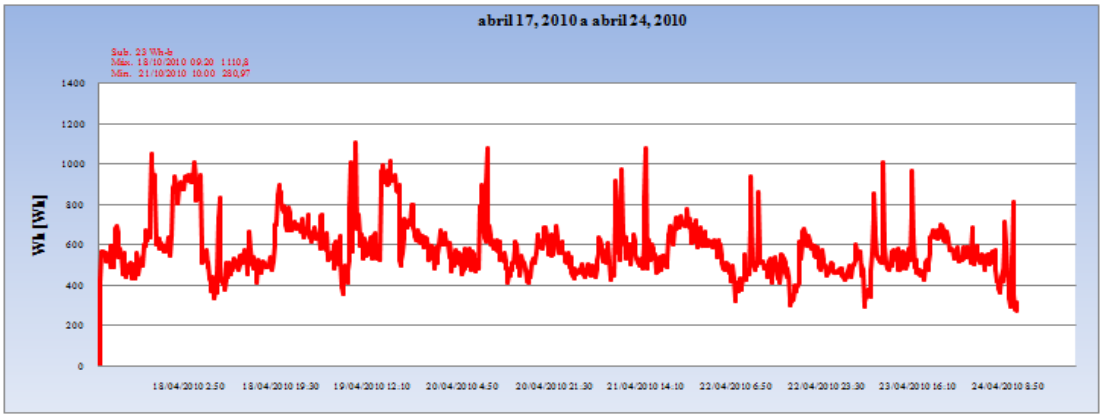

Figura 469. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

En la fase C se tiene un consumo máximo de $Wh = 1163{,}07\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 09:20 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 22 de Abril de 2010 a las 22:50, con un consumo de energía promedio de $Wh = 406{,}67\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 409{,}93\ [Wh]$.

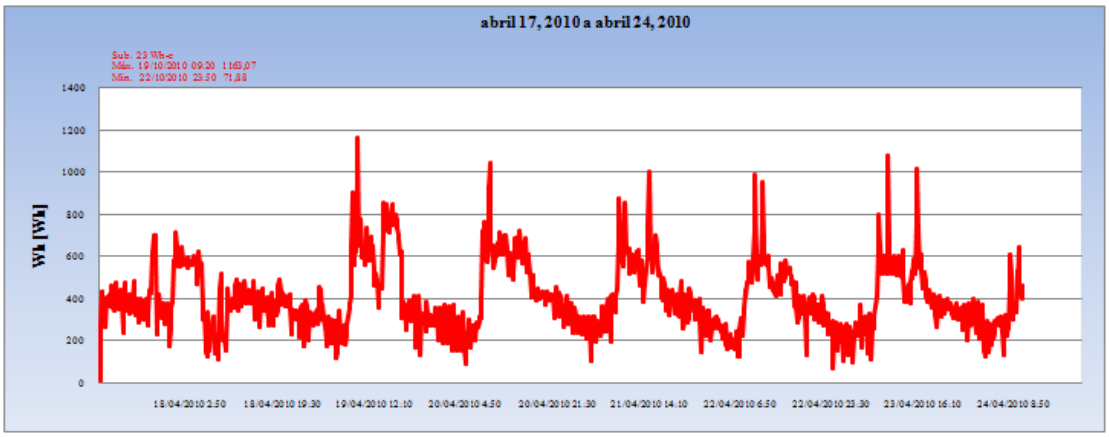

Figura 470. Nivel de consumo de energía de la fase C [Wh].

Se concluye que el consumo total de energía de la fase B es mayor debido a que tiene conectada la mayor carga, como se observa en las gráficas, el día sábado 17 y domingo 18 los consumos son menores en las tres fases que el resto de días, además se puede notar que la variación de las curvas varían en una forma bastante similar durante los días que se realizaron las mediciones.

3.3.1.1.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B, Fase C.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las tres fases graficando en conjunto las fases y luego de forma individual para determinar los valores fuera del límite establecido durante los siete días de medición que se realizó a este transformador, en donde se observa que las curvas están entre los valores de un factor de potencia de $Fp = 0.6$ y $Fp = 1$.

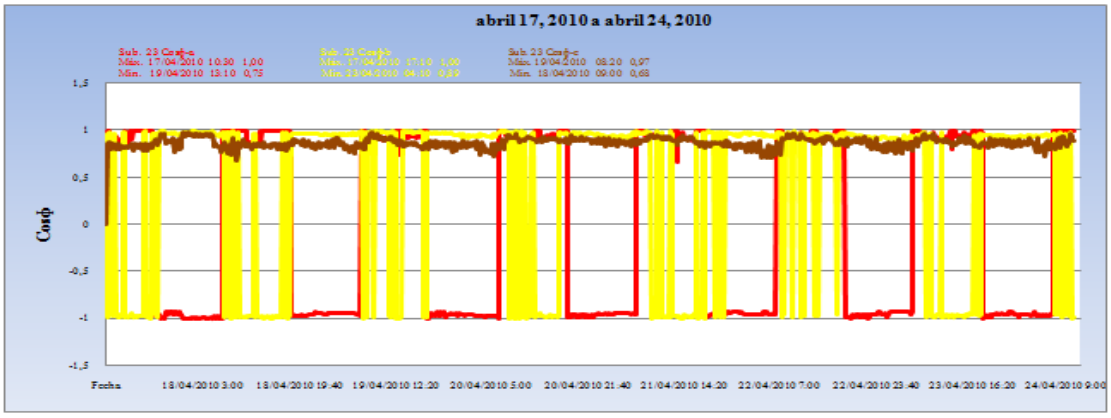

Figura 471. Nivel del Factor de Potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, tiene un valor máximo es de $Fp = 1.0$ el día 17 de Abril de 2010 a las 10:30 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.75$ el día 19 de Abril de 2010 a las 13:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.75$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, como se observa en la gráfica, se tiene valores de factor de potencia negativos, estos se presentan desde las 18:00 hasta las 06:00 del siguiente día, los mismos pueden ser provocados por la presencia de sistemas de iluminación, los cuales pueden ser lámparas fluorescentes que son muy comunes en hospitales.

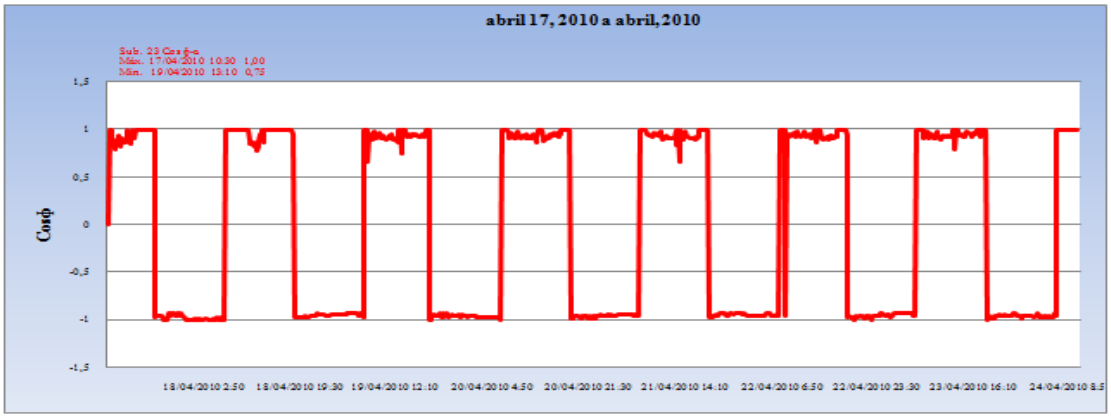

Figura 472. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, tiene un valor máximo fue de $Fp = 1.0$ el día 17 de Abril de 2010 a las 17:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.89$ el día 23 de Abril

de 2010 a las 04:10, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.98$ de las muestras tomadas, en esta fase también ocurre lo mismo que en la fase anterior debido a la presencia de lámparas fluorescentes presentes en la mayoría de habitaciones del hospital, sólo que los valores negativos se presenta desde las 06:00 hasta las 18:00.

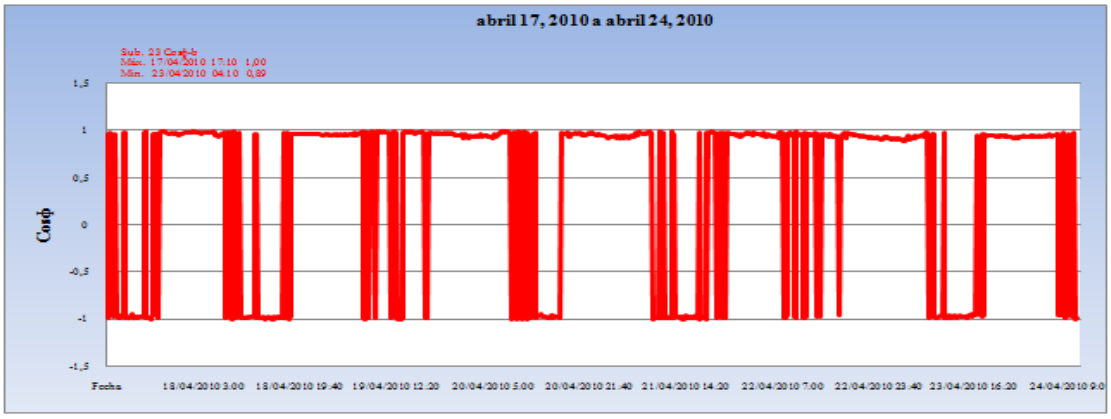

Figura 473. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase C es la que mayor problemas presenta ya que tiene 871 muestras (86,41%) que están fuera del límite, lo que deja el 13,59% sobre el valor mínimo, el máximo es de $Fp =$ 0.97 el día 19 de Abril de 2010 a las 08:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.68$ el día 18 de Abril de 2010 a las 09:00, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.87$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

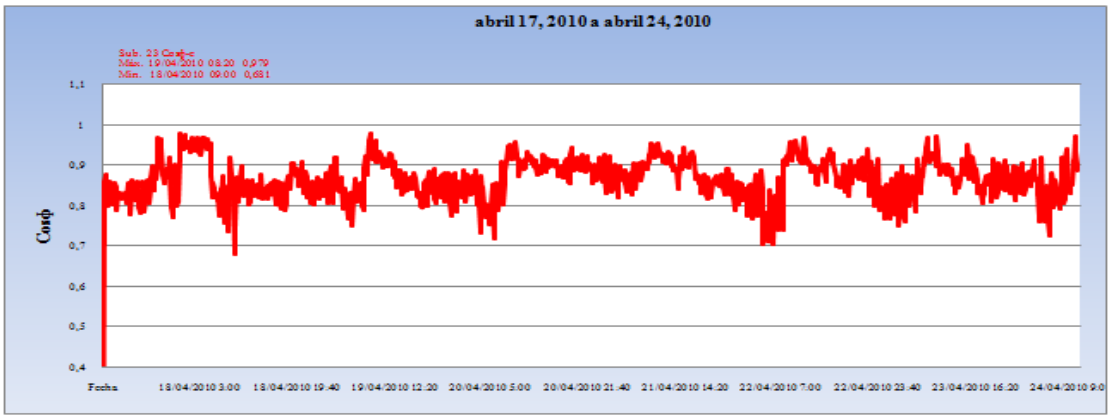

Figura 474. Nivel del Factor de Potencia de la fase C [Cos Φ].

Del total de las mediciones, el 29,46% de las muestras están fuera del mínimo permitido, al observa las curvas del factor de potencia, se puede determinar que la fase A tiene conectada mayor carga capacitiva, como pueden ser sistemas de iluminación las cuales funcionan en horas de la noche, lo que respecta a la fase B ocurre algo parecido, sólo que los valores negativos se presentan en horas del día, esto puede ser por el uso de computadores, rayos X entre otros y finalmente la fase C sólo tiene valores positivos, en donde sus máximos valores se presentan en horas de la noche.

3.3.1.2. Usuario 3417417.

Este es un usuario de media tensión que utiliza un transformador trifásico de 50KVA, se encuentra identificado con el código 11565P, el cual presta servicio al Recinto Ferial Municipal, tiene una tensión de 220V entre fase-fase y 120V entre fase-neutro, se encuentra ubicado en una zona urbana del cantón Limón Indanza de la parroquia General Leónidas Plaza. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 17 de Abril de 2010 a las 09:30 y culminando el día 24 de Abril de 2010 a las 09:20, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.2.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B, Fase C.

Se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, donde se observa que las fases A y fase B tienen una muestra mayor al límite establecido, lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.90%), en cambio la fase C no tiene ninguna medición mayor fuera del límite permitido, (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 100%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

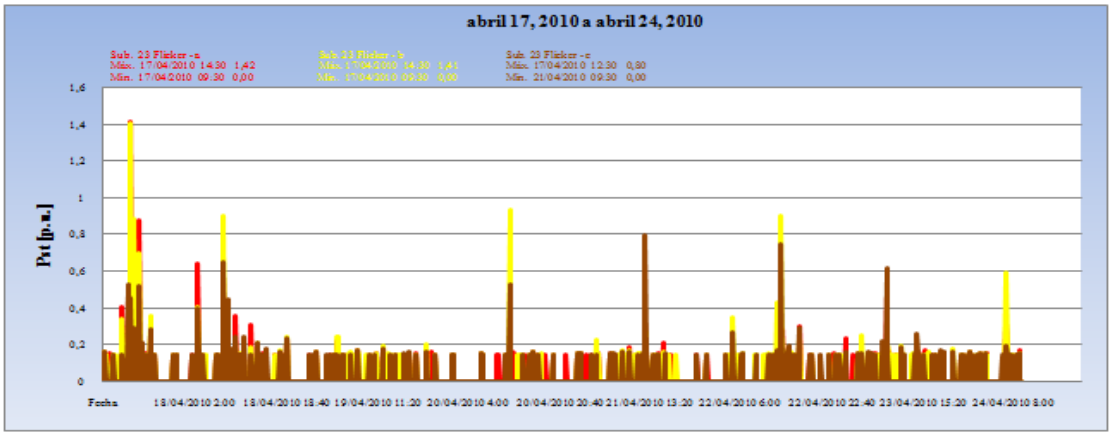

Figura 475. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A, B y C [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A; sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay una muestra que supera el límite, la cual se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $Pst = 1{,}42$ y el valor mínimo se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 09:30, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}04\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

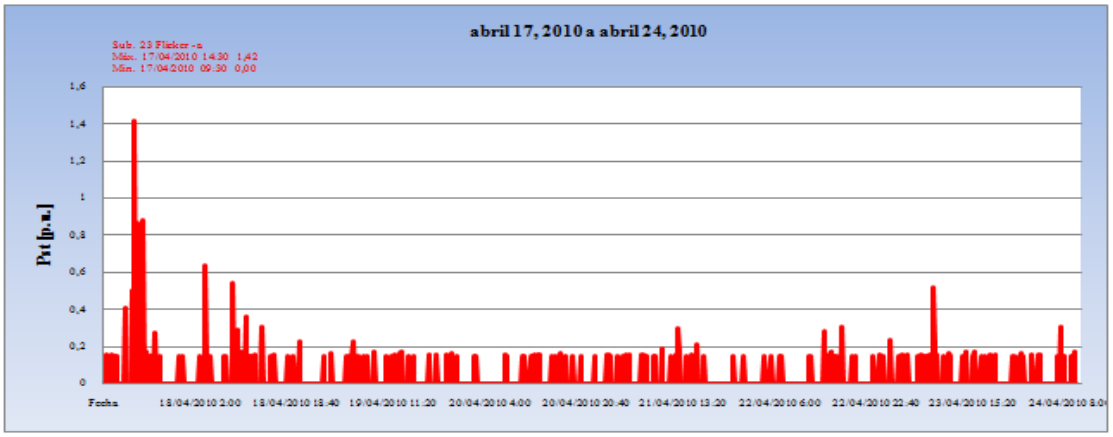

Figura 476. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, en donde existe un muestra que superen el limite, el día 21 de Abril a las 12:30 se presento su mayor muestra, la cual tuvo un valor de $Pst = 1{,}41$ y su flicker menor se presento el día 17 de Abril del 2010 a las 09:30, con un valor de $Pst = 0{,}0$ teniendo un promedio de $Pst = 0{,}04\ [p.u]$.

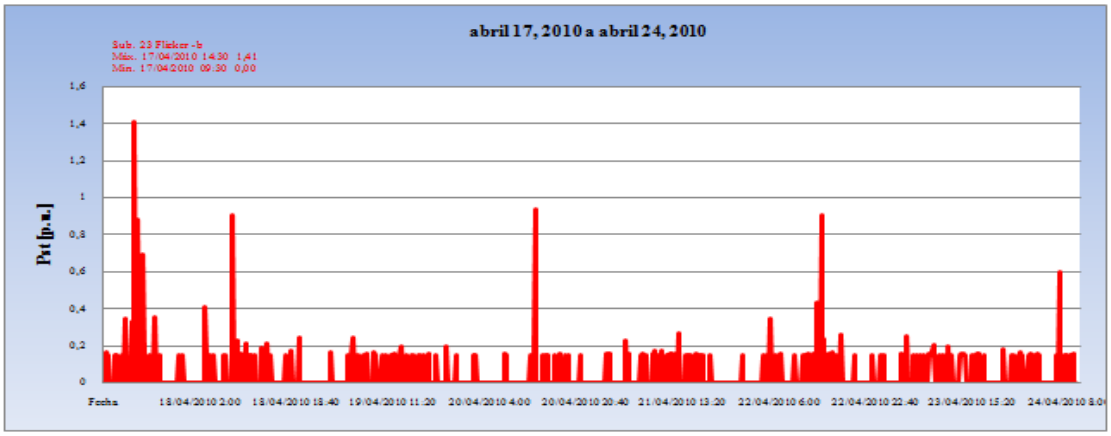

Figura 477. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En la fase C, se observa que no hay ninguna muestra que sobrepasa el límite, su máximo valor fue de $Pst = 0{,}80$ la misma que ocurrió el día 21 de Abril del 2010 a las 12:30 y el valor mínimo se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 09:30, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}03$ $[p.u]$. de las mediciones.

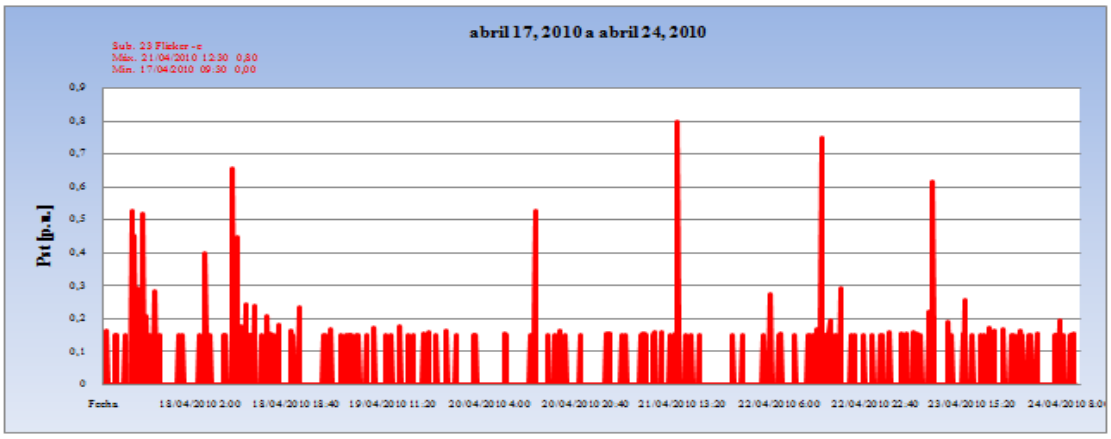

Figura 478. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase C [p.u.].

En conclusión, los flickers que superaron el limite en las fases A y fase B se presentaron a causa de problemas aguas arriba, ya que a esa hora el consumo de corriente fue bajo y el voltaje se mantiene en un promedio de 134,5V, esta variación se presentó el día sábado 17 de Abril a las 14:30, en cambio el máximo valor de la fase C se presentó el miércoles 21 de Abril a las 12:30, que es la misma hora y día en la que hubo problemas

en el transformador 10452P, por lo que cumple con la regulación establecida por el CONELEC.

3.3.1.2.2. THD_V [%]: Fase A, Fase B, Fase C.

Se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida

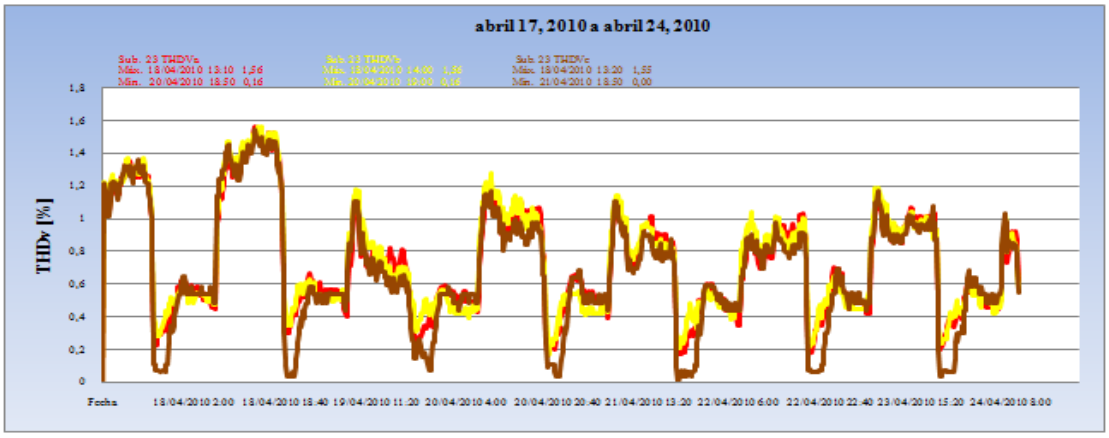

Figura 479. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:10 con un valor de $THD_V = 1.56$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 18:50 con un valor de $THD_V = 0.16$ llegando a ser el valor mínimo.

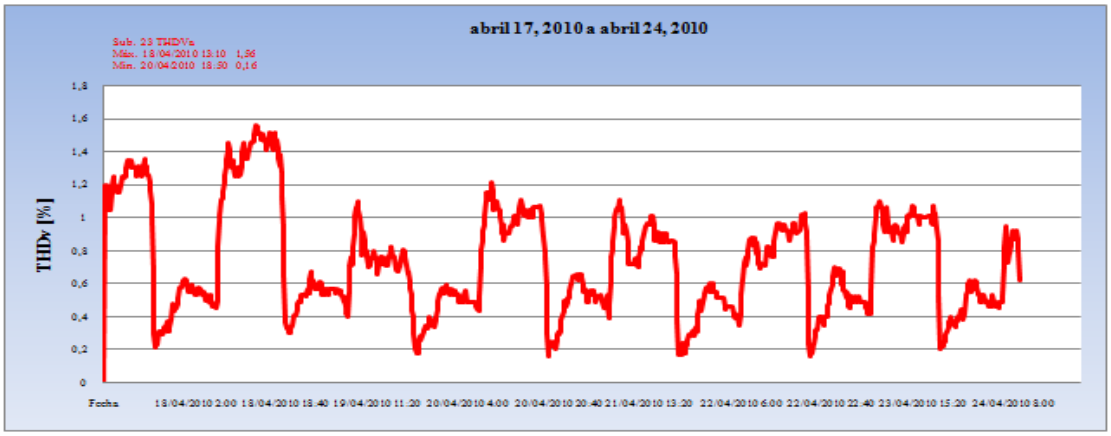

Figura 480. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 14:00 con un valor de $THD_V = 1.56$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 19:00 con un valor de $THD_V = 0.16$ llegando a ser el valor mínimo.

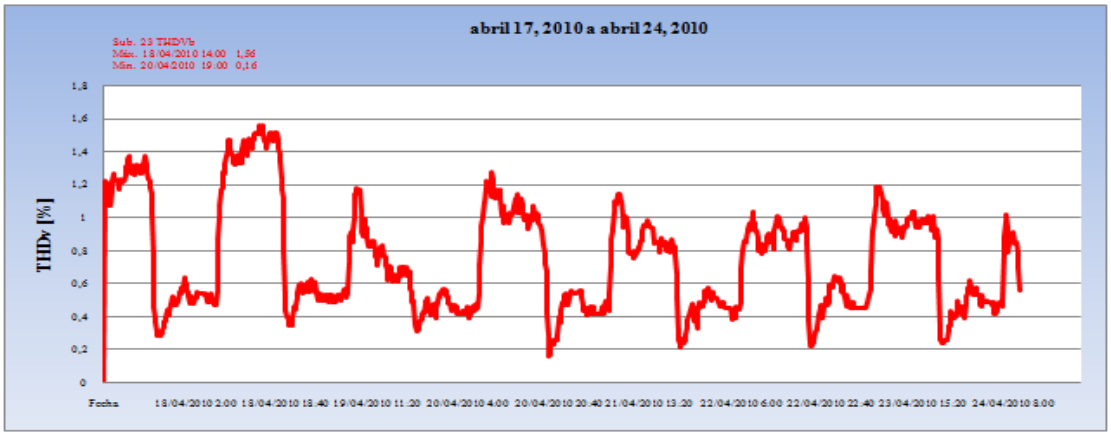

Figura 481. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

Al analizar el THD_V de la fase C, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 13:20 con un valor de

$THD_V = 1.55$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 18:50 con un valor de $THD_V = 0.9$ llegando a ser el valor mínimo.

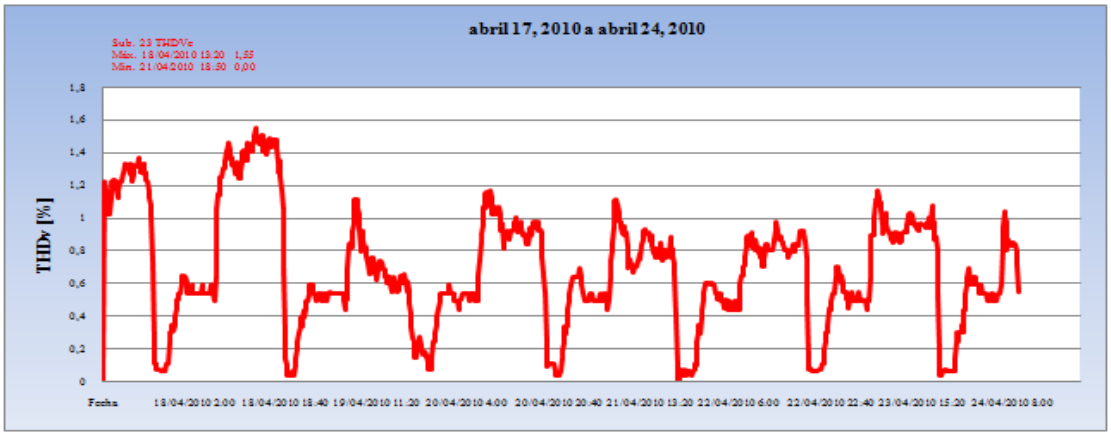

Figura 482. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase C [%].

En forma abreviada, los promedios de las tres fases no superan el 1%, por lo que estos valores están muy por debajo del límite, además se puede notar que los máximos valores se presentaron el mismo día domingo 18 de Abril durante todo el día, esto es a causa fallas aguas arriba. Como resumen de este transformador particular, se determina que no hay muchos inconvenientes en lo que respecta a la presencia de armónicas, por lo que su rendimiento es satisfactorio, lo que no representa mayor peligro para las cargas conectadas a esta red.

Nota: debido a que el equipo no guardó los demás valores que se necesitan para seguir con el análisis de este transformador quedando hasta este punto de análisis sin olvidar que este transformador no presenta fallas.

3.3.1.3. Usuario 3820149.

Este es un usuario de media tensión que utiliza un transformador trifásico de 30KVA, del cual sólo está consume una potencia de 5,44KVA, se encuentra identificado con el código 11786P, el cual presenta servicio al Gobierno Municipal Cantonal, tiene una

tensión de 220V entre fase-fase y 127V entre fase-neutro, se encuentra ubicado en una zona rural del cantón San Juan Bosco. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 17 de Abril de 2010 a las 13:10 y culminando el día 24 de Abril de 2010 a las 13:00, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.3.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B, Fase C.

Primero se graficará en conjunto las tres fases en conjunto, de donde se observa que las fases A y fase B tienen una muestra mayor al límite establecido, en donde setiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 99.90%), en cambio la fase C no tiene ninguna medición mayor fuera del límite permitido, (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 100%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

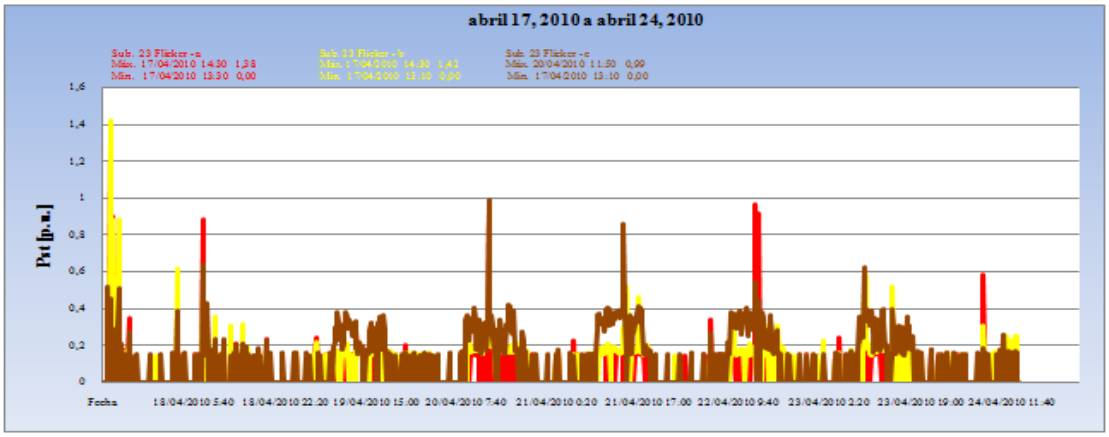

Figura 483. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A, B y C [p.u.].

Primero se analizará el P_{st} de la fase A, sin embargo a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay una muestra que supera el límite, la cual se presento el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30, con un valor de $Pst = 1{,}38$ y el valor mínimo se

presentó el día 17 de Abril del 2010 a las 13:10, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}06\ [p.u]$ de todas las mediciones.

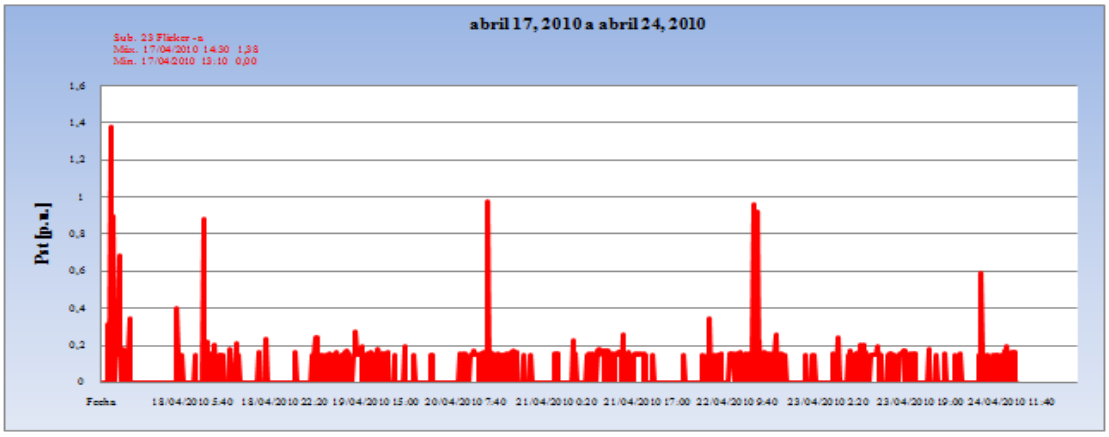

Figura 484. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, existe un muestra que supera el límite, el día 17 de Abril a las 14:30 se presentó su mayor muestra, la cual tuvo un valor de $Pst = 1{,}42$ y su flicker menor se presentó el día 17 de Abril del 2010 a las 13:10, con un valor de $Pst = 0{,}0$ teniendo un promedio de $Pst = 0{,}08\ [p.u]$.

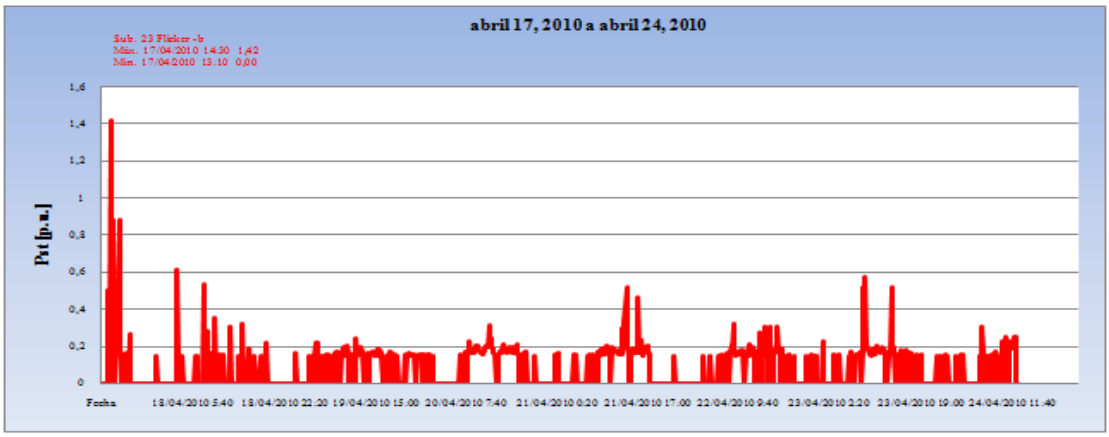

Figura 485. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En la fase C, se observa que no existe ninguna muestra que sobrepasa el límite, su máximo valor fue de $Pst = 0.99$, la misma que ocurrió el día 20 de Abril del 2010 a las

11:50 y el valor mínimo se presentó el día 17 de Abril del 2010 a las 13:10, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}11\ [p.u]$ de las mediciones tomadas durante los siete días.

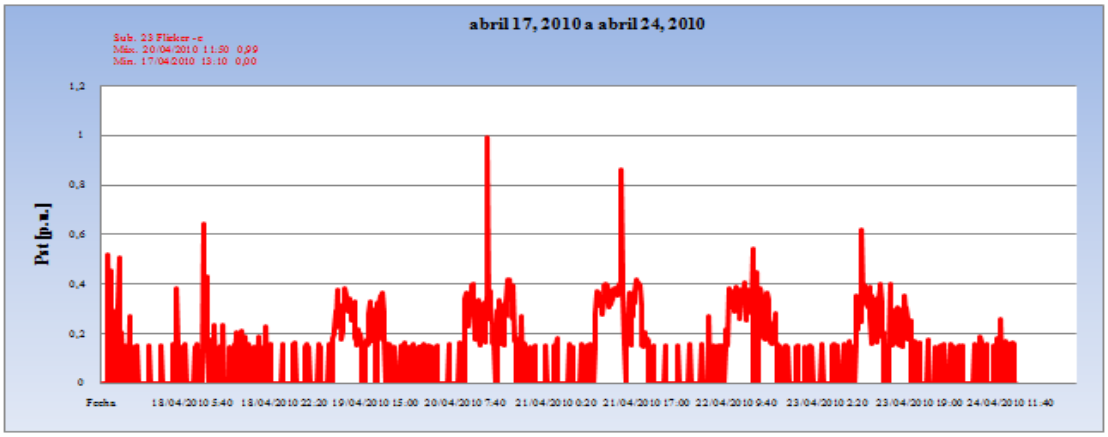

Figura 486. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase C [p.u.].

En conclusión, los flickers que superaron el límite en las fases A y fase B se presentaron a causa de problemas aguas arriba, ya que a esa hora el consumo de corriente en la fase A es nulo y en la fase B es bajo, además que su voltaje se mantiene en un promedio de 130V, esta variación se presentó el día sábado 17 de Abril a las 14:30, que es el mismo día y hora que hubo fallas en otros transformadores, en cambio el máximo valor de la fase C se presento el martes 20 de Abril a las 11:50, en términos generales los valores se mantienen entre 0,0 durante la noche y 0,20 durante horas del día, por lo que cumple con la regulación del CONELEC.

3.3.1.3.2. THD_V [%]: Fase A, Fase B, Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ \ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

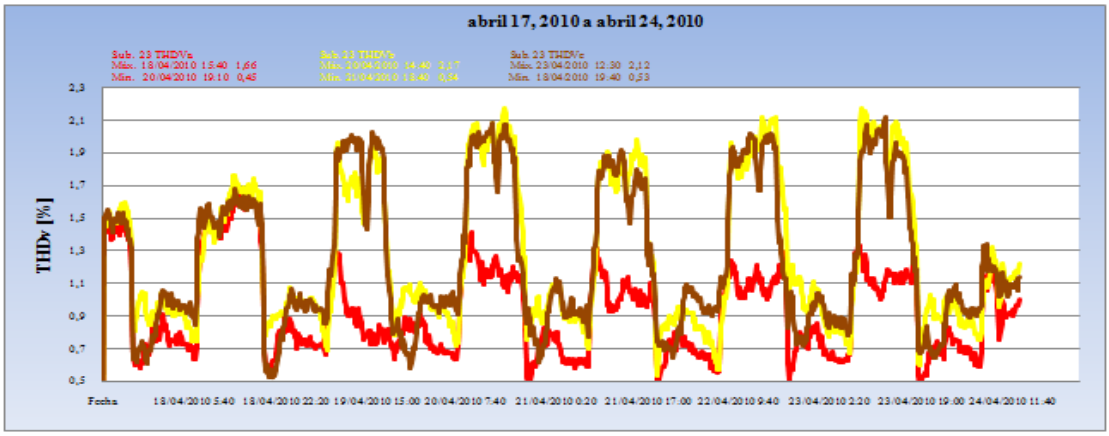

Figura 487. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 15:40 con un valor de $THD_V = 1.66$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 19:10 con un valor de $THD_V = 0.45$ llegando a ser el valor mínimo.

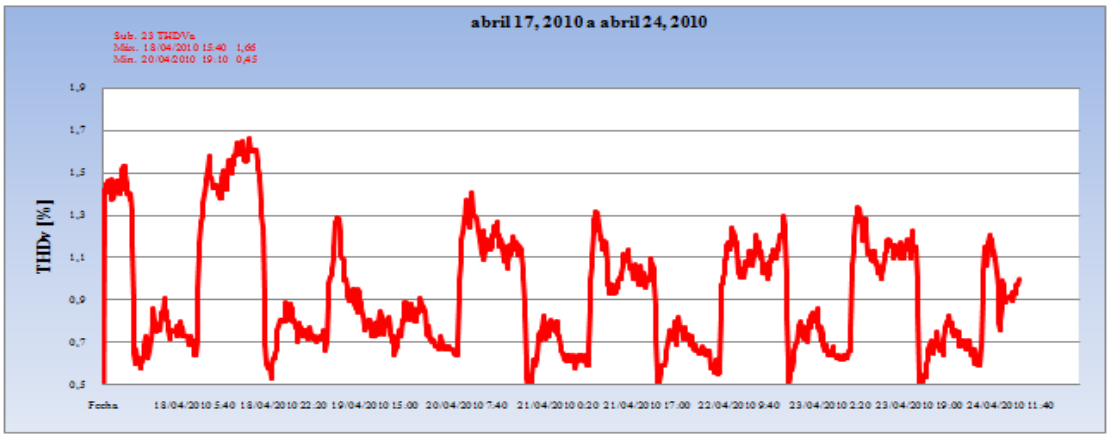

Figura 488. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 14:40 con un valor de $THD_V = 2.17$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 18:40 con un valor de $THD_V = 0.54$ llegando a ser el valor mínimo.

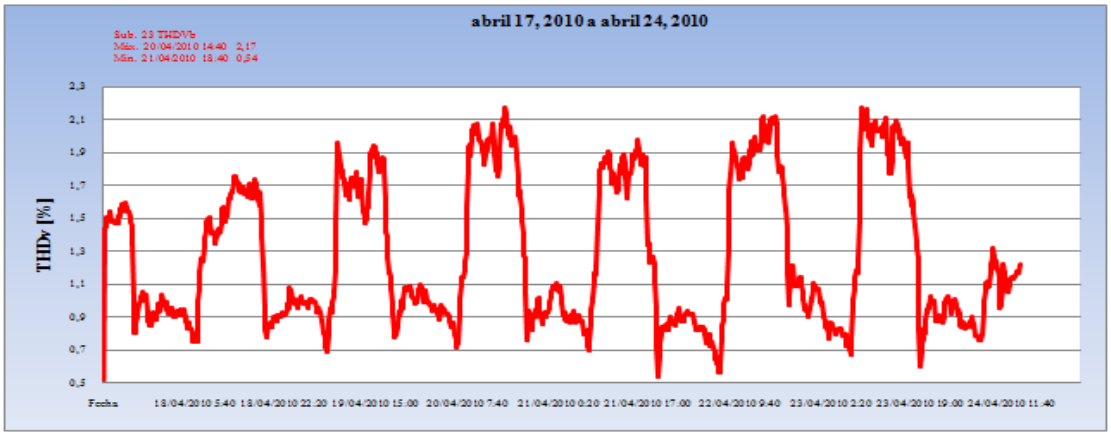

Figura 489. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

Al analizar el THD_V de la fase C, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 23 de Abril del 2010 a las 12:30 con un valor de $THD_V = 2.12$ llegando a ser el valor máximo y el día 18 de Abril del 2010 a las 19:40 con un valor de $THD_V = 0.53$ llegando a ser el valor mínimo.

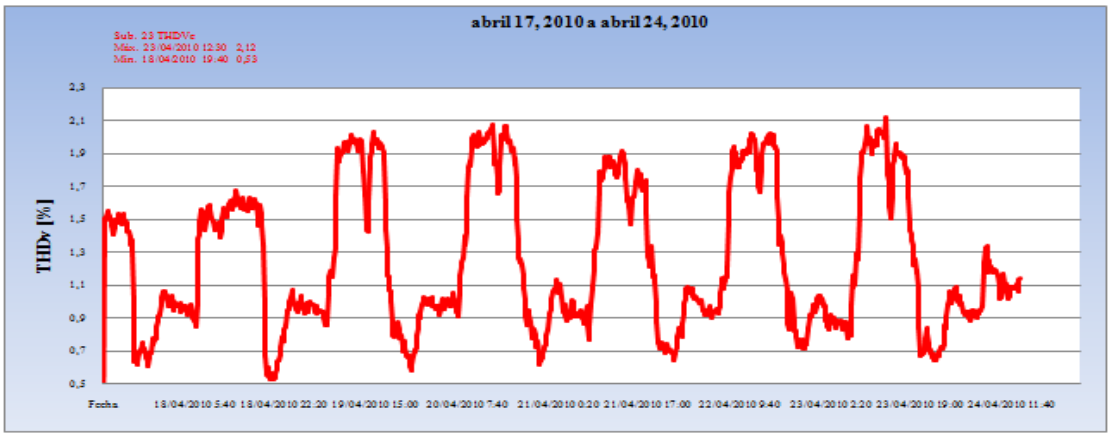

Figura 490. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase C [%].

Como se puede observar, en ninguna de las fases hay valores que sobrepasen el límite, aquí se puede notar que las máximas variaciones se presentan cuando hay consumo de corriente, por lo que los THD_V presentes son a causa de las cargas conectadas a la red en ese momento.

3.3.1.3.3. THD_I [%]: Fase A, Fase B, Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 3820149 de las tres fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 15.90 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 84.10 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.0 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 100 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 04.56 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 95.44 %), para la fase C las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 43.15 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 56.86 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida teniendo en cuenta en mejorar la fase C en cuanto a armónicas de corriente debido a que puede presentar fallas en un futuro.

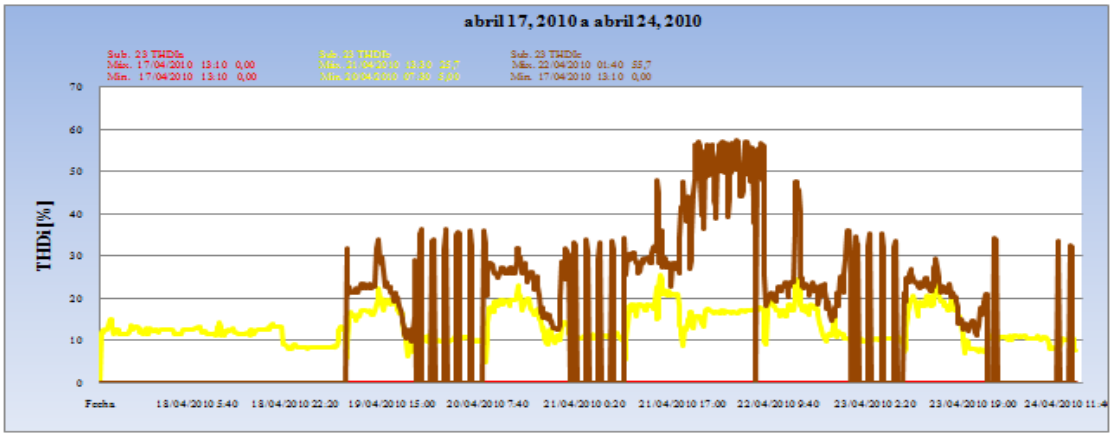

Figura 491. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 0 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 0\%$ *es* 0%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I 0\%$ *es* 100%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 17 de Abril del 2010 a las 20:30 con un valor

de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor máximo y el día 22 de Abril del 2010 a las 18:20 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 0.0$ debido a que no existe carga conectada a esta fase.

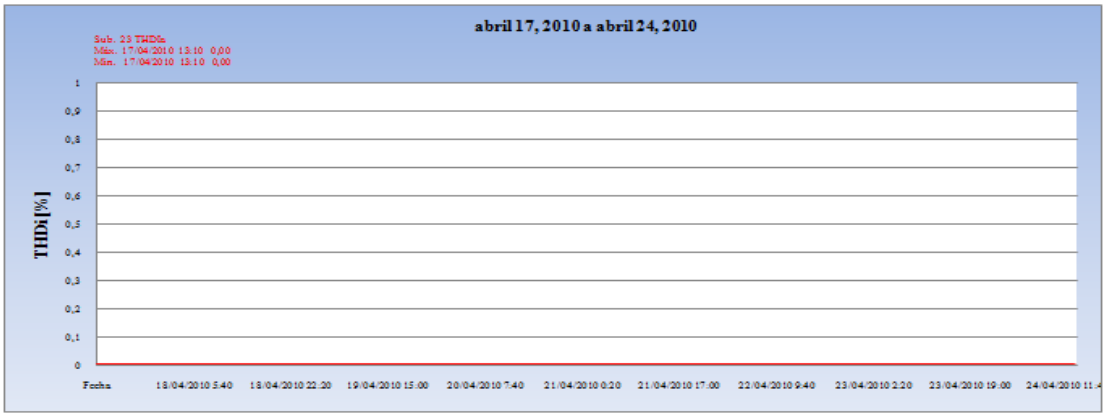

Figura 492. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existe 46 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 4.56%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 95.44%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 21 de Abril del 2010 a las 13:30 con un valor de $THD_I = 25.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 07:30 con un valor de $THD_I = 5.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 13.49$.

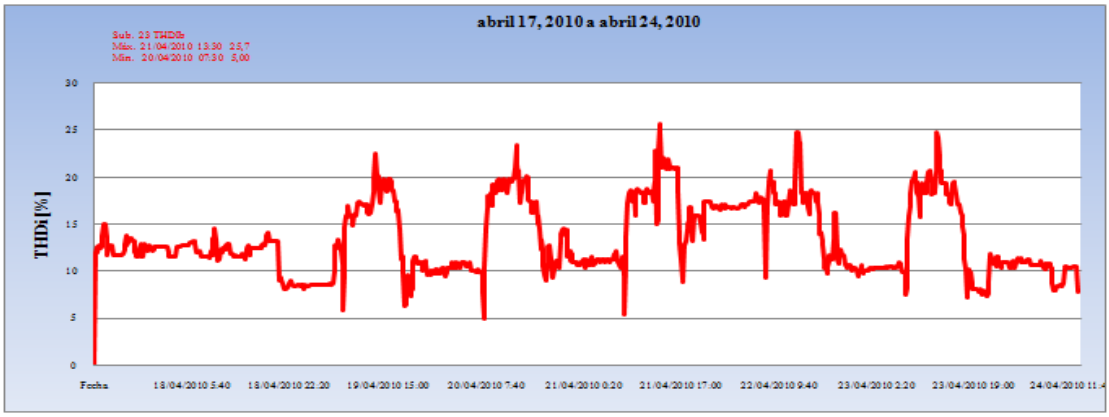

Figura 493. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase B [%].

Al analizar el THD_I de la fase C, se puede decir que existe 435 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 43.15%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 56.86%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 22 de Abril del 2010 a las 01:40 con un valor de $THD_I = 57.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 18:20 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 14.9$.

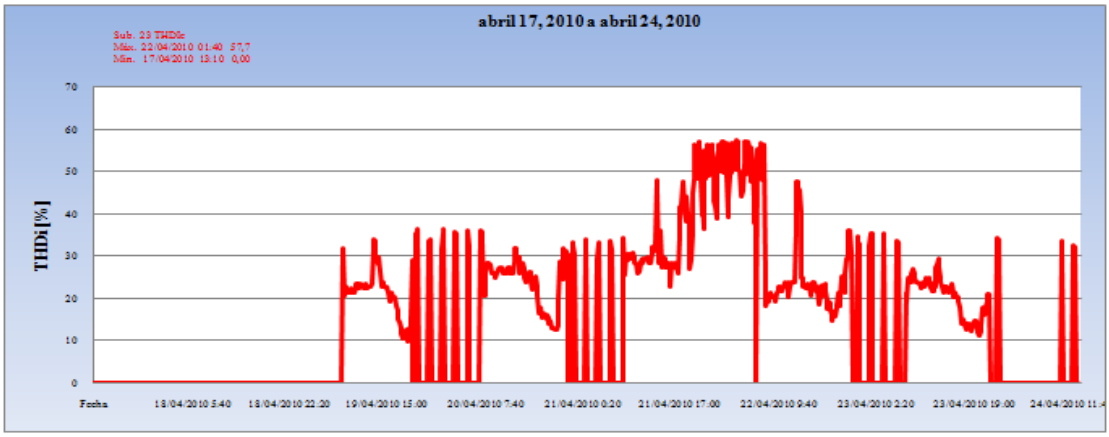

Figura 494. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase C [%].

Como resumen de este transformador particular, se puede decir que cumple con la regulación establecida debiendo tener en cuenta que la fase C es la que tiene la mayor cantidad de armónicas presentes y esta fase si esta fuera del límite teniendo que tomar en cuenta para una revisión para mejorar estas armónicas de corriente.

3.3.1.3.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B, Fase C.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las fases A, fase B y fase C durante el periodo de medición que comenzó el día 17 de Abril de 2010 a las 10:30 hasta el día 24 de Abril de 2010 a las 10:20, con un tiempo total de 168 horas, en donde se observa que la fase B es la de mayor consumo y en la fase A no hay consumo de energía, por lo que se puede determinar que no hay carga conectada a esta fase.

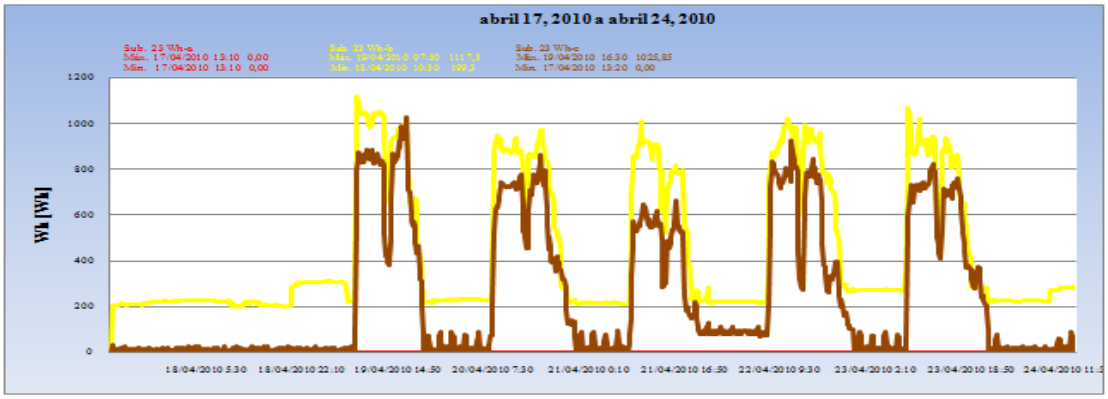

Figura 495. Nivel de consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 06:40 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 06:20, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 0\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 0\ [KWh]$ debido a que no existe cargas conectadas.

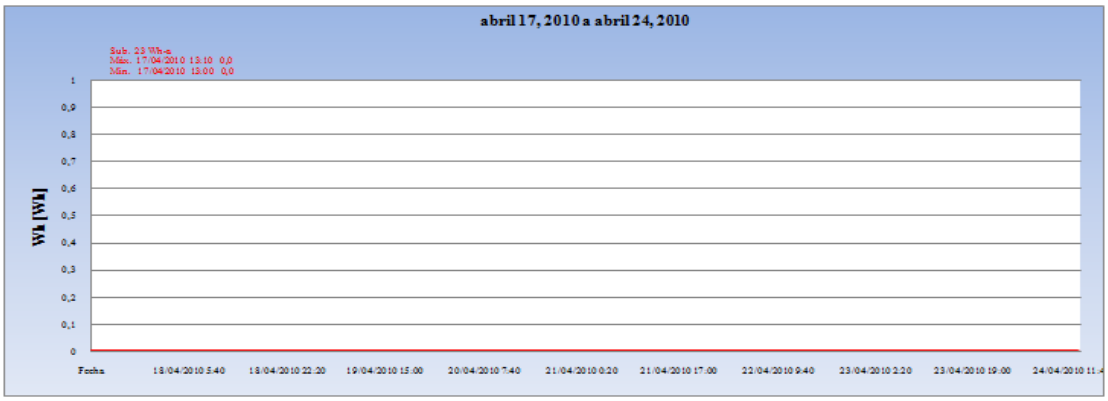

Figura 496. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1117.3\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 07:50 y un consumo mínimo de $Wh = 119.3\ [Wh]$ el día 18 de Abril de 2010 a las 10:30, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 440.35\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 443.71\ [KWh]$.

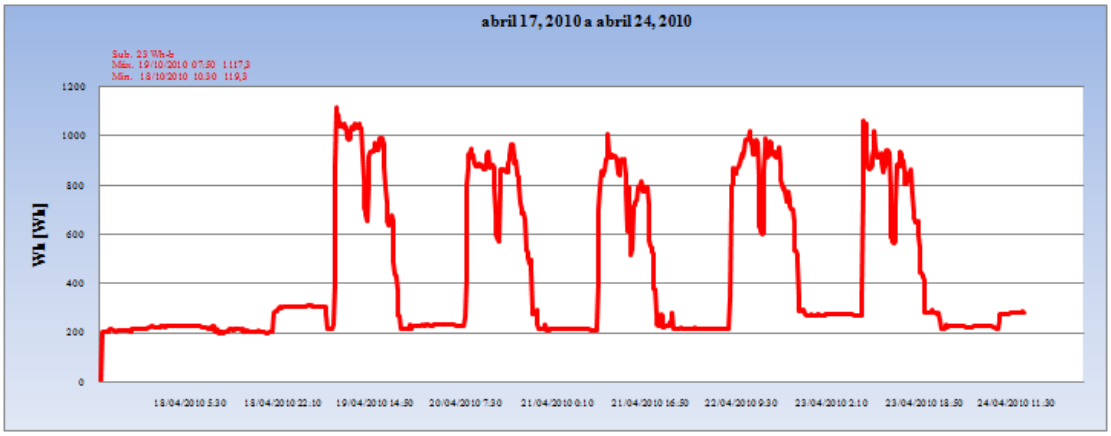

Figura 497. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase C, se presenta un consumo máximo de $Wh = 1025.85\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 16:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0.0\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 13:20, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 239.56\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 241.48\ [KWh]$.

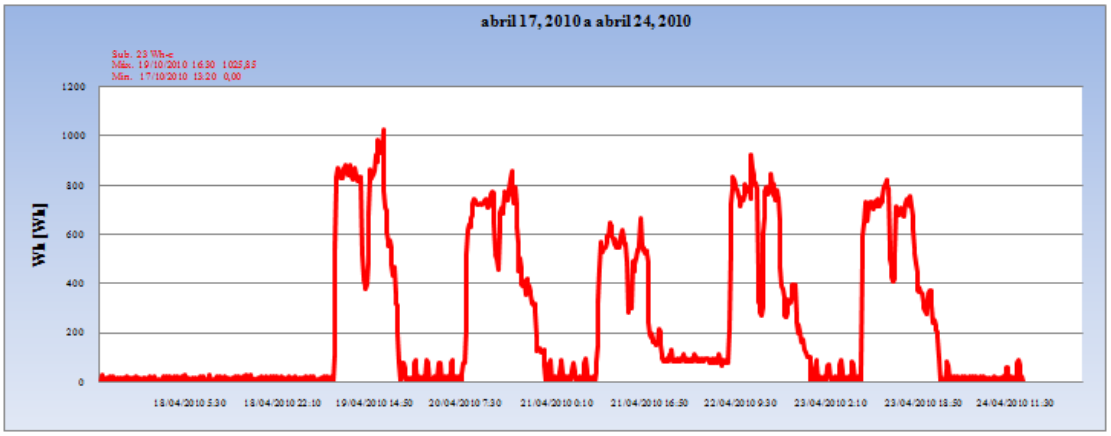

Figura 498. Nivel de consumo de energía de la fase C [Wh].

Se concluye que el consumo total de energía de la fase B es ligeramente superior que la fase C y como ya se menciono la fase A no tiene consumo de potencia, además se puede notar en las gráficas que el consumo de energía empezó el día lunes 19 de Abril a partir de las 08:00 hasta las 17:00 y luego vuelve a disminuir.

3.3.1.3.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B, Fase C.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las tres fases durante los siete días de medición que se realizó a este transformador, en donde se observa que la fase A mantiene su valor en $Fp = 1$, en cambio la fase B tiene valores negativos y la fase C se mantiene entre $Fp = 0.5$ y $Fp = 1$.

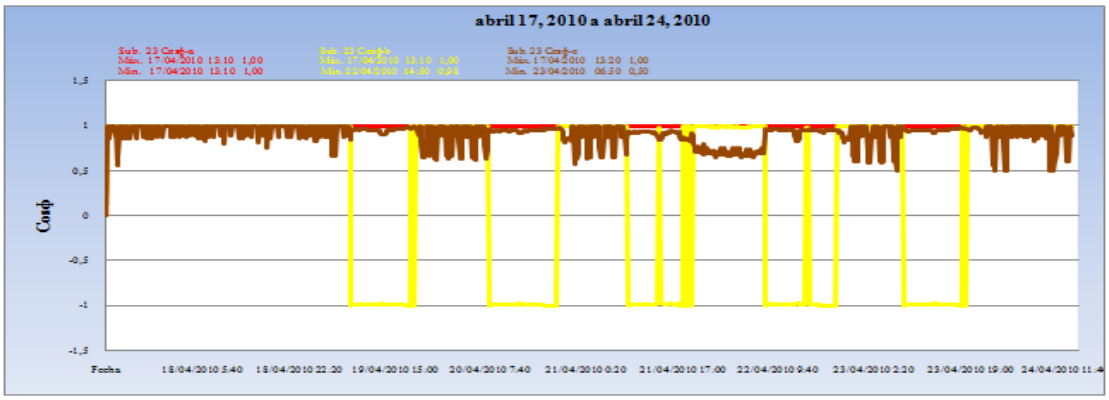

Figura 499. Nivel del Factor de Potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 20 de Abril de 2010 a las 06:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.0$ el día 17 de Abril de 2010 a las 10:30, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 1$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, en esta no hay consumo de corriente debido a que no existe presencia de carga conectada.

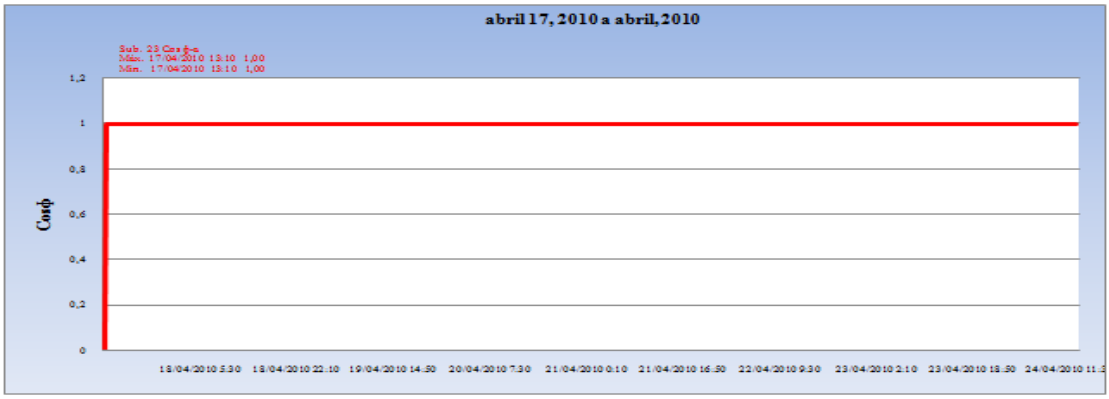

Figura 500. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presenta un máximo de $Fp = 1$ el día 17 de Abril de 2010 a las 13:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.89$ el día 22 de Abril de 2010 a las 14:50, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.98$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

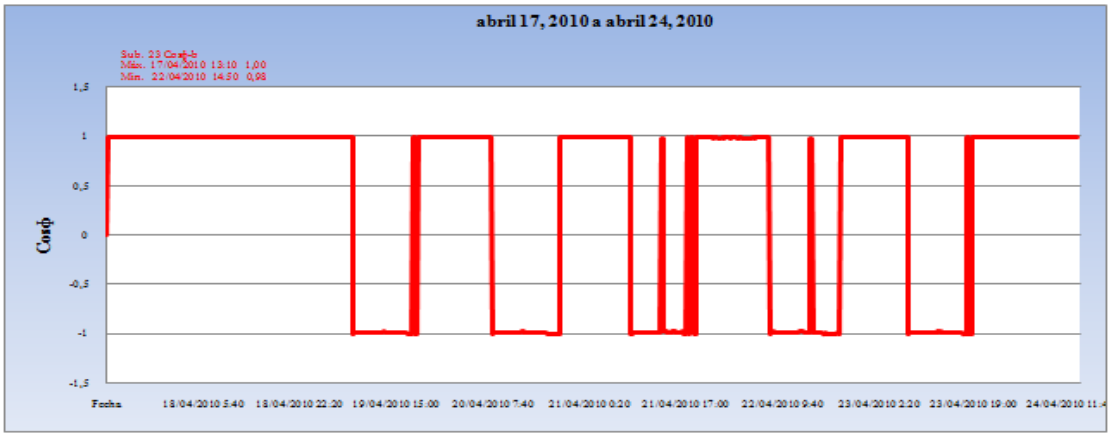

Figura 501. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase C es la que mayor problemas presenta ya que tiene 304 muestras (30,16%) que están fuera del límite, lo que deja el 69,84% sobre el valor mínimo, el máximo es de 1,00 el día 17 de Abril de 2010 a las 13:10 y un factor potencia mínimo de 0,5 el día 23 de Abril de 2010 a las 06:20, con un factor de potencia promedio de 0,92 de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

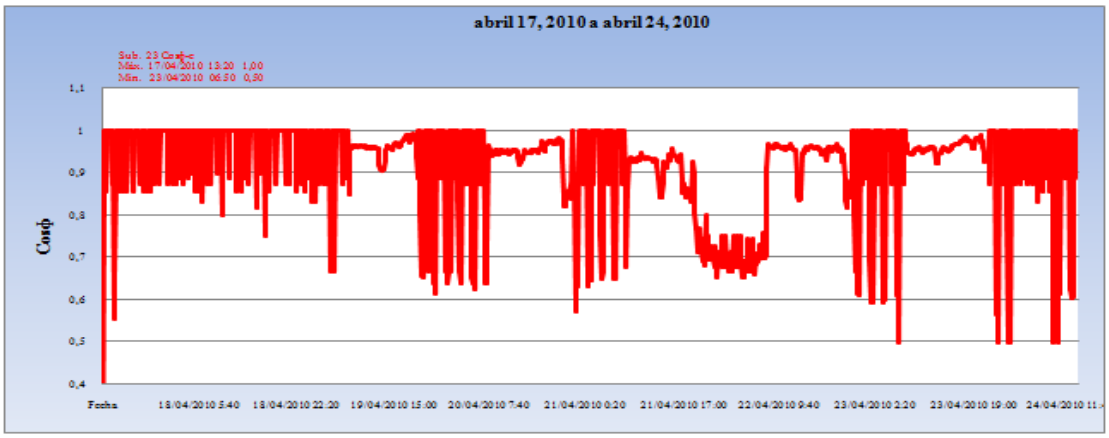

Figura 502. Nivel del Factor de Potencia de la fase C [Cos Φ].

Del total de las mediciones, el 11,61% de las muestras están fuera del mínimo permitido, al observa las curvas del factor de potencia, se puede determinar que la fase B tiene conectada mayor carga capacitiva, como pueden ser sistemas de iluminación las cuales funcionan en horas del oficina, debido a esto es la presencia de factores de potencia negativos, lo que respecta a la fase C solo tiene valores positivos, en donde sus máximos valores se presentan en horas del día, en cambio en la noche hay variación de la curva.

3.3.1.4. Usuario 1364470.

Este es un usuario de media tensión que utiliza un transformador monofásico de 10KVA, del cual consume una potencia de 179,31VA, se encuentra identificado con el código 10434P, el cual presenta servicio al Colegio Nacional Indanza, tiene una tensión de 220V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza que es una zona urbana del cantón Limón. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 17 de Abril de 2010 a las 11:50 y culminando el día 24 de Abril de 2010 a las 11:40, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.4.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe sesenta y dos muestras mayores al límite (P_{st} 1), con un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 6.15%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 94.85%), en la fase B existen seis muestras mayores al límite (1 p.u. 0.60%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.40%), por lo que se concluye que la fase A no cumple con la regulación establecida tomándolo en cuenta para una mejora.

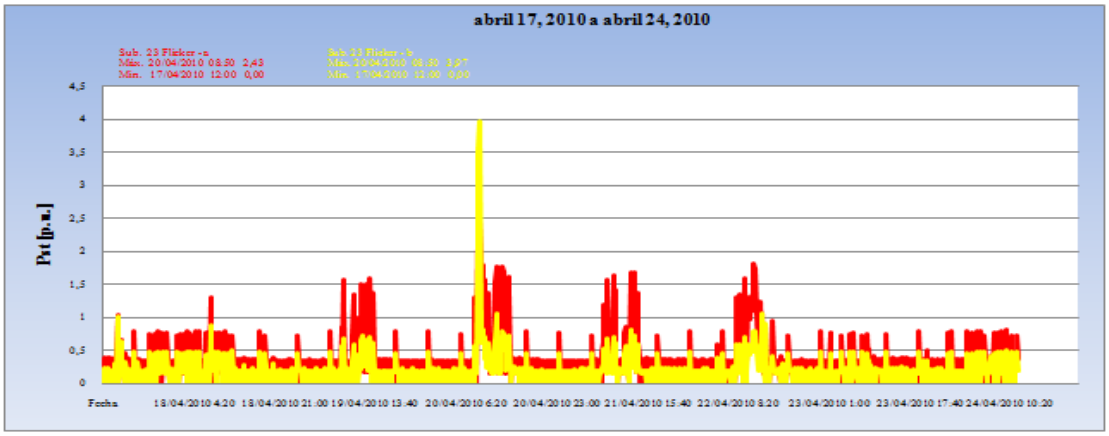

Figura 503. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A; sin embargo, a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay 62 muestra que supera el límite, la cual es el día 20 de Abril del 2010 a las 08:50, con un valor máximo de $P_{st} = 2{,}43$ y el valor mínimo es el día 17 de Abril del 2010 a las 12:00, con un valor de $P_{st} = 0{,}0$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}33\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

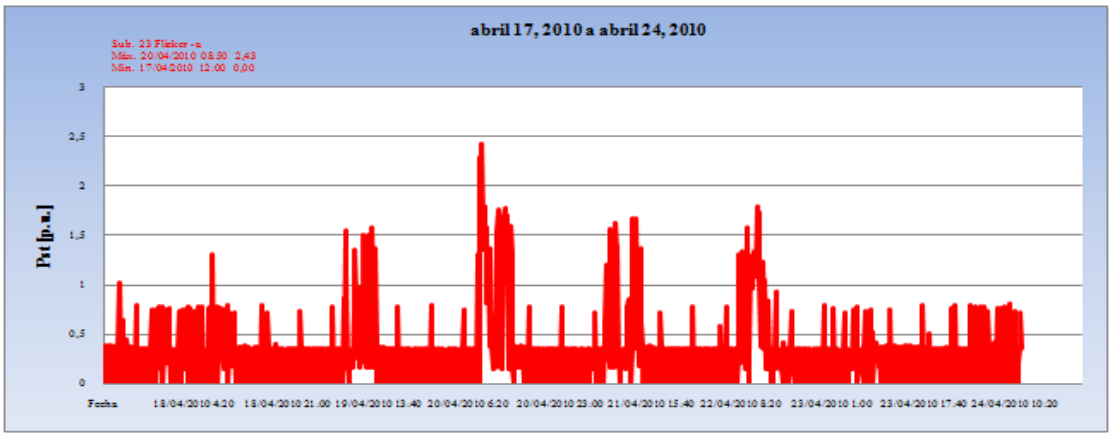

Figura 504. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, sin embargo a pesar del cumplimiento de la regulación, se observa que hay 6 muestra que supera el límite, la cual es el día 20 de Abril del 2010 a las 08:50, con un valor máximo de $P_{st} = 3{,}97$ y el valor mínimo es el día 17 de Abril

del 2010 a las 12:00, con un valor de $P_{st} = 0{,}0$, teniendo un promedio de $P_{st} = 0{,}21\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

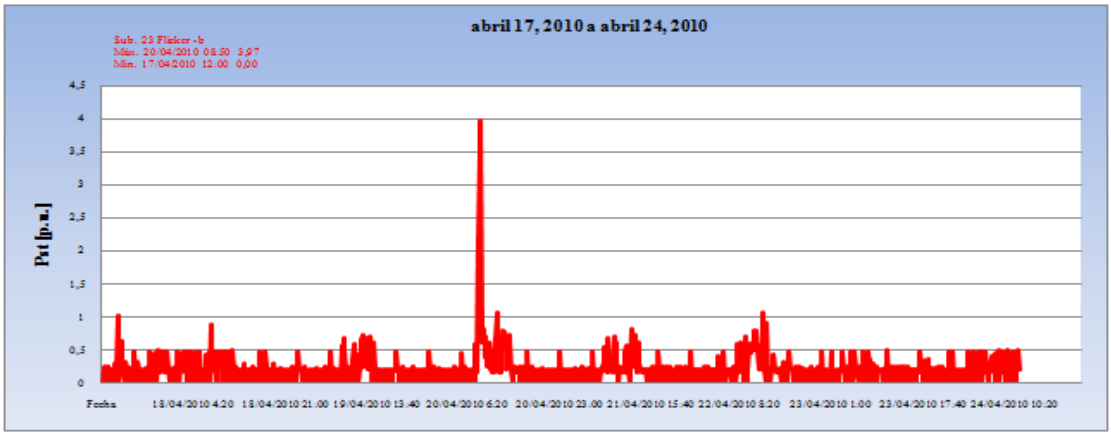

Figura 505. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers que superaron el límite en la fase A se presentaron a causa de las cargas conectadas en esta fase, ya que estos índices que sobrepasan el valor máximo se presentan cuando hay consumo de corriente, los mismos que se presentaron los días 19 de Abril, 20 de Abril, 21 de Abril y 22 de Abril del 2010 desde las 08:00 hasta las 14:00, en lo que respecta a la fase B se presentaron a causa de problemas aguas arriba, ya que a esa hora no hay consumo de corriente, estos inconvenientes se presentaron el día 20 de Abril del 2010 durante horas de la mañana.

3.3.1.4.2. THD_V [%]: Fase A, Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ \ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

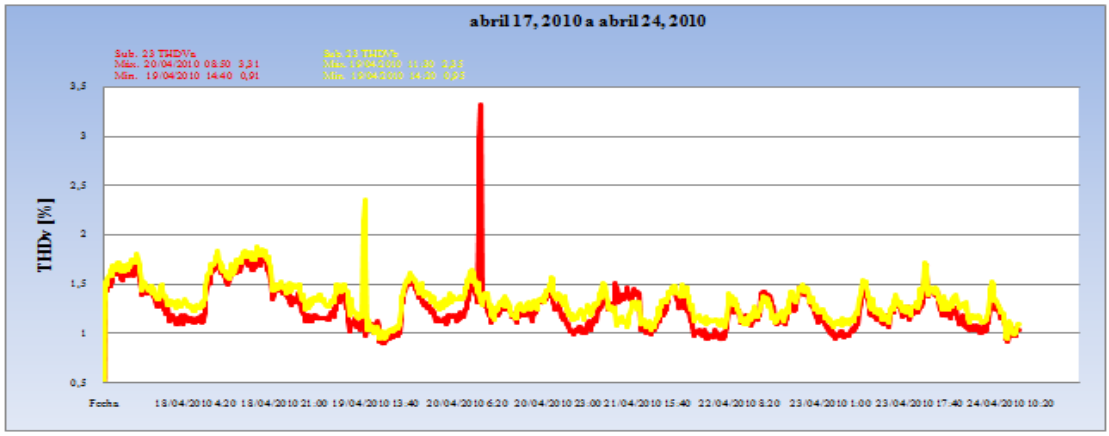

Figura 506. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 08:50 con un valor de $THD_V = 3.31$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 14:40 con un valor de $THD_V = 0.91$ llegando a ser el valor mínimo.

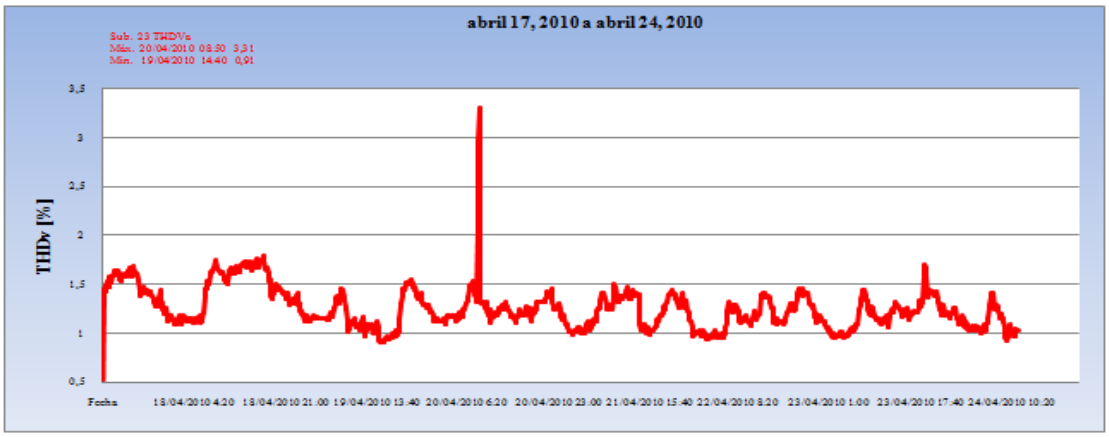

Figura 507. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 11:30 con un valor de

$THD_V = 2.35$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 14:20 con un valor de $THD_V = 0.95$ llegando a ser el valor mínimo.

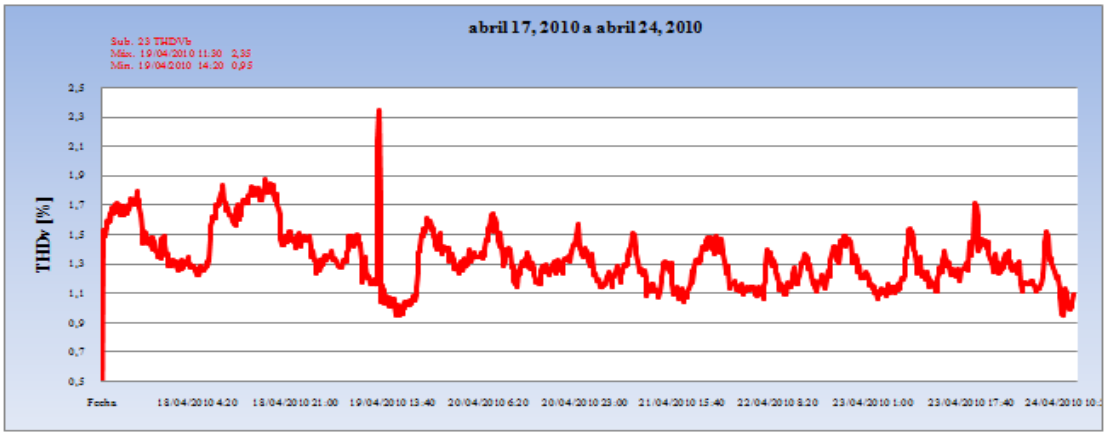

Figura 508. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

Como se puede observar, en ninguna de las fases existen valores que sobrepasen el límite, aquí se puede notar que las máximas variaciones se presentan cuando hay consumo de corriente, por lo que los THD_V presentes son a causa de las cargas conectadas a la red.

3.3.1.4.3. THD_I [%]: Fase A, Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 1364470 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 4.46 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 95.53 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 8.63 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 91.37 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.29 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 95.53 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida, teniendo en cuenta que este transformador posee la carga en la fase A por esta razón

están con una mayor cantidad de armónicas de corriente. El valor promedio de la fase A, fase B y fase C en conjunto es $THD_I = 1.84$.

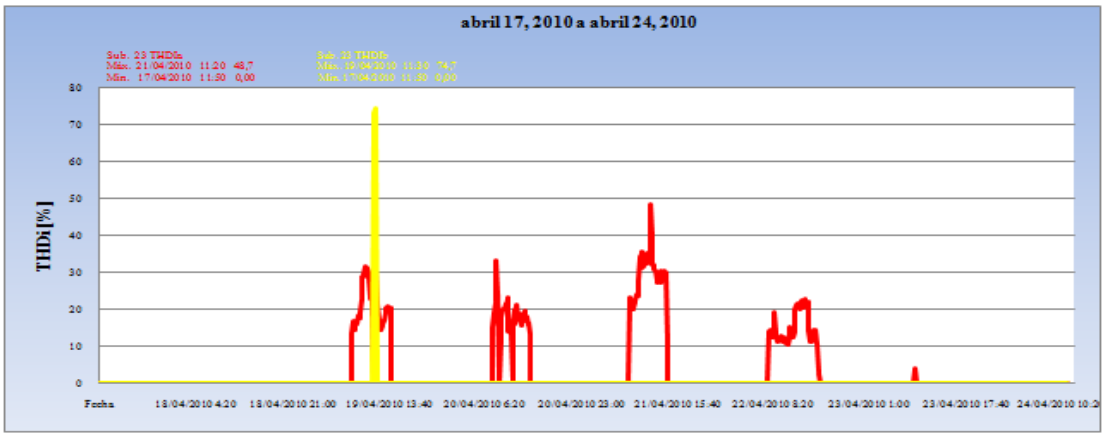

Figura 509. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 87 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 8.63%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 91.37%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 21 de Abril del 2010 a las 11:20 con un valor de $THD_I = 48.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 21 de Abril del 2010 a las 11:20 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 03.47$

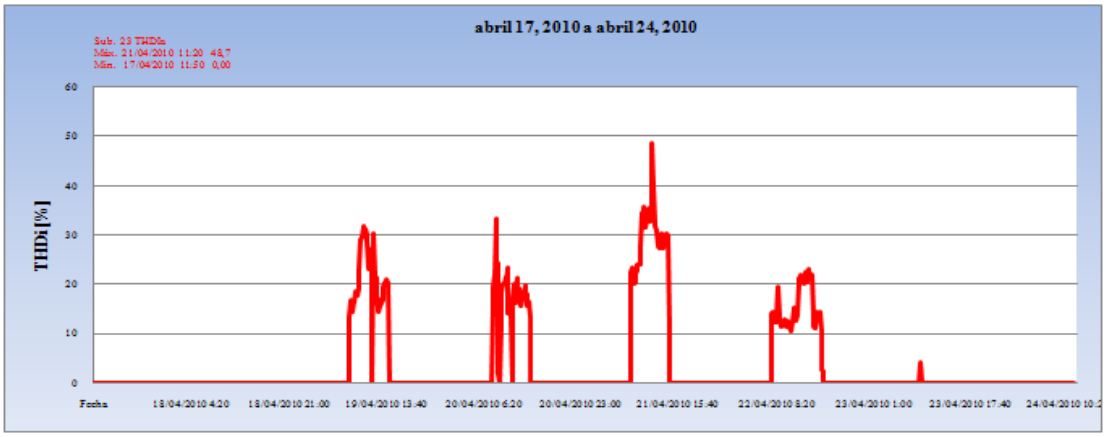

Figura 510. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 3 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 0.29%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 99.71%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 11:30 con un valor de $THD_I = 74.70$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 11:50 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 0.21$

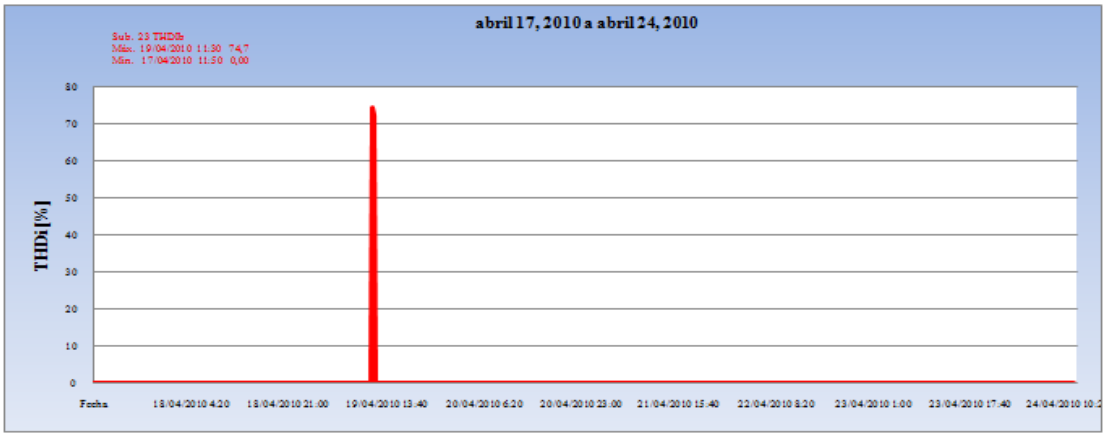

Figura 511. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase B [%].

Como se comprueba las armónicas de corriente se presentan en horas que el colegio está en funcionamiento debido a la conexión de las cargas instaladas a este transformador además se nota que la mayoría de la carga se encuentra en la fase A al parecer la fase B esta sin demasiada carga conectada ya que presenta un consumo mínimo de corriente y por ende no se presenta una cantidad de armónicas considerable para determinar si esta fase esta en correcto funcionamiento.

3.3.1.4.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las fases A y fase B durante los siete días de la medición, en donde se puede observa en la gráfica que el mayor

consumo lo tiene la fase A, en cambio la fase B no presenta mayor consumo de potencia, tan sólo el día 19 de Abril de 2010.

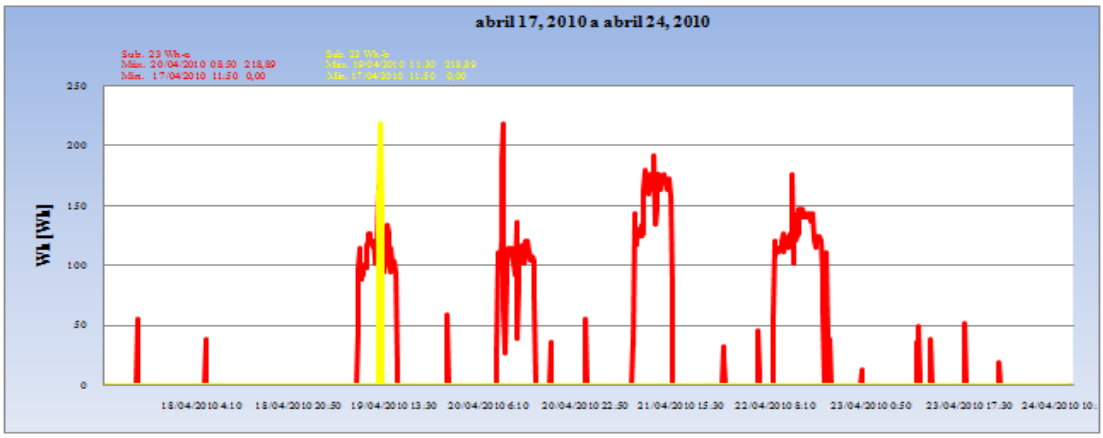

Figura 512. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

El consumo de energía en la fase A, presenta un consumo máximo de $Wh = 218{,}89[Wh]$ el día 20 de Abril a las 08:50 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 11:50, con un consumo de energía promedio de $Wh = 22{,}17\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 22{,}33\ [KWh]$.

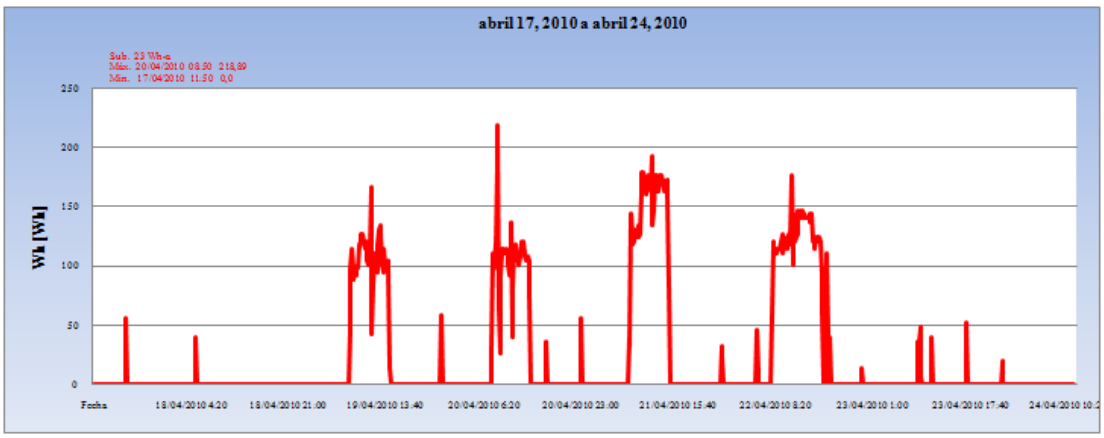

Figura 513. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Al analizar la gráfica de la fase B, se puede notar que hay consumo de energía solamente el día 19 de Abril durante el medio día, su consumo máximo es de $Wh = 218{,}89\ [Wh]$

el día 19 de Abril de 2010 a las 11:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 11:50, con un consumo de energía promedio de $Wh = 0{,}52\ [Wh]$ de las muestras tomadas y un consumo total de $Wh = 0{,}53\ [KWh]$.

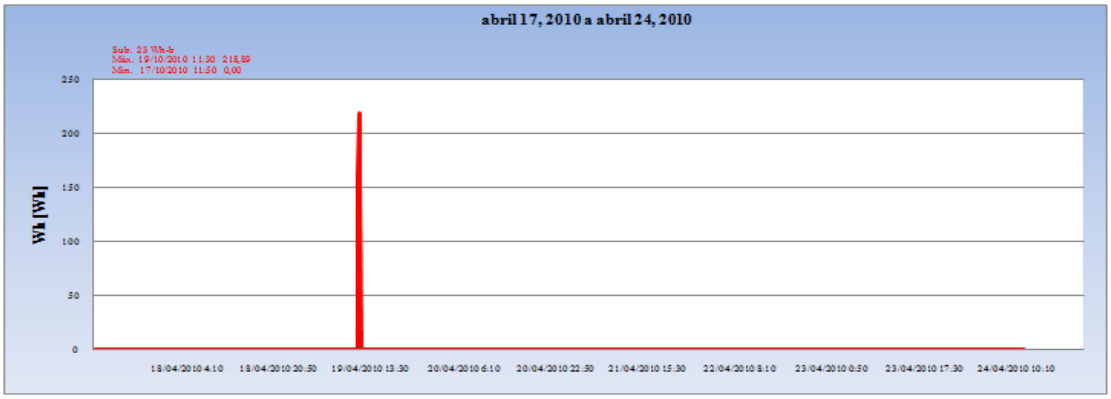

Figura 514. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo de energía de la fase A se presenta durante horas del día, y la fase B no presenta mayor consumo como se puede observar.

3.3.1.4.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las dos fases durante los días de medición que se realizó a este transformador, en donde se observa que la fase A se mantiene entre $Fp = 0.6$ y $Fp = 1.0$ en cambio la fase B se mantiene en $Fp = 1.0$

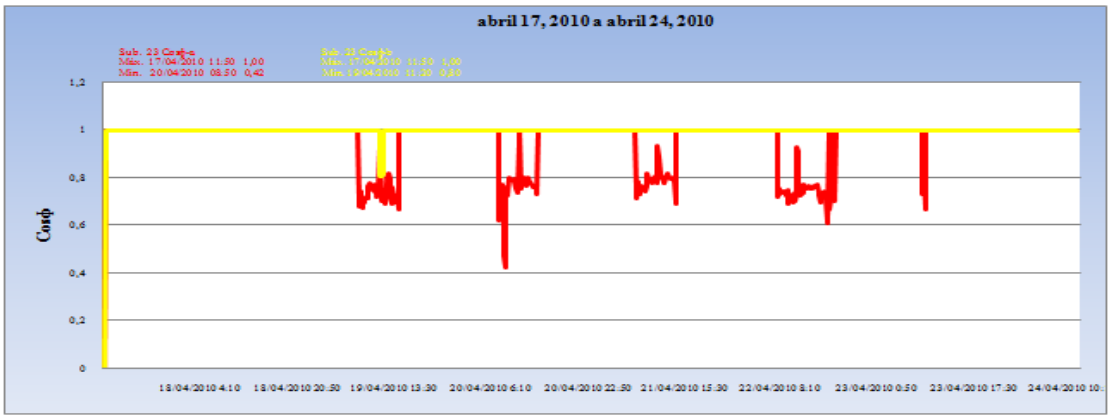

Figura 515. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, tiene 178 muestras (17.66%) que están por debajo de la norma establecida, por lo que el 82.34% cumple con la regulación, el máximo fue de $Fp = 1.0$ el día 17 de Abril de 2010 a las 11:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.42$ el día 20 de Abril de 2010 a las 08:50, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.6$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

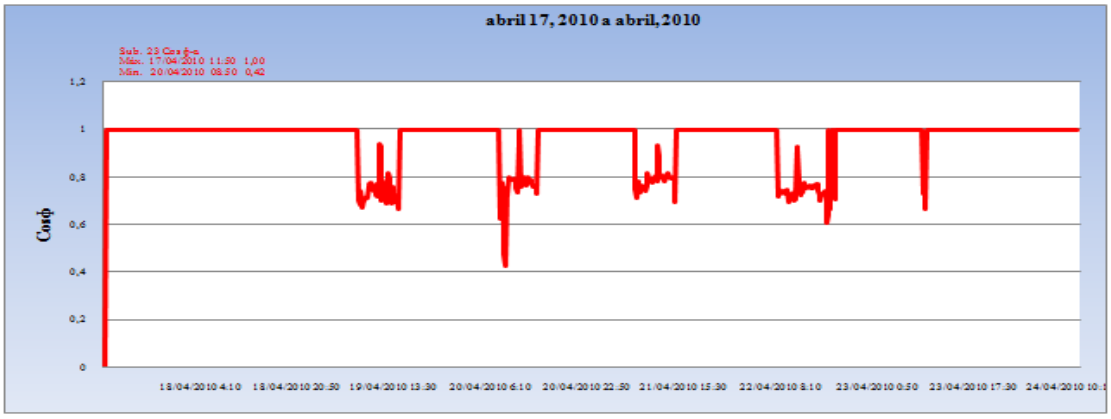

Figura 516. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B se mantiene en un valor de $Fp = 1.0$ ya que no hay consumo de corriente en esta fase debido a que no posee consumo.

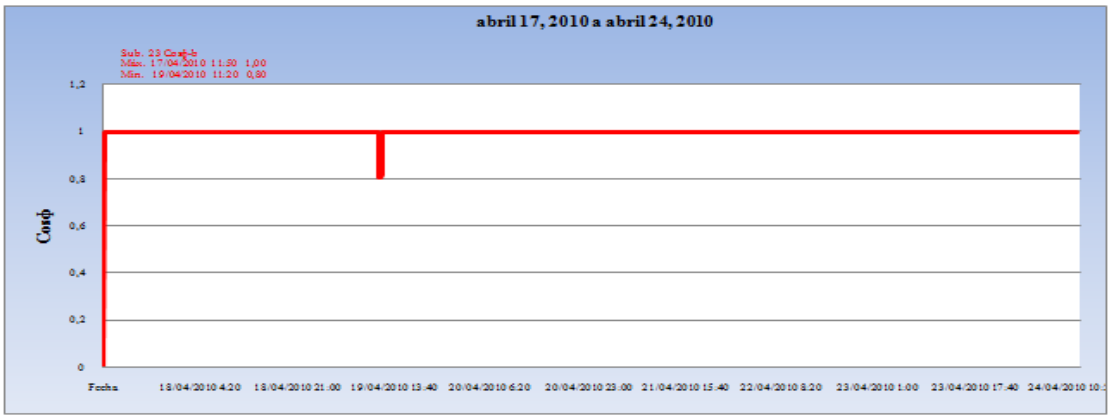

Figura 517. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Del total de las mediciones, el 17,76% de las muestras están fuera del mínimo permitido, al observa las curvas del factor de potencia, se puede determinar que la fase A es la que

tiene conectada carga que funciona en horas del día, en cambio la fase B no presenta mayor variación en la curva debido a que no posee carga conectada.

3.3.1.5. Usuario 3608718.

Este es un consumidor de media tensión que utiliza un transformador monofásico de 10KVA. Este transformador se encuentra identificado con el código 11704P, el cual presta servicio al CONECEL S.A. tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en la parroquia San Jacinto de Wakam que es una zona rural del cantón San Juan Bosco. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 17 de Abril de 2010 a las 14:30 y culminando el día 24 de Abril de 2010 a las 14:20, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen.

3.3.1.5.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se analizará las dos fases, de aquí se nota que ninguna de las dos fases presentan valores mayores al que indica la norma, lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.00%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 100%), a pesar de que no hay consumo de corriente, existe la presencia de flicker de corta duración como se ve a continuación.

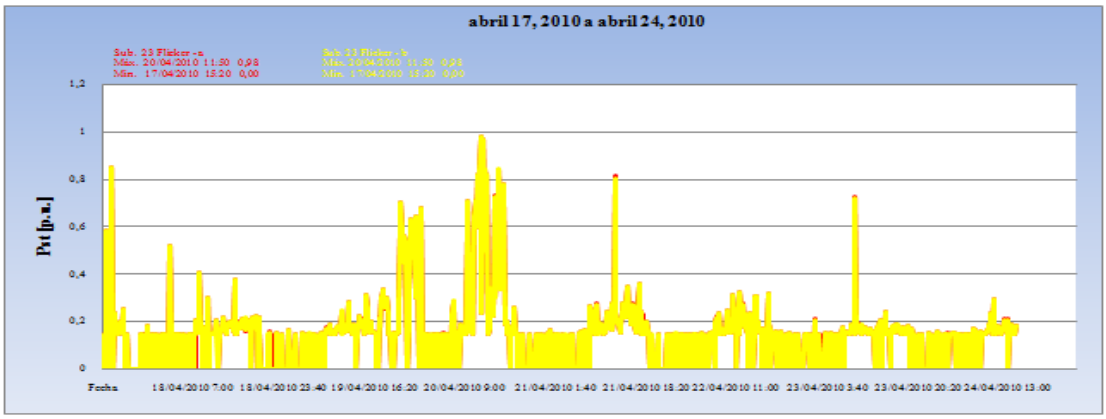

Figura 518. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

De los datos obtenidos del P_{st} de la fase A, se puede determinar que no posee muestras fuera del límite, su mayor valor fue de $Pst = 0.98$ la cual se presenta el día 20 de Abril del 2010 a las 11:50 y el valor mínimo se presentó el día 17 de Abril del 2010 a las 15:20, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}14\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

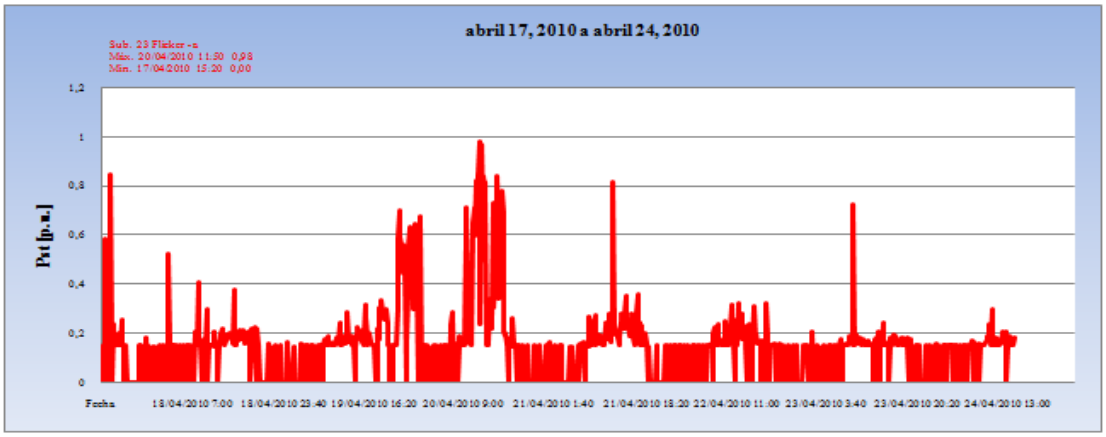

Figura 519. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, en donde tampoco hay muestras que superan el límite, en donde sus mayor índice se presenta el día 20 de Abril a las 11:50, la cual tuvo un valor de $Pst = 0.98$ y su flicker menor se presento el día 17 de Abril del 2010 a las 15:20, con un valor de $Pst = 0{,}0$ teniendo un promedio de $Pst = 0{,}14\ [p.u]$.

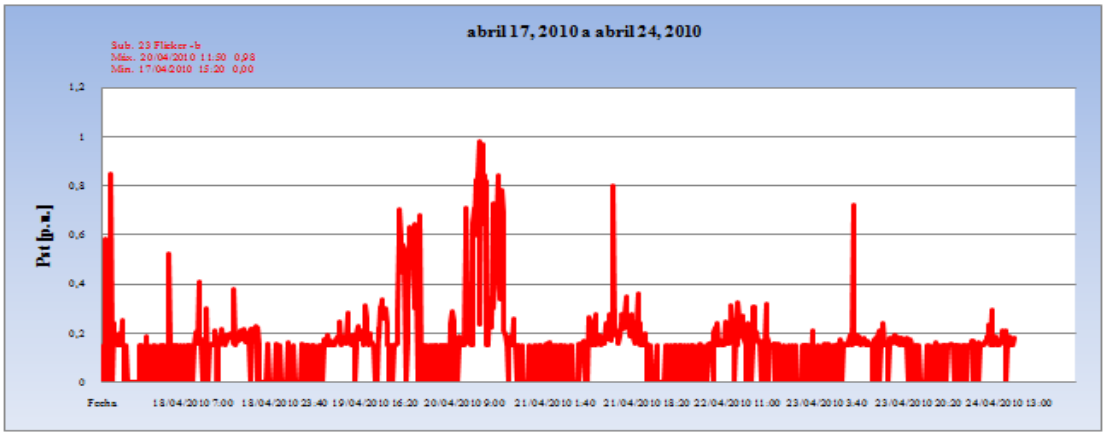

Figura 520. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers presentes en las dos fases son causa de la variación de la forma de onda que existe en la red, en donde sus máximos valores se presentaron el día martes 20 de Abril en horas del medio día la carga que posee este transformador están distribuidos de forma similar ya que poseen las mismas gráficas debido a las mismas cargas conectadas todos los días siendo una carga constante en la red.

3.3.1.5.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

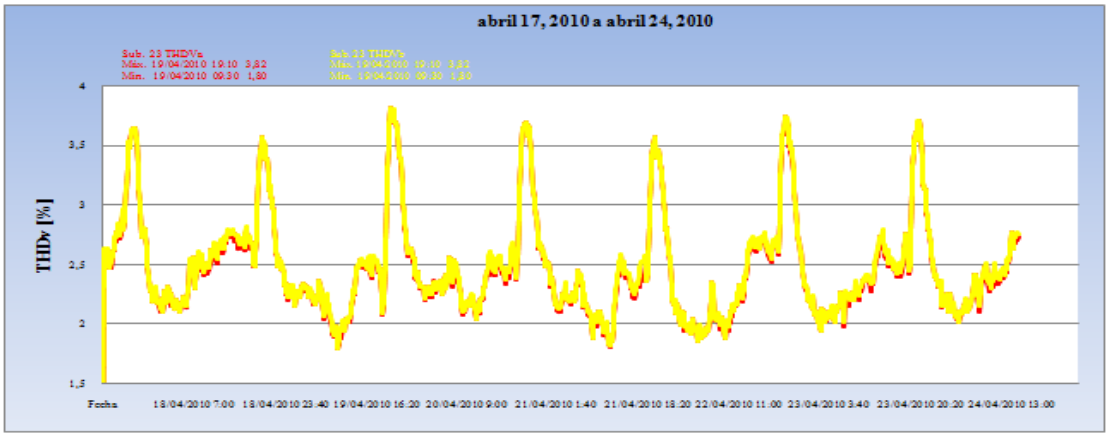

Figura 521. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 19:10 con un valor de $THD_V = 3.82$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 09:30 con un valor de $THD_V = 1.80$ llegando a ser el valor mínimo.

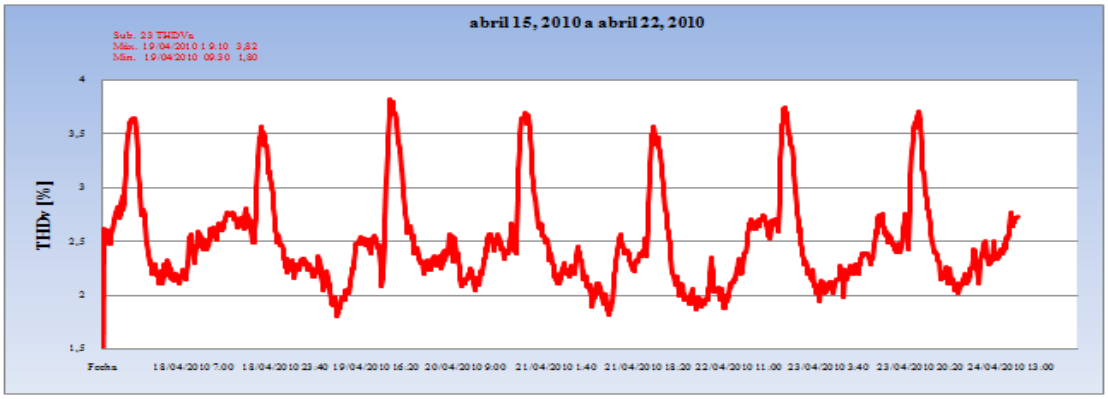

Figura 522. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 19:10 con un valor de $THD_V = 3.82$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 09:30 con un valor de $THD_V = 1.80$ llegando a ser el valor mínimo.

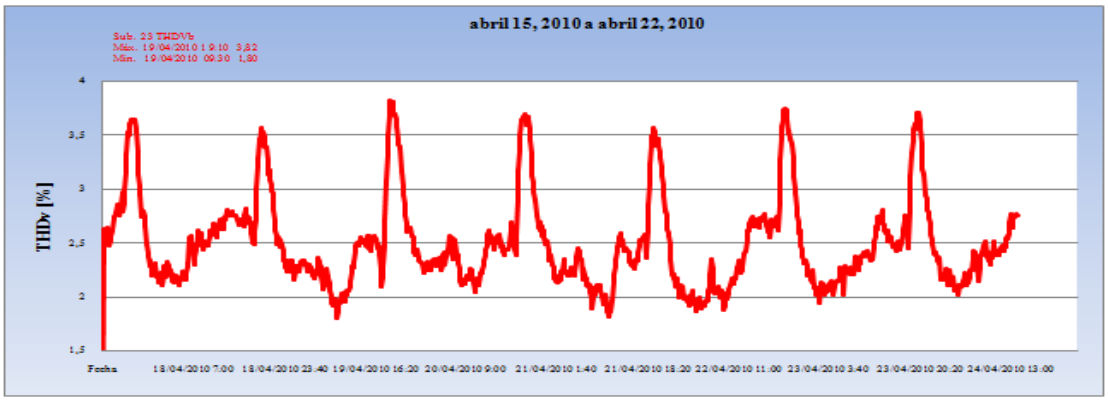

Figura 523. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase B [%].

Al igual las armónicas de voltaje presentes en este transformador tienen las mismas variaciones a la misma hora como máximos de igual valor. En lo que respecta a las mediciones realizadas, estas están dentro de los límites que se establece en la norma del CONELEC-004/01. Debido a que el equipo de medición no guardó los demás datos no se pueden realizar los restantes descripciones para observa si esta bajo los límites establecidos.

3.3.1.6. Usuario 3367588.

Este es un usuario de media tensión que utiliza un transformador monofásico de 25KVA, del cual tiene un consumo promedio de 1.04KVA, se encuentra identificado con el código 11209P, el cual presta servicio a la Liga Cantonal de San Juan Bosco, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona rural de la parroquia San Juan Bosco. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 17 de Abril de 2010 a las 12:50 y culminando el día 24 de Abril de 2010 a las 12:40, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.6.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se analizara las dos fases, de aquí se nota que la fase A tiene una muestra que sobrepasan el límite, lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.90%), en cambio la fase B tiene ocho muestras mayores al límite establecido, lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.79%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.21%).

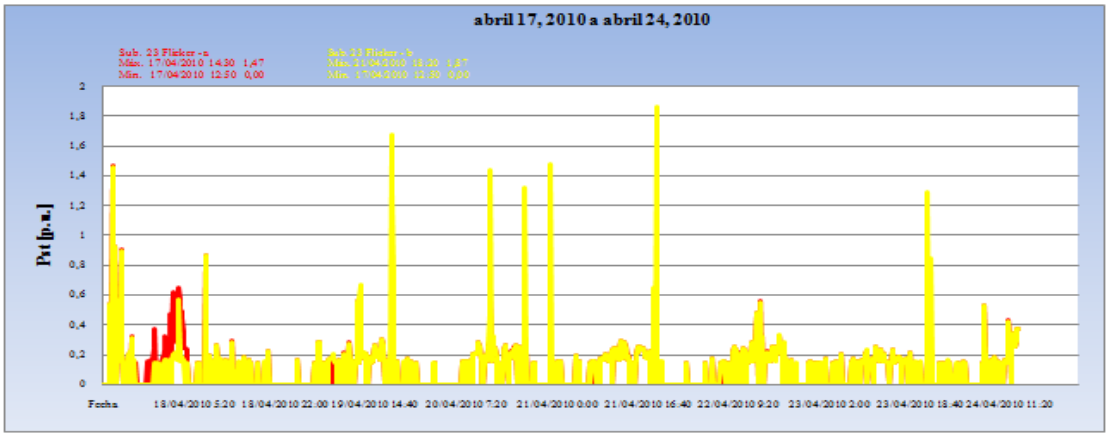

Figura 524. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, se puede decir que solamente existe una muestra que sobrepasa la norma, por lo que esta cumple con la norma, su mayor valor fue de $Pst = 1{,}47$ la cual se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 14:30 y el valor mínimo se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 12:50, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}09\ [p.u]$ de todas las mediciones.

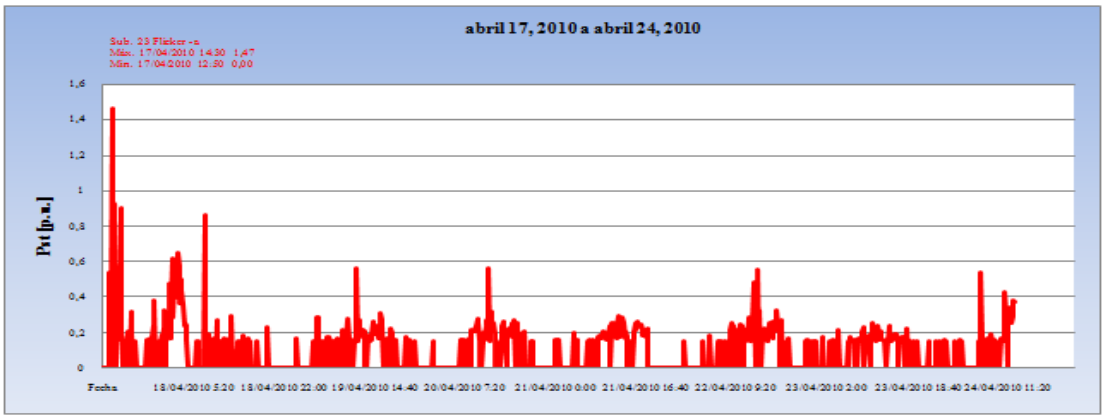

Figura 525. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, en donde existen ocho muestras que superan el límite, las mismas que se presentaron en distintos días, su mayor valor se presenta el día 21 de Abril a las 18:20, la cual tuvo un valor de $Pst = 1{,}87$ y su valor menor se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 12:50, con un valor de $Pst = 0{,}0$ teniendo un promedio de $Pst = 0{,}10\ [p.u]$.

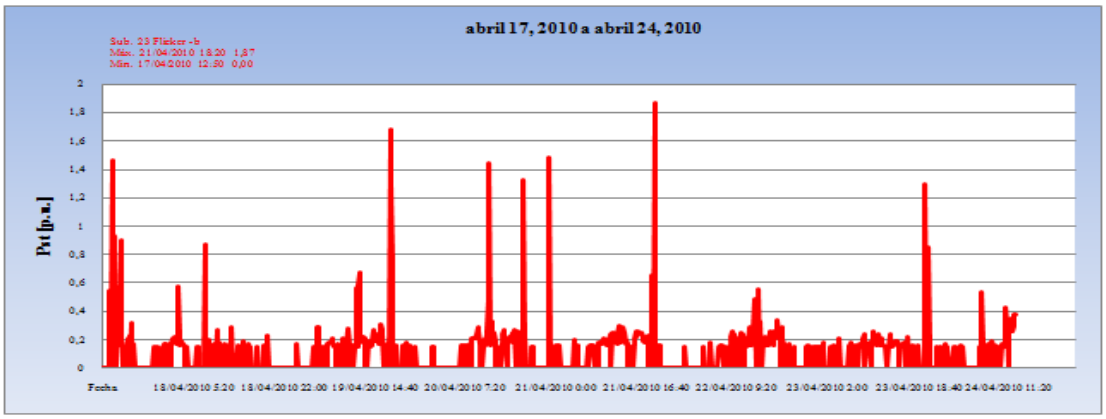

Figura 526. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En conclusión, los flickers que superaron el límite en la fase A y la fase B se presentaron a causa problemas aguas arriba, ya que cuando se presentan los mismos el voltaje se mantiene en un promedio de 121V y el consumo de corriente es bajo, los mismos que se presentaron los días 17 de Abril, 19 de Abril, 20 de Abril, 21 de Abril y 23 de Abril del 2010 en horas de la tarde.

3.3.1.6.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ \ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

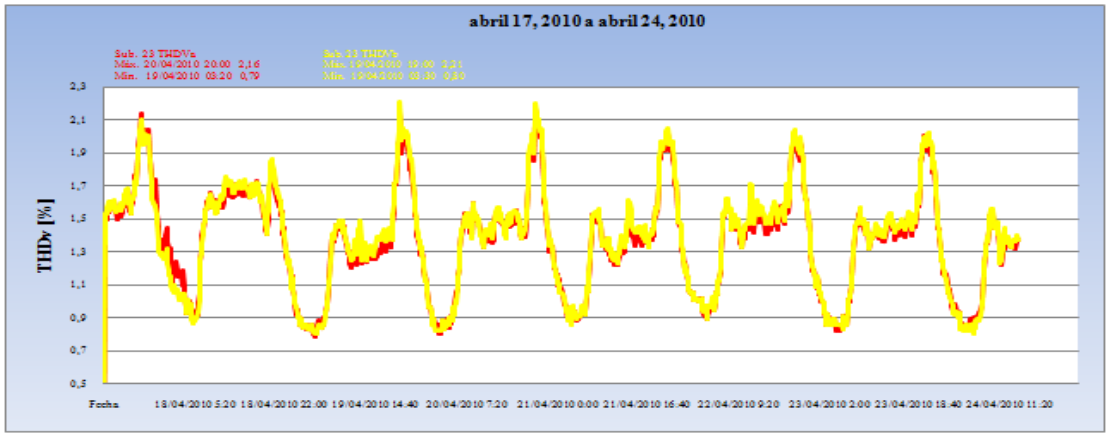

Figura 527. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 20:00 con un valor de $THD_V = 2.16$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 03:20 con un valor de $THD_V = 0.79$ llegando a ser el valor mínimo.

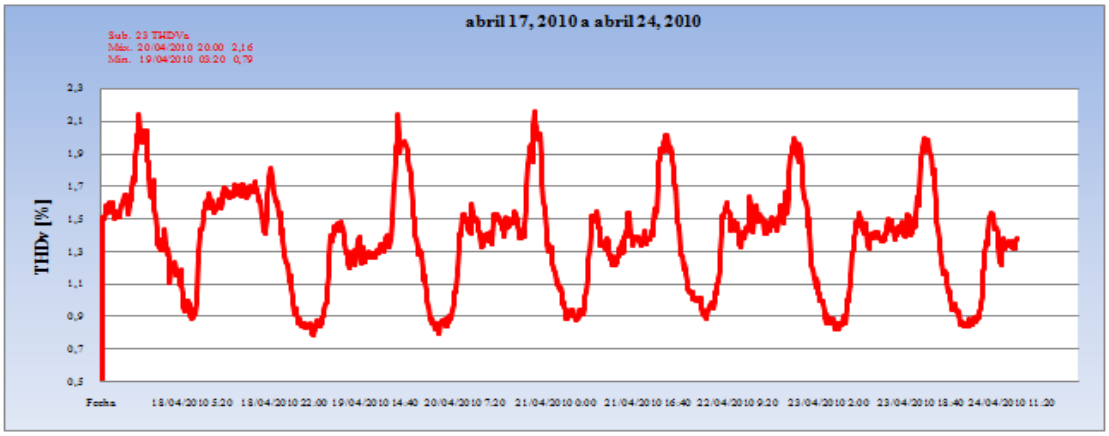

Figura 528. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 19 de Abril del 2010 a las 19:00 con un valor de $THD_V = 2.21$ llegando a ser el valor máximo y el día 19 de Abril del 2010 a las 03:30 con un valor de $THD_V = 0.80$ llegando a ser el valor mínimo.

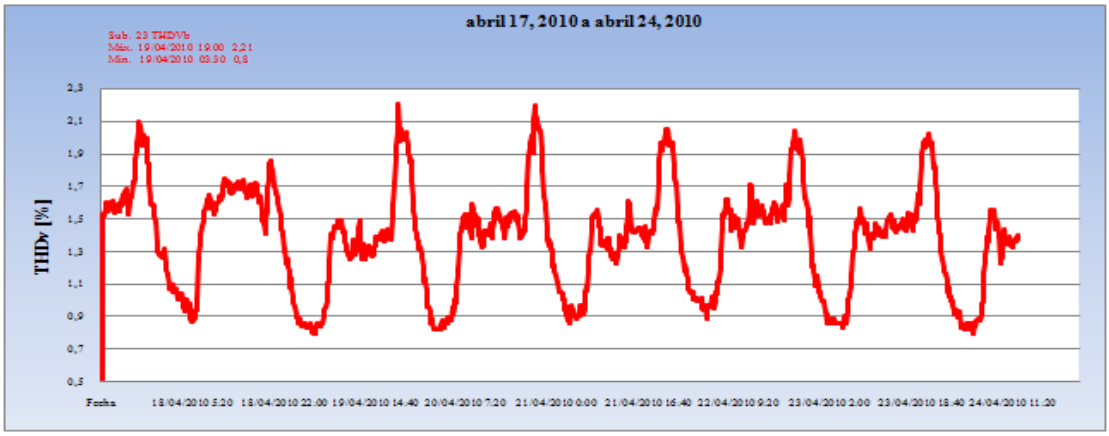

Figura 529. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases B [%].

Como se puede observar, en ninguna de las fases hay valores que sobrepasen el límite, aquí se puede notar que las máximas variaciones se presentan cuando hay variaciones en los valores del voltaje, ya que el consumo de corriente es mínimo, por lo que las armónicas de tensión presentes son a causa de problemas aguas arriba.

3.3.1.6.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 3367588 de las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 9.77 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 90.23 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ es 15.47 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 84.53 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ es 04.06 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 95.94 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B en conjunto es $THD_I = 05.59$.

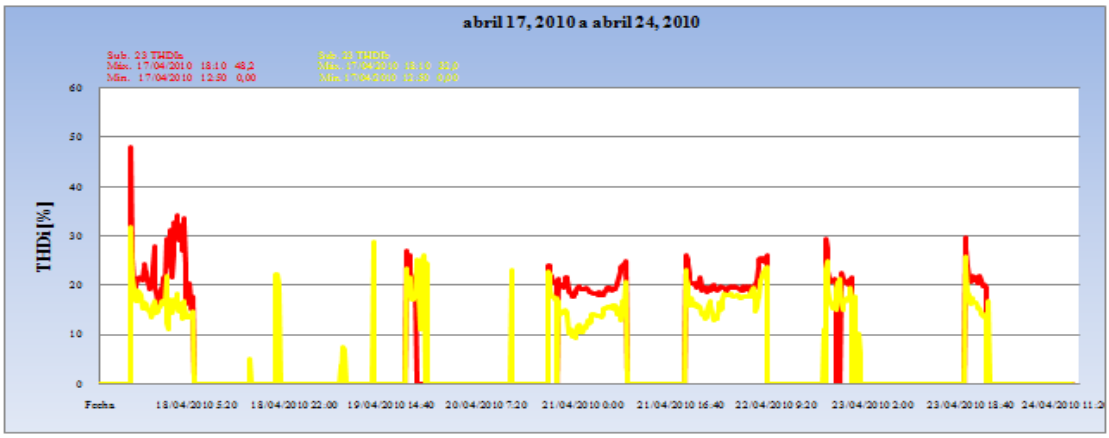

Figura 530. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 156 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 15.47%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 84.53%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 17 de Abril del 2010 a las 18:10 con un valor de $THD_I = 48.20$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 12:50 con un valor de $THD_I = 6.04$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 06.04$.

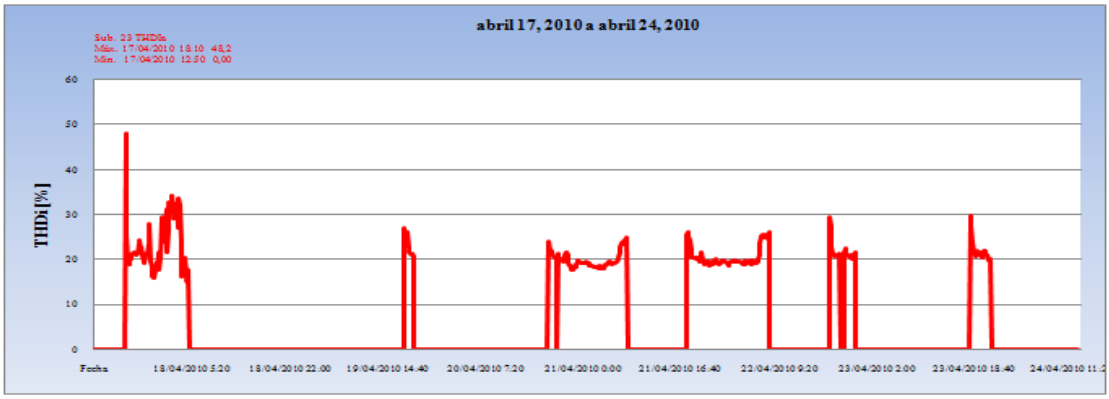

Figura 531. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que existe 41 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 04.06%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 95.94%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 17 de Abril del 2010 a las 18:10 con un valor de $THD_I = 32.0$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 12:50 con un valor de $THD_I = 0.0$ llegando a ser el valor mínimo. Y su valor promedio de $THD_I = 05.15$

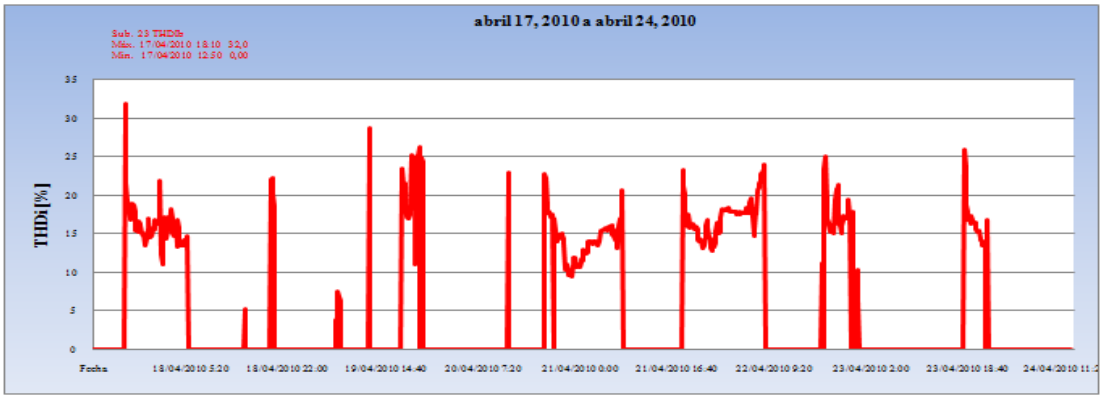

Figura 532. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases B [%].

Como se observa este transformador cumple con la regulación establecida en cuanto a las armónicas de corriente debiendo tener en cuenta que la fase A es la que tiene la gran parte de armónicas presentes teniendo que ser modificado para no tener futuros inconvenientes ya que la fase B es la que presenta menos problemas.

3.3.1.6.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las fases A y fase B durante los siete días de la medición, en donde se puede observa en la gráfica que los consumos están equilibrados.

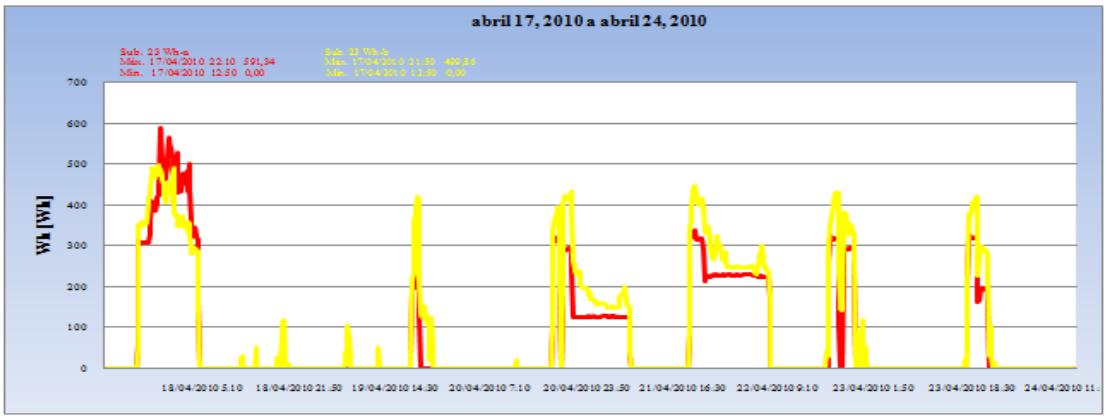

Figura 533. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

El consumo de energía en la fase A, presenta un consumo máximo de $Wh = 591{,}34\ [Wh]$ el día 17 de Abril a las 22:10 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 12:50, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 74{,}4\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 74{,}91\ [KWh]$.

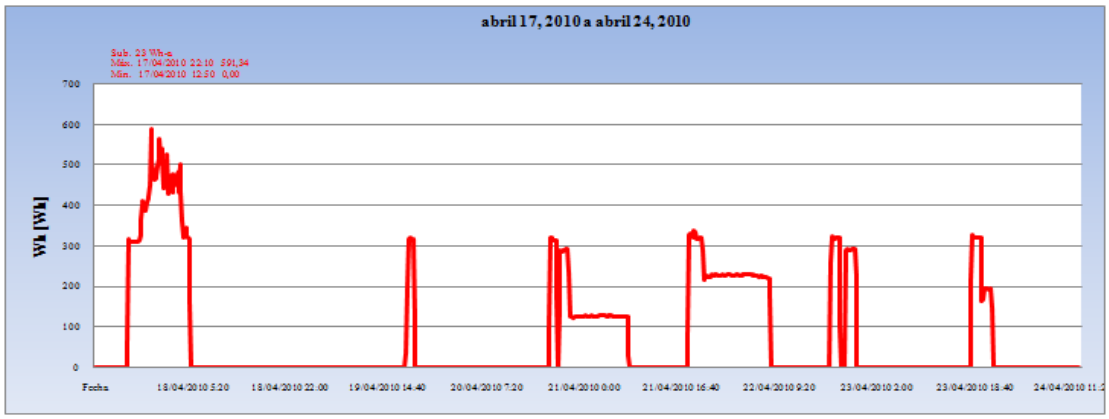

Figura 534. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Al analizar la gráfica de la fase B, se puede observar que hay consumo de energía el día 19 de Abril, su consumo máximo es $Wh = 499{,}86\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 21:50 y un consumo mínimo es $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 12:50, con un consumo de energía promedio de $Wh\,prom = 89{,}50\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 90{,}13\ [KWh]$.

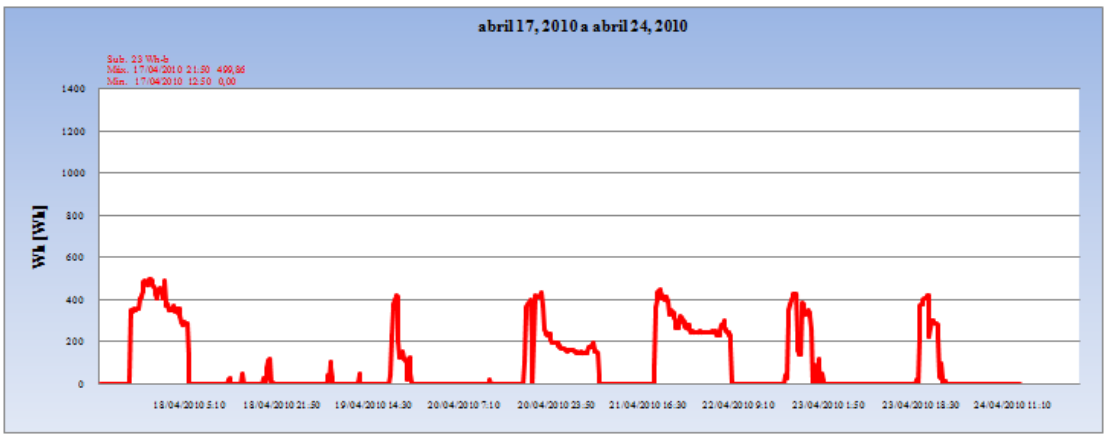

Figura 535. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Se concluye que el consumo de energía de las fases A y fase B se presenta durante horas de la noche, a partir de las 18:00 hasta las 23:00, esto debido a que es un centro deportivo el cual a su vez sólo posee algunas lámparas fluorescentes y algunas otras cargas conectadas a este transformador además de esto esta carga se refleja en la fase A ya que está mal distribuida la carga de tal transformador, en cambio la fase B tiene una carga similar pero sin muchas cargas generadoras de armónicas de corriente.

3.3.1.6.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las dos fases durante los siete días de medición que se realizó a este transformador, en donde se observa que al igual como ocurrió con el consumo de energía, las variaciones en las curvas se presentan en horas de la noche.

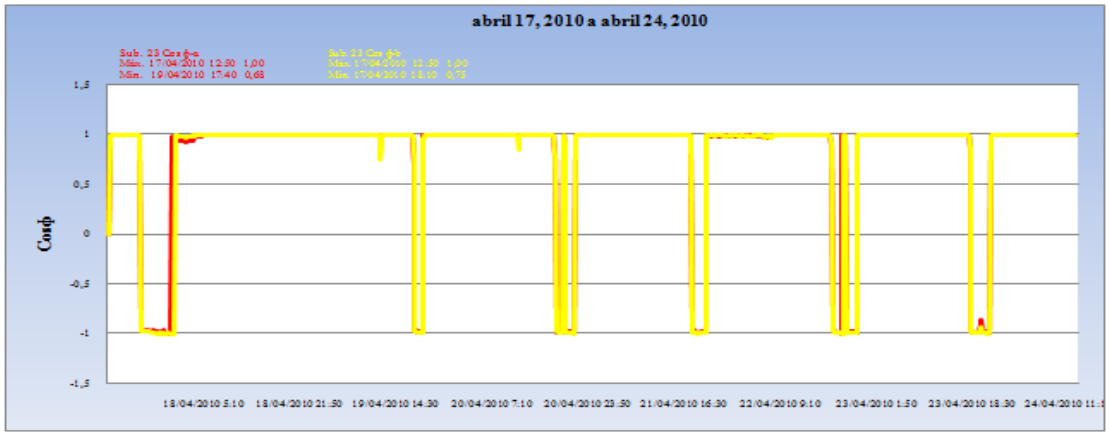

Figura 536. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, tiene 10 muestras (0.99%) que están por debajo de la norma establecida, por lo que el 99.01% cumple con la regulación, el máximo fue de $Fp = 1$ el día 17 de Abril de 2010 a las 12:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.68$ el día 19 de Abril de 2010 a las 17:40, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.98$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, en esta fase se presenta factores de potencia negativos debido al uso de cargas capacitivas.

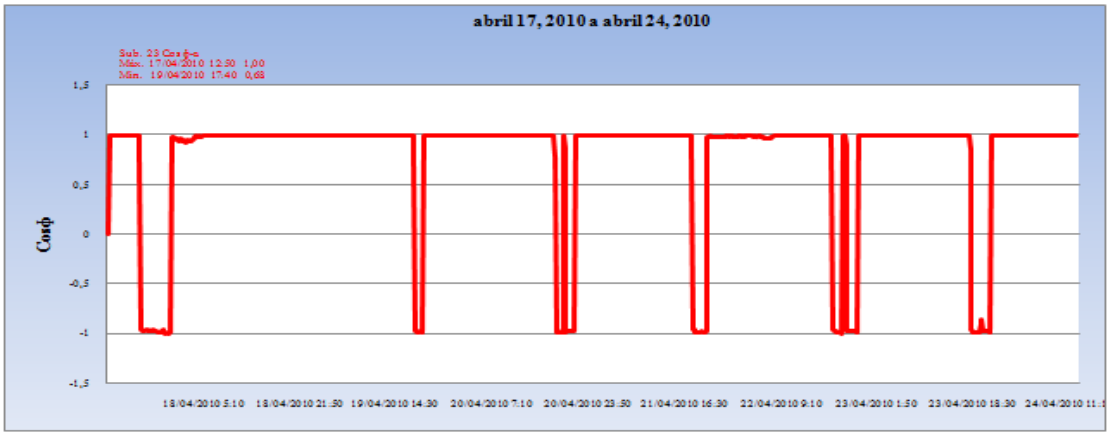

Figura 537. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia de la fase B, tiene 8 muestras (0.79%) que están por debajo de la norma establecida, por lo que el 99.21% cumple con la regulación, el máximo fue de $Fp = 1$ el día 17 de Abril de 2010 a las 12:50 y un factor potencia mínimo de $Fp =$

0.75 el día 17 de Abril de 2010 a las 18:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.98$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, en esta fase presenta de factores de potencia negativos debido al uso de cargas capacitivas.

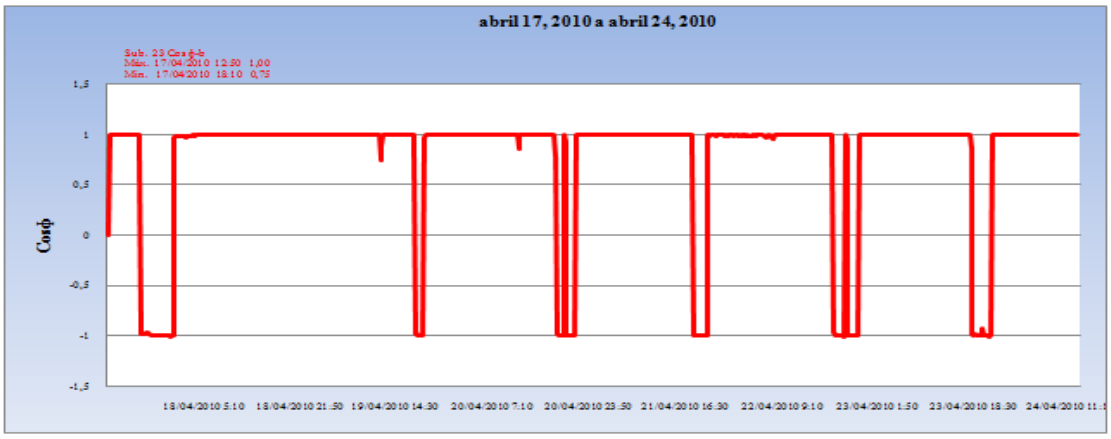

Figura 538. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

Del total de las mediciones, el 0.99% de las muestras están fuera del mínimo permitido, al observa las curvas del factor de potencia, se puede determinar que los factores de potencia cambian a valores negativos cuando existe consumo de energía, por lo que se concluye que la mayor parte de la carga es capacitiva como lámparas de vapor de mercurio, lámparas fluorescentes, entre otros.

3.3.1.7. Usuario 1373174.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza, se encuentra instalado al transformador 10621, tiene una acometida trifásica de 220V entre fases y 127V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 40.45VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 16:00 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 15:50, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.7.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B, Fase C.

Se analiza la gráfica con las tres fases en conjunto, de donde se observa que las tres fases tienen gran cantidad de muestras mayores al límite establecido, en donde la fase A tiene 97 muestras fuera del límite (1 p.u. 9.62%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 90.38%), la fase B tiene 44 muestras (1 p.u. 4.37%) que están fuera del límite establecido, que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 95.63%) y la fase C tiene 57 muestras mayores al límite (1 p.u. 5.65%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 94.35%), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida.

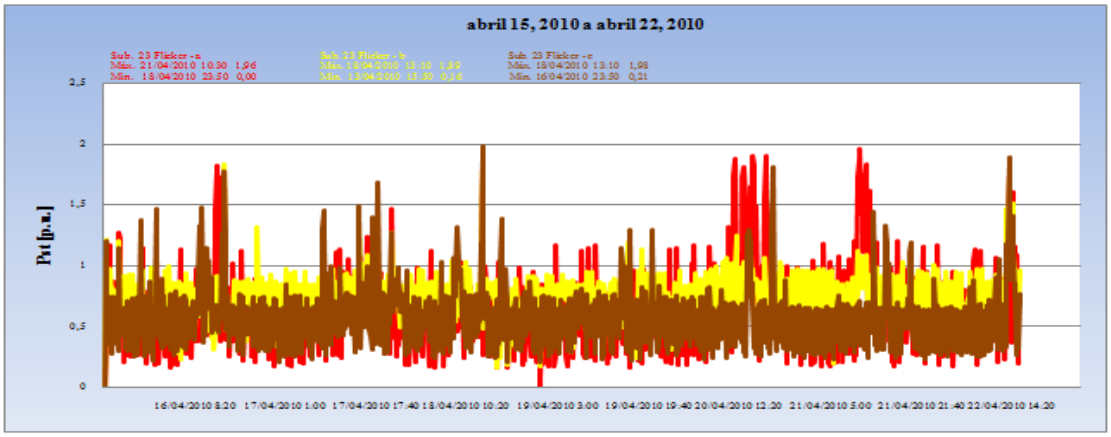

Figura 539. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A, B y C [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, en donde existen 97 muestras mayores al valor máximo permitido, por lo que no cumple con la regulación establecida, en donde su máximo valor se presenta el día 21 de Abril del 2010 a las 10:30, con un valor de $Pst = 1{,}96$ y el valor mínimo se presenta el día 18 de Abril del 2010 a las 23:50, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}64\ [p.u]$. de todas las mediciones.

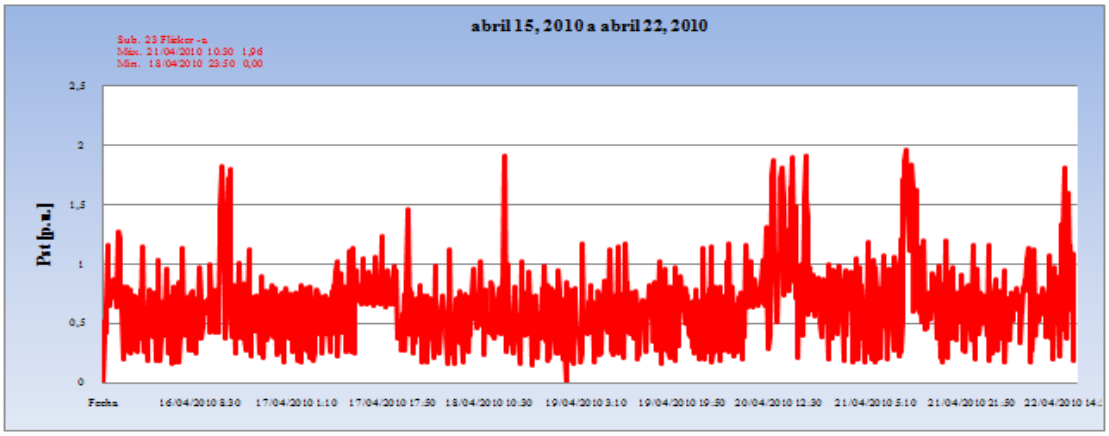

Figura 540. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, en donde existen 44 valores que superan el límite, en donde el día 18 de Abril a las 13:10 se presentó su mayor muestra, la cual tuvo un valor de $Pst = 1{,}89$ y su flicker menor se presentó el día 18 de Abril del 2010 a las 15:50, con un valor de $Pst = 0{,}0$ teniendo un promedio de $Pst = 0{,}73\ [p.u]$.

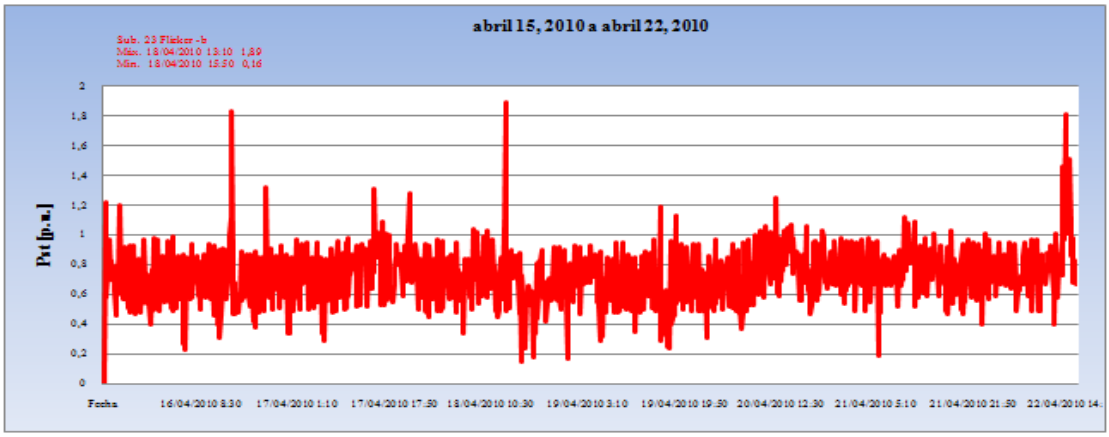

Figura 541. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

En la fase C, se observa que también existen 57 muestras que superan el límite, en donde su máximo valor fue de $Pst = 1{,}98$, la misma que ocurrió el día 18 de Abril del 2010 a las 13:10 y el valor mínimo se presenta el día 16 de Abril del 2010 a las 23:50, con un valor de $Pst = 0{,}21$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}58\ [p.u]$. de las mediciones tomadas durante los siete días.

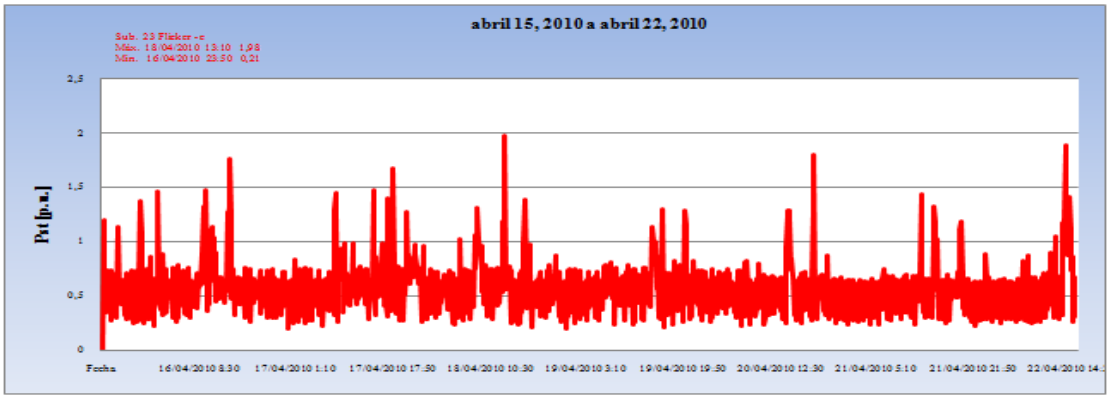

Figura 542. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase C [p.u.].

En conclusión, los flickers se presentan durante todo el día a causa de las cargas conectadas a este tranformador, en especial en horas de medio día donde hay mayor consumo de corriente de este usuario.

3.3.1.7.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida.

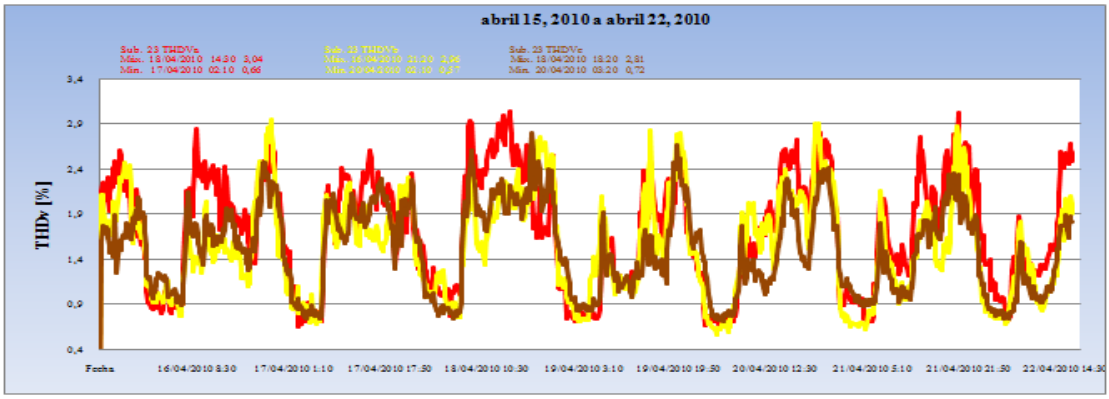

Figura 543. Distorsión armónica de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 14:30 con un valor de $THD_V = 3.04$ llegando a ser el valor máximo y el día 17 de Abril del 2010 a las 02:10 con un valor de $THD_V = 0.66$ llegando a ser el valor mínimo.

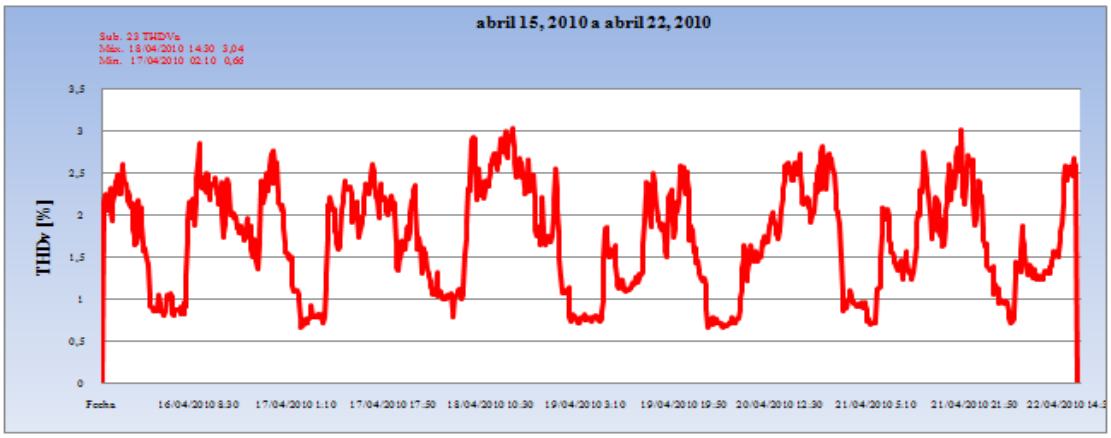

Figura 544. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 16 de Abril del 2010 a las 21:20 con un valor de $THD_V = 2.96$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 02:10 con un valor de $THD_V = 0.57$ llegando a ser el valor mínimo.

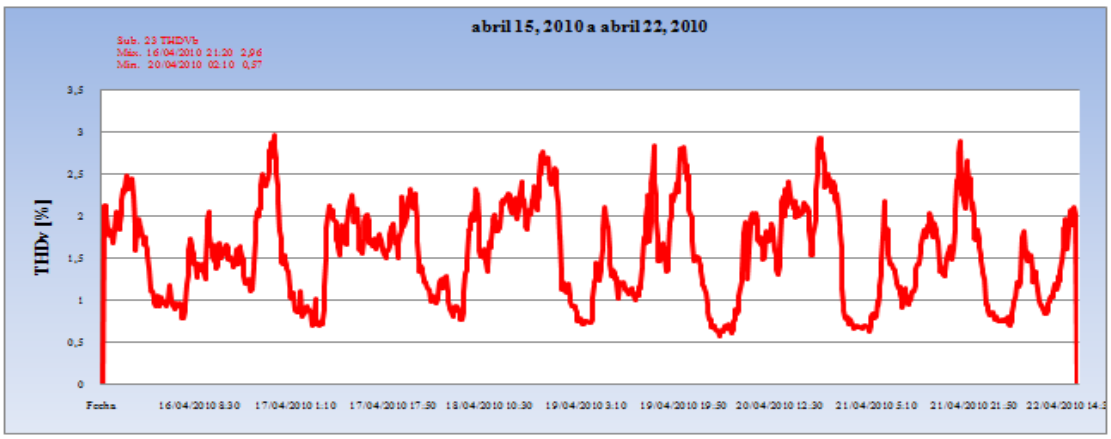

Figura 545. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases B [%].

Al analizar el THD_V de la fase C, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 18:20 con un valor de $THD_V = 2.81$ llegando a ser el valor máximo y el día 20 de Abril del 2010 a las 03:20 con un valor de $THD_V = 0.72$ llegando a ser el valor mínimo.

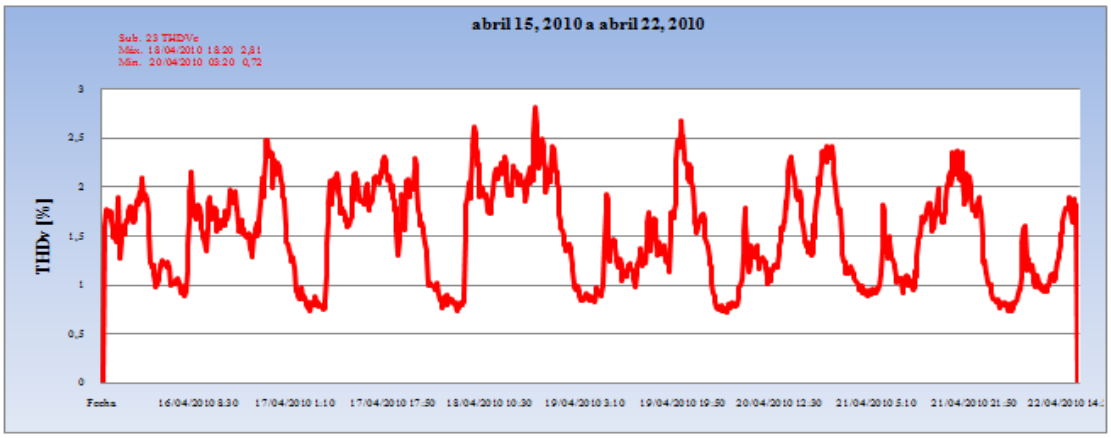

Figura 546. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases C [%].

En forma resumida, en ninguna de las tres fases existen muestras que superen los límites de la regulación dada por el CONELEC, además se puede notar que los máximos valores se presentaron el día domingo 18 de Abril en horas de la tarde.

3.3.1.7.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10621 de las tres fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 0.0 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 100 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.0 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 100 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ *es* 0.0 %), que resultaría con muestras dentro del límite de

($THD_I < 20\%\ es\ 100\ \%$), para la fase C las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%\ es\ 0.0\ \%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%\ es\ 100\ \%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, fase B y fase C en conjunto es $THD_I = 0.020$.

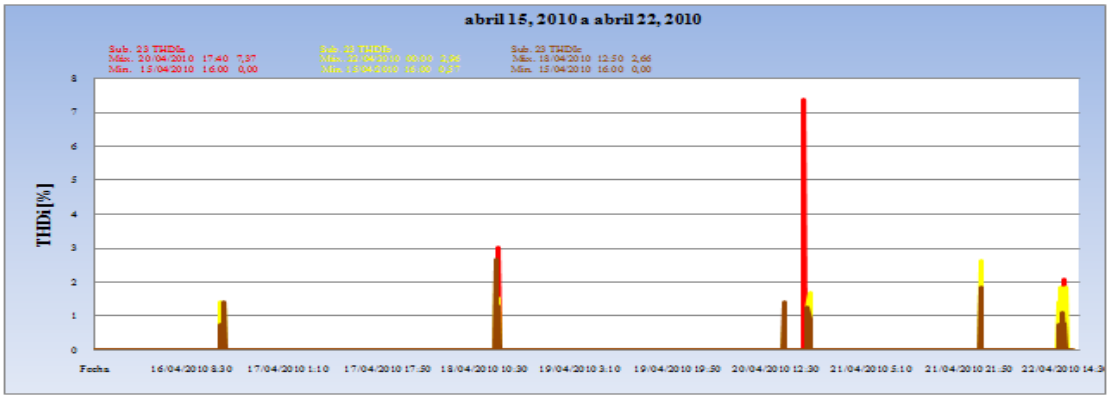

Figura 547. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases A, B y C [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%\ es\ 0.0\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%\ es\ 100\%$); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 20 de Abril del 2010 a las 17:40 con un valor de $THD_I = 07.37$ llegando a ser el valor máximo y el día 15 de Abril del 2010 a las 16:00 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo además su valor promedio de $THD_I = 0.017$.

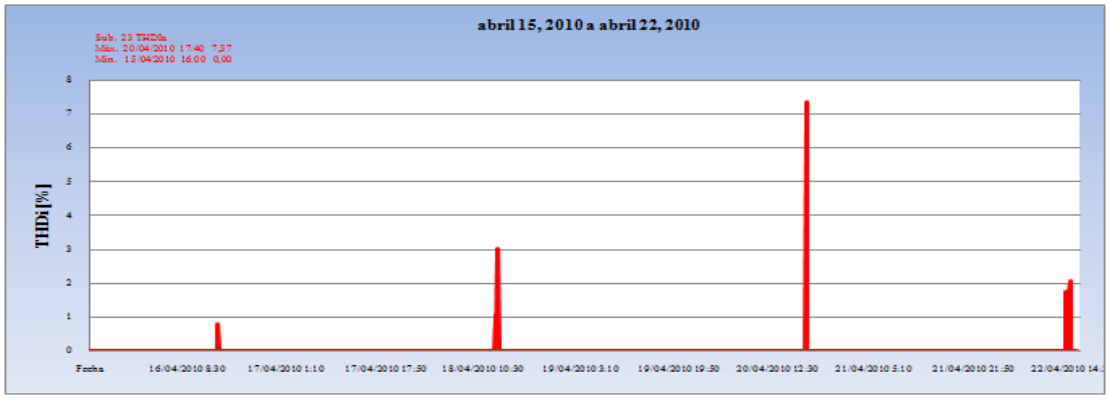

Figura 548. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A [%].

Al analizar el THD_I de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 0.0%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 100%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 22 de Abril del 2010 a las 00:00 con un valor de $THD_I = 02.65$ llegando a ser el valor máximo y el día 15 de Abril del 2010 a las 16:00 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo, además su valor promedio de $THD_I = 0.024$.

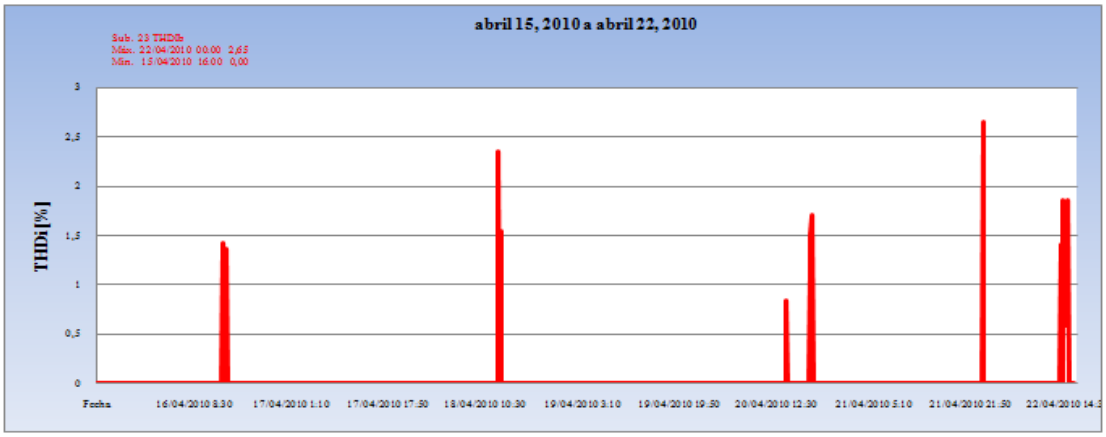

Figura 549. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases B [%].

Al analizar el THD_I de la fase C, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 0.0%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 100%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 18 de Abril del 2010 a las 12:50 con un valor de $THD_I = 2.66$ llegando a ser el valor máximo y el día 15 de Abril del 2010 a las 16:00 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo además su valor promedio de $THD_I = 0.017$.

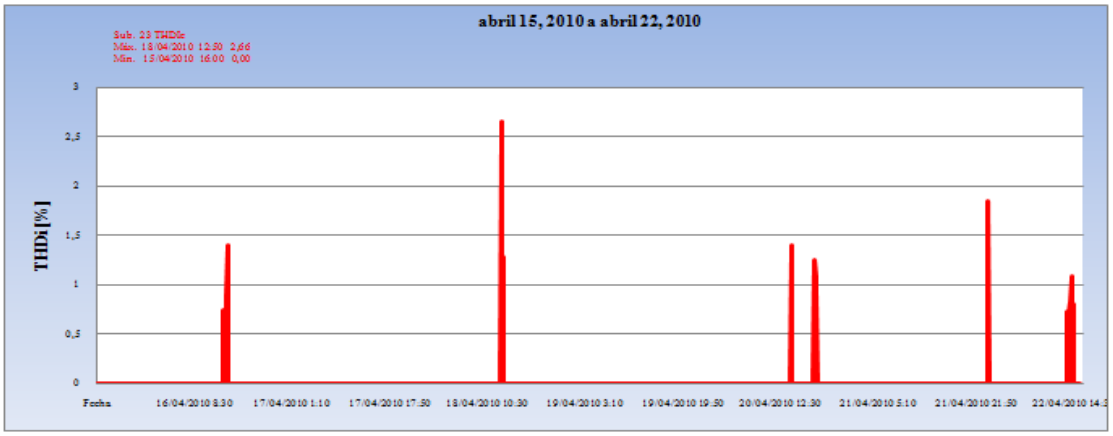

Figura 550. Distorsión armónica de corriente THDi de las fases C [%].

Este usuario esta bajo el límite de armónicas de corriente ya que no tiene ninguna muestra por sobre dicho límite, además es un usuario que no tiene un consumo lineal sino se conecta y desconecta a la red en horas fijas.

3.3.1.7.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A, Fase B, Fase C.

Ahora se va a determinar el consumo de energía de las fases A, fase B y fase C durante los siete días del periodo de medición, en donde se puede notar que el consumo de energía se presenta especialmente en horas del medio día en donde a su vez produce un pico de consumo, además un pico alto de corriente.

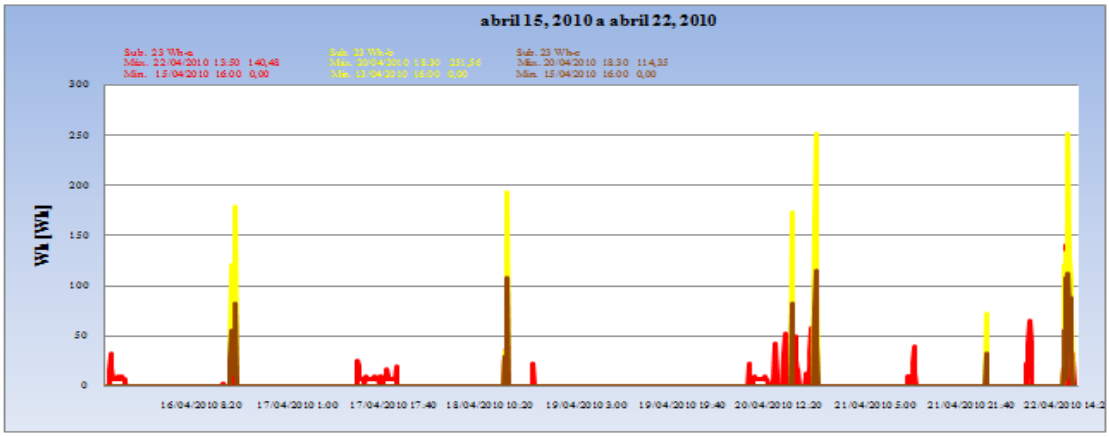

Figura 551. Nivel de consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 140{,}48\ [Wh]$ el día 22 de Abril a las 13:50 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 16:00, con un consumo total de $Wh = 1{,}96\ [KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\,prom = 1{,}94\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

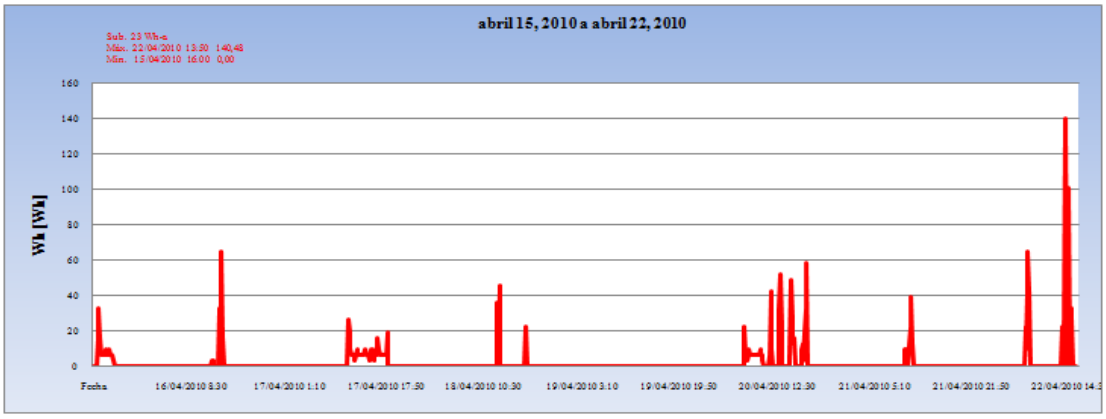

Figura 552. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 251{,}56\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 18:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}00\ [Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 16:00, con un consumo de energía promedio de $Wh\,prom = 2{,}40\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 2{,}41\ [Wh]$.

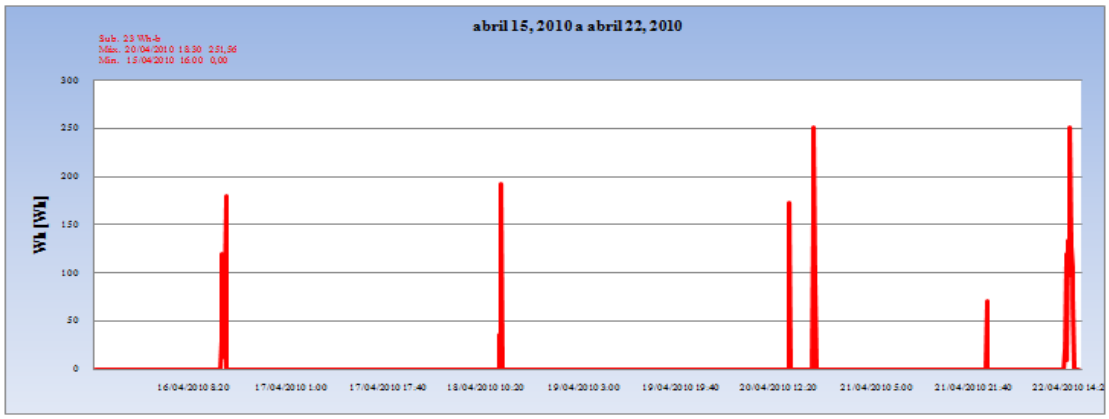

Figura 553. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

Al analizar la fase C presenta un consumo máximo de $Wh = 114{,}35\ [Wh]$ el día 20 de Abril de 2010 a las 18:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 16:00, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 1{,}29\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 1{,}3\ [KWh]$.

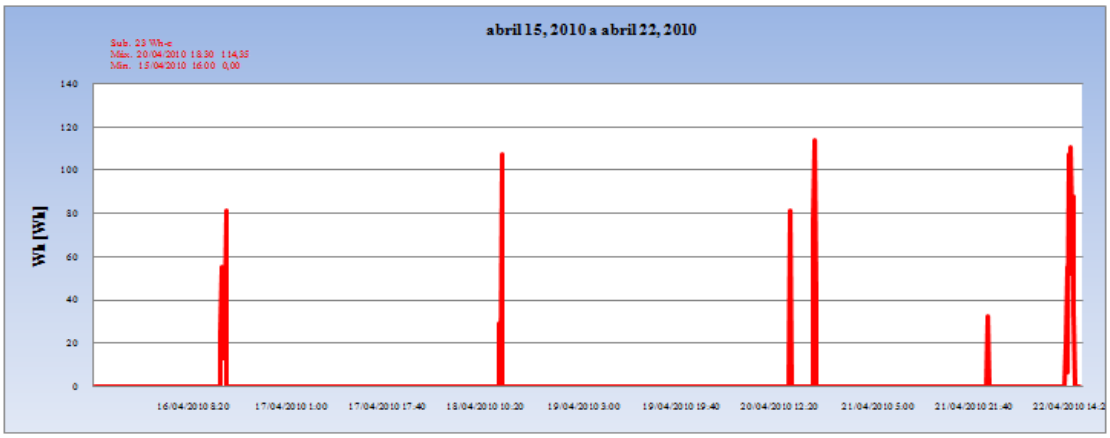

Figura 554. Nivel de consumo de energía de la fase C [Wh].

Como se puede observar en las distintas gráficas, los consumos máximos de este usuario son a partir de las 11:00 hasta las 14:00, tanto en la fase A, fase B y fase C pero en la fase B es la que presenta un mayor consumo promedio debido a que posee la mayoría de la carga instalada a esta fase.

3.3.1.7.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B, Fase C

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las tres fases durante los siete días de medición que se realizó a este usuario, en donde se observa que las curvas tienden a cambiar cuando hay consumo de corriente, este comportamiento del factor de potencia se mantiene entre $Fp = 0.5$ y $Fp = 1$ respectivamente para cada fase debido a la presencia de cada carga.

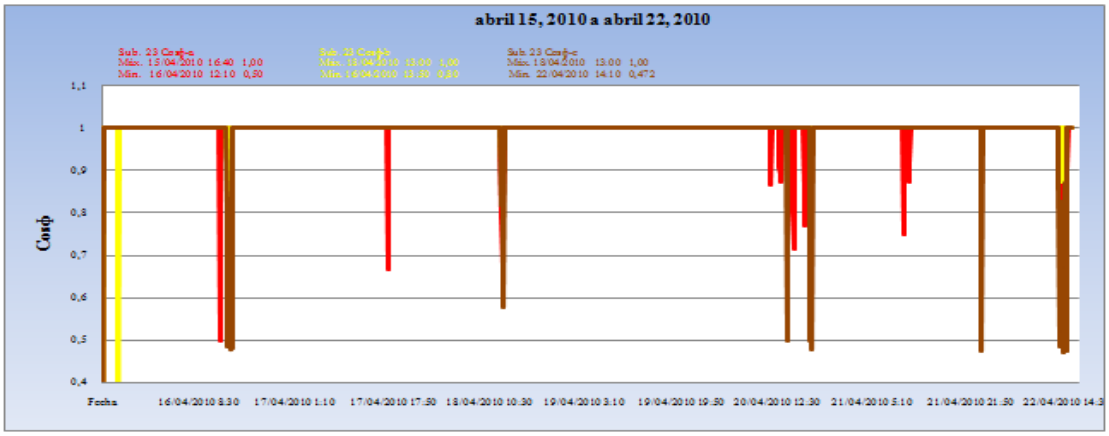

Figura 555. Nivel del Factor de Potencia de las fases A, B y C [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, tiene un valor máximo es de $Fp = 1$ el día 15 de Abril de 2010 a las 16:40 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.5$ el día 16 de Abril de 2010 a las 12:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.99$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

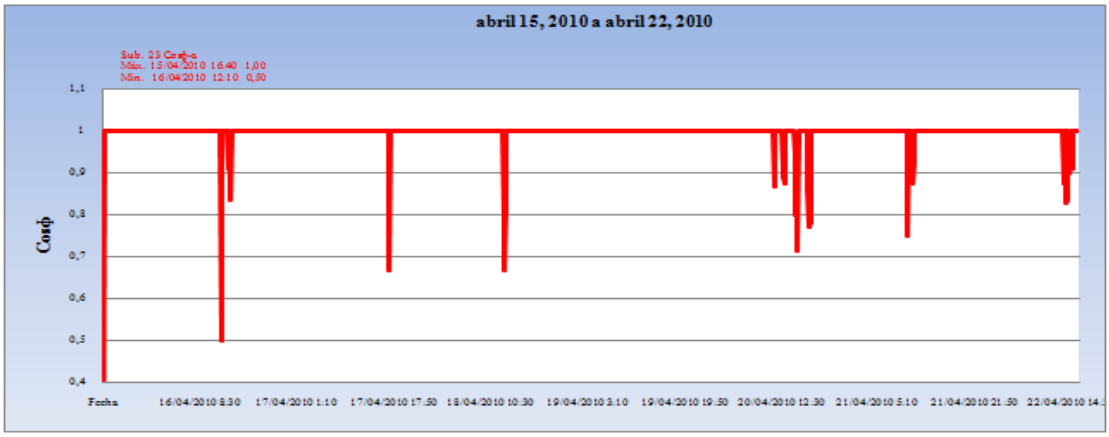

Figura 556. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, presentó un máximo valor de $Fp = 1$ el día 18 de Abril de 2010 a las 13:00 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.8$ el día 16 de Abril de 2010 a las 13:50, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.99$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

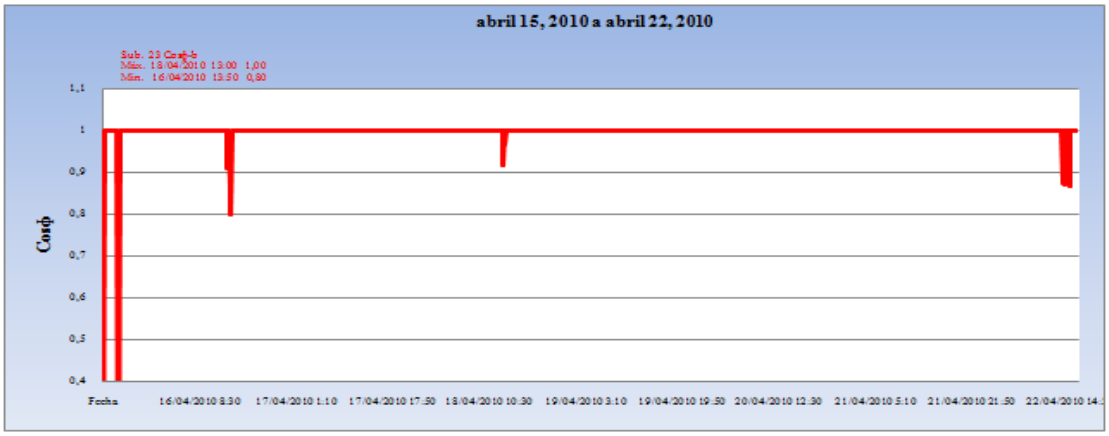

Figura 557. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase C tiene un valor máximo de $Fp = 1$ el día 18 de Abril de 2010 a las 13:00 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.47$ el día 22 de Abril de 2010 a las 14:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.99$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

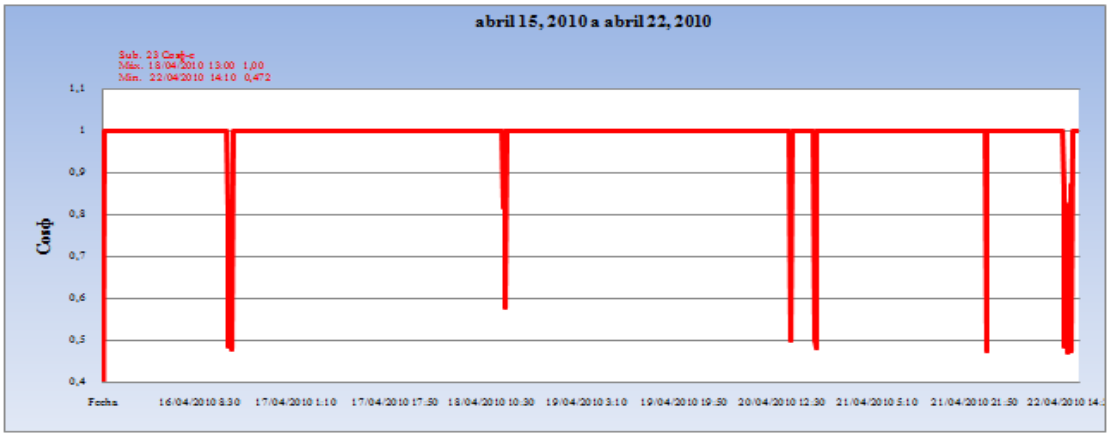

Figura 558. Nivel del Factor de Potencia de la fase C [Cos Φ].

Como se observa el factor de potencia para este usuario esta dentro de los límites establecidos debido a que su carga en la mayoría debe ser casi resistiva por esta razón posee un factor de potencia bueno además posee algunos picos de factor de potencia bajos debido a la conexión y desconexión de alguna carga capacitiva e inductiva en la red.

3.3.1.8. Usuario 1333046.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza, se encuentra instalado al transformador 10621, tiene una acometida monofásica de 220V entre fases y 127V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 40.45VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 15:50 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 15:40, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.8.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará la fase para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 307 muestra mayor al límite (P_{st} □1), lo que presenta un porcentaje de muestras fuera del límite de (□ 1 p.u. 30.46%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 69.54%), en donde su máximo valor se presenta el día 18 de Abril del 2010 a las 18:20, con un valor de $Pst = 2{,}37$ y el valor mínimo se presenta el día 21 de Abril del 2010 a las 23:40, con un valor de $Pst = 0{,}18$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}89\ [p.u]$ de todas las mediciones.

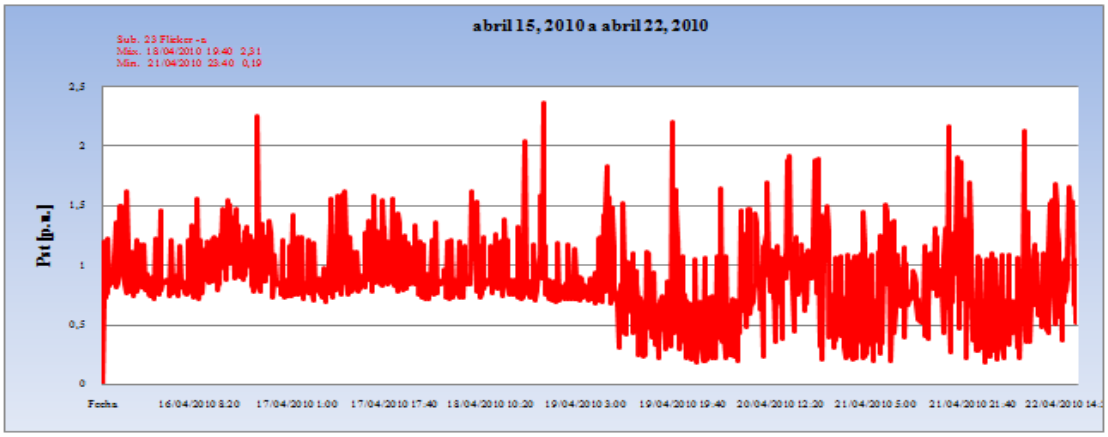

Figura 559. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

En conclusión, los flickers se presentan durante todo el día a causa de las cargas conectadas, y por esta razón este usuario no cumple con los límites establecidos de flickers por lo que se debe tener una mejora para este usuario debido a que puede estar causando daños a equipos o a su vez a sus usuarios.

3.3.1.8.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 3.12$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 18:20 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.74$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 05:20.

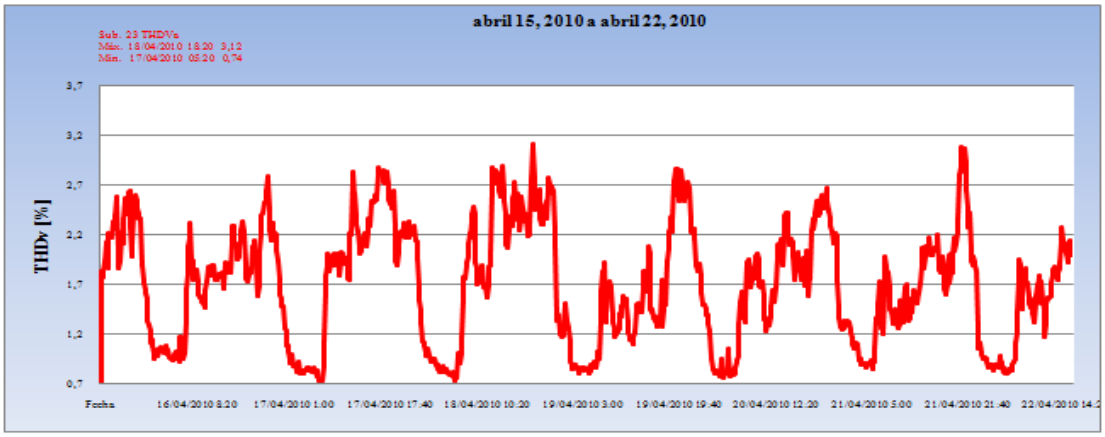

Figura 560. Distorsión armónica de tensión THDv de las fases A [%].

En base a los datos obtenidos, se puede determinar que no hay ninguna muestra que sobrepase al límite máximo permitido por el CONELEC, en donde sus máximos valores se presentaron en horas del día y bajan en horas de la tarde debido a la conexión y desconexión de las cargas de este usuario.

3.3.1.8.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual la fase, los datos obtenidos para el transformador 10621 de la fase A con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 17.16 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 82.83 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, es $THD_I = 10.36$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 96.60$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 23:10 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 07:50.

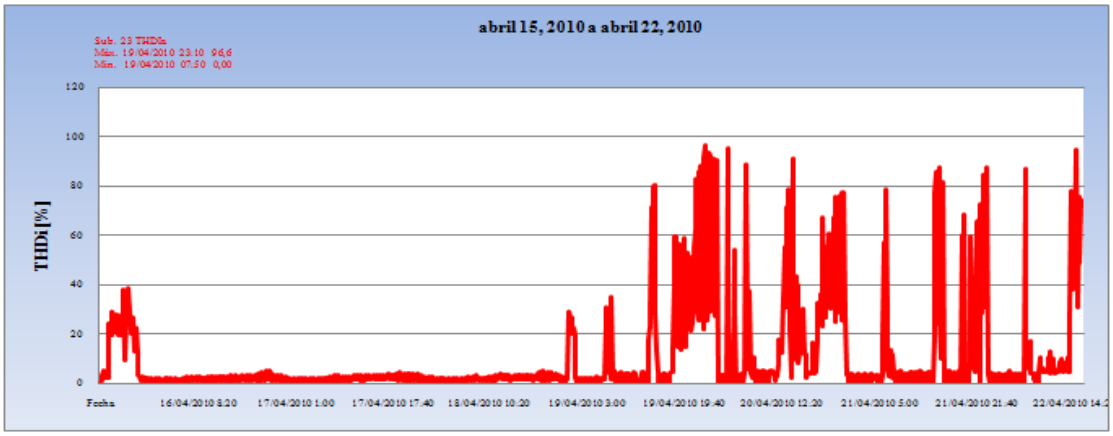

Figura 561. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

La presencia de armónicas de corriente están dentro del límite permitido pero esta debe ser mejorada debido a que está a su límite máximo que puede provocar daños debido a la presencia de estas armónicas y además de sus flicker que también están sobre su límite.

3.3.1.8.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 196{,}18\ [Wh]$ el día 21 de Abril a las 06:50 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 07:50, con un consumo total de $Wh =$

20,96 $[KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\,prom = 20{,}78\,[Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

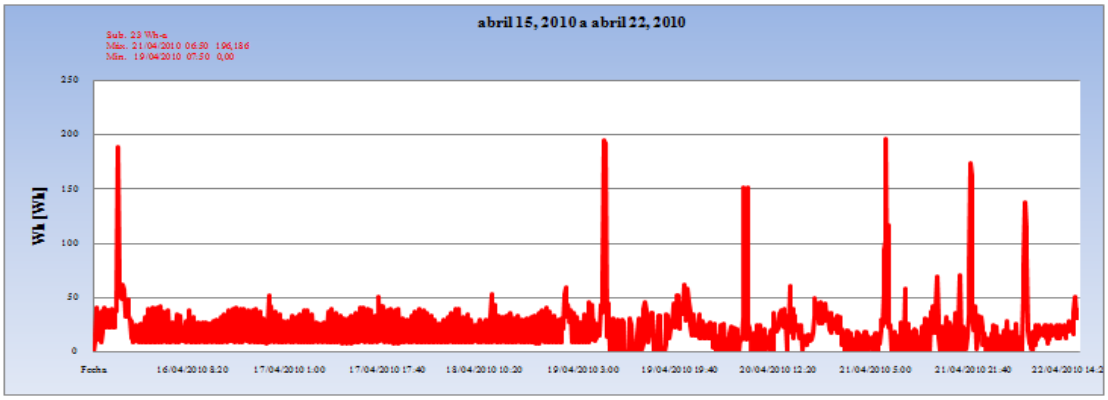

Figura 562. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar en la gráfica, los consumos máximos son momentáneos, esto se debe a cargas que funcionan por cortos lapsos de tiempo en horas de la mañana.

3.3.1.8.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario varía constantemente durante todo el día entre valores positivos y negativos, su valor máximo es de $Fp = 0.99$ el día 20 de Abril de 2010 a las 07:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.61$ el día 21 de Abril de 2010 a las 14:00, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.87$ de las muestras.

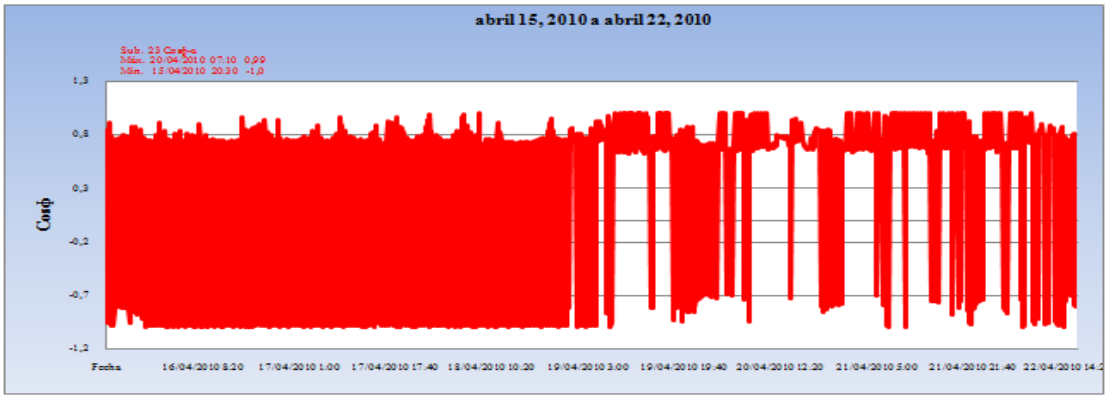

Figura 563. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

Los días que se realizó las mediciones, la curva varía constantemente entre $Fp = 0.99$ y $Fp = -1$, en estos aparece variaciones de carga entre capacitiva e inductiva.

3.3.1.9. Usuario 3759230.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza, se encuentra instalado al transformador 10886, tiene una acometida monofásica de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 178,24VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 18:10 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 18:00, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.9.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará la fase para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 377 muestra mayor al límite (P_{st} □1), lo que se tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (□ 1 p.u. 37.40%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 62.60%), en donde su máximo valor se presenta el día 22 de Abril del 2010 a las 15:40, con un valor de $Pst = 3{,}74$ y el valor mínimo se presenta el día 18 de Abril del 2010 a las 13:00, con un valor de $Pst = 0{,}16$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}96$ $[p.u]$.

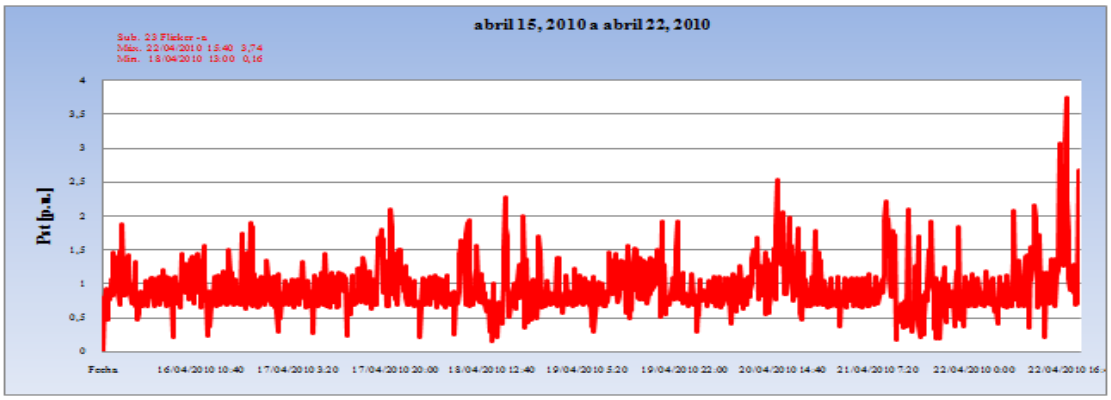

Figura 564. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

En conclusión, los flickers se presentan durante todo el día a causa de las cargas conectadas a esta fase del transformador, en especial cuando hay mayor consumo de corriente de este usuario los flickers aumentan de valor por lo tanto no cumple con los límites establecidos.

3.3.1.9.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.47$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 20:10 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 1.16$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 02:30.

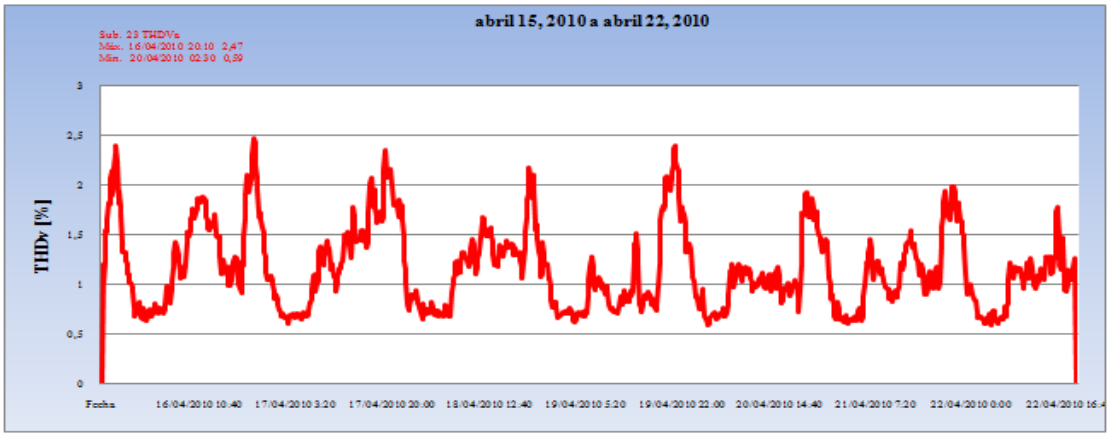

Figura 565. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

En base a los datos obtenidos, se puede determinar que no hay ninguna muestra que sobrepase al valor máximo dado por el CONELEC, en donde sus máximos valores se presentan a partir de las 18:00 hasta las 22:00.

3.3.1.9.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos para el transformador 10886 de la fase A con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 15.77 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 84.23 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A, es $THD_I = 13.33$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 109$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 16:10 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 15 de Abril del 2010 a las 18:10.

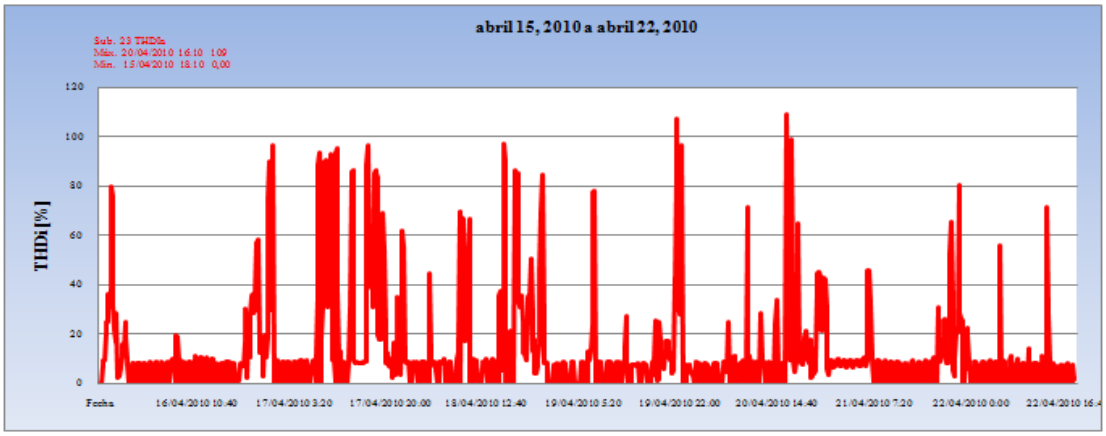

Figura 566. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Este usuario esta dentro de los límites establecidos para las armónicas de corriente pero a pesar de estos se debe tener en cuenta mejorar, ya que este está a su límite del valor establecido además posee valores máximos que deben ser mejorados.

3.3.1.9.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, se tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 456{,}73\ [Wh]$ el día 17 de Abril a las 21:50 y un consumo mínimo de $Wh =$

0,0 $[Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 18:10, con un consumo total de $Wh = 26{,}05\ KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\ prom = 25{,}63\ [Wh]$ de las muestras.

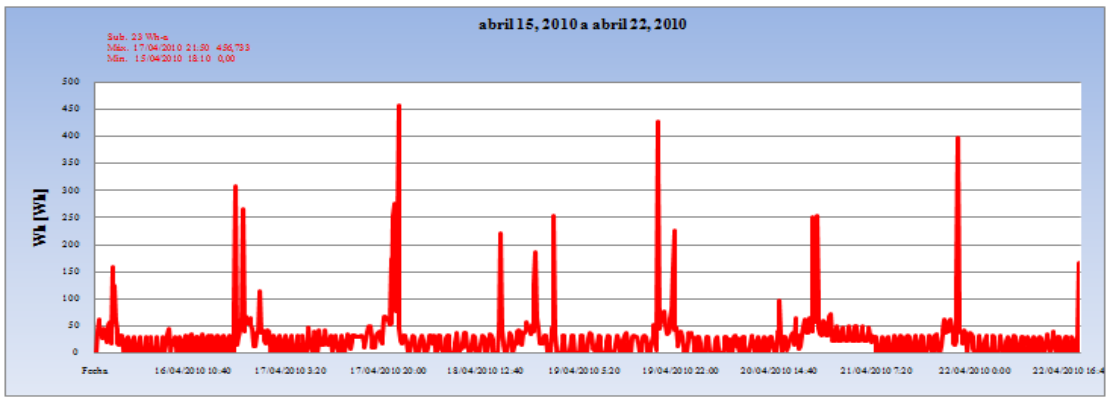

Figura 567. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar en la gráfica, los consumos máximos son momentáneos, esto se debe a cargas que funcionan por cortos lapsos de tiempo en horas de la tarde.

3.3.1.9.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario varía entre valores de $Fp = 0.8$ y $Fp = 1$, en la noche estos valores pasan a ser negativos, su valor máximo es de $Fp = 1$ el día 16 de Abril de 2010 a las 16:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.66$ el día 17 de Abril de 2010 a las 07:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.89$.

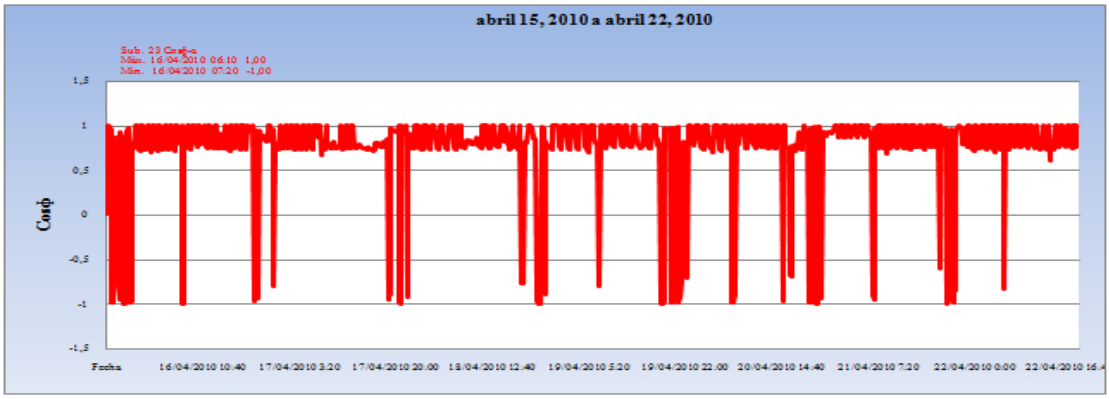

Figura 568. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

Como se puede observar en la grafica, durante el día los valores son positivos, sin embargo en horas de la noche se presentan valores negativos, esto es a causa de la presencia de carga capacitiva como ya se ha mencionado antes, además este usuario no cumple con la regulación establecida debiendo ser mejorada para no tener problemas con la empresa suministradora.

3.3.1.10. Usuario 3520251.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza, se encuentra instalado al transformador 10528, tiene una acometida monofásica de 220V entre fases y 127V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 178,24VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 16:40 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 16:30, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.10.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 109 muestra mayor al límite (P_{st} 1), lo que se tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 10.81%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 89.19%), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. En donde su máximo valor se presentó el día 16 de Abril del 2010 a las 16:00, con un valor de $Pst = 2{,}31$ y el valor mínimo se presentó el día 19 de Abril del 2010 a las 01:20, con un valor de $Pst = 0{,}19$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}67\ [p.u]$ de las mediciones realizadas.

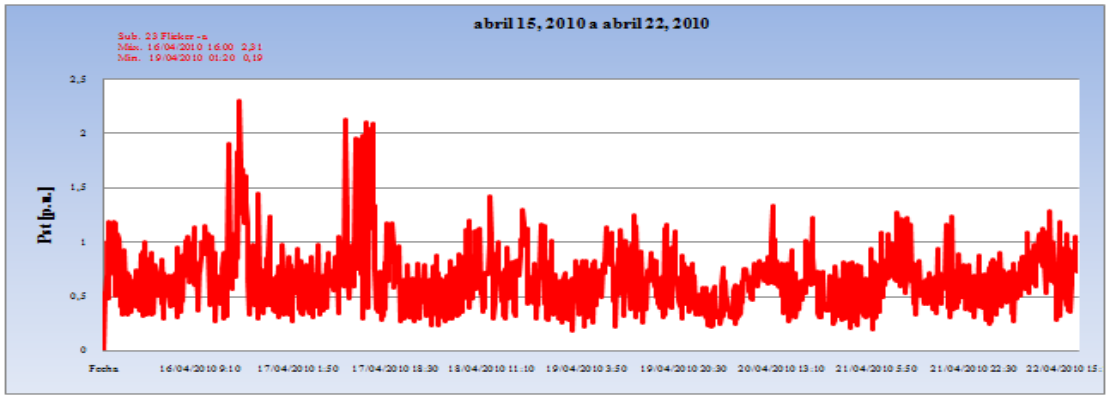

Figura 569. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Como se puede apreciar, los flickers varían en forma casi uniforme durante los días que se realizó las mediciones, excepto los días 16 de Abril y 17 de Abril entre las 13:00 y las 16:00 que pudieron ser provocados por cargas momentáneas.

3.3.1.10.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos de la fase A, en donde existen 132 muestras mayores al límite, los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ *es* 13.09%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ *es* 86.91%), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 7.55$ en la fecha 22 de Abril del 2010 a las 10:00 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 1.41$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 03:30.

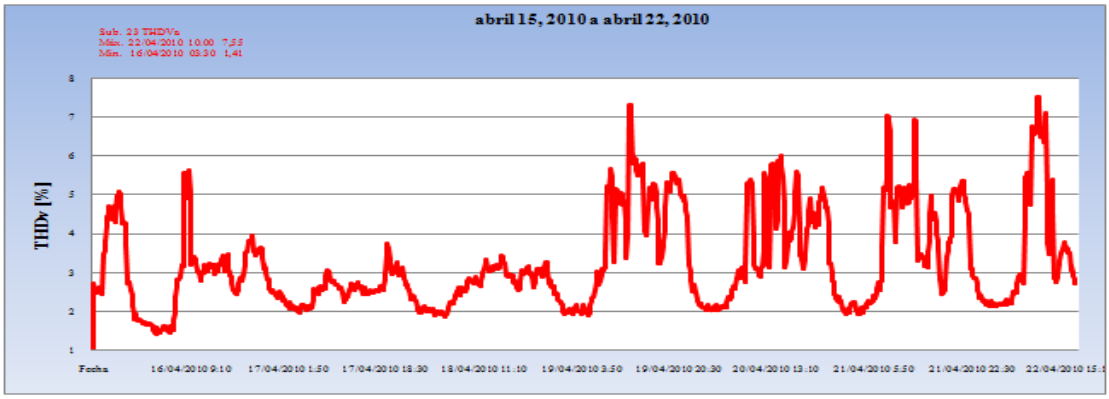

Figura 570. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al observar la gráfica, se nota que los días 19 de Abril hasta el 22 de Abril tuvieron los más altos niveles de THD_V, debido a problemas en el transformador, o problemas aguas arriba debido a posible conexión de una gran carga.

3.3.1.10.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual, los datos obtenidos para el transformador 10528 de la fase A, con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 11.40 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 88.60 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A es $THD_I = 10.94$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 74.60$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 19:30 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 04:40.

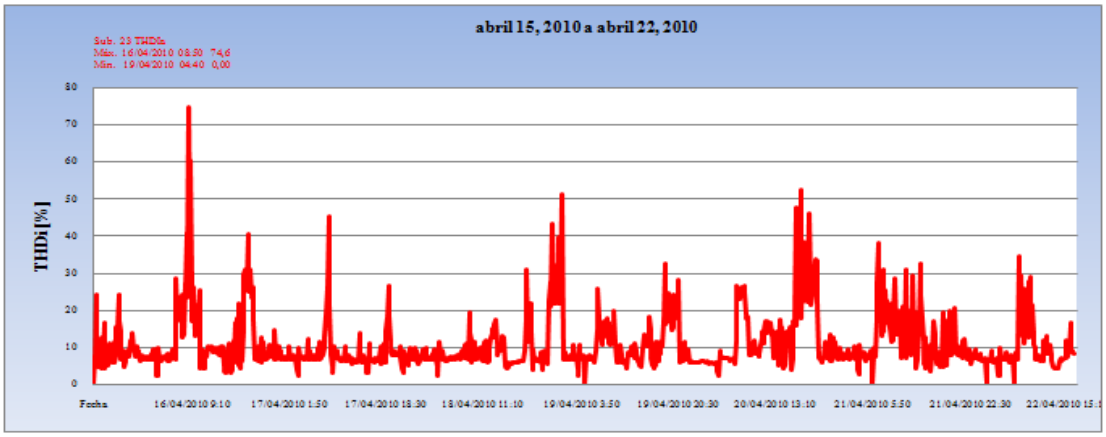

Figura 571. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Como resumen de este usuario, se decir que cumple con los límites establecidos para las armónicas de corriente los valores máximos que se presentan se debe a la conexión de cargas en algunos instantes a la red por esta razón tiene variaciones cortas pero no perduran conectadas y en general pasa bajo los límites establecidos para esta norma.

3.3.1.10.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, se tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 196{,}4\ [Wh]$ el día 19 de Abril a las 19:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 04:40, con un consumo total de $Wh = 63.11\ [KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\,prom = 62{,}60\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

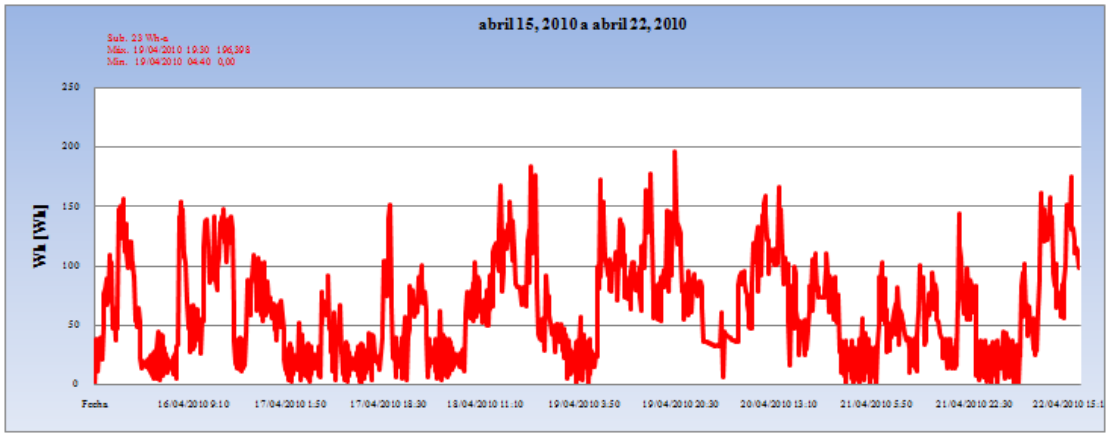

Figura 572. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar en la gráfica, la curva de energía presenta sus máximos valores entre las 08:00 y las 16:00, en cambio en horas de la noche su consumo disminuye esto se debe a la conexión momentánea que posee este usuario a la red por lo que presenta este comportamiento.

3.3.1.10.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario varía entre valores de $Fp = 0.60$ y $Fp = 1$, su valor máximo es de $Fp = 1$ el día 16 de Abril de 2010 a las 03:20 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.57$ el día 20 de Abril de 2010 a las 02:50, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.78$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, en este usuario posee presencia de valores negativos.

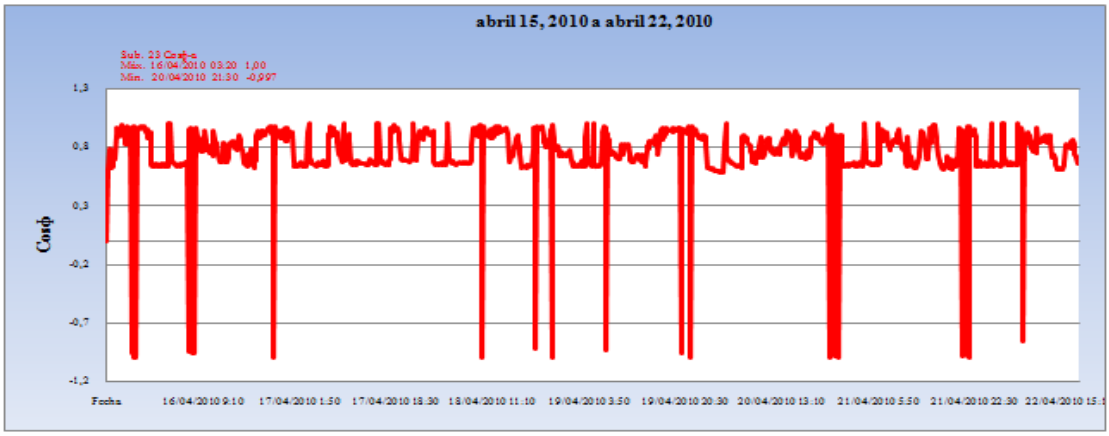

Figura 573. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

Como se puede observa en la gráfica, hay muestras que tienen valores negativos, esto se debe a que en ese momento hubo presencia de cargas capacitivas así como también lámparas fluorescentes o computadores que pueden existir en este usuario.

3.3.1.11. Usuario 3927258.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza, se encuentra instalado al transformador 10528, tiene una acometida monofásica de 220V entre fases y 127V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 178,24VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 16:50 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 16:40, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.11.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará la fase A para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que existe 75 muestras mayores al límite (P_{st} 1), lo que se tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 7.44%) que resultaría con muestras dentro del límite de (P_{st} < 1 p.u. 92.56%), por lo que se concluye que no

cumple con la regulación establecida. En donde su máximo valor se presenta el día 20 de Abril del 2010 a las 10:40, con un valor de $Pst = 2{,}19$ y el valor mínimo se presenta el día 18 de Abril del 2010 a las 03:50, con un valor de $Pst = 0{,}16$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}53\ [p.u]$ de todas las mediciones.

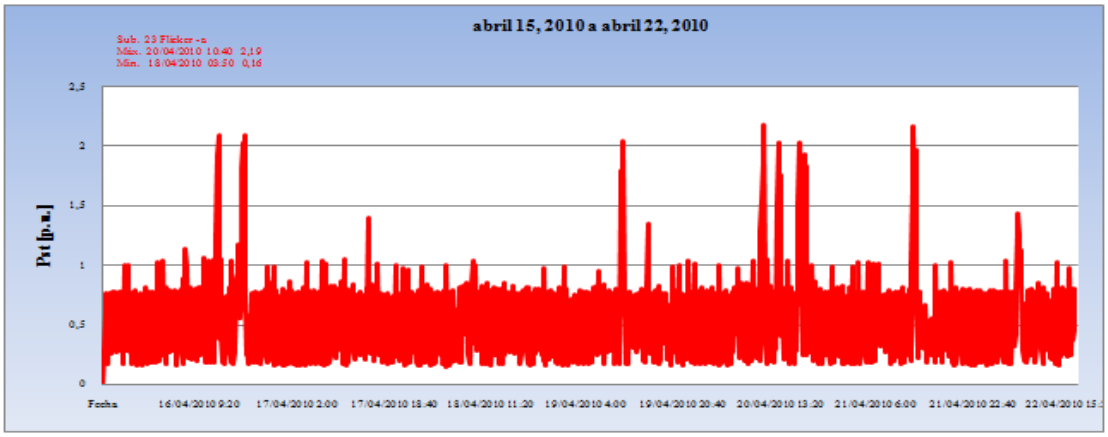

Figura 574. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Como se puede apreciar, los flickers en la mayoria del tiempo se mantienen en valores de $Pst = 0.17$ y $Pst = 0.78$, hay flickeres que llegan hasta un valor de 1.4 [p.u.] debido a cargas momentáneas, en cambio hay valores críticos que llegan hasta el 1.9 [p.u.] esto puede darse a consecuencia variaciones de tensión de corta duracion, debido a posibles fallas en el transformador.

3.3.1.11.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por la fase A, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ \ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.61$ en

la fecha 20 de Abril del 2010 a las 21:00 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.72$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 06:00.

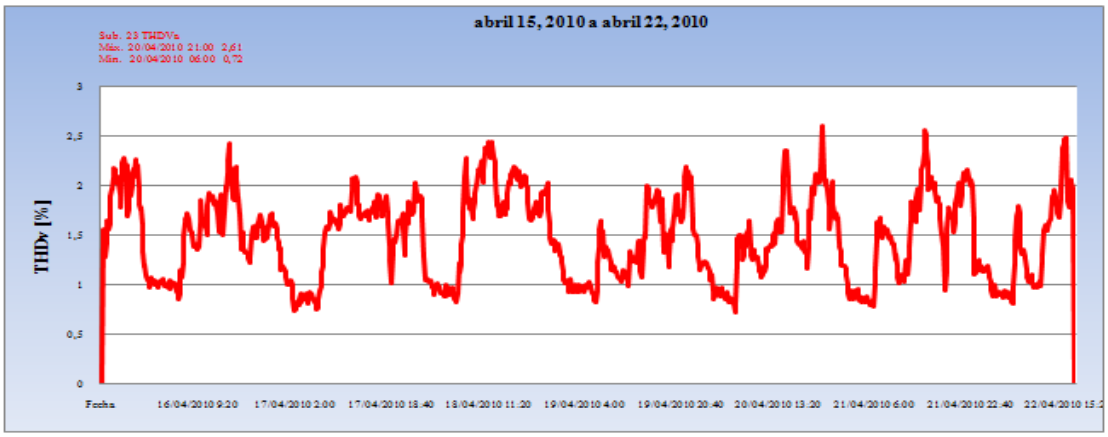

Figura 575. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Se observa que este usuario conectado al transformador 10528 cumple con el límite establecido a pesar que a momentos tiene valores máximos debido a problemas de aguas arriba y tal vez la conexión de una gran carga a la red además se observa que presenta valores máximos por cortos periodos.

3.3.1.11.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por la fase A, los datos obtenidos para el transformador 10528 con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 33.23 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 66.67 %), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A es $THD_I = 17.65$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 97.3$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 16:00 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.00$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 00:00.

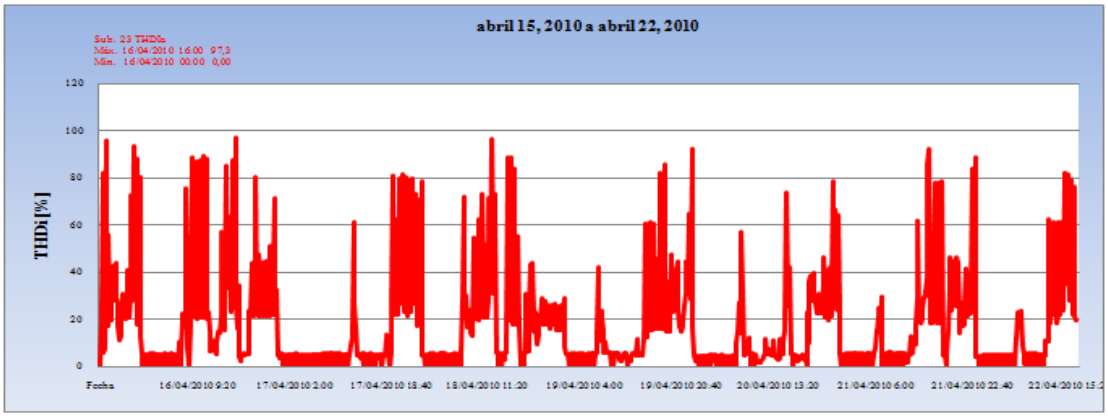

Figura 576. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Este usuario esta por fuera del límite establecido siendo necesaria una mejora para la calidad de armónicas de corriente para no tener inconvenientes en equipos y cargas conectadas a la red.

3.3.1.11.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, se tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 300{,}73\ [Wh]$ el día 15 de Abril a las 20:00 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 00:00, con un consumo total de $Wh = 51.20\ [KWh]$, teniendo un promedio de $Wh = 50{,}60\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

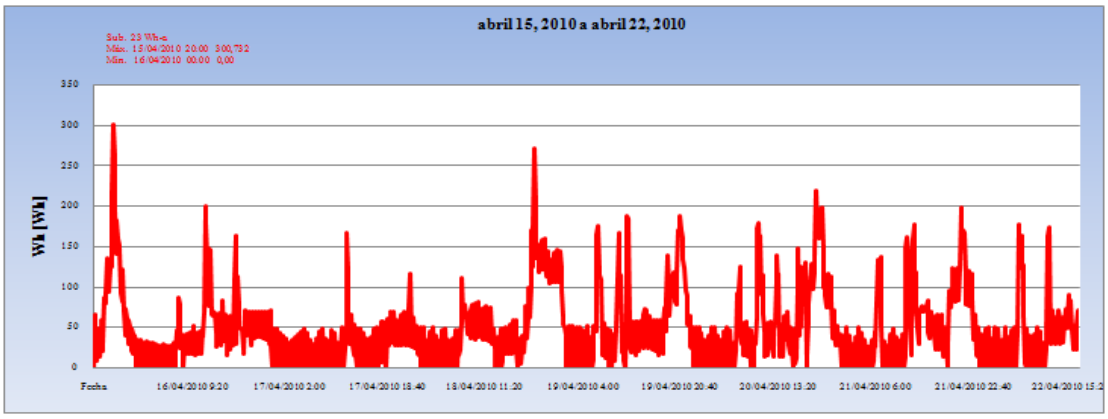

Figura 577. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar en la gráfica, la curva de energía presenta sus máximos valores a distintas horas del día debido al uso de cargas momentáneas.

3.3.1.11.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario varía entre valores de $Fp = 0.6$ y $Fp = 1$ durante el día, en cambio en la noche la curva toma valores negativos, su valor máximo es de $Fp = 1$ el día 19 de Abril de 2010 a las 13:00 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.49$ el día 20 de Abril de 2010 a las 17:10, con un factor de potencia promedio de $Fp\ prom = 0.78$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

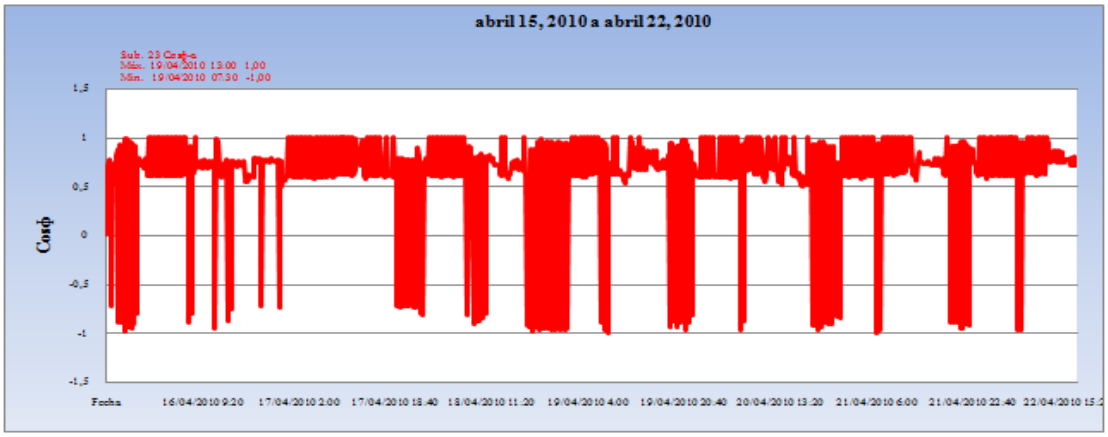

Figura 578. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

Como se observa en la gráfica, hay muestras que tienen valores negativos presentes en horas de la noche, esto se debe a que en ese momento hubo presencia de cargas capacitivas además cargas como lámparas fluorescentes o computadores y que el factor de potencia no cumple con el límite establecido debido a que está por debajo de límite.

3.3.1.12. Usuario 1328970.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza, se encuentra instalado al transformador 10374, tiene una acometida monofásica de 220V entre fases y 127V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 509,38VA. Las

mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 17:30 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 17:20, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.12.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 848 muestra mayor al límite (P_{st} 1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 084.13%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 15.87%), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida, se observa el valor máximo es el día 17 de Abril del 2010 a las 19:30, con un valor máximo de $P_{st} = 2{,}87$ y el valor mínimo es el día 21 de Abril del 2010 a las 06:30, con un valor de $P_{st} = 0.59$ teniendo un promedio de $P_{st} = 1{,}21\ [p.u.]$ de todas las mediciones.

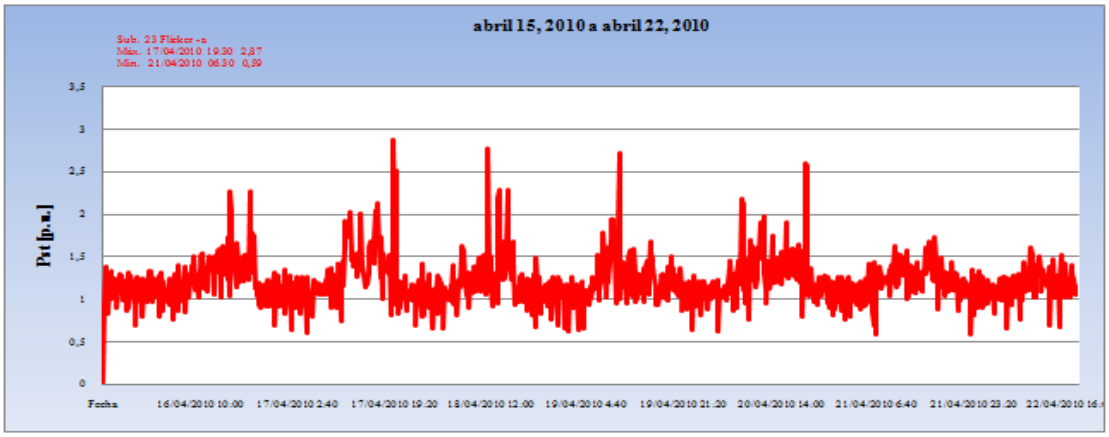

Figura 579. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Como se puede apreciar en la figura, los niveles de flickers de este usuario se mantienen en un promedio superior al permitido por el CONELEC los mismos que son provocados por las cargas del usuario.

3.3.1.12.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 4.13$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 20:50 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.86$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 02:42.

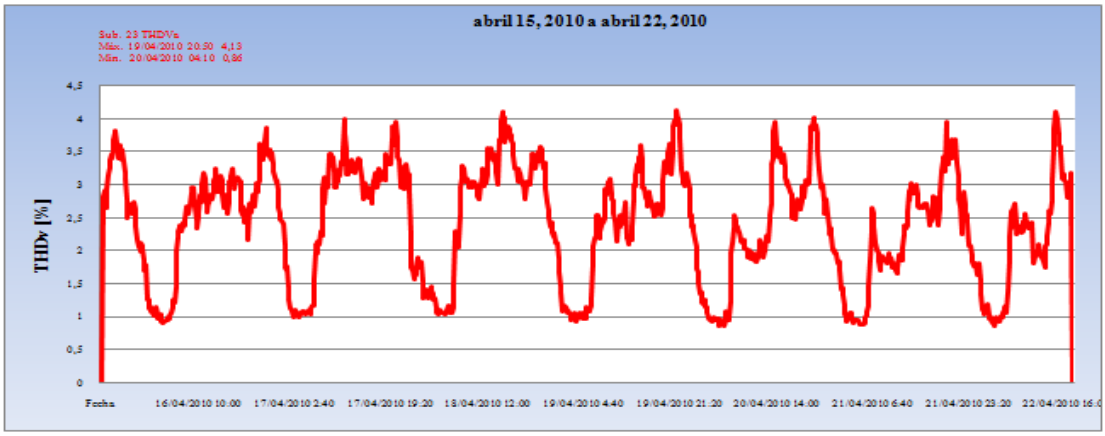

Figura 580. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al observar la gráfica, se nota que la variación de la curva varía en forma casi similar durante todos los días que se realizaron las mediciones, en donde sus mayores valores se presentan entre las 14:00 y las 20:00 cumpliendo con la regulación establecida.

3.3.1.12.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por la fase A, los datos obtenidos para el transformador 10374 con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 18.55 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 81.45 %), por lo que se concluye que si

cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A es $THD_I = 11.24$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 38.7$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 11:20 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 2.92$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 05:10.

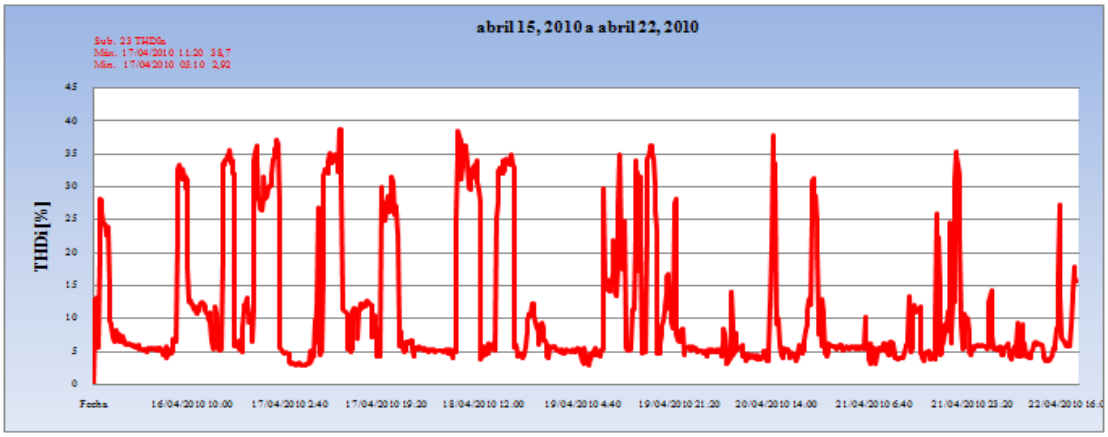

Figura 581. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Este usuario esta dentro de los límites establecidos a pesar que se debe tomar medidas para mejorar las armónicas de corriente debido a que está al límite para no tener problemas con las cargas conectadas a este transformador.

3.3.1.12.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, setiene que su consumo máximo fue de $Wh = 116{,}30\ [Wh]$ el día 19 de Abril a las 10:00 y un consumo mínimo de $Wh = 39{,}20\ [Wh]$ el día 19 de Abril de 2010 a las 12:20, con un consumo total de $Wh = 55.05\ [KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\ prom = 54{,}60\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, así también se tiene grandes picos debido a la conexión momentánea de cargas a la red esto en horas pico en donde afecta el comportamiento de dicha curva.

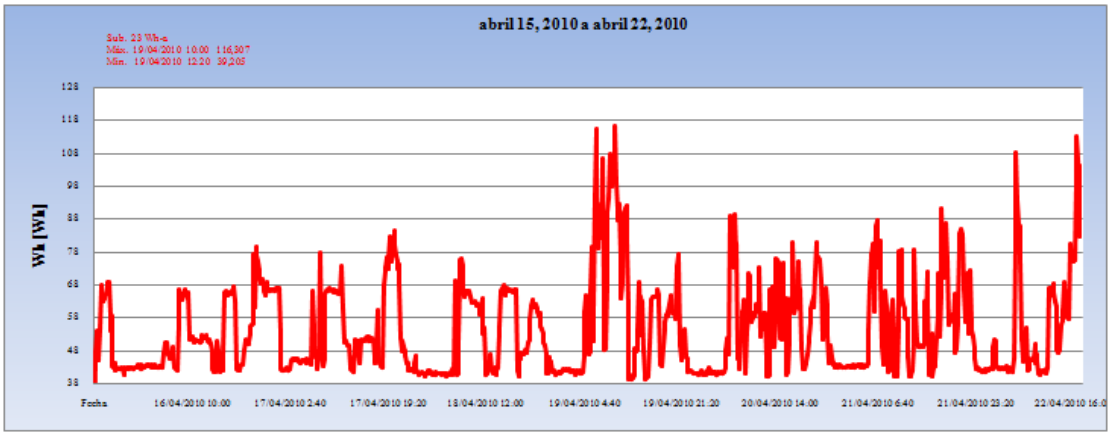

Figura 582. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar en la gráfica, la curva de energía presenta sus máximos valores el lunes 19 de abril, entre las 07:00 y las 11:00, sin embargo en horas de la noche y la madrugada su consumo disminuye debido a la ausencia de carga.

3.3.1.12.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario tiene su valor máximo es de $Fp = 0.85$ el día 19 de Abril de 2010 a las 10:10 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.42$ el día 21 de Abril de 2010 a las 14:50, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.45$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

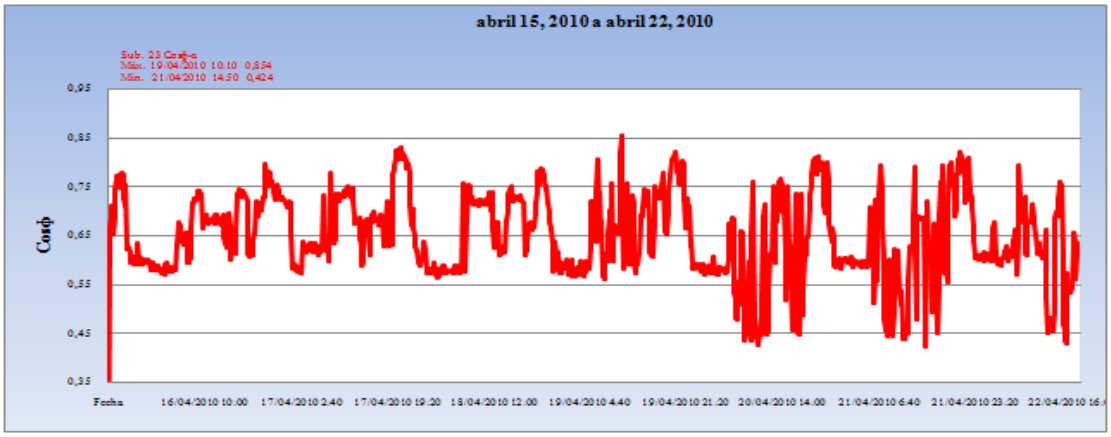

Figura 583. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia de este usuario está por debajo del límite establecido teniendo que mejorar estos valores para permanecer dentro de los límites.

3.3.1.13. Usuario 1626936.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la parroquia El Rosario, se encuentra instalado al transformador 11548, tiene una acometida monofásica de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 10,04VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 09:20 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 09:10, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.1.13.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 165 muestras mayores al límite (P_{st} 1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 16.37%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 83.63%), en donde su máximo valor se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 17:50, con un valor de $Pst = 2{,}62$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 20:20, con un valor de $Pst = 0.0$, teniendo un promedio de $Pst = 0.58\ [p.u]$ de todas las mediciones.

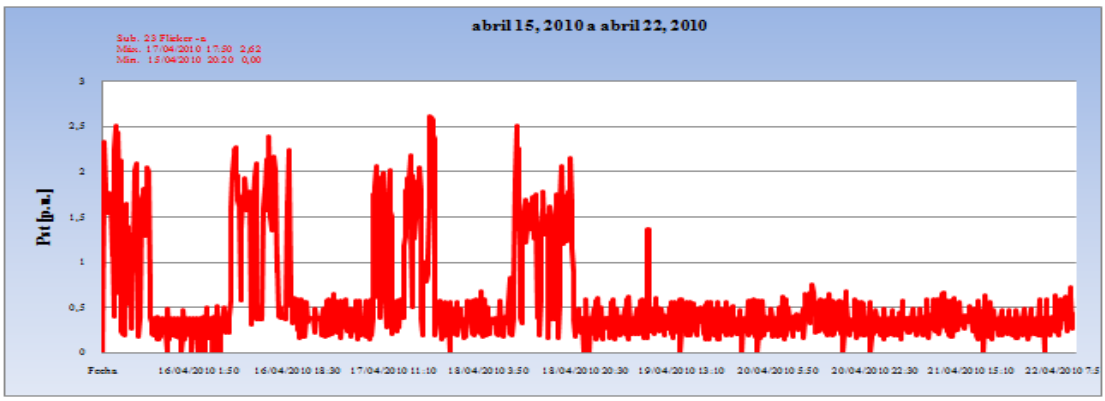

Figura 584. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Como se puede apreciar en la figura, los niveles de flickers máximos se presentaron los días 15 de Abril al 18 de Abril desde las 09:00 hasta las 18:00, además este usuario no cumple con el límite establecido para los flicker.

3.3.1.13.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 1.54$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 13:10 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.0$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 05:50.

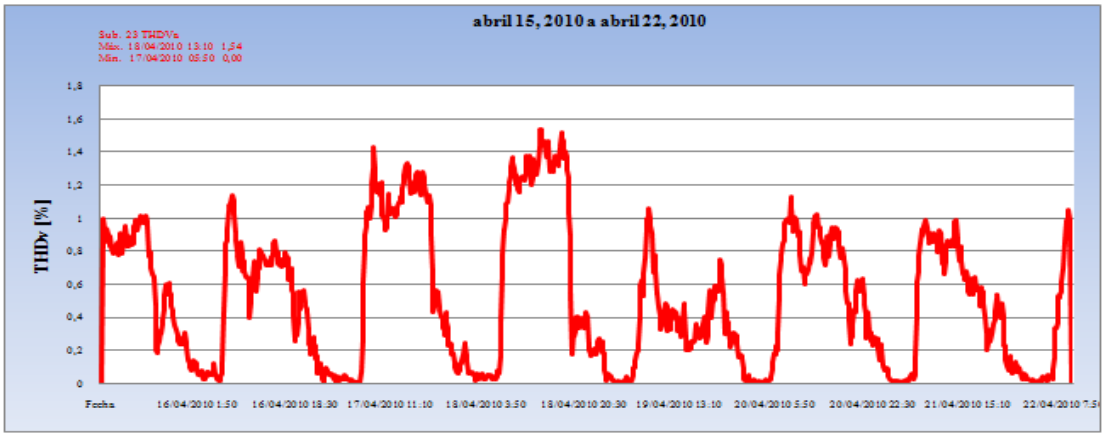

Figura 585. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Al observar la gráfica, se nota que la variación de la curva varía en forma casi similar durante todos los días que se realizaron las mediciones, en donde sus mayores valores se presentan entre las 08:00 y las 18:00, este usuario esta dentro de los límites establecidos.

3.3.1.13.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por la fase A, los datos obtenidos para el transformador 10374 con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 7.93 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 92.07 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A es $THD_I = 7.34$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 104.94$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 11:20 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.0$ en la fecha 15 de Abril del 2010 a las 09:20.

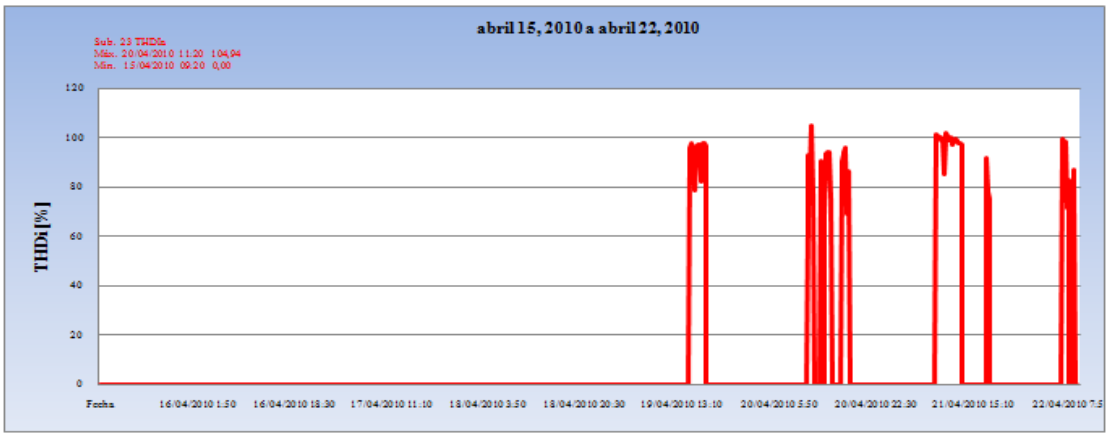

Figura 586. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Este usuario presenta un alto índice de armónicas de corriente aunque esta dentro del límite se debe tener en cuenta una mejora para este usuario ya que pertenece a una escuela para no tener problemas con las cargas conectadas y usuarios que tiene.

3.3.1.13.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, se tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 40{,}69\ [Wh]$ el día 20 de Abril a las 17:30 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}00\ [Wh]$ el día 15 de Abril de 2010 a las 09:20, con un consumo total de $Wh =$

1,68 $[KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\,prom = 1{,}6\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

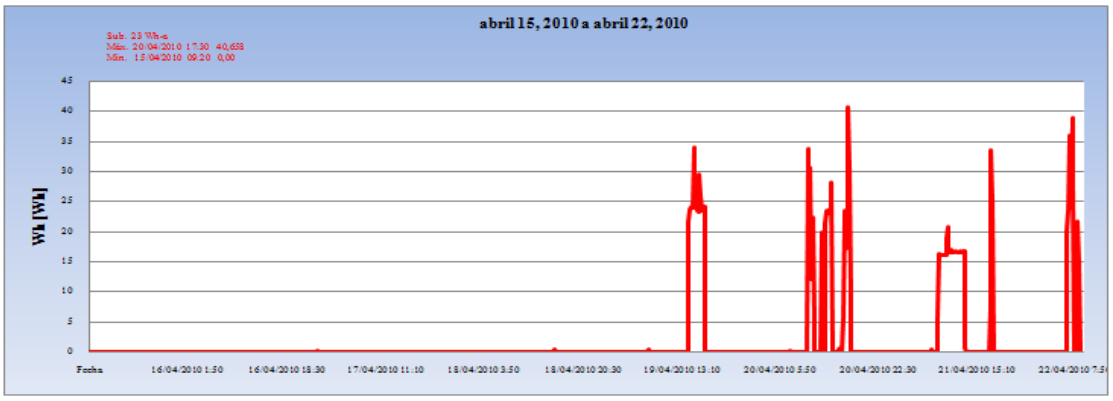

Figura 587. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar en la gráfica, el consumo de energía solamente se presenta a partir del día 19 de Abril durante cortos momentos del día.

3.3.1.13.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario tiene su valor máximo es de $Fp = 1$ el día 16 de Abril de 2010 a las 23:50 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.66$ el día 17 de Abril de 2010 a las 05:50, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.98$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

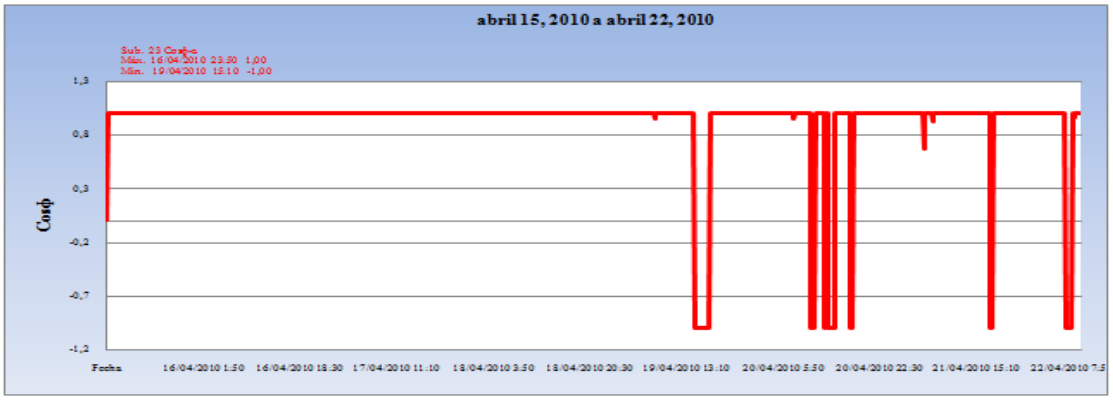

Figura 588. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

Como se puede observar en la gráfica, la curva del factor de potencia se mantiene en $Fp = 1$ excepto los momentos en que existe presencia de cargas capacitiva por esto se vuelven valores negativos, este usuario cumple con la norma establecida.

3.3.1.14. Usuario 2069904.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la zona rural de la parroquia General Leónidas Plaza, sector El Rosario, se encuentra instalado al transformador 10356, tiene una acometida monofásica de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 1442VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 10:30 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 10:20, con un total de 168 horas.

3.3.1.14.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 13 muestras mayores al límite (P_{st} □1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (□ 1 p.u. 1.29%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 98.71%), donde su máximo valor se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 02:30, con un valor de $Pst = 1.92$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 15:30, con un valor de $Pst = 0.0$, teniendo un promedio de $Pst = 0.34$ $[p.u]$ de todas las mediciones.

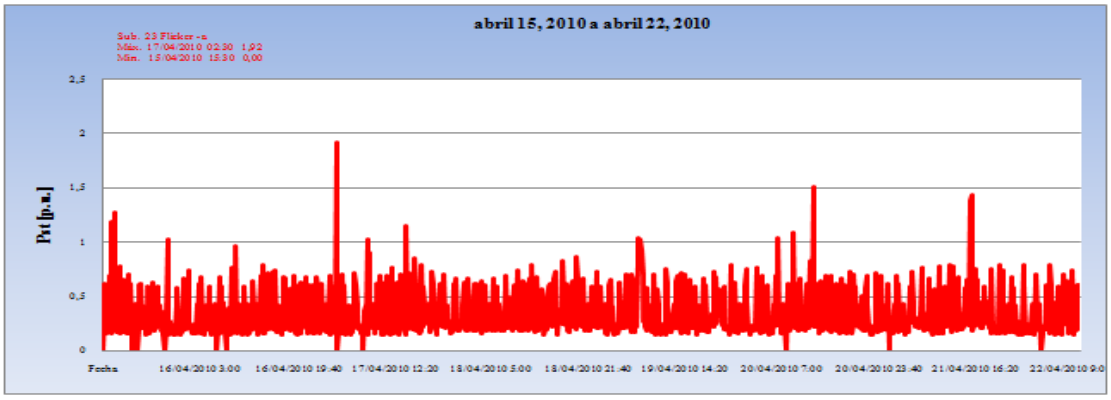

Figura 589. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Los flickers que se presentan en este usuario son a causa de cortas variaciones de voltaje, las mismas que no superan la regulación establecida por el CONELEC.

3.3.1.14.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.02$ en la fecha 17 de Abril del 2010 a las 19:30 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.06$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 10:00.

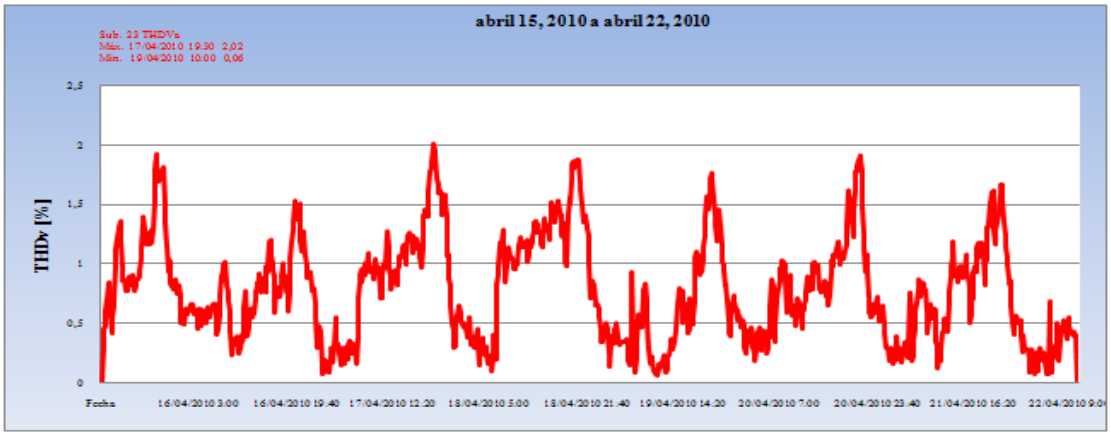

Figura 590. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al observar la gráfica, se nota que la variación de la curva varía en forma casi similar durante todos los días que se realizaron las mediciones, en donde sus mayores valores se presentan entre las 07:00 y las 20:00 cumpliendo con la regulación establecida para este transformador.

3.3.1.14.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por la fase A, los datos obtenidos para el transformador 10356 con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 24.60 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 75.40 %), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A es $THD_I = 15.71$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 112.03$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 09:50 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.0$ en la fecha 15 de Abril del 2010 a las 17:50.

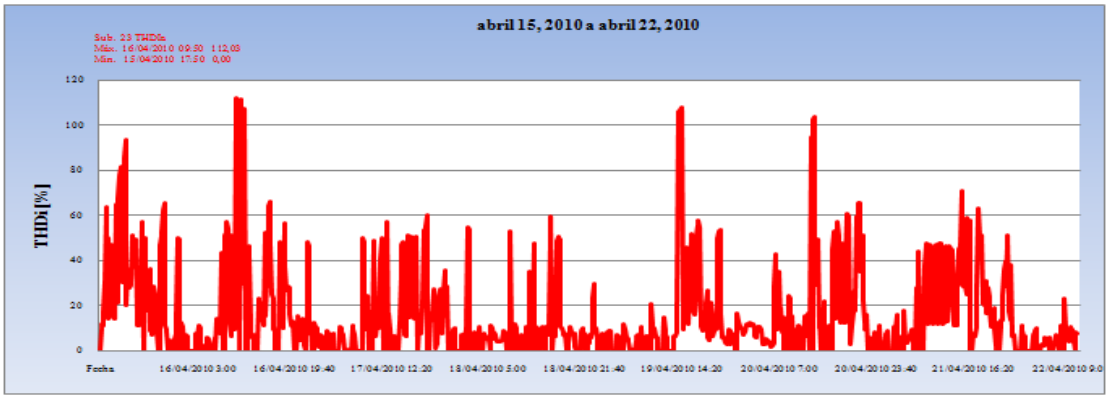

Figura 591. Distorsión armónica de corriente THDi de la fase A [%].

Este usuario presenta altos niveles de armónicas de corriente lo que está fuera del límite establecido teniendo que ser mejorado para no dañar a las cargas conectadas a este transformador y en si no cause daño a todo el sistema.

3.3.1.14.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, se tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 757{,}96\ [Wh]$ el día 22 de Abril a las 05:10 y un consumo mínimo de $Wh = -36.42\ [Wh]$ el día 18 de Abril de 2010 a las 06:30, con un consumo total de $Wh = 168.6\ [KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\,prom = 166.7\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

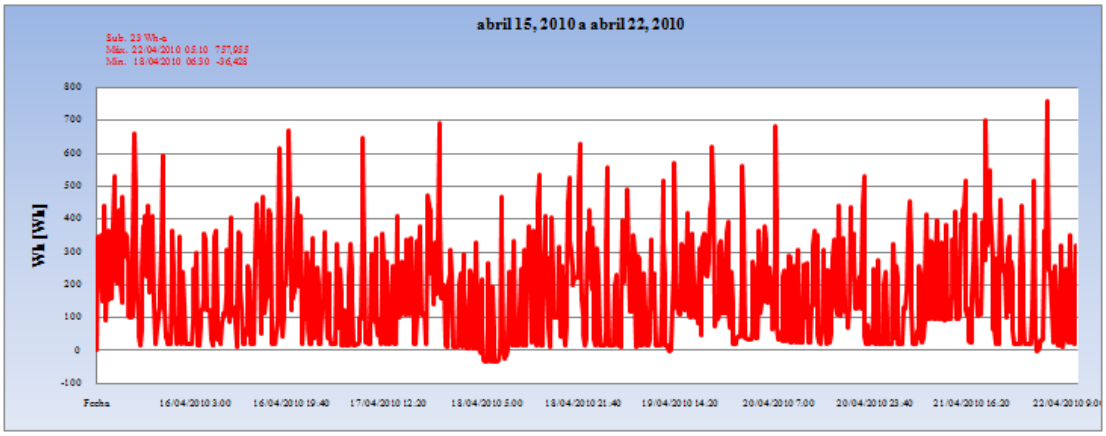

Figura 592. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía varía constantemente durante todo el día, aquí se tiene la presencia de energía negativa, la misma que puede ser provocada por una carga inductiva, provocando un desplazamiento de las fases de corriente y voltaje.

3.3.1.14.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario tiene un valor máximo es de $Fp = 1$ el día 15 de Abril de 2010 a las 22:00 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.004$ el día 18 de Abril de 2010 a las 04:30, con un factor de potencia promedio de $Fp\,prom = 0.77$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, como se observa en la gráfica, también hay presencia de factores de potencia negativos.

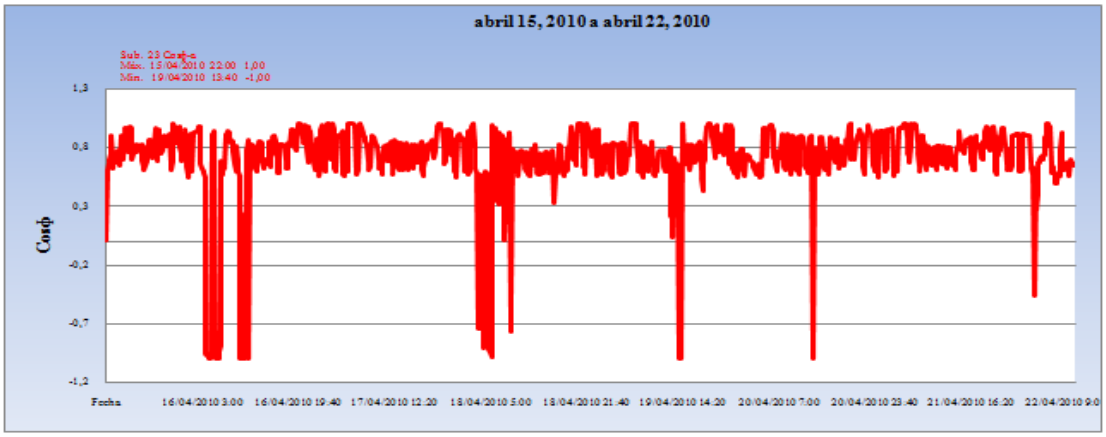

Figura 593. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia de este usuario, se mantiene en un promedio de $Fp = 0.8$ pero este no cumple con la regulación establecida, además presenta valores negativos por presencia de cargas capacitivas presentes en este usuario.

3.3.1.15. Usuario 3173507.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la zona urbana de la parroquia General Leónidas Plaza, sector Limón, se encuentra instalado al transformador 10954, tiene una acometida monofásica de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 139,85VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 13:20 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 13:10, con un total de 168 de medición.

3.3.1.15.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 16 muestras mayores al límite (P_{st} □1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (□ 1 p.u. 1.59%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 98.41%), en donde su máximo valor se presenta el día 22 de Abril del 2010 a las 08:10, con un valor de $Pst = 2{,}62$ y el valor mínimo se presenta el día 15 de Abril del 2010 a las 13:20, con un valor de $Pst = 0.0$, teniendo un promedio de $Pst = 0.44\ [p.u]$ de todas las mediciones.

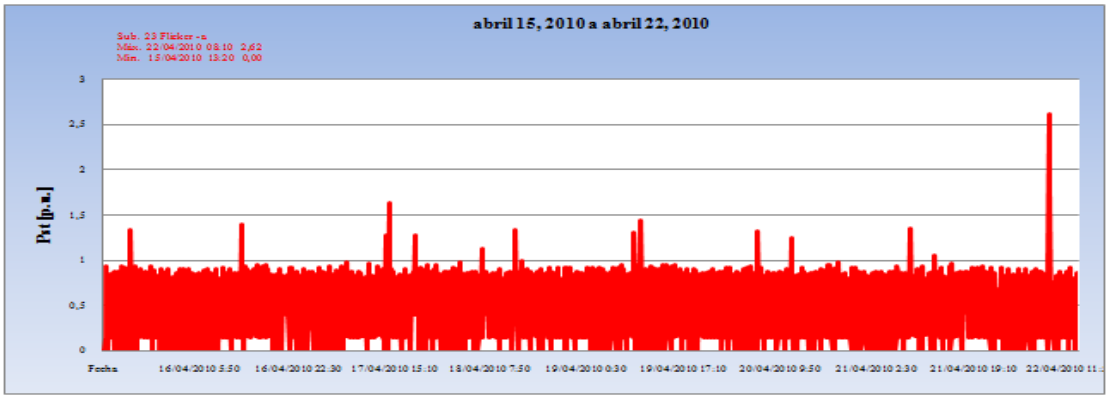

Figura 594. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Los flickers que se presentan en este usuario son a causa de cortas variaciones de voltaje, las mismas que no superan la regulación establecida por el CONELEC.

3.3.1.15.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 100%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 0.0%), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 35.98$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 15:20 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 35.62$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 08:20.

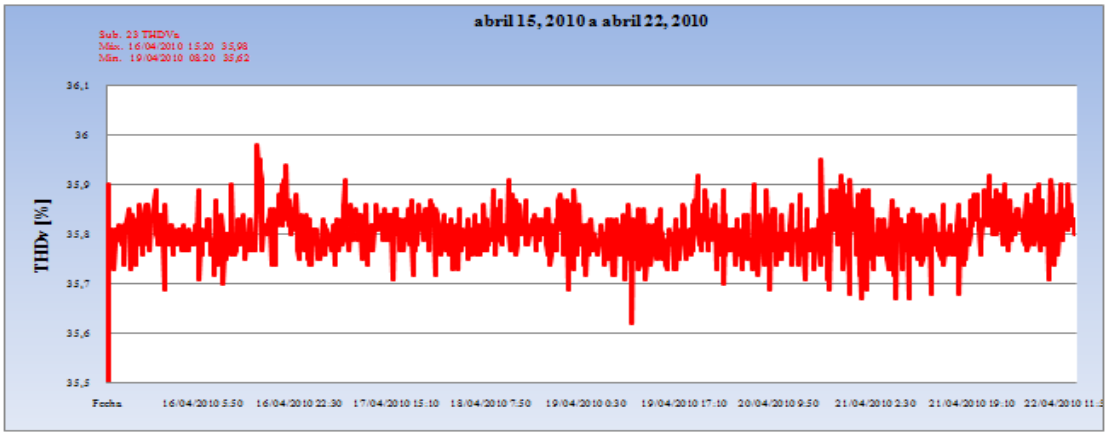

Figura 595. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al observar la gráfica, se nota que este usuario presenta gran cantidad de armónicas de voltaje, ya que sus valores están muy por encima del máximo permitido, los mismos que se generan por cargas no lineales conectadas a la red debiendo este ser mejorado de manera urgente ya que es el que está en peor estado de todo el sistema analizado causando daños a las cargas conectadas y a su vez a los usuarios como también a la empresa de distribución.

3.3.1.15.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por la fase A, los datos obtenidos para el transformador 10954 con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 71.62 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 28.38 %), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A es $THD_I = 35.11$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 128.28$ en la fecha 16 de Abril del 2010 a las 18:30 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.0$ en la fecha 15 de Abril del 2010 a las 13:20.

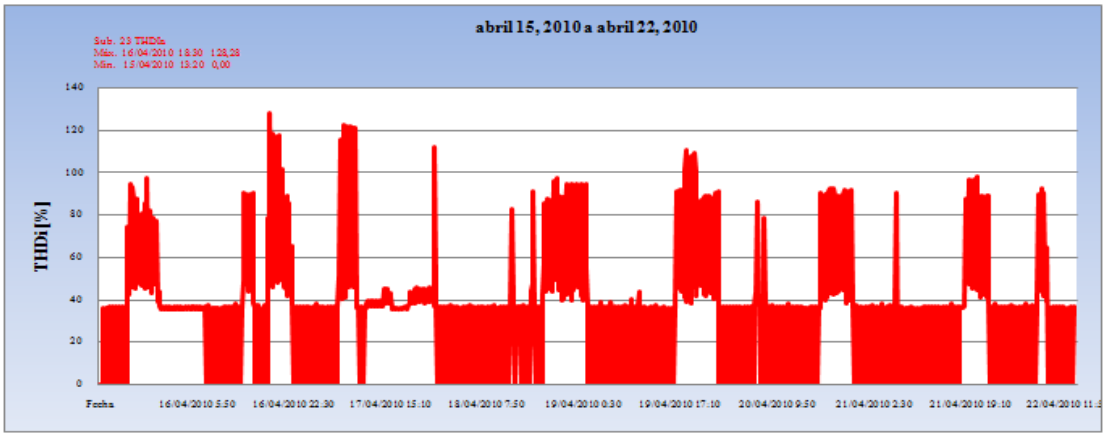

Figura 596. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Este usuario presenta altos niveles de armónicas de corriente los mismos sobrepasan el 8% permitido por el CONELEC, por lo que afecta la vida útil del transformador y las cargas del usuarios conectados y a la empresa suministradora.

3.3.1.15.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 80{,}3\ [Wh]$ el día 22 de Abril a las 08:10 y un consumo mínimo de $Wh = -2{,}56\ [Wh]$ el día 16 de Abril de 2010 a las 01:30, con un consumo total de $Wh =$

17.47 $[KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\,prom = 17.3\,[Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

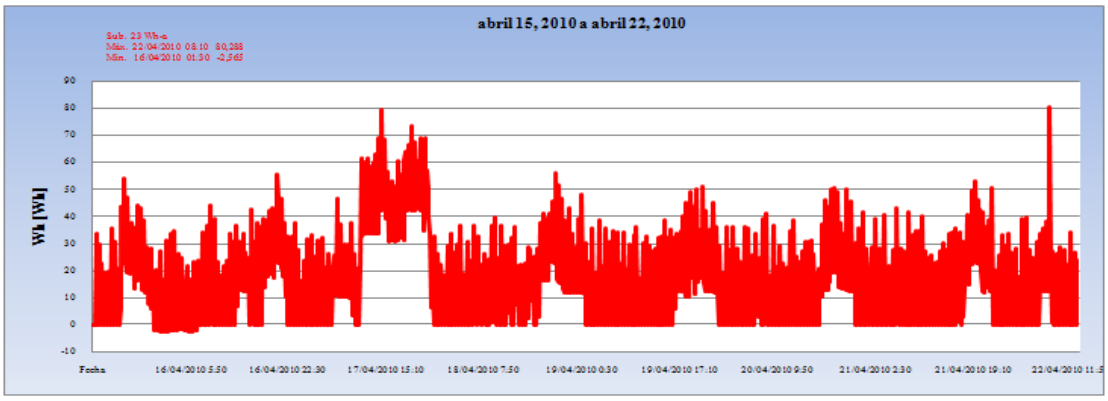

Figura 597. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar, este usuario tiene un consumo de energía negativo debido a que hay mayor carga inductiva conectada.

3.3.1.15.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario tiene un valor máximo es de $Fp = 0.99$ el día 16 de Abril de 2010 a las 13:00 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.34$ el día 16 de Abril de 2010 a las 04:00, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.9$, también posee presencia de factores de potencia negativos, por cargas capacitivas.

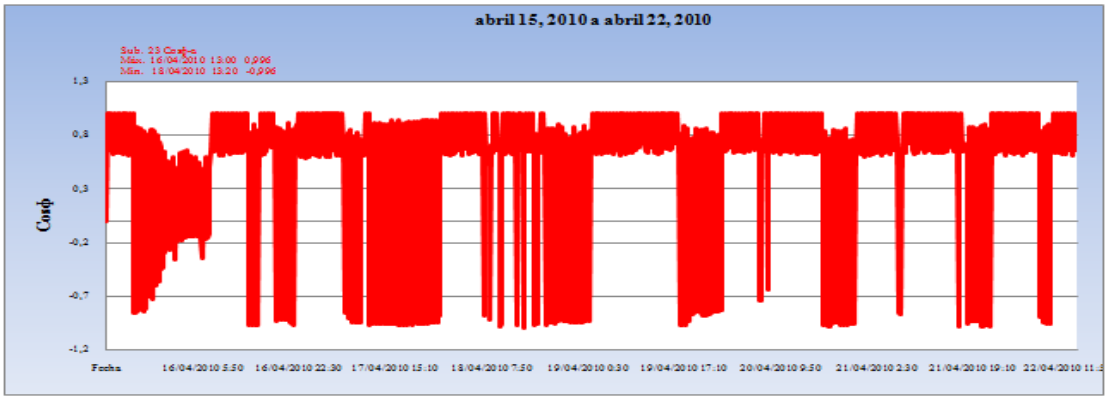

Figura 598. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia de este usuario, tiene una gran variación de la curva con valores negativos, los mismos que se presentan a distintas horas del día, por presencia de cargas momentáneas capacitivas además cumple con los límites establecidos.

3.3.1.16. Usuario 3292612.

Este es un usuario que se encuentra ubicado en la zona urbana de la parroquia General Leónidas Plaza, sector Limón, se encuentra instalado al transformador 10912, tiene una acometida monofásica de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, tiene un consumo promedio de 139,85VA. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 15 de Abril de 2010 a las 15:10 y culminando el día 22 de Abril de 2010 a las 15:00, con un total de 168 horas.

3.3.1.16.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 49 muestras mayores al límite (P_{st} 1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 4.86%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 95.14%), en donde su máximo valor se presenta el día 16 de Abril del 2010 a las 10:40, con un valor de $Pst = 2{,}37$ y el valor mínimo se presenta el día 17 de Abril del 2010 a las 13:40, con un valor de $Pst = 0.17$, teniendo un promedio de $Pst = 0.68\ [p.u]$ de las mediciones.

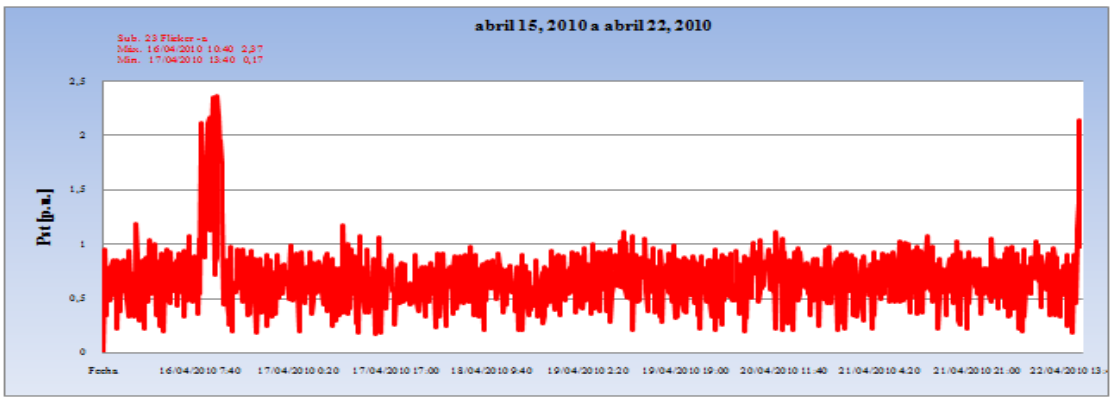

Figura 599. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Los flickers de este usuario se producen por problemas aguas arriba ya que existe variación en el voltaje debido a la conexión de una gran carga a la red o variaciones en la misma alcanzando picos con valores altos para flicker, además este usuario cumple con la regulación establecida.

3.3.1.16.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 3.16$ en la fecha 19 de Abril del 2010 a las 19:20 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.35$ en la fecha 22 de Abril del 2010 a las 05:50.

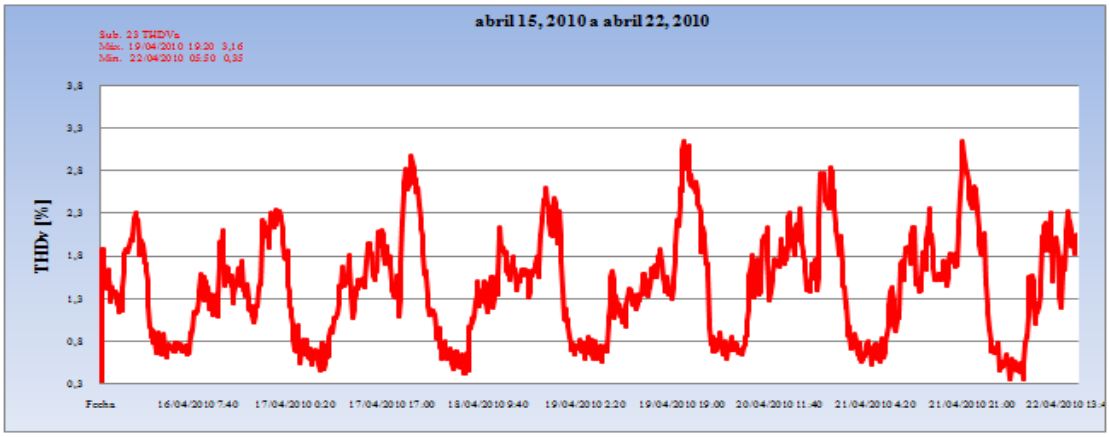

Figura 600. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Al observar la gráfica, se nota que este usuario no tiene gran generación de armónicas de voltaje, sus valores máximos se producen en horas de la tarde y noche a pesar de esto este usuario también cumple con los límites establecidos para armónicas de tensión.

3.3.1.16.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por la fase A, los datos obtenidos para el transformador 10912 con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ *es* 48.41 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ *es* 51.59 %), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. El valor promedio de la fase A es $THD_I = 21.01$, además el valor máximo registrado de $THD_I = 74.1$ en la fecha 20 de Abril del 2010 a las 10:30 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 4.65$ en la fecha 18 de Abril del 2010 a las 00:50.

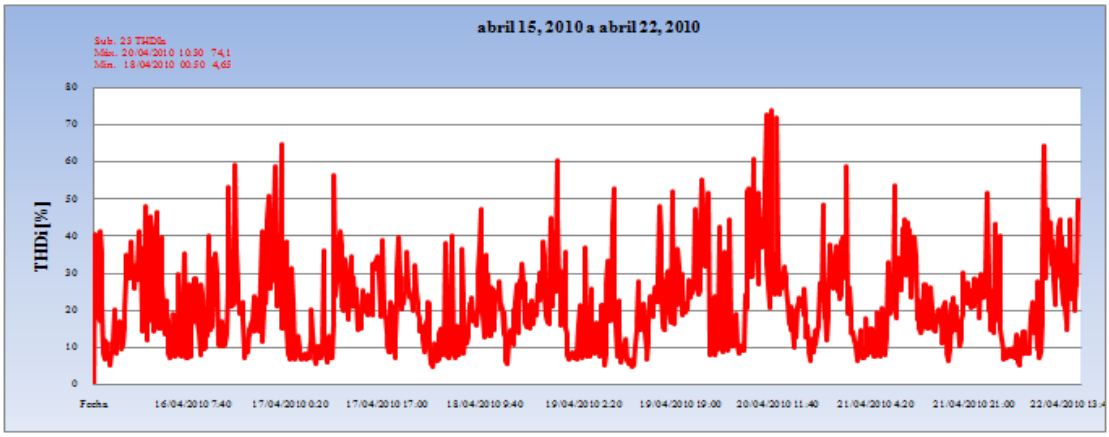

Figura 601. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Este usuario está fuera de los límites establecidos debiendo ser mejorados para que no causen problemas a las cargas del usuario así como a la empresa suministradora.

3.3.1.16.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

El consumo de energía de este usuario, tiene su valor máximo de $Wh = 137.38\ [Wh]$ el día 19 de Abril a las 20:10 y un consumo mínimo de $Wh = 12.42\ [Wh]$ el día 17 de Abril de 2010 a las 06:10, con un consumo total de $Wh = 64.9\ [KWh]$, durante los días en que se realizó las mediciones, lo que presenta un promedio de $Wh = 64.4\ [Wh]$.

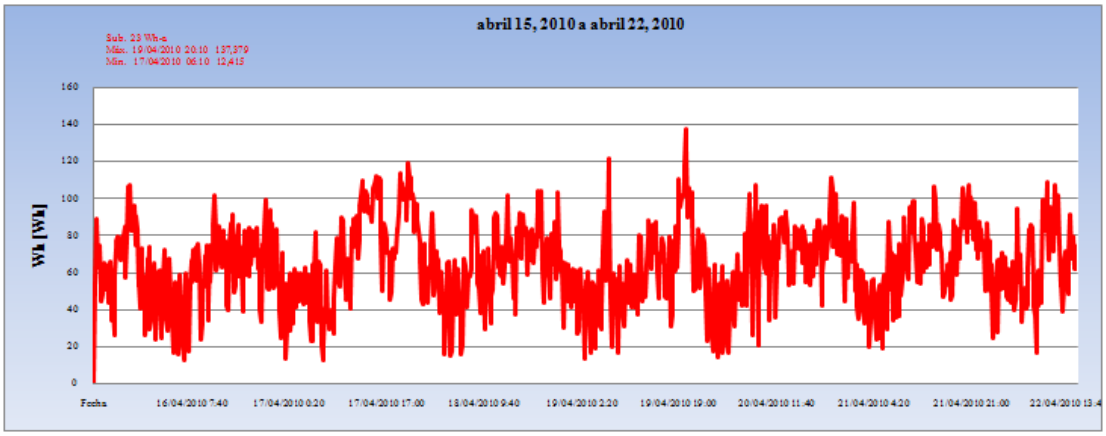

Figura 602. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar, el consumo de energía es normal a pesar que posee picos de alto consumo en algunos instantes del día debido a la conexión de cargas por instantes cortos de tiempo.

3.3.1.16.5. Factor de Potencia: Fase A.

El factor de potencia de este usuario tiene su valor máximo es de $Fp = 1$ el día 19 de Abril de 2010 a las 09:30 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.65$ el día 21 de Abril de 2010 a las 03:20, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.84$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, como se observa en la gráfica, también hay presencia de factores de potencia negativos.

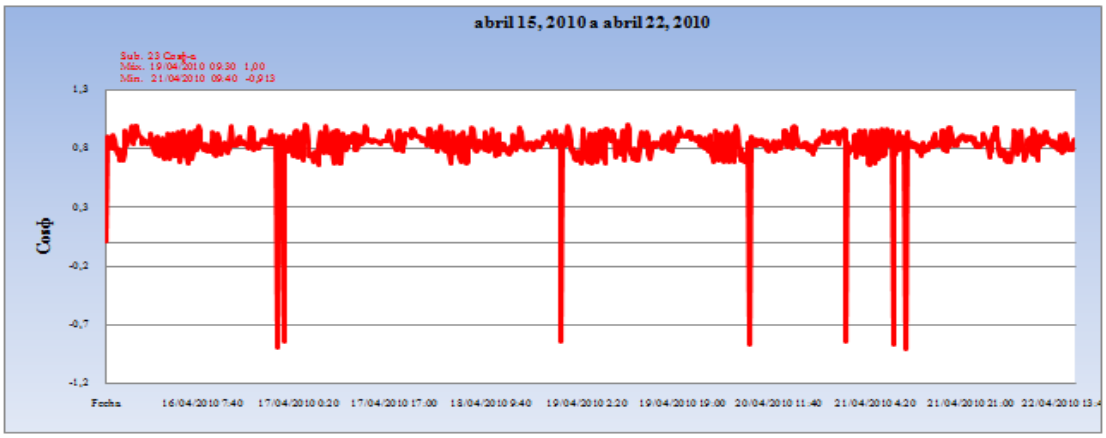

Figura 603. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia de este usuario, se mantiene en un promedio de $Fp = 0.84$, también aquí se presentan factores de potencia negativos, los mismos que se presentaron en distintos días y a diferentes horas, por lo que se presume que hubo cargas capacitivas momentáneas conectadas a la red.

3.3.2. Tabulación de datos de los consumidores del alimentador 2311.

Para este proceso se considerarán los valores máximos y mínimos valores promedio, fechas y horas en las que sucedieron, porcentajes y los límites establecidos para cada uno de los valores ya antes descritos en este capítulo además se verificará mediante gráficas los resultados para comprobar si cumplen o no con las regulaciones establecidas.

3.3.2.1. Tabulación de datos del usuario 1380310.

Este es un usuario de media tensión, al cual se encuentra instalado en transformador trifásico identificado con el código 10452P, el mismo que presenta servicio al Área No. 3 del Hospital Cantonal de Indanza, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona urbana del centro de Limón, tiene una tensión final de 220 V fase–fase y 127 V fase–neutro.

3.3.2.1.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 176. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras al límite**
1 p.u.	1	1 p.u.	0	1 p.u.	1
99.90%	0.10%	100%	0.00%	99.90%	0.10%

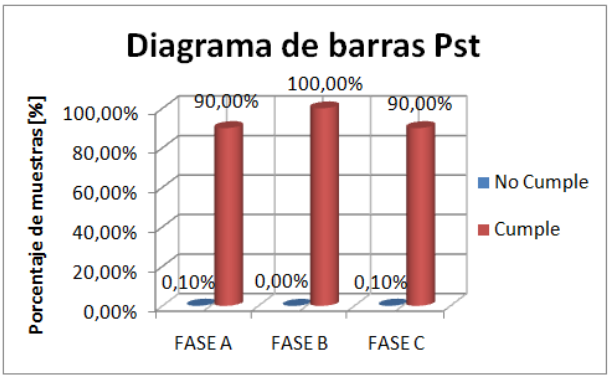

Figura 604. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 177. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
17/04/2010 - 10:40		0.00		0.00		0.00
17/04/2010 - 14:30	1.43				1.45	
21/04/2010 - 12:30			0.80			

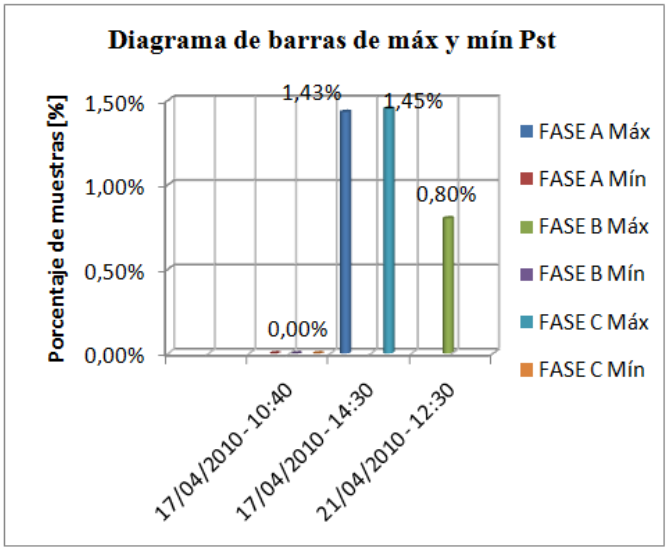

Figura 605. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

3.3.2.1.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 178. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

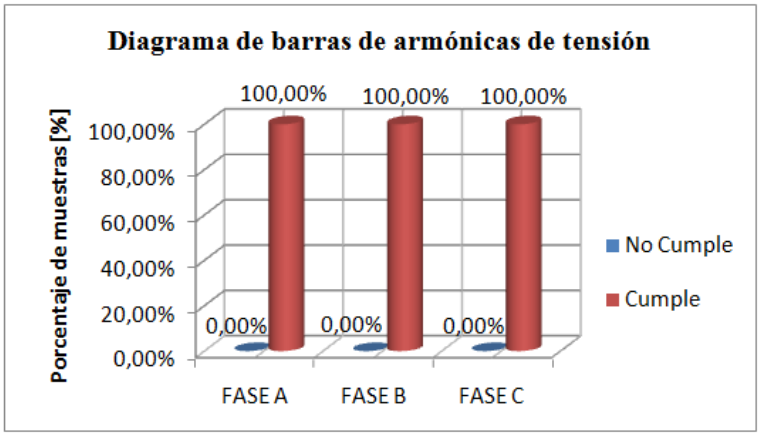

Figura 606. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 179. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
18/04/2010 - 13:10	1.66					
18/04/2010 - 13:20			1.68			
18/04/2010 - 14:00					1.66	
20/04/2010 - 19:10						0.50
21/04/2010 - 19:20				0.30		
22/04/2010 - 18:50		0.46				

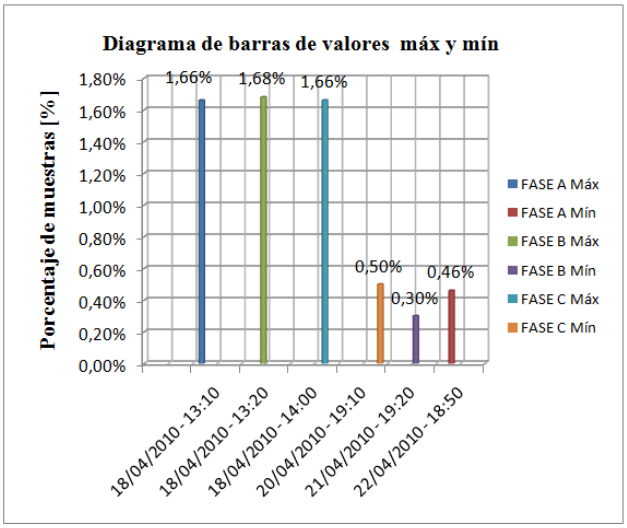

Figura 607. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.3.2.1.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 180. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	275	□ 20%	766	□ 20%	474
72.72%	27.28%	24.01%	75.99%	52.98%	47.02%

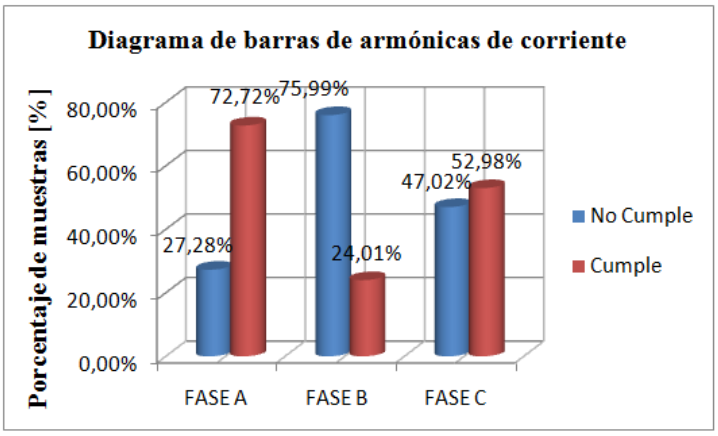

Figura 608. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Tabla # 181. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
17/04/2010 - 10:30		0.00				
18/04/2010 - 07:50						0.00
19/04/2010 - 09:20				9.72		
20/04/2010 - 11:00	51.9					
21/04/2010 - 08:10					44.9	
23/04/2010 -06:20			40.9			

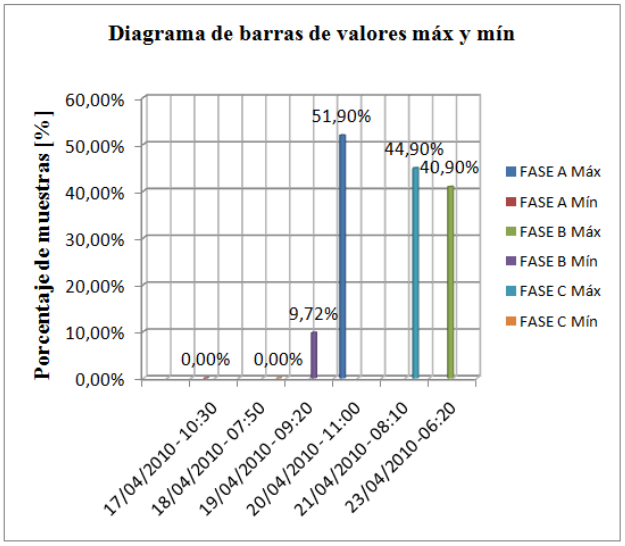

Figura 609. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

3.3.2.1.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 182. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Consumo de energía promedio			
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A & B & C
247.60	581.76	406.67	412.01

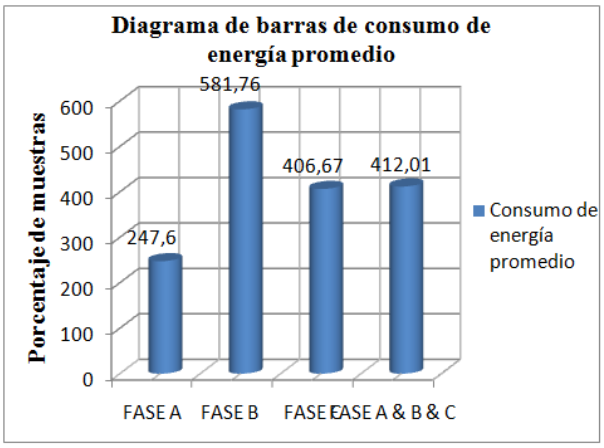

Figura 610. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Tabla # 183. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
17/04/2010 - 16:00		0.00				
19/04/2010 - 09:20	836.36		1110.8		1163.07	
22/04/2010 - 23:50						71.88
24/04/2010 - 10:00				280.97		

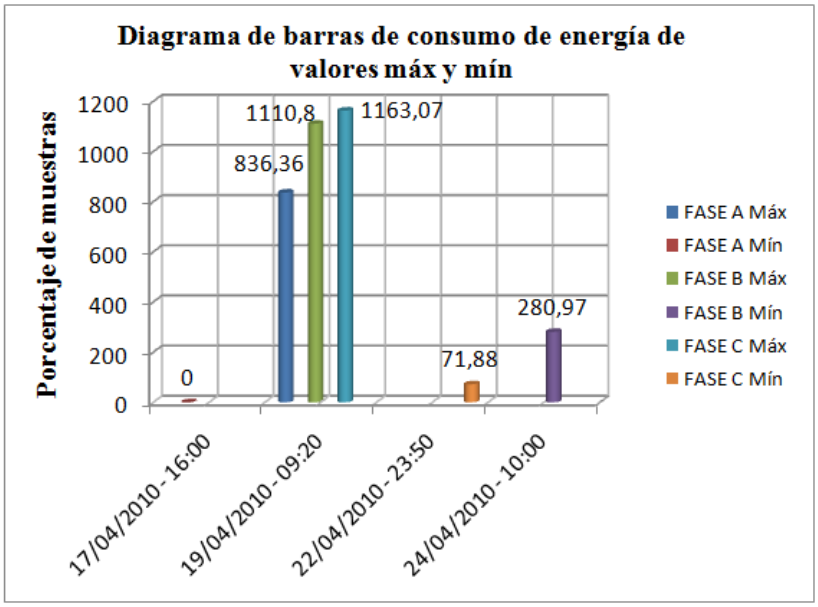

Figura 611. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

3.3.2.1.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 184. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Factor de potencia promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
0.97	0.98	0.87	0.94

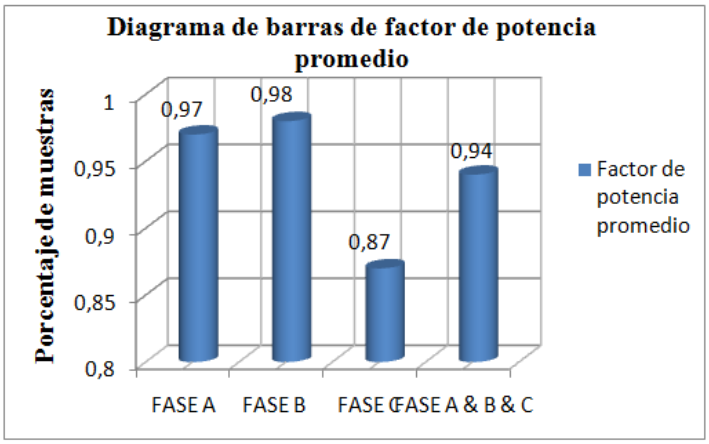

Figura 612. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Tabla # 185. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**	**Máx**	**Mín**
17/04/2010 - 10:30	1.00					
17/04/2010 - 17:10			1.00			
18/04/2010 - 09:00						0.68
19/04/2010 - 08:20					0.98	
19/04/2010 - 13:10		0.75				
23/04/2010 - 04:10				0.89		

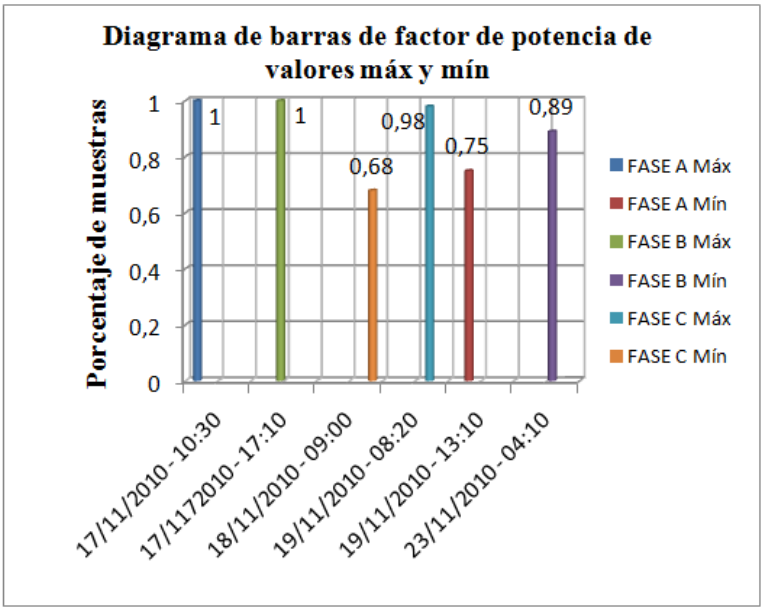

Figura 613. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

3.3.2.2. Tabulación de datos del usuario 3417417.

Este es un usuario de media tensión, al cual se encuentra instalado en transformador trifásico identificado con el código 11565P, el mismo que presenta servicio al Recinto Ferial Municipal, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza en una zona urbana del centro de Limón, tiene una tensión final de 220 V fase–fase y 127 V fase–neutro.

3.3.2.2.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 186. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	0
99.90%	0.10%	99.90%	0.10%	100%	0.00%

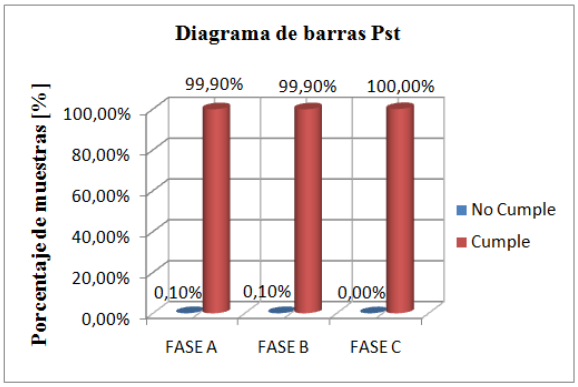

Figura 614. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 187. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
17/04/2010 - 09:30		0.00		0.00		0.00
17/04/2010 - 14:30	1.42		1.41			
21/04/2010 - 12:30					0.80	

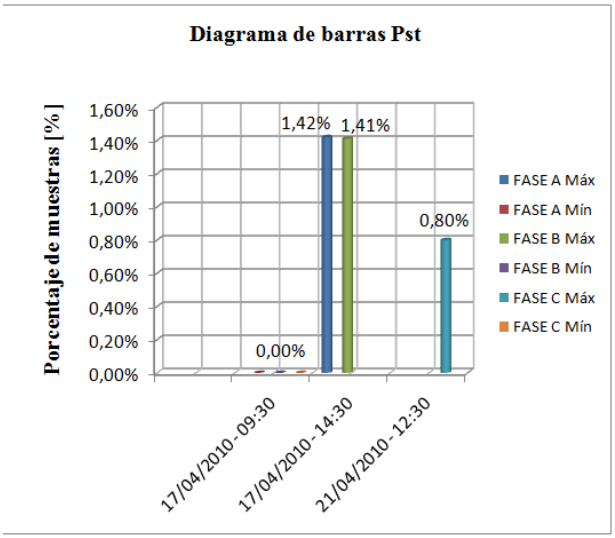

Figura 615. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

3.3.2.2.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 188. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

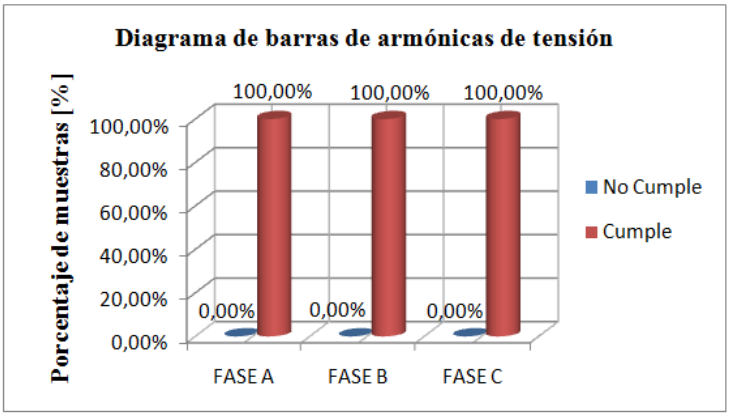

Figura 616. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 189. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
18/04/2010 - 13:10	1.56					
18/04/2010 - 13:20					1.55	
18/04/2010 - 14:00			1.56			
20/04/2010 - 18:50		0.16				
20/04/2010 - 19:00				0.16		
21/04/2010 - 18:50						0.00

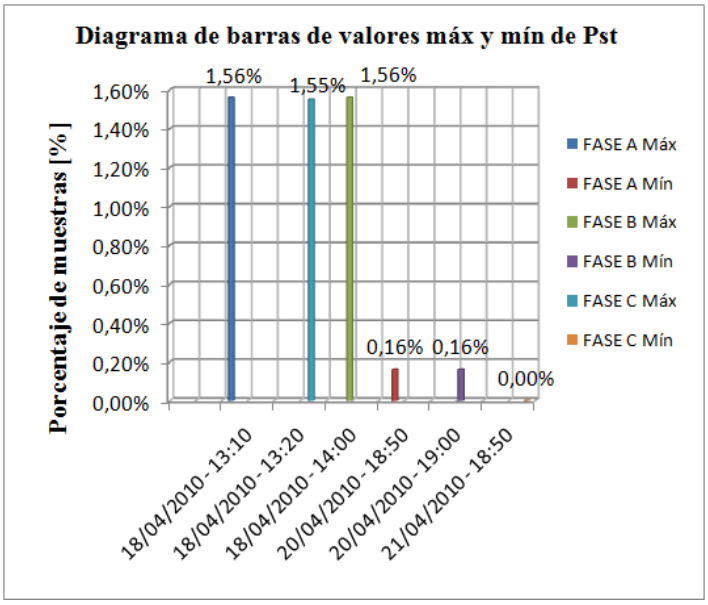

Figura 617. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.3.2.3. Tabulación de datos del usuario 3820149.

Este es un usuario de media tensión, al cual se encuentra instalado en transformador trifásico identificado con el código 11786P, el mismo que presenta servicio al Gobierno Municipal Cantonal, se encuentra ubicado en la parroquia San Juan Bosco perteneciente al cantón del mismo nombre, tiene una tensión final de 220 V fase–fase y 127 V fase–neutro.

3.3.2.3.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 190. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	0
99.90%	0.10%	99.90%	0.10%	100%	0.00%

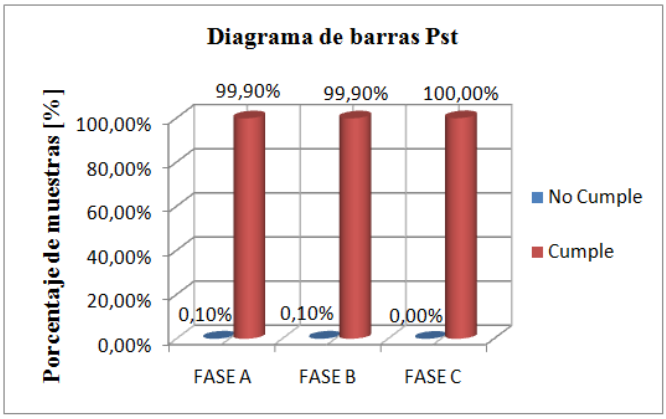

Figura 618. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 191. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
17/04/2010 - 13:10		0.00		0.00		0.00
17/04/2010 - 14:30	1.38		1.42			
20/04/2010 - 11:50					0.99	

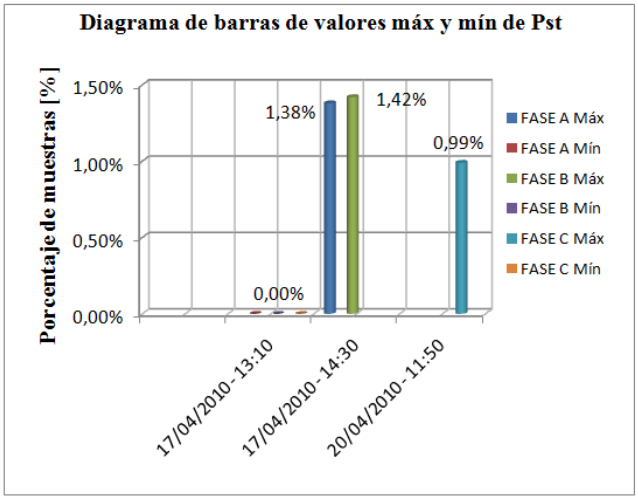

Figura 619. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

3.3.2.3.2. Tabulación de datos de THDv [%], Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 192. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

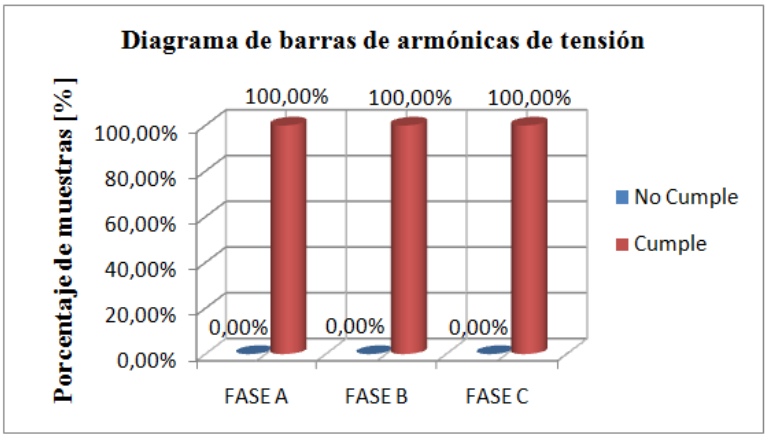

Figura 620. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 193. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
18/04/2010 - 15:40	1.66					
18/04/2010 - 19:40						0.53
20/04/2010 - 14:40			2.17			
20/04/2010 - 19:10		0.45				
21/04/2010 - 18:40				0.54		
23/04/2010 - 12:30					2.12	

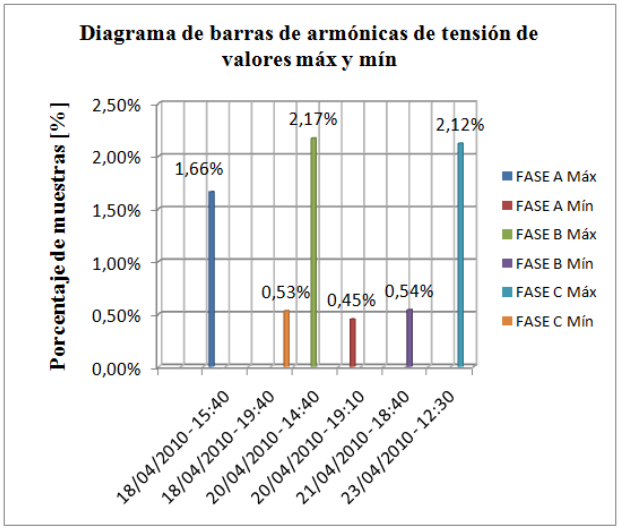

Figura 621. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.3.2.3.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 194. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	0	□ 20%	46	□ 20%	435
100%	0.0%	95.44%	4.56%	56.85%	43.15%

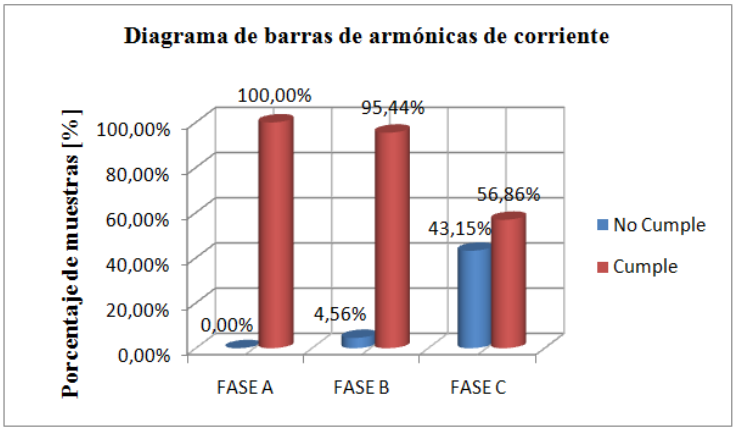

Figura 622. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Tabla # 195. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
17/04/2010 - 13:10	0.00	0.00				0.00
20/04/2010 - 07:30				5.00		
21/04/2010 - 13:30			25.7			
22/04/2010 -01:40					57.7	

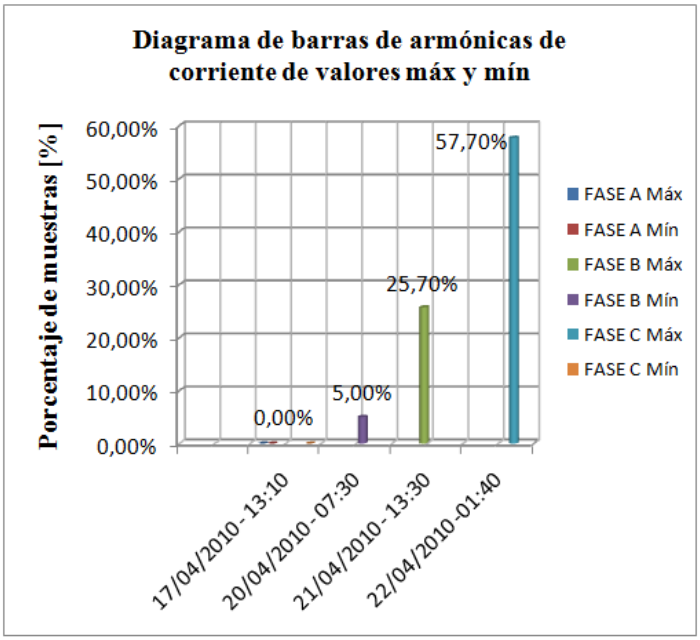

Figura 623. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

3.3.2.3.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 196. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Consumo de energía promedio			
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A & B & C
0.00	440.35	239.56	226.63

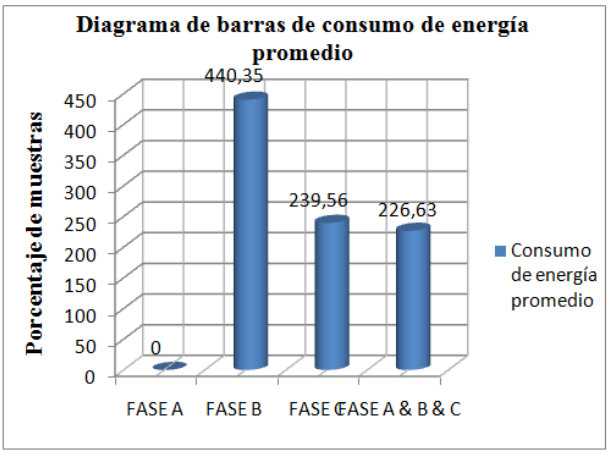

Figura 624. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Tabla # 197. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
17/04/2010 - 13:20	0.00	0.00				0.00
18/04/2010 - 10:30				199.3		
19/04/2010 - 07:50			1117.3			
19/04/2010 - 16:30					1025.85	

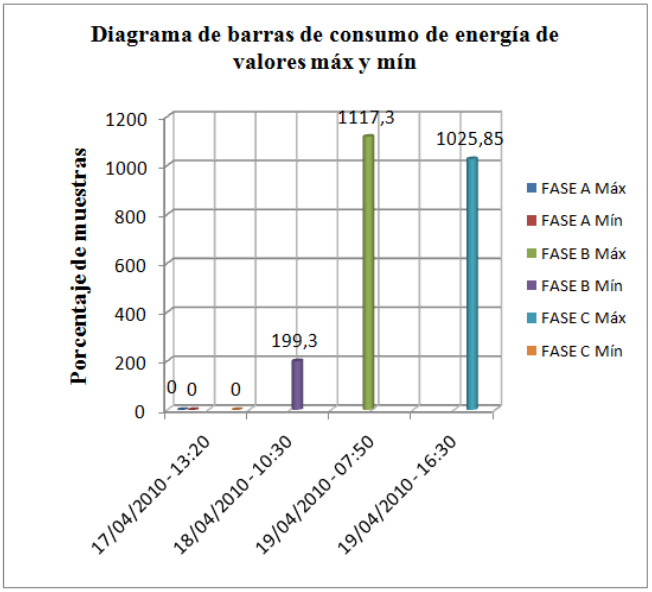

Figura 625. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

3.3.2.3.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 198. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Factor de potencia promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
1.00	0.98	0.92	0.96

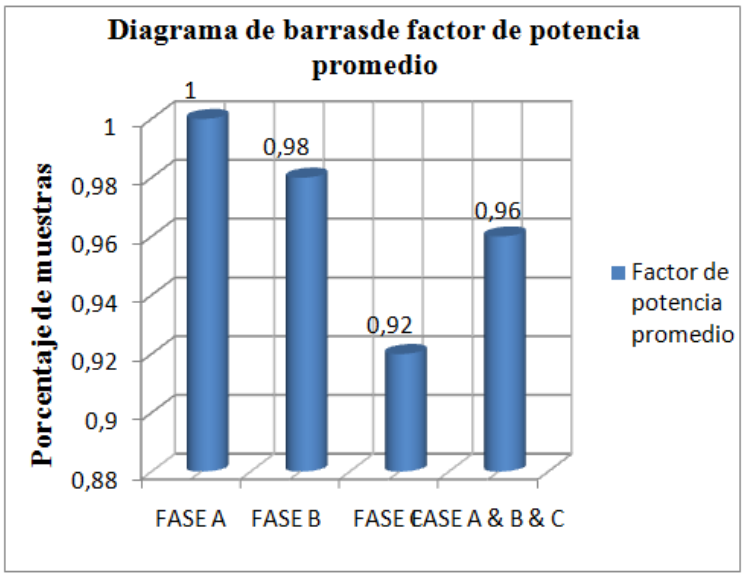

Figura 626. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Tabla # 199. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**	**Máx**	**Mín**
17/04/2010 - 13:10	1.00	1.00	1.00			
17/04/2010 - 13:20					1.00	
22/04/2010 - 14:50				0.98		
23/04/2010 - 06:20						0.50

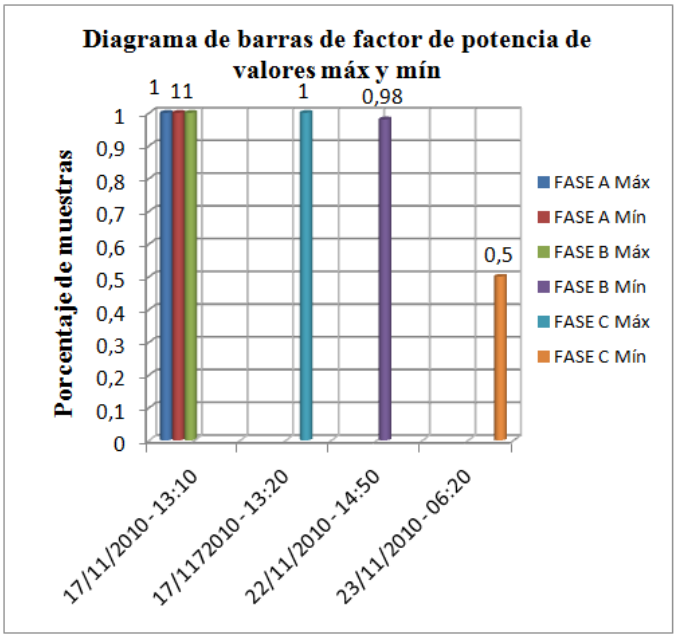

Figura 627. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

3.3.2.4. Tabulación de datos del usuario 1364470.

Este es un usuario de media tensión, al cual se encuentra instalado en transformador monofásico identificado con el código 10434P, el mismo que presenta servicio al Colegio Nacional Indanza, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón, tiene una tensión final de 240 V fase–fase y 120 V fase–neutro.

3.3.2.4.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 200. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras al límite**
1 p.u.	62	1 p.u.	6
93.85%	6.15%	99.40%	0.60%

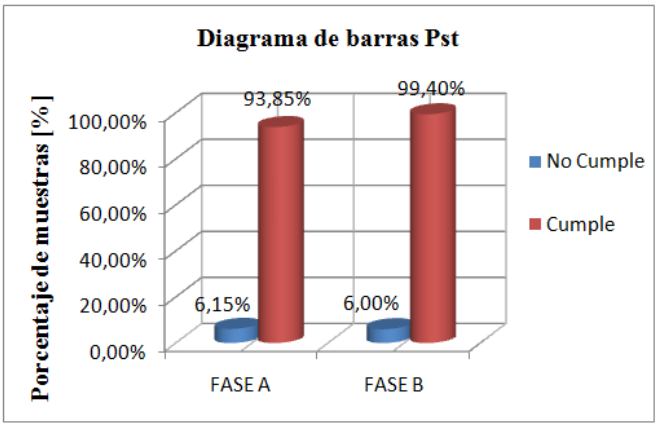

Figura 628. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 201. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
17/04/2010 - 12:00		0.00		0.00
20/04/2010 - 08:50	2.43		3.97	

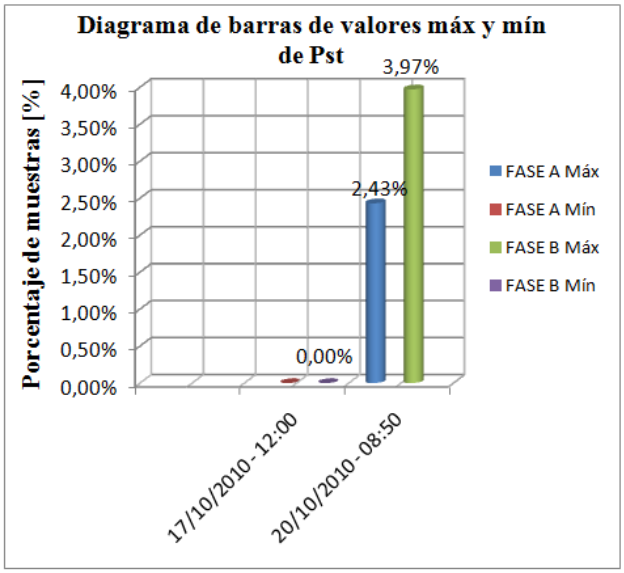

Figura 629. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.3.2.4.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 202. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

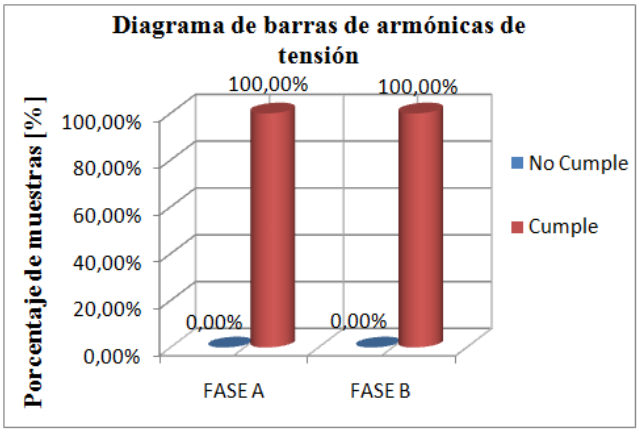

Figura 630. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 203. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
19/04/2010 - 11:30			2.35	
19/04/2010 - 14:20				0.95
19/04/2010 - 14:40		0.91		
20/04/2010 - 08:50	3.31			

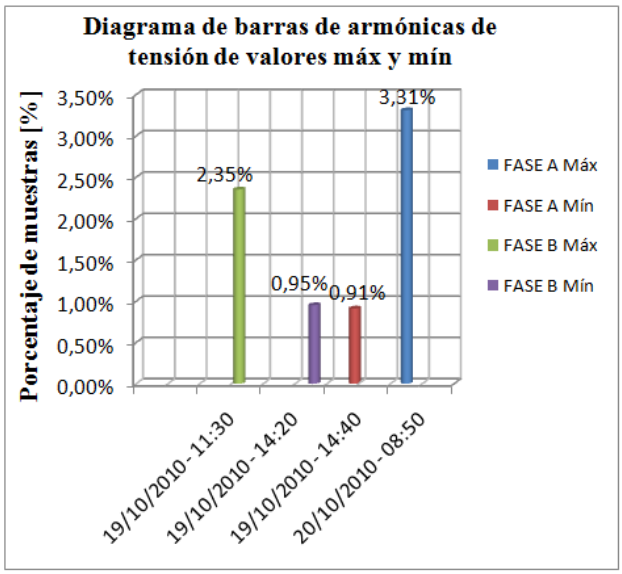

Figura 631. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.3.2.4.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 204. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	87	□ 20%	3
91.37%	8.63%	99.71%	0.29%

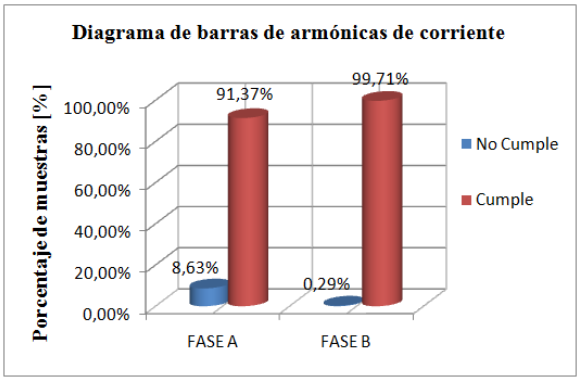

Figura 632. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 205. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases Ay B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
17/04/2010 - 11:50		0.00		0.00
19/04/2010 - 11:30			74.7	
21/04/2010 - 11:20	48.7			

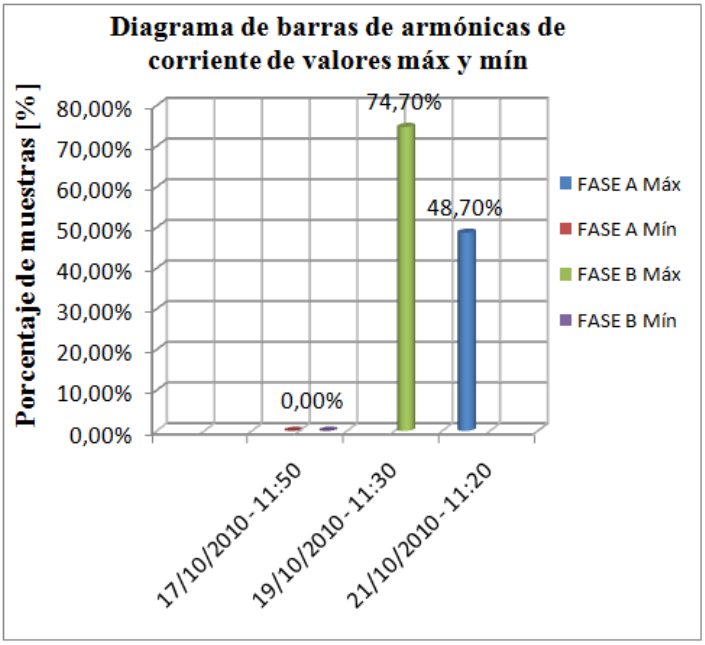

Figura 633. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.3.2.4.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 206. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	FASE B	FASE A & B
22.17	0.52	22.69

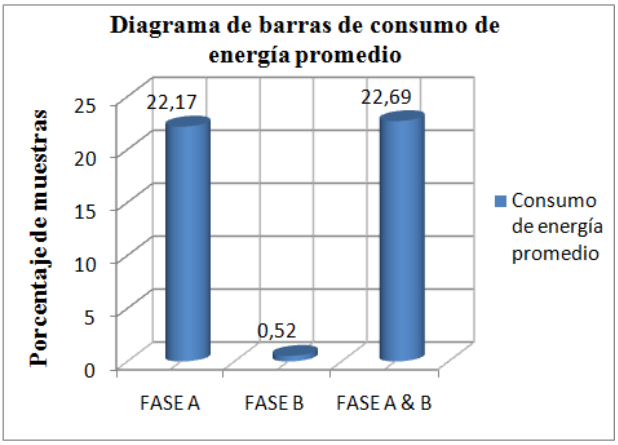

Figura 634. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 207. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
17/04/2010 - 11:50		0.00		0.00
19/04/2010 - 11:30			218.89	
20/04/2010 - 08:50	218.89			

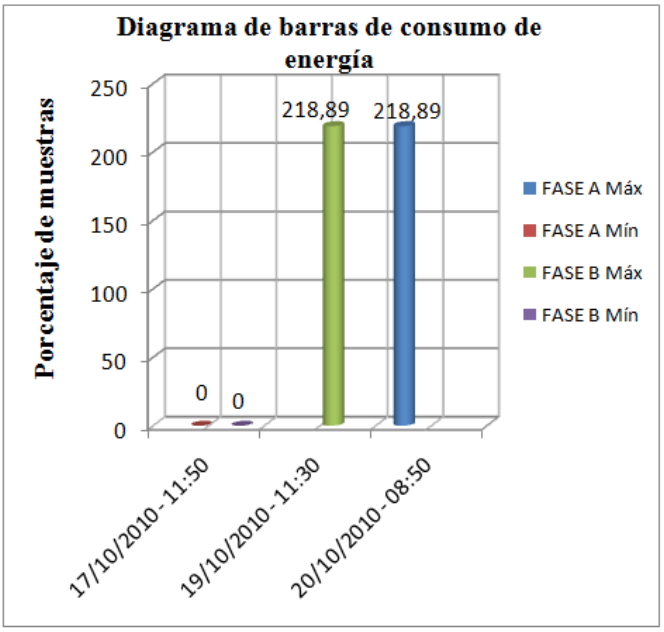

Figura 635. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.3.2.4.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 208. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.96	0.98	0.97

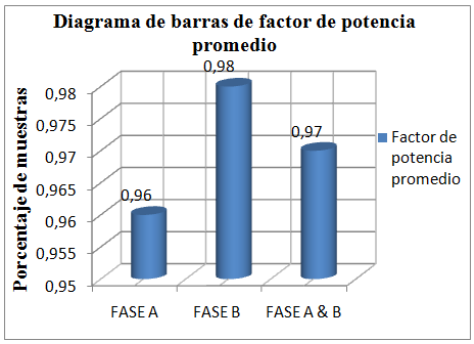

Figura 636. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 209. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
17/04/2010 - 11:50	1.00		1.00	
19/04/2010 - 11:20				0.80
20/04/2010 - 08:50		0.42		

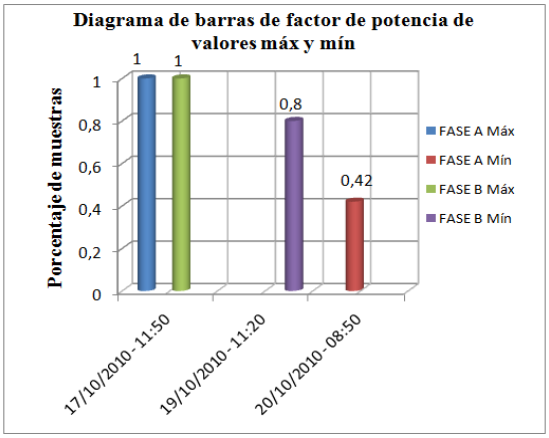

Figura 637. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.3.2.5. Tabulación de datos del usuario 3608718.

Este es un usuario de media tensión, al cual se encuentra instalado en transformador monofásico identificado con el código 11704P, el mismo que presenta servicio al CONECEL S.A. se encuentra ubicado en la parroquia San Jacinto de Wakam perteneciente al cantón San Juan Bosco, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.2.5.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 210. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	0	□ 1 p.u.	0
100%	0.00%	100%	0.00%

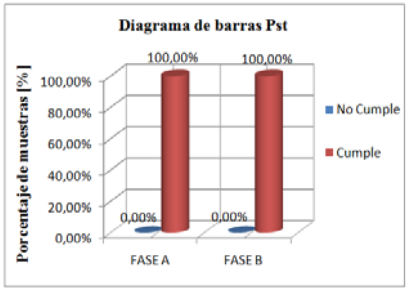

Figura 638. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 211. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**	**Máx P_{st}**	**Mín P_{st}**
17/04/2010 - 15:20		0.00		0.00
20/04/2010 - 11:50	0.98		0.98	

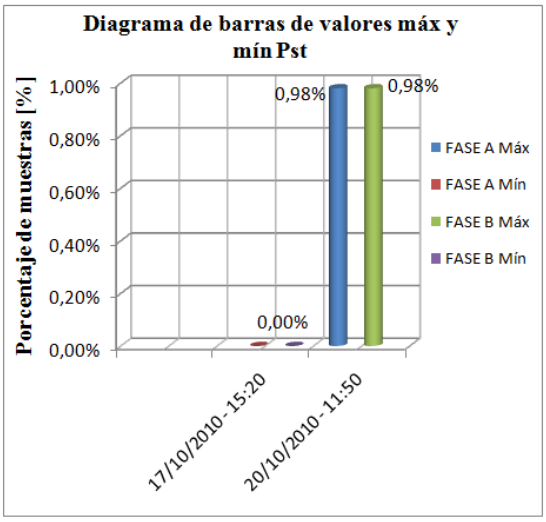

Figura 639. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.3.2.5.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 212. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

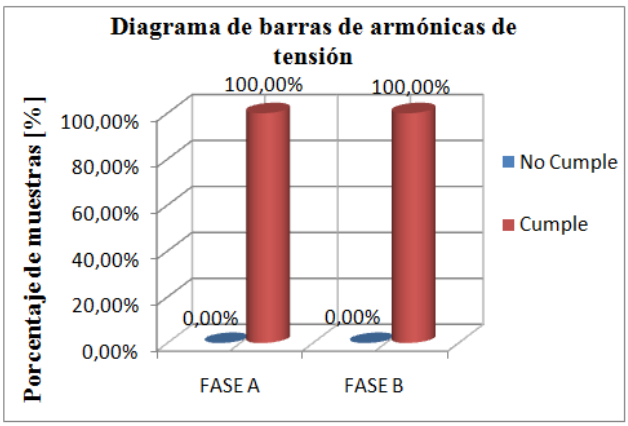

Figura 640. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 213. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
19/04/2010 - 09:30		1.80		1.80
19/04/2010 - 19:10	3.82		3.82	

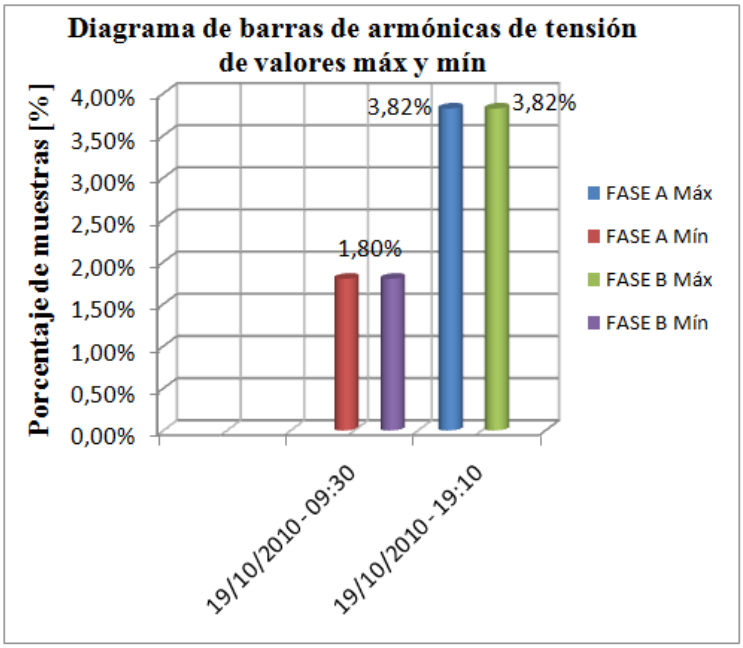

Figura 641. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.3.2.6. Tabulación de datos del usuario 3367588.

Este es un usuario de media tensión, al cual se encuentra instalado en transformador monofásico identificado con el código 11209P, el mismo que presenta servicio a la Liga Cantonal de San Juan Bosco, se encuentra ubicado en la parroquia San Juan Bosco perteneciente al cantón del mismo nombre, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.2.6.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 214. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	1	□ 1 p.u.	8
99.90%	0.10%	99.21%	0.79%

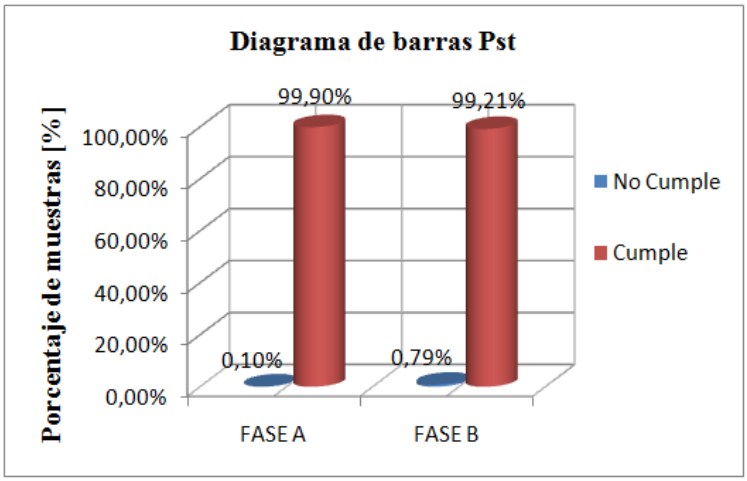

Figura 642. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 215. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
17/04/2010 - 12:50		0.00		0.00
17/04/2010 - 14:30	1.47			
21/04/2010 - 18:20			1.87	

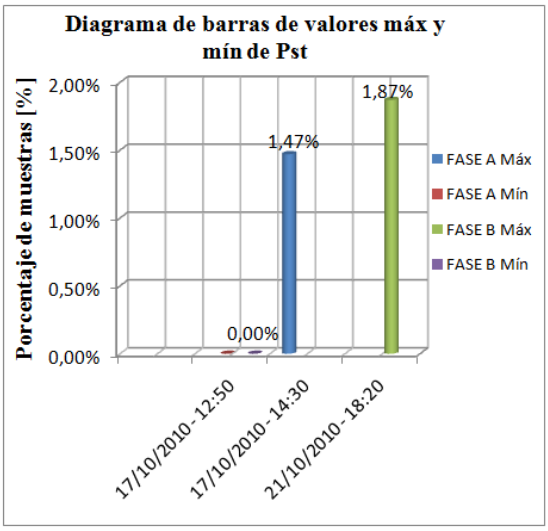

Figura 643. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.3.2.6.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 216. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

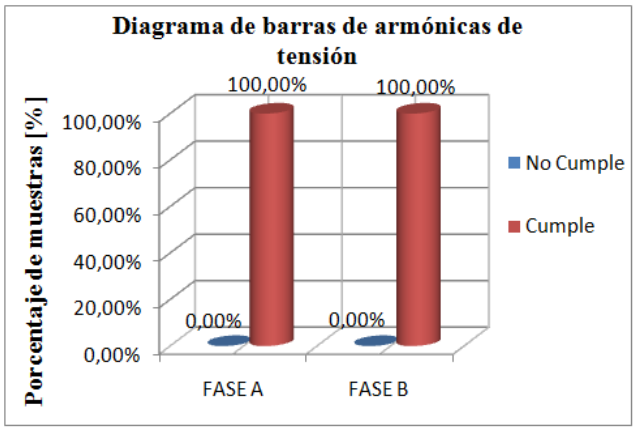

Figura 644. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 217. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
19/04/2010 - 03:20		0.79		
19/04/2010 - 03:30				0.80
19/04/2010 - 19:00			2.21	
20/04/2010 - 20:00	2.16			

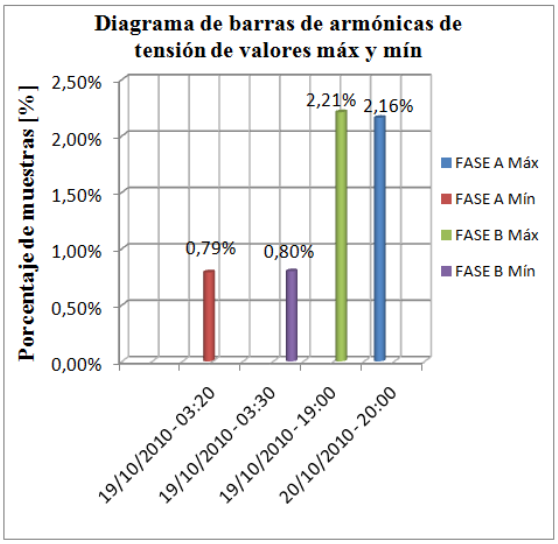

Figura 645. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.3.2.6.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 218. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	156	□ 20%	41
84.53%	15.47%	95.94%	4.06%

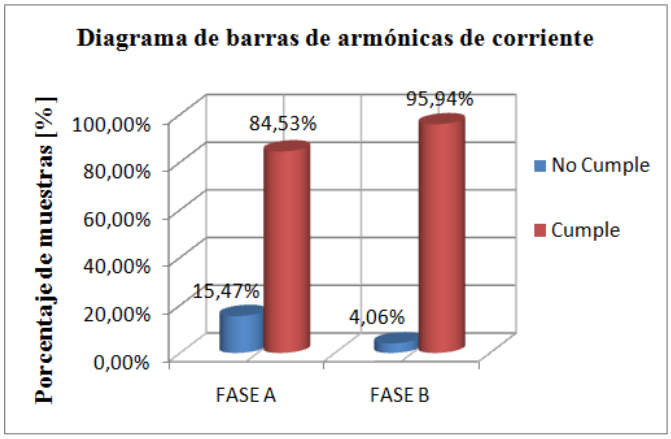

Figura 646. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 219. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
17/04/2010 - 12:50		0.00		0.00
17/04/2010 - 18:10	48.2		32	

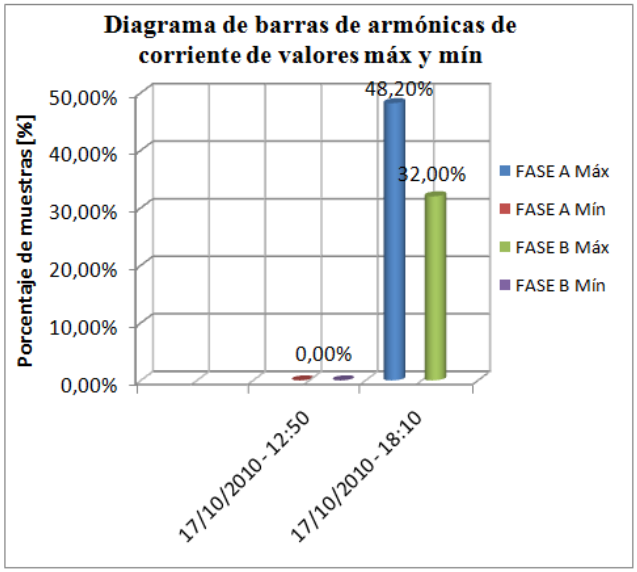

Figura 647. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.3.2.6.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 220. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
74.4	89.50	81.95

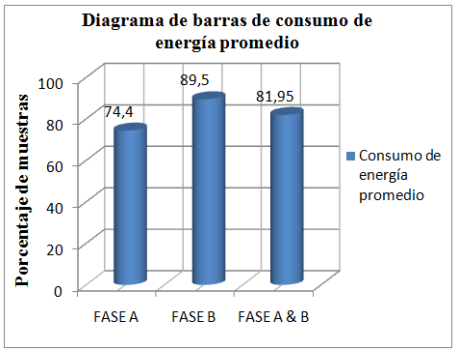

Figura 648. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 221. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
17/04/2010 - 12:50		0.00		0.00
17/04/2010 - 21:50			499.86	
17/04/2010 - 22:10	591.34			

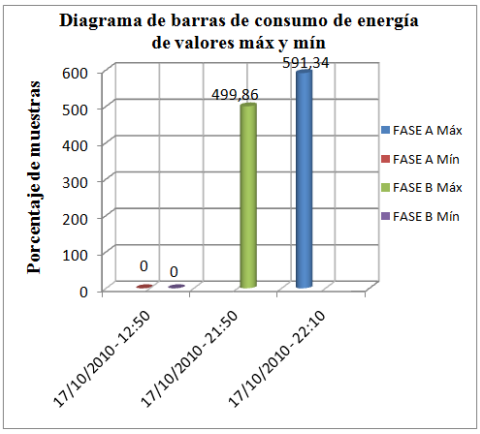

Figura 649. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.3.2.6.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 222. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	**FASE B**	**FASE A & B**
0.98	0.98	0.98

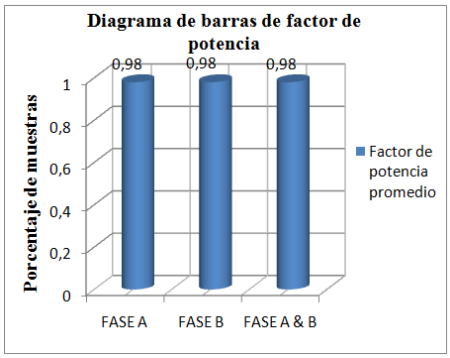

Figura 650. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 223. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	**Mín**	**Máx**	**Mín**
17/04/2010 - 12:50	1.00		1.00	
17/04/2010 - 18:10				0.75
19/04/2010 - 17:40		0.68		

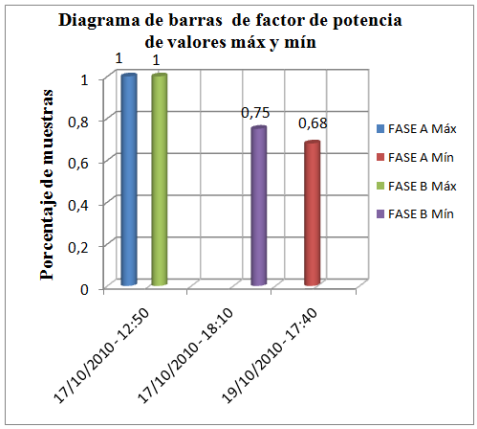

Figura 651. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.3.2.7. Tabulación de datos del usuario 3820149.

Este es un usuario con acometida trifásica, el cual se encuentra instalado en transformador 10621, el mismo que presenta servicio a la señora Bonilla Borja Jenny Patricia, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza, perteneciente al cantón Limón, tiene una tensión final de 220 V fase–fase y 127 V fase–neutro.

3.3.2.7.1. Tabulación de datos de Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 224. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite	Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	97	□ 1 p.u.	44	□ 1 p.u.	57
90.38%	9.62%	95.63%	4.37%	94.35%	5.65%

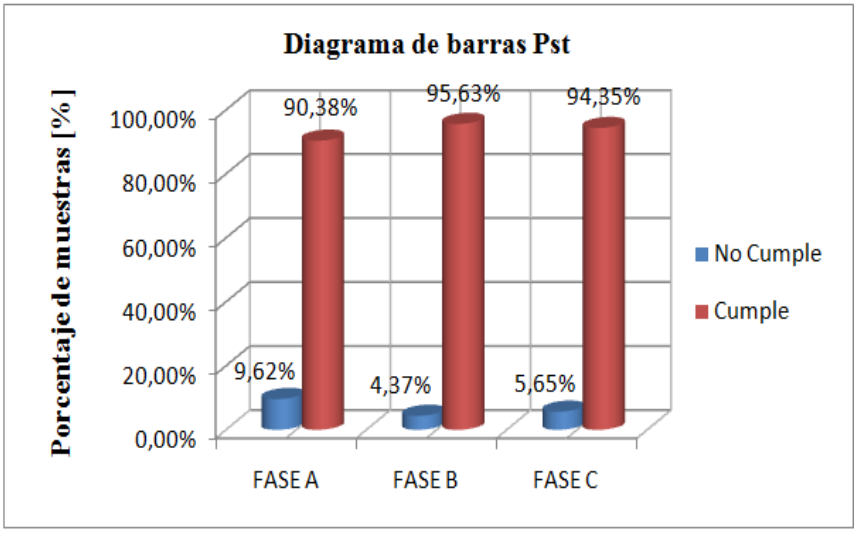

Figura 652. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A, B y C [p.u].

Tabla # 225. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
16/04/2010 - 23:50						0.21
18/04/2010 - 13:10			1.89		1.98	
18/04/2010 - 15:50				0.16		
18/04/2010 - 23:50		0.0				
21/04/2010 - 10:30	1.96					

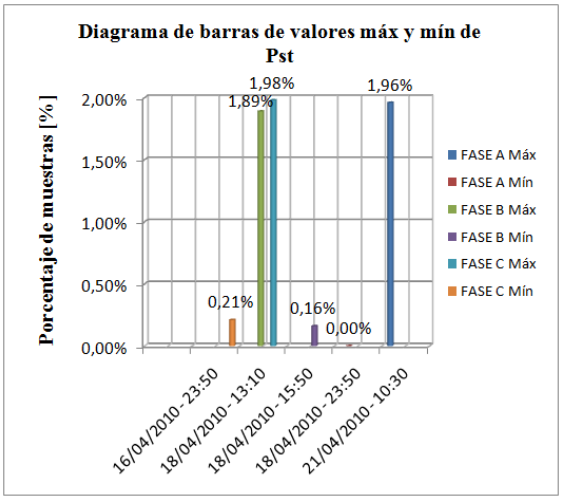

Figura 653. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{ts} de las fases A, B y C [p.u].

3.3.2.7.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 226. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

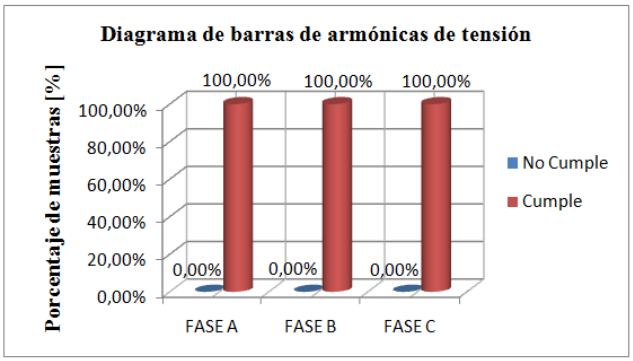

Figura 654. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Tabla # 227. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
16/04/2010 - 21:20			2.96			
17/04/2010 - 02:10		0.66				
18/04/2010 - 14:30	3.04					
18/04/2010 - 18:20					2.81	
20/04/2010 - 02:10				0.57		
20/04/2010 - 03:20						0.72

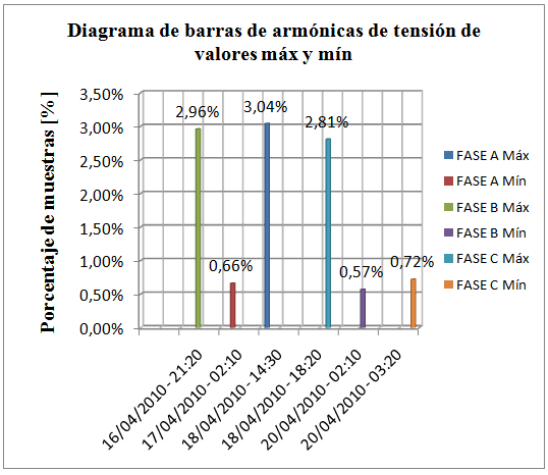

Figura 655. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A, B y C [%].

3.3.2.7.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 228. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

FASE A		FASE B		FASE C	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	0	□ 20%	0	□ 20%	0
100%	0.0%	100%	0.0%	100%	0.0%

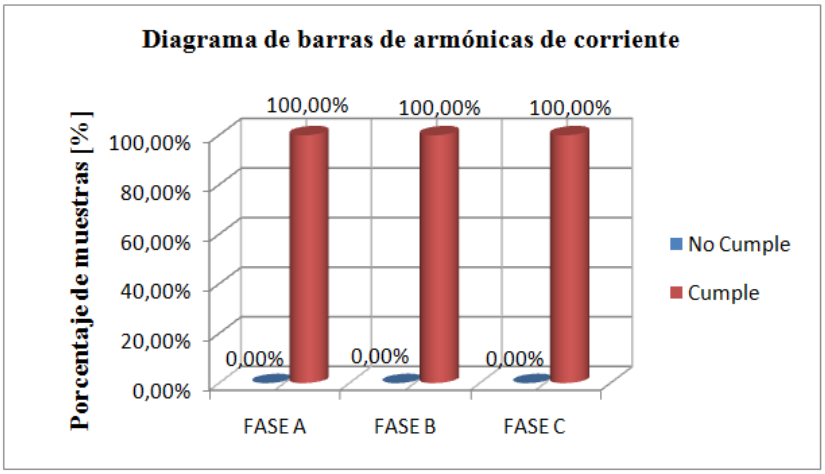

Figura 656. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Tabla # 229. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
15/04/2010 - 16:00		0.0		0.0		0.0
18/04/2010 - 12:50					2.66	
20/04/2010 - 17:40	7.37					
22/04/2010 -00:00			2.65			

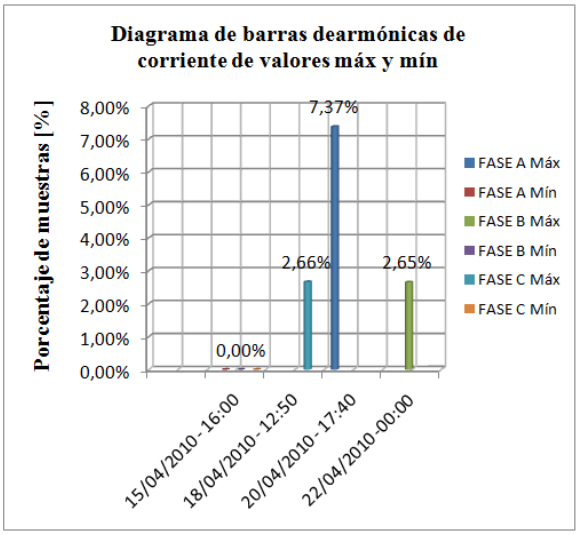

Figura 657. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A, B y C [%].

3.3.2.7.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 230. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Consumo de energía promedio			
FASE A	**FASE B**	**FASE C**	**FASE A & B & C**
1.94	2.40	1.29	1.87

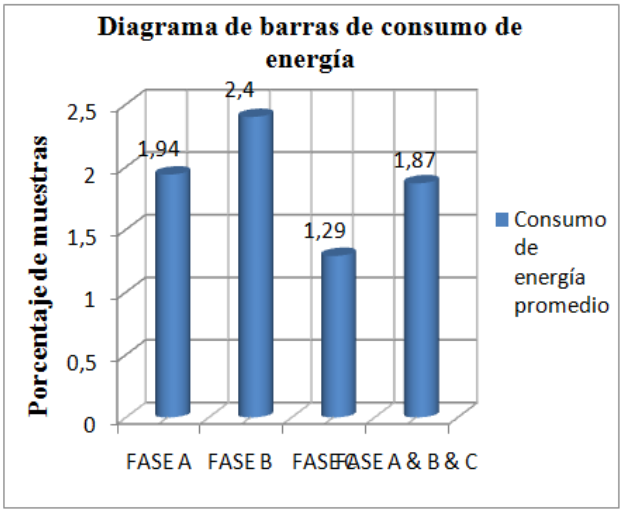

Figura 658. Consumo de energía de las fases A, B y C [Wh].

Tabla # 231. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
15/04/2010 - 16:00		0.00		0.00		0.00
20/04/2010 - 18:30			251.56		114.35	
22/04/2010 - 13:50	140.48					

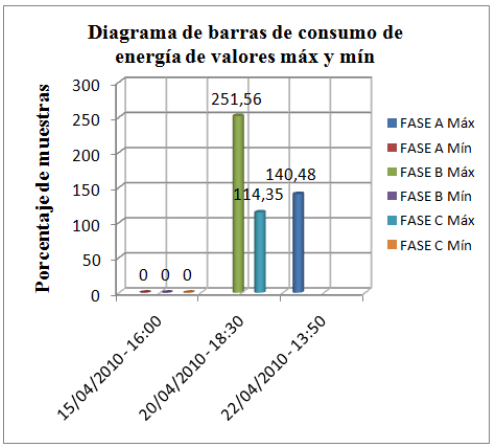

Figura 659. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A, B y C [W].

3.3.2.7.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B. Fase C.

Tabla # 232. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Factor de potencia promedio			
FASE A	FASE B	FASE C	FASE A & B & C
1.00	1.00	0.99	1.00

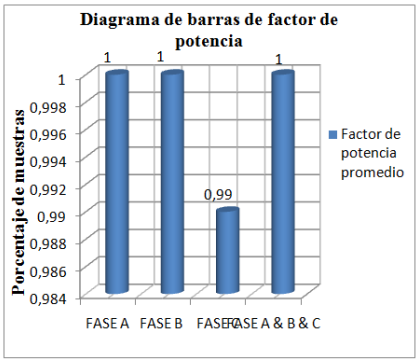

Figura 660. Factor de potencia de las fases A, B y C.

Tabla # 233. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B		FASE C	
	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín
15/04/2010 - 16:40	1.00					
16/0472010 - 12:10		0.50				
16/04/2010 - 13:50				0.80		
18/04/2010 - 13:00			1.00		1.00	
22/04/2010 - 14:10						0,47

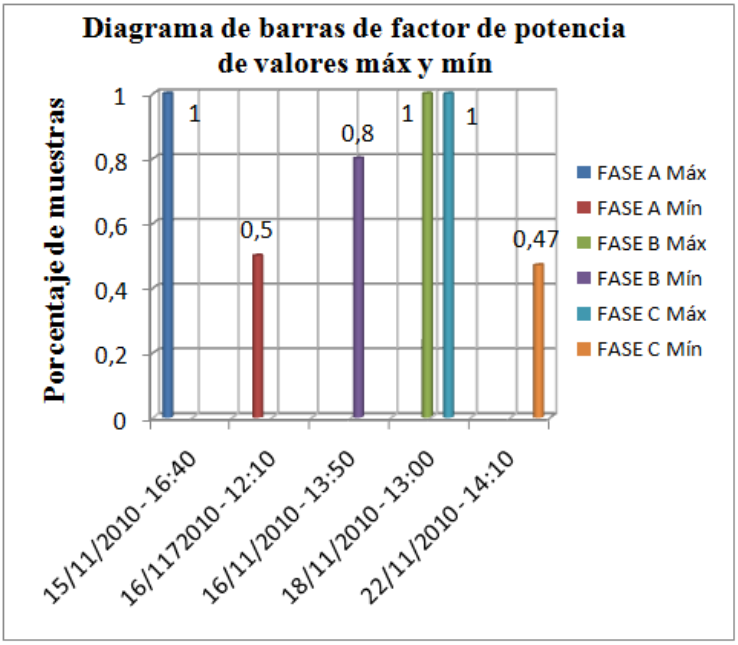

Figura 661. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A, B y C.

3.3.2.8. Tabulación de datos del usuario 1333046.

Este es un usuario monofásico, el cual está instalado al transformador 10621, el mismo que presenta servicio al señor Morales Santa cruz Luis, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 220 V fase–fase y 127 V fase–neutro.

3.3.2.8.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 234. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	307
69.54%	30.46%

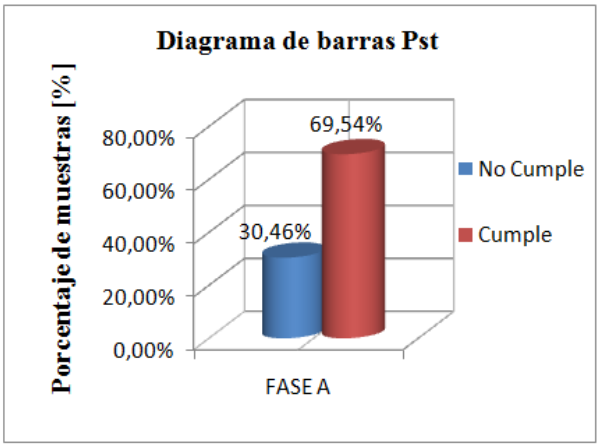

Figura 662. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 235. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
18/04/2010 - 19:40	2.37	
21/04/2010 - 23:40		0.18

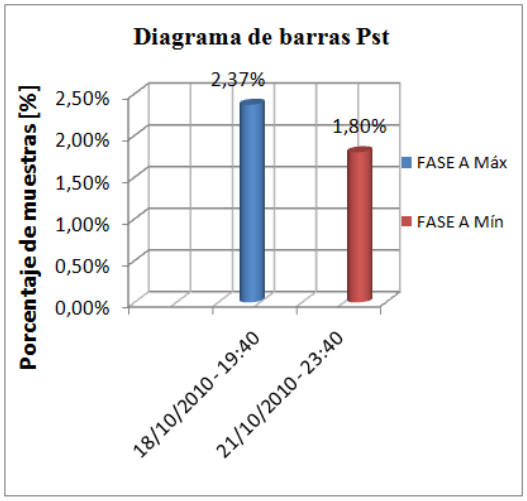

Figura 663. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.8.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 236. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

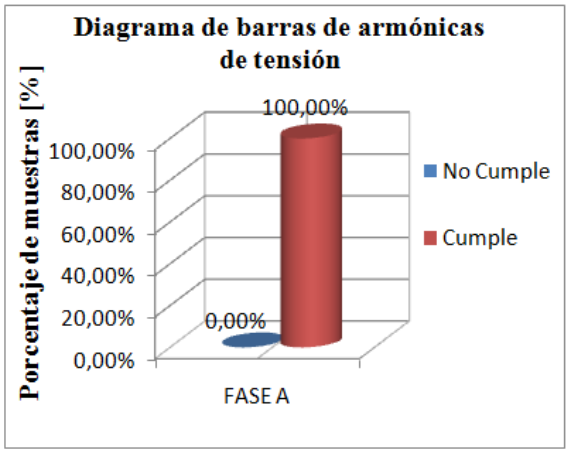

Figura 664. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 237. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
17/04/2010 - 05:20		0.74
18/04/2010 - 18:20	3.12	

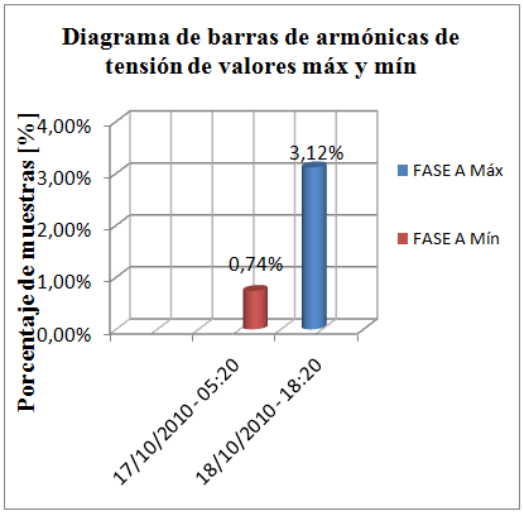

Figura 665. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.2.8.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 238. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	1
99.90%	0.10%

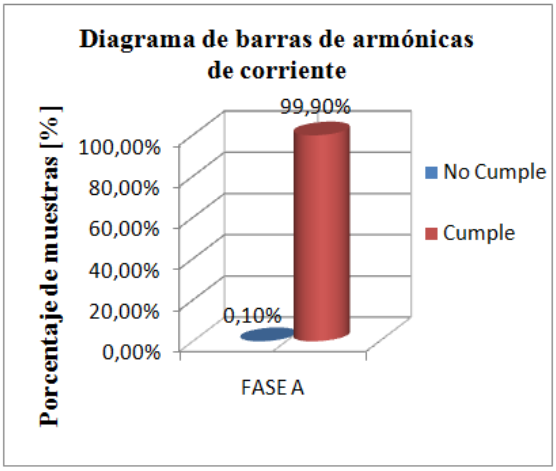

Figura 666. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 239. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
19/04/2010 - 07:50		0.00
19/04/2010 - 23:10	96.6	

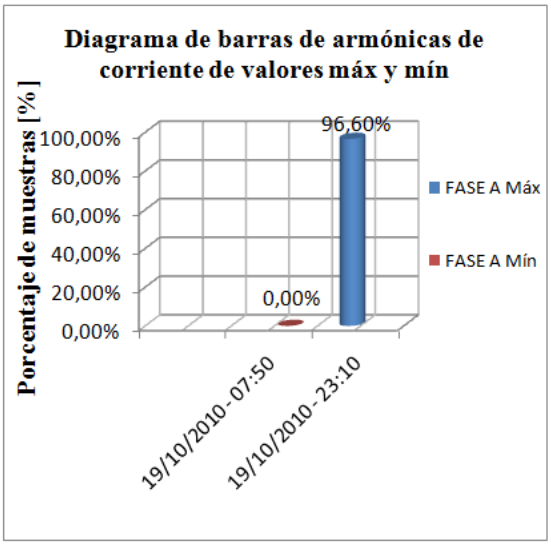

Figura 667. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.8.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 240. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
20.78	20.96

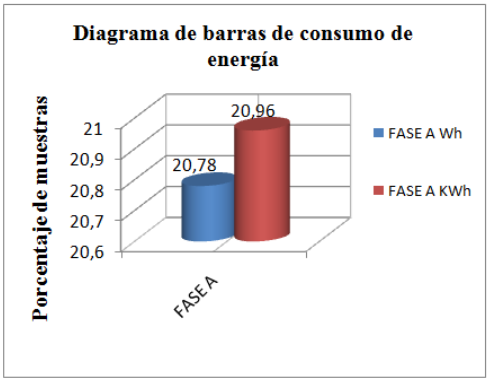

Figura 668. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 241. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
19/04/2010 - 07:50		0.00
21/04/2010 - 06:50	1177.2	

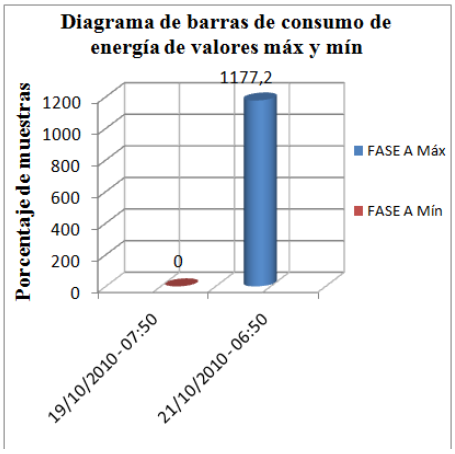

Figura 669. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.8.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 242. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
20/04/2010 - 07:10	0.99	
21/04/2010 - 14:00		0.61

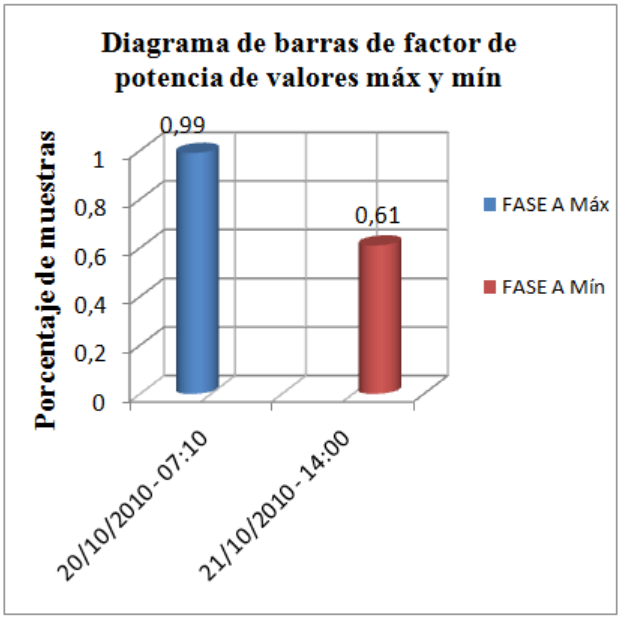

Figura 670. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.2.9. Tabulación de datos del usuario 3759230.

Este es un usuario con una acometida monofásica, el cual se encuentra instalado en transformador 10886, el mismo que presenta servicio a la señora Orellana Valverde Eulalia, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase–fase y 120 V fase–neutro.

3.3.2.9.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 243. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	377
62.60%	37.40%

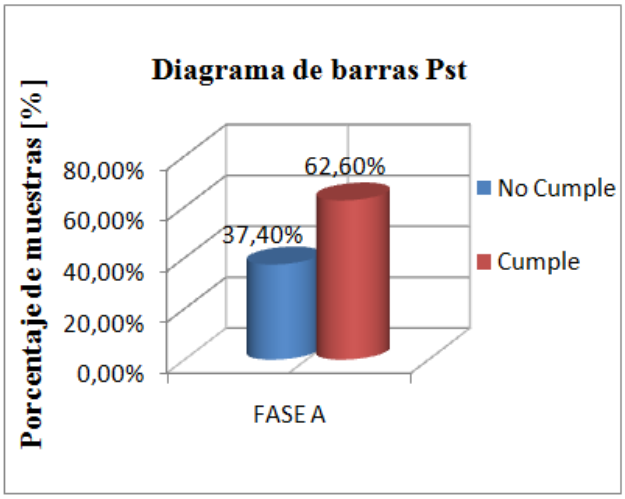

Figura 671. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 244. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
18/04/2010 - 13:00		0.16
22/04/2010 - 15:40	3.74	

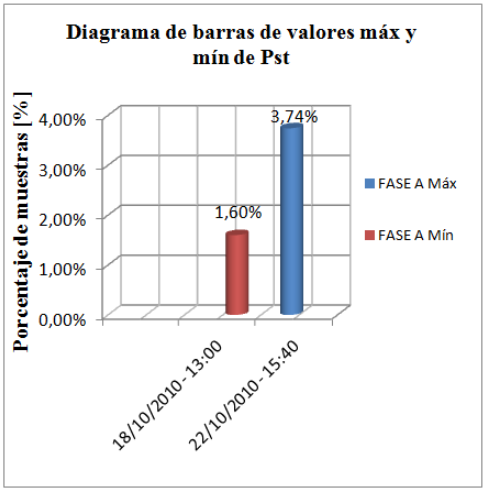

Figura 672. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.9.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 245. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

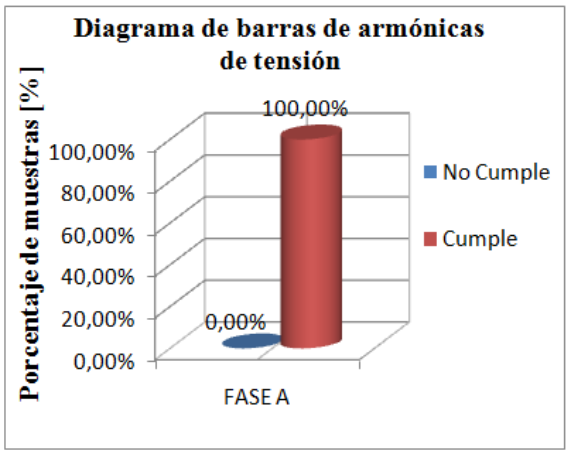

Figura 673. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 246. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
16/04/2010 - 20:10	2.47	
20/04/2010 - 02:30		0.59

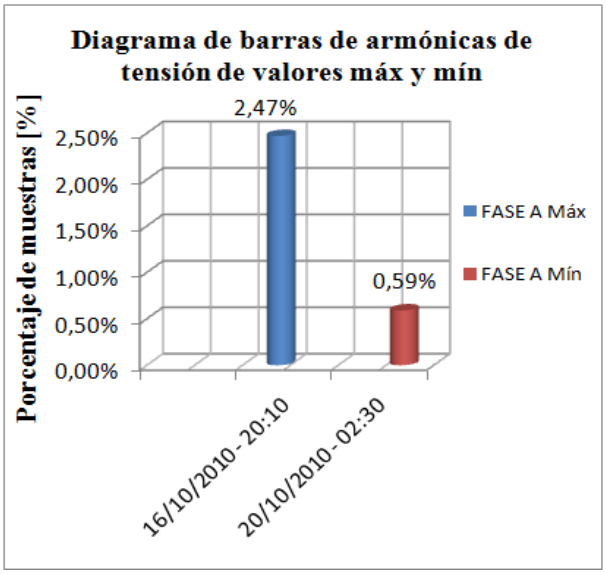

Figura 674. Fecha, hora de máx. y mín. nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%]

3.3.2.9.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 247. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	159
84.23%	15.77%

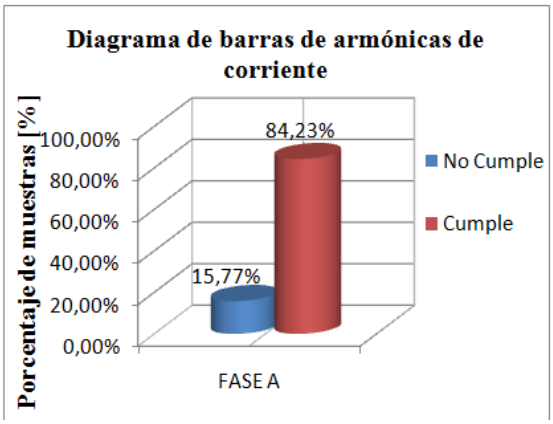

Figura 675. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 248. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
15/04/2010 - 18:10		0.00
20/04/2010 - 16:10	109	

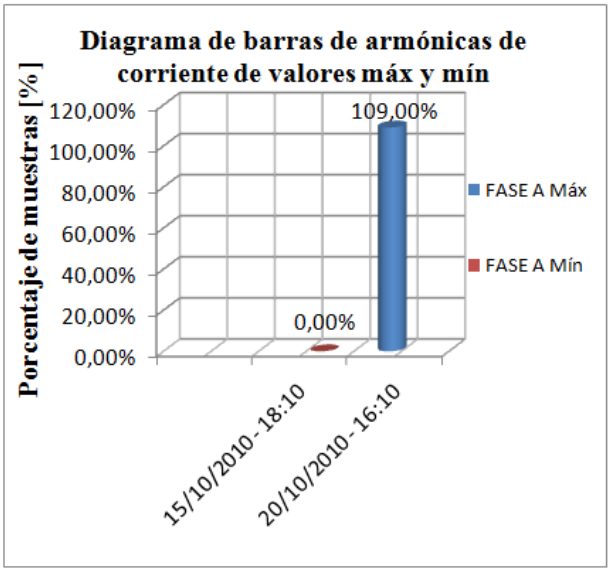

Figura 676. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.9.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 249. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
25.63	26.05

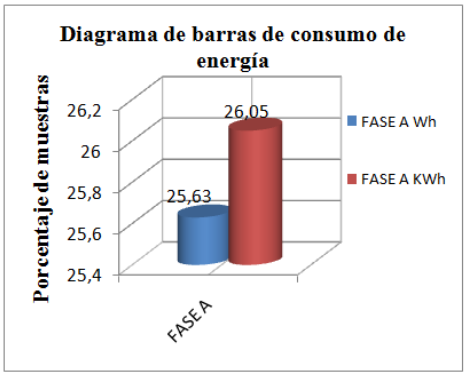

Figura 677. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 250. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
15/04/2010 - 18:10		0.00
17/04/2010 - 21:50	456.74	

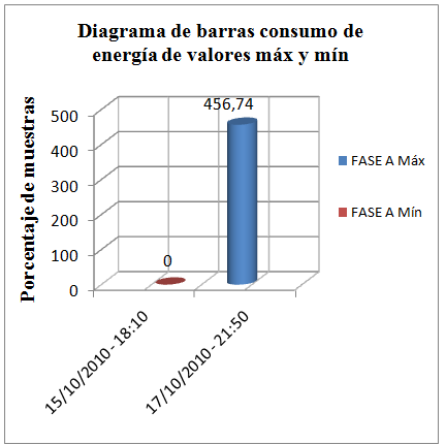

Figura 678. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.9.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 251. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
16/04/2010 - 06:10	1.00	
17/04/2010 - 07:10		0.66

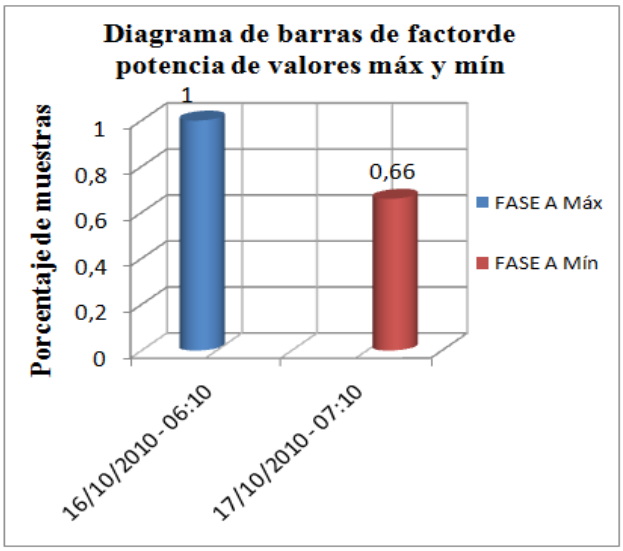

Figura 679. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.2.10. Tabulación de datos del usuario 3520251.

Este es un usuario monofásico, al cual se encuentra instalado en transformador 10528, el mismo que presenta servicio a la señora López Cabrera Fanny Lorena, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.3.2.10.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 252. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	109
89.19%	10.81%

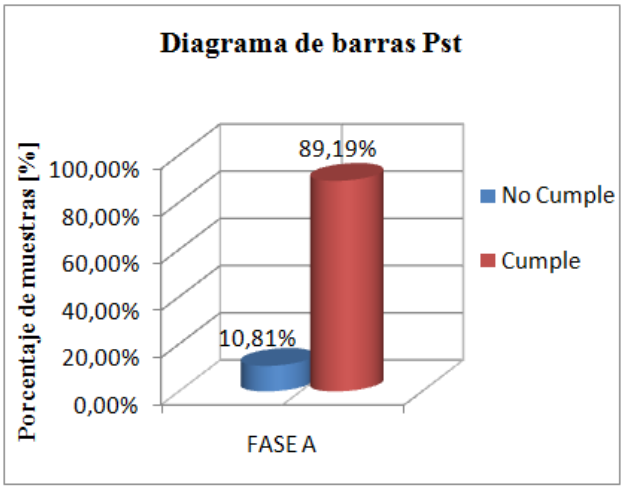

Figura 680. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 253. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
16/04/2010 - 16:00	2.31	
19/04/2010 - 01:20		0.19

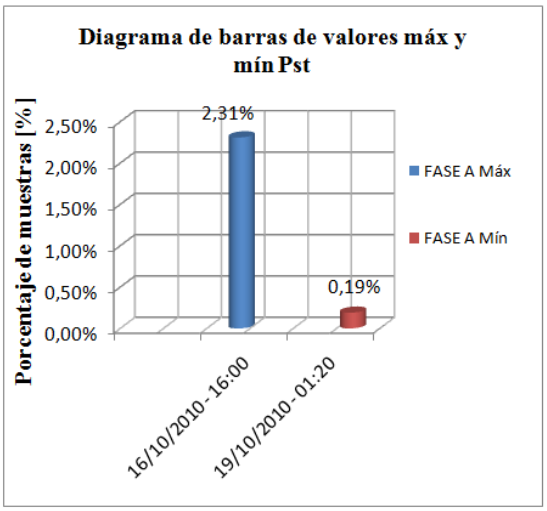

Figura 681. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.10.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 254. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

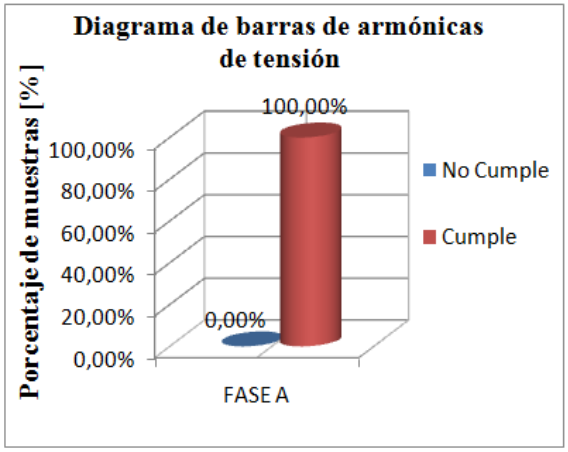

Figura 682. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 255. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
16/04/2010 - 03:30		1.41
22/04/2010 - 10:00	7.55	

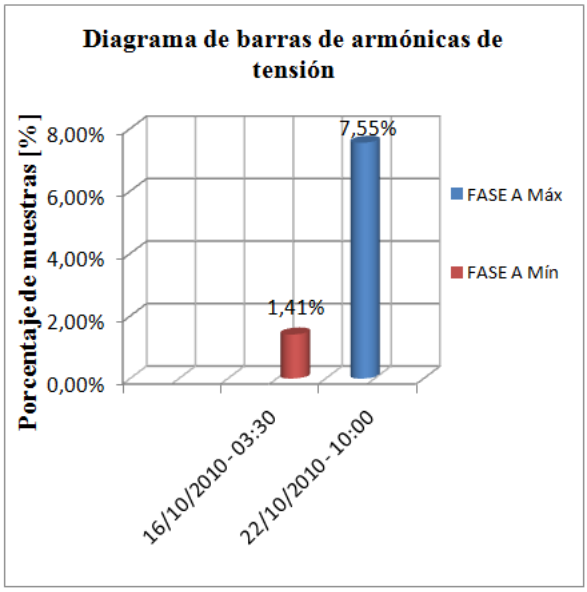

Figura 683. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.2.10.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 256. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	115
88.60%	11.40%

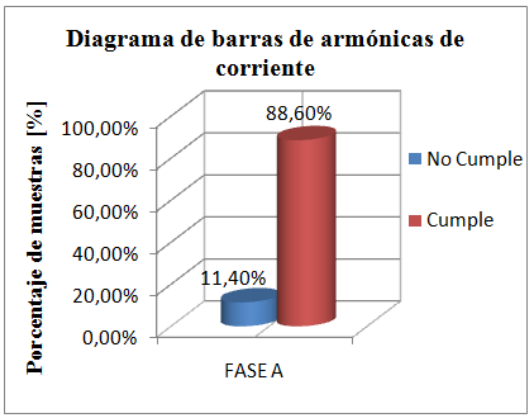

Figura 684. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 257. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
16/04/2010 - 08:50	74.6	
19/04/2010 - 04:40		0.0

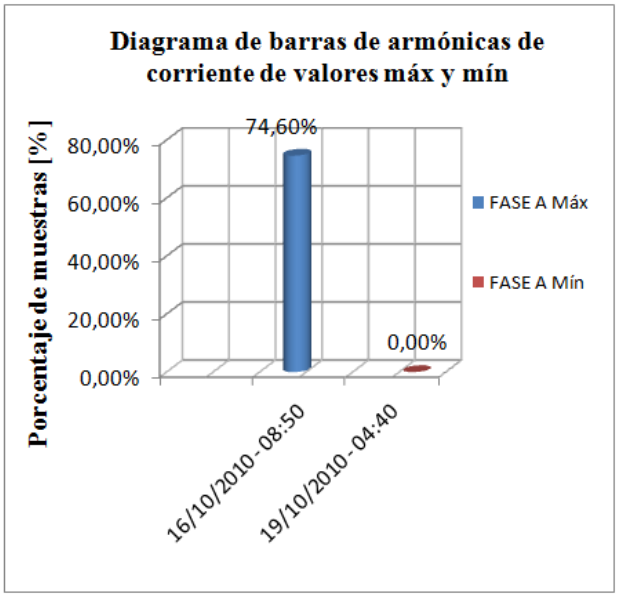

Figura 685. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.10.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 258. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
62.60	63.11

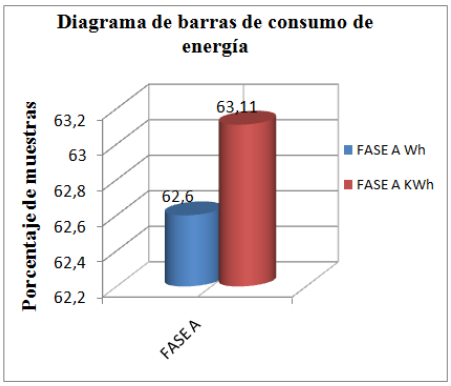

Figura 686. Consumo de energía de las fases A [Wh].

Tabla # 259. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
19/04/2010 - 04:40		0.00
19/04/2010 - 19:30	196.4	

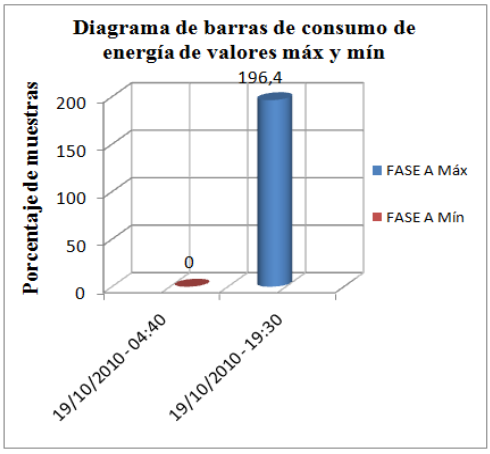

Figura 687. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.10.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 260. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
16/04/2010 - 03:20	1.00	
20/04/2010 - 02:50		0.57

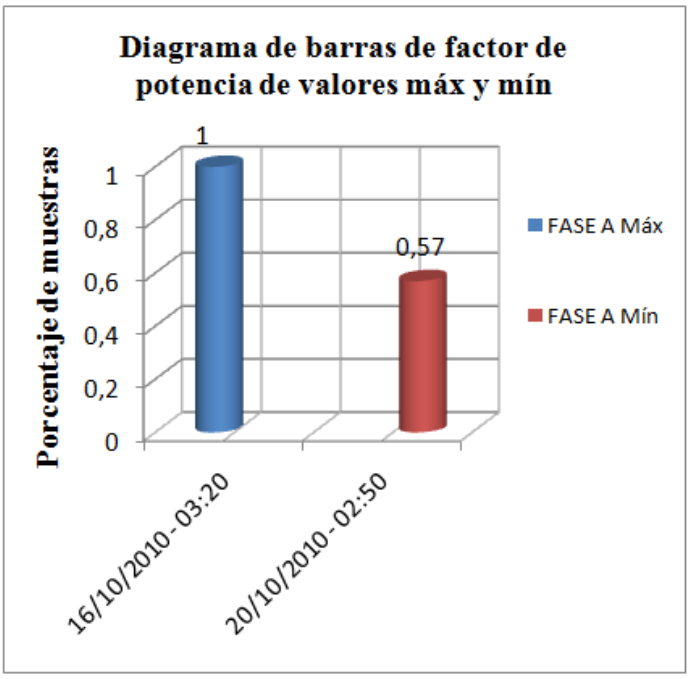

Figura 688. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.2.11. Tabulación de datos del usuario 3927258.

Este es un usuario que tiene instalado una acometida monofásica, el cual se encuentra alimentado desde el transformador 10528, el mismo que presenta servicio al señor Gómez Iñiguez Ángel, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.3.2.11.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 261. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	75
92.56%	7.44%

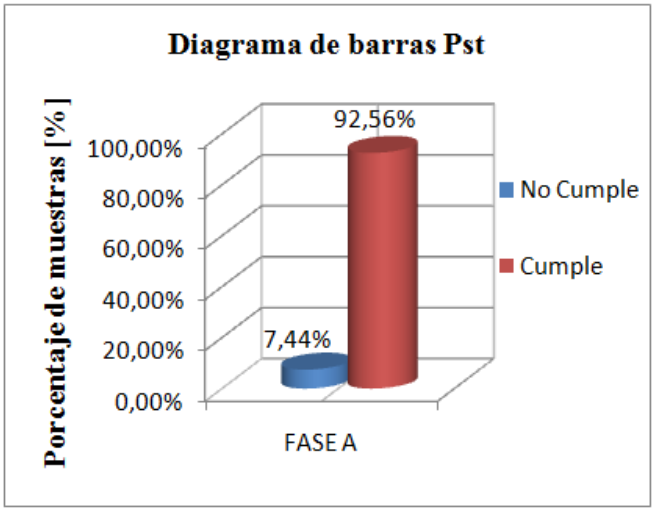

Figura 689. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 262. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
18/04/2010 - 03:50		0.16
20/04/2010 - 10:40	2.19	

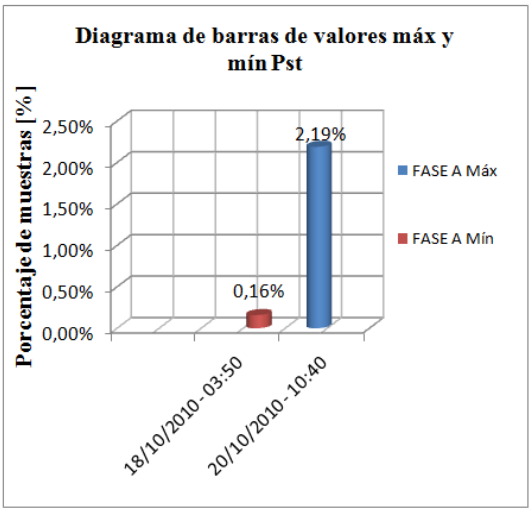

Figura 690. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.11.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 263. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

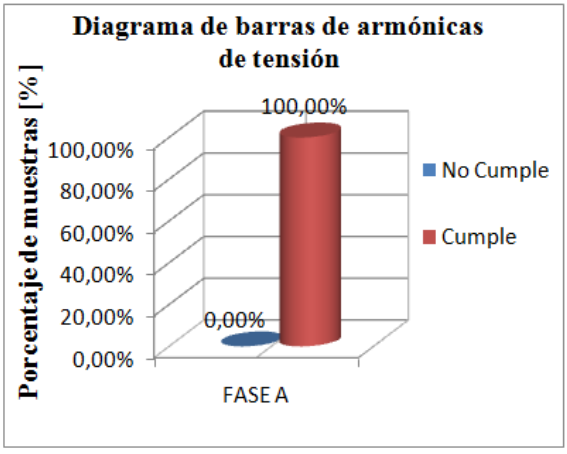

Figura 691. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 264. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
20/04/2010 - 06:00		0.72
20/04/2010 - 21:00	2.61	

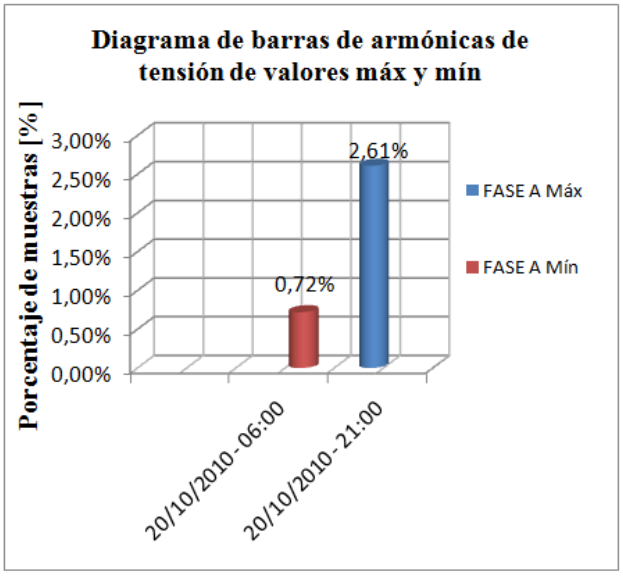

Figura 692. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.2.11.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 265. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	335
66.77%	33.23%

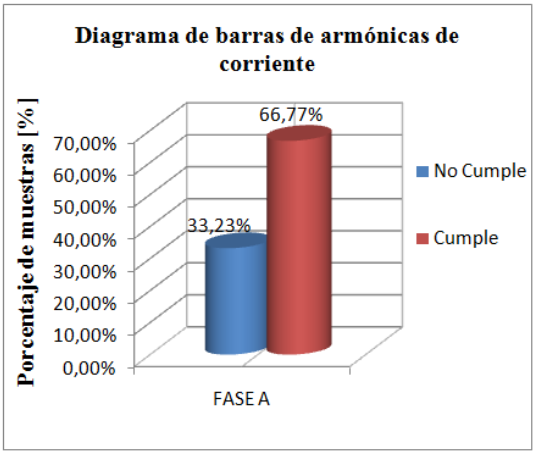

Figura 693. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 266. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
16/04/2010 - 00:00		0.0
16/04/2010 - 16:00	97.3	

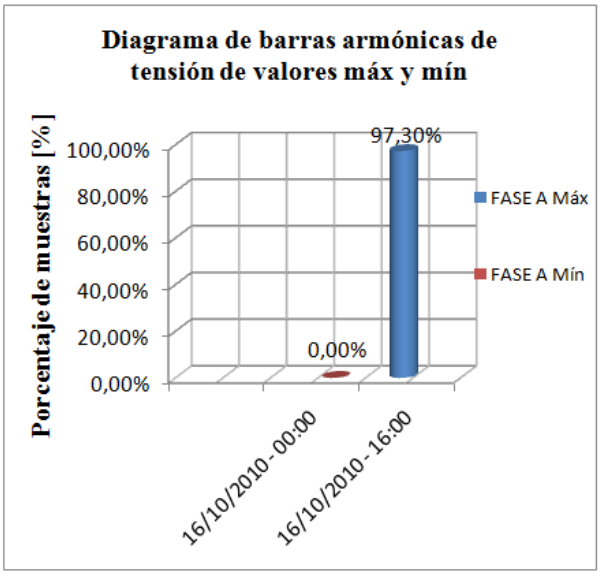

Figura 694. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.11.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 267. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
50.79	51.20

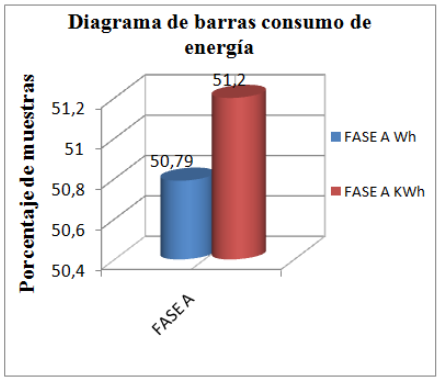

Figura 695. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 268. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
15/04/2010 - 20:00	300.73	
16/04/2010 - 00:00		0.00

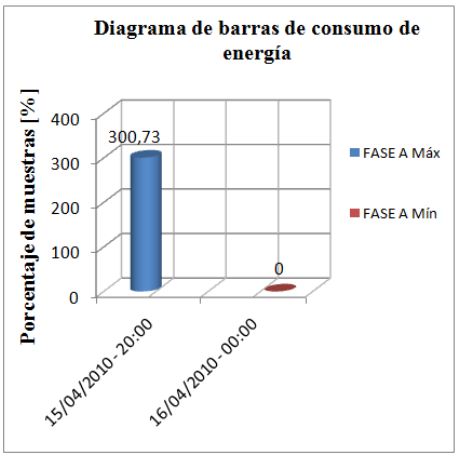

Figura 696. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.11.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 269. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
19/04/2010 - 13:00	1.00	
20/04/2010 - 17:10		0.49

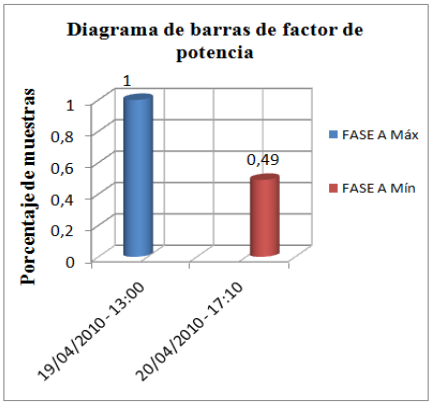

Figura 697. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.2.12. Tabulación de datos del usuario 1328970.

Este es un usuario con acometida monofásica, el cual se encuentra instalado en transformador 10374, el mismo que presenta servicio al señor Jaya Manuel Jesús, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 220 V fase – fase y 127 V fase – neutro.

3.3.2.12.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 270. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	848
15.87%	84.13%

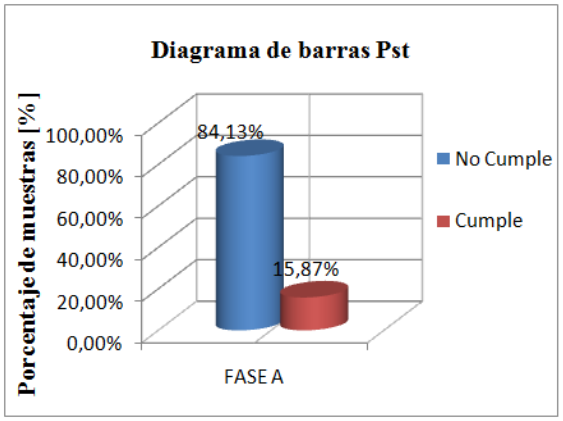

Figura 698. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 271. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}
17/04/2010 - 19:30	2.87	
21/04/2010 - 06:30		0.59

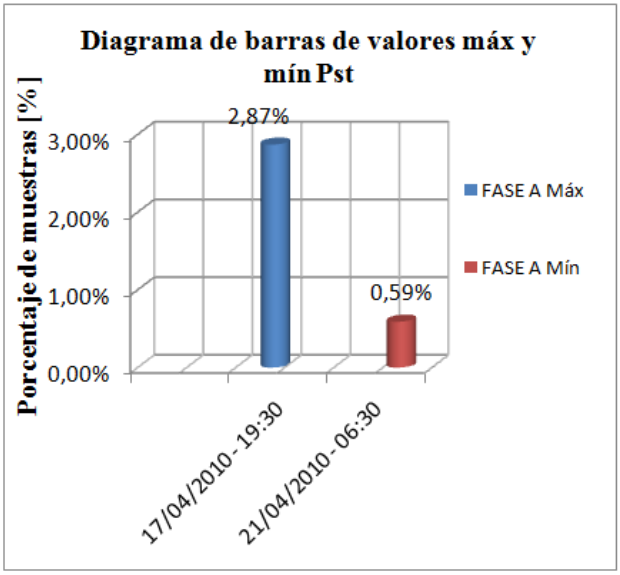

Figura 699. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.12.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 272. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

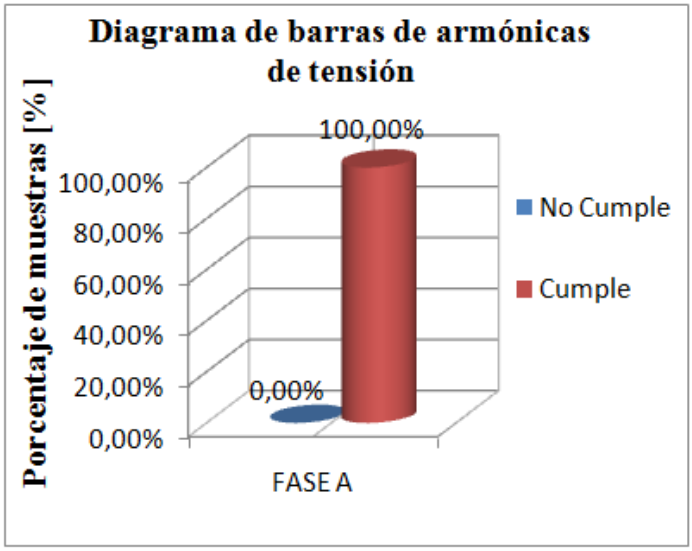

Figura 700. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 273. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	**Mín THD_V**
19/04/2010 - 20:50	4.13	
20/04/2010 - 04:10		0.86

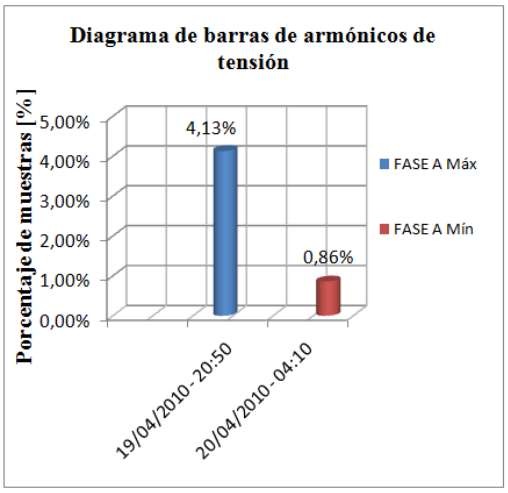

Figura 701. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.2.12.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 274. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	**Muestras □ al límite**
□ 20%	189
81.25%	18.75%

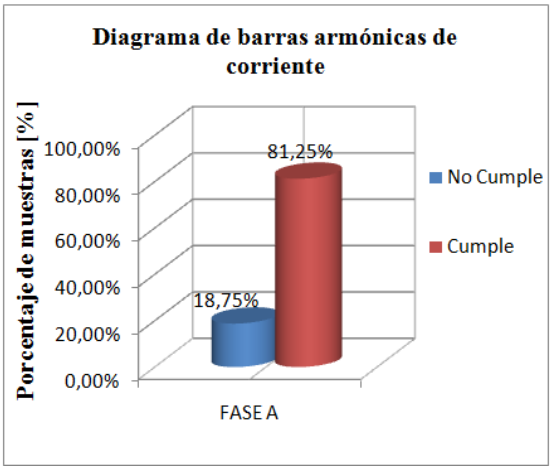

Figura 702. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 275. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
17/04/2010 - 05:10		2.92
17/04/2010 - 11:20	38.7	

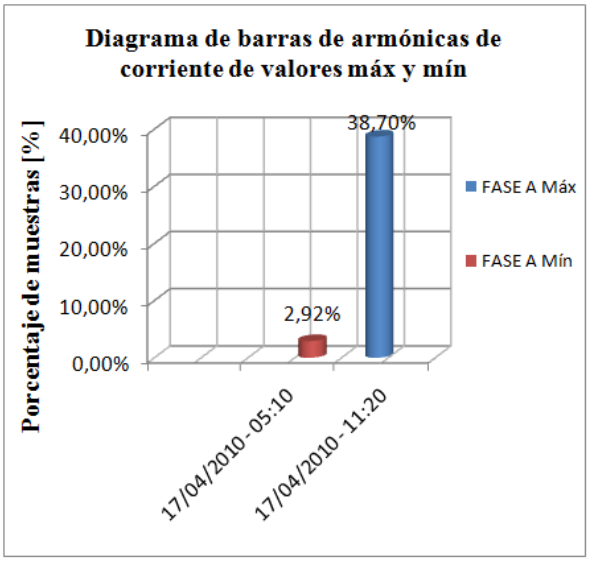

Figura 703. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.12.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 276. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	KWh
56.60	55.05

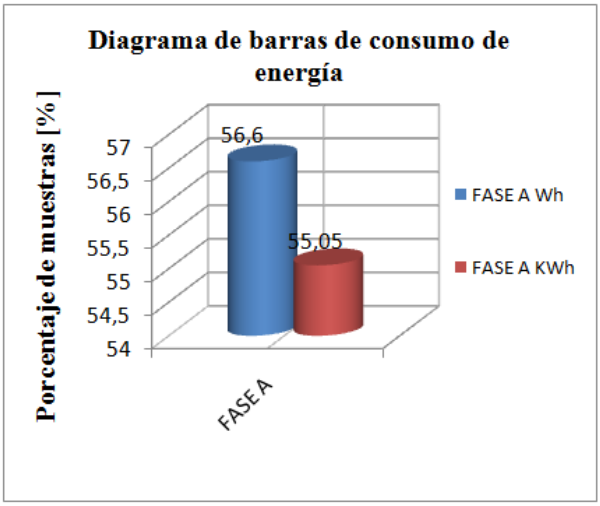

Figura 704. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 277. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
19/04/2010 - 10:00	116.30	
19/04/2010 - 12:20		39.20

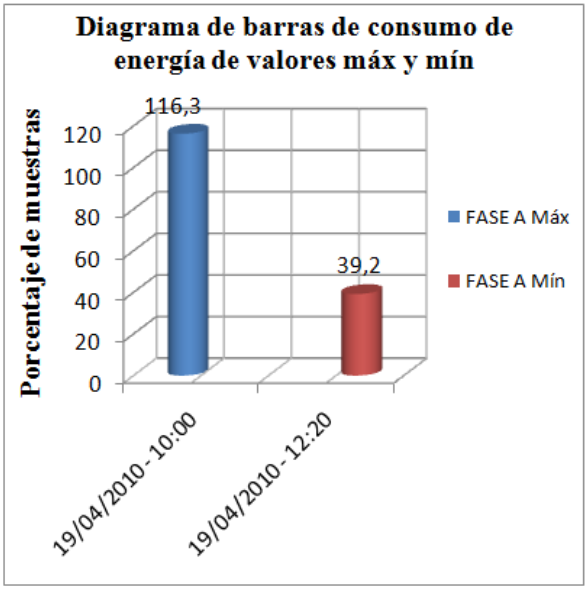

Figura 705. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.12.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 278. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
19/04/2010 - 10:10	0.85	
21/04/2010 - 14:50		0.42

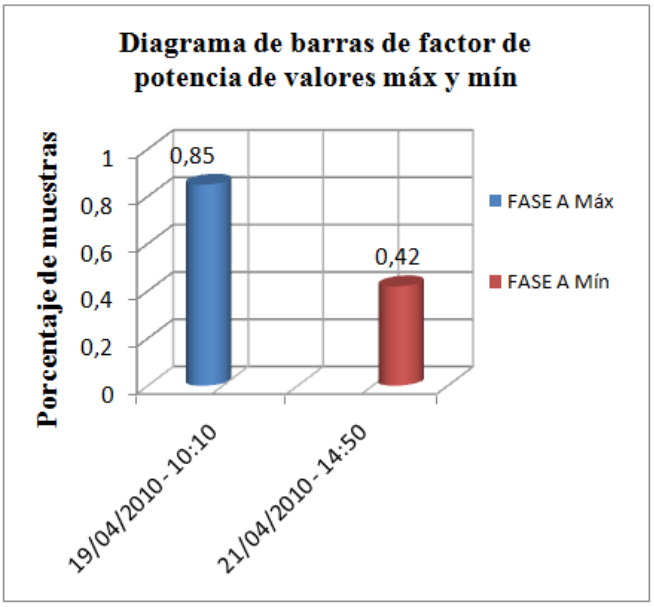

Figura 706. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.2.13. Tabulación de datos del usuario 1626936.

Este es un usuario con acometida monofásica, el cual se encuentra instalado en transformador 11548, el mismo que presenta servicio a la escuela Yungantza, se encuentra ubicado en la parroquia El Rosario perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.2.13.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 279. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	165
83.63%	16.37%

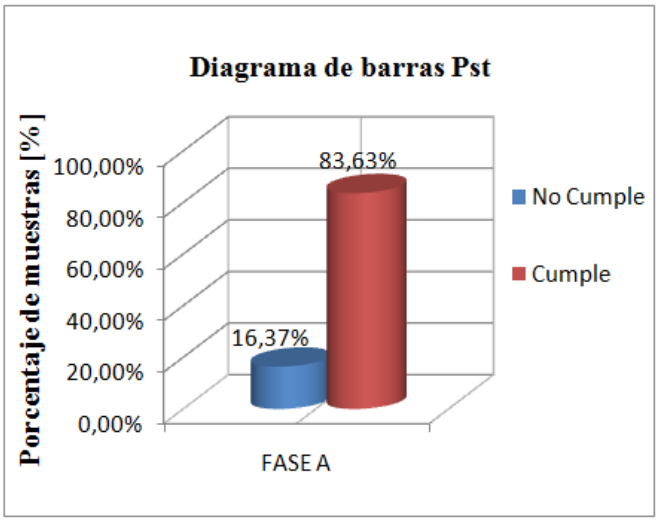

Figura 707. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 280. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
16/04/2010 - 23:50	1.00	
21/04/2010 - 06:10		0.66

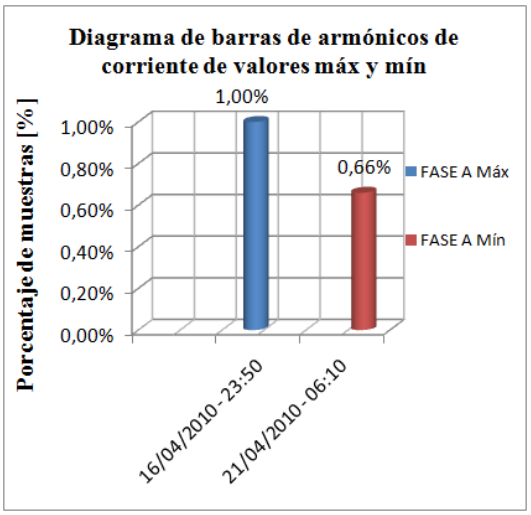

Figura 708. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.13.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 281. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

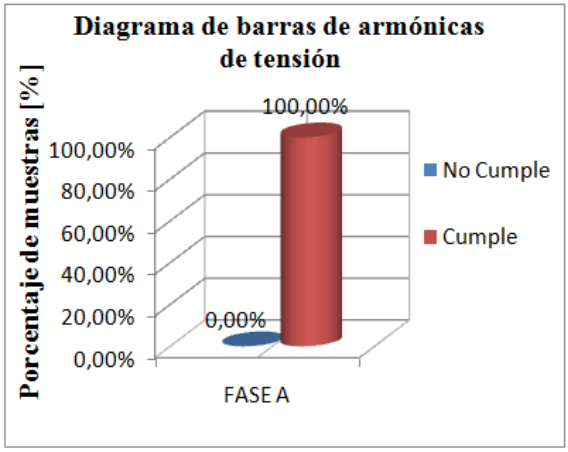

Figura 709. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 282. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
17/04/2010 - 05:50		0.00
18/04/2010 - 13:10	1.54	

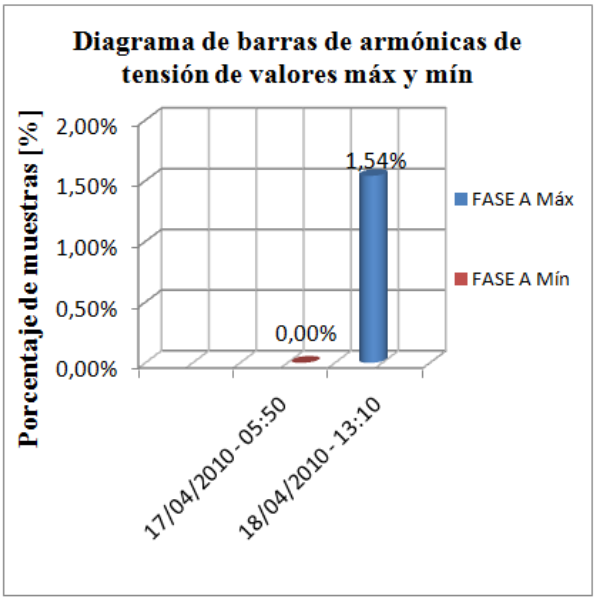

Figura 710. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.2.13.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 283. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	80
92.07%	7.93%

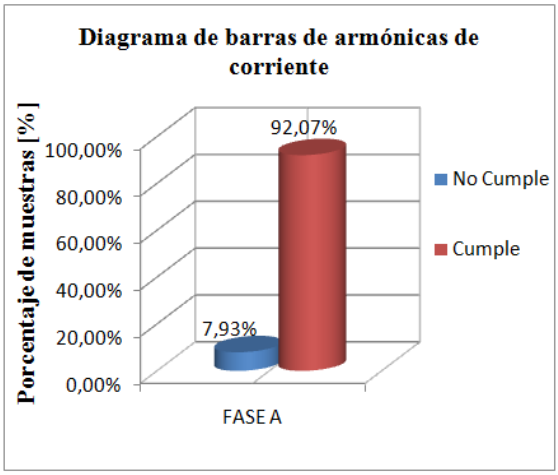

Figura 711. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 284. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
15/04/2010 - 09:20		0.00
20/04/2010 - 11:20	104.94	

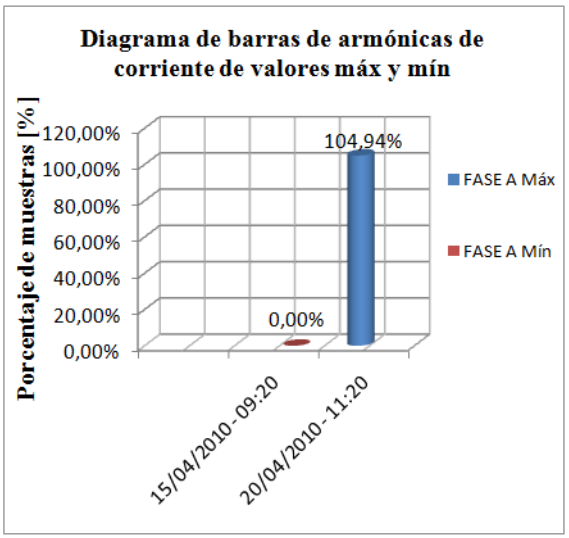

Figura 712. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.13.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 285. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
1.6	1.68

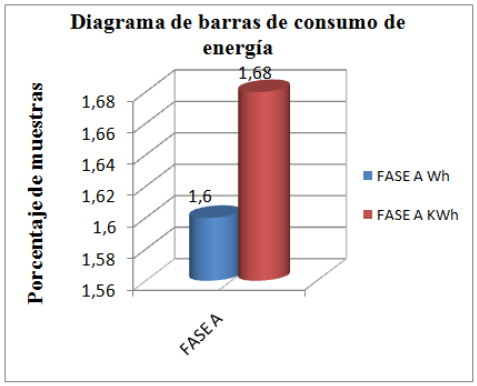

Figura 713. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 286. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
15/04/2010 - 09:20		0.00
20/04/2010 - 17:30	40.68	

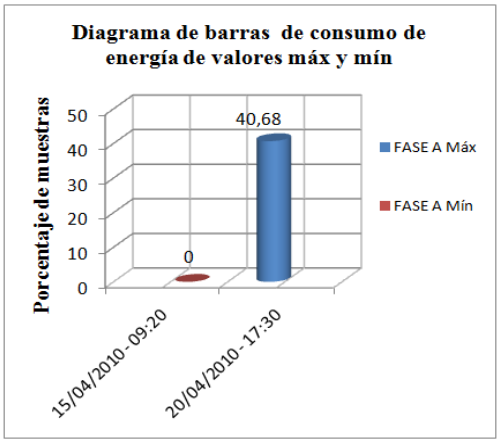

Figura 714. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.13.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 287. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
16/04/2010 - 23:50	1.00	
21/04/2010 - 06:10		0.66

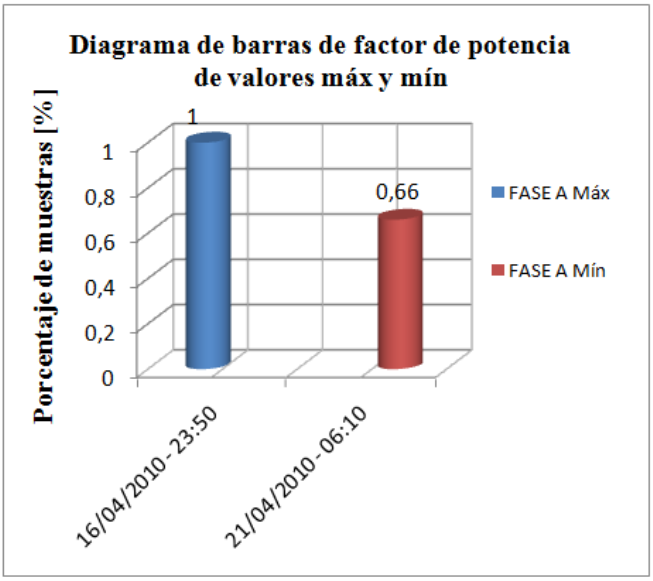

Figura 715. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.2.14. Tabulación de datos del usuario 2069904.

Este es un usuario con acometida monofásica, el cual se encuentra instalado en transformador 10356, el mismo que presenta servicio a la señora Tigre Chillogallo Rosa Elvira, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.2.14.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 288. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	13
98.71%	1.29%

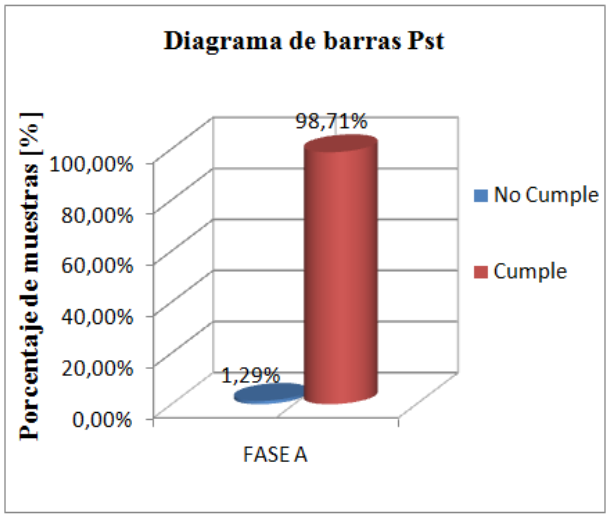

Figura 716. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 289. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
15/04/2010 - 15:30		0.00
17/04/2010 - 02:30	1.92	

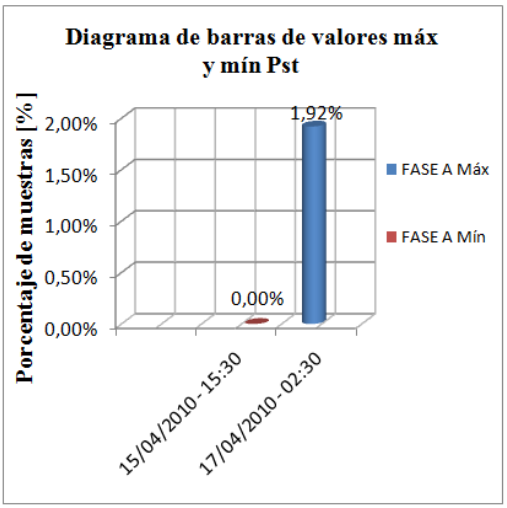

Figura 717. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.14.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 290. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

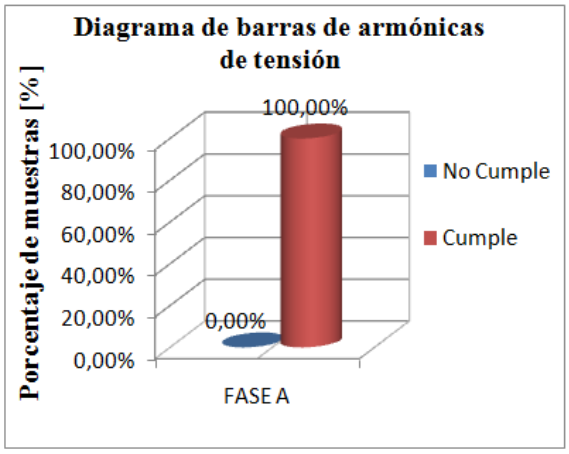

Figura 718. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 291. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
17/04/2010 - 19:30	2.02	
19/04/2010 - 10:00		0.06

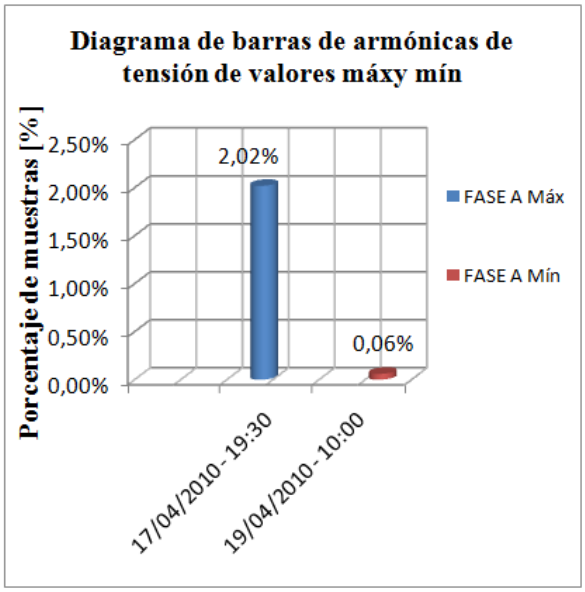

Figura 719. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.2.14.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 292. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	249
75.30%	24.70%

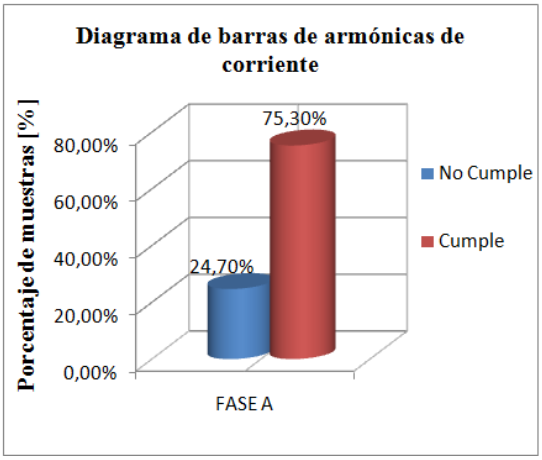

Figura 720. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 293. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
15/04/2010 - 17:50		0.00
16/04/2010 - 09:50	112.3	

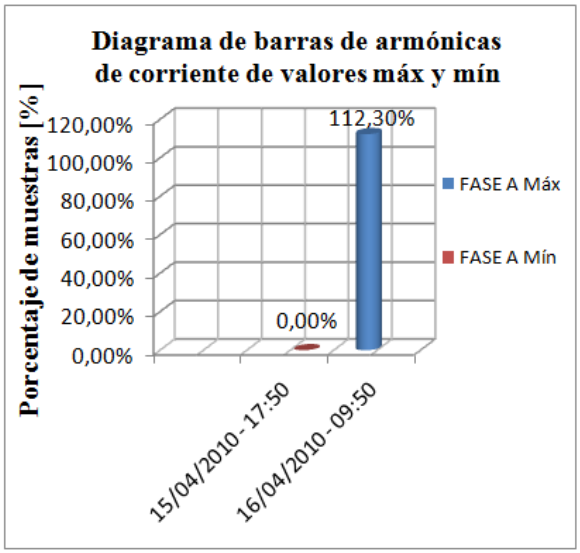

Figura 721. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.14.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 294. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
166.73	168.57

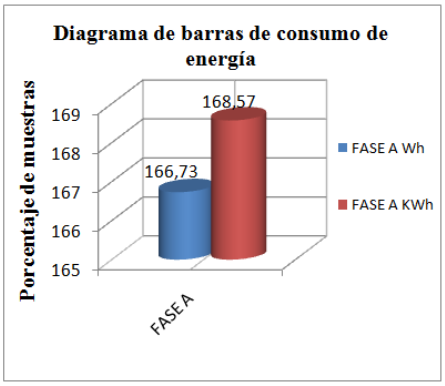

Figura 722. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 295. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
18/04/2010 - 06:30		-36.43
22/04/2010 - 05:10	757.96	

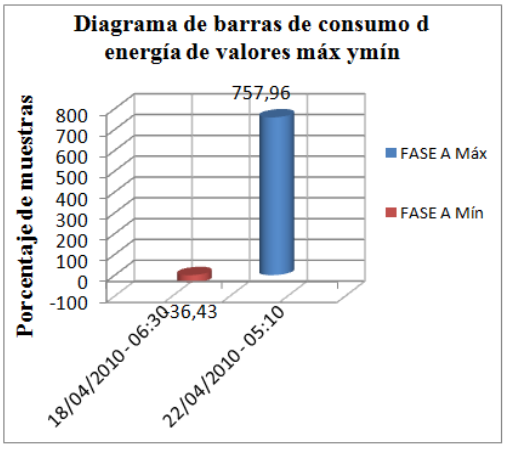

Figura 723. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.14.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 296. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
15/04/2010 - 22:00	1.00	
18/04/2010 - 07:30		0.004

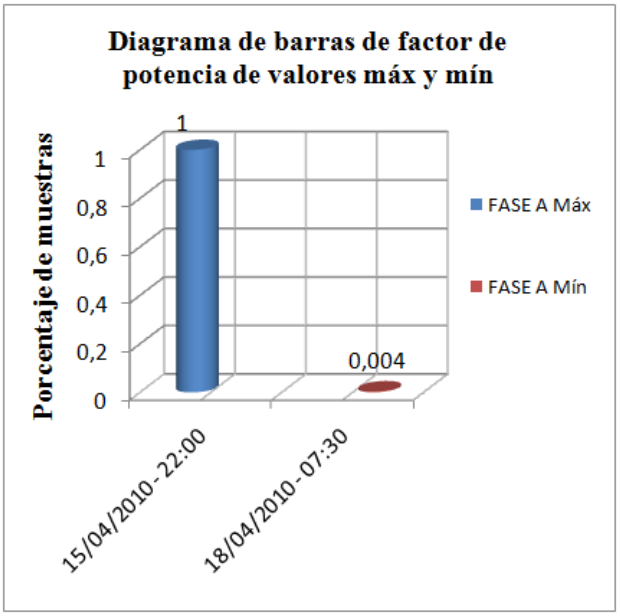

Figura 724. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.2.15. Tabulación de datos del usuario 3173507.

Este es un usuario con acometida monofásica, el cual se encuentra instalado en transformador 10954, el mismo que presenta servicio al señor Castillo Mora Antonio, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.2.15.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 297. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	16
98.41%	1.59%

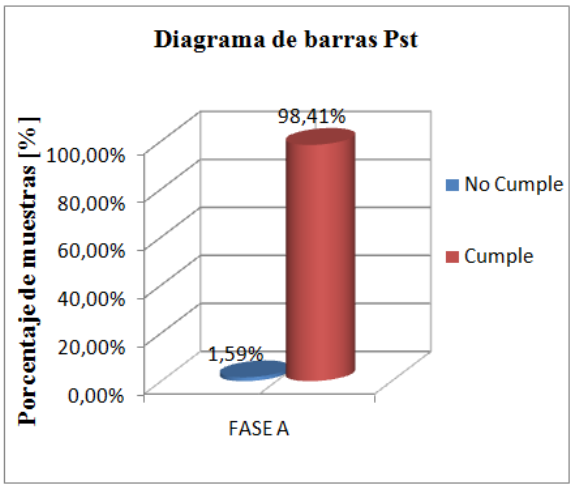

Figura 725. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 298. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
15/04/2010 - 13:20		0.00
22/04/2010 - 08:10	2.62	

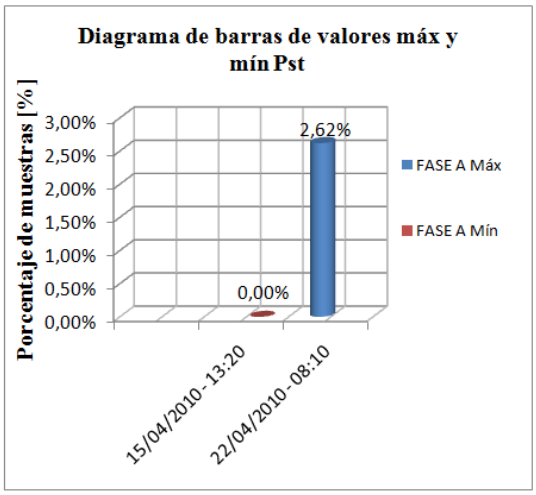

Figura 726. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.15.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 299. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	1008
0.0%	100.0%

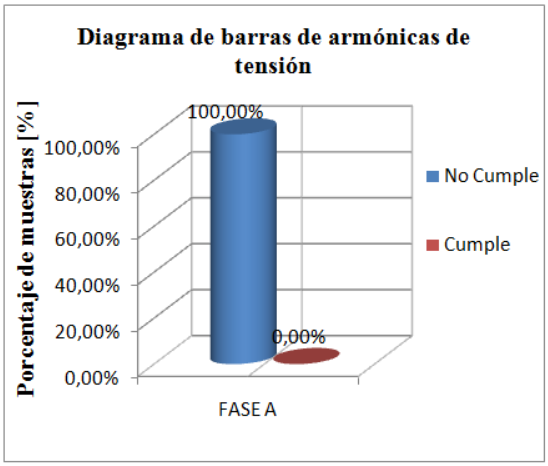

Figura 727. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 300. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
16/04/2010 - 15:20	35.98	
19/04/2010 - 08:20		35.62

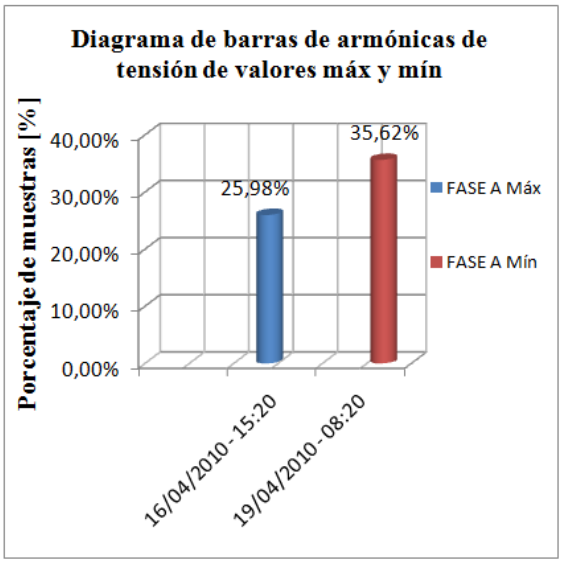

Figura 728. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.2.15.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 301. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras al límite
20%	722
28.38%	71.62%

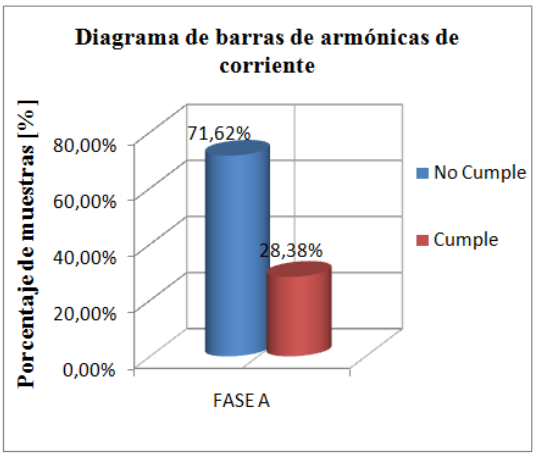

Figura 729. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 302. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
15/04/2010 - 18:30		0.00
16/04/2010 - 13:20	128.3	

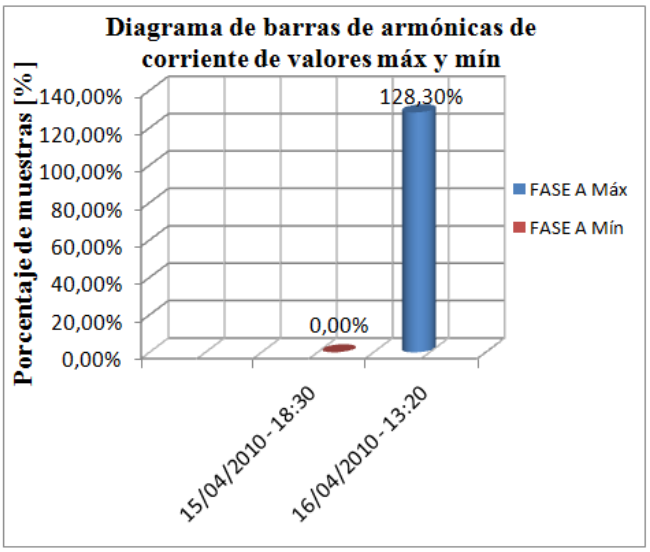

Figura 730. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.15.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 303. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
17.3	17.47

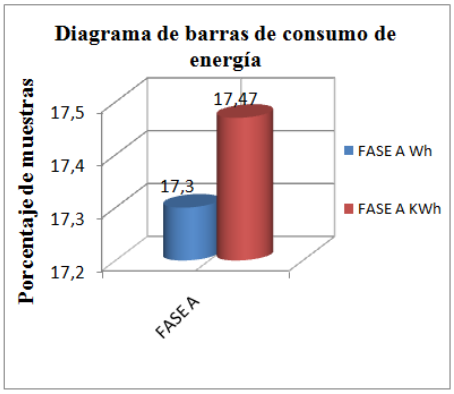

Figura 731. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 304. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
16/04/2010 - 01:30		-2.56
22/04/2010 - 08:10	80.23	

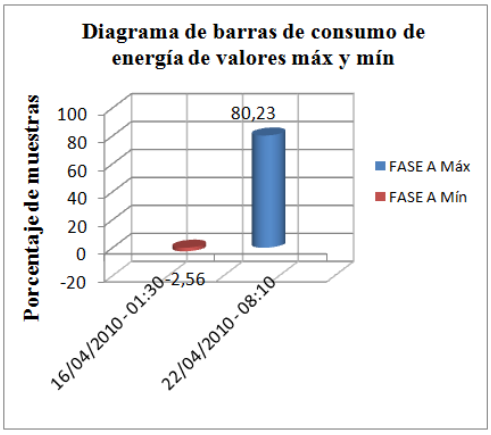

Figura 732. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.15.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 305. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
16/04/2010 - 04:00		0.33
16/04/2010 - 13:00	0.99	

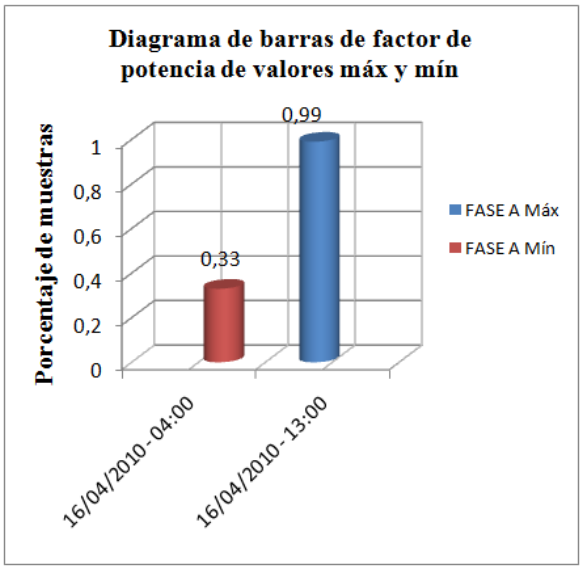

Figura 733. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.2.16. Tabulación de datos del usuario 3292612.

Este es un usuario con acometida monofásica, el cual se encuentra instalado en transformador 10912, el mismo que presenta servicio a la señora Naranjo Piña Narcisa de Jesús, se encuentra ubicado en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.2.16.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 306. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	49
95.14%	4.86%

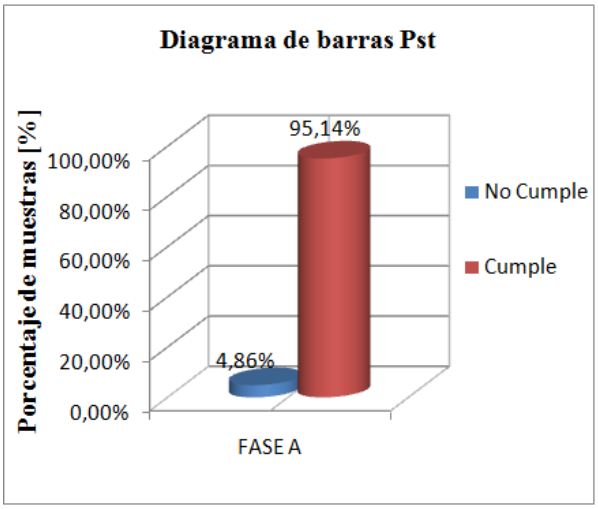

Figura 734. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 307. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
16/04/2010 - 10:40	2.37	
17/04/2010 - 13:40		0.17

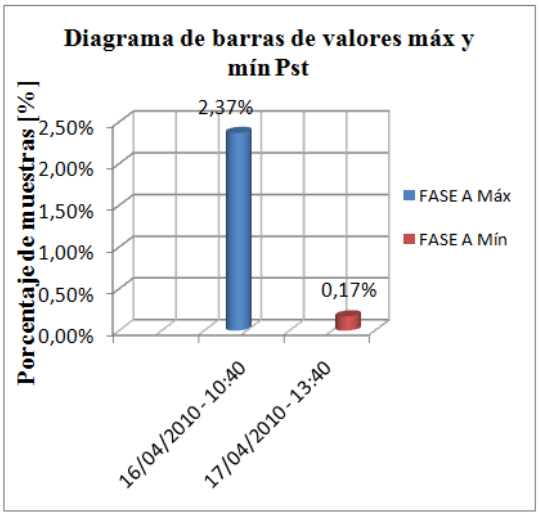

Figura 735. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.2.16.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 308. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

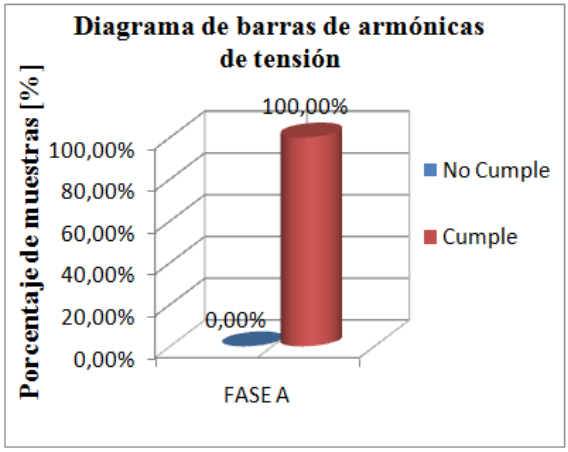

Figura 736. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 309. Fecha, hora de máximo y mínimo nivele de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
19/04/2010 - 19:20	3.16	
22/04/2010 - 05:50		0.35

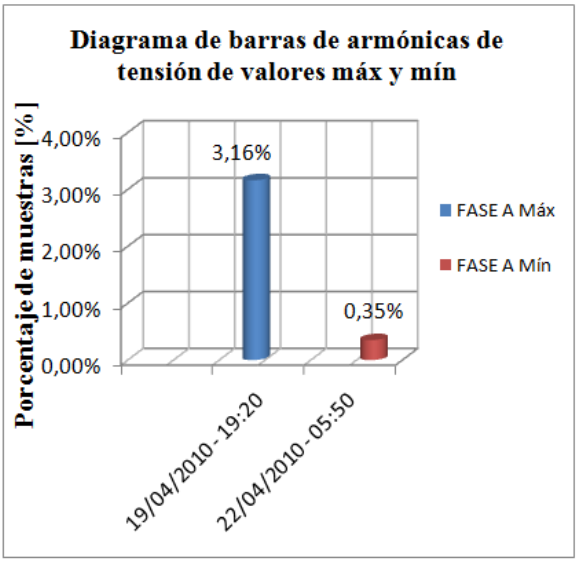

Figura 737. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.2.16.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 310. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras al límite
20%	488
51.59%	48.41%

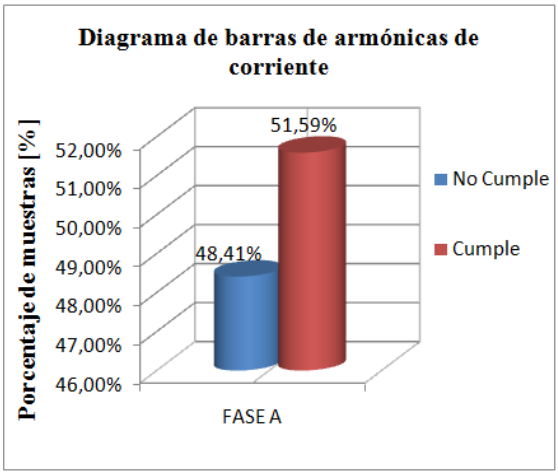

Figura 738. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 311. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
18/04/2010 - 00:50		4.65
20/04/2010 - 10:30	74.1	

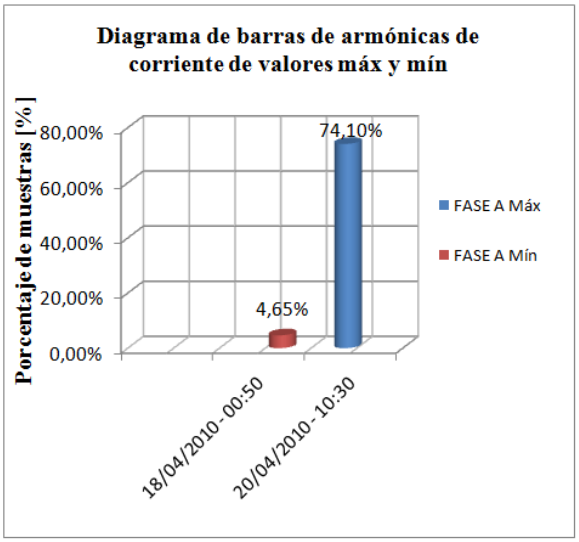

Figura 739. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.2.16.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 312. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
64.39	64.90

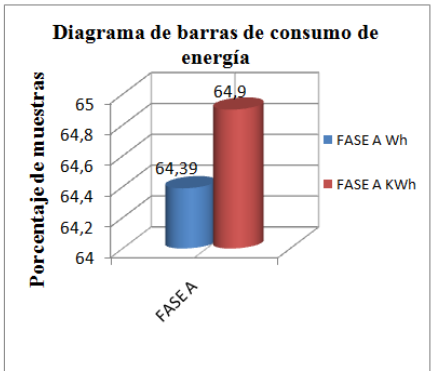

Figura 740. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 313. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
17/04/2010 - 06:10		12.41
19/04/2010 - 20:10	137.38	

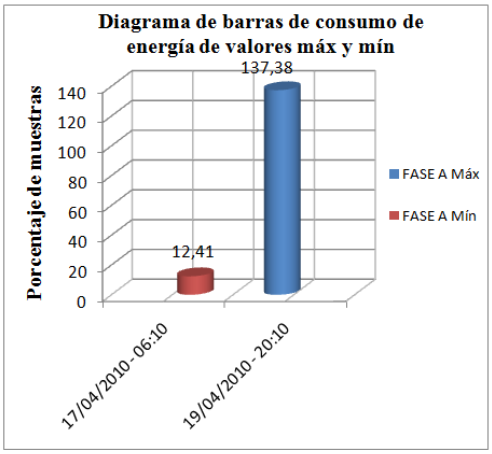

Figura 741. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.2.16.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 314. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
19/04/2010 - 09:30	1.00	
21/04/2010 - 03:20		0.65

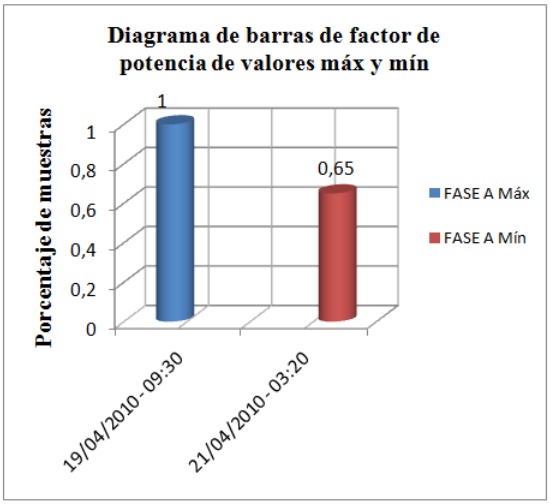

Figura 742. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.3. Recolección de datos de los usuarios del alimentador 2312.

3.3.3.1. Usuario 3595225.

Este es un usuario que tiene una acometida monofásica, se encuentra instalado al transformador 10413, ubicado en una zona rural de la parroquia Pan de Azúcar del cantón Limón Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 59730, con 1008 muestras en total, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 12:50 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 15:10, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.3.1.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 52 muestras mayores al límite (P_{st} 1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 5.16%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 94.84%), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. Su mayor muestra se presentó el día 24 de Octubre del 2010 a las 13:40, con un valor de $Pst = 3.93$ y el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 19:00, con un valor de $Pst = 0{,}0$, teniendo un promedio de $Pst = 0{,}41\ [p.u]$ de todas las mediciones.

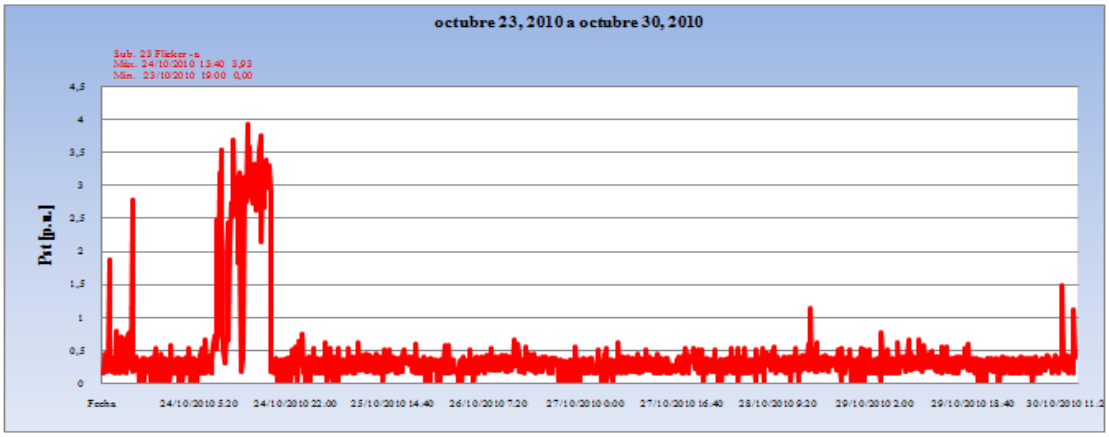

Figura 743. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

En conclusión, los flickers que superaron el límite de este usuario fueron debido a causas de caida de tensión o problemas aguas arriba, los mismos se presentaron el día 24 de Octubre a partir de las 08:30 hasta las 17:50 de 2010.

3.3.3.1.3 THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de

muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ \ es\ 100\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ \ es\ 0.0\%$), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 36.01$ en la fecha 23 de Octubre del 2010 a las 21:20 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 35.66$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 00:00.

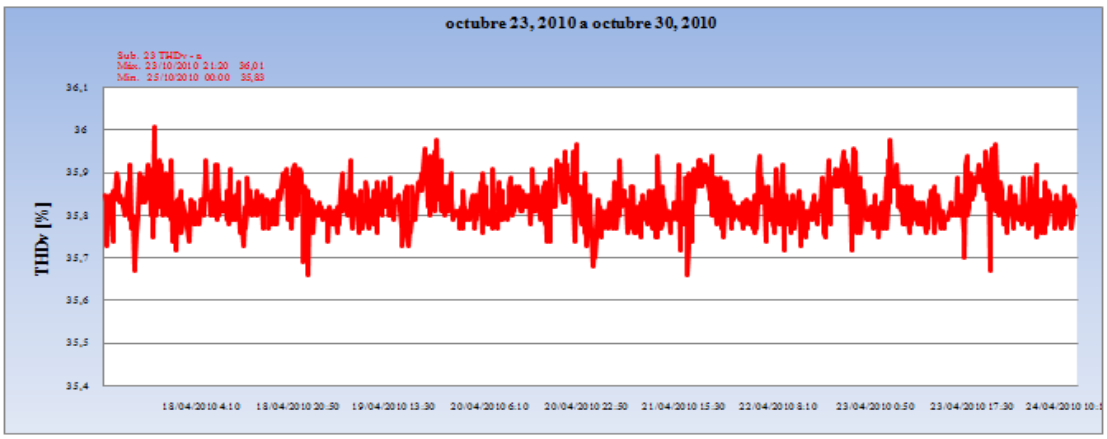

Figura 744. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Este usuario presenta altos niveles de armónicas de tensión, debido a las cargas que tiene instalado a la red de este transformador debiendo ser mejoradas lo más pronto para evitar daños a equipos y a su vez no cause problemas a la empresa suministradora.

3.3.3.1.2. Factor de Potencia: Fase A.

Finalmente, se va a determinar el factor de potencia de la fase se tiene un $Fp = 1$ a pesar que sus índices de armónicas de tensión están por fuera del límite establecido este a su vez esta bajo la norma establecida estando con un factor de potencia constante durante los días de medición realizados.

Nota: Debido a que el equipo no guardo los demás datos se utiliza para el análisis se concluye que este usuario tiene problemas en cuanto a flicker, armónicas de tensión y se puede deducir que también presenta fallas en armónicas de corriente a pesar que mantiene un buen factor de potencia.

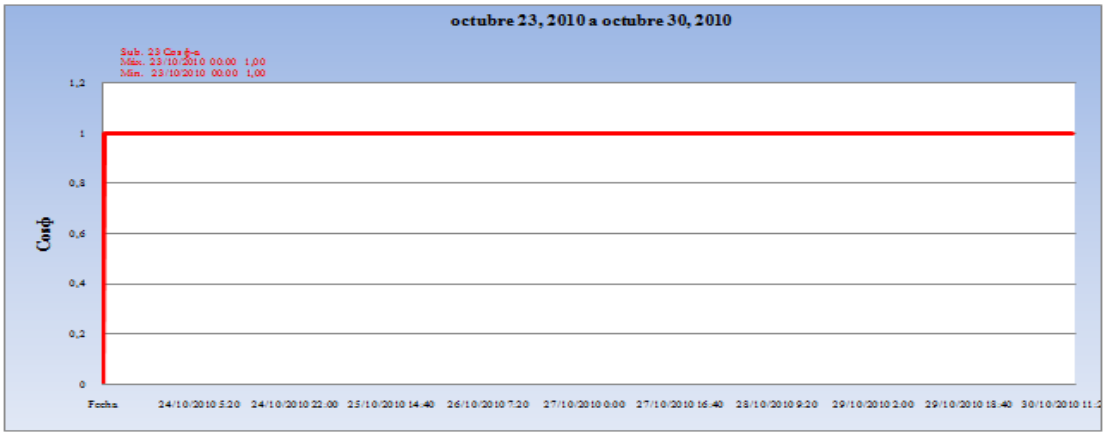

Figura 744. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

3.3.3.2. Usuario 3093325.

Este es un usuario que tiene una acometida monofásica, se encuentra instalado al transformador 10766, ubicado en una zona rural de la parroquia San Juan Bosco del cantón Limón Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 59740, con 1008 muestras en total, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 08:30 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 08:20, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.3.2.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 2 muestras mayores al límite (P_{st} □1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (□ 1 p.u. 0.20%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.80%), lo que se concluye que si cumple con la regulación, además su máximo valor se presenta el día 28 de Octubre del 2010 a las 11:00, con un valor de $Pst = 1{,}06$ y el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 19:20, con un valor de $Pst = 0.0$, teniendo un promedio de $Pst = 0.15\ [p.u]$ de todas las mediciones.

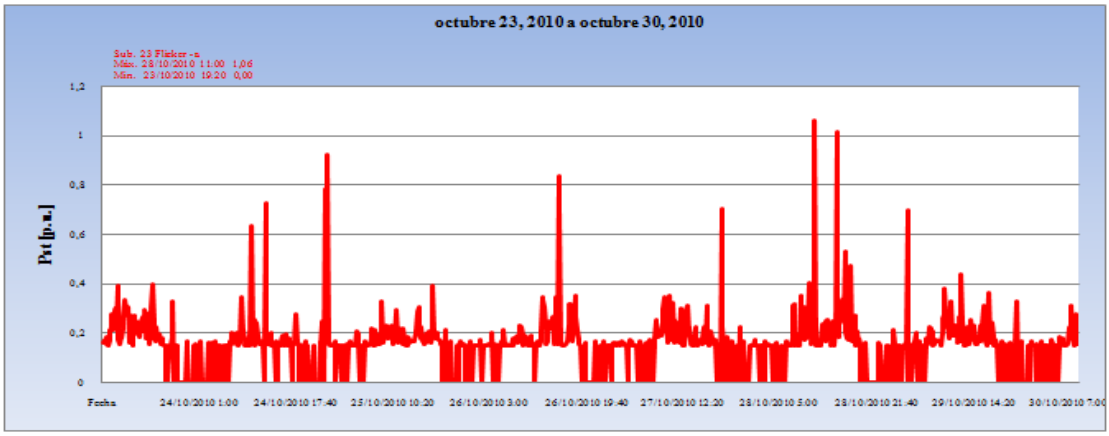

Figura 745. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

En conclusión, los flickers que superaron el límite de este usuario fueron debido a causas de cortas caidas de tensión o fallas aguas arriba, los mismos se presentaron el día jueves 28 de Octubre de 2010 en horas del medio día con algunos picos altos en instantes debido a fallas en la red.

3.3.3.2.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 3.48$ en la fecha 27 de Octubre del 2010 a las 19:20 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 1.41$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 09:30.

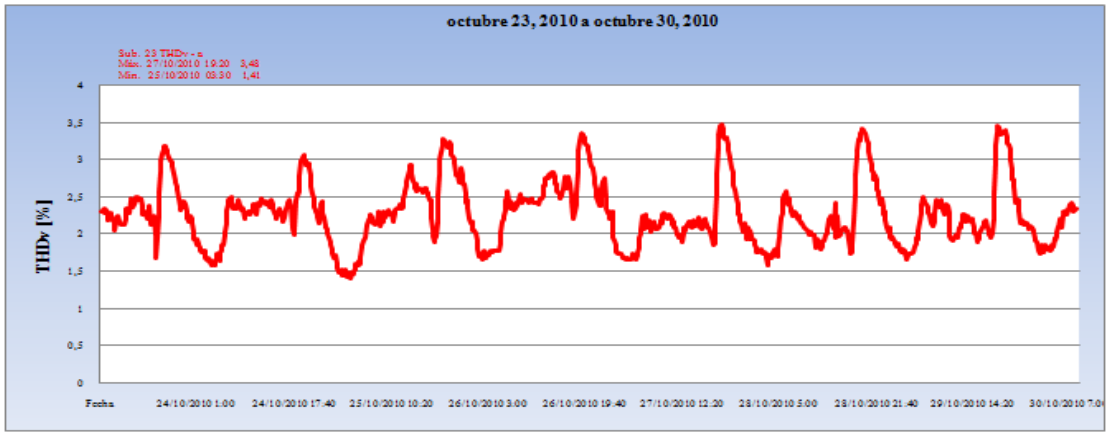

Figura 746. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Este usuario presenta niveles de armónicas de tensión bajos por lo que no representa mayor generación de armónicos que influya en la calidad de energía de este transformador hacia la red ni al usuario final.

3.3.3.2.3. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, se tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 42.47\,[Wh]$ el día 23 de Octubre a las 19:10 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\,[Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 10:10, con un consumo total de $Wh = 5.49\,[KWh]$, teniendo un promedio de $Wh = 5.44\,[Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

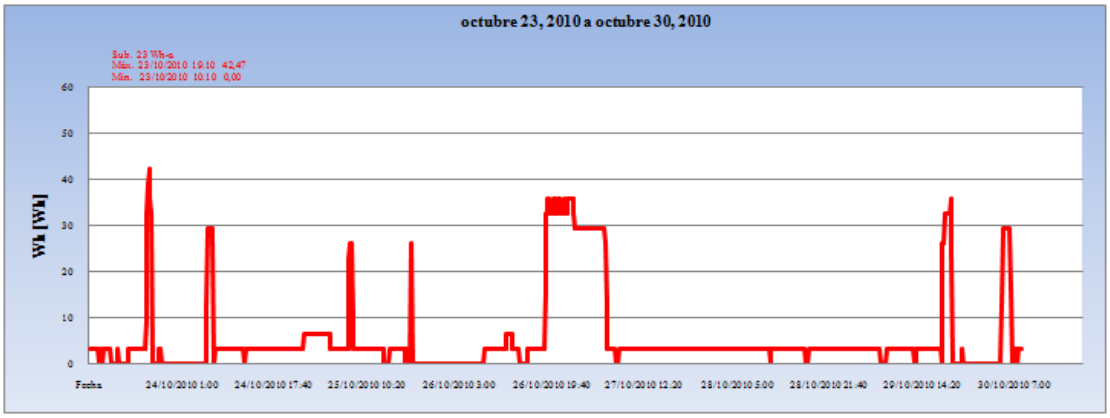

Figura 747. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observa en la gráfica, el consumo de energía de este usuario es bajo, en donde el día martes 26 de Octubre de 2010 existe un consumo durante todo el día.

3.3.3.2.4. Factor de Potencia: Fase A.

Ahora se va a determinar el factor de potencia de este usuario, el cual se mantiene en un promedio de $Fp = 0.99$ su valor máximo es de $Fp = 1$ que se presentó el día 23 de Octubre de 2010 a las 08:30 y un valor mínimo de $Fp = 0.5$ el día 23 de Octubre a las 21:00 de 2010.

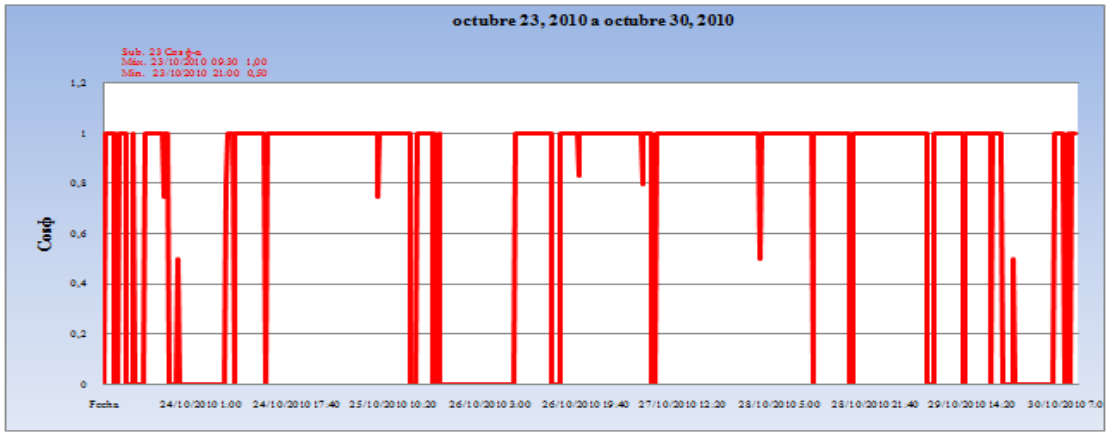

Figura 748. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

Como se puede observar en la gráfica, la curva varía según el consumo de potencia, pero en promedio el factor de potencia se mantiene un valor muy cercano a $Fp = 1$ cumpliendo con la regulación establecida.

3.3.3.3. Usuario 1370154.

Este es un usuario que tiene una acometida monofásica, se encuentra instalado al transformador 10127, ubicado en una zona rural de la parroquia San Juan Bosco del cantón Limón Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 83574, con 1008 muestras en total, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 11:00 y

culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 10:50, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.3.3.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 457 muestras mayores al límite (P_{st} 1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 45.34%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 54.66%), por lo que se concluye que no cumple con la regulación, además su máximo valor se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 12:10, con un valor de $Pst = 2{,}34$ y el valor mínimo se presenta el día 24 de Octubre del 2010 a las 02:50, con un valor de $Pst = 0.20$, teniendo un promedio de $Pst = 1.03\ [p.u]$ de todas las mediciones.

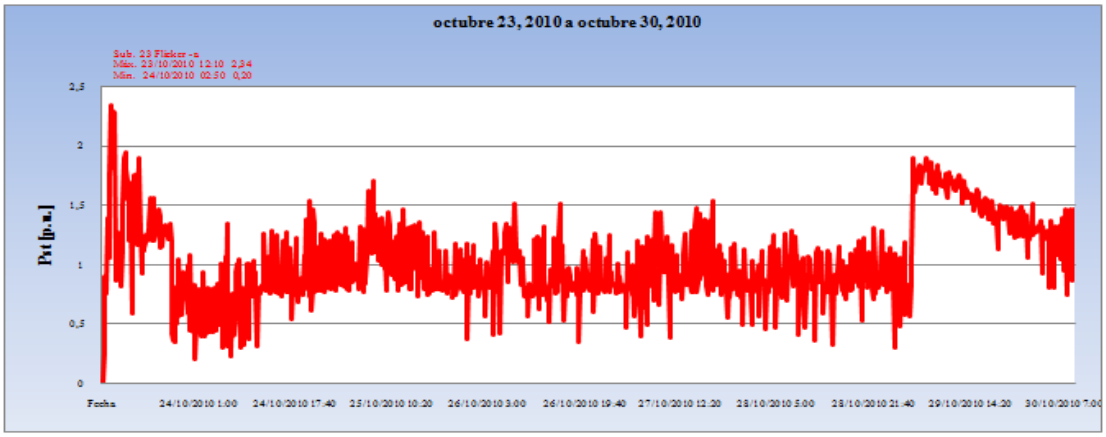

Figura 749. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Los flickers presentes en este usuario se presentaron durante todos los días que se realizaron las mediciones, con la diferencia que el día domingo 24 de Octubre de 2010, existe menos presencia de flickers, además hay una constante cantidad de flicker debido a causa de las cargas conectadas a esta acometida y por ende causando algunos problemas al usuario a las cargas y a la empresa suministradora.

3.3.3.3.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 3.90$ en la fecha 28 de Octubre del 2010 a las 19:50 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 1.40$ en la fecha 24 de Octubre del 2010 a las 04:50.

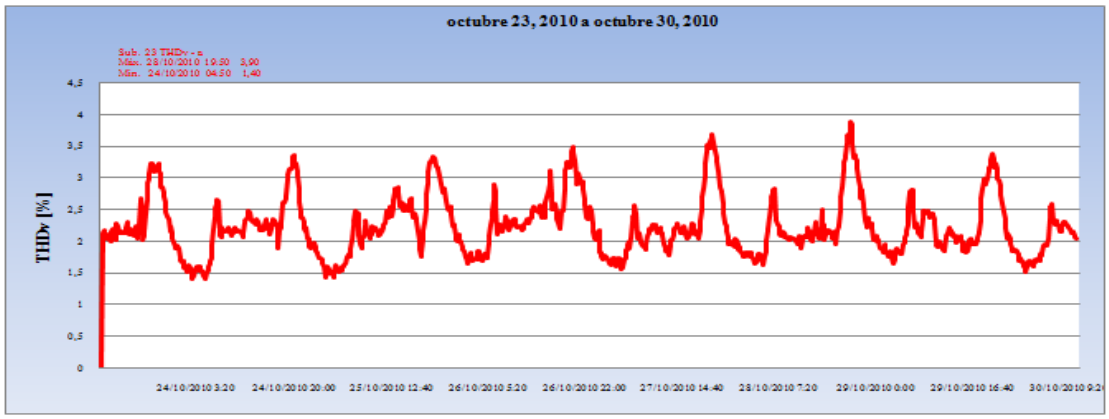

Figura 750. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Este usuario presenta niveles de armónicas de tensión satisfactorios, ya que no provocan mayores molestias al usuario, a las cargas conectadas y a la empresa suministradora.

3.3.3.3.3. THD_I [%]: Fase A.

Primero se graficará para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por la fase A, con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 0.69 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 99.31 %), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida, además el valor máximo registrado de $THD_I = 33.5$ en la fecha 27 de Octubre del 2010

a las 19:50 y el valor mínimo registrado de $THD_I = 0.0$ en la fecha 23 de Octubre del 2010 a las 11:50.

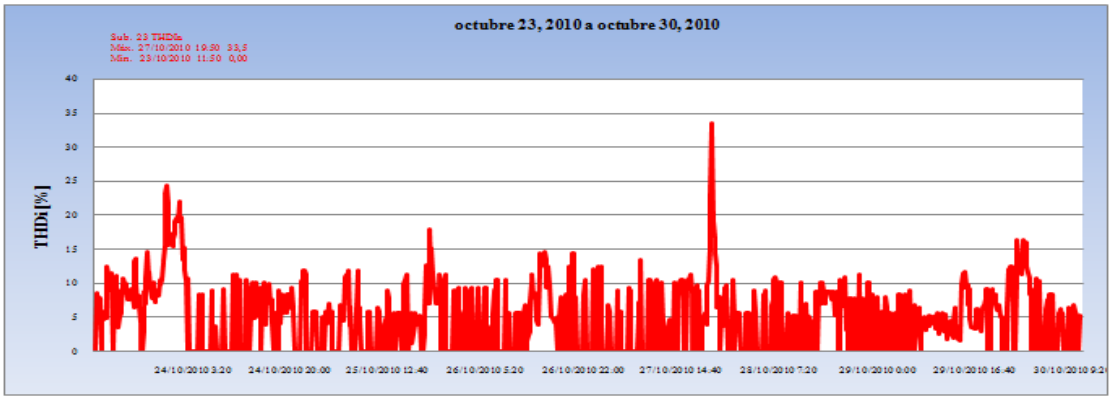

Figura 751. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Este usuario en armónicas de corriente esta debajo del límite permitido tiene unos picos de armónicas debido a la conexión de alguna carga grande en ese momento pero en general posee una cantidad constante de armónicas.

3.3.3.3.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A.

Al analizar el consumo de energía de este usuario, se tiene que su consumo máximo fue de $Wh = 1500\ [Wh]$ el día 25 de Octubre a las 19:00 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 11:50, con un consumo total de $Wh = 124.40\ [KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\ prom = 123.5\ [Wh]$.

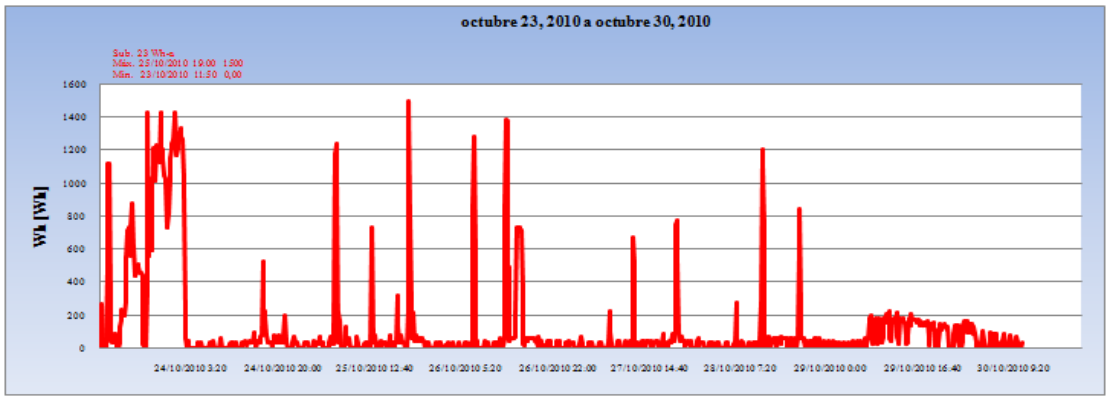

Figura 752. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

Como se puede observar en la gráfica, el mayor consumo de energía de este usuario se presentó el día sábado 23 a partir de las 20:00 hasta las 02:10 del día domingo 24 de Octubre de 2010, en cambio el día viernes 29 de 2010 se presenta un consumo mucho más estable durante todo el día.

3.3.3.3.5. Factor de Potencia: Fase A.

Ahora se va a determinar el factor de potencia de este usuario, el cual se mantiene en un promedio de $Fp = 0.94$, su valor máximo es de $Fp = 1$ que se presentó el día 23 de Octubre a las 11:50 y un valor mínimo de $Fp = 0.5$ el día 23 de Octubre a las 19:00.

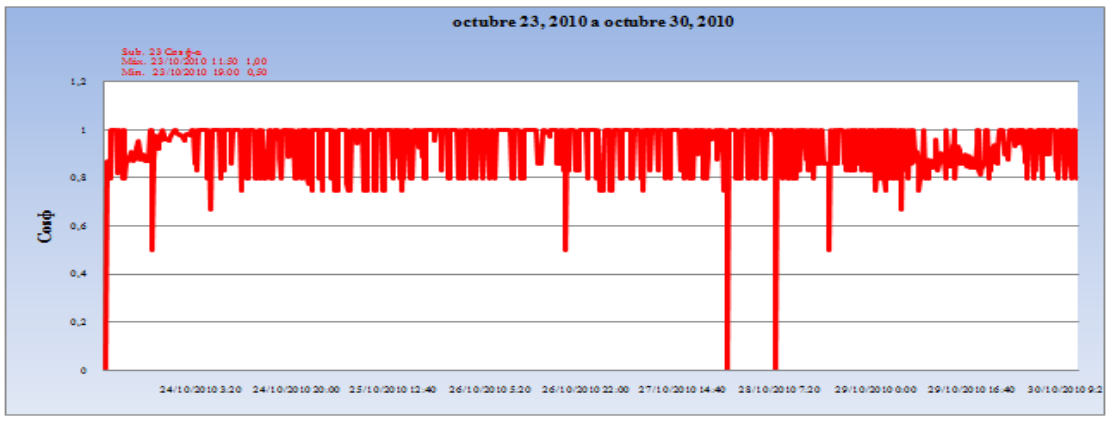

Figura 753. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

Como se puede observar en la gráfica, presenta un factor de potencia constante y este cumple con la regulación a pesar que algunos momentos tiene picos bajos debido a cargas que se conectan en ese momento a la red.

3.3.3.4. Usuario 1333665.

Este es un usuario que tiene una acometida monofásica, se encuentra instalado al transformador 10442, ubicado en una zona rural de la parroquia Indanza del cantón Limón Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Fluke 21287, con 1008 muestras en total, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 19:00 y culminando el

día 30 de Octubre de 2010 a las 18:50, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.3.4.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 2 muestras mayores al límite (P_{st} 1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.20%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.80%), lo que se concluye que si cumple con la regulación, además su máximo valor se presenta el día 30 de Octubre del 2010 a las 12:20, con un valor de $Pst = 1{,}08$ y el valor mínimo se presenta el día 29 de Octubre del 2010 a las 23:40, con un valor de $Pst = 0.0$, teniendo un promedio de $Pst = 0.37\ [p.u]$ de todas las mediciones.

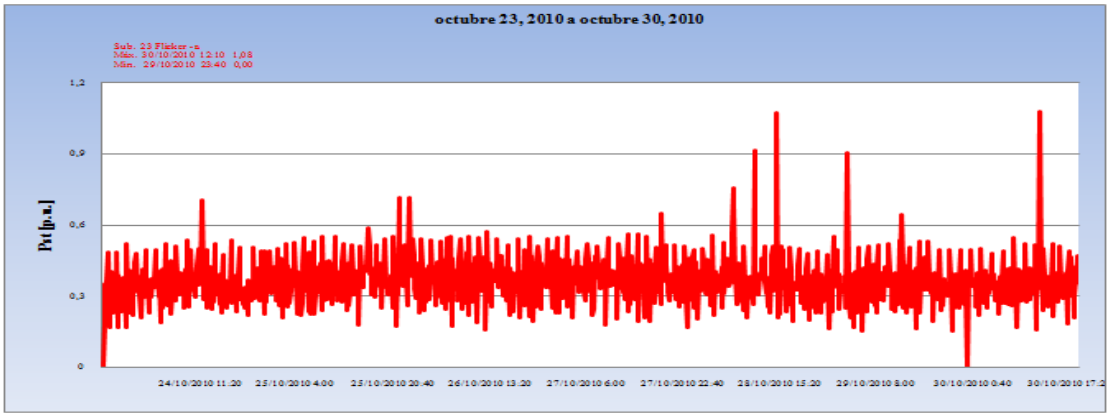

Figura 754. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Los flickers presentes en este usuario son a causa de la variación del nivel de voltaje de este transformador, teniendo un porcentaje bajo cumpliendo con el límite establecido.

3.3.3.4.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no

existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 3.0$ en la fecha 24 de Octubre del 2010 a las 19:10 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.85$ en la fecha 27 de Octubre del 2010 a las 02:30.

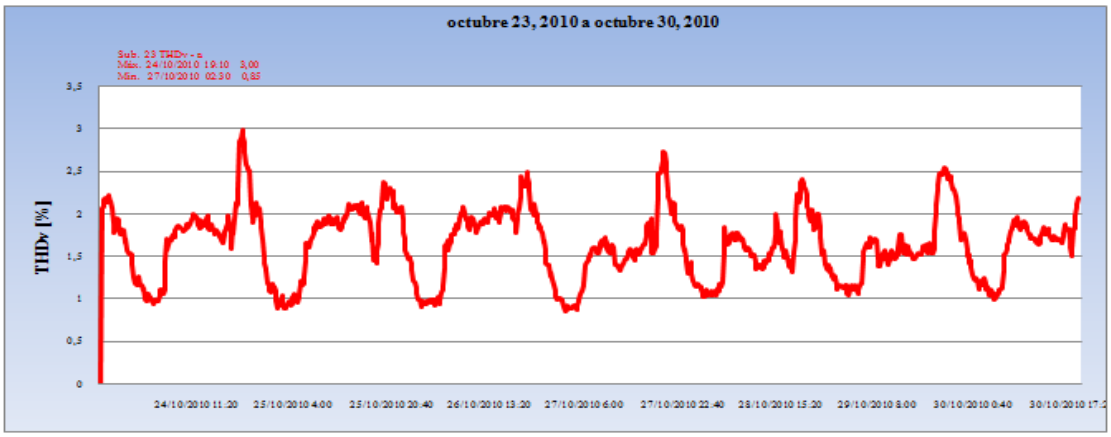

Figura 755. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Este usuario presenta niveles de armónicas de tensión bajas estando constantes en todo los días a pesar de esto se debe tener en consideración para una mejora debido a que puede causar problemas a las cargas o a su vez a la empresa suministradora.

3.3.3.5. Usuario 1333525.

Este es un usuario que tiene una acometida monofásica, se encuentra instalado al transformador 10432, ubicado en una zona rural de la parroquia Morona Santiago del cantón Limón Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 93262, con 1008 muestras en total, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 17:50 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 17:40, con un total de 168 horas de medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.3.5.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Primero se graficará para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe una muestra mayor al límite (P_{st} 1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 0.10%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 99.90%), lo que se concluye que si cumple con la regulación, además su máximo valor se presenta el día 30 de Octubre del 2010 a las 12:10, con un valor de $Pst = 1{,}24$ y el valor mínimo se presenta el día 23 de Octubre del 2010 a las 17:50, con un valor de $Pst = 0.0$, teniendo un promedio de $Pst = 0.12\ [p.u]$ de todas las mediciones.

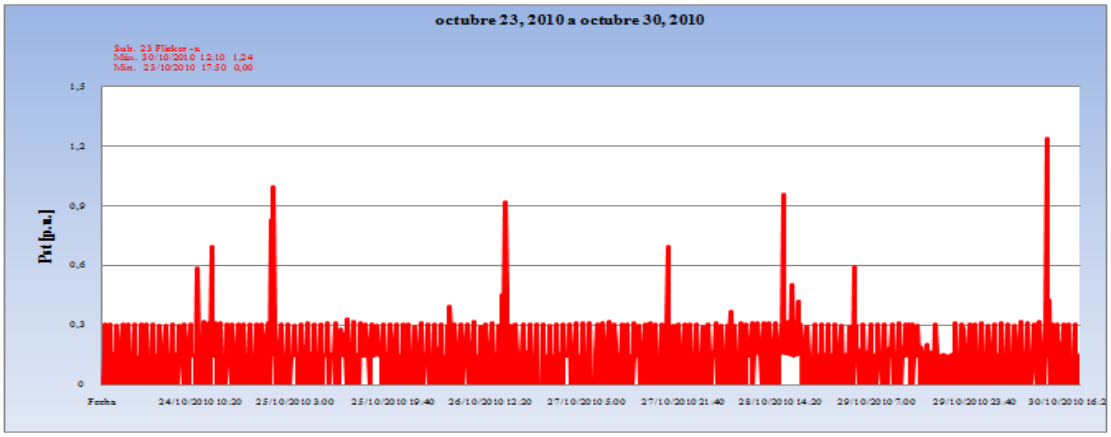

Figura 756. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Los flickers presentes en este usuario son a causa de la variación del nivel de voltaje, este a su vez esta constante en este usuario debiendo se observado y mejorado en lo posible además cumple con la regulación establecida.

3.3.3.5.2. THD_V [%]: Fase A.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de

muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%\ es\ 0.00\%$), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%\ es\ 100.00\%$), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el valor máximo registrado de $THD_V = 2.25$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 13:40 y el valor mínimo registrado de $THD_V = 0.98$ en la fecha 25 de Octubre del 2010 a las 03:50.

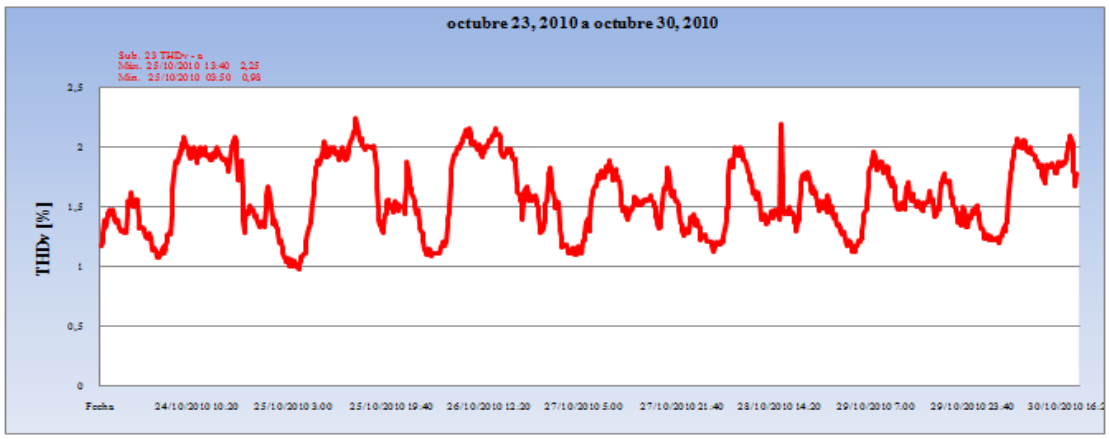

Figura 757. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Este usuario presenta niveles de armónicas de tensión están bajo el límite permitido con un porcentaje bajo y sin mayores inconvenientes.

Nota: Debido a que el equipo no guardó más datos se determina que este usuario cumple con las normas establecidas hasta el momento y en los demás valores debido a sus resultados hasta ahora.

3.3.3.6. Usuario 3593092.

Este es un usuario que tiene instalada una acometida bifásica, el cual está instalado al transformador 10443, tiene una tensión de 240V entre fases y 120V entre fase y neutro, se encuentra ubicado en una zona urbana del cantón Limón Indanza de la parroquia Indanza. Las mediciones se las realizó con un equipo Memobox 300, con 1008 muestras en total para cada fase, empezando el día 23 de Octubre de 2010 a las 10:30 y culminando el día 30 de Octubre de 2010 a las 10:20, con un total de 168 horas de

medición, del cual se obtuvieron los siguientes resultados que se describen a continuación.

3.3.3.6.1 Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará en conjunto las dos fases para determinar en términos generales los resultados que se presentan, en donde se observa que en la fase A existe 430 muestras mayores al límite (P_{st} 1), lo que tiene un porcentaje de muestras fuera del límite de (1 p.u. 42.66%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 57.34%), en la fase B existen 642 muestras mayores al límite (1 p.u. 63.69%) que resultaría con muestras dentro del límite de ($P_{st} < 1$ p.u. 36.31%), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida.

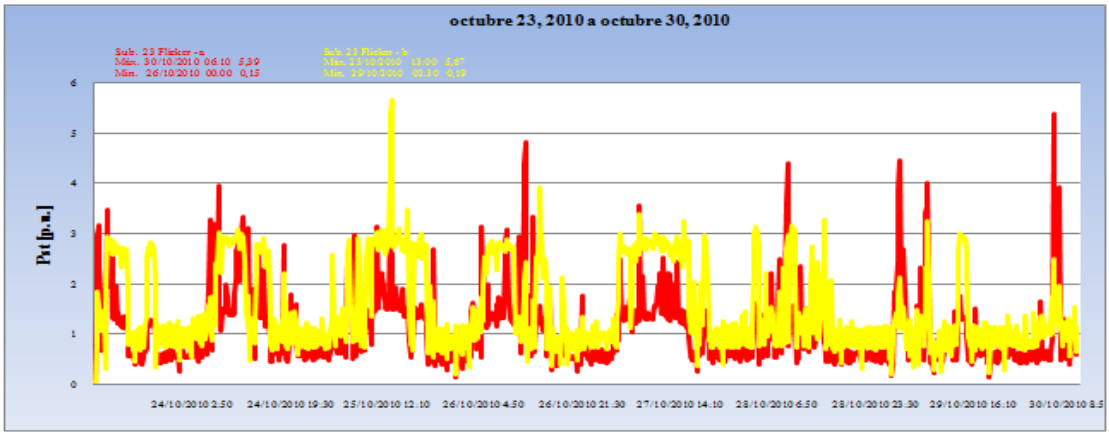

Figura 758. Nivel de severidad de corta duración Pst de las fases A y B [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase A, que tiene 430 muestras que sobrepasan el límite, su máximo valor se presenta el día 30 de Octubre del 2010 a las 06:10, con un valor de $Pst = 5.39$ y el valor mínimo se presenta el día 26 de Octubre del 2010 a las 00:00, con un valor de $Pst = 0.15$, teniendo un promedio de $Pst = 1.08\,[p.u]$ de todas las mediciones.

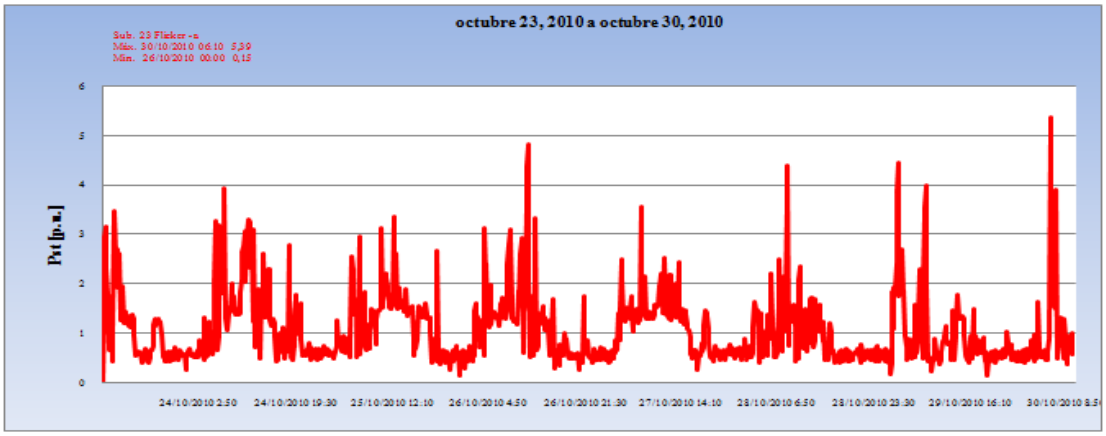

Figura 759. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase A [p.u.].

Al analizar el P_{st} de la fase B, tiene 642 muestras que no cumplen con el valor máximo permitido, el día 25 de Octubre a las 13:00 se presentó su mayor muestra, la cual tuvo un valor de $Pst = 5.67$ y su flicker menor se presentó el día 29 de Octubre del 2010 a las 02:30, con un valor de $Pst = 0.19$ teniendo un promedio de $Pst = 1.53$ $[p.u]$.

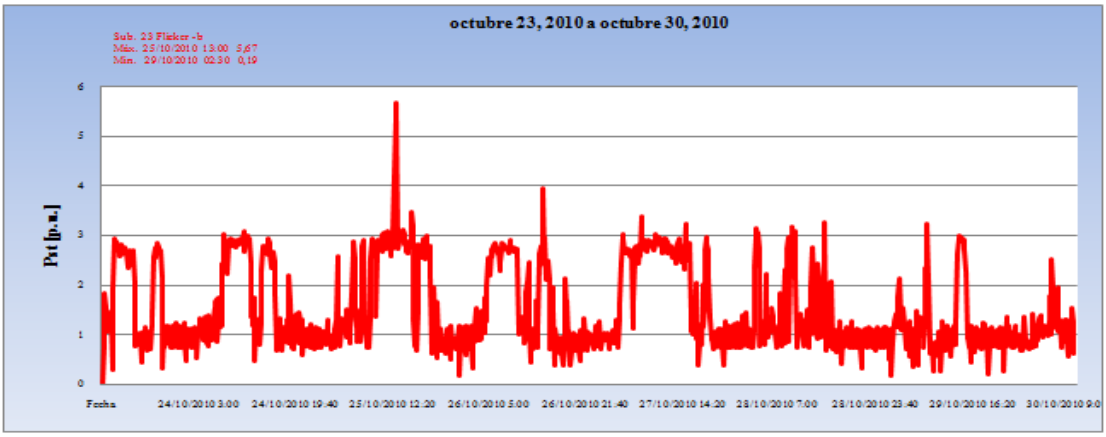

Figura 760. Nivel de severidad de corta duración Pst de la fase B [p.u.].

Como se puede observar en las distintas gráficas, existe gran cantidad de muestras que estan fuera de la regulación, los mismos que son causados por la variación del voltaje debido al consumo de corriente, ya que durante horas del día se presentan los valores máximos, en cambio en la noche disminuyen, esto se debe a que este usuario es la Empresa Constructora Hidrovo Estrada.

3.3.3.6.2. THD_V [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, en donde se observa que no existen muestras mayores al límite en ninguna fase, todos los datos obtenidos de muestras mayores al límite ($THD_V > 5\%$ es 0.00%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_V < 5\%$ es 100.00%), por lo que se concluye que si cumple con la regulación establecida. Además el día 25 de Octubre del 2010 a las 17:10 con un valor de $THD_V = 3.09$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 23:00 con un valor de $THD_V = 0.38$ llegando a ser el valor mínimo.

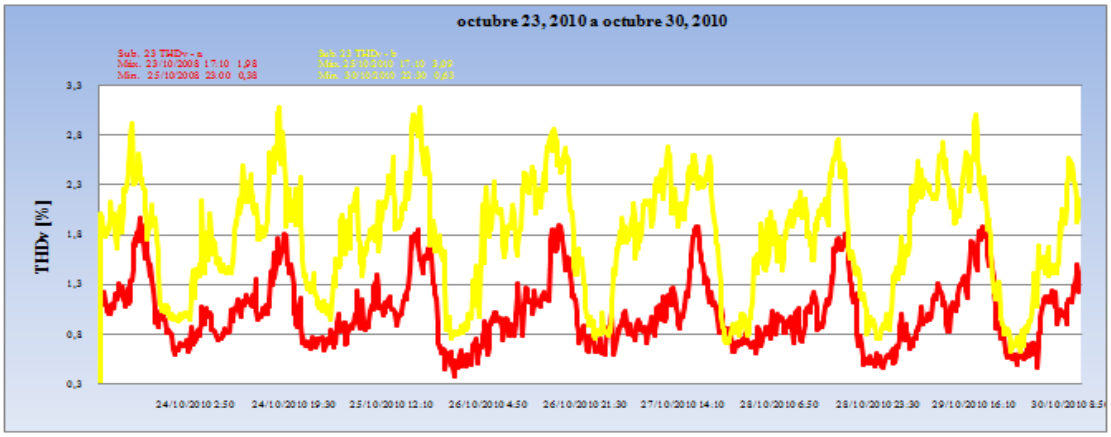

Figura 761. Distorsión armónica de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_V de la fase A, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 23 de Octubre del 2010 a las 17:10 con un valor de $THD_V = 1.98$ llegando a ser el valor máximo y el día 25 de Octubre del 2010 a las 23:00 con un valor de $THD_V = 0.38$ llegando a ser el valor mínimo.

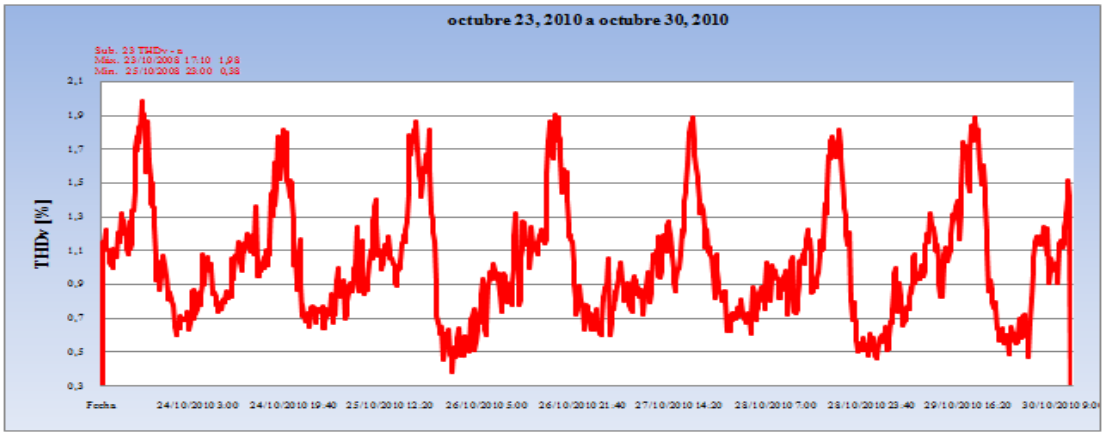

Figura 762. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

Al analizar el THD_V de la fase B, se puede decir que no existe valores que sobrepasan el límite; sin embargo, se observa valores de THD_V que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 25 de Octubre del 2010 a las 17:10 con un valor de $THD_V = 3.09$ llegando a ser el valor máximo y el día 29 de Octubre del 2010 a las 22:30 con un valor de $THD_V = 0.63$ llegando a ser el valor mínimo.

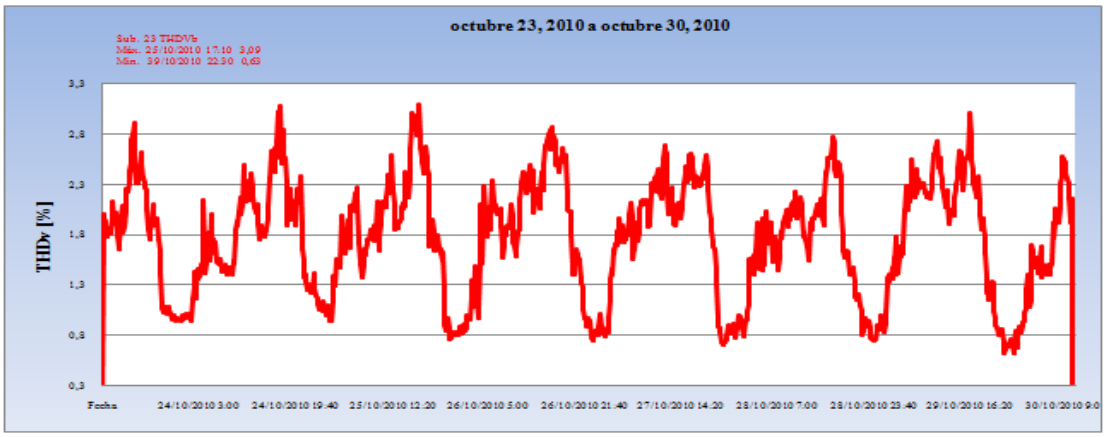

Figura 763. Distorsión armónica de tensión THDv de la fase A [%].

En forma abreviada, los promedios de las dos fases no superan el 2%, por lo que estos valores están muy por debajo del límite que es de 8%, además se puede notar que las curvas de las dos fases varían al mismo momento y están cumpliendo con el límite establecido.

3.3.3.6.3. THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Primero se graficará los datos en conjunto para determinar los valores de incumplimiento y luego en forma individual por cada fase, los datos obtenidos las dos fases con un resultante de muestras mayores al límite ($THD_I > 20\%$ es 26.38 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 73.62 %), para la fase A las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ es 2.78 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 97.22 %), para la fase B las muestras mayores al límite de ($THD_I > 20\%$ es 52.97 %), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 47.13 %), por lo que se concluye que no cumple con la regulación establecida.

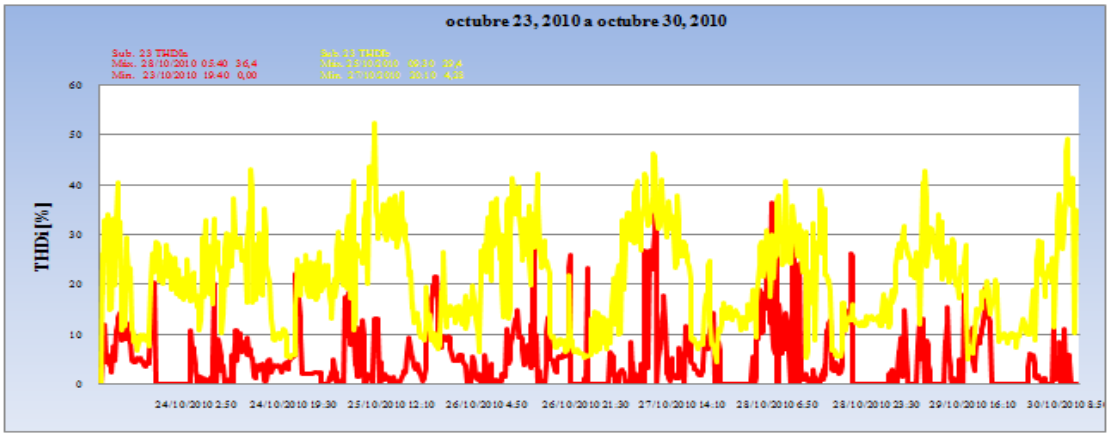

Figura 764. Distorsión armónica de corriente THDI de las fases A y B [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 28 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 2.78%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 97.22%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 28 de Octubre del 2010 a las 05:40 con un valor de $THD_I = 36.40$ llegando a ser el valor máximo y el día 23 de Octubre del 2010 a las 19:40 con un valor de $THD_I = 0.00$ llegando a ser el valor mínimo.

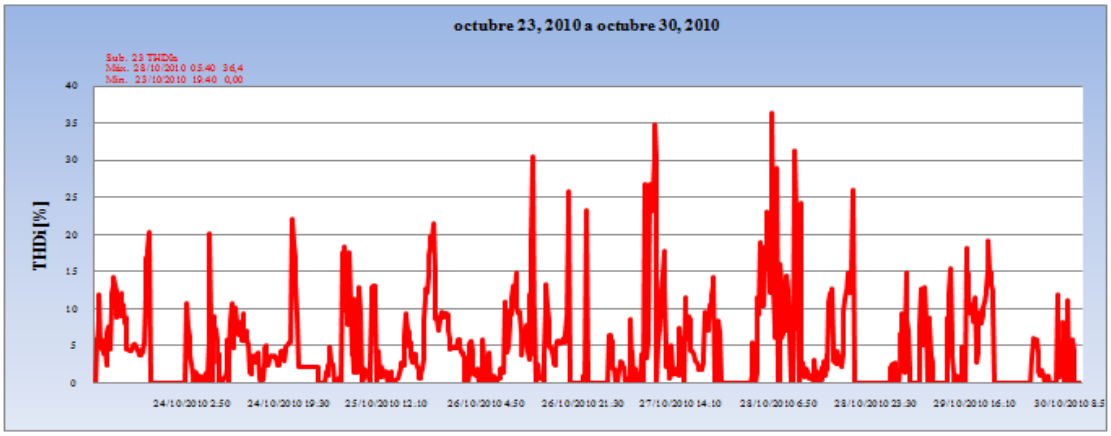

Figura 765. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase A [%].

Al analizar el THD_I de la fase A, se puede decir que existe 534 valores que sobrepasan el límite de ($THD_I > 20\%$ es 52.97%), que resultaría con muestras dentro del límite de ($THD_I < 20\%$ es 47.13%); sin embargo, se observa valores de THD_I que llegan a valores máximos y mínimos este es el caso del día 25 de Octubre del 2010 a las 09:30 con un valor de $THD_I = 52.5$ llegando a ser el valor máximo y el día 27 de Octubre del 2010 a las 20:10 con un valor de $THD_I = 4.28$ llegando a ser el valor mínimo.

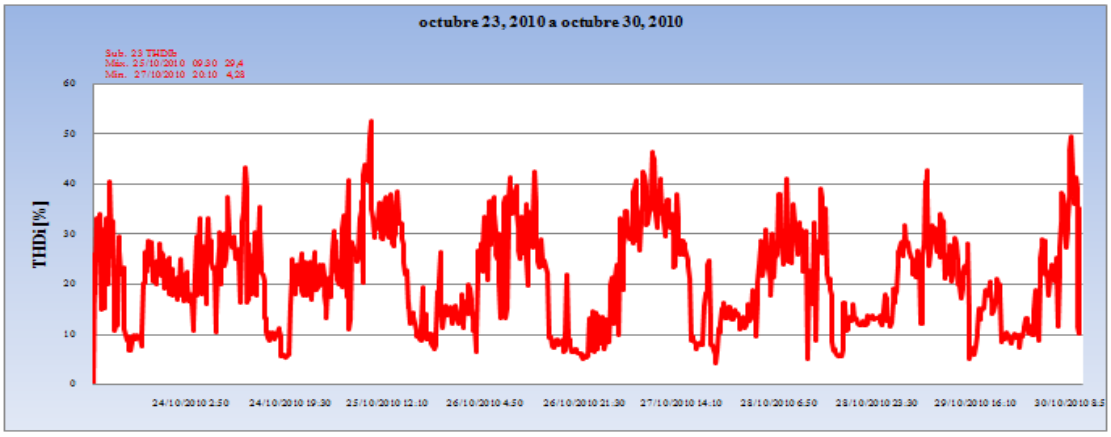

Figura 766. Distorsión armónica de corriente THDI de la fase B [%].

Este usuario presenta una gran cantidad de armónicas de corriente estando por fuera del límite establecido, además hay que tomar en cuenta que la fase B es la que tiene la gran mayoría de las armónicas debido a que en esta fase es la que posee la mayor cantidad de

carga instalada debiendo ser mejorada para que no cause daño a las cargas conectadas y a su vez a la red suministradora.

3.3.3.6.4. Consumo de Energía [Wh]: Fase A. Fase B.

En este punto se va a determinar el consumo de energía de las fases A y fase B durante los siete días del periodo de medición con un tiempo total de 168 horas, donde se puede notar que el consumo máximo de energía se presenta desde la 16:00 hasta las 18:00 en la fecha de Octubre de 2010.

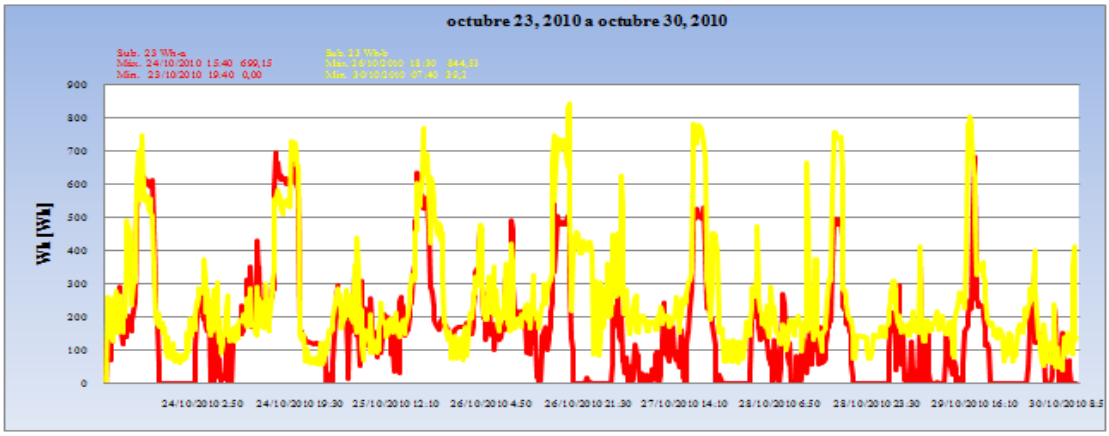

Figura 767. Nivel de consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Al analizar el consumo de energía en la fase A, se presenta un consumo máximo de $Wh = 669.15\ [Wh]$ el día 24 de Octubre a las 15:40 y un consumo mínimo de $Wh = 0{,}0\ [Wh]$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 19:40, con un consumo total de $Wh = 412.52\ [KWh]$, teniendo un promedio de $Wh\ prom = 156.45\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición, teniendo grandes picos debido a conexión de cargas de bastante consumo por determinados periodos de tiempo.

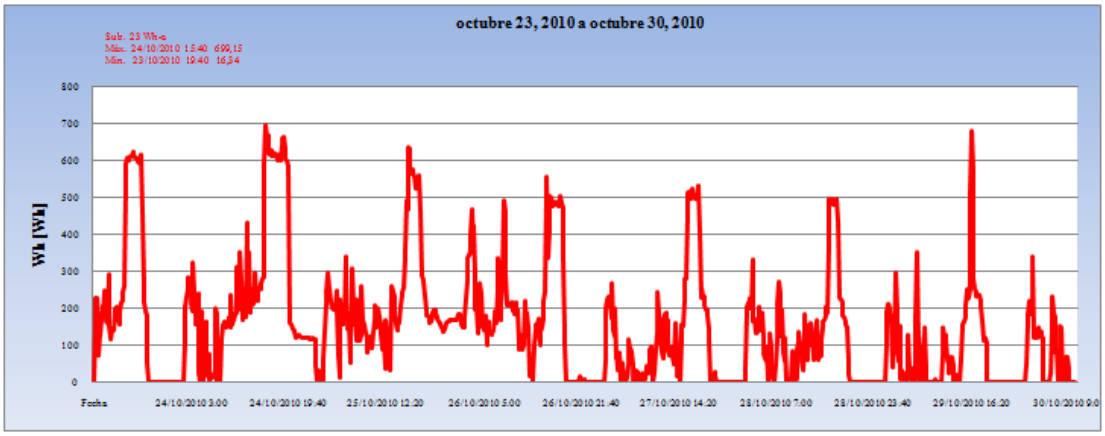

Figura 768. Nivel de consumo de energía de la fase A [Wh].

El consumo de energía en la fase B, se presenta un consumo máximo de $Wh = 844.53\ [Wh]$ el día 26 de Octubre de 2010 a las 18:30 y un consumo mínimo de $Wh = 39.2\ [Wh]$ el día 30 de Octubre de 2010 a las 07:40, con un consumo de energía promedio de $Wh\ prom = 253.04\ [Wh]$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición y un consumo total de $Wh = 412.52\ [KWh]$.

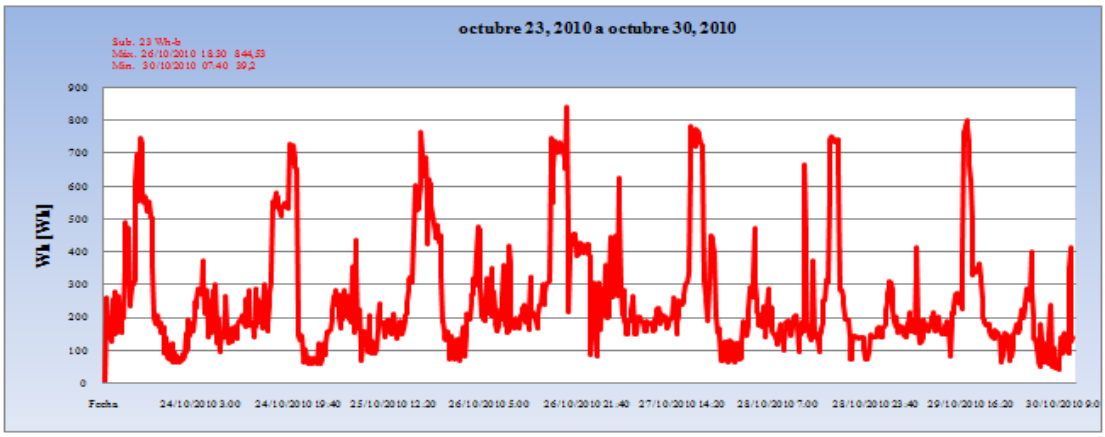

Figura 769. Nivel de consumo de energía de la fase B [Wh].

El consumo de energía es bastante similar a pesar de que la fase B es la que posee mayores problemas en cuanto a los límites permitidos pero a pesar de esto la fase A posee una cantidad de cargas lineales y la fase B es la que posee la mayor cantidad de cargas no lineales las que provocan las distorsiones ya mencionadas.

3.3.3.6.5. Factor de Potencia: Fase A, Fase B.

A continuación se va a determinar el factor de potencia de las dos fases durante los siete días de medición que se realizó a este usuario, en donde se observa que, las mismas se mantienen entre $Fp = 0.40$ y $Fp = 1$.

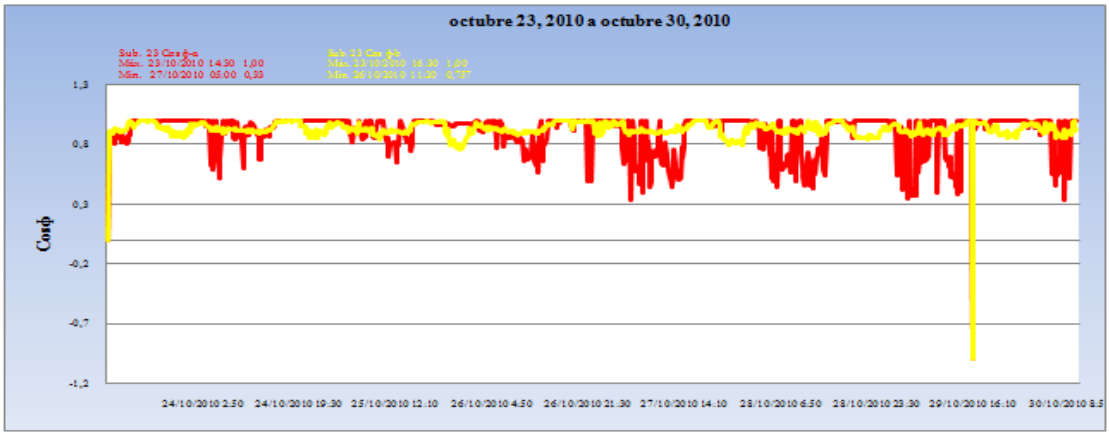

Figura 770. Nivel del Factor de Potencia de las fases A y B [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase A, tiene un valor máximo es de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 17:40 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.38$ el día 27 de Octubre de 2010 a las 05:00, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.90$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

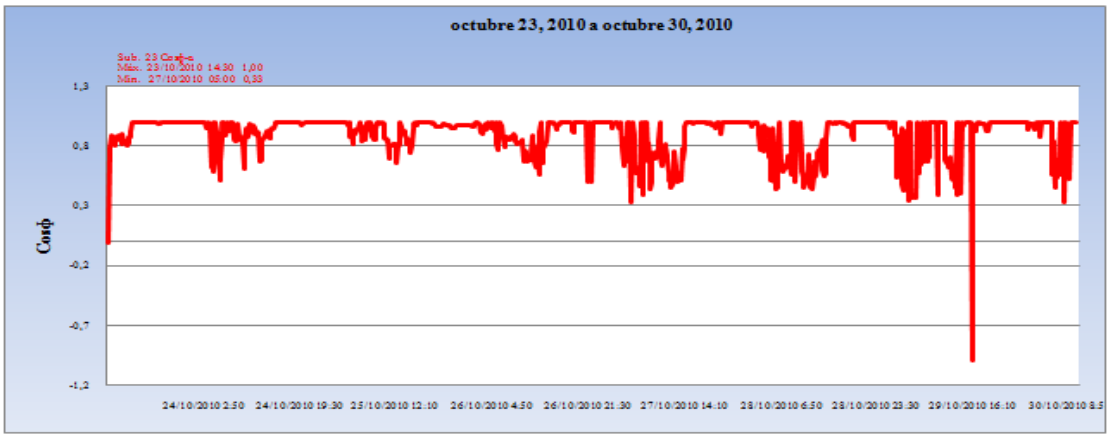

Figura 771. Nivel del Factor de Potencia de la fase A [Cos Φ].

El factor de potencia en la fase B, tuvo máximo valor de $Fp = 1$ el día 23 de Octubre de 2010 a las 16:30 y un factor potencia mínimo de $Fp = 0.76$ el día 25 de Octubre de 2010 a las 11:20, con un factor de potencia promedio de $Fp = 0.93$ de las muestras tomadas durante los siete días de medición.

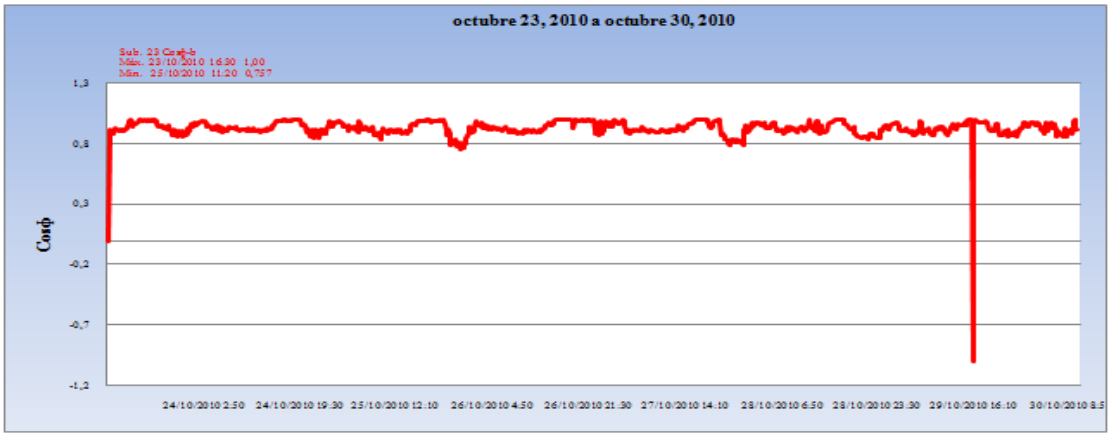

Figura 772. Nivel del Factor de Potencia de la fase B [Cos Φ].

El factor de potencia de este usuario es bueno pero no está sobre el límite establecido además se debe tomar en cuenta que el factor de potencia de la fase A es el que tiene más problemas debiendo ser mejorado, el factor de potencia de la fase B tiene un factor negativo debido a su mayor carga capacitiva conectada en ese momento y por lo tanto este usuario está fuera del límite establecido.

3.3.4. Tabulación de datos de los consumidores del alimentador 2312.

Para este proceso se considerarán los valores máximos y mínimos valores promedio, fechas y horas en las que sucedieron, porcentajes y los límites establecidos para cada uno de los valores ya antes descritos en este capítulo además se verificará mediante gráficas los resultados para comprobar si cumplen o no con las regulaciones establecidas.

3.3.4.1. Tabulación de datos del usuario 3595220.

Este es un usuario monofásico, al cual se encuentra instalado en transformador 10413, el mismo que presta servicio a la Junta Parroquial Pan de Azúcar, se encuentra ubicado en la parroquia Pan de Azúcar perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.4.1.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 315. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	52
94.84%	5.16%

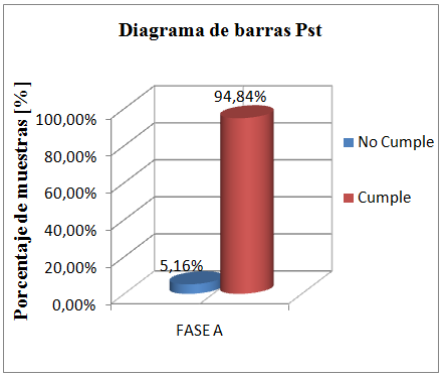

Figura 773. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 316. Fecha, hora de máx. y mín. nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
23/10/2010 - 12:00		0.00
24/10/2010 - 13:40	3.93	

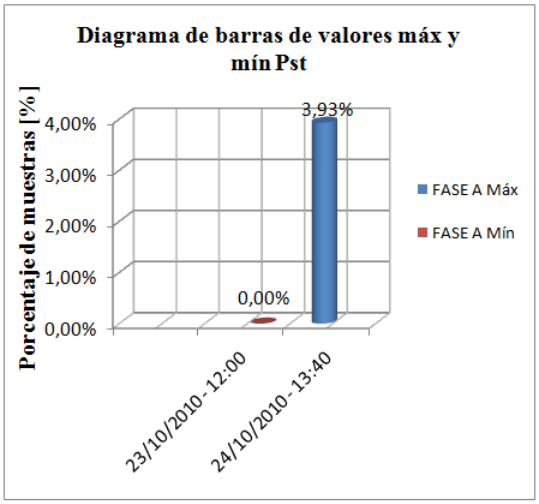

Figura 774. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.4.1.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 317. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	1008
0.0%	100.0%

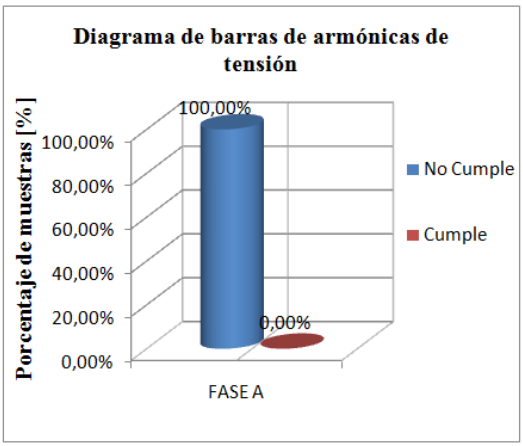

Figura 775. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 318. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
23/10/2010 - 21:20	36.01	
25/10/2010 - 00:00		35.66

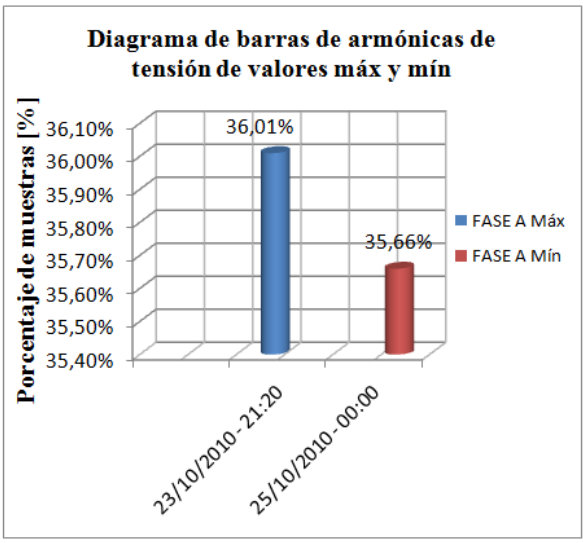

Figura 776. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.4.2. Tabulación de datos del usuario 3093325.

Este es un usuario monofásico, al cual se encuentra instalado en transformador 10766, el mismo que presta servicio al señor Maldonado Piña Lauro Enrique, se encuentra ubicado en la parroquia San Juan Bosco perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.4.2.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 319. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	2
99.80%	0.20%

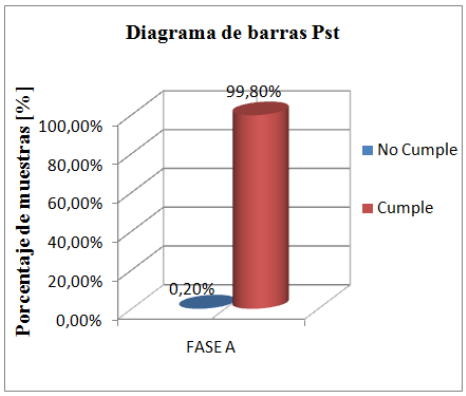

Figura 777. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 320. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
23/10/2010 - 19:20		0.00
28/10/2010 - 11:00	1.06	

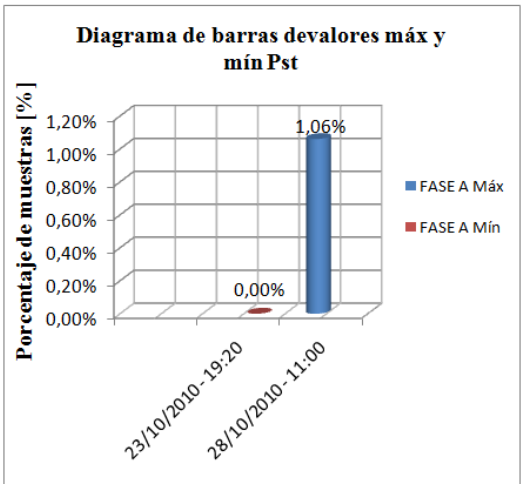

Figura 778. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.4.2.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 321. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

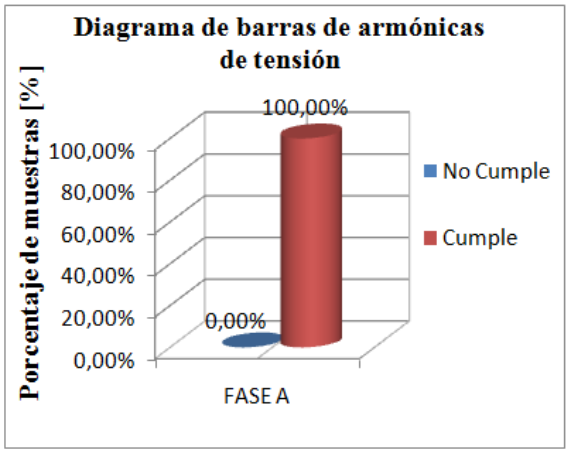

Figura 779. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 322. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
25/10/2010 - 03:30		1.41
27/10/2010 - 19:20	3.48	

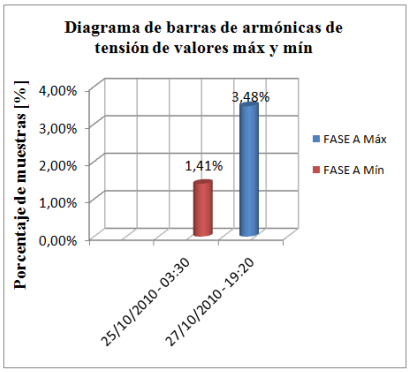

Figura 780. Fecha, hora de máx. y mín. nivel de armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.4.2.3. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 323. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	KWh
5.44	5.49

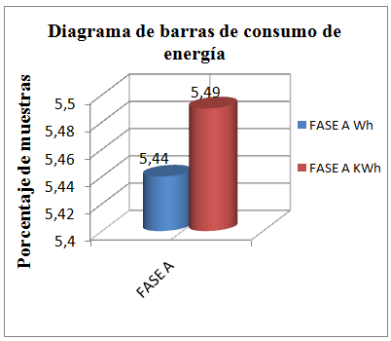

Figura 781. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 324. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
23/10/2010 - 10:10		0.00
23/10/2010 - 19:10	42.47	

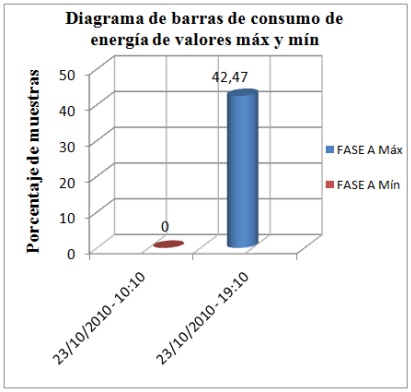

Figura 782. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.4.2.4. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 325. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
23/10/2010 - 08:30	1.00	
23/10/2010 - 21:00		0.50

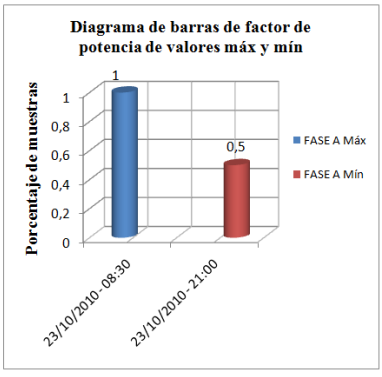

Figura 783. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.4.3. Tabulación de datos del usuario 1370154.

Este es un usuario monofásico, al cual se encuentra instalado en transformador 10127, el mismo que presta servicio al señor Lojano Salazar José, se encuentra ubicado en la parroquia San Juan Bosco perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.4.3.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 326. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras al límite**
1 p.u.	457
54.66%	45.34%

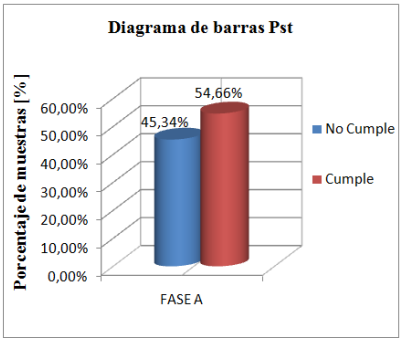

Figura 784. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 327. Fecha, hora de máx. y mín. nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	**Mín P_{st}**
23/10/2010 - 12:10	2.34	
24/10/2010 - 02:50		0.20

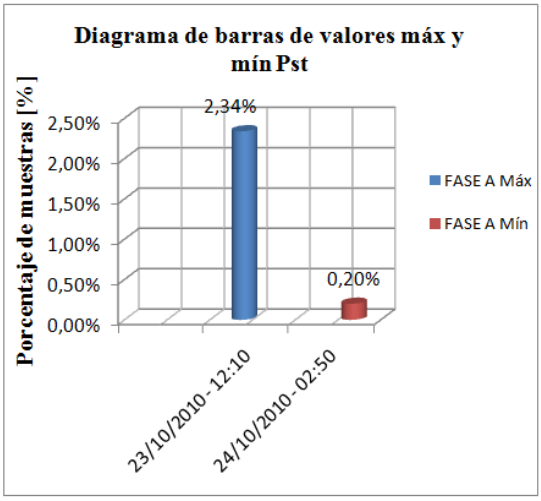

Figura 785. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.4.3.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 328. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras al límite**
8%	0
100.0%	0.0%

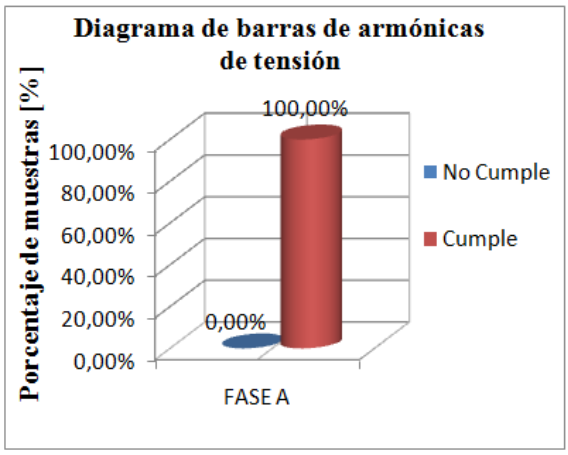

Figura 786. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 329. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	Mín THD_V
24/10/2010 - 04:50		1.40
28/10/2010 - 19:50	3.90	

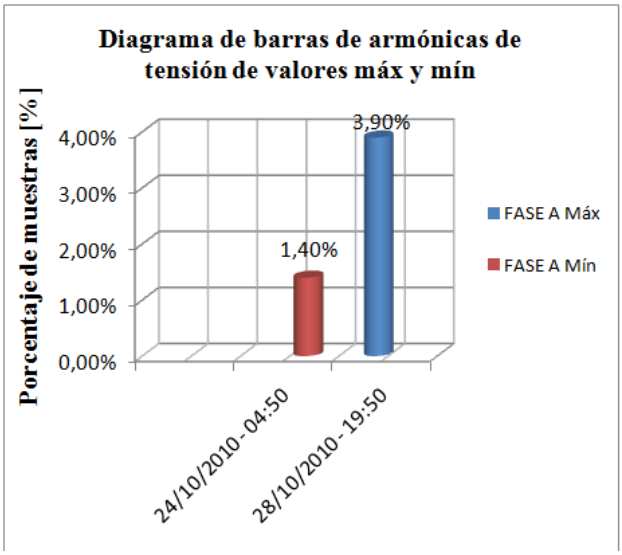

Figura 787. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.4.3.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A.

Tabla # 330. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	7
99.31%	0.69%

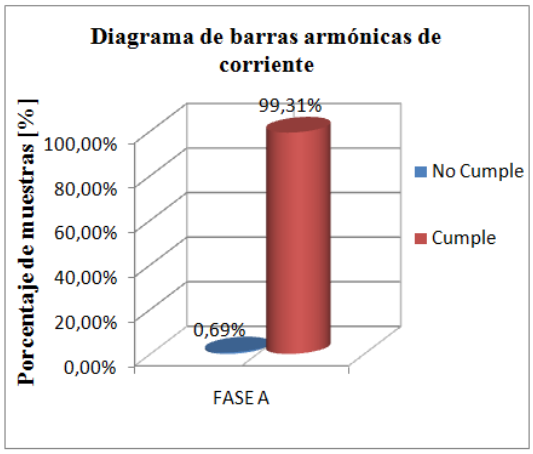

Figura 788. Distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Tabla # 331. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_I	Mín THD_I
23/10/2010 - 11:50		0.00
27/10/2010 - 19:50	33.5	

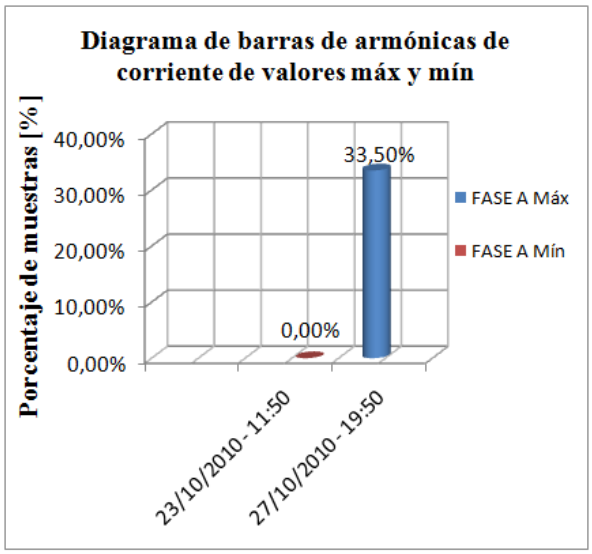

Figura 789. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de corriente THD_I de la fase A [%].

3.3.4.3.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A.

Tabla # 332. Consumo de energía de la fase A [Wh].

FASE A	
Wh	**KWh**
123.5	124.40

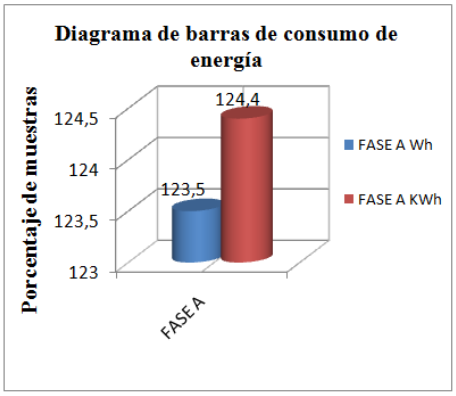

Figura 790. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 333. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	**Mín**
23/10/2010 - 11:50		0.00
25/10/2010 - 19:00	1500	

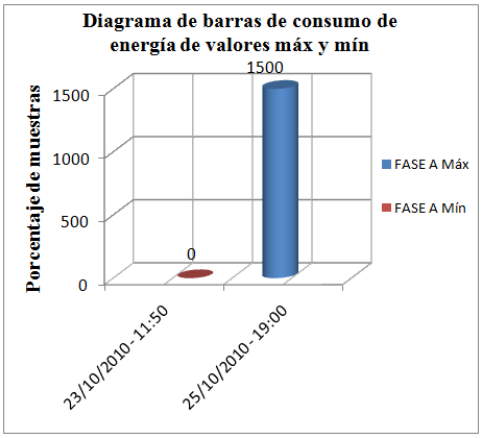

Figura 791. Fecha, hora de máximo y mínimo de consumo de energía de la fase A [Wh].

3.3.4.3.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A.

Tabla # 334. Fecha, hora de máximo y mínimo de factor de potencia de la fase A.

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx	Mín
23/10/2010 - 11:50	1.00	
23/10/2010 - 19:00		0.50

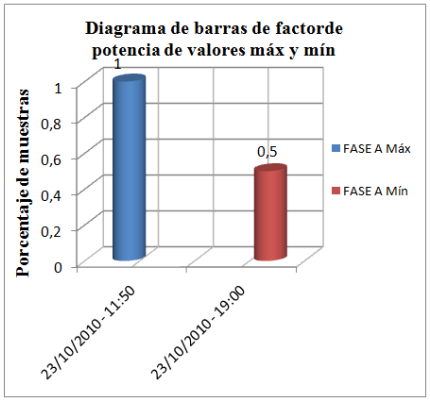

Figura 792. Fecha, hora de máximo y mínimo factor de potencia de la fase A.

3.3.4.4. Tabulación de datos del usuario 1333665.

Este es un usuario monofásico, al cual se encuentra instalado en transformador 10442, el mismo que presta servicio a la Iglesia Plan de Milagro, se encuentra ubicado en la parroquia Plan de Milagro perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.4.4.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 335. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} 1 p.u.	Muestras □ al límite
□ 1 p.u.	2
99.80%	0.20%

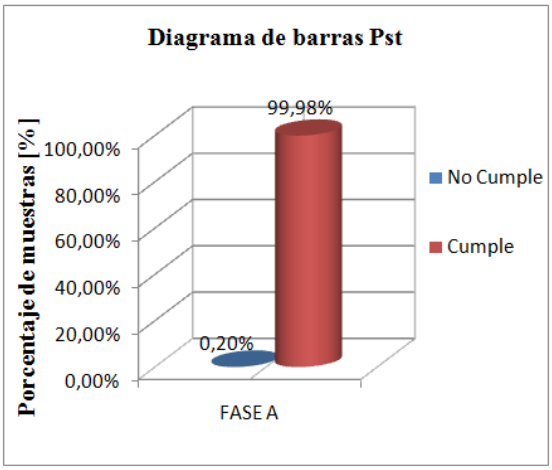

Figura 793. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 336. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}
29/10/2010 - 23:40		0.00
30/10/2010 - 12:30	1.08	

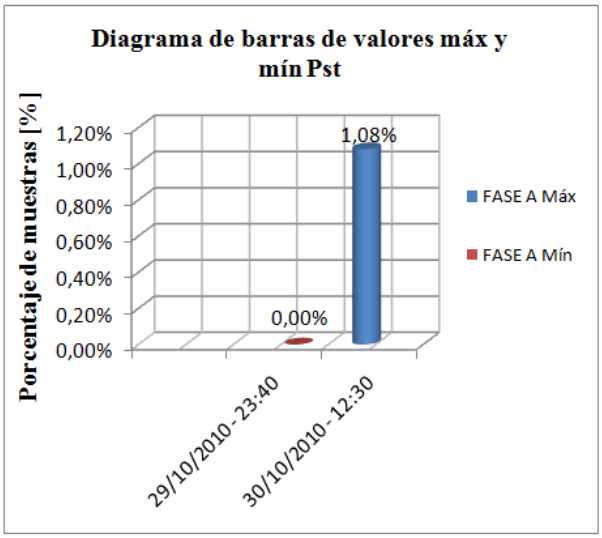

Figura 794. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.4.4.2. Tabulación de datos de THDV [%]: Fase A.

Tabla # 337. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

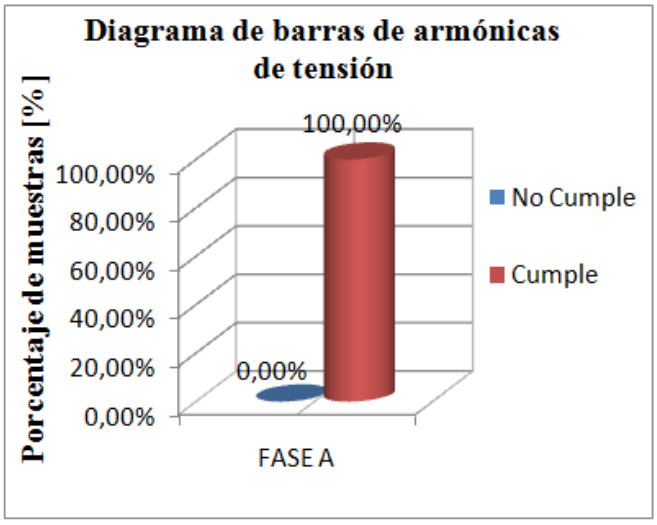

Figura 795. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 338. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	**Mín THD_V**
24/10/2010 - 19:10	3.0	
27/10/2010 - 02:30		0.85

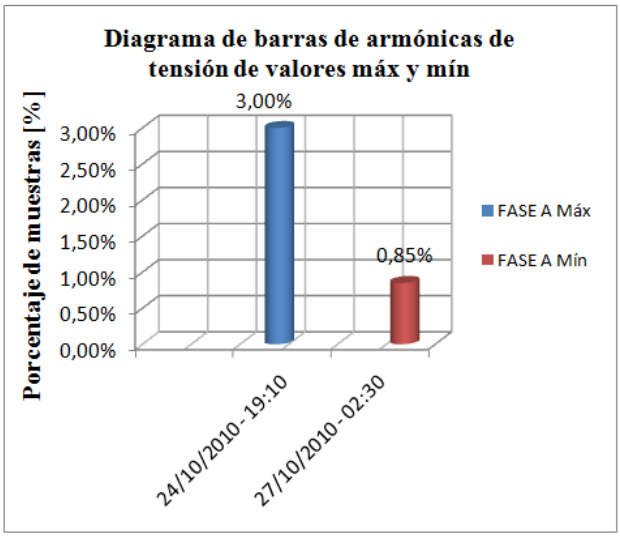

Figura 796. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.4.5. Tabulación de datos del usuario 1333525.

Este es un usuario monofásico, al cual se encuentra instalado en transformador 10432, el mismo que presta servicio al señor Segovia Gonzalo, se encuentra ubicado en la parroquia Plan de Milagro perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.4.5.1. Flicker [p.u.]: Fase A.

Tabla # 339. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

FASE A	
Límite P_{st} **1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	1
99.90%	0.10%

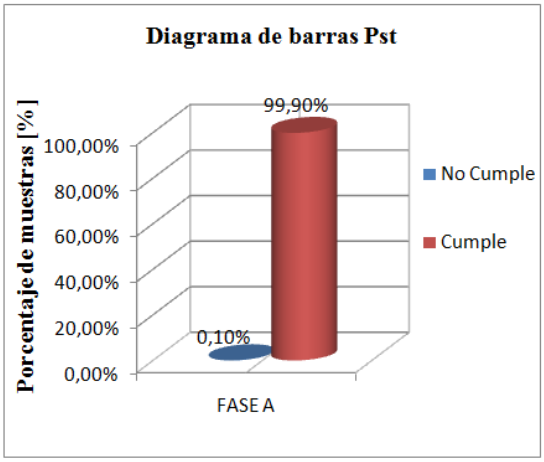

Figura 797. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Tabla # 340. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}
23/10/2010 - 17:50		0.00
30/10/2010 - 12:10	1.24	

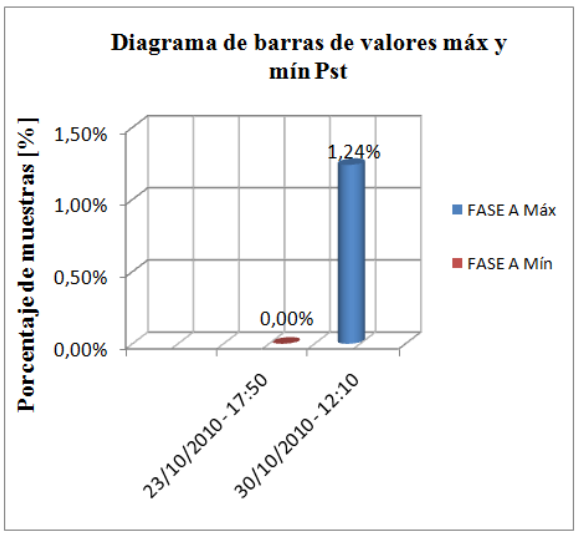

Figura 798. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de severidad de corta duración P_{st} de la fase A [p.u.].

3.3.4.5.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A.

Tabla # 341. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

FASE A	
Límite THD_V %	**Muestras □ al límite**
□ 8%	0
100.0%	0.0%

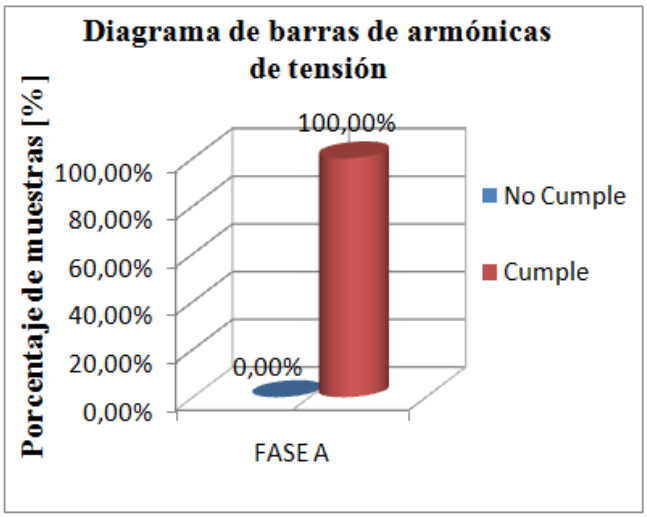

Figura 799. Distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Tabla # 342. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A	
	Máx THD_V	**Mín THD_V**
25/10/2010 - 02:50		0.98
25/10/2010 - 13:40	2.25	

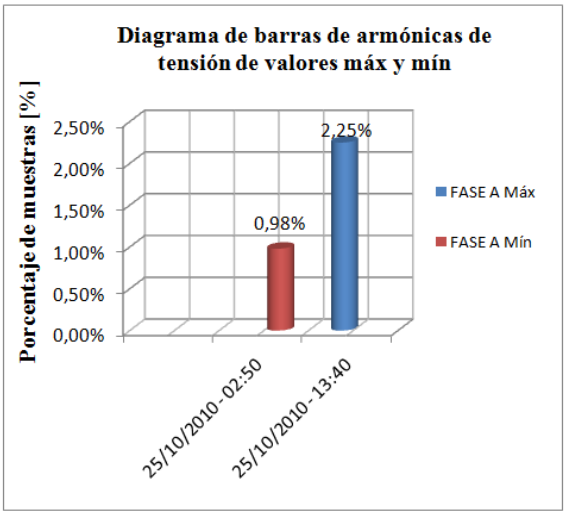

Figura 800. Fecha, hora de máximo y mínimo nivel de distorsión armónica de tensión THD_V de la fase A [%].

3.3.4.6. Tabulación de datos del usuario 3367588.

Este es un usuario con acometida monofásica, el cual está instalado al transformador 10443, el mismo que presta servicio a la Constructora Hidrobo Estrada, se encuentra ubicado en la parroquia Indanza perteneciente al cantón Limón Indanza, tiene una tensión final de 240 V fase – fase y 120 V fase – neutro.

3.3.4.6.1. Flicker [p.u.]: Fase A. Fase B.

Tabla # 343. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

FASE A		FASE B	
Límite P_{st} 1 p.u.	**Muestras □ al límite**	**Límite P_{st} 1 p.u.**	**Muestras □ al límite**
□ 1 p.u.	430	□ 1 p.u.	642
57.34%	42.66%	36.31%	63.69%

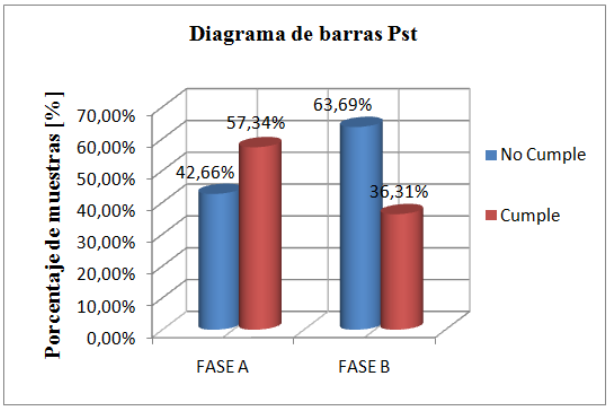

Figura 801. Muestras mayores a nivel de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Tabla # 344. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx P_{st}	Mín P_{st}	Máx P_{st}	Mín P_{st}
25/10/2010 - 13:00			5.67	
26/10/2010 - 00:00		0.15		
29/10/2010 - 02:30				0.19
30/10/2010 - 06:10	5.39			

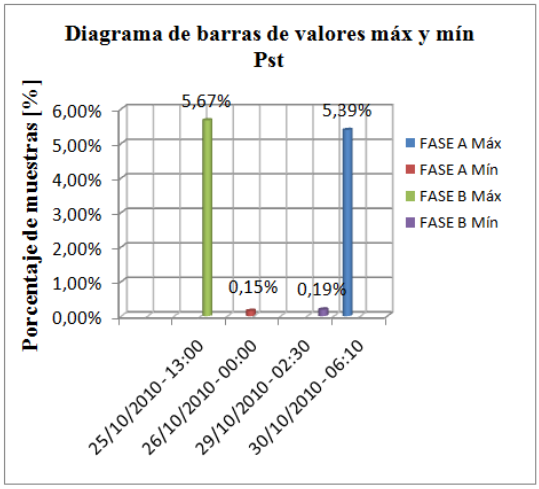

Figura 802. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de severidad de corta duración P_{st} de las fases A y B [p.u.].

3.3.4.6.2. Tabulación de datos de THDv [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 345. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_V %	Muestras □ al límite	Límite THD_V %	Muestras □ al límite
□ 8%	0	□ 8%	0
100.0%	0.00%	100.0%	0.00%

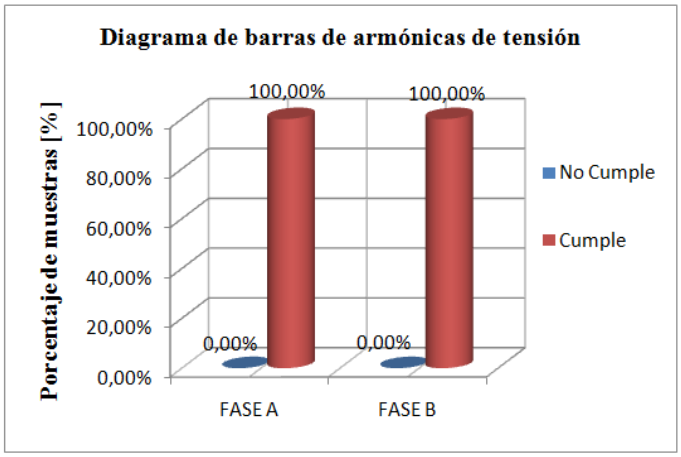

Figura 803. Distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Tabla # 346. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_V	Mín THD_V	Máx THD_V	Mín THD_V
23/10/2010 - 17:10	1.98			
25/10/2010 - 17:10			3.09	
25/10/2010 - 23:00		0.38		
29/10/2010 - 22:30				0.63

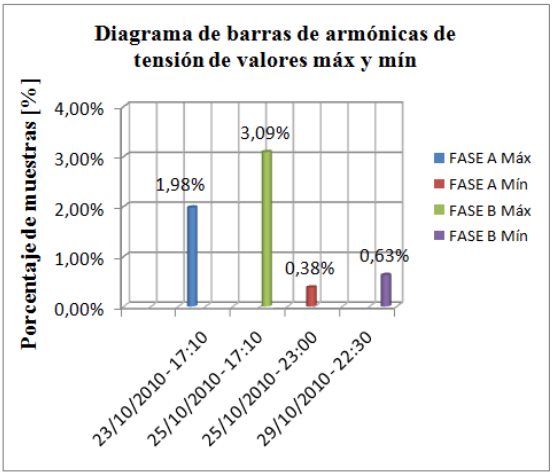

Figura 804. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de tensión THD_V de las fases A y B [%].

3.3.4.6.3. Tabulación de datos de THD_I [%]: Fase A. Fase B.

Tabla # 347. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

FASE A		FASE B	
Límite THD_I %	Muestras □ al límite	Límite THD_I %	Muestras □ al límite
□ 20%	28	□ 20%	534
97.22%	2.78%	47.13%	52.97%

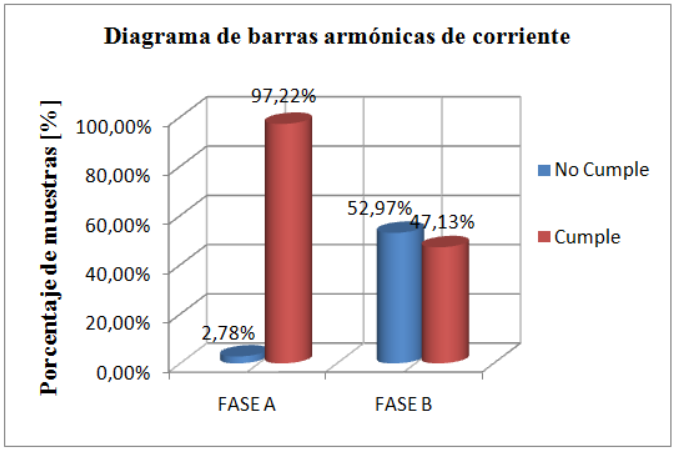

Figura 805. Distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Tabla # 348. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx THD_I	Mín THD_I	Máx THD_I	Mín THD_I
23/10/2010 - 19:40		0.00		
25/10/2010 - 09:30			52.5	
27/10/2010 - 20:10				4.28
28/10/2010 - 05:40	36.4			

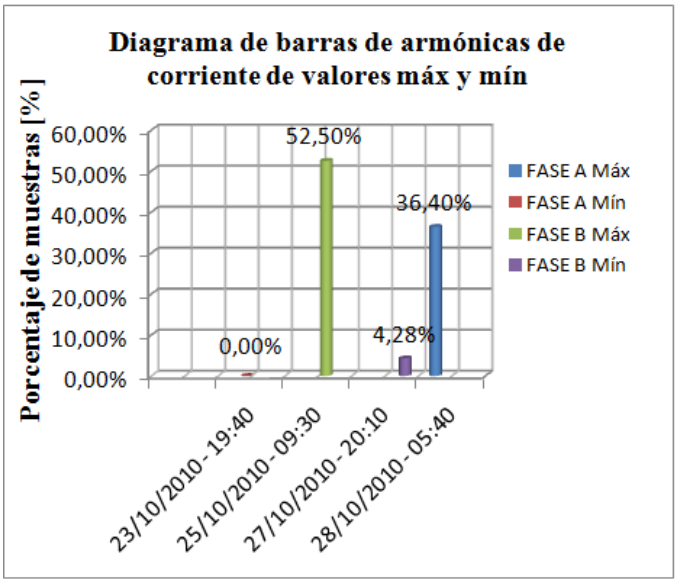

Figura 806. Fecha, hora de máximos y mínimos niveles de distorsiones armónicas de corriente THD_I de las fases A y B [%].

3.3.4.6.4. Tabulación de datos de consumo de energía [Wh]: Fase A. Fase B.

Tabla # 349. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Consumo de energía promedio		
FASE A	FASE B	FASE A & B
156.45	253.04	204.75

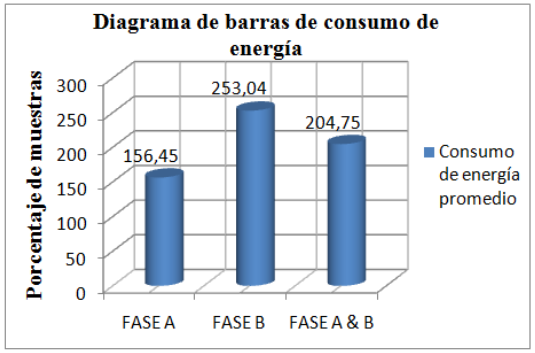

Figura 807. Consumo de energía de las fases A y B [Wh].

Tabla # 350. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
17/10/2010 - 12:50		0.00		0.00
17/10/2010 - 21:50			499.86	
17/10/2010 - 22:10	591.34			

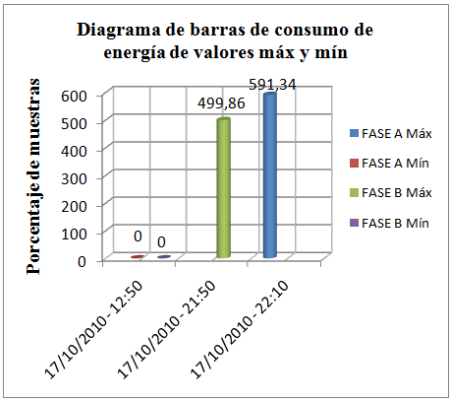

Figura 808. Fecha, hora de máximos y mínimos de consumo de energía de las fases A y B [W].

3.3.2.6.5. Tabulación de datos de factor de potencia: Fase A. Fase B.

Tabla # 351. Factor de potencia de las fases A y B.

Factor de potencia promedio		
FASE A	FASE B	FASE A & B
0.90	0.93	0.92

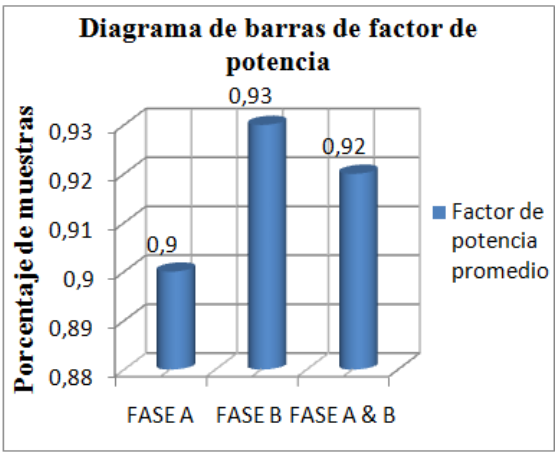

Figura 809. Factor de potencia de las fases A y B.

Tabla # 352. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

Fecha / Hora	FASE A		FASE B	
	Máx	Mín	Máx	Mín
23/10/2010 - 14:30	1.00			
23/10/2010 - 16:30			1.00	
25/10/2010 - 11:20				0.757
27/10/2010 - 05:00		0.33		

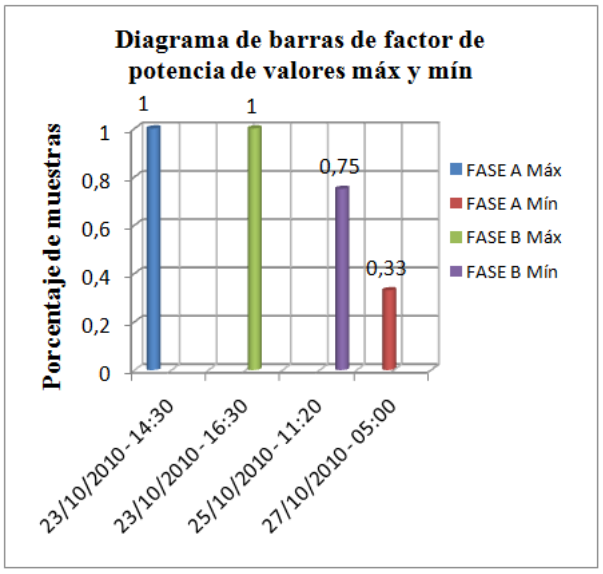

Figura 810. Fecha, hora de máximos y mínimos de factores de potencia de las fases A y B.

3.4. Análisis de armónicas individuales para los alimentadores 2311, 2312.

En este punto se va a analizar las armónicas individuales existentes en algunos de los transformadores de los alimentadores 2311 y 2312, así como la hora y el día en que estos se presentaron, para poder determinar las causas de los mismos. Según la regulación del CONELEC-004/01, las tasas de distorsión armónica individual y total, que se registran en los bornes de baja tensión de los transformadores, estos deben estar bajo los límites establecidos por la regulación.

3.4.1. Armónicas individuales del alimentador 2311.

Primero se va a analizar los armónicas de los transformadores del alimentador 2311, en donde se encuentran cargas que producen armónicas como pueden ser, lámparas fluorescentes, computadores, copiadoras, electrodomésticos, talleres industriales, etc. Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H9, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en el transformador y los que poseen valores, ahora se considera los límites que tienen cada armónica de tal manera que se puede verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9 1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase los cuales van a ser graficados para determinar los valores.

3.4.1.1. Armónicas individuales del transformador 10528.

3.4.1.1.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A ninguna de las armónicas superan el límite, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.18$, el valor máximo la tercera armónica es $H3 = 0.41$ el día 16 de Abril a las 00:50, el valor

promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.85$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.64$ el día 18 de Abril a las 15:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.22$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.46$ el día 17 de Abril a las 20:40, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.14$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.35$ el día 19 de Abril a las 20:30, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.09$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.20$ el día 16 de Abril a las 12:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.10$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.25$ el día 17 de Abril a las 06:50.

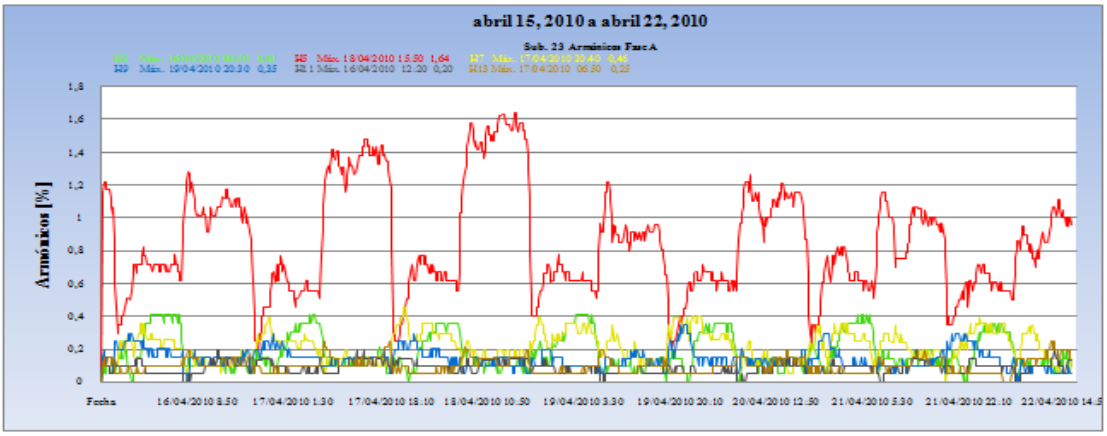

Figura 811. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.1.1.2. Armónicas individuales de la fase B.

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.12$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.35$ el día 15 de Abril a las 21:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.77$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.54$ el día 18 de Abril a las 16:30, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.23$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.46$ el día 18 de Abril a las 10:10, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.20$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.40$ el día 19

de Abril a las 12:50, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.14$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.36$ el día 22 de Abril a las 12:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.04$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.21$ el día 18 de Abril a las 07:10.

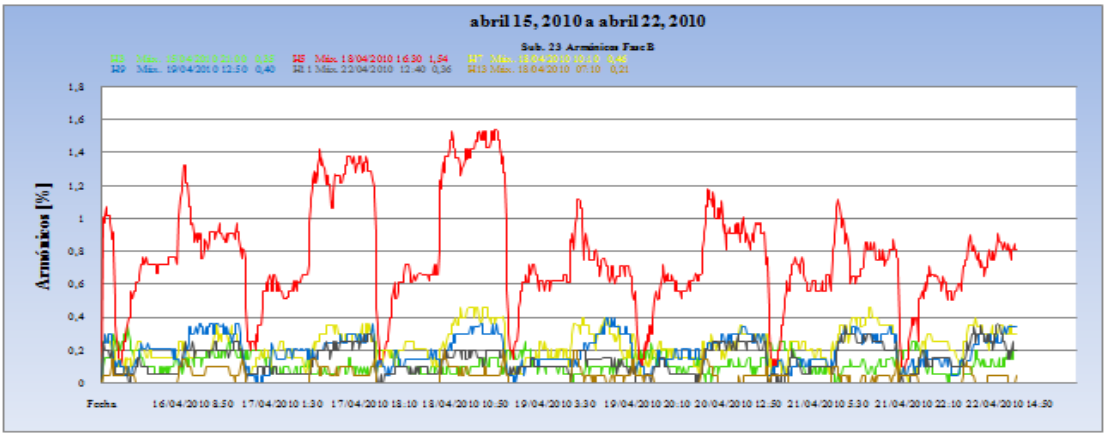

Figura 812. Armónicas individuales de la fase B [%].

3.4.1.1.3. Armónicas individuales de la fase C.

Los valores de las armónicas individuales de la fase C tampoco superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.41$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.71$ el día 19 de Abril a las 12:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.78$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.59$ el día 18 de Abril a las 14:30, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.19$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.51$ el día 19 de Abril a las 12:30, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.19$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.41$ el día 15 de Abril a las 20:30, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.12$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.36$ el día 22 de Abril a las 12:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.13$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.36$ el día 16 de Abril a las 18:00.

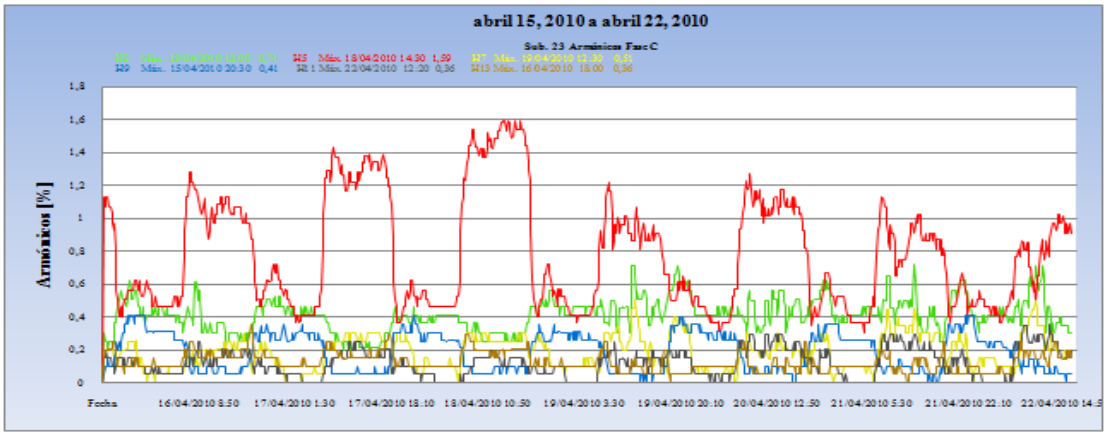

Figura 813. Armónicas individuales de la fase C [%].

Como se puede observar en las distintas gráficas, los valores de las armónicas se presentan en distintos días, siendo la quinta armónica la más representativa, las mismas se prtesentan a causa de las cargas conectadas a las fases de este transformador tipo urbano, como pueden ser lámparas fluorescentes, equipos de refrigeración, entre otros, los cuales fueron mencionados en el capítulo I. En conclusión, la red que deriva de este transformador no presenta problemas de armónicas por lo que las cargas no serán afectadas por las mismas y en forma general el funcionamiento de este transformador es satisfactorio ya que cumple con la norma en armónicas individuales.

3.4.1.2. Armónicas individuales del transformador 10374.

3.4.1.2.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de las armónicas individuales de este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.23$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0{,}62$ el día 15 de Abril a las 20:10, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.90$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.82$ el día 18 de Abril a las 14:30, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.18$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.40$ el día 21 de Abril a las 09:50, el valor promedio de la novena

armónica es $H9 = 0.24$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.51$ el día 18 de Abril a las 12:40, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.16$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.41$ el día 22 de Abril a las 12:30 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.13$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.30$ el día 19 de Abril a las 21:20.

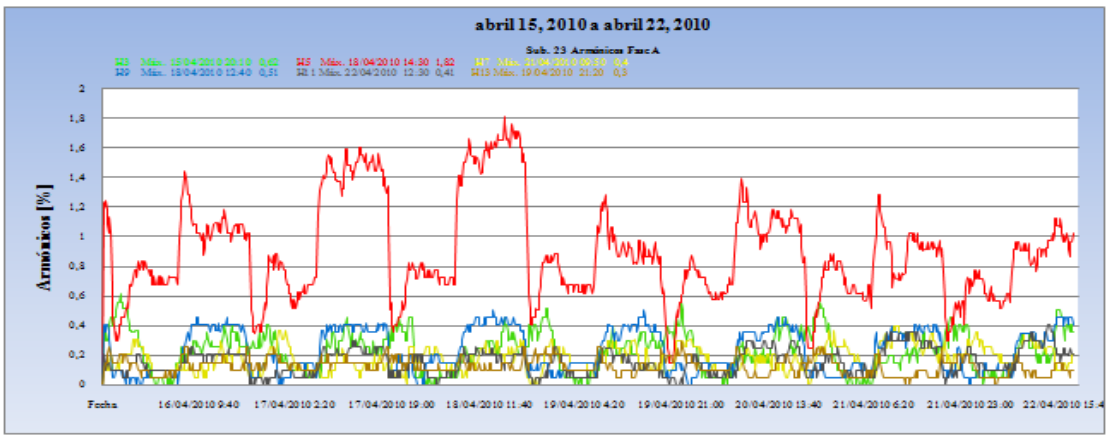

Figura 814. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.1.2.2. Armónicas individuales de la fase B.

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.61$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.13$ el día 18 de Abril a las 19:10, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.99$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.82$ el día 18 de Abril a las 13:00, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.16$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.47$ el día 18 de Abril a las 21:40, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.29$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.57$ el día 15 de Abril a las 21:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.14$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.46$ el día 19 de Abril a las 20:30 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.15$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.41$ el día 15 de Abril a las 20:50.

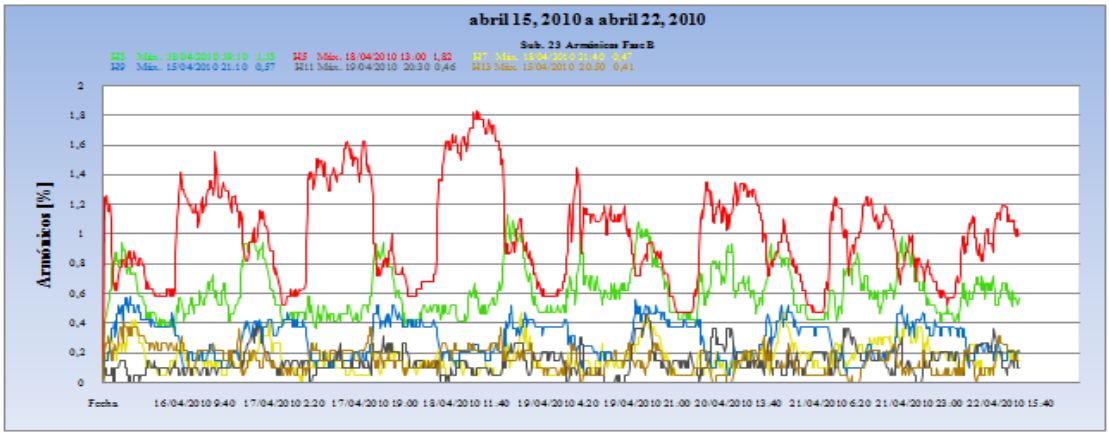

Figura 815. Armónicas individuales de la fase B [%].

3.4.1.2.3. Armónicas individuales de la fase C.

Los valores de las armónicas individuales de la fase C tampoco superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.30$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.87$ el día 20 de Abril a las 20:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1.00$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.86$ el día 18 de Abril a las 14:30, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.16$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.41$ el día 15 de Abril a las 17:40, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.20$, el valor máximo de la novena armónica $H9 = 0.41$ el día 15 de Abril a las 17:40, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.13$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.40$ el 19 de Abril a las 20:50 y la el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.16$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.37$ el día 15 de Abril a las 21:50.

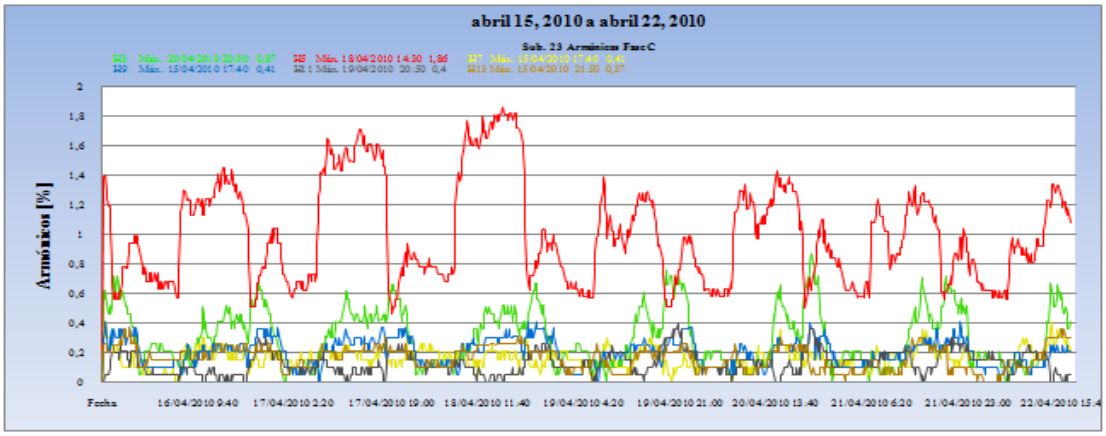

Figura 816. Armónicas individuales de la fase C [%].

Como se puede observa en las distintas gráficas, los valores de las armónicas se presentan en distintos días, en especial el día jueves 15 y domingo 18 de Abril de 2010, las mismas se presentan a causa de las cargas conectadas a las fases de este transformador tipo urbano, además cabe notar que los valores son mayores que el transformador anterior. Aquí también existe la presencia del quinto armónico con mayor valor, aunque en la fase B el tercer armónico también tiene un valor alto, pero esto no representa mayores problemas tanto para las cargas como para el transformador. En forma general este transformador tiene un funcionamiento adecuado ya que no sobrepasa los valores que establece la norma.

3.4.1.3. Armónicas individuales del transformador 10621.

3.4.1.3.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.22$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.78$ el día 21 de Abril a las 19:50, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.90$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.87$ el día 18 de Abril a las 13:20, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.07$, el valor máximo de la séptima

armónica es $H7 = 0.36$ el día 21 de Abril a las 18:30, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.18$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.52$ el día 18 de Abril a las 15:20, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.14$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.41$ el día 20 de Abril a las 16:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.05$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.31$ el día 15 de Abril a las 18:10.

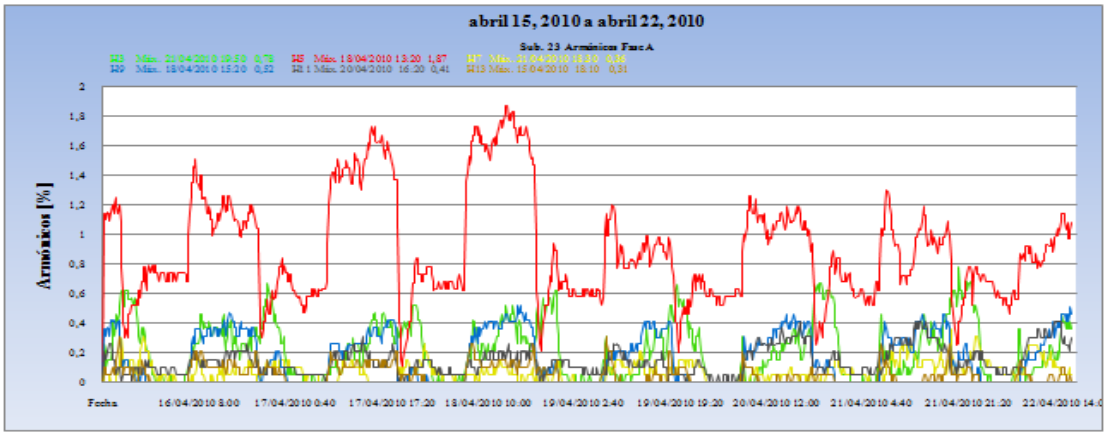

Figura 817. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.1.3.2. Armónicas individuales de la fase B.

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.27$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.68$ el día 19 de Abril a las 20:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.88$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.73$ el día 18 de Abril a las 13:30, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.11$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.52$ el día 18 de Abril a las 19:40, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.15$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.59$ el día 15 de Abril a las 21:50, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.12$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.43$ el día 20 de Abril a las 06:30 y el valor

promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.10$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.58$ el día 17 de Abril a las 06:50.

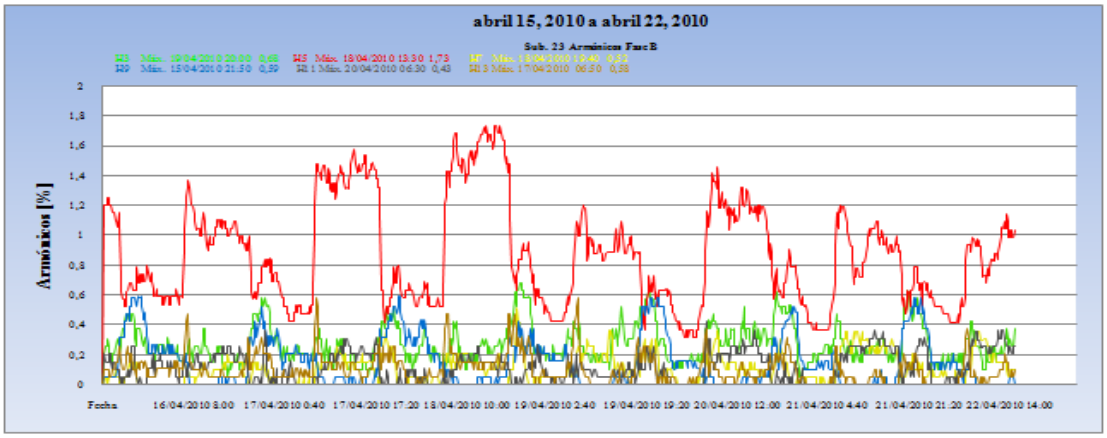

Figura 818. Armónicas individuales de la fase B [%].

3.4.1.3.3. Armónicas individuales de la fase C.

Los valores de las armónicas individuales de la fase C tampoco superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.14$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.72$ el día 19 de Abril a las 18:50, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.98$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.87$ el día 18 de Abril a las 13:30, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.12$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.52$ el día 15 de Abril a las 20:30, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.05$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.37$ el día 18 de Abril a las 21:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.20$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.68$ el día 18 de Abril a las 18:10 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.05$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.26$ el día 17 de Abril a las 06:50.

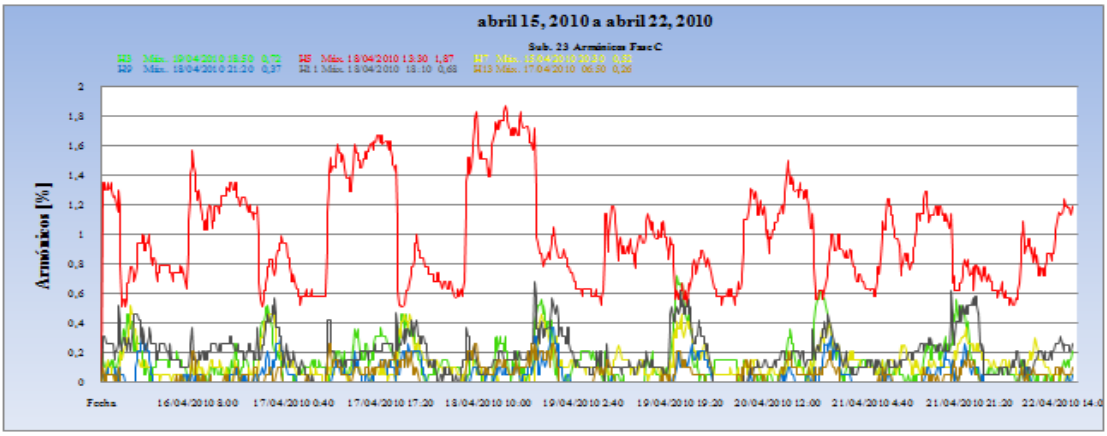

Figura 819. Armónicas individuales de la fase C [%].

Como se puede observar en las distintas gráficas, los valores de las armónicas se presentan en distintos días, en especial el día domingo 18 de Abril de 2010, las mismas se presentan a causa de las cargas conectadas a las fases de este transformador tipo urbano. Al igual que los transformadores anteriores, la quinta armónica tiene mayor magnitud que las otras armónicas, pero no presenta mayores problemas para su buen funcionamiento y también este transformador cumple con las normas establecidas por el CONELEC.

3.4.1.4. Armónicas individuales del transformador 10954.

3.4.1.4.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.29$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.68$ el día 18 de Abril a las 19:40, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.67$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.50$ el día 18 de Abril a las 14:40, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.19$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.43$ el día 18 de Abril a las 11:10, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.28$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.57$el día 19

de Abril a las 19:20, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.14$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.39$ el día 22 de Abril a las 12:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.09$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.29$ el día 18 de Abril a las 18:00.

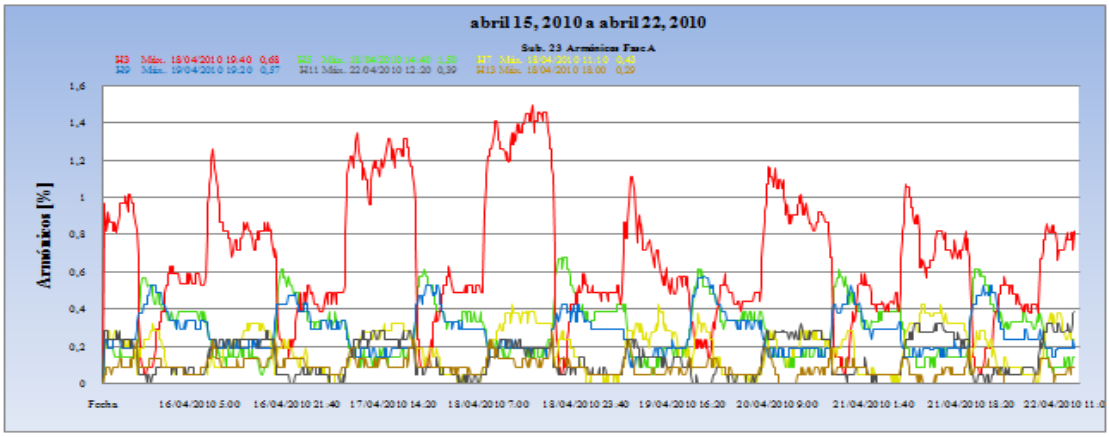

Figura 820. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.1.4.2. Armónicas individuales de la fase B.

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.28$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.68$ el día 18 de Abril a las 19:20, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.69$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.46$ el día 18 de Abril a las 15:40, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.18$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.43$ el día 18 de Abril a las 11:10, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.27$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.58$ el día 15 de Abril a las 20:50, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.14$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.39$ el día 22 de Abril a las 12:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.09$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 029$ el día 18 de Abril a las 18:00.

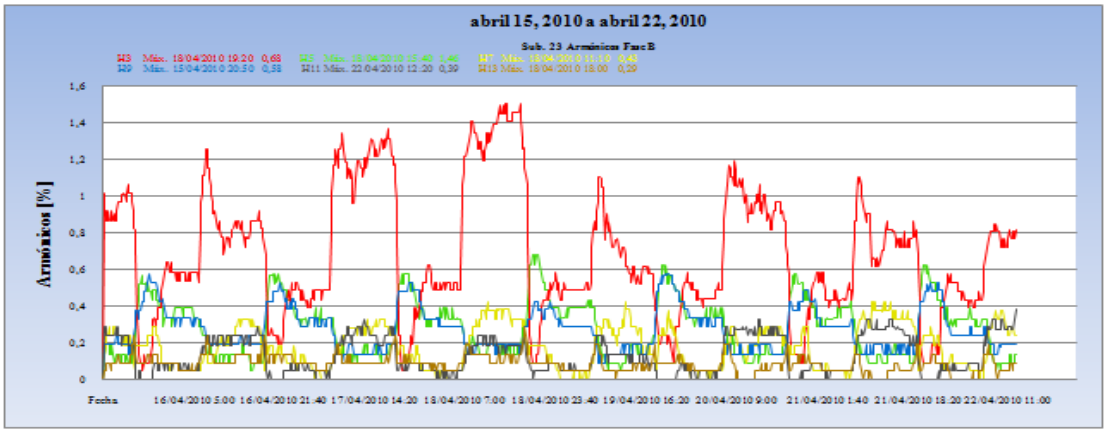

Figura 821. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se puede observar en las gráficas, los valores de las armónicas se presentan el día domingo 18 de Abril de 2010, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador. En este transformador también se tiene la presencia de la quinta armónica en mayor cantidad, pero el mismo no presenta mayor peligro de causar daño a las cargas conectadas a la red de este transformador, que en su mayoría son cargas no lineales, como son computadores, electrodomésticos, entre otros. En forma general este transformador cumple con la regulación.

3.4.1.5. Armónicas individuales del transformador 10356.

3.4.1.5.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.53$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.28$ el día 15 de Abril a las 19:40, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.66$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.30$ el día 18 de Abril a las 08:20, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.30$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.7$ el día 17 de Abril a las 18:20, el valor promedio de la novena

armónica es $H9 = 0.38$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.79$ el día 18 de Abril a las 20:30, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.10$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.30$ el día 21 de Abril a las 08:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.09$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.25$ el día 17 de Abril a las 18:10.

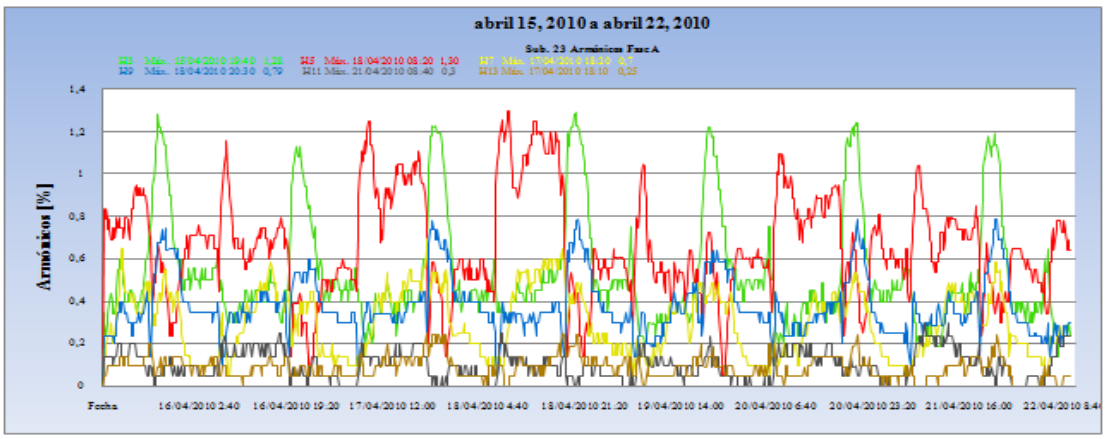

Figura 822. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.1.5.2. Armónicas individuales de la fase B.

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.56$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.32$ el día 16 de Abril a las 20:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.62$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.40$ el día 18 de Abril a las 15:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.25$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.60$ el día 15 de Abril a las 13:40, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.35$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.70$ el día 15 de Abril a las 23:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.10$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.34$ el día 19 de Abril a las 20:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.10$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.25$ el día 19 de Abril a las 04:40.

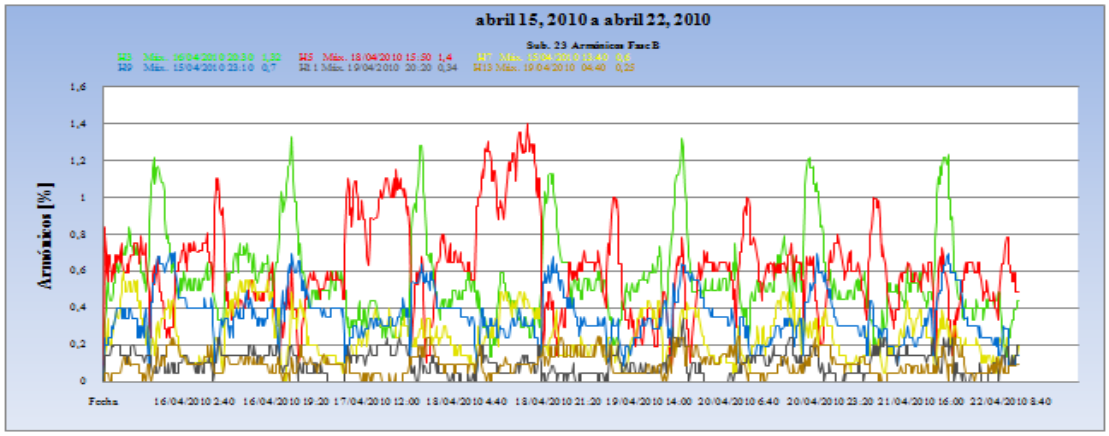

Figura 823. Armónicas individuales de la fase B [%].

Al analizar las gráficas de este transformador, se observa que las terceras y quintas armónicas son los que tienen mayor relevancia en las dos fases, pero los mismos no superan los límites establecidos, por lo que no representan mayor peligro para el funcionamiento y vida útil de las cargas y del mismo transformador, los valores máximos se ´presentaron los días jueves 15, viernes 16 y domingo 18 de Abril de 2010, en horas de la noche las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.1.6. Armónicas individuales del transformador 11548.

3.4.1.6.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.43$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.00$ el día 16 de Abril a las 19:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.59$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.35$ el día 18 de Abril a las 13:00, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.23$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.57$ el día 19 de Abril a las 20:20, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.19$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.39$ el día 16

de Abril a las 13:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.14$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.29$ el día 15 de Abril a las 12:50 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.16$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.34$ el día 15 de Abril a las 23:40.

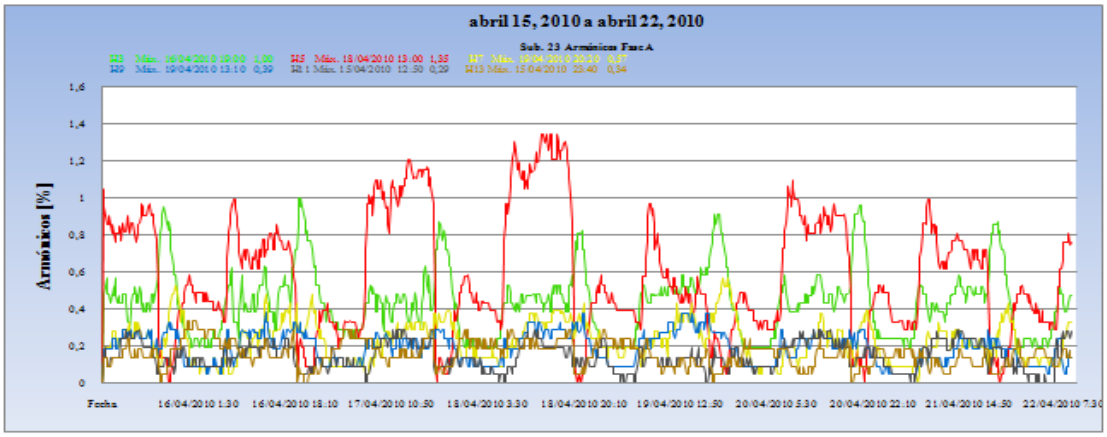

Figura 824. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.1.6.2. Armónicas individuales de la fase B.

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.36$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.76$ el día 16 de Abril a las 19:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.66$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.50$ el día 18 de Abril a las 16:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.21$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.62$ el día 19 de Abril a las 20:20, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.15$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.29$ el día 15 de Abril a las 20:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.13$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.33$ el día 21 de Abril a las 13:30 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.19$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.39$ el día 16 de Abril a las 00:50.

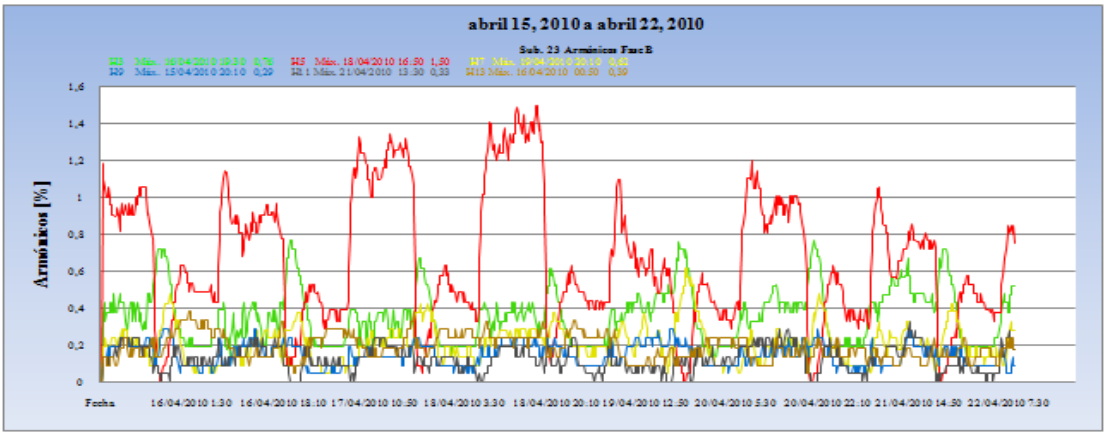

Figura 825. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la quinta armónica es el que tiene un valor mayor que los demás, pero sus muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras armónicas se presentaron el domingo 18 de abril de 2010 en el lapso de las 13:00 hasta las 16:00, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.1.7. Armónicas individuales del transformador 10912.

3.4.1.7.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.64$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.42$ el día 19 de Abril a las 19:20, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.53$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.26$ el día 18 de Abril a las 17:00, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.32$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.7$ el día 18 de Abril a las 14:30, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.28$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.65$ el día 16 de Abril a las 13:30, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.09$, el valor

máximo de la onceava armónica es el día 16 de Abril a las 12:20 y el valor promedio de la treceava armónica es , el valor máximo de la treceava armónica es el día 22 de Abril a las 13:30.

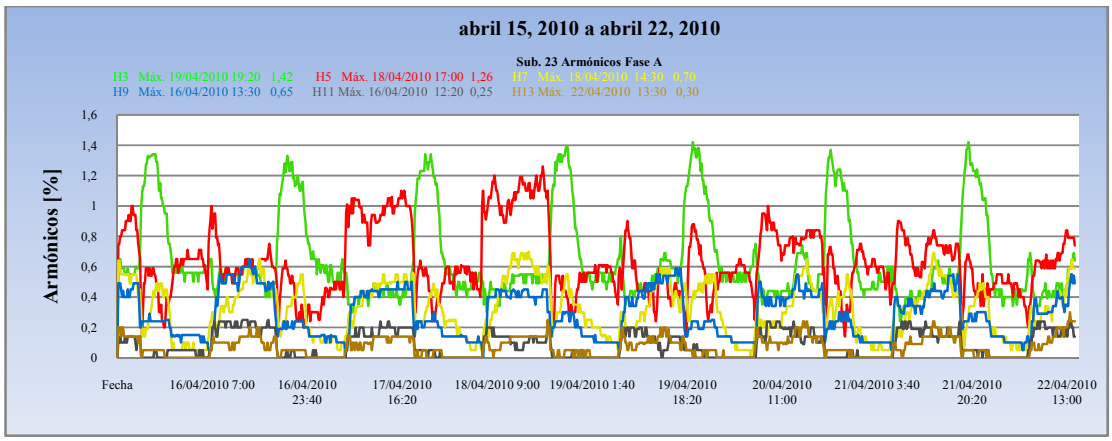

Figura 826. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.1.7.2. Armónicas individuales de la fase B.

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es , el valor máximo de la tercera armónica es el día 19 de Abril a las 19:20, el valor promedio de la quinta armónica es , el valor máximo de la quinta armónica es el día 18 de Abril a las 17:00, el valor promedio de la séptima armónica es , el valor máximo de la séptima armónica es el día 15 de Abril a las 14:30, el valor promedio de la novena armónica es , el valor máximo de la novena armónica es el día 16 de Abril a las 13:30, el valor promedio de la onceava armónica es , el valor máximo de la onceava armónica es el día 21 de Abril a las 18:10 y el valor promedio de la treceava armónica es , el valor máximo de la treceava armónica es el día 16 de Abril a las 13:10.

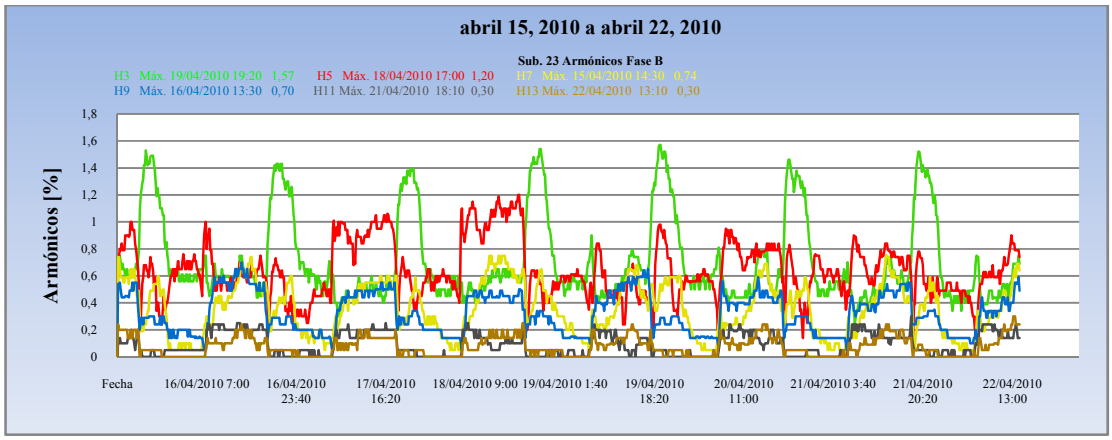

Figura 827. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la tercera armónica es el que tiene un valor mayor que los demás, seguido de la tercera armónica, pero sus muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras armónicas se presentaron el domingo 18 de abril en el lapso de las 17:00 hasta las 21:00, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.1.8. Armónicas individuales del transformador 10886.

3.4.1.8.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es , el valor máximo de la tercera armónica es el día 18 de Abril a las 19:30, el valor promedio de la quinta armónica es , el valor máximo de la quinta armónica es el día 18 de Abril a las 14:30, el valor promedio de la séptima armónica es , el valor máximo de la séptima armónica es el día 18 de Abril a las 11:30, el valor promedio de la novena armónica es , el valor máximo de la novena armónica es el día 19 de Abril a las 19:20, el valor promedio de la onceava armónica es , el valor

máximo de la onceava armónica es el día 22 de Abril a las 12:20 y el valor promedio de la treceava armónica es , el valor máximo de la treceava armónica es el día 17 de Abril a las 18:00.

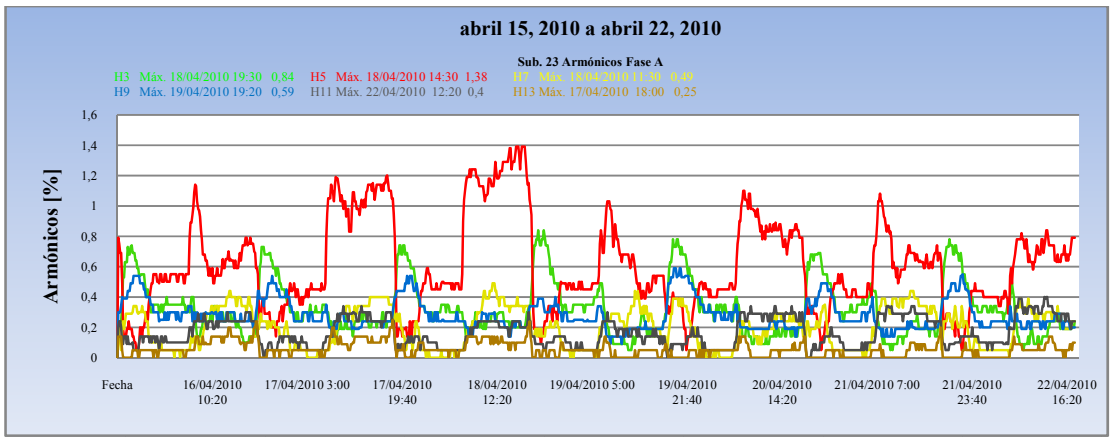

Figura 828. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.1.8.2. Armónicas individuales de la fase B.

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es , el valor máximo de la tercera armónica es el día 18 de Abril a las 19:20, el valor promedio de la quinta armónica es , el valor máximo de la quinta armónica es el día 18 de Abril a las 12:50, el valor promedio de la séptima armónica es , el valor máximo de la séptima armónica es el día 18 de Abril a las 11:00, el valor promedio de la novena armónica es , el valor máximo de la novena armónica es el día 19 de Abril a las 20:20, el valor promedio de la onceava armónica es , el valor máximo de la onceava armónica es el día 22 de Abril a las 12:40 y el valor promedio de la treceava armónica es , el valor máximo de la treceava armónica es el día 16 de Abril a las 17:30.

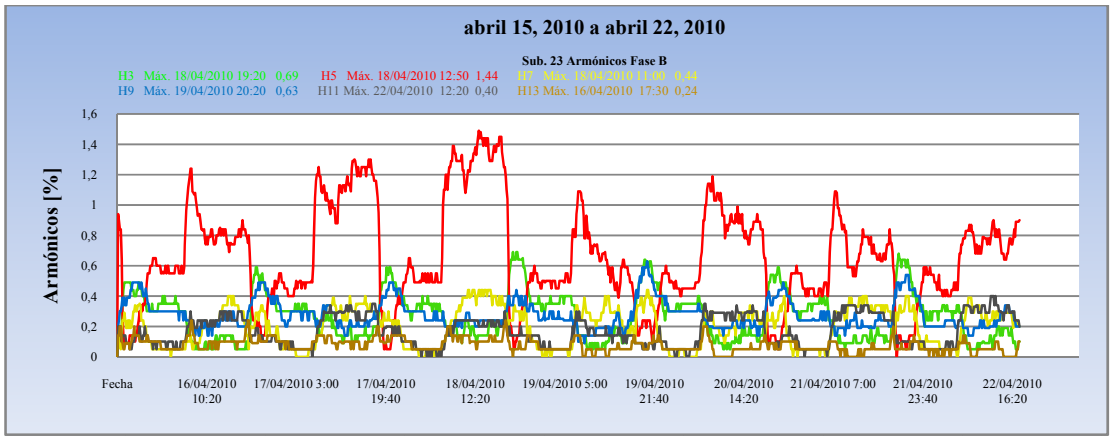

Figura 829. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la quinta armónica es el que tiene un valor mayor que los demás, pero sus muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras armónicas se presentaron el domingo 18 de abril en el lapso de las 12:00 hasta las 17:00, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.2. Tabulación de datos de armónicas individuales del alimentador 2311.

Para este proceso se considerarán los valores máximos y mínimos valores promedio, fechas y hora en las que sucedieron, porcentajes y los límites establecidos para cada uno de los valores ya antes descritos en este capítulo además se verificará mediante gráficas los resultados para comprobar si cumplen o no con las regulaciones establecidas.

3.4.2.1. Tabulación de datos del Transformador 10528.

3.4.2.1.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Transformador tipo trifásico de 75 KVA, ubicado en una zona urbana en la parroquia general Leónidas Plaza del sector del cantón Limón.

Tabla # 353 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
16/04/2010 – 00:50	0.18					
16/04/2010 - 12:20					0.09	
17/04/2010 - 06:50						0.10
17/04/2010 - 20:40			0.22			
18/04/2010 - 15:50		0.85				
19/04/2010 - 20:30				0.14		

Tabla # 353 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 21:00	0.12					
18/04/2010 - 07:10						0.04
18/04/2010 - 10:10			0.23			
18/04/2010 - 16:30		0.77				
19/04/2010 - 12:50				0.20		
22/04/2010 - 12:40					0.14	

Tabla # 353(c). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:30				0.19		
16/04/2010 - 18:00						0.13
18/04/2010 - 14:30		0.78				
19/04/2010 - 12:00	0.41					
19/04/2010 - 12:30			0.19			
22/04/2010 - 12:20					0.12	

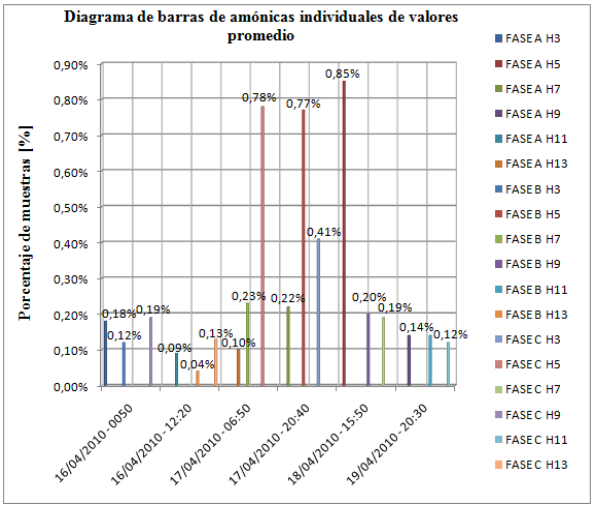

Figura 830. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A, B y C [%].

Tabla # 354 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
16/04/2010 – 00:50	0.41					
16/04/2010 - 12:20					0.20	
17/04/2010 - 06:50						0.25
17/04/2010 - 20:40			0.46			
18/04/2010 - 15:50		1.64				
19/04/2010 - 11:30				0.51		

Tabla # 354 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 21:00	0.35					
18/04/2010 - 07:10						0.21
18/04/2010 - 10:10			0.46			
18/04/2010 - 16:30		1.54				
19/04/2010 - 12:50				0.40		
22/04/2010 - 12:40					0.36	

Tabla # 354 (c). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:30				0.41		
16/04/2010 - 18:00						0.36
18/04/2010 - 14:30		1.59				
19/04/2010 - 12:00	0.71					
19/04/2010 - 12:30			0.51			
22/04/2010 - 12:20					0.36	

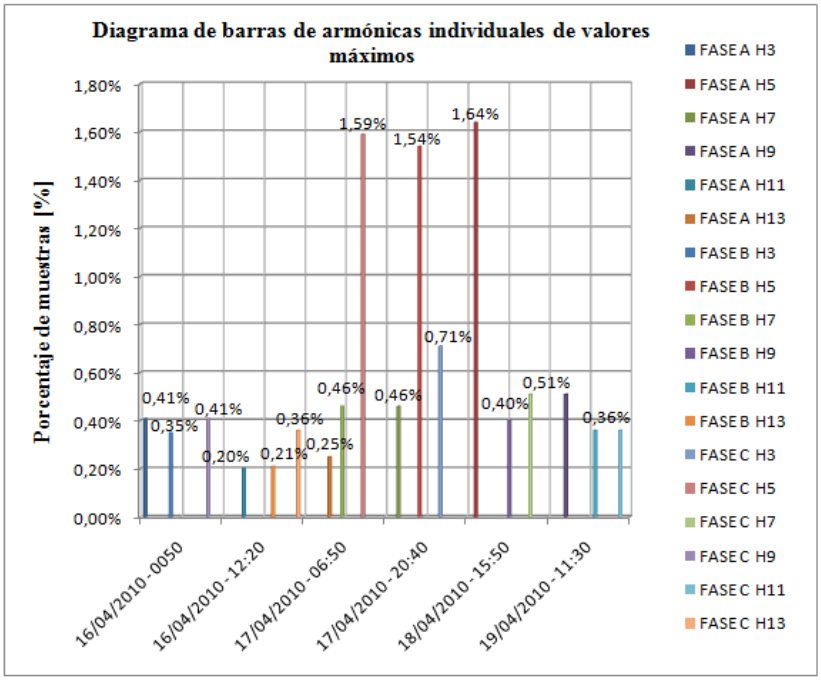

Figura 831. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A, B y C [%].

3.4.2.2. Tabulación de datos del Transformador 10374.

3.4.2.2.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Transformador tipo trifásico de 75 KVA, ubicado en una zona urbana en la parroquia general Leónidas Plaza del sector del cantón Limón.

Tabla # 355 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:10	0.23					
18/04/2010 - 12:40				0.24		
18/04/2010 - 14:30		0.90				
19/04/2010 - 21:20						0.13
21/04/2010 - 09:50			0.18			
22/04/2010 - 12:30					0.16	

Tabla # 355 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:50						0.15
15/04/2010 - 21:10				0.29		
18/04/2010 - 13:00		0.99				
18/04/2010 - 19:10	0.61					
18/04/2010 - 21:40			0.16			
19/04/2010 - 20:30					0.14	

Tabla # 355 (c). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 17:40			0.6	0.20		
15/04/2010 - 21:50						0.16
18/04/2010 - 14:30		1.00				
19/04/2010 - 20:50					0.13	
20/04/2010 - 20:00	0.30					

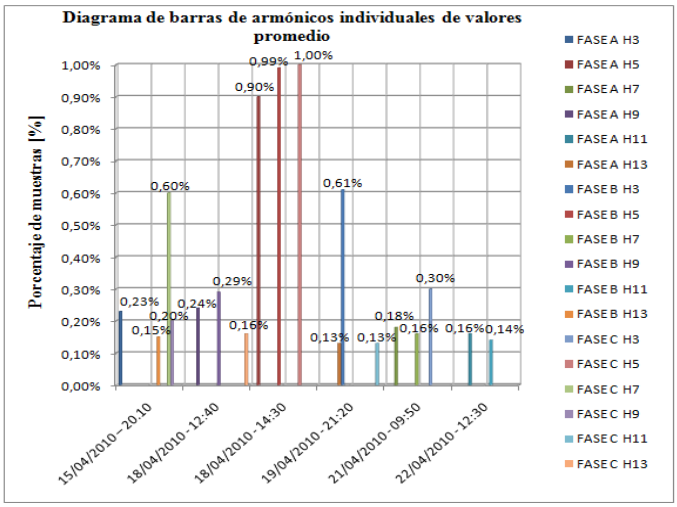

Figura 832. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A, B y C [%].

Tabla # 356 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20.10	0.62					
18/04/2010 - 12:40				0.41		
18/04/2010 - 14:30		1.82				
19/04/2010 - 21:20						0.3
21/04/2010 - 09:50			0.4			
22/04/2010 - 12:30					0.41	

Tabla # 356 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:50						0.41
15/04/2010 - 21:10				0.57		
18/04/2010 - 13:00		1.82				
18/04/2010 - 19:10	1.13					
18/04/2010 - 21:40			0.47			
19/04/2010 - 20:30					0.41	

Tabla # 356 (c). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 17:40			0.41	0.41		
15/04/2010 - 21:50						0.37
18/04/2010 - 14:30		1.86				
19/04/2010 - 20:50					0.4	
20/04/2010 - 20:00	0.87					

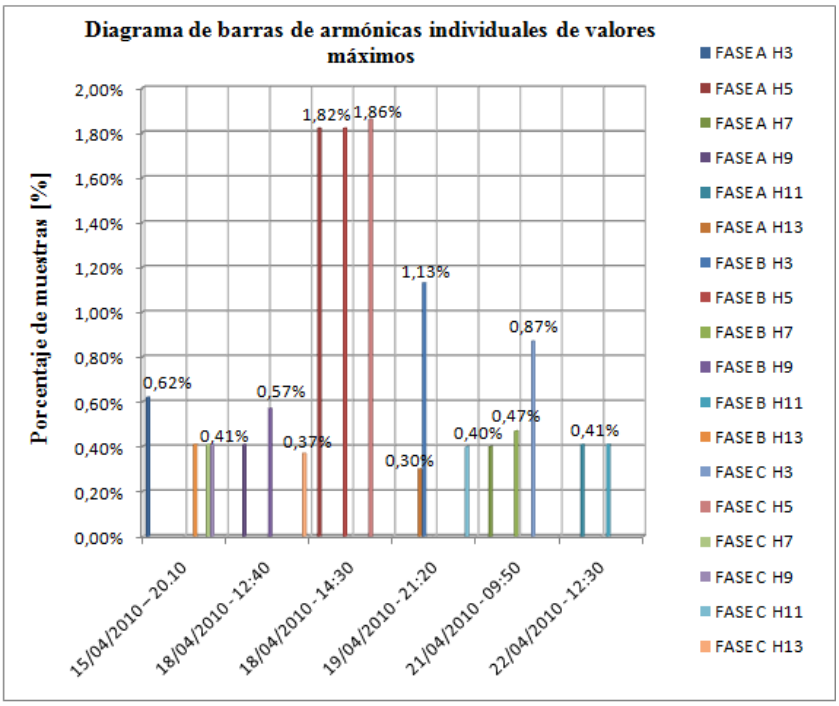

Figura 833. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A, B y C [%].

3.4.2.3. Tabulación de datos del Transformador 10621.

3.4.2.3.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Transformador tipo trifásico de 50 KVA, ubicado en una zona urbana en la parroquia general Leónidas Plaza del sector del cantón Limón.

Tabla # 357 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 – 18:10						0.05
18/04/2010 - 13:20		0.90				
18/04/2010 - 15:20				0.18		
20/04/2010 - 16:20					0.14	
21/04/2010 - 19:50	0.22					
21/04/2010 - 18:30			0.07			

Tabla # 357 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 21:50				0.15		
17/04/2010 - 06:50						0.10
18/04/2010 - 13:30		0.58				
18/04/2010 - 19:40			0.11			
19/04/2010 - 20:00	0.27					
20/04/2010 - 06:30					0.12	

Tabla # 357 (c). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:30			0.12			
17/04/2010 - 06:50						0.05
18/04/2010 - 13:30		0.98				
18/04/2010 - 18:10					0.20	
18/04/2010 - 21:20				0.05		
19/04/2010 - 18:50	0.14					

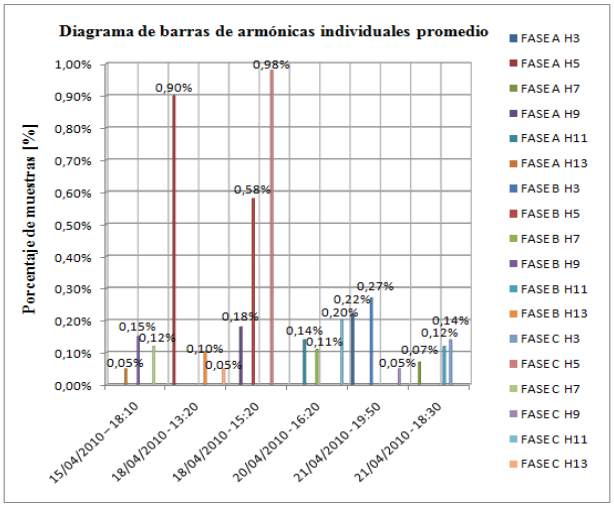

Figura 834. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A, B y C [%].

Tabla # 358 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 – 18:10						0.31
18/04/2010 - 13:20		1.87				
18/04/2010 - 15:20				0.52		
20/04/2010 - 16:20					0.41	
21/04/2010 - 19:50	0.78					
21/04/2010 - 18:30			0.36			

Tabla # 358 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 21:50				0.59		
17/04/2010 - 06:50						0.58
18/04/2010 - 13:30		0.52				
18/04/2010 - 19:40			0.52			
19/04/2010 - 20:00	0.68					
20/04/2010 - 06:30					0.58	

Tabla # 358 (c). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:30			0.52			
17/04/2010 - 06:50						0.26
18/04/2010 - 13:30		1.87				
18/04/2010 - 18:10					0.68	
18/04/2010 - 21:20				0.37		
19/04/2010 - 18:50	0.72					

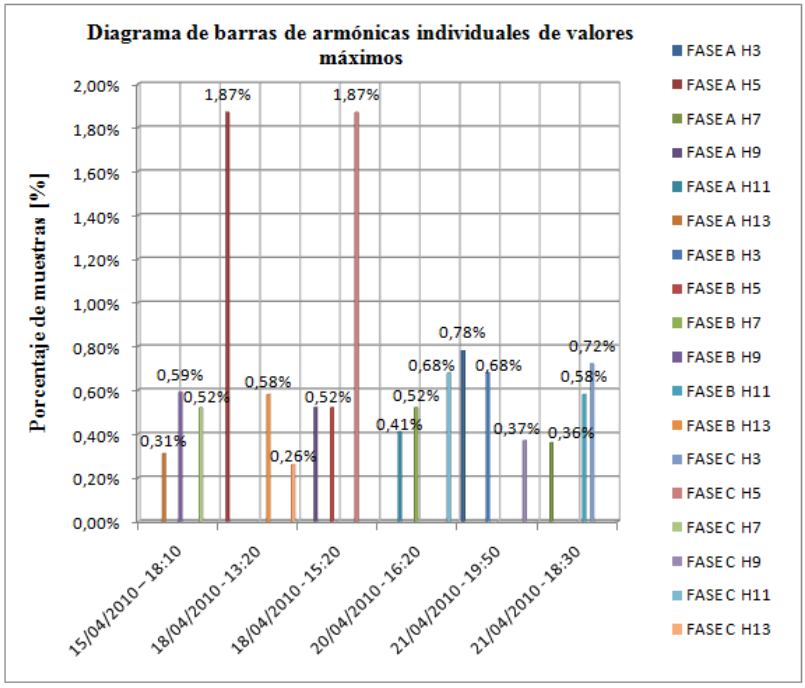

Figura 835. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A, B y C [%].

3.4.2.4. Tabulación de datos del Transformador 10954.

3.4.2.4.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Transformador tipo monofásico de 10 KVA, ubicado la calle José Pintado, de la zona urbana en la parroquia general Leónidas Plaza del sector del cantón Limón

Tabla # 359 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 – 11:10			0.19			
18/04/2010 - 14:20		0.67				
18/04/2010 - 18:00						0.09
18/04/2010 - 19:40	0.29					
19/04/2010 - 19:20				0.28		
22/04/2010 - 12:20					0.14	

Tabla # 359 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:50				0.27		
18/04/2010 - 11:10			0.18			
18/04/2010 - 15:40		0.69				
18/04/2010 - 18:00						0.09
18/04/2010 - 19:20	0.28					
22/04/2010 - 12:20					0.14	

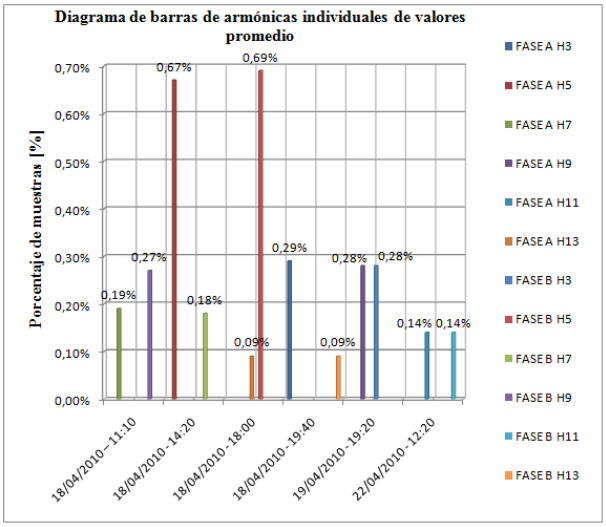

Figura 836. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 360 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 – 11:10			0.43			
18/04/2010 - 14:20		1.50				
18/04/2010 - 18:00						0.29
18/04/2010 - 19:40	0.68					
19/04/2010 - 19:20				0.57		
22/04/2010 - 12:20					0.39	

Tabla # 360 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:50				0.58		
18/04/2010 - 11:10			0.43			
18/04/2010 - 15:40		1.46				
18/04/2010 - 18:00						0.29
18/04/2010 - 19:20	0.68					
22/04/2010 - 12:20					0.39	

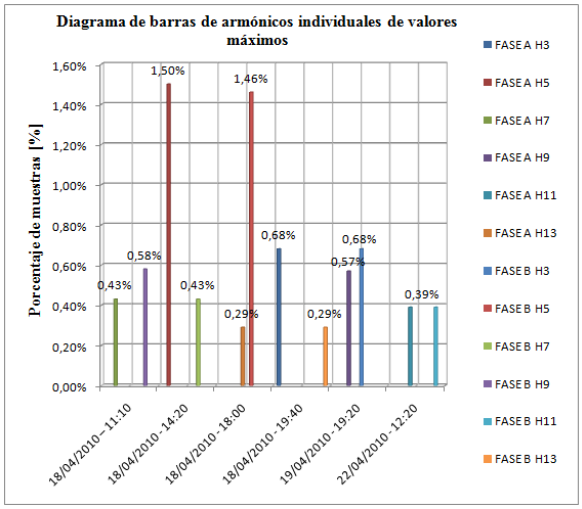

Figura 837. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.2.5. Tabulación de datos del Transformador 10356.

3.4.2.5.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 15 KVA, ubicado en el sector el Rosario que es una zona rural en la parroquia general Leónidas Plaza del cantón de Limón.

Tabla # 361 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 19:40	0.56					
17/04/2010 - 18:10						0.10
17/04/2010 - 18:20			0.25			
18/04/2010 - 08:20		0.52				
18/04/2010 - 20:30				0.35		
21/04/2010 - 08:40					0.10	

Tabla # 361 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 13:40			0.30			
15/04/2010 - 23:10				0.38		
16/04/2010 - 20:30	0.53					
18/04/2010 - 15:50		0.66				
19/04/2010 - 04:40						0.09
19/04/2010 - 20:20					0.10	

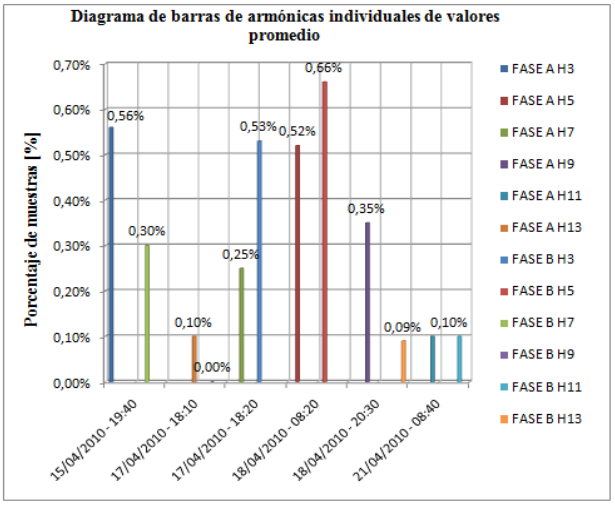

Figura 838. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 362 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 19:40	1.28					
17/04/2010 - 18:10						0.25
17/04/2010 - 18:20			0.7			
18/04/2010 - 08:20		1.30				
18/04/2010 - 20:30				0.79		
21/04/2010 - 08:40					0.3	

Tabla # 362 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 13:40			0.6			
15/04/2010 - 23:10				0.7		
16/04/2010 - 20:30	1.32					
18/04/2010 - 15:50		1.4				
19/04/2010 - 04:40						0.25
19/04/2010 - 20:20					0.34	

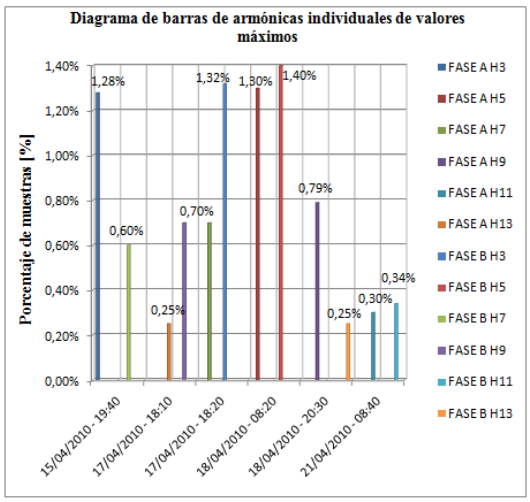

Figura 839. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.2.6. Tabulación de datos del Transformador 11548.

3.4.2.6.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 15 KVA, ubicado en el sector Yungantza que es una zona rural en la parroquia general Leónidas Plaza del cantón de Limón.

Tabla # 363 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 12:50					0.14	
15/04/2010 - 23:40						0.16
16/04/2010 - 19:00	0.43					
18/04/2010 - 13:00		0.59				
19/04/2010 - 13:10				0.19		
19/04/2010 - 20:20			0.23			

Tabla # 363 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:10				0.15		
16/04/2010 - 00:50						0.19
16/04/2010 - 19:30	0.36					
18/04/2010 - 16:50		0.66				
19/04/2010 - 20:10			0.21			
21/04/2010 - 13:30					0.13	

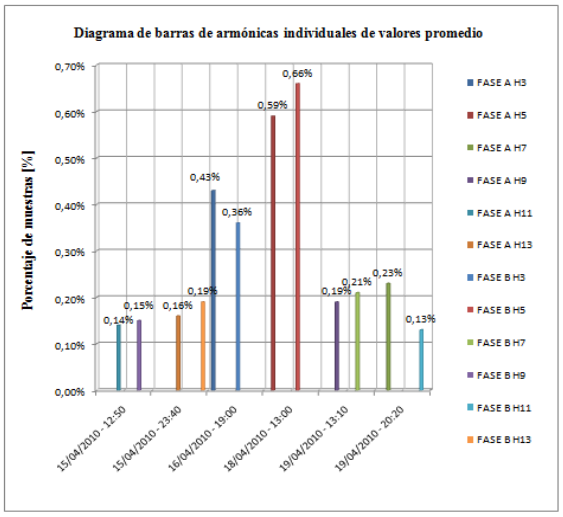

Figura 840. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 364 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 12:50					0.29	
15/04/2010 - 23:40						0.34
16/04/2010 - 19:00	1.0					
18/04/2010 - 13:00		1.35				
19/04/2010 - 13:10				0.39		
19/04/2010 - 20:20			0.57			

Tabla # 364 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 20:10				0.29		
16/04/2010 - 00:50						0.39
16/04/2010 - 19:30	0.76					
18/04/2010 - 16:50		1.50				
19/04/2010 - 20:10			0.62			
21/04/2010 - 13:30					0.33	

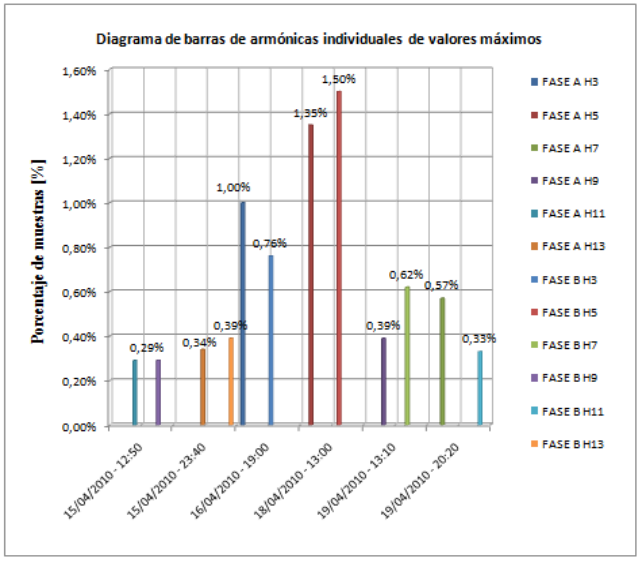

Figura 841. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.2.7. Tabulación de datos del Transformador 10912.

3.4.2.7.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 25 KVA, ubicado en las calles Simón Bolívar y Teniente Hugo Ortiz que es una zona urbana en la parroquia general Leónidas Plaza del cantón de Limón.

Tabla # 365 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
16/04/2010 - 12:20				0.29		
16/04/2010 - 13:30					0.09	
18/04/2010 - 14:30			0.32			
18/04/2010 - 17:00		0.63				
19/04/2010 - 19:20	0.64					
22/04/2010 - 13:30						0.07

Tabla # 365 [%] (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B.

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 14:30			0.36			
16/04/2010 - 13:30				0.39		
18/04/2010 - 17:00		0.64				
19/04/2010 - 19:20	0.71					
21/04/2010 - 18:10					0.09	
22/04/2010 - 13:10						0.08

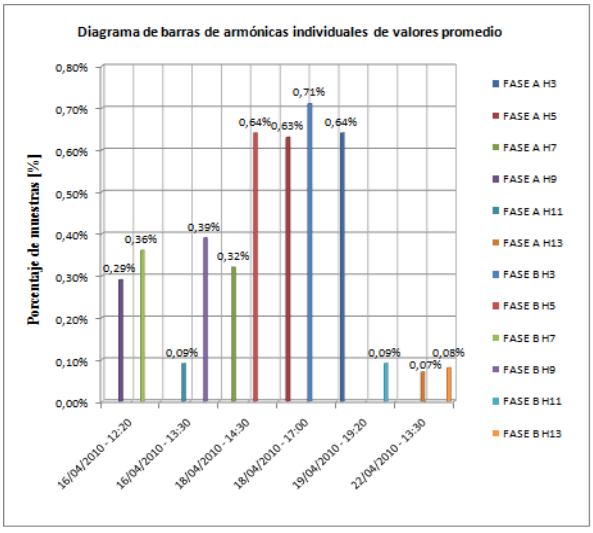

Figura 842. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 366 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
16/04/2010 - 12:20				0.65		
16/04/2010 - 13:30					0.25	
18/04/2010 - 14:30			0.70			
18/04/2010 - 17:00		1.26				
19/04/2010 - 19:20	1.42					
22/04/2010 - 13:30						0.30

Tabla # 366 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
15/04/2010 - 14:30			0.74			
16/04/2010 - 13:30				0.70		
18/04/2010 - 17:00		1.20				
19/04/2010 - 19:20	1.57					
21/04/2010 - 18:10					0.30	
22/04/2010 - 13:10						0.30

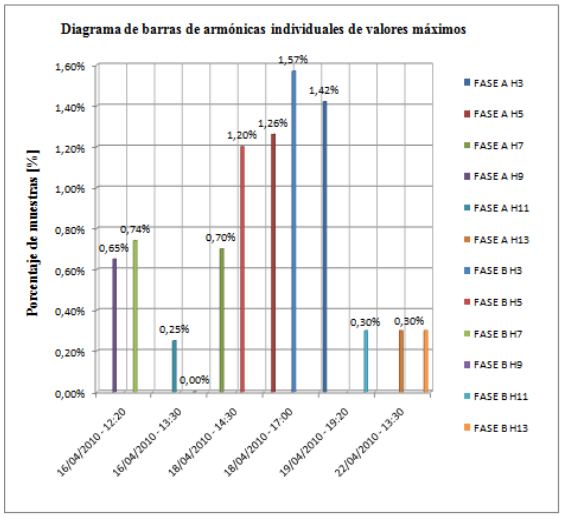

Figura 843. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.2.8. Tabulación de datos del Transformador 10886.

3.4.2.8.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 15 KVA, ubicado en el centro es una zona urbana del cantón de Limón.

Tabla # 367 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:00						0.06
18/04/2010 - 11:30			0.20			
18/04/2010 - 14:30		0.61				
18/04/2010 - 19:30	0.32					
19/04/2010 - 19:20				0.28		
22/04/2010 - 12:20					0.17	

Tabla # 367 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
16/04/2010 - 17:30						0.08
18/04/2010 - 11:00			0.20			
18/04/2010 - 12:50		0.66				
18/04/2010 - 19:20	0.27					
19/04/2010 - 20:20				0.28		
22/04/2010 - 12:20					0.17	

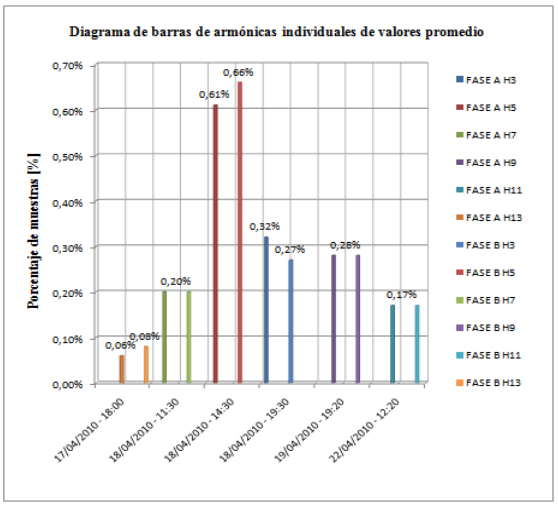

Figura 844. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 368 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:00						0.25
18/04/2010 - 11:30			0.49			
18/04/2010 - 14:30		1.38				
18/04/2010 - 19:30	0.84					
19/04/2010 - 19:20				0.59		
22/04/2010 - 12:20					0.4	

Tabla # 368 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
16/04/2010 - 17:30						0.24
18/04/2010 - 11:00			0.44			
18/04/2010 - 12:50		1.44				
18/04/2010 - 19:20	0.69					
19/04/2010 - 20:20				0.63		
22/04/2010 - 12:20					0.40	

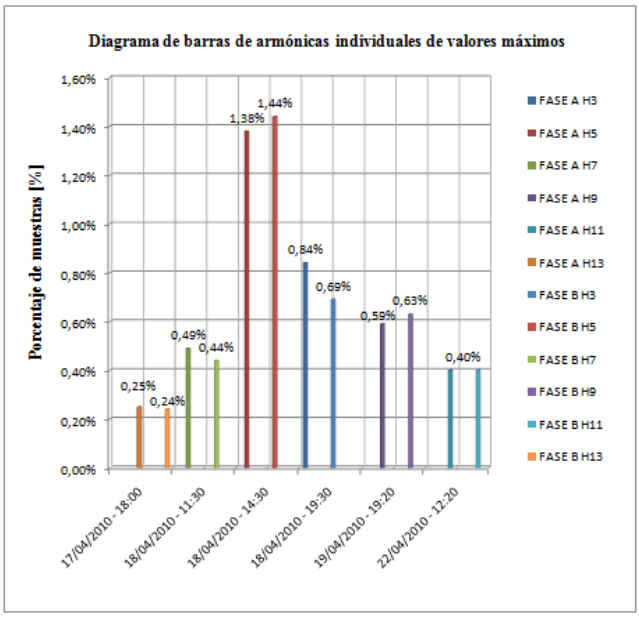

Figura 845. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.3. Armónicas individuales del alimentador 2312.

Ahora se va a analizar los armónicas individuales de los transformadores del alimentador 2312, donde se encuentra cargas que producen armónicas como pueden ser, lámparas fluorescentes, computadores, copiadoras, electrodomésticos, talleres industriales, etc.

3.4.3.1. Armónicas individuales del transformador 10127.

Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H9, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en el transformador y los que poseen valores ahora, se considera los límites que tienen cada armónica de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9 1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase las cuales van a ser graficadas para determinar los valores.

3.4.3.1.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de la novena armónica individual en este punto superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 1.58$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 3.39$ el día 16 de Octubre a las 19:40, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1.10$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 2.21$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.99$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 1.77$ el día 25 de Octubre a las 13:40, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.92$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 2.37$ el día 26 de Octubre a las 16:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.29$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 1.05$ el día 23 de Octubre a las 17:50 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.15$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.34$ el día 29 de Octubre a las 09:40.

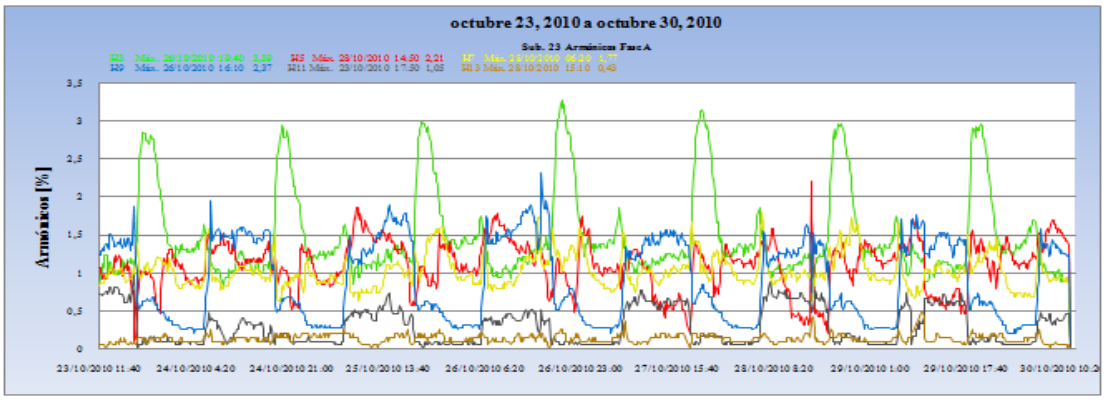

Figura 846. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.3.1.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Los valores de la novena armónica individual en este punto superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 1.49$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 3.29$ el día 26 de Octubre a las 19:40, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1.10$, el valor

máximo de la quinta armónica es $H5 = 2.22$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 1.03$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 1.81$ el día 28 de Octubre a las 06:20, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.92$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 2.32$ el día 26 de Octubre a las 16:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.30$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.99$ el día 23 de Octubre a las 17:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.14$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.49$ el día 29 de Octubre a las 09:50.

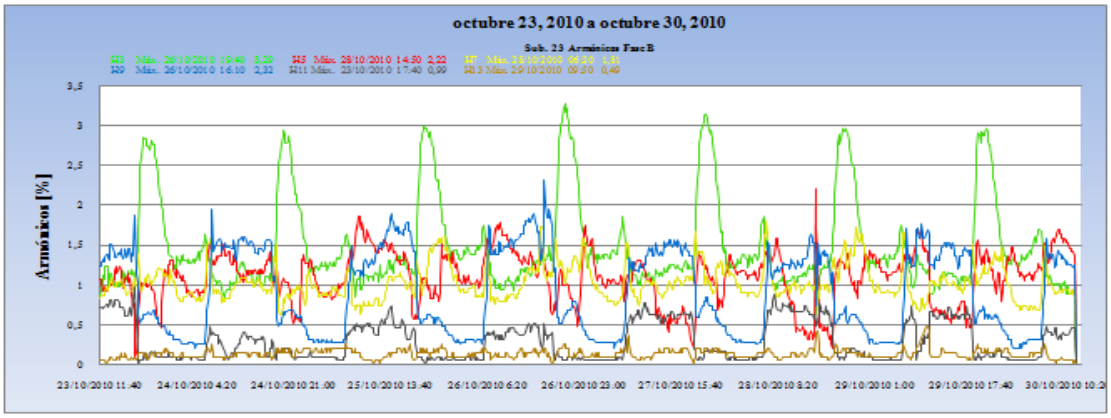

Figura 847. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la novena armónica es el que tiene un valor por fuera de los límites establecidos, pero sus demás muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras armónicas se presentaron el martes 26 de Octubre en el lapso de las 14:00, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.3.2. Armónicas individuales del transformador 10413.

Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H9, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en el transformador y los que poseen valores ahora se considera los límites que tienen cada armónica de tal

manera que se puede verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9 1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase las cuales van a ser graficadas para determinar los valores.

3.4.3.2.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de la novena armónica individual en este punto superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.95$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 2.34$ el día 26 de Octubre a las 19:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1.20$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.97$ el día 24 de Octubre a las 07:40, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.76$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 1.65$ el día 28 de Octubre a las 20:50, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.58$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 1.14$ el día 28 de Octubre a las 20:50, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.46$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 1.26$ el día 29 de Octubre a las 06:10 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.15$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.59$ el día 29 de Abril a las 10:10.

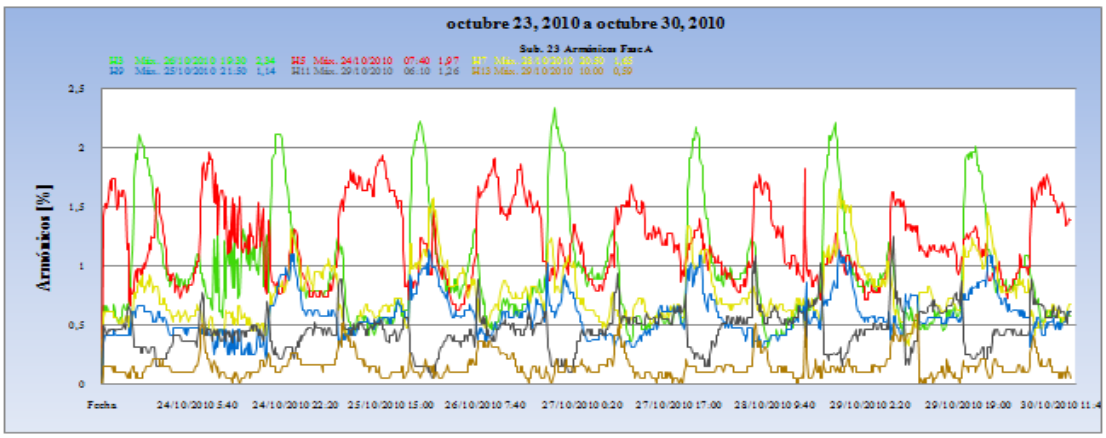

Figura 848. Armónicas individuales de la fase A[%].

3.4.3.2.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.95$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 2.45$ el día 26 de Octubre a las 19:40, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1.22$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 2.02$ el día 24 de Octubre a las 07:40, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.80$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 1.81$ el día 28 de Octubre a las 20:50, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.61$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 1.19$ el día 28 de Octubre a las 20:50, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.47$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 1.31$ el día 28 de Octubre a las 22:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.16$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.68$ el día 29 de Octubre a las 06:20.

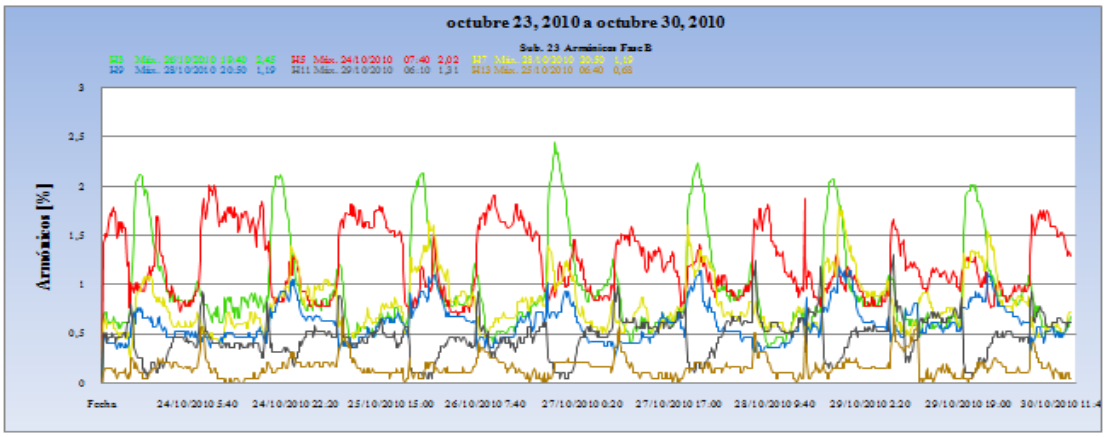

Figura 849. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la tercera y quinta armónica es la que tiene un valor mayor que los demás, pero sus muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras armónicas se presentó el domingo 24 de octubre y el martes 26 de

Octubre en el lapso de las 07:00 hasta las 19:00, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.3.3. Armónicas individuales del transformador 10432.

Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H9, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en el transformador y los que poseen valores ahora se consideran los límites que tienen cada armónica de tal manera que se puede verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9 1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase las cuales van a ser graficadas para determinar los valores.

3.4.3.3.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.55$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.44$ el día 26 de Octubre a las 19:40, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.94$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 2.11$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.42$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.92$ el día 26 de Octubre a las 15:40, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.33$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.92$ el día 26 de Octubre a las 17:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.21$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.57$ el día 28 de Octubre a las 07:10 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.12$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.26$ el día 24 de Octubre a las 22:40.

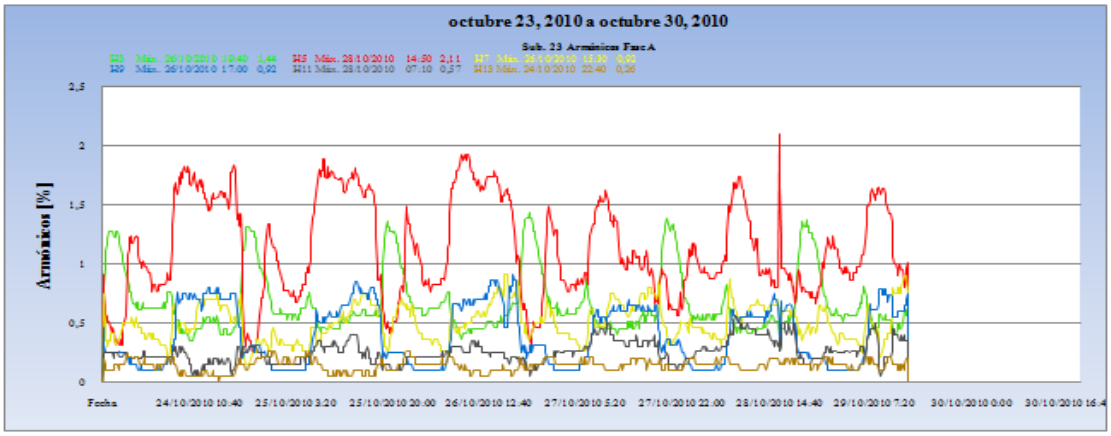

Figura 850. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.3.3.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase B el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.54$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.48$ el día 26 de Octubre a las 19:10, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.93$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 2.05$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.42$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.92$ el día 26 de Octubre a las 15:40, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.33$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.92$ el día 26 de Octubre a las 17:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.21$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.56$ el día 28 de Octubre a las 07:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.13$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.31$ el día 28 de Octubre a las 22:30.

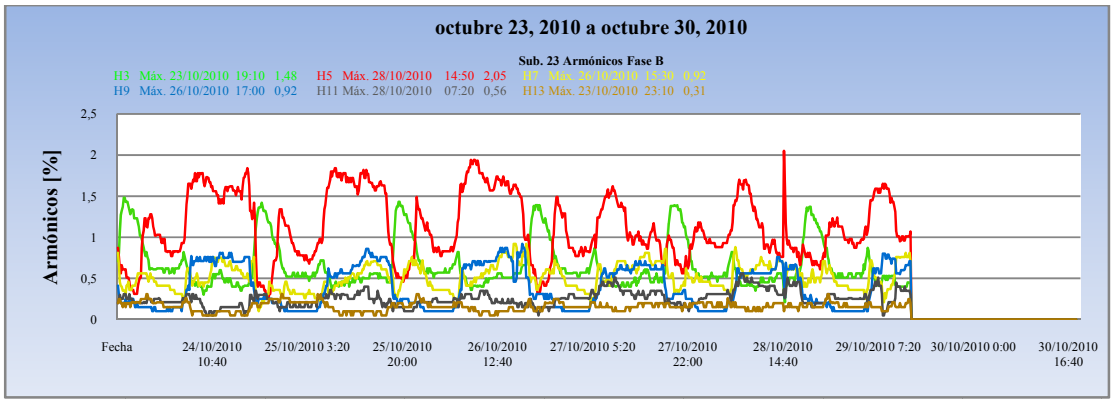

Figura 851. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la tercera y quinta armónica es el que tiene un valor mayor que los demás, pero sus muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras armónicas se presentaron el martes 26 y jueves 28 de Octubre en el lapso de las 13:00 hasta las 19:00, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.3.4. Armónicas individuales del transformador 10442.

Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H9, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en el transformador y los que poseen valores ahora se consideran los límites que tienen cada armónica de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9 1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase las cuales van a ser graficadas para determinar los valores.

3.4.3.4.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera

armónica es $H3 = 0.62$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.70$ el día 29 de Octubre a las 19:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.83$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.72$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.69$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 1.28$ el día 28 de Octubre a las 19:30, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.31$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.62$ el día 29 de Octubre a las 21:20, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.40$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.72$ el día 28 de Octubre a las 14:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.42$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.84$ el día 25 de Octubre a las 23:00.

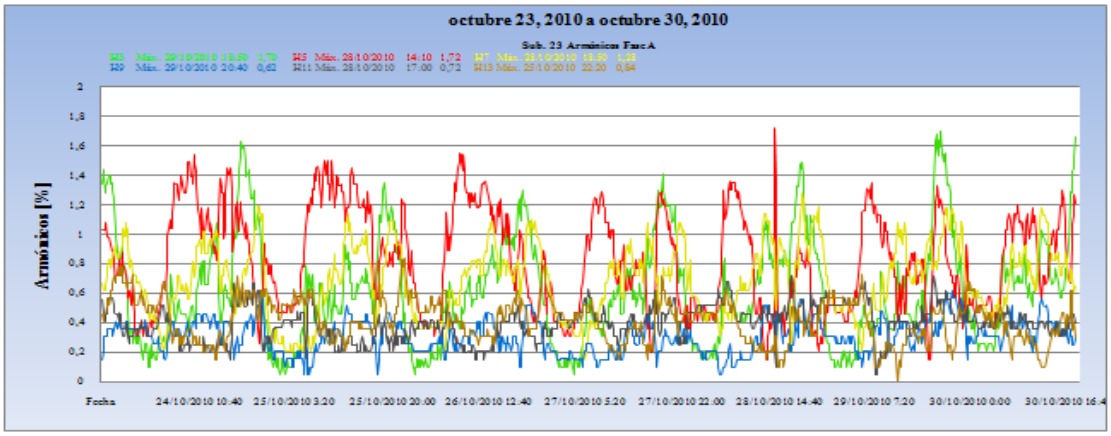

Figura 852. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.3.4.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase B el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.77$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.91$ el día 27 de Octubre a las 19:40, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.86$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.71$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.66$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 1.23$ el día 25 de Octubre a las 21:00, el valor promedio de la novena

armónica es $H9 = 0.31$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.62$ el día 29 de Octubre a las 21:20, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.40$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.72$ el día 28 de Octubre a las 17:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.42$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.84$ el día 25 de Octubre a las 23:00.

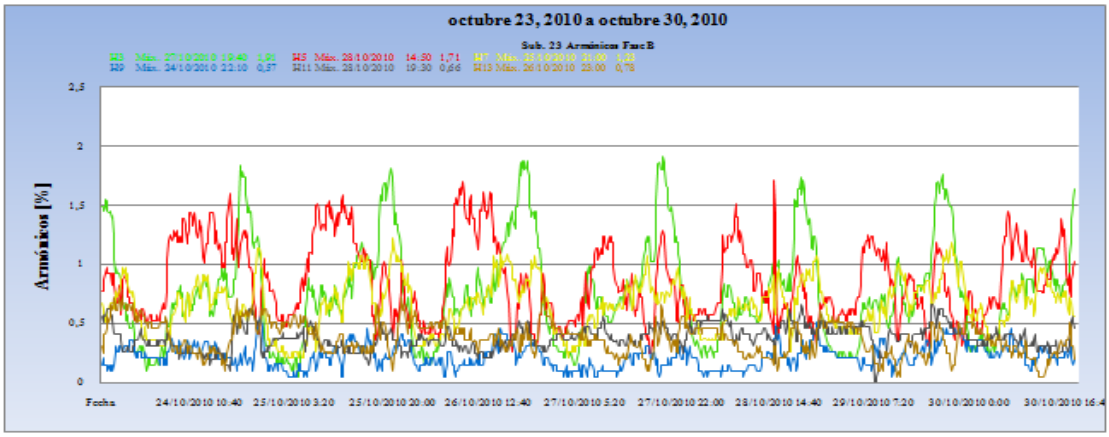

Figura 853. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la tercera y quinta armónica es el que tiene un valor mayor que los demás, pero sus muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras armónicas se presentaron el jueves 28 de Octubre y el viernes 29 de Octubre en el lapso de las 14:00 hasta las 20:00, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.3.5. Armónicas individuales del transformador 10660.

Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H9, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en el transformador y los que poseen valores ahora se consideran los límites que tienen cada armónica de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9

1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase las cuales van a ser graficadas para determinar los valores.

3.4.3.5.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.52$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.20$ el día 29 de Octubre a las 19:50, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1.11$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 2.02$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.37$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.76$ el día 28 de Octubre a las 06:00, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.21$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.65$ el día 26 de Octubre a las 14:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.25$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.50$ el día 28 de Octubre a las 07:10 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.18$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.56$ el día 24 de Octubre a las 22:40.

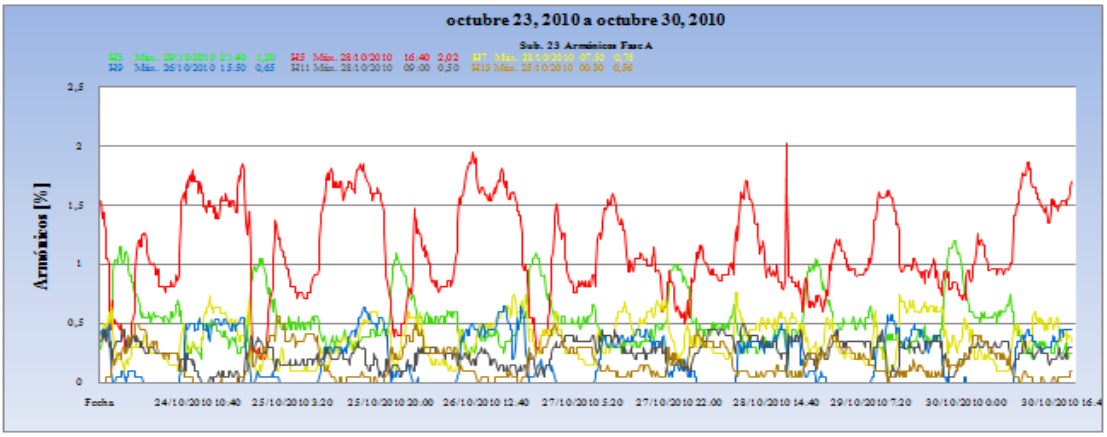

Figura 854. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.3.5.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase B el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.52$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.20$ el día 23 de Octubre a las 19:10, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1{,}08$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.96$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.36$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.85$ el día 26 de Octubre a las 13:50, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.20$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.70$ el día 26 de Octubre a las 17:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.21$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.50$ el día 28 de Octubre a las 07:10 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.13$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.45$ el día 24 de Octubre a las 22:40.

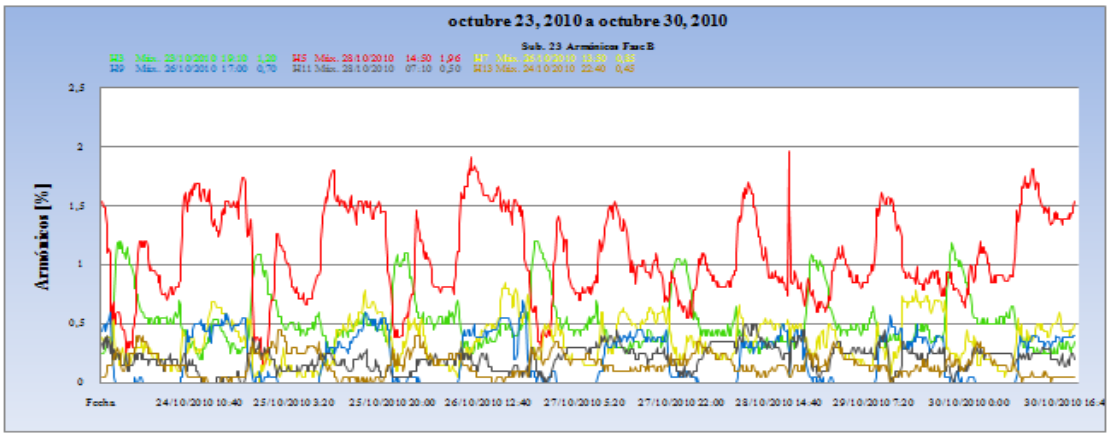

Figura 855. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la tercera y quinta armónica es el que tiene un valor mayor que los demás, pero sus muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras de armónicas se presentaron el miércoles 27 y jueves 28 de Octubre en el

lapso de las 14:00 hasta las 19:30, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.3.6. Armónicas individuales del transformador 10849.

Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H9, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en el transformador y los que poseen valores ahora se consideran los límites que tienen cada armónica de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9 1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase las cuales van a ser graficadas para determinar los valores.

3.4.3.6.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase A el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.56$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.64$ el día 23 de Octubre a las 19:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1.06$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.94$ el día 28 de Octubre a las 02:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.38$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.89$ el día 29 de Octubre a las 00:10, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.30$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.80$ el día 26 de Octubre a las 04:50, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.33$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.70$ el día 27 de Octubre a las 16:30 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.32$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.64$ el día 25 de Octubre a las 06:20.

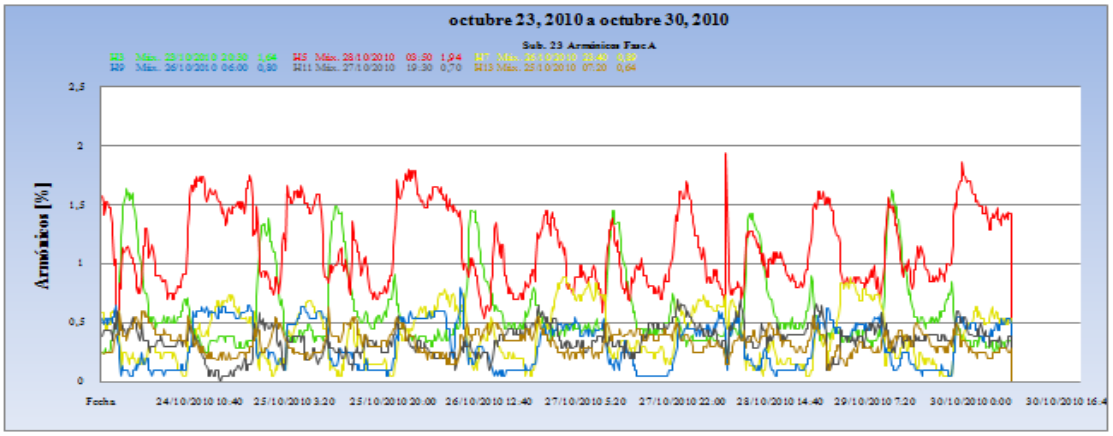

Figura 856. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.3.6.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, así en la fase B el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.57$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.65$ el día 23 de Octubre a las 19:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 1,.08$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.96$ el día 28 de Octubre a las 14:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.38$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.89$ el día 29 de Octubre a las 00:10, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.31$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.80$ el día 26 de Octubre a las 05:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.34$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.75$ el día 28 de Octubre a las 05:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.33$, el valor máximo de la treceava armónica es $H5 = 0.65$ el día 23 de Octubre a las 22:20.

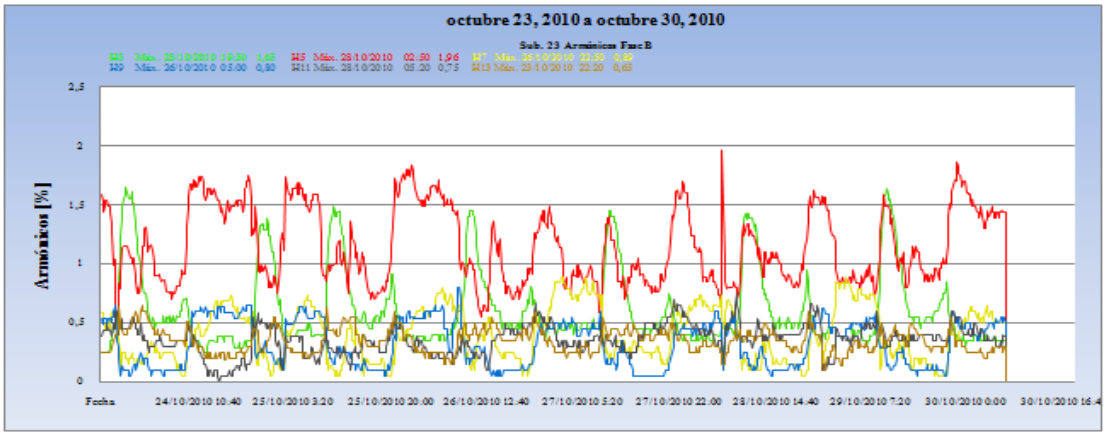

Figura 857. Armónicas individuales de la fase B [%].

En las dos fases de este transformador se puede notar que la tercera y quinta armónica es el que tiene un valor mayor que los demás, pero sus muestras están dentro del límite permitido, por lo que las cargas no se verán afectadas por la presencia de las mismas. Estas muestras armónicas se presentaron el sábado 23 y jueves 28 de Octubre en el lapso de las 19:00 hasta las 03:00, las mismas se presentan a causa de las cargas monofásicas conectadas a las fases de este transformador.

3.4.4. Tabulación de datos de armónicas individuales del alimentador 2312.

Para este proceso se considerarán los valores máximos y mínimos valores promedio, fechas y hora en las que sucedieron, porcentajes y los límites establecidos para cada uno de los valores ya antes descritos en este capítulo además se verificará mediante gráficas los resultados para comprobar si cumplen o no con las regulaciones establecidas.

3.4.4.1. Tabulación de datos del Transformador 10127.

3.4.4.1.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 25 KVA, ubicado en una zona rural de la parroquia San Juan Bosco del cantón Limón Indanza.

Tabla # 369 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 17:50					0.29	
25/10/2010 - 13:40			0.99			
26/10/2010 - 16:10				0.92		
28/10/2010 - 14:50		1.10				
28/10/2010 - 19:40	1.58					
29/10/2010 - 09:40						0.15

Tabla # 369 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 17:40					0.30	
26/10/2010 - 16:10				0.92		
26/10/2010 - 19:40	1.49					
28/10/2010 - 06:20			1.03			
28/10/2010 - 14:50		1.10				
29/10/2010 - 09:50						0.14

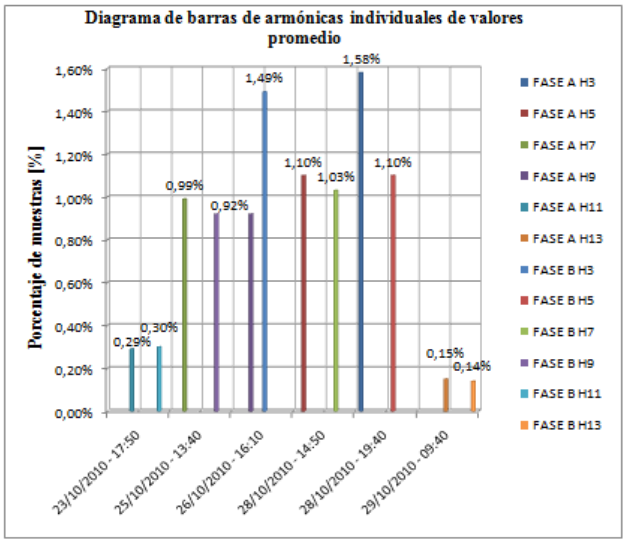

Figura 858. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 370 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 17:50					1.05	
25/10/2010 - 13:40			1.77			
26/10/2010 - 16:10				2.37		
28/10/2010 - 14:50		2.21				
28/10/2010 - 19:40	3.39					
29/10/2010 - 09:40						0.43

Tabla # 370 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 17:40					0.99	
26/10/2010 - 16:10				2.32		
26/10/2010 - 19:40	3.29					
28/10/2010 - 06:20			1.81			
28/10/2010 - 14:50		2.22				
29/10/2010 - 09:50						0.49

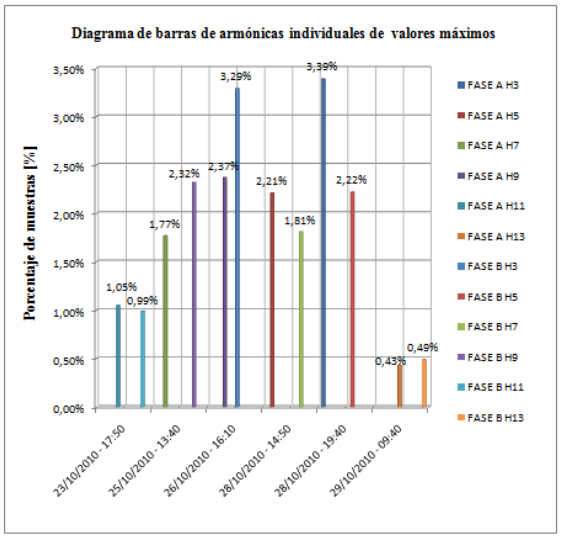

Figura 859. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.4.2. Tabulación de datos del Transformador 10413.

3.4.4.2.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 15 KVA, ubicado en una zona rural de la parroquia Pan de Azúcar perteneciente al cantón Limón Indanza.

Tabla # 371 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 07:40		1.20				
26/10/2010 - 19:30	0.95					
28/10/2010 - 20:40			0.76			
28/10/2010 - 20:50				0.58		
29/10/2010 - 06:10					0.46	
29/10/2010 - 10:10						0.15

Tabla # 371 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 07:40		1.22				
26/10/2010 - 19:40	0.95					
28/10/2010 - 22:40					0.47	
28/10/2010 - 20:50				0.61		
28/10/2010 - 21:00			0.80			
29/10/2010 - 06:20						0.16

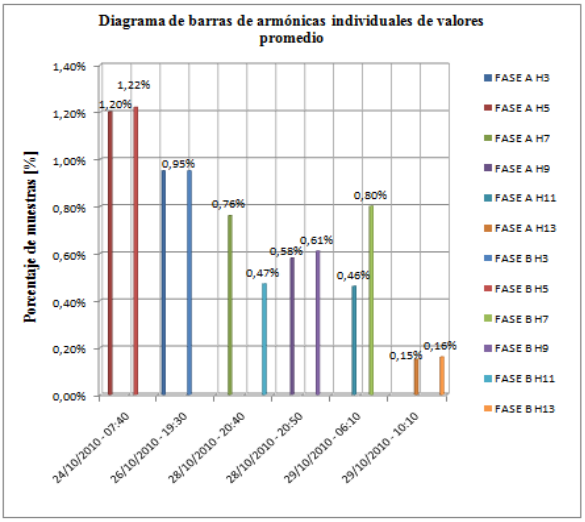

Figura 860. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 372 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 07:40		1.97				
26/10/2010 - 19:30	2.34					
28/10/2010 - 20:40			1.65			
28/10/2010 - 20:50				1.14		
29/10/2010 - 06:10					1.26	
29/10/2010 - 10:10						0.59

Tabla # 372 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 07:40		2.02				
26/10/2010 - 19:40	2.45					
28/10/2010 - 22:40					1.31	
28/10/2010 - 20:50				1.19		
28/10/2010 - 21:00			1.81			
29/10/2010 - 06:20						0.68

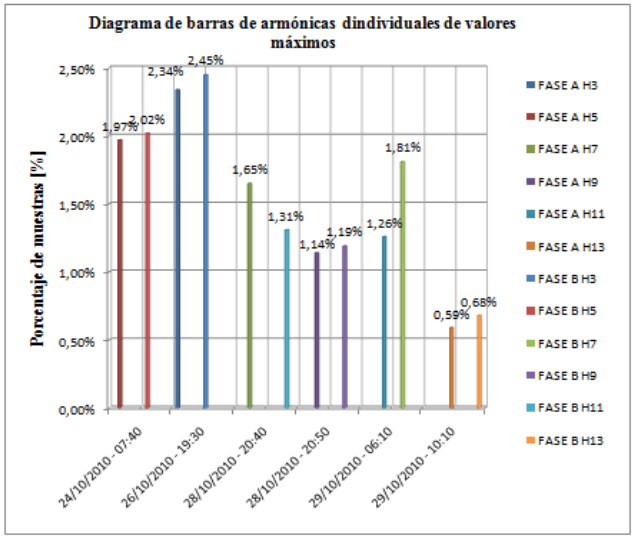

Figura 861. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.4.3. Tabulación de datos del Transformador 10432.

3.4.4.3.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 15 KVA, ubicado en una zona rural de la parroquia Indanza, perteneciente al sector Plan de Milagro del cantón Limón Indanza.

Tabla # 373 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 22:40						0.12
26/10/2010 - 15:40			0.42			
26/10/2010 - 17:00				0.33		
26/10/2010 - 19:40	0.55					
28/10/2010 - 07:10					0.21	
28/10/2010 - 14:50		0.94				

Tabla # 373 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 19:10	0.54					
26/10/2010 - 15:40			0.42			
26/10/2010 - 17:00				0.33		
28/10/2010 - 07:20					0.21	
28/10/2010 - 14:50		0.93				
28/10/2010 - 22:30						0.13

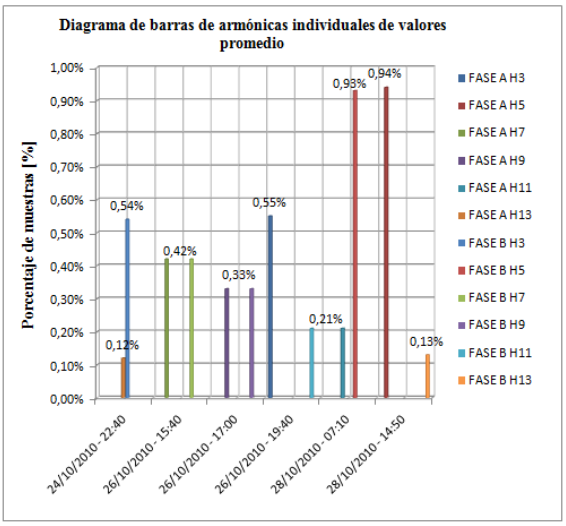

Figura 862. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 374 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 22:40						0.26
26/10/2010 - 15:40			0.92			
26/10/2010 - 17:00				0.92		
26/10/2010 - 19:40	1.44					
28/10/2010 - 07:10					0.57	
28/10/2010 - 14:50		2.11				

Tabla # 374 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 19:10	1.48					
26/10/2010 - 15:40			0.92			
26/10/2010 - 17:00				0.92		
28/10/2010 - 07:20					0.56	
28/10/2010 - 14:50		2.05				
28/10/2010 - 22:30						0.31

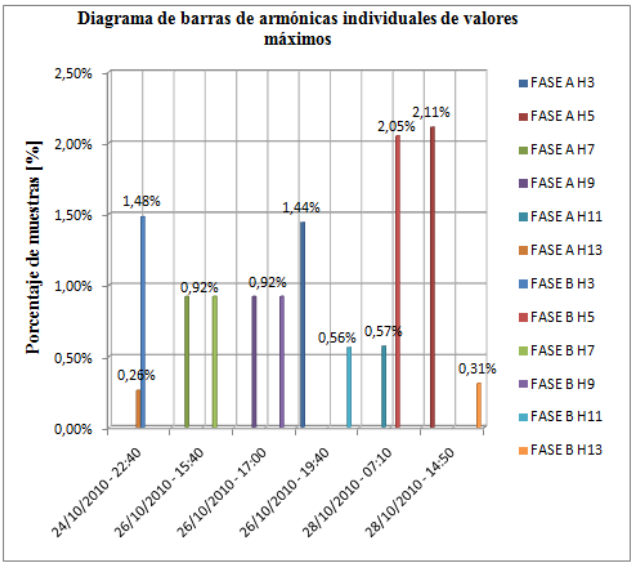

Figura 863. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.4.4. Tabulación de datos del Transformador 10442.

3.4.4.4.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 10 KVA, ubicado en una zona rural de la parroquia Indanza del cantón Limón.

Tabla # 375 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 22:10				0.22		
25/10/2010 - 21:00			0.66			
26/10/2010 - 23:00						0.38
27/10/2010 - 19:40	0.77					
28/10/2010 - 14:50		0.86				
28/10/2010 - 19:30					0.38	

Tabla # 375 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
25/10/2010 - 23:00						0.42
28/10/2010 - 14:50		0.83				
28/10/2010 - 17:40					0.40	
28/10/2010 - 19:30			0.69			
29/10/2010 - 19:30	0.62					
29/10/2010 - 21:20				0.31		

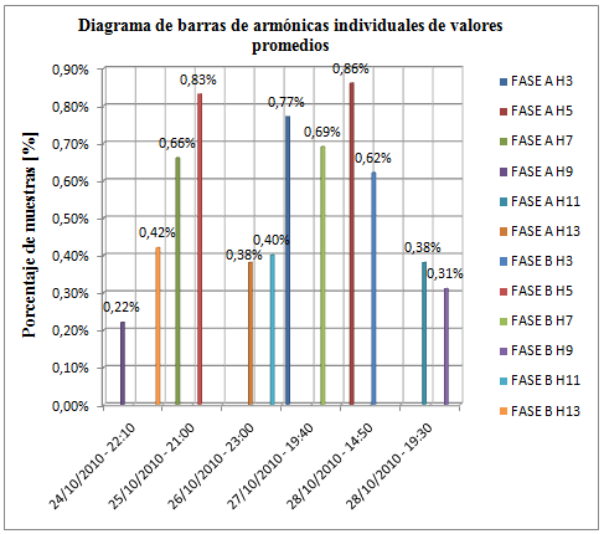

Figura 864. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 376 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 22:10				0.57		
25/10/2010 - 21:00			1.23			
26/10/2010 - 23:00						0.78
27/10/2010 - 19:40	1.91					
28/10/2010 - 14:50		1.71				
28/10/2010 - 19:30					0.66	

Tabla # 376 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
25/10/2010 - 23:00						0.84
28/10/2010 - 14:50		1.72				
28/10/2010 - 17:40					0.72	
28/10/2010 - 19:30			1.28			
29/10/2010 - 19:30	1.70					
29/10/2010 - 21:20				0.62		

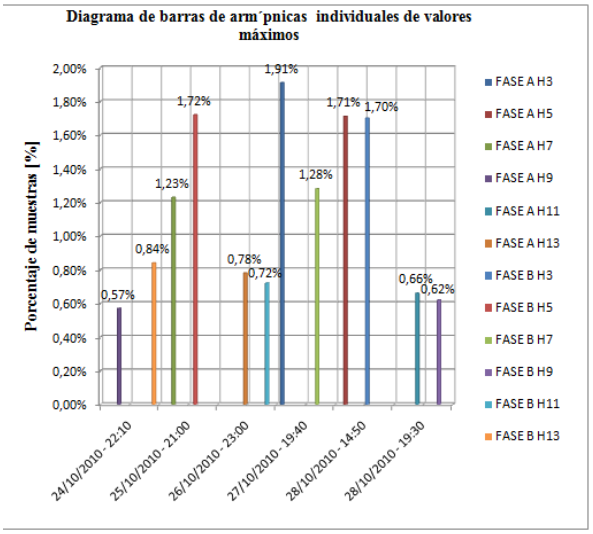

Figura 865. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.4.5. Tabulación de datos del Transformador 10660.

3.4.5.1.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 10 KVA, ubicado en una zona rural de la parroquia San Antonio del cantón Limón.

Tabla # 377 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 22:40						0.18
26/10/2010 - 14:00				0.21		
28/10/2010 - 06:00			0.37			
28/10/2010 - 07:10					0.25	
28/10/2010 - 14:50		1.11				
29/10/2010 - 19:50	0.52					

Tabla # 377 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 19:10	0.52					
24/10/2010 - 22:40						0.16
26/10/2010 - 13:50			0.36			
26/10/2010 - 17:00				0.20		
28/10/2010 - 07:10					0.21	
28/10/2010 - 14:50		1.08				

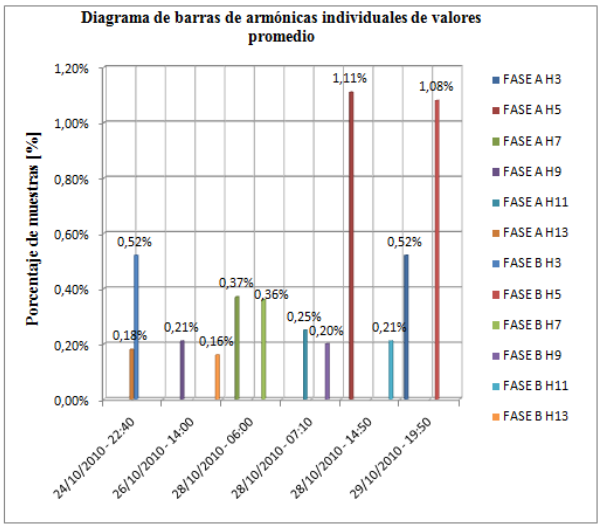

Figura 866. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 378 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
24/10/2010 - 22:40						0.56
26/10/2010 - 14:00				0.65		
28/10/2010 - 06:00			0.76			
28/10/2010 - 07:10					0.50	
28/10/2010 - 14:50		2.02				
29/10/2010 - 19:50	1.20					

Tabla # 378 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 19:10	1.20					
24/10/2010 - 22:40						0.45
26/10/2010 - 13:50			0.85			
26/10/2010 - 17:00				0.70		
28/10/2010 - 07:10					0.50	
28/10/2010 - 14:50		1.96				

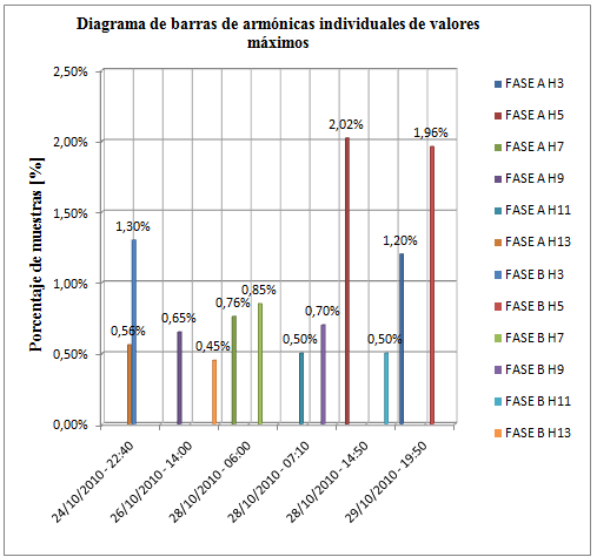

Figura 867. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.4.6. Tabulación de datos del Transformador 10849.

3.4.6.1.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B.

Transformador tipo monofásico de 15 KVA, ubicado en una zona rural de la parroquia el Cisne perteneciente al cantón Limón.

Tabla # 379 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 19:30	0.57					
23/10/2010 - 22:20						0.33
26/10/2010 - 05:00				0.31		
28/10/2010 - 02:50		1.08				
28/10/2010 - 05:20					0.34	
29/10/2010 - 00:10			0.38			

Tabla # 379 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 19:30	0.56					
25/10/2010 - 06:20						0.32
26/10/2010 - 04:50				0.30		
27/10/2010 - 18:30					0.33	
28/10/2010 - 02:50		1.06				
29/10/2010 - 00:10			0.38			

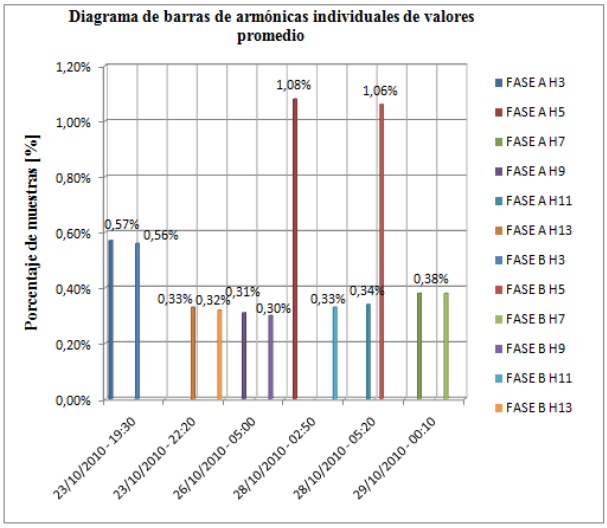

Figura 868. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 380 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 19:30	1.65					
23/10/2010 - 22:20						0.65
26/10/2010 - 05:00				0.80		
28/10/2010 - 02:50		1.96				
28/10/2010 - 05:20					0.75	
29/10/2010 - 00:10			0.89			

Tabla # 380 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/10/2010 - 19:30	1.64					
25/10/2010 - 06:20						0.64
26/10/2010 - 04:50				0.80		
27/10/2010 - 18:30					0.70	
28/10/2010 - 02:50		1.94				
29/10/2010 - 00:10			0.89			

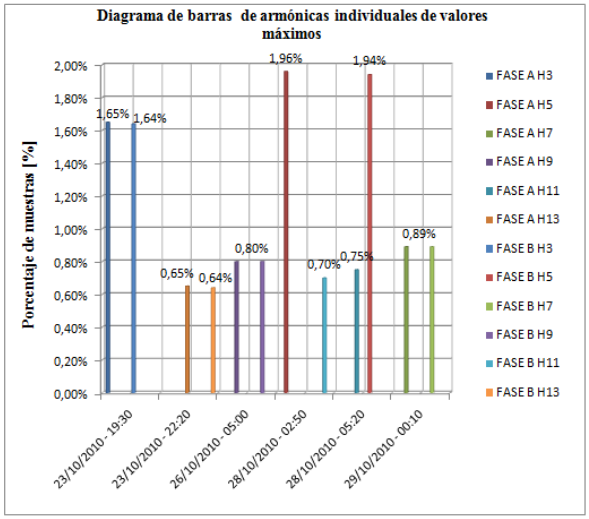

Figura 869. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.5. Armónicas individuales del de usuarios de media tensión y usuarios finales.

Primero se va a analizar los armónicas de los transformadores del alimentador 2311, en donde se encuentra cargas que producen armónicas como pueden ser, lámparas fluorescentes, computadores, copiadoras, electrodomésticos, talleres industriales, etc. Primero se realizará el estudio de los valores de las armónicas más influyentes como son la H3, H5, H7, H9, H11, H13 estas son las armónicas influyentes en el transformador y los que poseen valores, ahora se consideran los límites que tienen cada armónica de tal manera que se pueda verificar el cumplimiento o no por parte de la EERCS C.A. con valores que no superen para H3 el 5.0%, para H5 el 6.0%, para H7 5.0%, para H9

1.50%, H11 3.50%, para H13 3.00% establecidos. Se considerarán 1008 muestras registradas durante el lapso de mediciones para cada fase las cuales van a ser graficadas para determinar los valores.

3.4.5.1. Armónicas individuales del usuario 1380310.

3.4.5.1.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.18$, el valor máximo la tercera armónica es $H3 = 0.41$ el día 18 de Abril a las 21:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.76$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.59$ el día 18 de Abril a las 13:10, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.23$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.49$ el día 19 de Abril a las 20:20, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.08$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.24$ el día 20 de Abril a las 17:30, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.10$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.3$ el día 20 de Abril a las 10:00 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.17$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.4$ el día 21 de Abril a las 21:30.

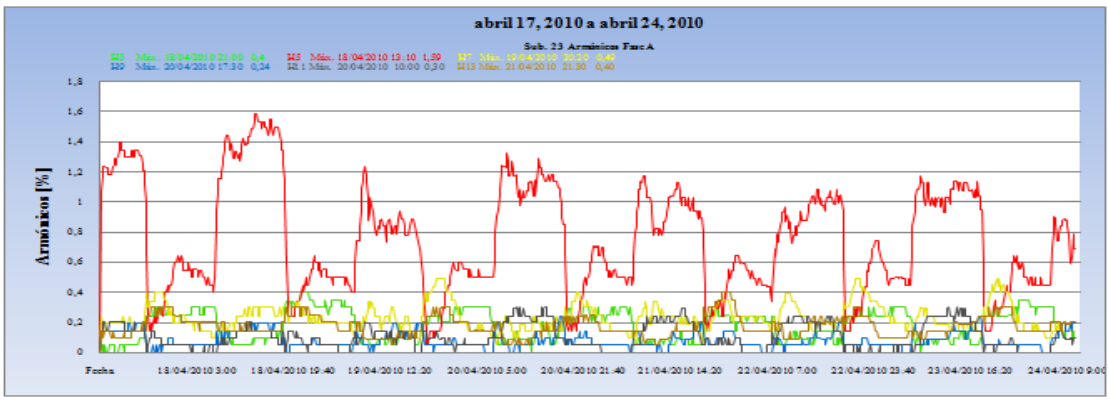

Figura 870. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.5.1.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.16$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.3$ el día 19 de Abril a las 01:10, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.72$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.54$ el día 18 de Abril a las 13:20, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.23$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.49$ el día 18 de Abril a las 11:50, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.18$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.44$ el día 23 de Abril a las 09:40, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.24$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.49$ el día 22 de Abril a las 09:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.08$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.24$ el día 19 de Abril a las 18:40.

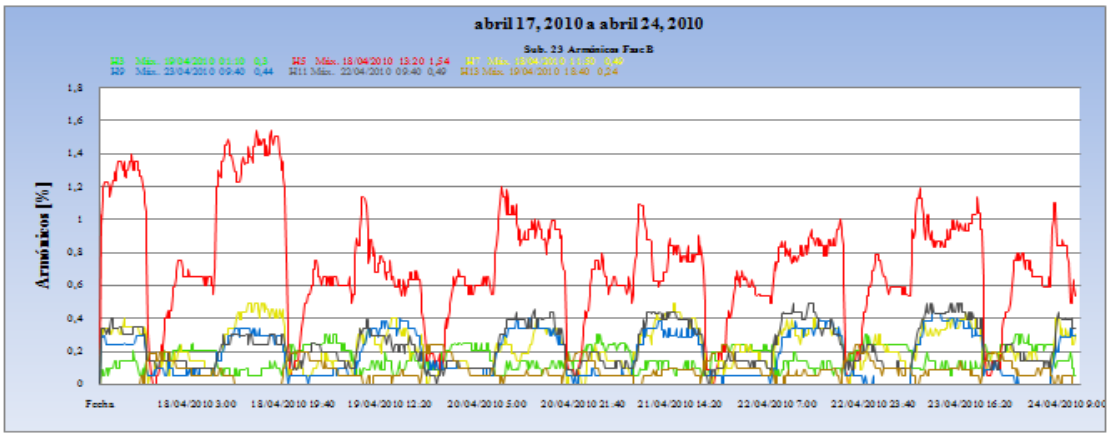

Figura 871. Armónicas individuales de la fase B [%].

3.4.5.1.3. Armónicas individuales de la fase C [%].

Los valores de las armónicas individuales de la fase C tampoco superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.38$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.59$ el día 23 de Abril a las 08:10, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.75$, el valor

máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.6$ el día 18 de Abril a las 14:00, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.21$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.45$ el día 21 de Abril a las 13:10, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.17$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.4$ el día 19 de Abril a las 20:20, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.15$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.4$ el día 20 de Abril a las 13:00 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.09$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.3$ el día 23 de Abril a las 18:10.

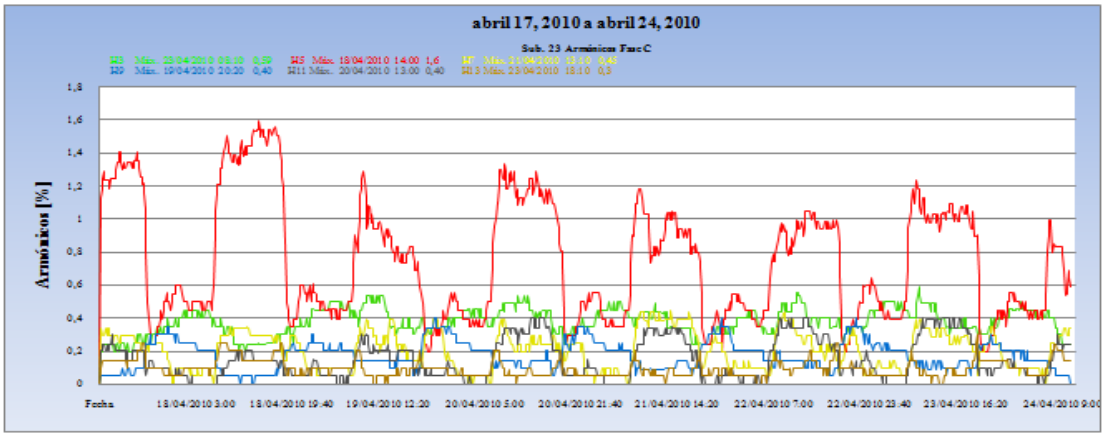

Figura 872. Armónicas individuales de la fase C [%].

Como se puede observar en las distintas gráficas, los valores de las armónicas se presentan en distintos días, siendo la quinta armónica la más representativa, las mismas se originan a causa de las cargas conectadas a las fases de este transformador particular instalado en el área no. 3 del Hospital Cantonal de Limón, como pueden ser lámparas fluorescentes, equipos de computación, equipos médicos, entre otros. En conclusión, la red que deriva de este transformador no presenta problemas de armónicas por lo que las cargas no serán afectadas por las mismas.

3.4.5.2. Armónicas individuales del usuario 3417417.

3.4.5.2.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, en donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.18$, el valor máximo la tercera armónica es $H3 = 0.37$ el día 24 de Abril a las 23:20, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.71$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.62$ el día 24 de Abril a las 15:30, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.08$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.36$ el día 25 de Abril a las 23:30, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.05$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.15$ el día 23 de Abril a las 19:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.01$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.1$ el día 25 de Abril a las 20:30 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.05$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.21$ el día 23 de Abril a las 20:30.

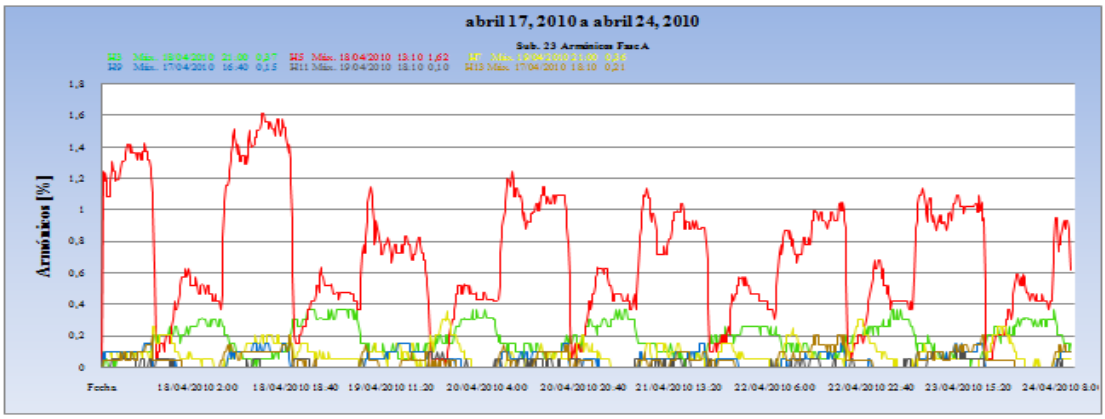

Figura 873. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.5.2.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.19$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.37$ el día 25 de Abril a

las 02:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.71$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.64$ el día 24 de Abril a las 16:20, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.11$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.37$ el día 25 de Abril a las 14:50, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.04$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.26$ el día 28 de Abril a las 00:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.08$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.31$ el día 28 de Abril a las 10:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.05$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.27$ el día 23 de Abril a las 20:20.

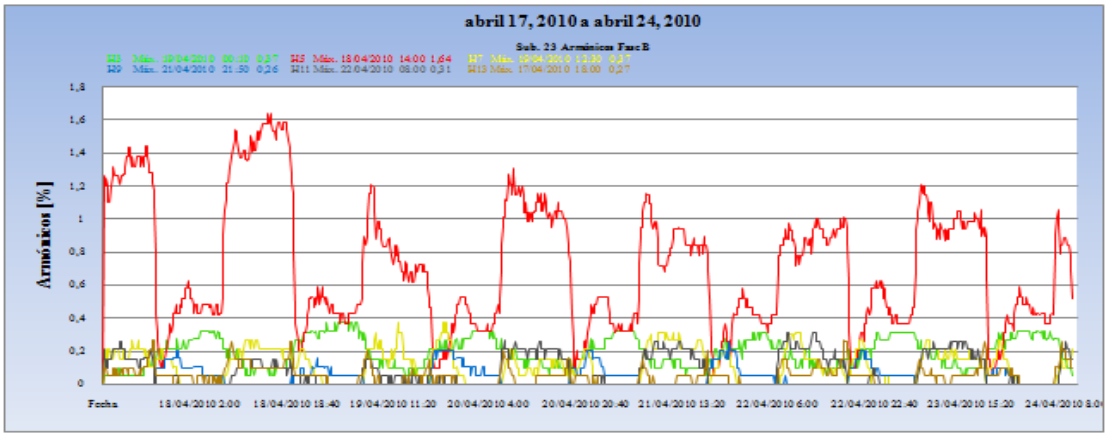

Figura 874. Armónicas individuales de la fase B [%].

3.4.5.2.3. Armónicas individuales de la fase C [%].

Los valores de las armónicas individuales de la fase C tampoco superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.0$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.05$ el día 25 de Abril a las 22:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.7$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.57$ el día 24 de Abril a las 15:40, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.11$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.42$ el día 24 de Abril a las 14:20, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.06$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.15$ el día 23 de Abril a las 19:30, el

valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.08$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.37$ el día 28 de Abril a las 15:00 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.02$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.21$ el día 24 de Abril a las 20:20.

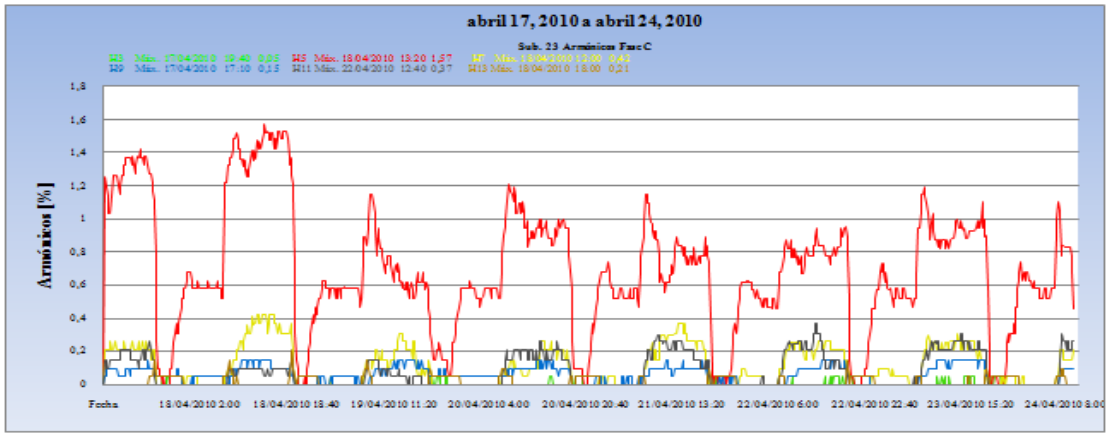

Figura 875. Armónicas individuales de la fase C [%].

Como se puede observar en las distintas gráficas, los valores de las armónicas se presentan en distintos días, siendo la quinta armónica la más representativa. En conclusión, la red que deriva de este transformador no presenta problemas de armónicas por lo que las cargas no serán afectadas por las mismas y en forma general el funcionamiento de este transformador es satisfactorio ya que cumple con la norma en armónicas individuales.

3.4.5.3.1. Armónicas individuales del usuario 3820149.

3.4.5.3.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.32$, el valor máximo la tercera armónica es $H3 = 0.45$ el día 22 de Abril a las 11:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.72$, el valor

máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.58$ el día 18 de Abril a las 15:40, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.21$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.71$ el día 19 de Abril a las 20:20, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.14$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.41$ el día 17 de Abril a las 22:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.17$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.4$ el día 22 de Abril a las 07:50 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.17$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.56$ el día 22 de Abril a las 18:10.

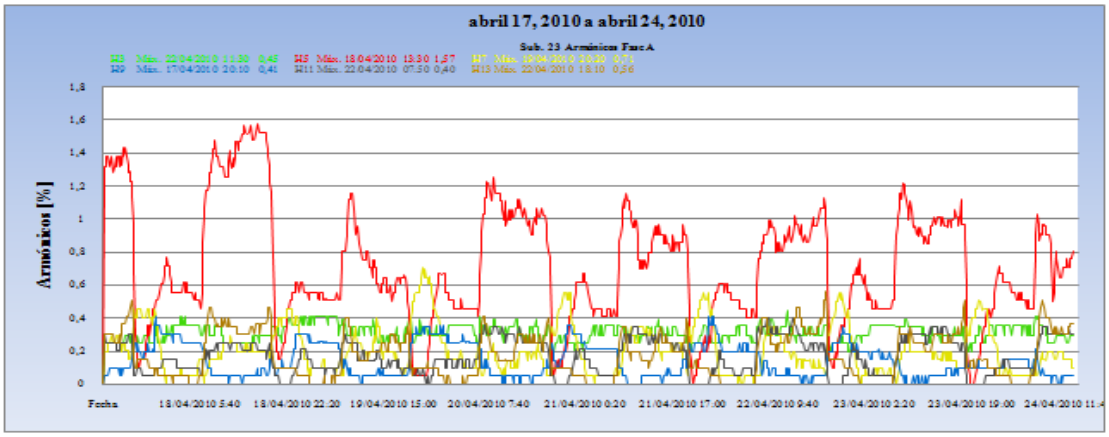

Figura 876. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.5.3.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.46$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 0.78$ el día 23 de Abril a las 11:40, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.97$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.82$ el día 23 de Abril a las 08:10, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.34$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.9$ el día 22 de Abril a las 20:30, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.16$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.5$ el día 17 de Abril a las 17:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.18$, el valor máximo de la onceava

armónica es $H11 = 0.54$ el día 23 de Abril a las 12:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.24$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.75$ el día 22 de Abril a las 13:10.

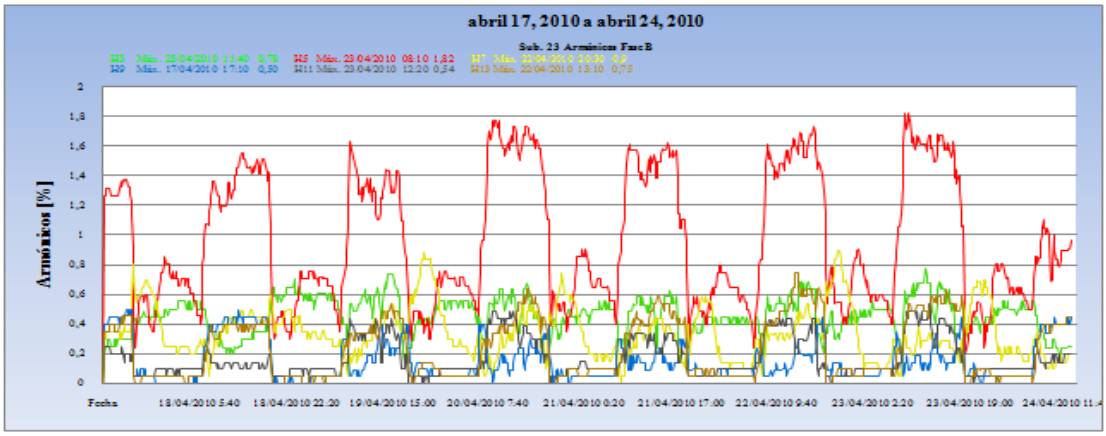

Figura 877. Armónicas individuales de la fase B [%].

3.4.5.3.3. Armónicas individuales de la fase C [%].

Los valores de las armónicas individuales de la fase C tampoco superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.55$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.29$ el día 19 de Abril a las 15:50, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.65$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.46$ el día 18 de Abril a las 13:20, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.31$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.68$ el día 22 de Abril a las 08:30, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.42$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 1.42$ el día 19 de Abril a las 14:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.43$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.8$ el día 22 de Abril a las 12:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.15$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.35$ el día 20 de Abril a las 07:50.

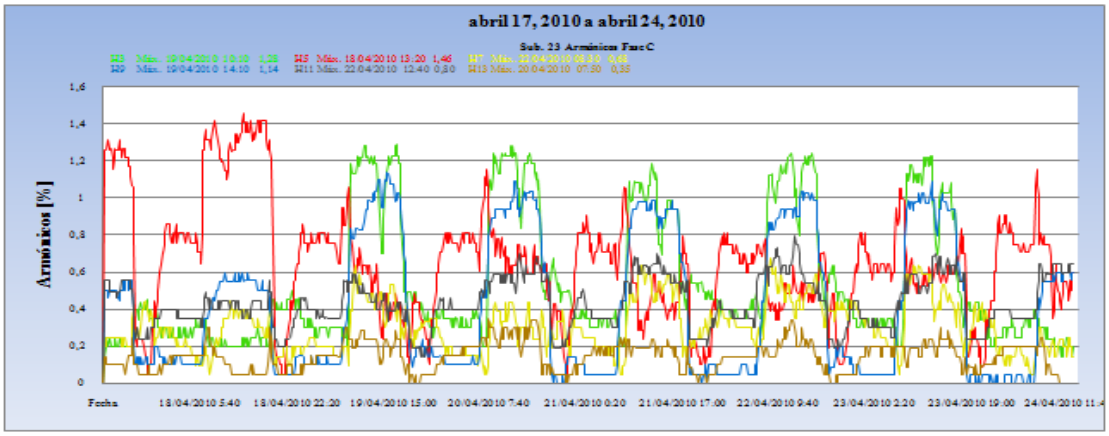

Figura 878. Armónicas individuales de la fase C [%].

Como se puede observar en las distintas gráficas, los valores de las armónicas se presentan en distintos días, siendo la quinta armónica la más representativa, las mismas se originan a causa de las cargas conectadas a las fases de este transformador particular instalado en Gobierno Municipal Cantonal de Limón, como pueden ser lámparas fluorescentes, equipos de computación, entre otros. En conclusión, la red que deriva de este transformador no presenta problemas de armónicas por lo que las cargas no serán afectadas por las mismas y en forma general el funcionamiento de este transformador es satisfactorio ya que cumple con la norma en armónicas individuales.

3.4.5.4. Armónicas individuales del usuario 1364470.

3.4.5.4.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

Como se observa los valores de las armónicas individuales en este punto no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.68$, el valor máximo la tercera armónica es $H3 = 2.6$ el día 20 de Abril a las 08:50, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.71$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.73$ el día 20 de Abril a las 08:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.23$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.61$ el día 17 de Abril a las 22:10, el valor promedio de la novena

armónica es $H9 = 0.51$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.91$ el día 20 de Abril a las 22:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.21$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.49$ el día 22 de Abril a las 07:50 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.15$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.46$ el día 17 de Abril a las 17:40.

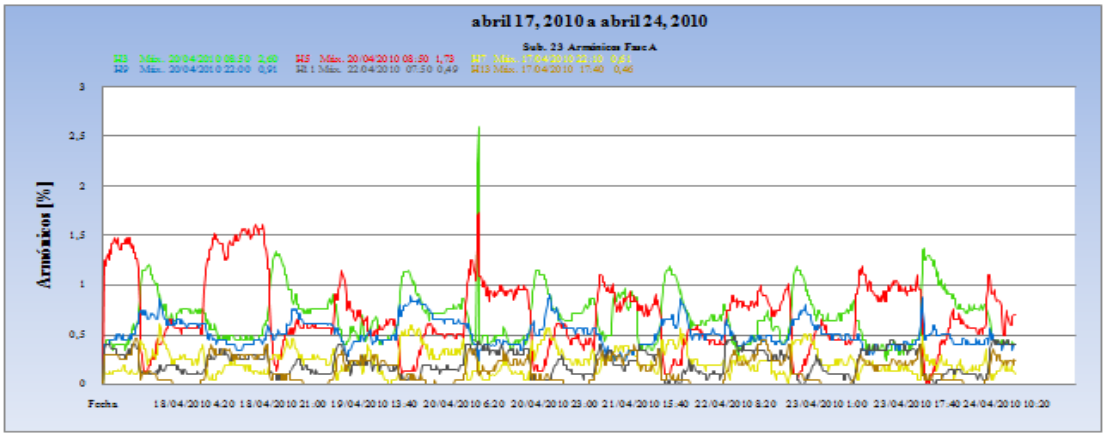

Figura 879. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.5.4.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Los valores de las armónicas individuales de la fase B no superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.73$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.81$ el día 19 de Abril a las 11:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.78$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.73$ el día 18 de Abril a las 15:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.26$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.66$ el día 20 de Abril a las 21:50, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.52$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.92$ el día 20 de Abril a las 21:50, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.19$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.45$ el día 22 de Abril a las 07:00 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.16$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.51$ el día 17 de Abril a las 18:00.

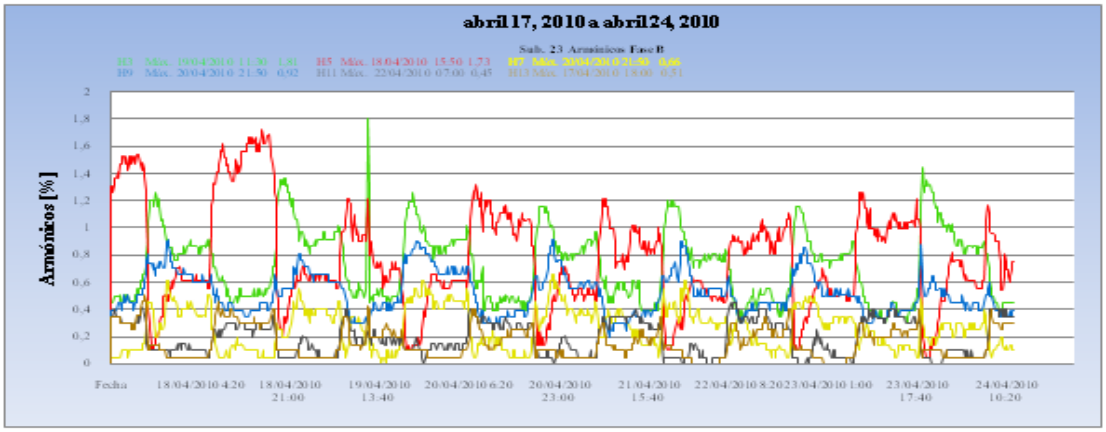

Figura 880. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se puede observar en las distintas gráficas de las armónicas de este transformador, los valores máximos se presentan en distintos días, siendo la quinta armónica la más representativa, las mismas se presentan a causa de las cargas conectadas a las fases de este transformador instalado en el Colegio Nacional Indanza, como son lámparas fluorescentes, equipos de computación, entre otros. En conclusión, la red que deriva de este transformador no presenta problemas de armónicas por lo que las cargas no serán afectadas por las mismas y en forma general el funcionamiento de este transformador es satisfactorio ya que cumple con la norma en armónicas individuales.

3.4.5.5. Armónicas individuales del usuario 3608718.

3.4.5.5.1. Armónicas individuales de la fase A.

Como se observa los valores de la novena armónica individua en este punto superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 1.47$, el valor máximo la tercera armónica es $H3 = 3.06$ el día 18 de Abril a las 19:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.95$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.61$ el día 18 de Abril a las 13:20, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.64$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 1.6$ el día 22 de Abril a las 21:00, el valor promedio de la novena

armónica es $H9 = 1.07$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 1.82$ el día 17 de Abril a las 18:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.23$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.75$ el día 22 de Abril a las 12:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.39$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 1.18$ el día 22 de Abril a las 13:10.

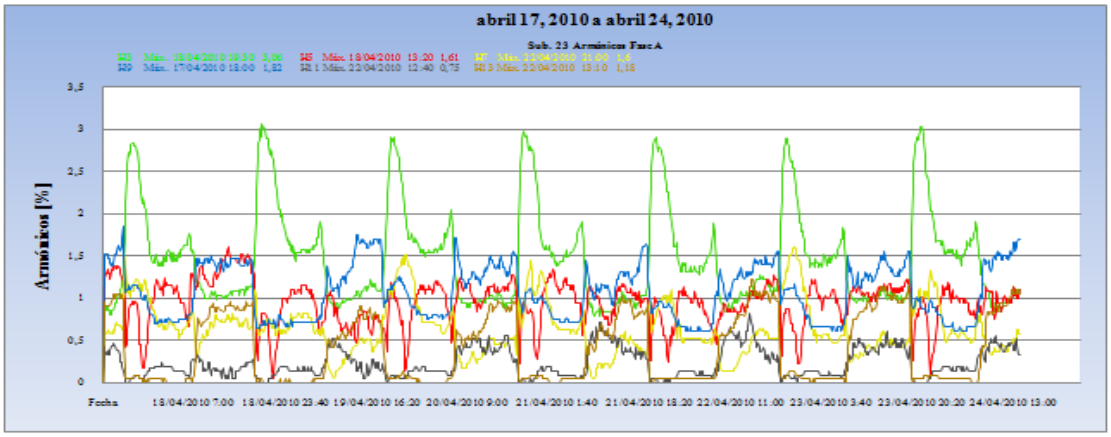

Figura 881. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.5.5.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se observa los valores de la novena armónica individua en este punto superan los límites establecidos por la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 1.47$, el valor máximo la tercera armónica es $H3 = 3.06$ el día 18 de Abril a las 19:30, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.95$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.61$ el día 18 de Abril a las 13:20, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.64$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 1.6$ el día 22 de Abril a las 21:00, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 1.08$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 1.86$ el día 17 de Abril a las 18:00, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.23$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.81$ el día 22 de Abril a las 12:50 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.40$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 1.22$ el día 22 de Abril a las 13:10.

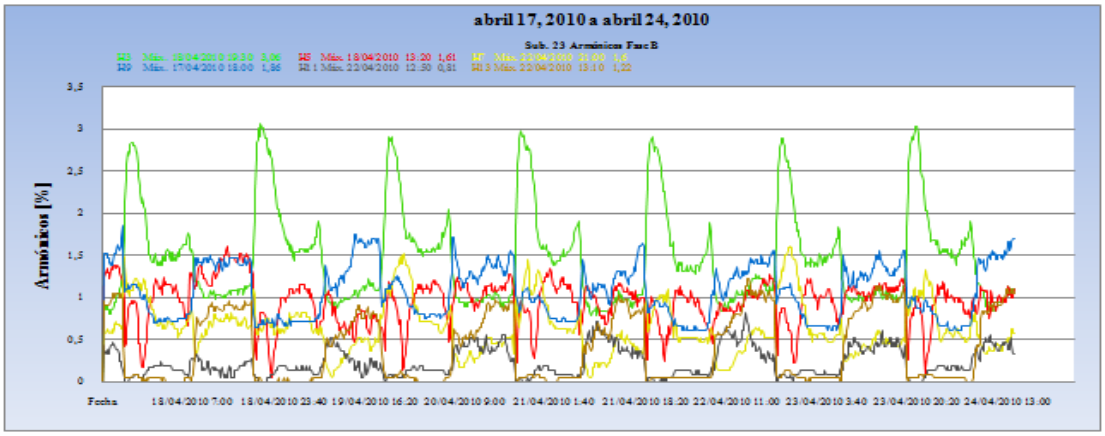

Figura 882. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se puede observar en las distintas gráficas de las armónicas de este transformador, los valores máximos se presentan el mismo día, en donde la tercera armónica es la que tiene mayor presencia, seguida por la novena armónica, pero no tienen mayor influencia en el sistema, ya que sus valores están muy por debajo del máximo permitido.

3.4.5.6.1. Armónicas individuales del usuario 3367588.

3.4.5.6.1. Armónicas individuales de la fase A [%].

En la fase A no hay muestras individuales que sobrepasen el valor máximo, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.88$, el valor máximo la tercera armónica es $H3 = 1.89$ el día 20 de Abril a las 20:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.63$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.29$ el día 18 de Abril a las 13:00, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.29$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.67$ el día 17 de Abril a las 20:50, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.43$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.94$ el día 19 de Abril a las 18:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.13$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.42$ el día 22 de Abril a las 07:40 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.19$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.52$ el día 17 de Abril a las 18:10.

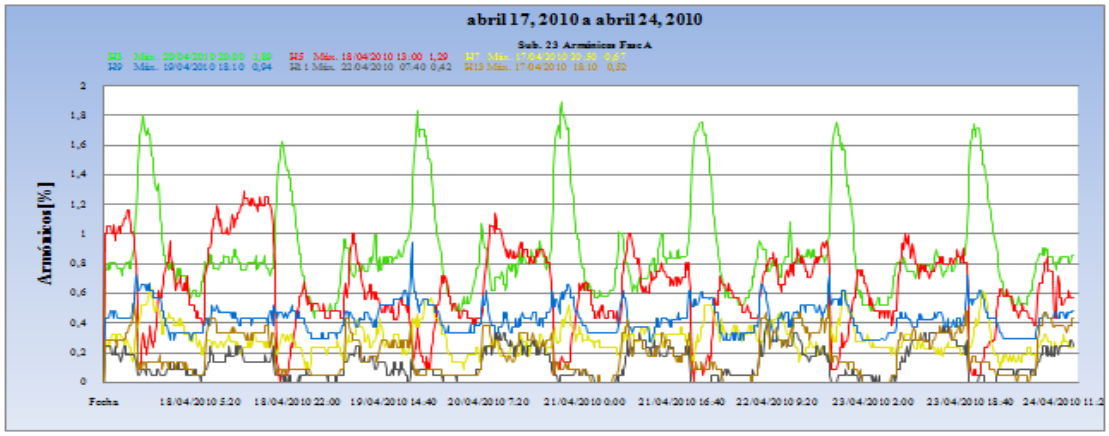

Figura 883. Armónicas individuales de la fase A [%].

3.4.5.6.2. Armónicas individuales de la fase B [%].

En lo que respecta a esta fase, tampoco tiene índices superiores a la norma, donde se tiene que el valor promedio de la tercera armónica es $H3 = 0.92$, el valor máximo de la tercera armónica es $H3 = 1.93$ el día 20 de Abril a las 20:00, el valor promedio de la quinta armónica es $H5 = 0.61$, el valor máximo de la quinta armónica es $H5 = 1.25$ el día 18 de Abril a las 15:50, el valor promedio de la séptima armónica es $H7 = 0.28$, el valor máximo de la séptima armónica es $H7 = 0.62$ el día 17 de Abril a las 20:50, el valor promedio de la novena armónica es $H9 = 0.41$, el valor máximo de la novena armónica es $H9 = 0.94$ el día 19 de Abril a las 18:10, el valor promedio de la onceava armónica es $H11 = 0.14$, el valor máximo de la onceava armónica es $H11 = 0.42$ el día 22 de Abril a las 07:20 y el valor promedio de la treceava armónica es $H13 = 0.20$, el valor máximo de la treceava armónica es $H13 = 0.57$ el día 22 de Abril a las 18:10.

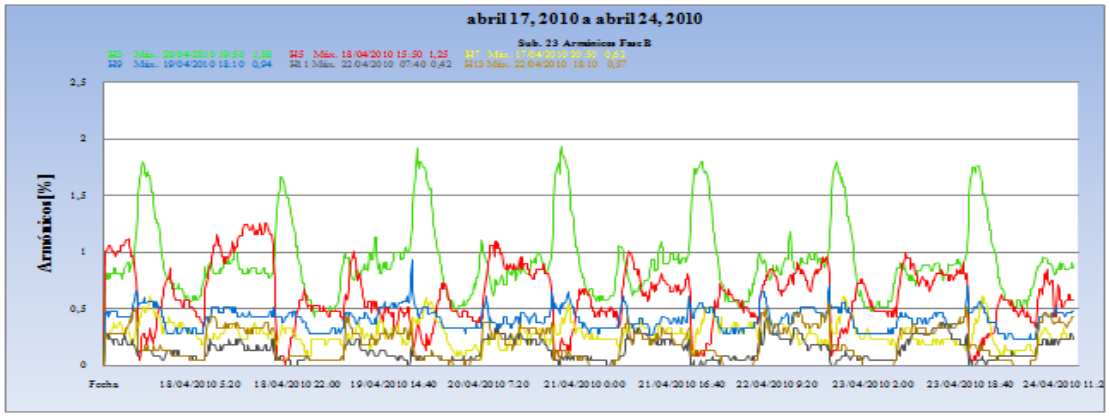

Figura 884. Armónicas individuales de la fase B [%].

Como se puede observa en las distintas gráficas de las armónicas de este transformador, los valores máximos se presentan en los mismos días, al igual que sus promedios, siendo la tercera armónica la más representativa, las mismas se originan a causa de las cargas conectadas a las fases de este transformador instalado en la Liga Cantonal de San Juan Bosco, que en su mayoría son lámparas de distinto tipo.

3.4.6. Tabulación de datos de armónicas individuales de usuarios de media tensión y usuarios finales.

Para este proceso se considerarán los valores máximos y mínimos valores promedio, fechas y hora en las que sucedieron, porcentajes y los límites establecidos para cada uno de los valores ya antes descritos en este capítulo además se verificarán mediante gráficas los resultados para comprobar si cumplen o no con las regulaciones establecidas.

3.4.6.1. Tabulación de datos del usuario 1380310.

3.4.6.1.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Este usuario pertenece a media tensión que utiliza un transformador trifásico de 100KVA, identificado con el código 10452P, ubicado en una zona urbana de la parroquia General Leónidas Plaza del cantón Limón.

Tabla # 381 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 - 13:10		0.76				
18/04/2010 - 21:00	0.18					
19/04/2010 - 20:20			0.23			
20/04/2010 - 10:00					0.10	
20/04/2010 - 17:30				0.08		
21/04/2010 - 21:30						0.17

Tabla # 381 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 - 11:50			0.23			
18/04/2010 - 13:20		0.72				
19/04/2010 - 01:10	0.16					
19/04/2010 - 18:40						0.08
22/04/2010 - 09:40					0.24	
23/04/2010 - 09:40				0.18		

Tabla # 381 (c). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase C [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 - 14:00		0.75				
19/04/2010 - 20:20				0.17		
20/04/2010 - 13:00					0.15	
21/04/2010 - 13:10			0.21			
23/04/2010 - 08:10	0.38					
23/04/2010 - 18:10						0.09

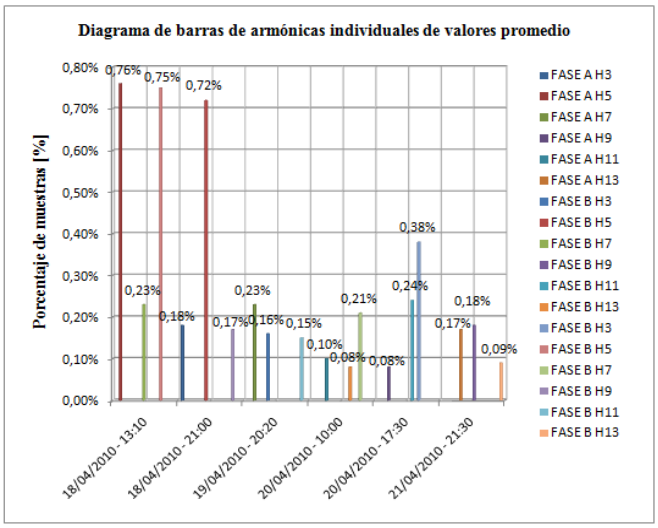

Figura 885. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A, B y C [%].

Tabla # 382 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 - 13:10		1.59				
18/04/2010 - 21:00	0.41					
19/04/2010 - 20:20			0.49			
20/04/2010 - 10:00					0.30	
20/04/2010 - 17:30				0.24		
21/04/2010 - 21:30						0.40

Tabla # 382 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 - 11:50			0.49			
18/04/2010 - 13:20		1.54				
19/04/2010 - 01:10	0.30					
19/04/2010 - 18:40						0.24
22/04/2010 - 09:40					0.49	
23/04/2010 - 09:40				0.44		

Tabla # 382 (c). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 - 14:00		1.6				
19/04/2010 - 20:20				0.4		
20/04/2010 - 13:00					0.4	
21/04/2010 - 13:10			0.45			
23/04/2010 - 08:10	0.59					
23/04/2010 - 18:10						0.3

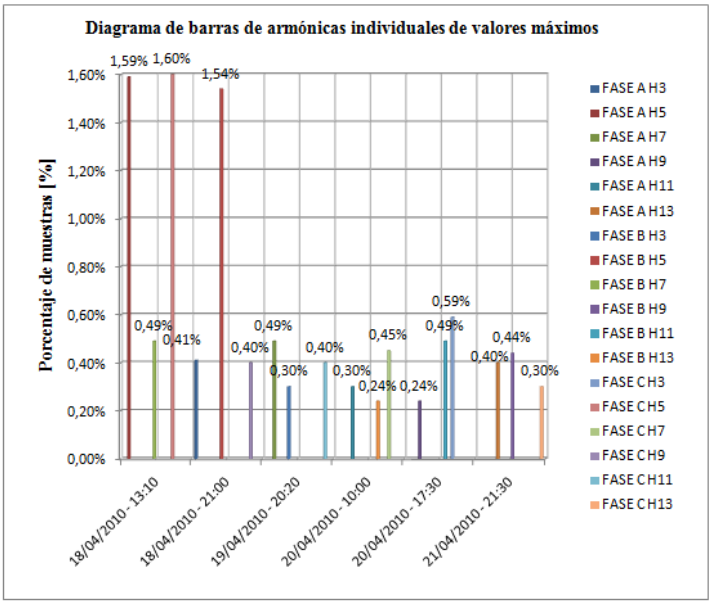

Figura 886. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A, B y C [%].

3.4.6.2. Tabulación de datos del usuario 3417417.

3.4.6.2.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Este usuario pertenece a media tensión que utiliza un transformador trifásico de 50KVA, se encuentra identificado con el código 11565P, ubicado en una zona urbana de la parroquia General Leónidas Plaza del cantón Limón.

Tabla # 383 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/04/2010 - 19:00				0.05		
23/04/2010 - 20:30						0.05
24/04/2010 - 15:30		0.71				
24/04/2010 - 23:20	0.18					
25/04/2010 - 20:30					0.01	
25/04/2010 - 23:30			0.08			

Tabla # 383 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/04/2010 - 20:20						0.05
24/04/2010 - 16:20		0.71				
25/04/2010 - 02:30	0.19					
25/04/2010 - 14:50			0.11			
28/04/2010 - 00:10				0.04		
28/04/2010 - 10:20					0.08	

Tabla # 383 (c). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/04/2010 - 19:30				0.06		
24/04/2010 - 14:20			0.11			
24/04/2010 - 15:40		0.7				
24/04/2010 - 20:20						0.02
25/04/2010 - 22:00	0.0					
28/04/2010 - 15:00					0.08	

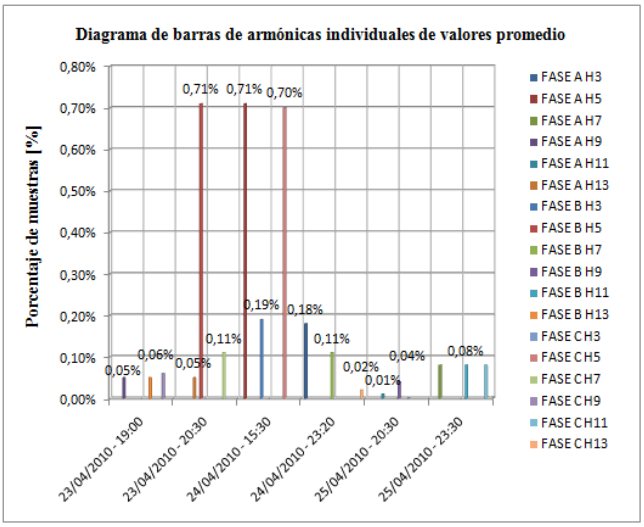

Figura 887. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A, B y C [%].

Tabla # 384 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/04/2010 - 19:00				0.15		
23/04/2010 - 20:30						0.21
24/04/2010 - 15:30		1.62				
24/04/2010 - 23:20	0.37					
25/04/2010 - 20:30					0.10	
25/04/2010 - 23:30			0.36			

Tabla # 384 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/04/2010 - 20:20						0.27
24/04/2010 - 16:20		1.64				
25/04/2010 - 02:30	0.37					
25/04/2010 - 14:50			0.37			
28/04/2010 - 00:10				0.24		
28/04/2010 - 10:20					0.31	

Tabla # 384 (c). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
23/04/2010 - 19:30				0.15		
24/04/2010 - 14:20			0.42			
24/04/2010 - 15:40		1.57				
24/04/2010 - 20:20						0.21
25/04/2010 - 22:00	0.05					
28/04/2010 - 15:00					0.37	

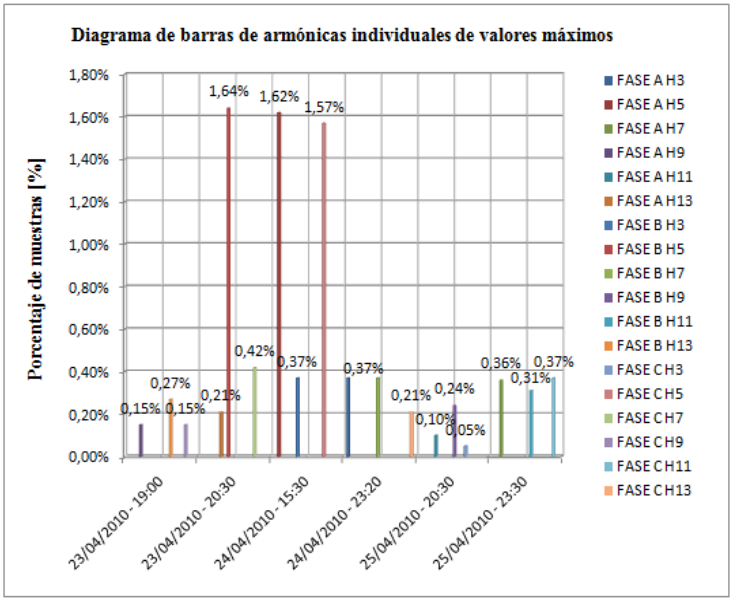

Figura 888. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A, B y C [%].

3.4.6.3. Tabulación de datos del usuario 3820149.

3.4.6.3.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%]: Fase A. Fase B. Fase C.

Este usuario pertenece a media tensión que utiliza un transformador trifásico de 30KVA, se encuentra identificado con el código 11786P, ubicado en una zona rural del cantón San Juan Bosco.

Tabla # 385 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 22:10				0.14		
18/04/2010 - 15:40		0.72				
19/04/2010 - 20:20			0.21			
22/04/2010 - 07:50					0.17	
22/04/2010 - 11:30	0.32					
22/04/2010 - 18:10						0.17

Tabla # 385 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 17:10				0.16		
22/04/2010 - 13:10						0.24
22/04/2010 - 20:30			0.34			
23/04/2010 - 08:10		0.97				
23/04/2010 - 11:40	0.46					
23/04/2010 - 12:20					0.18	

Tabla # 385 (c). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 - 13:20		0.65				
19/04/2010 - 14:10				0.42		
19/04/2010 - 15:50	0.55					
20/04/2010 - 07:50						0.15
22/04/2010 - 08:30			0.31			
22/04/2010 - 12:40					0.45	

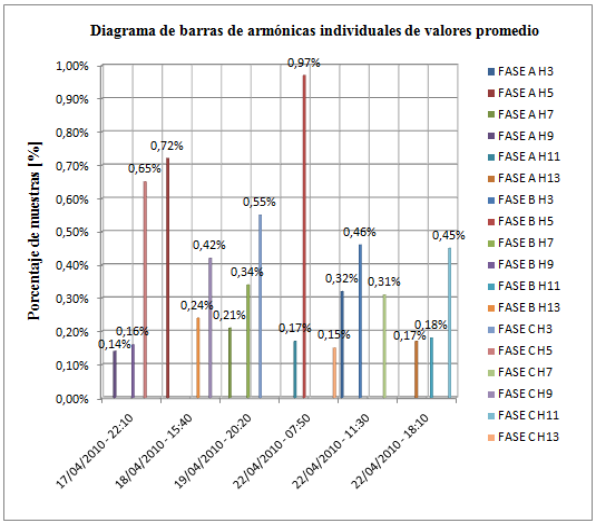

Figura 889. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A, B y C [%].

Tabla # 386 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 22:10				0.41		
18/04/2010 - 15:40		1.58				
19/04/2010 - 20:20			0.71			
22/04/2010 - 07:50					0.40	
22/04/2010 - 11:30	0.45					
22/04/2010 - 18:10						0.56

Tabla # 386 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 17:10				0.50		
22/04/2010 - 13:10						0.75
22/04/2010 - 20:30			0.90			
23/04/2010 - 08:10		1.82				
23/04/2010 - 11:40	0.78					
23/04/2010 - 12:20					0.54	

Tabla # 386 (c). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases C [%].

Fecha / Hora	FASE C					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
18/04/2010 - 13:20		1.46				
19/04/2010 - 14:10				1.42		
19/04/2010 - 15:50	1.29					
20/04/2010 - 07:50						0.35
22/04/2010 - 08:30			0.68			
22/04/2010 - 12:40					0.80	

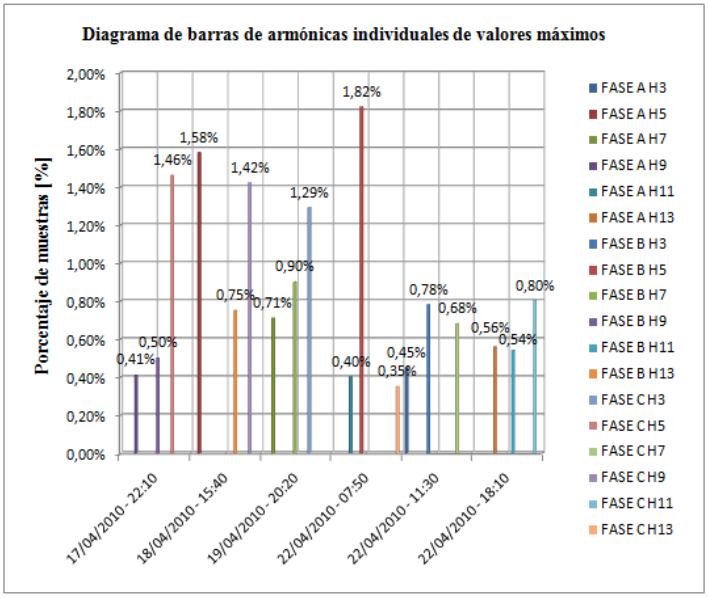

Figura 890. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A, B y C [%].

3.4.6.4. Tabulación de datos del usuario 1364470.

3.4.6.4.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%], Fase A. Fase B.

Este usuario pertenece a media tensión que utiliza un transformador monofásico de 10KVA, se encuentra identificado con el código 10434P, ubicado una zona urbana en la parroquia General Leónidas Plaza perteneciente al cantón Limón.

Tabla # 387 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 17:40						0.15
17/04/2010 - 22:10			0.23			
20/04/2010 - 08:50		0.71				
20/04/2010 - 09:00	0.68					
20/04/2010 - 22:00				0.51		
22/04/2010 - 07:50					0.21	

Tabla # 387 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:00						0.16
18/04/2010 - 15:50		0.78				
19/04/2010 - 11:30	0.73					
20/04/2010 - 21:50			0.26			
20/04/2010 - 21:50				0.52		
22/04/2010 - 07:00					0.11	

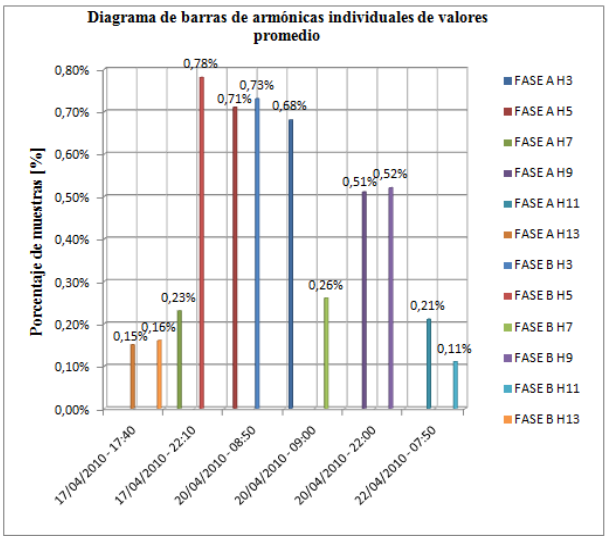

Figura 891. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 388 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 17:40						0.46
17/04/2010 - 22:10			0.61			
20/04/2010 - 08:50		1.73				
20/04/2010 - 09:00	2.6					
20/04/2010 - 22:00				0.91		
22/04/2010 - 07:50					0.49	

Tabla # 388 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:00						0.51
18/04/2010 - 15:50		1.73				
19/04/2010 - 11:30	1.81					
20/04/2010 - 21:50			0.66			
20/04/2010 - 21:50				0.92		
22/04/2010 - 07:00					0.45	

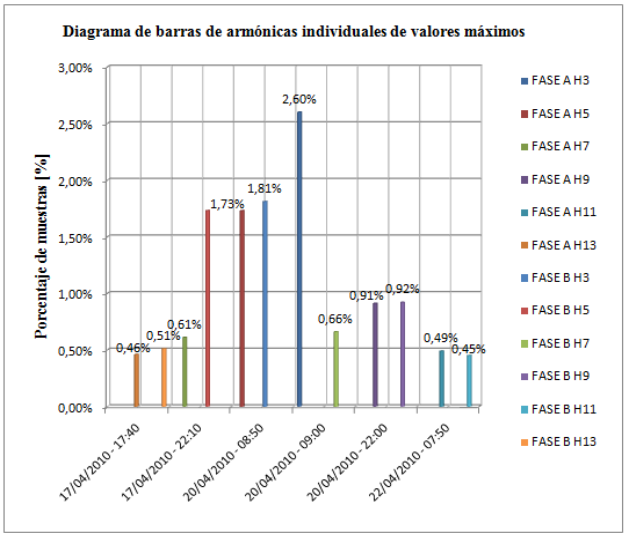

Figura 892. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.6.5. Tabulación de datos del usuario 3608718.

3.4.6.5.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%], Fase A. Fase B.

Este consumidor pertenece a media tensión que utiliza un transformador monofásico de 10KVA, se encuentra identificado con el código 11704P, ubicado en una zona rural la parroquia San Jacinto de Wakam del cantón San Juan Bosco.

Tabla # 389 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:00				1.07		
18/04/2010 - 13:10		0.95				
18/04/2010 - 19:30	1.47					
22/04/2010 - 12:40					0.23	
22/04/2010 - 13:10						0.39
22/04/2010 - 21:00			0.64			

Tabla # 389 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:00				1.08		
18/04/2010 - 13:20		0.95				
18/04/2010 - 19:30	1.47					
22/04/2010 - 13:10						0.40
22/04/2010 - 15:50					0.23	
22/04/2010 - 21:00			0.64			

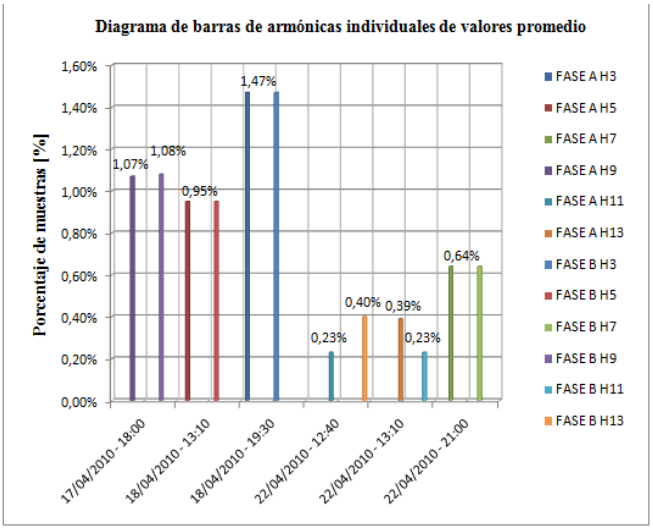

Figura 893. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 390 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:00				1.82		
18/04/2010 - 13:10		1.61				
18/04/2010 - 19:30	3.06					
22/04/2010 - 12:40					0.75	
22/04/2010 - 13:10						1.18
22/04/2010 - 21:00			1.6			

Tabla # 390 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:00				1.86		
18/04/2010 - 13:20		1.61				
18/04/2010 - 19:30	3.06					
22/04/2010 - 13:10						1.22
22/04/2010 - 15:50					0.81	
22/04/2010 - 21:00			1.60			

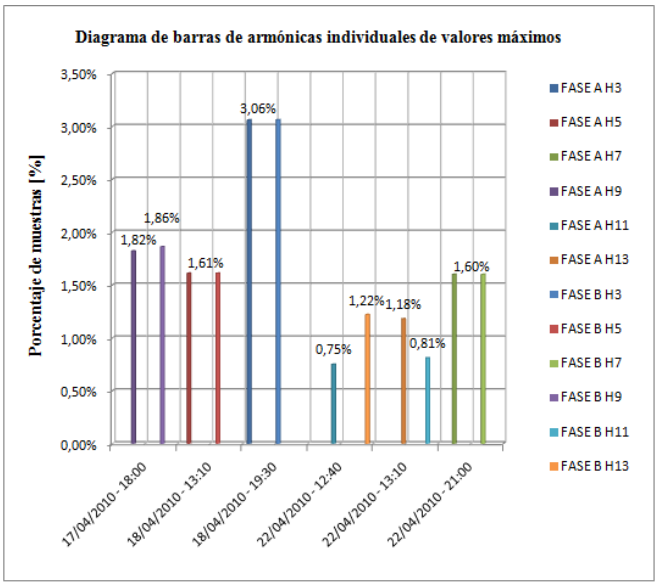

Figura 894. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

3.4.6.6. Tabulación de datos del usuario 3367588.

3.4.6.4.1. Tabulación de datos de armónicas individuales [%], Fase A. Fase B.

Este usuario pertenece a media tensión que utiliza un transformador monofásico de 25KVA, se encuentra identificado con el código 11209P, ubicado en una zona rural del cantón San Juan Bosco.

Tabla # 391 (a). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:10						0.19
17/04/2010 - 20:50			0.29			
18/04/2010 - 13:00		0.63				
19/04/2010 - 18:10				0.43		
20/04/2010 - 20:00	0.88					
22/04/2010 - 07:40					0.13	

Tabla # 391 (b). Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 20:50			0.28			
18/04/2010 - 15:50		0.61				
19/04/2010 - 18:10				0.41		
20/04/2010 - 20:00	0.92					
22/04/2010 - 07:20					0.14	
22/04/2010 - 18:10						0.20

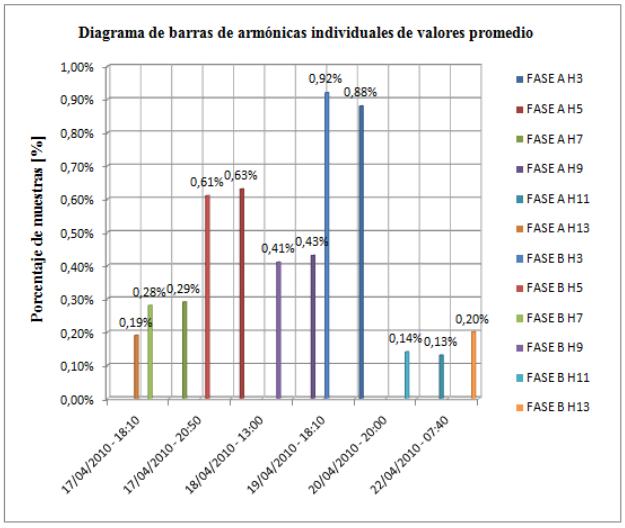

Figura 895. Fecha, hora de las armónicas individuales promedio de las fase A y B [%].

Tabla # 392 (a). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A [%].

Fecha / Hora	FASE A					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 18:10						0.52
17/04/2010 - 20:50			0.67			
18/04/2010 - 13:00		1.29				
19/04/2010 - 18:10				0.94		
20/04/2010 - 20:00	1.89					
22/04/2010 - 07:40					0.42	

Tabla # 392 (b). Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases B [%].

Fecha / Hora	FASE B					
	H3	H5	H7	H9	H11	H13
17/04/2010 - 20:50			0.62			
18/04/2010 - 15:50		1.25				
19/04/2010 - 18:10				0.94		
20/04/2010 - 20:00	1.93					
22/04/2010 - 07:20					0.42	
22/04/2010 - 18:10						0.57

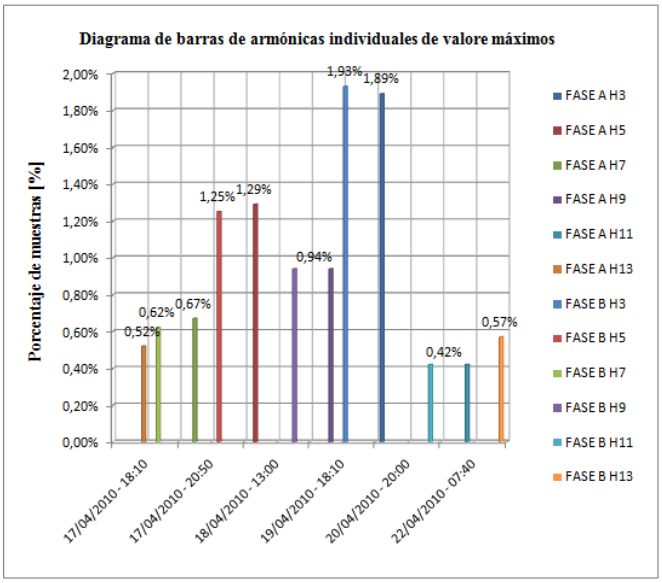

Figura 896. Fecha, hora de máximos de las armónicas individuales de las fases A y B [%].

CAPITULO IV.

PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN LA SUBESTACIÓN # 23 COMO TAMBIÉN EN LOS ALIMENTADORES # 2311, 2312. SOLUCIÓN A LOS PROBLEMAS DE ARMÓNICOS.

4.1. Importancia de analizar las pérdidas de energía en la subestación # 23.

Debido a las innovaciones tecnológicas, cada día se requiere que la forma de onda de voltaje y corriente sean lo menos distorsionadas, ya que como se conoce estas fluctuaciones pueden afectar a los equipos instalados al sistema eléctrico, por lo que en la actualidad se requiere eficiencia en la calidad de la energía eléctrica que llega a los consumidores.

El control de las pérdidas de energía es una preocupación permanente en todos los sectores de la CENTROSUR ya que estas pérdidas están directamente vinculadas a su economía y futuros planes de expansión.

En este capítulo se determina la potencia perdida en esta subestación a causa de los armónicos presentes en el mismo, además se analiza los transformadores que presentan mayores problemas y sus posibles soluciones.

Finalmente se realizará un estudio económico, para poder definir si es viable o no la instalación de equipos o cambio de los mismos con la finalidad de reducir los armónicos, tanto en la subestación como en los transformadores de cada uno de los alimentadores.

4.1.1. Pérdidas en alimentadores # 2311, 2312.

Estas pérdidas se basarán en un análisis de los armónicos existentes en los transformadores de cada alimentador, tanto del 2311 que presta servicio al Cantón

Limón y el 2312 que presta servicio al Cantón San Juan Bosco, los mismos que fueron tratados en el capítulo anterior, en donde se incluyen las pérdidas dadas por la conexión de las acometidas, alumbrado público, contadores, entre otros.

Tabla 393. Pérdidas de energía en los alimentadores 2311 y 2312.

Alimentador	Energía Total KWh/mes	THD_V [%]	THD_I [%]	Pérdida de Energía KWh/mes	[%]
2311	264.514,66	2.001	12.47	6.643,483	2.51
2312	189.403,83	2.668	9.63	9.345,286	4.93
Total	453.918	4.669	22.10	15.988,769	4.00

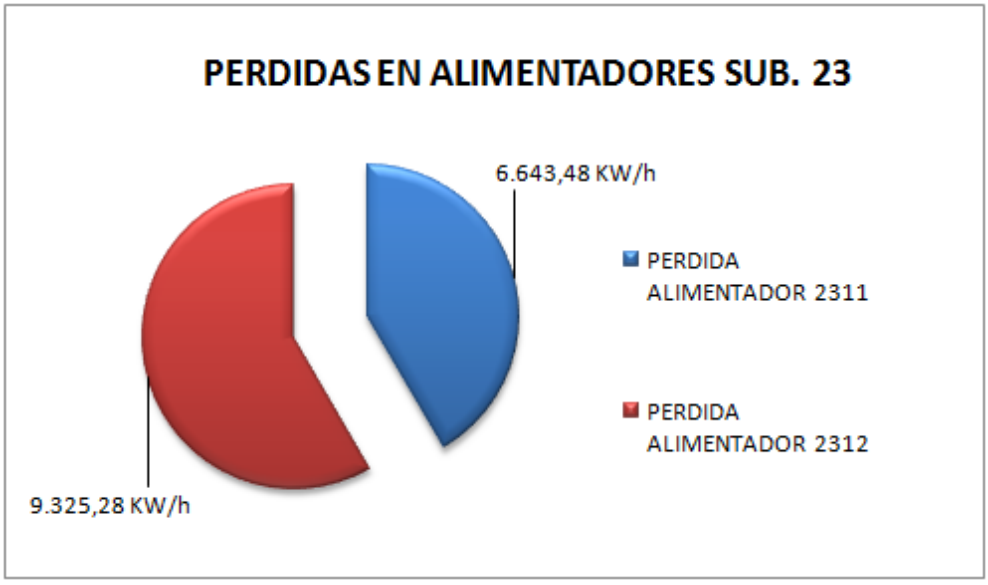

Figura 897. Pérdida de energía de los alimentadores 2311, 2312.

4.1.2. Pérdidas en sistema de distribución.

La evaluación de las pérdidas de energía en la etapa de distribución es más compleja debido a la topología de la red y la cantidad de componentes, ya que no toda la energía eléctrica que se produce se vende y se factura, irremediablemente todas las empresas distribuidoras de este servicio en el mundo registran pérdidas en la energía que generan y tienen disponible para su venta. Los aparatos de medición no la contabilizan como entregada a los usuarios y por lo tanto no puede ser objeto de cobro.

A manera de explicación de este fenómeno generalizado se dice que la pérdida de energía en los sistemas eléctricos obedece a razones de orden técnico y "no técnico". En el primer caso, la electricidad se pierde en su recorrido por las líneas y redes eléctricas. Básicamente como consecuencia de la ley de Joule (pérdidas resistivas) y secundariamente como resultado del "efecto corona" y de las corrientes parásitas que se presentan a todo lo largo del proceso eléctrico, proceso que va desde la transmisión de la energía a través de grandes distancias, su transformación de voltajes para hacer posible, primero, dicha transmisión, y después para ponerla al alcance de los usuarios por medio de redes de distribución, tanto primaria como secundaria. Como es de suponer, en todo este complejo proceso se va perdiendo energía, por razones de orden estrictamente técnico. Por otro lado, las pérdidas "no técnicas" corresponden al robo o consumo ilícito, en sus diversas modalidades. Conforme a referentes internacionales, se tiene como aceptable que las empresas dedicadas a la generación y venta de electricidad registren pérdidas, tanto técnicas como no técnicas, de entre el ocho y el doce por ciento de su generación total.

Tabla 394. Antecedentes de pérdidas de la CENTROSUR.

CONCEPTO	UNID	2005	2006	2007	2008	2009
Energía total disponible	MWh	633.669	664.383	692.744	720.417	728.982
Disponible CENTROSUR	MWh	615.669	635.661	655.896	693.183	726.888
% Pérdidas totales respecto a ETD	%	9.24	8.89	9.44	6.75	6.02
Pérdidas Técnicas	MWh	37.775	38.733	38.711	41.360	42.033
% Pérdidas Técnicas respecto a ETD	%	5.96	5.83	5.59	5.75	5.77
Pérdidas Técnicas	MWh	20.784	20.323	26.664	7.238	1.828
% Pérdidas No Técnicas respecto a ETD	%	3.28	3.06	3.85	1.00	0.25

Considerando que en la etapa de distribución se concentra la mayor cantidad de energía perdida, se va a analizar las pérdidas en los alimentadores primarios, transformadores de distribución, redes secundarias, acometidas, contadores de energía.

A continuación se detalla la potencia perdida a nivel de toda la CENTROSUR.

Tabla 395. Pérdidas de energía en la distribución de la CENTROSUR.

DESCRIPCION	TOTAL DEL SISTEMA		CENTROSUR	
	MWh	%	MWh	%
Energía Total Disponible	728.982,53	100	726.888,21	100
Pérdidas en Distribución	34.722,93	4.76	34.722,93	4.78
Pérdidas en Alimentadores Primarios	6.553,10	0.90	6.553,10	0.90
Pérdidas en transformadores de distribución	13.391,10	1.84	13,391,10	1.84
Pérdidas en otros elementos de MT	42,52	0.01	42,54	0.01
Pérdidas en redes secundarias	9.088,39	1.25	9.088,39	1.25
Pérdidas en alumbrado público	927,94	0.13	927,94	0.13
Pérdidas en acometidas	1.367,93	0.19	1.367,93	0.19
Pérdidas en contadores	2.693,94	0.37	2.693,94	0.37
Pérdidas en otros elementos de BT	657,99	0.09	657,99	0.09

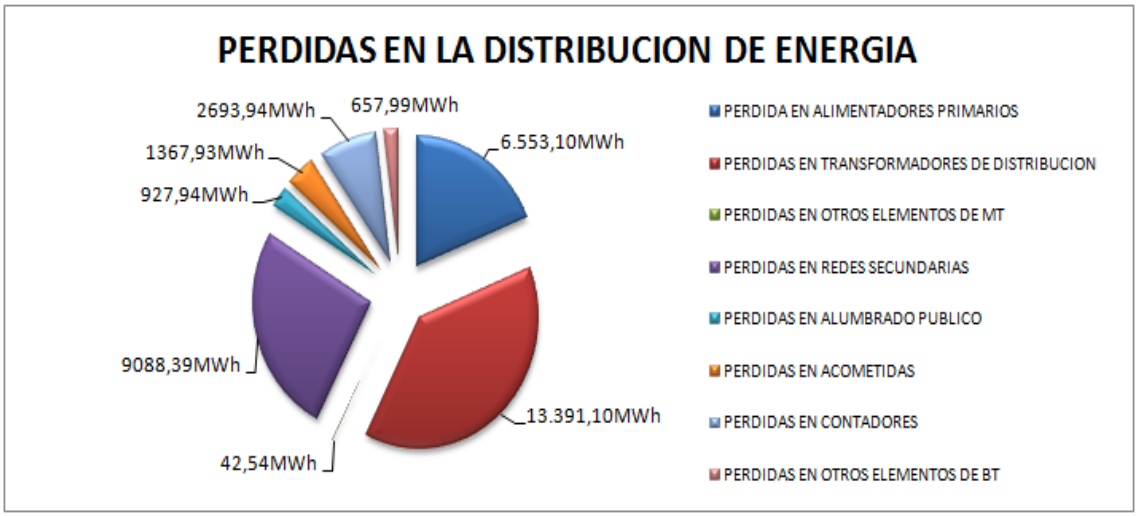

Figura 898. Pérdidas de energía en la distribución de la CENTROSUR.

Tabla 396. Pérdidas de energía en la distribución de la subestación 23.

DESCRIPCIÓN	TOTAL DE LA SUBESTACIÓN	
	KWh/mes	%
Energía Total Disponible al mes	453.918	100
Pérdidas en Alimentador 2311	6.643,483	2.51
Pérdidas en Alimentador 2312	9.345,286	4.93
Pérdidas en redes de MT	3.536	0.78
Pérdidas en transformadores de la empresa	10.767	2.37
Pérdidas en transformadores privados	1.685	0.37
Pérdidas en redes secundarias	5.674	1.25
Pérdidas en alumbrado público	590,09	0.13
Pérdidas en acometidas	862,44	0.19
Pérdidas en contadores	1.679,5	0.37
Pérdidas en otros elementos de BT	408,5	0.09

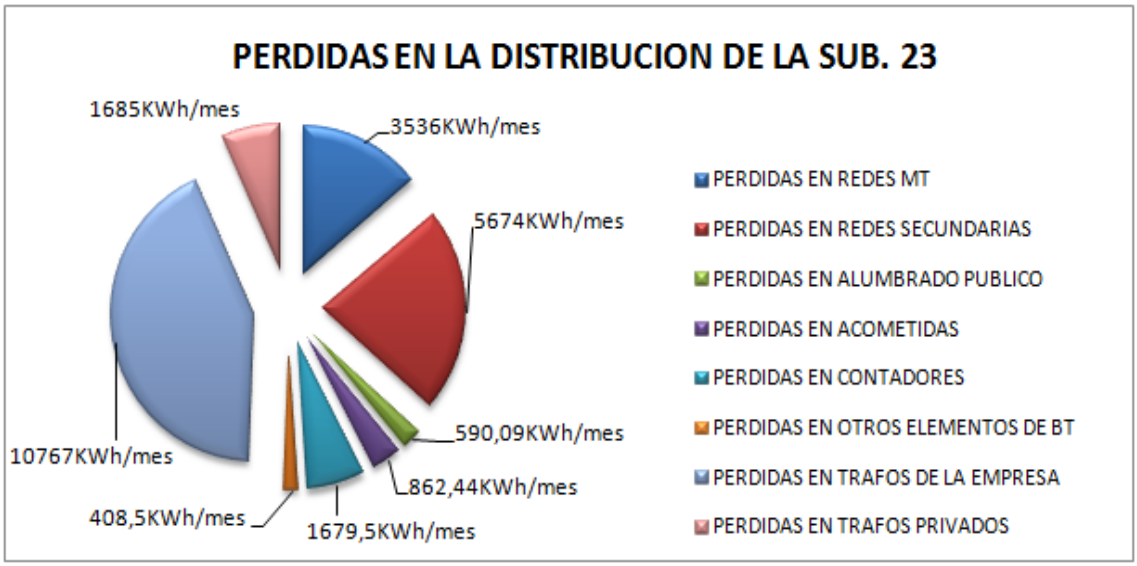

Figura 899. Pérdidas de energía en la distribución de la subestación 23.

4.1.2.1. Pérdidas técnicas de energía eléctrica.

El conjunto de pérdidas eléctricas de un sistema se deben a fenómenos físicos que se denominan pérdidas técnicas. Estas pérdidas se deben a las condiciones propias de la

conducción y transformación de la energía eléctrica. Las pérdidas técnicas se pueden clasificar a su vez según la función del componente y según la causa que las origina. Las pérdidas técnicas constituyen energía que se disipa y que no puede ser aprovechada de ninguna manera. Por esta razón deben ser uno de los objetivos primordiales de cualquier programa de reducción de pérdidas. La estimación de las pérdidas de potencia requiere información adecuada y herramientas computacionales de análisis de redes eléctricas. A partir de las pérdidas de potencia se pueden estimar las pérdidas de energía. Esta información incluye la descripción de la red y las características de la carga. Para lograr un planeamiento adecuado y una reducción efectiva de pérdidas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos: diagnosticar el estado actual del sistema, predecir la carga, revisar las normas y criterios de expansión, realizar estudios computarizados, mejorar el factor de potencia, mejorar el balance de las fases, manejar la carga de transformadores y usuarios.

Tabla 397. Pérdidas técnicas a nivel de la CENTROSUR.

DESCRIPCIÓN	TOTAL DEL SISTEMA		CENTROSUR	
	MWh	%	MWh	%
ENERGÍA DISPONIBLE	728.982,32	100	726.888,21	100
PÉRDIDAS TOTALES	43.860,99	6.02	43.860,99	6.03
Pérdidas en subtransmisión	7.309,89	1.00	7.309,89	1.01
Pérdidas en distribución	34.722,93	4.76	34.722,93	4.78

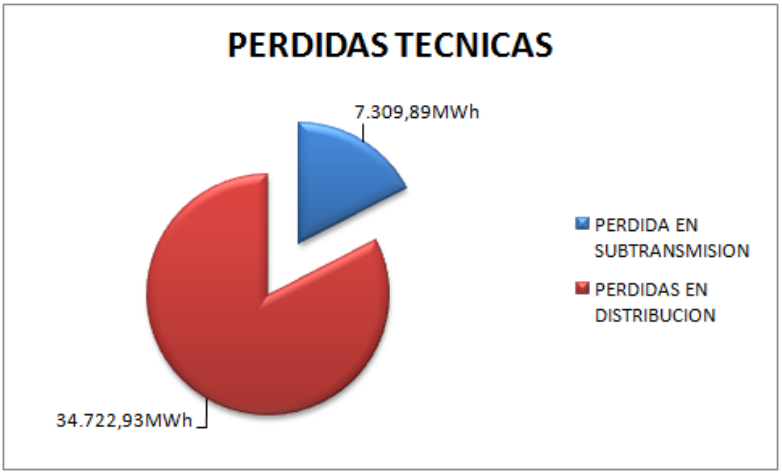

Figura 900. Pérdidas técnicas a nivel de la CENTROSUR.

Tabla 398. Pérdidas técnicas en la subestación 23.

DESCRIPCIÓN	TOTAL DEL SISTEMA	
	KWh/mes	%
Energía disponible	453918	100
Total de pérdidas	17124	3.77
Pérdidas en distribución	15988.769	4.00

4.1.2.2. Las pérdidas de energía eléctrica no técnicas.

Las pérdidas no técnicas se definen como la diferencia entre las pérdidas totales de un sistema eléctrico y las pérdidas técnicas estimadas para el mismo. Las pérdidas no técnicas no constituyen una pérdida real de energía para una economía. En efecto, esta energía se utiliza por algún usuario, suscriptor o no, de la empresa encargada de la distribución de la energía eléctrica. Sin embargo, la empresa no recibe ninguna retribución por la prestación del servicio. Es evidente que un sistema de medición defectuoso o que no se aplique en forma estrictamente periódica, procesos de facturación inadecuados e incapacidad para detectar y controlar las conexiones ilegales son un reflejo de la incapacidad administrativa de las empresas.

También como consecuencia de lo anterior, estas empresas tienen una cartera morosa elevada. Las nuevas regulaciones y exigencias del sector eléctrico propenden a mejorar los beneficios de las empresas de distribución de energía eléctrica y con ello garantizar la expansión y mejorar la calidad del servicio; acción que está estrechamente relacionado con la eficiencia de la empresa. Las empresas del sector no son indiferentes a esta situación, han emprendido, en los últimos años, proyectos para la disminución de pérdidas de energía creando los departamentos de control y reducción; estos departamentos cuentan con estudios de evaluación de nivel de pérdidas y aplican diferentes medidas de detección y recuperación de ellas.

En general, los niveles de pérdidas de energía en sistemas de distribución alcanzados indican que éstas continúan siendo un problema importante en el Ecuador. Para el

desarrollo del sector se requiere que las empresas emprendan esfuerzos importantes que permitan llegar a niveles óptimos y para esto es imprescindible que se desarrollen herramientas que permitan evaluar las pérdidas en todo momento, a fin de examinar la efectividad de las acciones emprendidas.

Tabla 399. Pérdidas no técnicas a nivel de la CENTROSUR.

DESCRIPCIÓN	TOTAL DEL SISTEMA		CENTROSUR	
	MWh	%	MWh	%
Energía disponible	728.982,32	100	726.888,21	100
Total de pérdidas	43.860,99	6.02	43.860,99	6.03
Pérdidas no técnicas	1.828,17	0.25	1.828,17	0.25

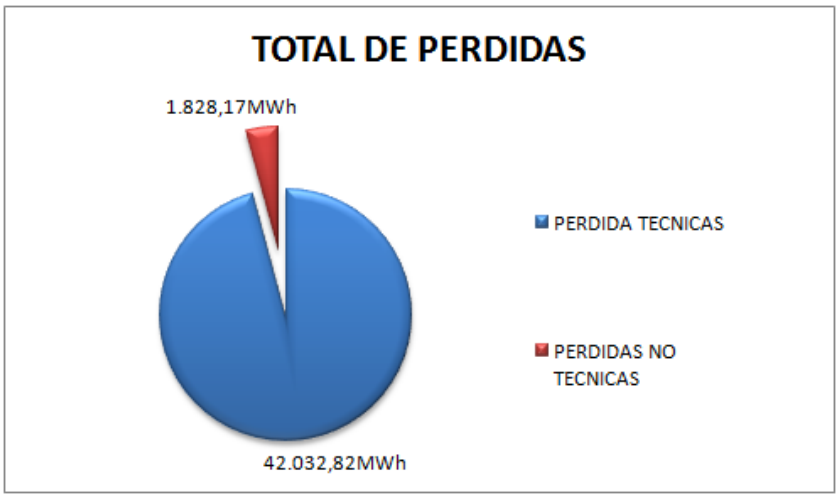

Figura 901. Pérdidas no técnicas a nivel de la CENTROSUR.

Tabla 400. Pérdidas no técnicas en la subestación 23.

DESCRIPCION	TOTAL DEL SISTEMA	
	KWh	%
Energía disponible	453918	100
Total de pérdidas	17124	3.77
Pérdidas no técnicas	1134.8	0.25

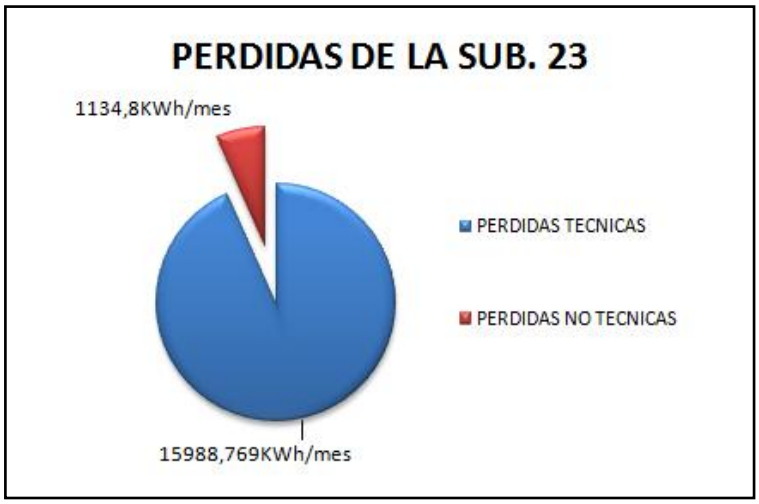

Figura 902. Pérdidas no técnicas en la subestación 23.

Las pérdidas por THD tienen un valor de 11,4%, en donde los mismos ascienden a una energía perdida de 1.952,14 KWh/mes, lo que representa una pérdida económica de 111,3 $/mes y al año 1.335,26 $.

Tabla 401. Pérdidas por armónicas.

Pérdidas al mes (KWh)	Pérdidas al año (KWh)	Costo por mes ($)	Costo por año ($)
1.952,14	23.425,7	111,3	1.335,26

4.1.3. Pérdidas en cargas lineales y no lineales.

Actualmente se requiere eficiencia en la calidad de energía eléctrica que llega a los consumidores finales, para poder utilizar cargas que son sensibles a las perturbaciones en la forma de onda de tensión y corriente.

A continuación se analiza la pérdida de energía en los usuarios de alta, media y baja tensión que presentaron mayores problemas durante los siete días que se realizaron las mediciones, en donde la mayoría de cargas presentes son no lineales, entre las cuales existen bombas de agua, soldadoras, motores monofásicos, lámparas fluorescentes, computadores, copiadoras y electrodomésticos en general.

Tabla 402. Pérdidas de energía en usuarios de la subestación # 23.

ALIMENTADOR	USUARIO	THD_V [%]	THD_I [%]
2311	3927258	1.49	17.65
	2069904	0.79	15.71
	3173507	35.80	35.11
	3292612	1.45	21.01
	1386310	0.93	20.13
	3820149	1.15	14.13
2312	3595220	35.83	
	3593092	1.39	12.79

4.2. Elementos que producen armónicos y como sustituir o eliminar.

Los factores que definen la calidad del servicio eléctrico incluyen distorsión armónica además de factores familiares tales como seguridad de servicio (por ejemplo, protección de sobretensión y voltaje de paso), continuidad en el servicio, regulación de voltaje, y fluctuación. Los límites de distorsión recomendados establecen la máxima distorsión de voltaje en el punto de acoplamiento común (PCC) para cada consumidor.
Si los límites son excedidos, se deben seguir los siguientes pasos:

- Realizar las mediciones de armónicos en el punto seleccionado dentro del circuito de la subestación alimentadora, incluyendo el PCC, y buscar a consumidores con convertidores operando con distorsión de corriente más allá de los límites. Si son identificados, tales consumidores pueden ser informados para que mantengan las distorsiones armónicas dentro de los límites recomendados ya sea mediante la instalación de filtros, reducción en la generación de armónicas ó a través de otros medios.
- Instalar filtros para controlar las armónicas.
- Instalar un nuevo alimentador. Esto es efectivo en el refuerzo de la fuente y en el aislamiento de los problemas de armónicas. Sin embargo, no siempre es económicamente factible.

4.2.1. Sustituir o eliminar el elemento que causa problemas.

En base a la información que fue proporcionada por la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. se consiguió analizar tanto la subestación 23, los transformadores de los alimentadores 2311, 2312 y también una cierta cantidad de usuarios, para poder deducir si existe problemas en los mismos y conocer de donde provienen los mismos ya que pueden ser causados por el sistema de potencia o por la presencia de cargas perturbadoras. Una vez determinado la fuente de la perturbación, se analiza las condiciones del mismo, ya sea para adoptar una nueva configuración del sistema, instalar equipos que reduzcan o eliminen los armónicos o en su defecto el reemplazo de los mismos. El tipo de solución que se adopte para cada problema será el aspecto más importante, a continuación las soluciones existentes y luego se relaciona los problemas puntuales existentes. Ahora se detalla los resultados del análisis de los armónicos, tanto en los transformadores como en los usuarios en los que se realizó las distintas mediciones, detallando si existen o no existen problemas.

Tabla 403. Descripción de los transformadores de los alimentadores 2311 y 2312.

ALIM.	CODIGO DEL TRAFO	TIPO DE TRAFO	ZONA	OBSERVACIONES
2311	10954	Monofásico	Urbana	No hay problemas por armónicas.
	10356	Monofásico	Rural	THD_I Sobrepasa el 20% en las dos fases. No cumple con la norma establecida.
	11548	Monofásico	Rural	THD_I Sobrepasa el 20% en las dos fases. No cumple con la norma establecida.
	10912	Monofásico	Urbana	THD_I Sobrepasa el 20% en las dos fases. No cumple con la norma establecida.
	10886	Monofásico	Urbana	THD_I Sobrepasa el 20% en las dos fases. No cumple con la norma establecida.
	10621	Trifásico	Urbana	THD_I Sobrepasa el 20% en las tres fases. No cumple con la norma establecida.
	10528	Trifásico	Urbana	THD_I Sobrepasa el 20% en la fase C por lo que no cumple con la norma establecida.
	10374	Trifásico	Urbana	No hay problemas por armónicas.

2312	10127	Monofásico	Rural	Armónica de voltaje No. 9 no cumple la regulación establecida además el THD_I de la fase B no cumple con la norma establecida.
	10413	Monofásico	Rural	No hay problemas por armónicas.
	10849	Monofásico	Rural	THD_I De la fase B no cumple con la norma establecida.
	10432	Monofásico	Rural	No hay problemas por armónicas.
	10442	Monofásico	Rural	THD_I Sobrepasa el 20% en las dos fases. No cumple con la norma establecida.
	10660	Monofásico	Rural	No hay problemas por armónicas.

Tabla 404. Descripción de los usuarios de los alimentadores 2311 y 2312.

ALIM.	CONSUMIDOR	TIPO DE USUARIO	ZONA	OBSERVACIONES
2311	Hospital Cantonal de Limón	Trifásico	Urbana	Altos valores de THD_I, no cumple la norma.
	Recinto Ferial Municipal	Trifásico	Urbana	No hay problemas de armónicas.
	Gobierno Municipal Cantonal	Trifásico	Rural	Fase C no cumple con la norma de THD_I.
	Colegio Nacional Indanza	Monofásico	Urbana	Fase A no cumple con la norma de THD_I.
	CONECEL S.A.	Monofásico	Rural	No hay problemas de armónicas.
	Liga Cantonal de San Juan Bosco	Monofásico	Rural	Fase A no cumple con la norma de THD_I.
	Jenny Bonilla	Trifásico	Urbana	No hay problemas de armónicas.
	Luis Morales	Monofásico	Urbana	No hay problemas de armónicas.
	Eulalia Orellana	Monofásico	Urbana	No cumple con la norma de THD_I.
	Fanny López	Monofásico	Urbana	No cumple con la norma de THD_I.
	Ángel Gómez	Monofásico	Urbana	No cumple con la norma de THD_I.
	Jesús Jaya	Monofásico	Urbana	No cumple con la norma de THD_I.
	Escuela Yungantza	Monofásico	Rural	No cumple con la norma de THD_I.
	Rosa Tigre	Monofásico	Rural	No cumple con la norma de THD_I.
	Antonio Castillo	Monofásico	Urbana	No cumple con la norma de armónicas THD_I y THD_V.
	Narcisa Naranjo	Monofásico	Urbana	No cumple con la norma de THD_I.

2312	Junta Parroquial Pan de Azúcar	Monofásico	Rural	No cumple con la norma de THD_V.
	Lauro Maldonado	Monofásico	Rural	No hay problemas de armónicas.
	José Lojano	Monofásico	Rural	No hay problemas de armónicas.
	Iglesia Plan de Milagro	Monofásico	Rural	No hay problemas de armónicas.
	Gonzalo Segovia	Monofásico	Rural	No hay problemas de armónicas.
	Constructora Hidrobo Estrada	Bifásica	Rural	Fase B no cumple con la norma de los THD_I.

4.2.2. Es posible mejorar el funcionamiento de cargas dentro del sistema.

La regulación establecida por el CONELEC, exige a las empresas distribuidoras que archiven los datos por medios informáticos para mostrarlos de una manera detallada con el objetivo de proporcionar la mejor información de la medición realizada, como es de conocimiento público la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR en la actualidad cuenta con la norma de calidad ISO-9001, lo que compromete a la empresa a seguir mejorando cada día para poder servir mejor a sus distintos usuarios.

La carga de cada usuario se clasificará de acuerdo con su localización geográfica, destacando peculiaridades típicas en cada zona. Así como por ejemplo en la zona urbana central de cualquier ciudad se tendrá una elevada densidad de carga, con consumidores constituidos por edificios de oficinas y comercios, asimismo, en una zona urbana habrá densidades de carga menores, predominando las cargas de tipo residencial; hay algunas zonas que originan cargas de tipo de valor elevado con cargas de tipo industrial medio.

Las aplicaciones que tiene cada usuario de la energía eléctrica pueden servir como parámetros para clasificar las cargas en:

- Cargas residenciales.
- Cargas de iluminación en predios comerciales.
- Cargas de fuerza en predios comerciales.
- Cargas industriales.

- Cargas de municipios o gubernamentales.
- Cargas hospitales.

Considerando los perjuicios que se pueden causar por las interrupciones de energía eléctrica, las cargas se clasifican en:

- Sensibles.
- Semisensibles.
- Normales.

Se entiende por cargas sensibles a aquellas en que una interrupción aunque sea momentánea en la alimentación de energía eléctrica, causa perjuicios considerables.

Se consideran como cargas semisensibles a aquellas en que una interrupción de corto tiempo (no mayor de 10 minutos) de energía eléctrica, no causa grandes problemas en la producción o servicios en general.

Finalmente las cargas normales son aquellas que en una interrupción de energía eléctrica en un tiempo más o menos largo (1 hora a 5 horas) no causa mayores perjuicios a la producción o al servicio.

La carga es la suma de las potencias nominales de las máquinas, aparatos y equipos conectados a un circuito eléctrico en un área determinada y se expresa en KW o KVA.

A continuación se muestra un diagrama de flujo que puede ser de mucha ayuda para detectar y solucionar problemas en lo que respecta a la calidad de la energía, así como también una figura de los equipos que puede servir para mejorar la calidad del mismo.

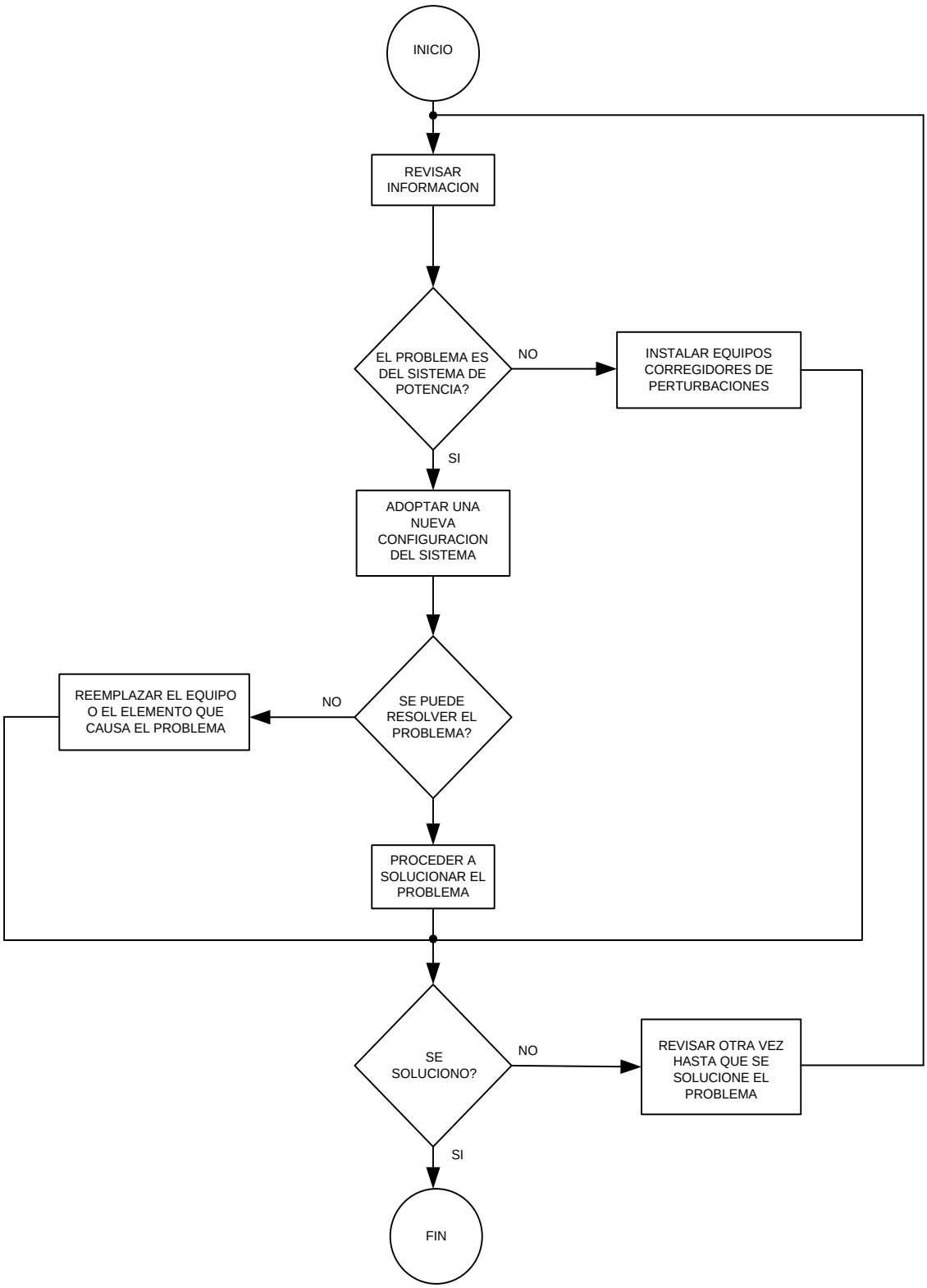

Figura 903. Diagrama de flujos de la metodología para solucionar problemas de calidad de energía.

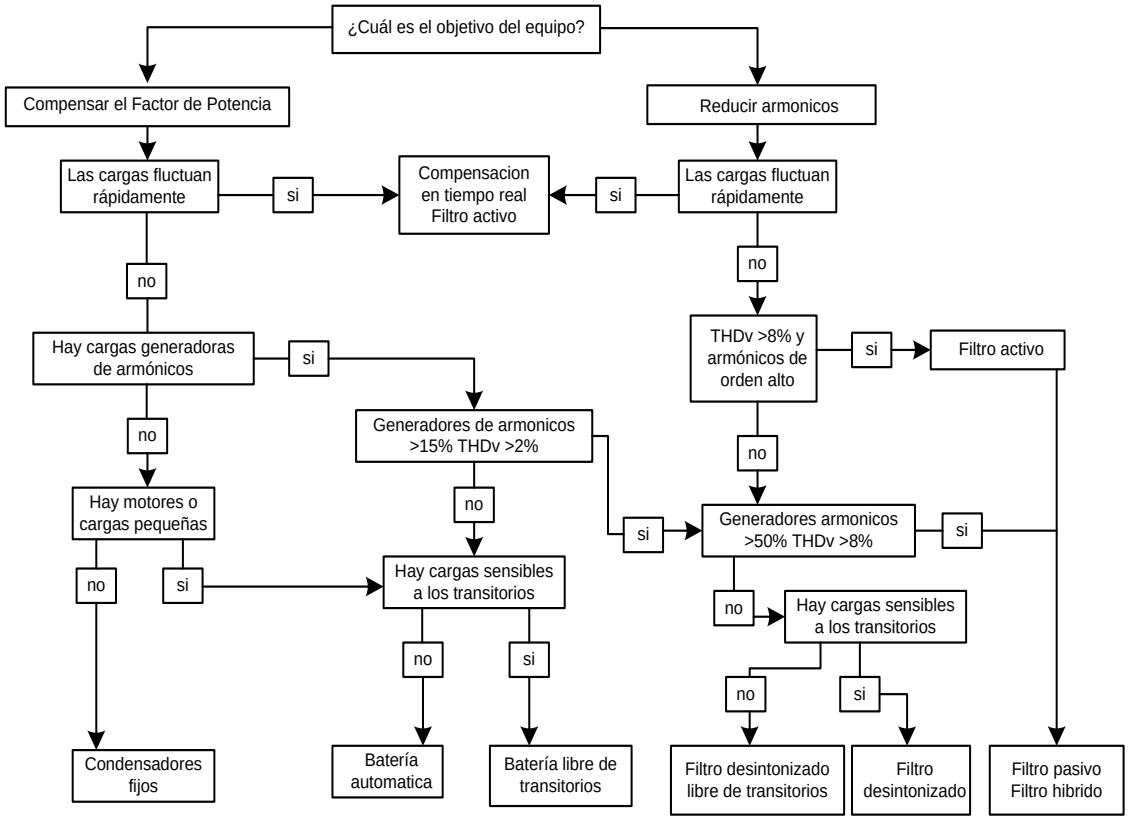

Figura 904. Guía de equipos que se podrían utilizar según la necesidad.

4.2.3. Compensación de armónicos según métodos efectivos.

Es de mucha importancia realizar una descripción de los métodos existentes para solucionar los problemas causados por los armónicos. Estas soluciones consisten en utilizar componentes pasivos como son las inductancias, los condensadores, transformadores, resistencias y/o cambiar el esquema de la instalación.

En la actualidad existen tres clases de filtros que permiten reducir o limitar las tensiones armónicas de la red:

- Filtro shunt resonante.
- Filtros amortiguadores.
- Filtros activos.

En la mayor parte de casos, su misión es disminuir la tasa de distorsión armónica (THD), en tensión, a un nivel tolerable en un determinado punto de conexión de diversas cargas (cuadro de distribución, por ejemplo).

4.2.3.1. Sobrecalentamientos de los conductores neutros.

La sobrecarga de los conductores neutros puede evitarse dimensionando dichos neutros adoptando una sección suficiente que tenga en cuenta la eventual presencia de un medio ambiente eléctrico rico en armónicas. Puede ser una práctica aconsejable prever un neutro con una sección 1,7 veces mayor que la de los conductores de fase o simplemente doblar el neutro cuando el circuito final deba alimentar sistemas informáticos. También puede utilizarse un conductor neutro separado para cada fase.

Otra alternativa para impedir el paso de las armónicas "triplens", aguas arriba de los sistemas de suministro de corriente alterna, puede ser el empleo de transformadores de separación de circuitos con conexión triángulo-estrella.

4.2.3.2. Sobrecalentamiento de los conductores y perturbaciones en los interruptores automáticos de los circuitos.

Se deberán utilizar cables de sección superior a la indicada en los catálogos técnicos, para evitar calentamientos excesivos debido a la presencia de armónicas, separar las cargas no lineales de las restantes cargas "limpias" y colocar cuadros e interruptores adecuados para cargas no lineales donde sea necesario.

4.2.3.3. Sobrecargas de los condensadores de corrección del factor de potencia.

Puede evitarse la presencia de resonancias añadiendo una inductancia (un inductor de línea) en serie con el condensador para desintonizar la frecuencia de resonancia de la respuesta característica del sistema o alternativamente, instalar un dispositivo de corrección de la corriente reactiva ($kVAR$) especialmente diseñado.

4.2.3.4. Reducir las corrientes armónicas de las cargas perturbadoras.

Aparte de la solución evidente que consiste en escoger materiales no perturbadores, es posible limitar las corrientes armónicas de ciertos convertidores intercalando entre el punto de conexión y su entrada una inductancia, llamada de alisado. Esta disposición se utiliza sobre todo en rectificadores con condensador a la entrada; esta inductancia puede estar entre las opciones propuestas por el fabricante. Pero, hay que tener cuidado ya que esta solución disminuye la tasa global de distorsión en tensión aguas arriba de la inductancia, pero la aumenta en los bornes de la carga no lineal.

4.2.3.5. Disminuir la impedancia armónica de la fuente.

En la práctica consiste en conectar el elemento perturbador directamente a un transformador de la mayor potencia posible, o en escoger un generador con baja impedancia armónica figura 905. Pero es preferible, desde el lado de la fuente, utilizar varios cables en paralelo, de sección menor, que uno solo cable. Si estos conductores son suficientemente largos, la inductancia aparente se divide por el número de cables en paralelo.

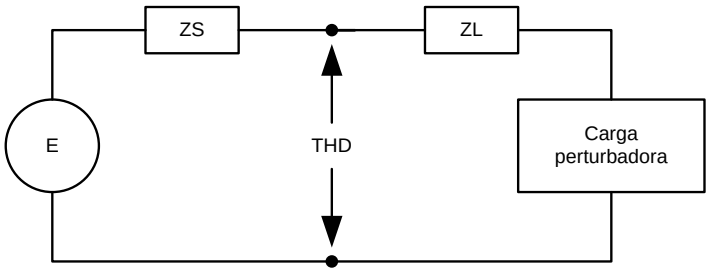

Figura 905. Inductancia aguas abajo para disminuir el THD en el punto considerado.

4.2.3.6. Actuar en la estructura de la instalación.

Hay que evitar conectar un receptor sensible en paralelo con cargas no-lineales o perturbadoras figura 906. Cuando se tiene un equipo de gran potencia fuertemente perturbador, es aconsejable alimentarlo directamente desde un transformador MT/BT independiente.

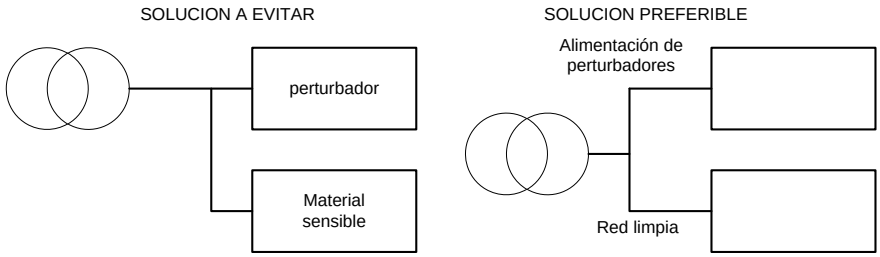

Figura 906. Distribución en Y para el desacoplamiento por las impedancias naturales y/o adicionales.

4.2.3.7. Encerrar las armónicas.

Consiste en limitar la circulación de las armónicas a la parte más pequeña posible de la instalación, con la ayuda de transformadores de acoplamiento adecuados. Una solución interesante es la utilización de transformadores con el primario en estrella (sin neutro) y el secundario en zig-zag. Este acoplamiento permite tener el mínimo de distorsión en el secundario. En efecto, en este caso, las corrientes armónicas de tercer orden no circulan por el primario del transformador y la impedancia Zs depende sólo de los arrollamientos del secundario. La inductancia es muy baja: $Uccx \approx 1\%$ y la resistencia se reduce poco más o menos a la mitad, comparada con la de un transformador ΔY de la misma potencia.

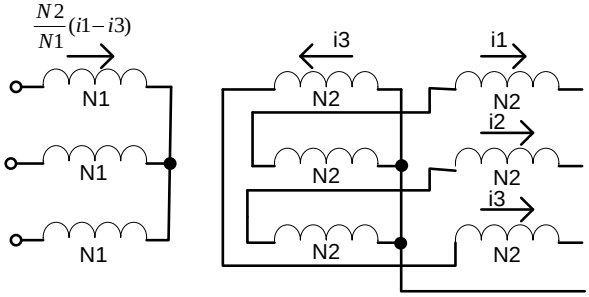

Figura 907. Transformador con el secundario en zig-zag y atenuación de tercer orden.

En el caso de cargas trifásicas es posible eliminar ciertos rangos de armónicas utilizando transformadores o autotransformadores con varios secundarios defasados; esta disposición se usa, sobre todo, en el caso de rectificadores de potencia. El más conocido de estos montajes es el rectificador constituido por dos puentes en serie o en paralelo, alimentados por un transformador con dos secundarios, uno en estrella y otro en triángulo. Esta disposición produce un defasaje de 30 grados entre las tensiones de los

dos secundarios. El cálculo muestra que las armónicas de rango 6 k ± 1, con k impar, se eliminan en el primario del transformador. Las primeras armónicas eliminadas, que son precisamente los más importantes por su amplitud, son para k = 1, las armónicas 5º y 7º. Las primeras armónicas que se encuentran son entonces el 11º y el 13º. Es posible generalizar esta propiedad aumentando el número de diodos y el número de secundarios del transformador o el número de transformadores, escogiendo correctamente los defasajes relativos de cada uno de los secundarios. Esta solución se usa mucho en el caso de rectificadores de muy alta potencia, consiguiéndose fácilmente el reparto de corrientes entre las diversas ramas del puente.

4.2.3.8. Utilización de inductancias anti-armónicas.

Esta disposición consiste en proteger los condensadores destinados a mejorar el factor de potencia colocándoles una inductancia en serie. Esta inductancia se calcula para que la frecuencia de resonancia no corresponda con ninguno de las armónicas presentes. Las frecuencias típicas de resonancia, para una fundamental de 60 Hz son: 135 Hz (armónica 2º y 7º), 190 Hz (armónica 3º y 8º) y 225 Hz (armónica 4º y 5º). Así, para la fundamental, el banco de condensadores puede asegurar su función de mejora del $cos\varphi$, mientras que la gran impedancia de la inductancia limita la amplitud de las corrientes armónicas. Los escalones de condensadores deben de tener en cuenta ciertas frecuencias de resonancia para priorizarlas.

4.2.3.9. Filtros pasivos de armónicas.

Aquí se utiliza un condensador en serie con una inductancia a la entrada para obtener la resonancia con una armónica de una frecuencia dada. Este montaje, puesto en derivación sobre la instalación, presenta una impedancia muy baja a la frecuencia de resonancia, y se comporta como un cortocircuito para la armónica considerado. Es posible utilizar simultáneamente varios conjuntos sintonizados a frecuencias diferentes para eliminar varios rangos de armónicas. Los filtros pasivos contribuyen además a compensar la energía reactiva de la instalación. Aunque aparentemente simple, este principio exige un

cuidadoso estudio de la instalación, porque si el filtro se comporta perfectamente como un cortocircuito para la frecuencia deseada, puede tener el riesgo de resonancia con las otras inductancias de la red a otras frecuencias y correr el riesgo de que en la instalación aumenten los niveles de armónicas que antes no eran perjudiciales.

4.2.3.9.1. El shunt resonante.

El filtro shunt resonante figura 908 está constituido por una rama L-C cuya frecuencia de sintonización debe ser:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad [Ec.60]$$

Y cuyo valor debe ser superior al de la frecuencia de la tensión armónica que se desea eliminar.

Figura 908. Estructura de un filtro Shunt

El shunt resonante presenta a la frecuencia f_r una impedancia mínima que se reduce al valor de la resistencia r de la inductancia. Deriva hacia él casi la totalidad de las corrientes armónicas de frecuencia f_r inyectadas, con un nivel de tensión armónica de frecuencia f_r débil y proporcional al producto de la resistencia r por la corriente que circula por el shunt. En principio, hay tantos shunts resonantes como armónicas a tratar, conectados en el juego de barras donde se especifica la tensión armónica admisible. El conjunto constituye un banco.

4.2.3.10. Filtros amortiguadores.

4.2.3.10.1. Filtro amortiguador de segundo orden.

No se debe pretender reducir sólo las tensiones armónicas de rango característico sino que también amortiguar las anti resonantes.

Por otra parte, no resulta económicamente recomendable el montaje de múltiples shunts anti resonantes en un banco, la solución consiste, a menudo, en utilizar un filtro de amplio espectro que posea las siguientes propiedades:

- Amortiguar las anti resonancias.
- Reducir las tensiones armónicas de frecuencias iguales o superiores a la de sintonía cuya función genera el nombre de filtro amortiguador paso-alto.
- Amortiguar rápidamente el régimen transitorio debido a la conexión del filtro.

El filtro amortiguador del segundo orden está constituido por un shunt resonante sobre el que se conecta, en bornes de la inductancia, una resistencia de amortiguación R. La figura 909 representa una de las tres fases del filtro.

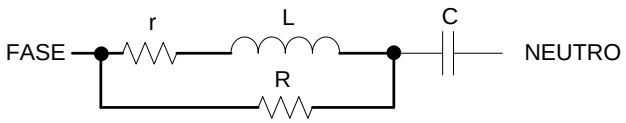

Figura 909. Filtro amortiguado de segundo orden.

El filtro amortiguador de segundo orden presenta una reactancia nula ante la frecuencia fr, mayor que la frecuencia f con:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad [Ec.61]$$

$$f_r = \frac{1 + Qq}{2\pi q\sqrt{(Q^2 - 1)LC}} \qquad [Ec.62]$$

Donde:

Q = factor de calidad del filtro amortiguador.

q = factor de calidad de la inductancia.

Habiendo estudiado el filtro para que f_r coincida con la primera banda característica del espectro a filtrar, esta banda es generalmente la más importante.

Cuando Q (factor de calidad) tiende a tomar valores altos, f_r tiende a f, en cuyo caso el shunt resonante es un caso límite de filtro amortiguador de segundo orden.

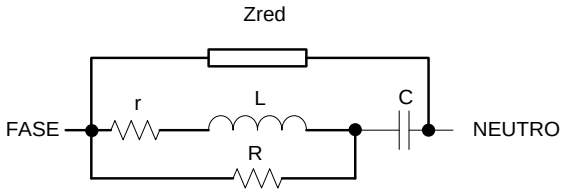

Figura 910. Impedancia de una red que incluye un filtro shunt resonante.

4.2.3.10.2. Filtro amortiguador de tercer orden.

El filtro de tercer orden, de diseño más complejo que el de segundo orden, se utiliza en casos de potencias de compensación elevadas. El filtro de tercer orden se obtiene a partir del filtro de segundo orden añadiéndole un banco complementario C2 en serie con la resistencia R, esta disposición permite la reducción de las pérdidas debidas a la fundamental. La elección de C2 permite igualmente mejorar el comportamiento del filtro por debajo de la frecuencia de sintonización, lo cual favorece la reducción de la anti resonancia. El filtro de tercer orden debe encontrarse sobre las primeras frecuencias del espectro. Sin embargo, la complejidad de este filtro y el aspecto económico hace que a nivel industrial a menudo se prefiera el filtro de segundo orden.

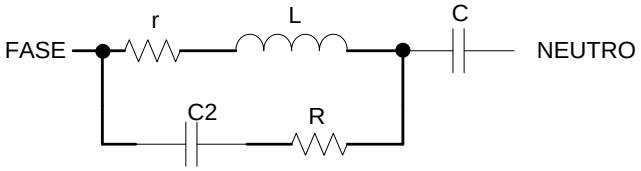

Figura 911. Filtro amortiguado de tercer orden.

4.2.3.10.3. Otros filtros amortiguadores.

Existen otros filtros amortiguadores utilizados con menos frecuencia y derivados del filtro de segundo orden.

- El filtro amortiguador tipo C figura 912. En este filtro, el banco auxiliar C2, está en serie con la inductancia. Este filtro tiene unas pérdidas semejantes al filtro de tercer orden.

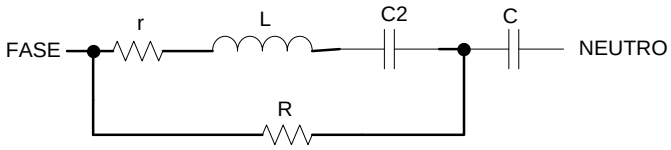

Figura 912. Filtro amortiguador tipo C.

- El filtro doble amortiguador figura 913 se compone de dos shunts resonantes conectados por una resistencia R, este filtro amortigua sobre todo la anti resonancia situada entre las dos sintonías.

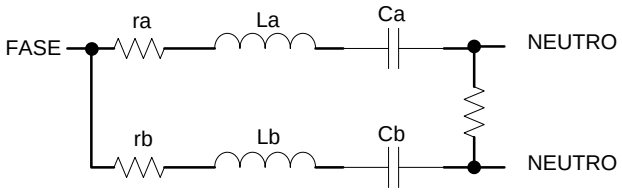

Figura 913. Filtro de doble amortiguador.

- El shunt resonante de baja q, este filtro, que se comporta como un filtro amortiguador de banda ancha, tiene una utilización específica: sólo podrá utilizarse en unidades de pequeña potencia sin efectos de compensación reactiva, ya que, por su gran valor resistivo (normalmente por la adición de una resistencia en serie), las pérdidas por efecto Joule resultan prohibitivas en aplicaciones industriales.

4.2.3.11. Convertidores limpios y compensadores activos.

Un filtro activo es un dispositivo que utiliza, al menos, un convertidor estático para satisfacer la función de compensación activa de armónicas. Este término genérico agrupa por tanto una multitud de sistemas, que se diferencian por:

- El número de convertidores utilizados y su forma de asociación.
- Su tipo (fuente de tensión, fuente de corriente).
- Las leyes generales de regulación aplicadas (compensación en corriente o en tensión).
- La adición eventual de componentes pasivos (incluso también filtros pasivos).

Todos estos sistemas activos tienen en común, que todos generan tensiones o corrientes que se oponen a las armónicas creados por las cargas no lineales. La realización más típica es la que muestra la figura 914, que se suele calificar como de topología shunt (o paralelo).

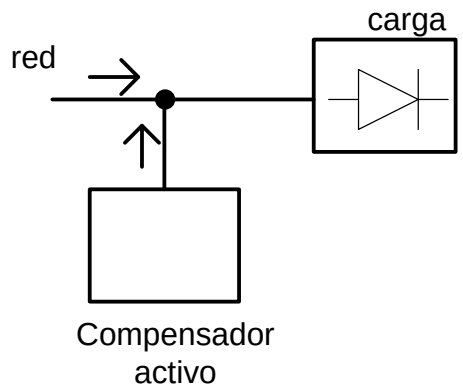

Figura 914. Compensador activo shunt (anula las armónicas de corriente del lado de la red).

El compensador activo tipo serie figura 915 será tratada brevemente, ya que se usa muy poco. Su misión de permitir la conexión de una carga sensible a una red con perturbaciones, para bloquear las fuentes de tensiones armónicas que proceden de las fuentes aguas arriba. Pero, de hecho, esta solución para anular las perturbaciones aguas arriba tiene poco interés, porque:

- La calidad de la energía en el punto de conexión es, en la mayor parte de los casos, satisfactoria.
- No es fácil la inserción de un módulo en serie, por ejemplo, porque tendría que soportar las corrientes de cortocircuito.

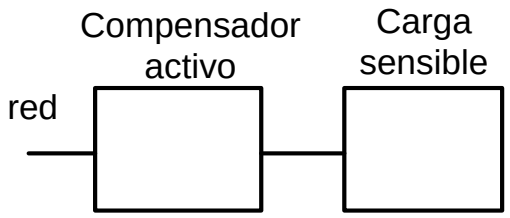

Figura 915. Compensador activo serie (garantiza tensión senoidal en la carga).

Entre las numerosas variantes llamadas híbridas, se utilizara el tipo llamado serie/ paralelo, añadiendo compensadores activos y pasivos figura 916, lo que tiene un gran interés para la depuración de armónicas si se colocan lo más cerca posible de los convertidores de gran potencia.

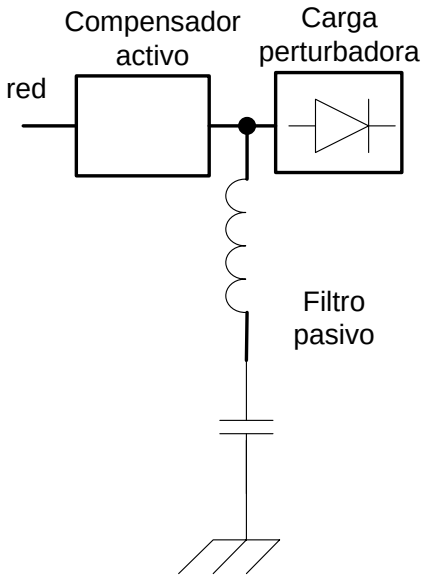

Figura 916. Compensador híbrido tipo serie/paralelo.

4.2.3.11.1. Convertidores limpios.

Se trata de rectificadores, de cargadores de bancos, de variadores de velocidad para motores de corriente continua o de convertidores de frecuencia; en todos ellos, el elemento directamente conectado a la red es siempre un puente rectificador. Es este el mismo componente y, generalizando, la etapa de entrada (potencia y control), el que determina el comportamiento en cuanto a armónicas del sistema completo.

El Principio de muestreo senoidal (en monofásica), consiste en forzar a que la corriente absorbida sea senoidal. Los convertidores limpios utilizan normalmente la técnica de modulación de ancho de impulso, reconocida ordinariamente como PWM (Pulse Width Modulation). Se pueden distinguir dos grandes familias, según la función del rectificador, como una fuente de tensión, que es lo más frecuente, o como una fuente de corriente.

4.2.3.11.2. Convertidor con fuente de tensión.

En este caso, el convertidor se comporta, con respecto a la red, como una fuerza contra electromotriz, (generador de tensión senoidal) figura 917, y la corriente senoidal se obtiene intercalando una inductancia entre la red y la fuente de tensión. La modulación de la tensión se obtiene por medio de un seguimiento encaminado a mantener la corriente lo más próxima posible a la curva que se quiere conseguir. Incluso si otras cargas no lineales aumentan la tasa de distorsión de la tensión de red, la regulación puede actuar para proporcionar una corriente senoidal. La frecuencia de las pequeñas corrientes armónicas residuales es la frecuencia de modulación y sus múltiplos. Esta frecuencia depende de las prestaciones de los semiconductores que se utilizan.

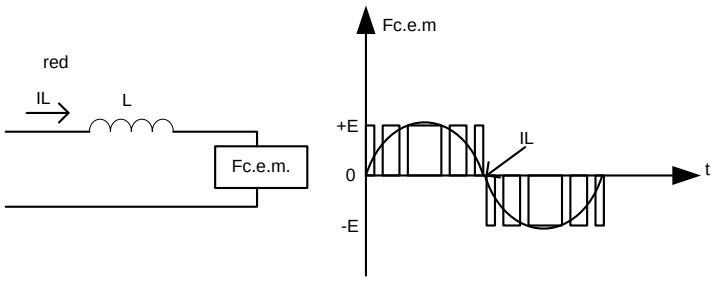

Figura 917. Esquema monofásico equivalente a un convertidor de tensión por modulación de ancho de impulso.

4.2.3.11.3. Convertidor fuente de corriente.

El convertidor se comporta como un generador de corriente troceada. Para restituir, al lado de red, una corriente senoidal, es indispensable un filtro pasivo relativamente

grande figura 918. Este tipo de convertidor se utiliza en aplicaciones específicas, por ejemplo, para proporcionar una corriente continua perfectamente regulada.

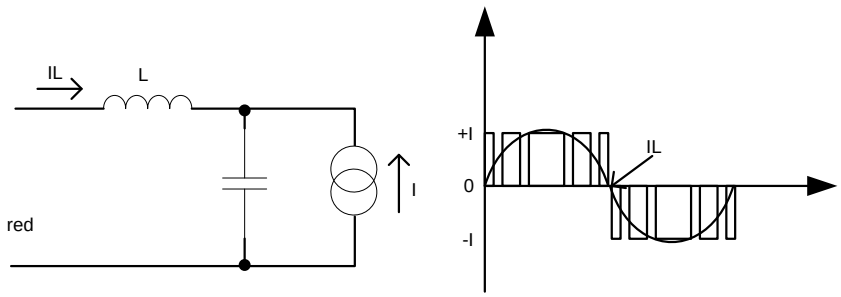

Figura 918. Esquema monofásico equivalente a un rectificador de corriente por modulación de ancho de impulso.

4.2.3.11.4. El compensador activo shunt.

Se ilustra el concepto de compensador activo shunt mediante una analogía electroacústica figura 919. El observador no escucha la fuente de ruido S si una fuente secundaria S' genera un contra-ruido. Las ondas de presión generadas por el altavoz son de la misma amplitud y en oposición de fase respecto a las de la fuente: es el fenómeno de las interferencias destructivas.

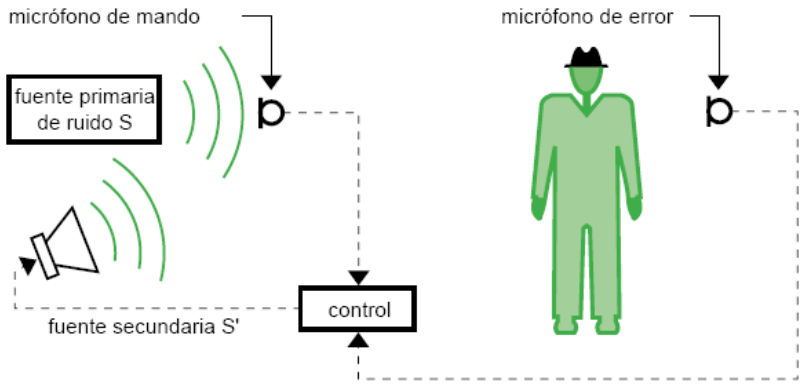

Figura 919. Principio de contra-ruido acústico.

Esta comparación permite aclarar el concepto mismo del compensador activo shunt: el objetivo es minimizar (o incluso anular) en el punto de conexión los armónicas de la

corriente (o de la tensión), inyectando una corriente (o una tensión) adecuadas figura 920. Con la condición de que el dispositivo sea capaz de inyectar en cada instante una corriente cuya componente armónica sea de la misma amplitud que la de la carga y en oposición de fase, entonces la suma algebraica de corriente en el punto A garantiza que la corriente entregada por la fuente es una solenoide pura.

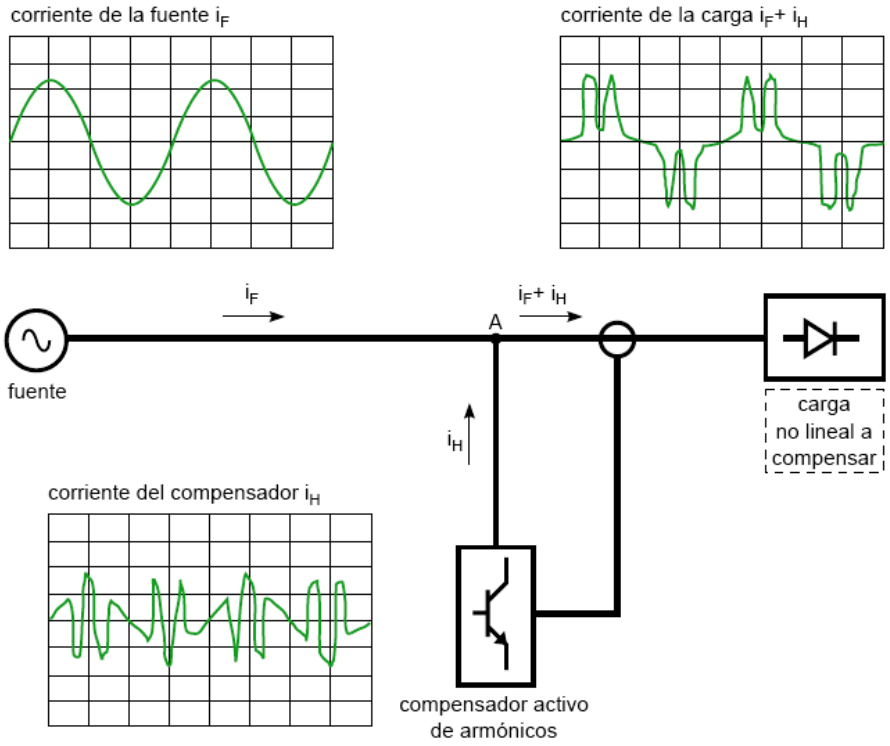

Figura 920. Principio de compensación de la componente de armónicas mediante el compensador activo shunt.

La combinación de carga perturbadora más un compensador activo constituye una carga lineal (en la que la corriente y la tensión están relacionadas por un coeficiente k). Este tipo de dispositivo resulta especialmente válido para la depuración de las redes BT, sea el que sea el punto de conexión escogido y el tipo de carga (porque este dispositivo se auto-adapta), según el nivel de inserción:

- Una compensación local: si el compensador está asociado a una carga no lineal.
- Una compensación general: si la conexión se realiza por ejemplo a nivel del cuadro general de BT de la instalación.

El compensador activo shunt constituye por tanto una fuente de corriente independiente de la impedancia de la red, y tiene las características intrínsecas siguientes:

- Su banda pasante es suficiente para garantizar la supresión de las componentes armónicas mayoritarias (estadísticamente hablando) de la corriente de la carga.
- Típicamente, se considera que el margen H2 - H23 es válido, porque cuanto más elevado es el orden, menor es la amplitud de las armónicas.
- Su tiempo de respuesta es tal que la compensación de armónicas es efectiva no sólo en régimen estable, sino incluso en régimen transitorio lento (algunas decenas de ms).
- Su potencia permite atender los objetivos de compensación fijos, lo que no garantiza necesariamente la compensación total y permanente de las armónicas generados por las cargas.

Suponiendo que se cumplan simultáneamente estos tres objetivos, entonces el compensador activo shunt constituye un excelente compensador, porque se auto adapta y no tiene riesgo alguno de interacción con la impedancia de la red. Hay que destacar también que la misión de este dispositivo no es poner en fase las componentes fundamentales del voltaje y de corriente: la inserción de un compensador activo no tiene ninguna influencia sobre el factor de potencia. Sin embargo, si la carga a compensar es un rectificador polifásico, si se consigue mejorar realmente de forma apreciable el factor de potencia general, puesto que el factor de deformación se acerca a la unidad y el $cos\Phi$ de un rectificador (no controlado) es también próximo a la unidad.

4.2.3.12. Compensadores con estructura híbrida.

En cuanto a la eliminación de armónicas las necesidades son múltiples, porque se desea garantizar:

- Que una carga perturbadora no afecte a una red limpia.
- El correcto funcionamiento de una carga sensible (o una red sensible) en un entorno perturbado.

El problema de la compensación de las armónicas puede tratarse a dos niveles (exclusiva o complementariamente):

- Compensación shunt mediante una fuente de corriente situada aguas abajo del punto considerado.
- Compensación serie con la instalación de una fuente de tensión situada aguas arriba del punto considerado.

Las estructuras que se describen son la combinación de las dos soluciones, en la figura 921 hay un ejemplo de esta estructura.

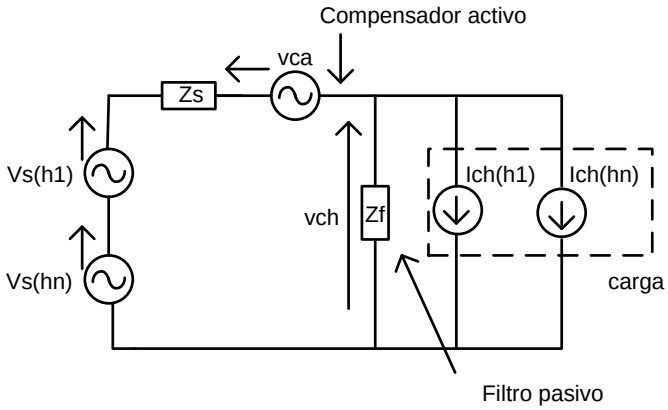

Figura 921.Compensadores híbridos activo-pasivo

Utilizan simultáneamente los filtros pasivos y los compensadores activos. Existen varias combinaciones posibles.

4.2.3.12.1. La estructura híbrida “paralelo/serie”.

En el esquema de la figura 922 se representan los principales subconjuntos de esta estructura, los mismos que están constituidos por:

- Uno o varios conjuntos de filtros pasivos resonantes (Fi) conectados en paralelo con la carga perturbadora.
- Un compensador activo.

A su vez el compensador activo debe estar constituido por:

- Un acoplador magnético (Tr), cuyo primario se conecta en serie con el filtro pasivo.
- Un inversor (MUT), conectado en el secundario magnético.

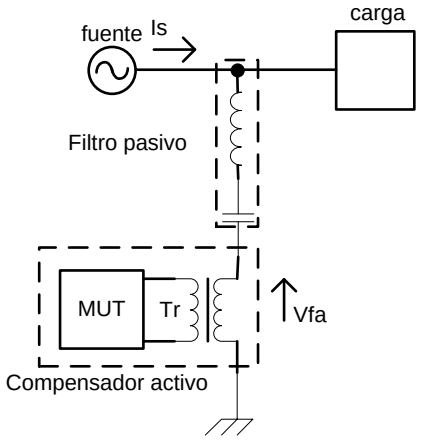

Figura 922. Compensador híbrido serie-serie.

El compensador activo se hace trabajar de manera que:

$$V_{fa} = K.I_{sh} \qquad [Ec.63]$$

Donde:

V_{fa}: Tensión en bornes de acoplador magnético.

K: Valor en ohmios, fijado para cada armónica.

I_{sh} : Corriente armónica procedente de la fuente.

En esta configuración, el compensador trabaja sobre las corrientes armónicas y mejora la eficacia de los filtros pasivos:

- Evita la amplificación de tensiones armónicas aguas arriba a frecuencias de anti resonancia de los filtros pasivos.
- Atenúa mucho las corrientes armónicas entre la carga y la fuente al bajar la impedancia del conjunto (con filtro pasivo y compensador activo).

Puesto que no toda la corriente de la red atraviesa el compensador activo, sus dimensiones (y en especial las del acoplador magnético) pueden reducirse. Por tanto, esta estructura se adapta bien para trabajar en redes de tensión y potencia elevadas al asegurar la puesta en fase de las componentes fundamentales. Su principal inconveniente es que los filtros pasivos se diseñan en función de la naturaleza de la carga, lo que obliga a hacer un estudio previo.

4.2.3.12.2. La estructura híbrida "serie/paralelo".

El esquema de la figura 923 indica los principales subconjuntos de la estructura anterior, con la única diferencia: el punto en que se conecta el primario del acoplador (en serie entre la fuente y la carga).

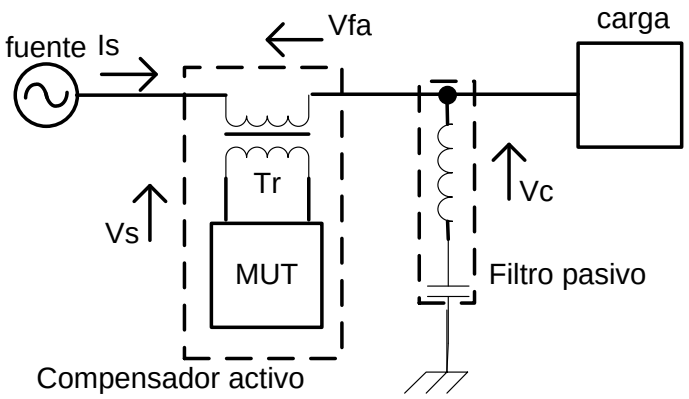

Figura 923. Compensador híbrido serie-paralelo.

La ley de mando del compensador activo no ha cambiado, es decir, que el compensador activo genera una tensión que se opone a la circulación de las corrientes armónicas hacia la fuente. Por tanto se comporta como una impedancia (cuyo valor *K* lo fija cada rango) para las frecuencias armónicas. De lo que se deduce que el filtrado pasivo es mucho más eficaz (porque la presencia de esta impedancia serie obliga a la circulación de las corrientes armónicas desde la carga hacia los filtros pasivos). Además, el filtro serie permite aislar la carga de las componentes armónicas preexistentes en la fuente e impide cualquier sobrecarga de los filtros pasivos.

Por todo ello, esta topología es de hecho la que más frecuentemente se califica como de aislador armónica, porque en cierta forma la fuente queda aislada de la carga perturbadora e, inversamente, permite evitar la sobrecarga de un filtro pasivo por una perturbación aguas arriba. Es conveniente destacar que esta topología crea problemas de dimensionamiento y de protección del acoplador magnético, porque:

- Por éste último circula toda la corriente de la carga.
- En caso de cortocircuito, lo somete a una onda de corriente de valores muy elevados.

Una solución para estos problemas puede ser el utilizar un transformador con un arrollamiento secundario adicional figura 924. La compensación se efectúa entonces por vía magnética por la acción directa del flujo.

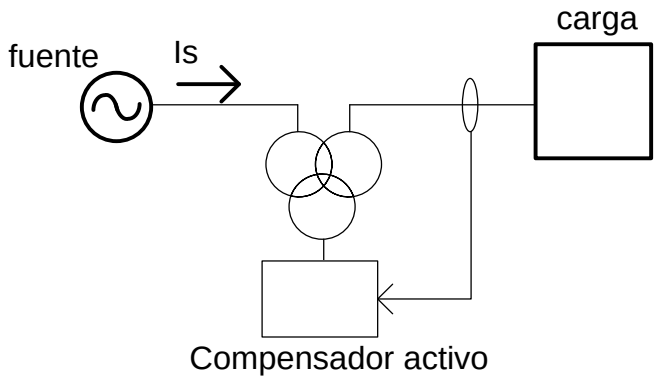

Figura 924. Compensador híbrido con inyección mediante transformador.

4.2.3.12.3. Asociación en paralelo de filtro pasivo y compensador activo.

Su principio consiste en conectar en paralelo uno o varios filtros pasivos sintonizados y un compensador activo shunt figura 925 además, las acciones del compensador activo y del filtro pasivo se complementan.

Esta estructura permite, según los casos:

- Mejorar la compensación conseguida sólo con filtros pasivos.
- Limitar el número de rangos de los filtros pasivos.
- Mejorar las prestaciones sólo del compensador activo (para una misma potencia eficaz de dicho compensador).

Sin embargo, esta combinación no permite evitar las sobrecargas de los filtros pasivos ni los efectos de la anti resonancia con la impedancia de la red.

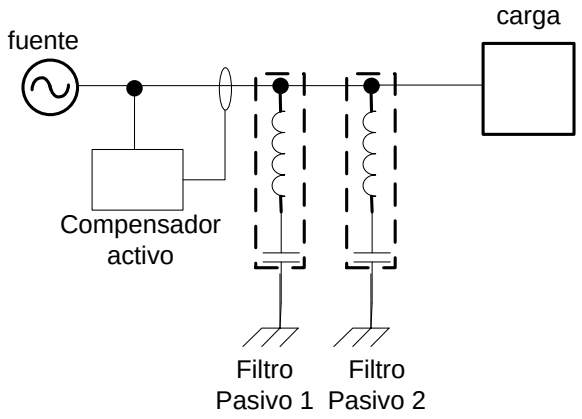

Figura 925. Asociación en paralelo de un compensador activo y filtros pasivos.

4.3. Soluciones a las pérdidas por armónicas.

En esta parte, se sugieren los métodos más beneficiosos tanto en la parte técnica como económica, con la finalidad de eliminar o atenuar los efectos causados por las armónicas de voltaje como de corriente en los transformadores que hayan presentado problemas, así como también una solución para disminuir los THD en la subestación.

4.3.1. Solución a pérdidas en la subestación # 23.

En base a los datos que se obtuvieron en el capítulo III, se obtiene que en la subestación 23, ubicada en el Cantón Limón, cumple con las regulaciones establecidas por el CONELEC, pero en lo que se refiere a los THD_I esta norma no establece un límite máximo, por lo que se basa en normas internacionales, como la IEEE 519, en donde establece un valor máximo del $THD_I = 20\%$.

Con las mediciones realizadas, se obtuvo un $THD_I = 11.4\%$ lo cual produce una pérdida de 1.952,14 KWh/mes, para lo cual se va a diseñar un filtro que permita eliminar o disminuir este valor. Para poder diseñar un filtro, con base a los datos obtenidos en el capítulo III, se grafica el espectro de armónicas de corriente y de voltaje presentes en esta subestación.

Tabla 405. Datos para obtener el espectro de armónicas de voltaje.

ARMÓNICAS	FASE A (MAG)	FASE B (MAG)	FASE C (MAG)	PROMEDIO (MAG)
2	0	0	0	0
3	0.72	0.9	1.03	0.88
4	0	0	0	0
5	4.98	4.92	4.8	4.9
6	0	0	0	0
7	2.14	2.14	2.31	2.2
8	0	0	0	0
9	0	2.6	2.5	1.7
10	0	0	0	0
11	1.6	2.44	1.6	1.8
12	0	0	0	0
13	2.5	2.5	1.95	2.31
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	0	0
17	0	0	0	0
18	0	0	0	0
19	0	0	0	0
20	0	0	0	0

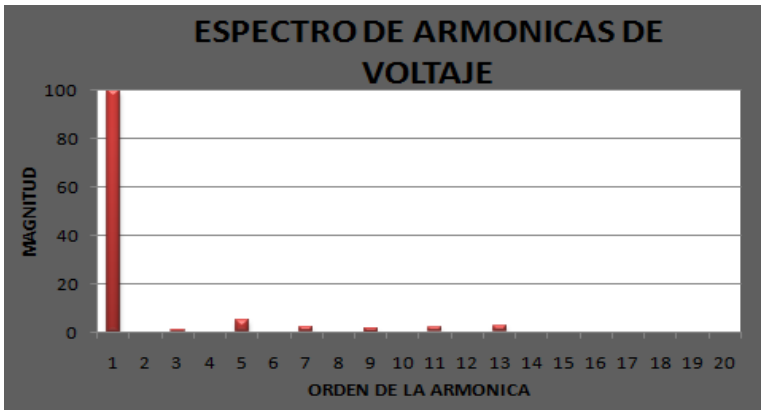

Figura 926. Espectro de armónicas de voltaje de la subestación 23.

Tabla 406. Datos para obtener el espectro de armónicas de corriente.

ARMÓNICAS	FASE A (MAG)	FASE B (MAG)	FASE C (MAG)	PROMEDIO (MAG)
2	6.05	3.15	1.61	3.6
3	13.56	9.62	10.89	11.4
4	2.68	2.73	1.93	2.45
5	7.94	6.4	8.51	7.62
6	1.79	2.7	1.47	1.99
7	3.98	3.89	3.82	3.9
8	2.34	4.88	1.57	2.93
9	3.41	3.74	4.58	3.91
10	2.43	3.27	1.57	2.42
11	2.87	2.51	3.27	2.88
12	1.85	2.76	1.14	1.92
13	2.23	3.65	3.01	2.97
14	2.08	2.32	2.31	2.24
15	1.88	2.89	1.68	2.15
16	2.23	3.03	1.56	2.27
17	3.26	5.91	2.26	3.81
18	2.23	3.24	1.75	2.40
19	2.66	3.27	2.2	2.71
20	2.83	5.09	2.83	3.58

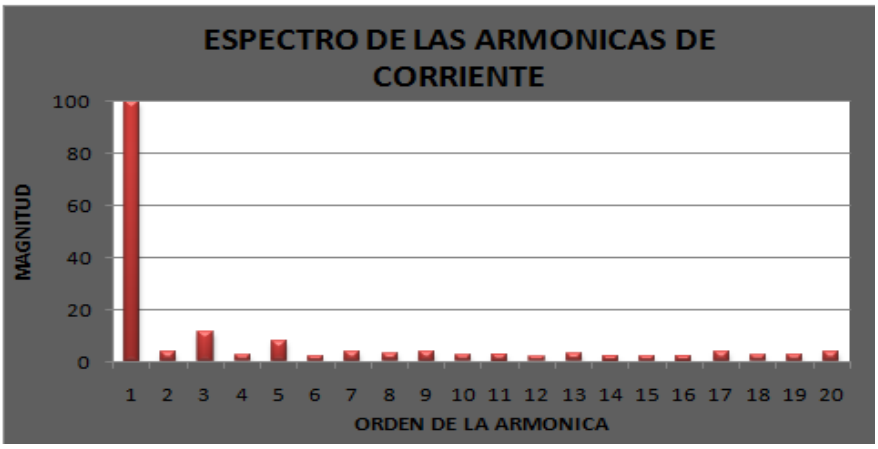

Figura 927. Espectro de armónicas de corriente de la subestación 23.

En base a los datos que se obtuvieron de las mediciones de armónicas de corriente realizadas a la subestación 23, se calcula la curva de distorsión causadas por las mismas, para lo cual primero se realizó la serie de Fourier en Excel y luego con la ayuda del programa Matlab Simulink se consiguió las figuras 933, 934, 935 en las que se puede observar las curvas distorsionadas y las curvas que se obtuvieron luego de ser filtradas.

El filtro que se va a utilizar para eliminar o disminuir la distorsión armónica son dos filtros sintonizados para contrarrestar los efectos de la tercera y quinta armónica, los cuales son los que presentan valores más altos.

Datos del transformador:

Tipo: ALSTHOM

$$\boldsymbol{S} = 2.5\ [MVA]$$

$$\boldsymbol{V} = 69/13.8\ [KV]$$

$$\boldsymbol{I} = 37/182\ [A]$$

$$\boldsymbol{Z} = 10\ [\%]$$

Datos medidos:

$$\boldsymbol{S_{consumo}} = 0.71\ [MVA]$$

$$\boldsymbol{I_{consumo}} = 28.90\ [A]$$

$$\boldsymbol{Fp} = 0.890$$

$$\boldsymbol{P_{consumo}} = 632\ [KW]$$

$$\boldsymbol{Porcentaje\ 3^{ra}arm\acute{o}nica} = 18.9\ [\%]$$
$$\boldsymbol{Porcentaje\ 5^{ra}arm\acute{o}nica} = 12.6\ [\%]$$

Calculo:

La potencia reactiva entregada por el transformador es:

$$Q = \sqrt{S^2 - \mathrm{P}^2} \qquad [\mathrm{Ec.}\,64]$$
$$Q = \sqrt{710^2 - 632^2}$$
$$Q = 323.53\ [KVAr]$$

Se va a mejorar el factor de potencia hasta un valor de 0.95 con el fin de conseguir liberar carga al transformador ya que está entregando más carga de su capacidad nominal y además evitar cargos por penalización por bajo factor de potencia. Por lo tanto la potencia de los capacitores debe ser de:

$$Q_C = P_{MED}(tg\theta_1 - tg\theta_2) \qquad [Ec.\,65]$$
$$Q_C = 632(tg27.13 - 18.19)$$
$$Q_C = 116.16\ [KVAr]$$
$$Q_C \approx 100\ [KVAr]$$

Por lo tanto la potencia reactiva tomada del transformador es de:

$$Q_L = 323.53 - 100$$
$$Q_L = 223.53\ [KVAr]$$

La potencia aparente entregada por el transformador es de:

$$S = \sqrt{{Q_L}^2 + \mathrm{P}^2} \qquad [\mathrm{Ec.}\,66]$$
$$S = \sqrt{223.53^2 + 632^2}$$

$$S = 670.36\ [KVA]$$

La corriente que entrega es de:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \qquad [Ec. 67]$$

$$I = \frac{670.36}{\sqrt{3} * 13.8}$$

$$I = 28.04\ [A]$$

Y el factor de potencia es de:

$$Fp = \frac{P}{S} \qquad [Ec. 68]$$

$$Fp = \frac{632}{670.36}$$

$$Fp = 0.942$$

Antes de realizar el cálculo del filtro para eliminar la tercera y quinta armónica es necesario observar cual es la frecuencia de resonancia. Considerando que el sistema es robusto, entonces los MVA_{cc} en el punto donde está conectado el capacitor depende solamente de la impedancia del transformador, esto es:

$$Z = \frac{Z\%}{100} * \frac{kV^2}{MVA_f} \qquad [Ec. 69]$$

Los MVA_{cc} están dados por:

$$MVA_{cc} = \frac{kV^2}{Z} \qquad [Ec. 70]$$

Entonces:

$$MVA_{cc} = \frac{100 * MVA}{Z\%} \qquad [Ec. 71]$$

Que en éste caso se obtiene:

$$MVA_{cc} = \frac{100 * 2.5}{10}$$
$$MVA_{cc} = 25\ [MVA_{cc}]$$

Ahora:

$$h = \sqrt{\frac{MVA_{cc}}{MVAr_{CAP}}} \qquad [Ec. 72]$$
$$h = \sqrt{\frac{25}{0.1}}$$
$$h = 15.81$$

Por lo que produciría efectos de armónicas de orden diez y seis, para que estos efectos disminuyan o se eliminen se debe instalar en serie una inductancia.

Para calcular la impedancia del banco se tiene:

$$X_c = \frac{kV^2}{MVAr} \qquad [Ec. 73]$$
$$X_c = \frac{13.8^2}{0.1}$$
$$X_c = 1904.4\ [\Omega]$$

Para la tercera armónica, se realiza el sintonizado del filtro a la 2.7 y se obtiene el valor de la inductancia:

$$X_L = \frac{X_C}{h^2} \qquad [Ec. 74]$$
$$X_L = \frac{1904.4}{2.7^2}$$
$$X_L = 261.23\ [\Omega]$$

De esta manera los $MVAr's$ que entregará el filtro al sistema está dado por:

$$MVAr_f = \frac{kV^2}{X_C - X_L} \qquad [Ec.75]$$

$$MVAr_f = \frac{13.8^2}{1904.4 - 261.23}$$

$$MVAr_f = 115.89\ [KVAr]$$

La corriente inicial en el banco de capacitores:

$$Ic = \frac{kVAr}{\sqrt{3} * kV} \qquad [Ec.76]$$

$$Ic = \frac{100}{\sqrt{3} * 13.8}$$

$$Ic = 4.18\ [A]$$

La corriente en el filtro es:

$$I_F = \frac{kVAr_f}{\sqrt{3} * kV} \qquad [Ec.77]$$

$$I_F = \frac{115.89}{\sqrt{3} * 13.8}$$

$$I_F = 4.84\ [A]$$

La corriente de tercera armónica se obtiene como el 18.9% de la fundamental, esto es:

$$I_1 = \frac{kW}{\sqrt{3} * kV} \qquad [Ec.78]$$

$$I_1 = \frac{632}{\sqrt{3} * 13.8}$$

$$I_1 = 26.44\ [A]$$

Entonces:

$$I_3 = 18.9\% I_1$$
$$I_3 = \frac{18.9}{100} * 26.44$$
$$I_3 = 4.9\ [A]$$

Por lo tanto la corriente rms en el filtro es:

$$I_{rms} = \sqrt{(I_3)^2 + (I_F)^2} \qquad [Ec. 79]$$
$$I_{rms} = \sqrt{(4.9)^2 + (4.84)^2}$$
$$I_{rms} = 6.95\ [A]$$

La corriente pico máxima que se puede presentar, dada por:

$$I_{PICO} = I_3 + I_F \qquad [Ec. 80]$$
$$I_{PICO} = 4.9 + 4.84$$
$$I_{PICO} = 9.74\ [A]$$

El voltaje en el capacitor es:

$$V_{Capacitor} = \sqrt{3} I_F X_C \qquad [Ec. 81]$$
$$V_{Capacitor} = \sqrt{3} * 4.84 * 1904.4$$
$$V_{Capacitor} = 15.96\ [kV]$$

El voltaje armónico es:

$$V_{C3} = \sqrt{3} I_3 \frac{X_C}{5} \qquad [Ec. 82]$$
$$V_{C3} = \sqrt{3} * 4.9 * \frac{1904.4}{5}$$
$$V_{C3} = 3.23\ [kV]$$

El voltaje rms es:

$$V_{Capacitor\ rms} = \sqrt{{V_{Capacitor}}^2 + {V_{C3}}^2} \qquad [Ec. 83]$$

$$V_{Capacitor\ rms} = \sqrt{15.96^2 + 3.23^2}$$

$$V_{Capacitor\ rms} = 16.28\ [kV]$$

El voltaje pico en el capacitor está dado así:

$$V_{Capacitor\ pico} = V_{Capacitor} + V_{C3} \qquad [Ec. 84]$$

$$V_{Capacitor\ pico} = 15.96 + 3.23$$

$$V_{Capacitor\ pico} = 19.19\ [kV]$$

Ahora los $kVAr$ que entrega al banco están dados por:

$$kVAr = \sqrt{3}VI \qquad [Ec. 85]$$

$$kVAr = \sqrt{3} * 16.28 * 6.95$$

$$kVAr = 195.97\ [kVAr]$$

Para la quinta armónica se utiliza los mismos condensadores que para el caso anterior, lo que se va a calcular es el valor de la inductancia, de donde la frecuencia de sintonizado será 4.7.

$$X_L = \frac{X_C}{h^2} \qquad [Ec. 86]$$

$$X_L = \frac{1904.4}{4.7^2}$$

$$X_L = 86.21\ [\Omega]$$

Al instalar los dos filtros sintonizados, la capacitancia de los mismos se sumaría, por lo tanto la potencia reactiva entregada por el transformador disminuiría:

$$Q_L = 323.53 - 200$$
$$Q_L = 123.53\ [KVAr]$$

La potencia aparente entregada por el transformador es de:

$$S = \sqrt{{Q_L}^2 + \mathrm{P}^2} \qquad [\mathrm{Ec.}87]$$
$$S = \sqrt{123.53^2 + 632^2}$$
$$S = 643.96\ [KVA]$$

La corriente final que entrega es de:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} \qquad [Ec.88]$$
$$I = \frac{643.96}{\sqrt{3} * 13.8}$$
$$I = 26.94\ [A]$$

Y el factor de potencia final seria:

$$Fp = \frac{P}{S} \qquad [Ec.89]$$
$$Fp = \frac{632}{670.36}$$
$$Fp = 0.98$$

Ahora se realiza una simulación de dicho modelo, para el mismo se utilizará el programa Matlab para obtener las curvas distorsionadas de cada fase, en donde se realizó la siguiente programación:

Simulación de la onda de la fase A:

```
FASEA=xlsread('armónicas I',-1);
```

```
arg=xlsread('armónicas I',-1);
plot(arg,FASEA);
grid on;
axis([0 360 -1 1]);
title('ONDA DISTORSIONADA FASE A');
```

Simulación de la onda de la fase B:

```
FASEB=xlsread('armónicas I',-1);
arg=xlsread('armónicas I',-1);
plot(arg,FASEB);
grid on;
axis([0 360 -1 1]);
title('ONDA DISTORSIONADA FASE B');
```

Simulación de la onda de la fase C:

```
FASEC=xlsread('armónicas I',-1);
arg=xlsread('armónicas I',-1);
plot(arg,FASEC);
grid on;
axis([0 360 -1 1]);
title('ONDA DISTORSIONADA FASE C');
```

Simulación de la onda pura:

```
b=0:360/90:360;
alpha=0:1*pi/180:2*pi;
pura=sin(alpha);
figure(1);
plot(pura);
```

```
grid on;
axis([0 360 -1 1]);
title('ONDA PURA');
```

Estas cuatro gráficas se las guardo como Workspace, las mismas que serán llamadas FASEA, FASEB, FASEC y PURA respectivamente en la carpeta Matlab ya que las mismas se las usara en la simulación.

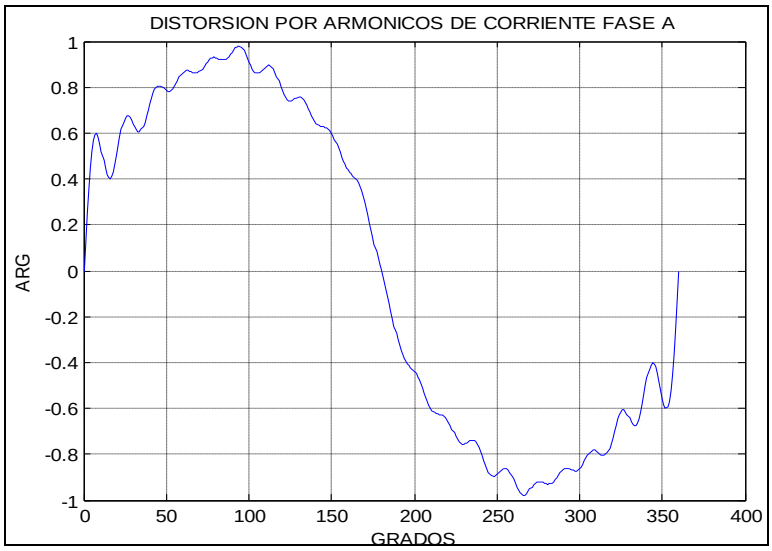

Figura 928. Armónicas de corriente presentes en la fase A.

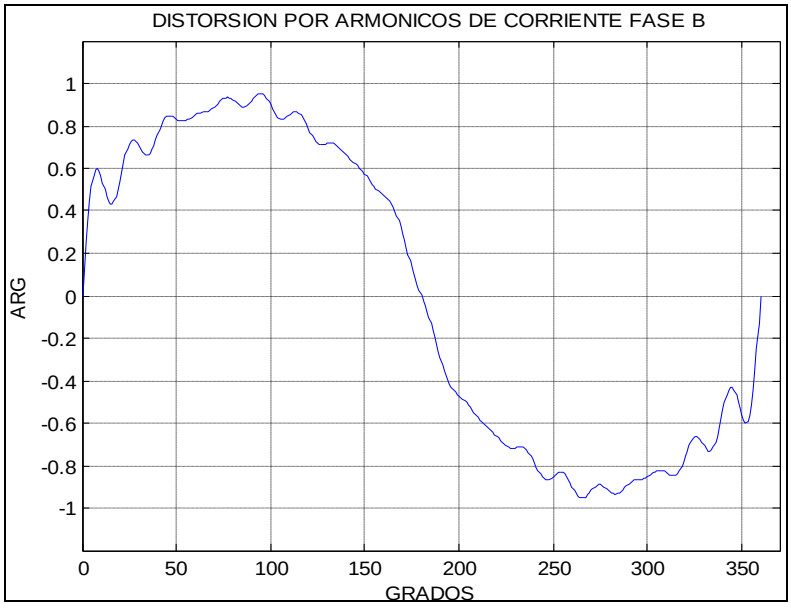

Figura 929. Armónicas de corriente presentes en la fase B.

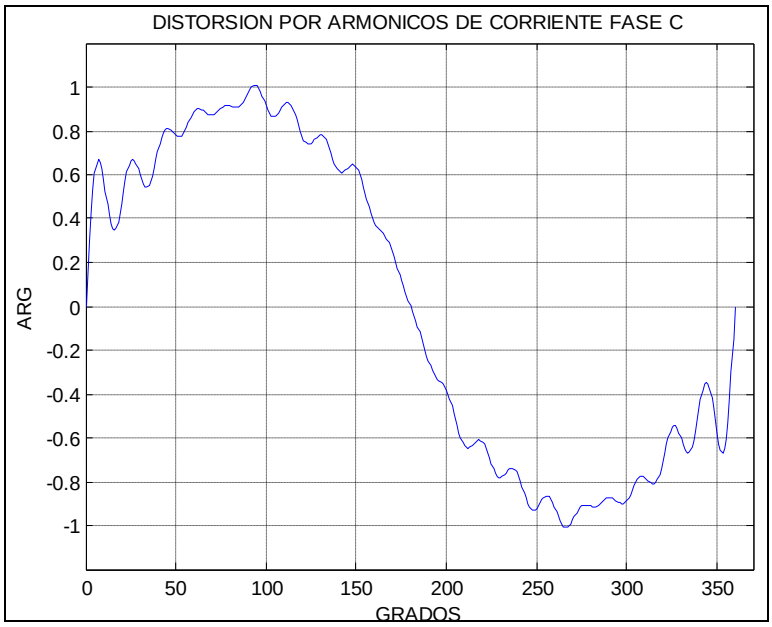

Figura 930. Armónicas de corriente presentes en la fase C.

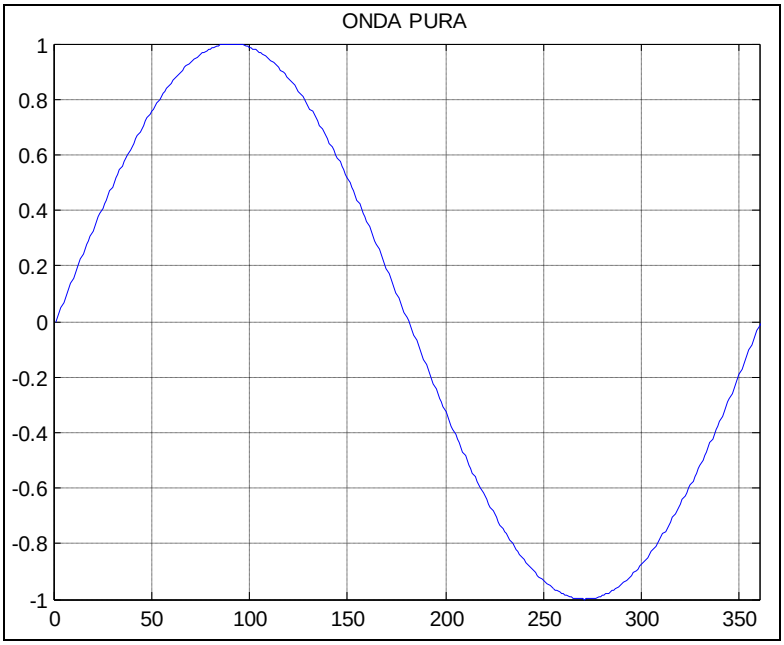

Figura 931. Onda pura.

Para poder realizar la simulación, está el circuito de la figura 932 en Simulink, en donde se utilizas el workspace para obtener las distintas señales, los filtros para cada fase,

scopes para poder visualizar, también se implementó otro circuito para poder visualizar los datos que se obtuvieron.

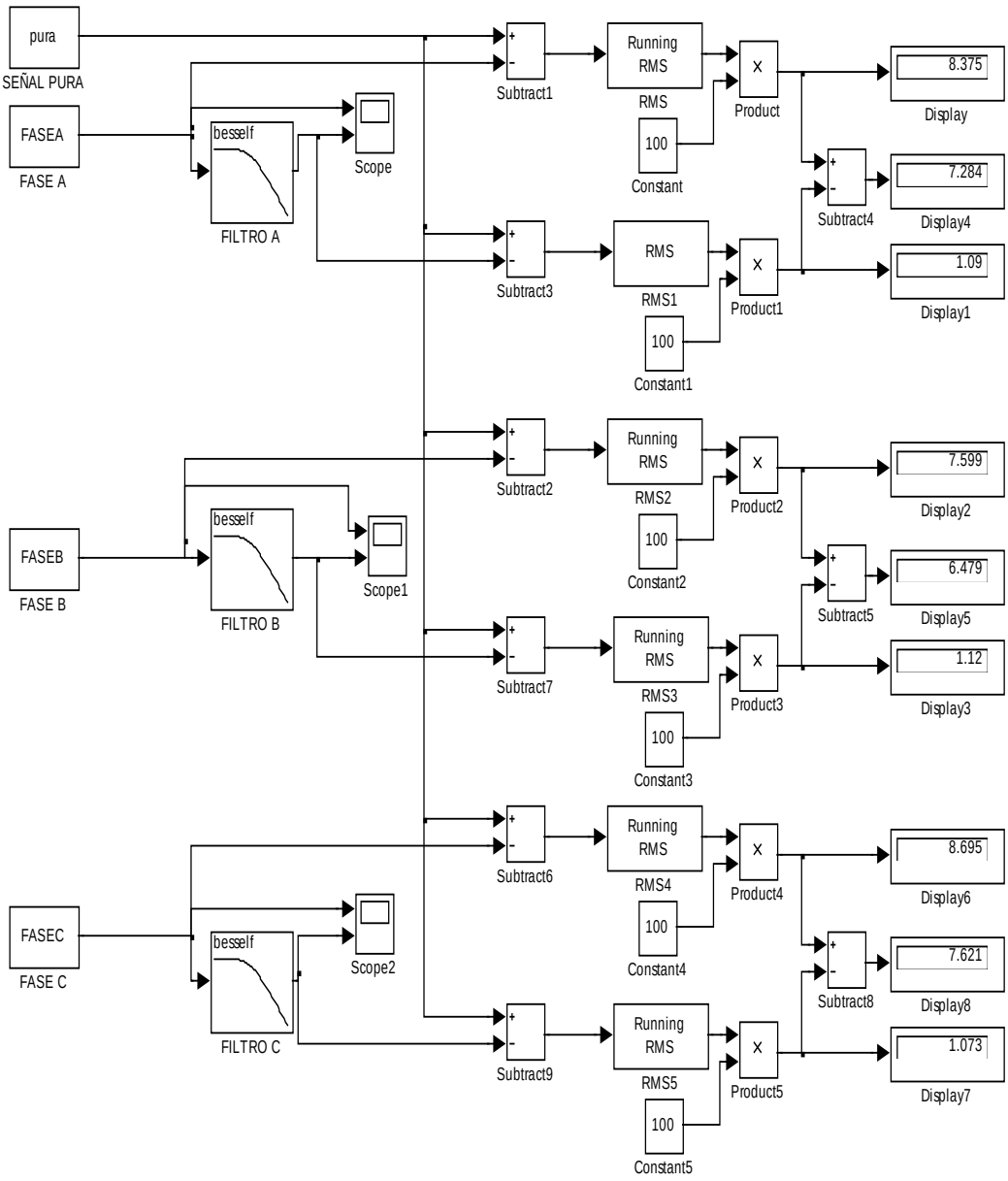

Figura 932. Diagrama de filtrado de las tres fases de la subestación.

Como se puede observar en la figura 932 para el filtrado de las armónicas de corriente, se utilizaron filtros sintonizados de segundo orden, el mismo que es un filtro analógico, en las siguientes figuras se puede observar las curvas de la fase A, la fase B y la fase C, tanto distorsionada como filtrada.

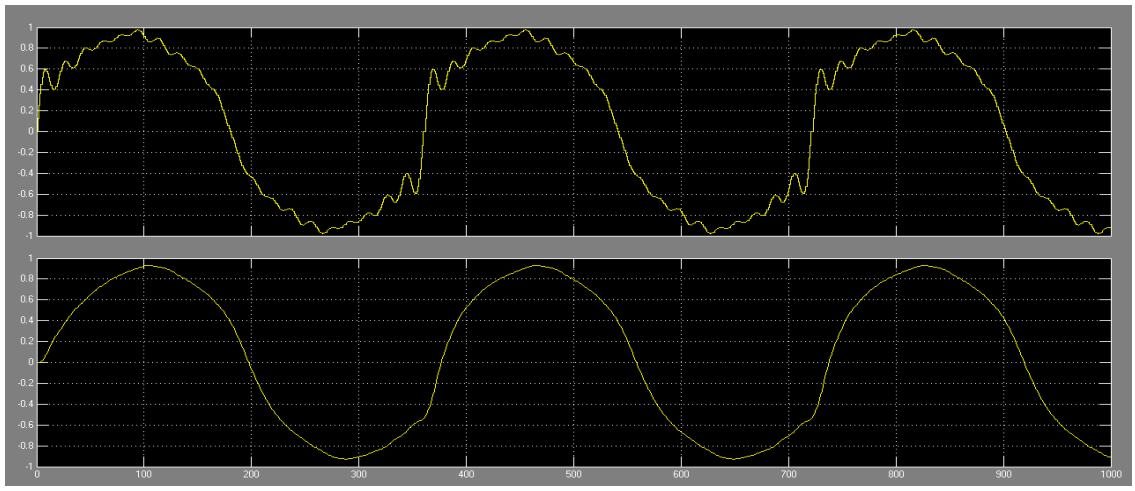

Figura 933. Onda de la fase A, distorsionada y filtrada.

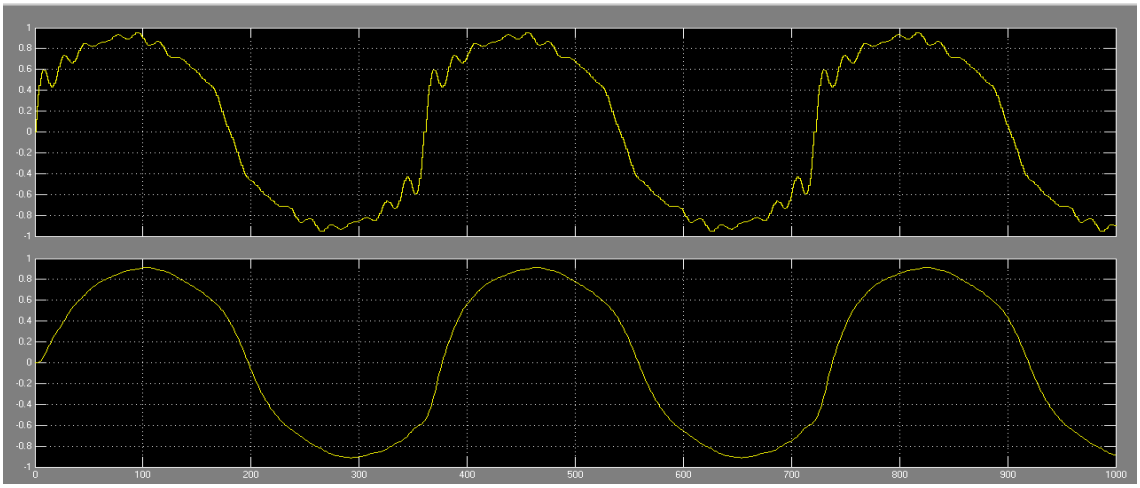

Figura 934. Onda de la fase B, distorsionada y filtrada.

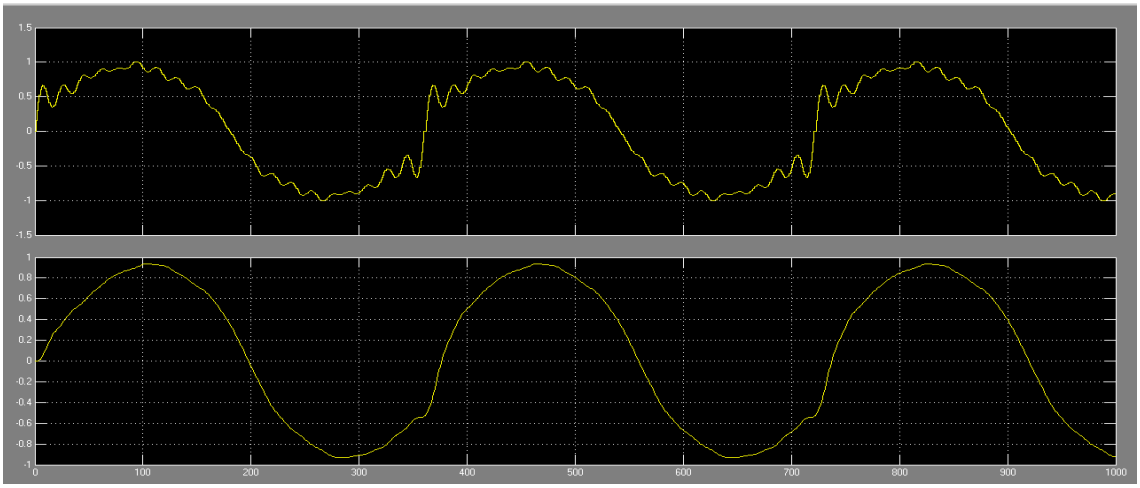

Figura 935. Onda de la fase C, distorsionada y filtrada.

Como se puede observar en las distintas figuras, con el uso de los filtros sintonizados prácticamente se puede eliminar las armónicas y mejorar la forma de onda de corriente de las tres fases, en la tabla se resumen los datos obtenidos:

Tabla 407. Resultado de la simulación.

FASES	THD_I SIN FILTRO	THD_I CON FILTRO
A	8.3	1.09
B	7.6	1.12
C	8.7	1.013
TOTAL	8.2	1.09

4.3.2. Solución a pérdidas en los alimentadores # 2311, 2312.

A continuación de proponen las posibles soluciones para atenuar las armónicas en los transformadores que presentan problemas en cada uno de los dos alimentadores de la subestación 23 perteneciente al Cantón Limón.

4.3.2.1. Transformador 10356.

Este transformador presenta un Thd_i que sobrepasa en 20% en las dos fases, por lo que se recomienda el uso de un banco de filtros pasivos sintonizados, ya que este transformador se encuentra instalado en una zona rural y no sería económicamente factible utilizar otra solución más costosa como lo es un compensador activo de armónicas en paralelo. Con la instalación de un banco de filtros pasivos sintonizados se va a disminuir las armónicas de tercer y quinto orden, las cuales se necesitan disminuir. La frecuencia de sintonía de estos filtros están en 180Hz y 300Hz y una impedancia baja, ya que los filtros experimentarán una anti resonancia a estas frecuencias.

4.3.2.2. Transformador 11548.

Este transformador tiene un Thd_i promedio de 11.56% y un factor de potencia bajo, como se analizó en un punto anterior de este capítulo, lo ideal sería instalar un filtro activo shunt para realizar una compensación en tiempo real, pero debido a que este transformador también se encuentra en una zona rural y su cambio de consumo de corriente es mínimo, se utilizara un filtro pasivo sintonizado y una banco de condensadores. La armónica que se va a disminuir es la de tercer orden, por lo que este filtro deberá estar sintonizado a 180Hz, para evitar que frecuencias de mayor magnitud contaminen la red, en cambio el banco de condensadores deberá ser de 10 [KVA] para así mejorar el factor de potencia que es de 0.78 a 0.95

4.3.2.3. Transformador 10912.

En lo que respecta a este transformador, también presenta inconvenientes con los Thd_i, para el cual se va a utilizar un compensador activo de armónicas paralelo, un compensador híbrido paralelo o un filtro activo shunt. Debido a los costos de los mismos, resulta más factible la utilización de un compensador híbrido paralelo y una reactancia en zig zag, el cual tiene como objetivo disminuir y amortiguar la presencia de armónicas de corriente absorbidas por las cargas, el cual se diseñara para una frecuencia de corte de 300Hz, el cual eliminará las frecuencias de mayor valor, en cambio la reactancia sirve para encerrar las armónicas impares de Thd_i, además el filtro híbrido ayuda a mejorar el factor de potencia.

4.3.2.4. Transformador 10886.

En el caso del transformador 10886, presenta problemas en la armónica de tercer y quinto orden, siendo el primero el de mayor relevancia, en lo que respecta a su Thd_i tiene un promedio de 11.58%, por lo que se debe disminuir estos valores. Lo más recomendable para este transformador, al igual que en el caso anterior es la instalación de un compensador híbrido paralelo, ya que está ubicado en una zona urbana y su

variación de corriente fluctúa durante todo el día, este compensador deberá estar sintonizado a una frecuencia de corte de 180Hz para eliminar la armónica de tercer orden, además de mejorar el factor de potencia.

4.3.2.5. Transformador 10621.

En este transformador, se presenta un bajo nivel del factor de potencia y un Thd_i de 15.51%, por lo que se va a utilizar filtros paralelos sintonizados y un banco de condensadores, ya que esta ubicado en una zona urbana y su consumo de corriente sufre grandes cambios, sobretodo en las horas pico. Las armónicas que se va a eliminar es el de tercer, quinto y séptimo orden, por lo que los mismos deberán estar sintonizados a 180Hz, 300Hz y 420Hz, el banco de condensadores, debe ser de 9 [KVA].

4.3.2.6. Transformador 10528.

En lo que respecta a este transformador, tiene un Thd_i elevado en la fase C, debido a que esta fase es la que tiene mayores cargas perturbadoras, la armónica que se va a eliminar o disminuir es la quinta. Como parte de la solución es hacer una reestructuración de la topología de la red, para lograr de esta manera un sistema más equilibrado, en lo que se refiere a la eliminación de la quinta armónica se puede utilizar un filtro híbrido sintonizado a una frecuencia de 300Hz, de esta manera se va a disminuir el valor del Thd_i y además se mejorara el factor de potencia.

4.3.2.7. Transformador 10127.

Este transformador presenta problemas de Thd_i en la fase B el cual llega a niveles de 37.2%, los cuales son causados especialmente por las armónicas de corriente de tercer y quinto orden, en cambio el nivel del armónica de voltaje de orden nueve supera con los límites establecidos por el CONELEC. Debido a que este transformador está instalado en una zona rural, la solución económicamente viable para eliminar las armónicas de corriente seria el uso de un filtro pasivo, sintonizado a una frecuencia de 300Hz, la cual

corresponde a la armónica de quinto orden, en cambio para eliminar las armónicas de tercer y noveno orden se puede utilizar una reactancia zigzag en paralelo, de tal manera que las corrientes armónicas circulen solamente por los arrollamientos de la reactancia.

4.3.2.8. Transformador 10849.

Al igual que el caso anterior, este transformador también tiene problemas de Thd_i en la fase B, la cual tiene mayor cargas perturbadoras conectadas, el mismo llega a valores de 41.1%. Debido a que este transformador está ubicado en una zona rural, lo más conveniente para mejorar su funcionamiento será la de instalar filtros pasivos simples en paralelo a cada fase del transformador, los cuales deberán estar sintonizados a una frecuencia de 180Hz, que es para eliminar las armónicas de tercer orden, al realizar esta implementación se va a mejorar los niveles de Thd_i a la salida del transformador.

4.3.2.9. Transformador 10442.

En lo que respecta a este transformador monofásico instalado en una zona rural, su principal problema es la presencia de Thd_i en las dos fases, los cuales llegan hasta valores de 44.5%. Al igual que el caso anterior, para este transformador también se va a utilizar la misma solución; es decir, implementar filtros pasivos simples para disminuir o eliminar los Thd_i presentes en los bornes de salida, además seria recomendable instalar un banco de condensadores para mejorar su factor de potencia.

4.3.3. Solución a pérdidas en el sistema de distribución.

Tabla 408. Pérdidas en el sistema de distribución.

Alimentador	Energía Total KWh/mes	THD_V (%)	THD_I (%)	Pérdida de Energía KWh/mes	(%)
2311	264.514,66	2.001	12.47	6.643,483	2.51
2312	189.403,83	2.668	9.63	9.345,286	4.93
Total	453.918	4.669	22.10	15.988,769	4.00

En lo referente a las pérdidas en el sistema de distribución de la subestación 23 perteneciente al Cantón Limón, el alimentador 2311 que presenta mayores niveles de Thd_i, para el cual se va a diseñar un filtro pasivo para disminuir este valor.

4.3.4. Solución a pérdidas en cargas lineales y no lineales.

En esta parte del estudio se va a proponer las mejores soluciones para disminuir los valores de Thd_i y Thd_V presentes en los usuarios de los alimentadores 2311 y 2312 que son objeto del estudio.

4.2.4.1. Usuario 1380310.

Este es un usuario de media tensión, el cual tiene un transformador privado que presta servicio al Área no. 3 del Hospital Cantonal de Limón, el mismo presenta problemas de altos niveles de Thd_i, los cuales llegan a valores de 52%, la solución más recomendable para este caso es realizar una conexión en estrella del primario y una conexión en zigzag al secundario, en caso de que el transformador tenga esta conexión, lo que se debería de hacer es instalar un filtro pasivo simple para cada fase a una frecuencia de 300Hz para eliminar la quinta armónica, además se debería realizar una correcta distribución de las cargas, ya que la fase B tiene aproximadamente el doble de consumo que la fase A, lo cual afecta al factor de potencia que se encuentra por debajo de los límites permitidos.

4.2.4.2. Usuario 1364470.

Este consumidor tiene un transformador monofásico privado, que está instalado en el Colegio Nacional Indanza, el cual tiene niveles de Thd_i de hasta 75% y un bajo factor de potencia, debido a que es un transformador monofásico se va a implementar un filtro pasivo simple, los cuales deberán estar sintonizados a frecuencias de 300Hz y 420Hz para poder eliminar las armónicas de quinto y séptimo orden, que son los que causan mayores problemas.

4.2.4.3. Usuario 3759230.

Este es un usuario monofásico, el cual presenta problemas en los niveles de Thd_i, los mismos que alcanzan niveles de 109%, los cuales pueden ser provocados por el uso de cargas como computadores personales, entre otros aparatos electrónicos, los cuales se pueden eliminar con el uso de reguladores de voltaje, que además contribuyen al buen funcionamiento de dichos aparatos. Esta solución se la puede aplicar al resto de usuarios que presentan problemas de Thd_i elevados, como son los usuarios 3520251, 3927258, 1328970, 1626936, 3292612, 2069904 y 3593092, los cuales llegan a niveles de hasta 112%.

4.2.4.4. Usuario 3173507.

Este usuario presenta problemas en Thd_V en el total de sus muestras, las mismas que alcanzan un valor de 36%, en cambio los Thd_i alcanzan valores de 130%, la mejor solución para este usuario es la instalación de un filtro pasivo simple sintonizado a una frecuencia de 300Hz, la cual va a eliminar la quinta armónica que es la que presenta mayores problemas.

4.2.4.5. Usuario 3595220.

En lo que respecta a este usuario, presenta altos niveles de Thd_V, los cuales llegan a niveles de 36%, en donde la solución más económica sería la de instalar reguladores de voltaje, además se puede cambiar el conductor de tierra por uno de un calibre mayor, esto facilitará la circulación de corrientes armónicas hacia tierra.

4.4. Es factible la solución a las pérdidas de armónicos.

Para esto si son factibles, económicas y eficientes las mejoras que se realizarán a la subestación 23, a los transformadores y a los usuarios finales además se deberán presentar en cuanto tiempo se recuperaría la inversión por parte de la empresa y si es necesario dichas mejoras.

4.4.1. Es económicamente factible.

Para conocer si el factible la implementación de los filtros sintonizados en la subestación 23, se va a analizar las pérdidas que se producen por la presencia de un Thd_i de 11.4% y cuanto pierde económicamente la empresa, así como también el costo beneficio que resultaría de la corrección del Thd_i.

Tabla 409. Corrección de pérdidas por armónicas de corriente.

Pérdidas por Thd_i de 8.2% al mes [KWh]	**Pérdidas por Thd_i de 8.2% al año [KWh]**	**Pérdidas por Thd_i de 1.09% al mes [KWh]**	**Pérdidas por Thd_ide 1.09% al año [KWh]**
1.952,14	23.425,7	260	3.120

Con la corrección de las armónicas de corriente, la empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. tendría una pérdida de 260K [Wh/mes] lo que significa que recuperaría una potencia de 1.692,14 [KWh/mes], al año sería de 20.305,68 [KWh/año], económicamente, sería una recuperación de 1.167,57 [$/año].

Tabla 410. Gastos de la implementación de un filtro en la subestación 23.

DESCRIPCION	**CANT.**	**COSTO U.**	**COSTO T.**
Filtro sintonizado para la 3^{ra} armónica.	1	7.000	7.000
Filtro sintonizado para la 5^{ta} armónica.	1	7.000	7.000
Analizador de armónicas.	1	4.000	4.000
Instalación de los filtros	2	1.000	2.000
Movilización	2	150	300
Movilización	2	150	300
Equipo para montaje.	2	100	200
Varios	1	100	100
TOTAL			20.900

Como se puede observar en la tabla, el costo del equipo y la instalación tendría un valor de 20.900 dólares, lo cual la empresa recuperaría en un tiempo de 18 años, en estos valores no están incluidos valores de mantenimiento, los cuales se los deberá realizar por parte de personal de la misma empresa.

4.4.2. Es técnicamente factible.

En lo que respecta a la parte técnica, esta solución es bastante factible, ya que se trata de filtros sintonizados, que constan principalmente de condensadores, inductancias, resistencias, breakers y fusibles de protección, los cuales se puede conseguir en el mercado en partes o gabinetes armados según la necesidad. Con la implementación de estos filtros pasivos, se logra la disminución de las armónicas de corriente y se mejora el factor de potencia, además se logra entregar a las distintas cargas una energía con poca influencia de armónicas, lo cual permite un funcionamiento óptimo de los distintos equipos conectados a esta red, además de alargar su vida útil.

REFERENCIAS.

[1] NORIEGA STEFANOVA Ernesto, *Generalidades sobre los armónicos y su influencia en los sistemas de distribución de energía.* Empresa Eléctrica Matanzas. Cuba Enero 2005.

[2] Regulación CONELEC Nº-004/01 (2001). *Calidad de Servicio eléctrico de distribución.* Resolución Nº 0116/01, 23 mayo 2001, Quito, Ecuador.

[3] CASTAÑEDA Oscar, CASTAÑEDA William, *Análisis de Calidad de Energía acerca de la Calidad del Producto e Influencia de Armónicos de Corriente dentro del Área de Concesión de CNEL-Milagro.* Corporación Centro Nacional de Control de Energía - CENACE Eléctrica de Guayaquil.

[4] CARRILLO, Gilberto CAICEDO, Gabriel ORDOÑEZ, Plata PETIT, Johann USTARIZ, Armando. M*etodología integral para la compensación de la potencia ficticia en sistemas de distribución de energía eléctrica*. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones A.A. 678 – Bucaramanga-Colombia. Universidad Industrial de Santander.

[5] RAMÓN IGNACIO, Diego García. *Análisis wavelet aplicado a la medida de armónicos, interarmónicos y subarmónicos en redes de distribución de energía eléctrica.* Universidad de Cantabria Departamento de Electrónica y Computadores. Santander, Octubre de 2006.

[6] SAMANIEGO ROJAS, Eduardo Mauricio PALACIOS MORA, David Efrén. *Estudio y análisis de perturbaciones (armónicos y flicker) correspondiente al sistema de distribución de la Empresa Eléctrica Regional del Sur (EERSSA) en la ciudad de Loja.* Universidad Politécnica Salesiana. Facultad de Ingenierías. Carrera de Ingeniería Eléctrica. Cuenca. 2006. 370 p.

[7] The Institute of Electrical and Electronics Engineers, *IEEE. IEEE Recommended Practices for Monitoring Electrical Power Quality*, (1159): 1995.

[8] A.A. Mahmoud, R.D. Schultz, *"A Method for Analyzing Harmonic Distribution in A.C. power Systems", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vol. PAS-101, No. 6, 1982, Págs. 1815-1824.

[9] A. Medina, "*Power System Modelling in the Harmonic Domain*", PhD Thesis, University of Canterbury, New Zealand, 1992

[10] T.S. Parker, L.O. Chua, *"Practical Numerical Algorithms for Chaotic Systems"*, Springer-Verlag, 1989.

[11] Universidad de navarra "transformada *discreta de Fourier*", España 1999, Http: //www.tecnun.com/asignaturas/tratamiento%digital/tema6.pdf

[12] IEEE Standard, *"IEEE Standard 519-1992. IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems*". 1992.

[13] AENOR, "*UNE-EN 61000. Compatibilidad Electromagnética"*.

CAPITULO V.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

5.1. Subestación # 23 del cantón Limón.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 0.29 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 99.91 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- THD_I al límite 0.23 [%], THD_I al límite 99.77 [%].
- Valores de voltaje al límite 0 [%], valores de voltaje al límite 100 [%].
- Voltaje promedio 8253.45 [V].
- Corriente promedio 28.90 [A].
- Potencia real promedio 221549.301 [W].
- Consumo de energía promedio 36924.883 [Wh].
- Potencia aparente promedio 247246.66 [S].
- Factor de potencia 0.890 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.24$ [%]; $H5 = 0.76$ [%], $H7 = 0.33$ [%]; $H9 = 0.11$ [%]; $H11 = 0.025$ [%]; $H13 = 0.0053$ [%].

La subestación 23 del cantón Limón cumple con la Regulación del CONELEC acerca de la Calidad del Producto en Subestaciones, con el índice de flickers de $Pst < 1$, con los índices de $THD_V > 8$ [%], con los índices de $THD_I > 20$ [%], con el nivel de voltaje, estableciendo con una variación ±10,0%, y el único índice que no cumple es el factor de potencia ya que está por debajo del límite establecido siendo de 0.92 debiendo ser mejorado para cumplir con los parámetros establecidos, en cuanto a las armónicas individuales de la subestación 23 están por debajo de los límites establecidos, debiendo tener en cuenta que la tercera y la quinta armónica son las que presentan mayores valores y van a ser mejorados mediante un filtro propuesto.

5.2. Alimentador urbano rural # 2311 del cantón Limón.

5.2.1. Transformador 10528.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.066 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.94 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 8.06 [%], THD_I □ al límite 91.94 [%].
- Consumo de energía promedio 971.99 [Wh].
- Factor de potencia 0.80 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.23$ [%]; $H5 = 0.80$ [%], $H7 = 0.21$ [%]; $H9 = 0.17$ [%]; $H11 = 0.11$ [%]; $H13 = 0.009$ [%].

5.2.2. Transformador 10374.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.066 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.94 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 1.52 [%], THD_I □ al límite 98.47 [%].
- Consumo de energía promedio 1220.23 [Wh].
- Factor de potencia 0.76 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.38$ [%]; $H5 = 0.96$ [%], $H7 = 0.31$ [%]; $H9 = 0.24$ [%]; $H11 = 0.14$ [%]; $H13 = 0.14$ [%].

5.2.3. Transformador 10621.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.066 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.94 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 24.17 [%], THD_I □ al límite 75.826 [%].
- Consumo de energía promedio 408.89 [Wh].
- Factor de potencia 0.79 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.21$ [%]; $H5 = 0.82$ [%], $H7 = 0.10$ [%]; $H9 = 0.12$ [%]; $H11 = 0.15$ [%]; $H13 = 0.06$ [%].

5.2.4. Transformador 10954.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.099 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.91 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 0.89 [%], THD_I □ al límite 99.10 [%].
- Consumo de energía promedio 7.78 [Wh].
- Factor de potencia 0.94 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.28$ [%]; $H5 = 0.768$ [%], $H7 = 0.18$ [%]; $H9 = 0.27$ [%]; $H11 = 0.14$ [%]; $H13 = 0.09$ [%].

5.2.5. Transformador 10356.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.14 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.86 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 17.01 [%], THD_I □ al límite 82.99 [%].
- Consumo de energía promedio 299.75 [Wh].

- Factor de potencia 0.82 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.54$ [%]; $H5 = 0.59$ [%], $H7 = 0.27$ [%]; $H9 = 0.36$ [%]; $H11 = 0.10$ [%]; $H13 = 0.09$ [%].

5.2.6. Transformador 11548.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 1.63 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 98.37 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- THD_I al límite 8.33 [%], THD_I al límite 91.67 [%].
- Consumo de energía promedio 765.26 [Wh].
- Factor de potencia 0.79 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.39$ [%]; $H5 = 0.62$ [%], $H7 = 0.22$ [%]; $H9 = 0.16$ [%]; $H11 = 0.13$ [%]; $H13 = 0.18$ [%].

5.2.7. Transformador 10912.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 0.0 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 100 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- THD_I al límite 9.37 [%], THD_I al límite 90.63 [%].
- Consumo de energía promedio 882.92 [Wh].
- Factor de potencia 0.85 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.67$ [%]; $H5 = 0.63$ [%], $H7 = 0.33$ [%]; $H9 = 0.34$ [%]; $H11 = 0.09$ [%]; $H13 = 0.07$ [%].

5.2.8. Transformador 10886.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 0.39 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 99.61 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- THD_I al límite 14.58 [%], THD_I al límite 85.42 [%].
- Consumo de energía promedio 397.17 [Wh].
- Factor de potencia 0.80 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.27$ [%]; $H5 = 0.66$ [%], $H7 = 0.20$ [%]; $H9 = 0.28$ [%]; $H11 = 0.17$ [%]; $H13 = 0.07$ [%].

El alimentador 2311 cumple con el nivel de flickers acerca de la Calidad del Producto de acuerdo a la regulación en todos los transformadores analizados, estableciendo una medición menor al $Pts = 1$. En cuanto a los THD_V cumple con la calidad del producto en todos los transformadores, estableciendo una variación de THD_V de **8 [%]** en relación a la forma de onda de voltaje fundamental. Adicionalmente, los transformadores 10374 & 10954 cumple con mediciones de THD_I , en cambio los transformadores 10528 & 10621 & 10354 & 11548 & 10912 & 10886 no cumplen con mediciones de THD_I de acuerdo a la norma internacional IEEE– Standard 519-1992 menor a 20 [%] en relación a la forma de onda fundamental. Además, el factor de potencia está por debajo del límite establecido sólo un transformador de los ocho analizados cumple con la norma, este es el 10954 que tiene un promedio normal en todas las mediciones en lo que concluye mejorar dicho factor de potencia por lo que con un bajo factor se incide en lo relacionado al incremento de pérdidas técnicas. Además, de las armónicas individuales de los transformadores se presentan en todos estos teniendo mayor incidencia la tercera armónica, quinta armónica y novena armónica siendo propuesto para cada caso sus respectivas filtros y formas para mejorar dichas perturbaciones.

5.3. Alimentador urbano rural # 2312 del cantón San Juan Bosco.

5.3.1. Transformador 10127.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.94 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.06 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 7.58 [%], THD_I □ al límite 92.41 [%].
- Consumo de energía promedio 516.76 [Wh].
- Factor de potencia 0.80 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 1.53$ [%]; $H5 = 1.10$ [%], $H7 = 1.01$ [%]; $H9 = 0.92$ [%]; $H11 = 0.29$ [%]; $H13 = 0.14$ [%].

5.3.2. Transformador 10413.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 2.62 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 97.38 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 3.32 [%], THD_I □ al límite 96.67 [%].
- Consumo de energía promedio 174.5 [Wh].
- Factor de potencia 0.82 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.95$ [%]; $H5 = 1.21$ [%], $H7 = 0.77$ [%]; $H9 = 0.59$ [%]; $H11 = 0.46$ [%]; $H13 = 0.15$ [%].

5.3.3. Transformador 10432.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.099 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.91 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 1.24 [%], THD_I □ al límite 98.75 [%].
- Consumo de energía promedio 15.29 [Wh].
- Factor de potencia 0.88 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.54$ [%]; $H5 = 0.93$ [%], $H7 = 0.42$ [%]; $H9 = 0.33$ [%]; $H11 = 0.21$ [%]; $H13 = 0.12$ [%].

5.3.4. Transformador 10442.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.39 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.61 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 19.64 [%], THD_I □ al límite 80.36 [%].
- Consumo de energía promedio 288.42 [Wh].
- Factor de potencia 0.74 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.69$ [%]; $H5 = 0.84$ [%], $H7 = 0.68$ [%]; $H9 = 0.26$ [%]; $H11 = 0.39$ [%]; $H13 = 0.4$ [%].

5.3.5. Transformador 10660.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.69 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.31 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 2.48 [%], THD_I □ al límite 97.1 [%].
- Consumo de energía promedio 109.13 [Wh].

- Factor de potencia 0.93 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.52$ [%]; $H5 = 1.10$ [%], $H7 = 0.36$ [%]; $H9 = 0.20$ [%]; $H11 = 0.23$ [%]; $H13 = 0.17$ [%].

5.3.6. Transformador 10849.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.099 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.91 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 7.68 [%], THD_I □ al límite 92.31 [%].
- Consumo de energía promedio 104.65 [Wh].
- Factor de potencia 0.81 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.56$ [%]; $H5 = 1.07$ [%], $H7 = 0.38$ [%]; $H9 = 0.30$ [%]; $H11 = 0.33$ [%]; $H13 = 0.32$ [%].

El alimentador 2312 cumple con el nivel de flickers acerca de la calidad del producto de acuerdo a la regulación en todos los transformadores analizados, estableciendo una medición menor al $Pts = 1$. En cuanto a los THD_V cumple con la calidad del producto en todos los transformadores, estableciendo una variación de THD_V de 8 **[%]** en relación a la forma de onda de voltaje fundamental. Adicionalmente, los transformadores 10413 & 10432 & 10660 cumple con mediciones de THD_I, en cambio los transformadores 10127 & 10442 & 10849 no cumplen con mediciones de THD_I de acuerdo a la norma internacional IEEE– Standard 519-1992 menor a 20 [%] en relación a la forma de onda fundamental. Además, el factor de potencia está por debajo del límite establecido sólo un transformador de los seis analizados cumple con la norma este es el 10660 que tiene un promedio normal en todas las mediciones en lo que se concluye mejorar dicho factor de potencia por lo que con un bajo factor se incide en lo relacionado al incremento de pérdidas técnicas. Además, de las armónicas individuales de los transformadores se presentan en todos estos teniendo mayor incidencia la tercera

armónica, quinta armónica, séptima armónica y novena armónica siendo propuesto para cada caso sus respectivas filtros y formas para mejorar dichas perturbaciones.

5.4. Recolección de datos de los usuarios del alimentador 2311.

5.4.1. Usuario 1380310.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 0.066 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 99.94 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- THD_I al límite 50.09 [%], THD_I al límite 49.91 [%].
- Consumo de energía promedio 412.01 [Wh].
- Factor de potencia 0.94 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.24$ [%]; $H5 = 0.74$ [%], $H7 = 0.22$ [%]; $H9 = 0.14$ [%]; $H11 = 0.16$ [%]; $H13 = 0.11$ [%].

5.4.2. Usuario 3417417.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 0.066 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 99.94 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.12$ [%]; $H5 = 0.71$ [%], $H7 = 0.10$ [%]; $H9 = 0.05$ [%]; $H11 = 0.05$ [%]; $H13 = 0.04$ [%].

5.4.3. Usuario 3820149.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 0.066 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 99.94 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- THD_I al límite 15.90 [%], THD_I al límite 84.10 [%].
- Consumo de energía promedio 226.63 [Wh].
- Factor de potencia 0.96 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.44$ [%]; $H5 = 0.78$ [%], $H7 = 0.28$ [%]; $H9 = 0.24$ [%]; $H11 = 0.26$ [%]; $H13 = 0.16$ [%].

5.4.4. Usuario 1364470.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 3.37 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 96.63 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- THD_I al límite 4.46 [%], THD_I al límite 95.53 [%].
- Consumo de energía promedio 22.69 [Wh].
- Factor de potencia 0.97 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.70$ [%]; $H5 = 0.75$ [%], $H7 = 0.24$ [%]; $H9 = 0.51$ [%]; $H11 = 0.16$ [%]; $H13 = 0.15$ [%].

5.4.5. Usuario 3608718.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 0.0 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 100 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 1.47$ [%]; $H5 = 0.95$ [%], $H7 = 0.64$ [%]; $H9 = 1.07$ [%]; $H11 = 0.23$ [%]; $H13 = 0.39$ [%].

5.4.6. Usuario 3367588.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.44 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.56 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 9.77 [%], THD_I □ al límite 90.22 [%].
- Consumo de energía promedio 81.95 [Wh].
- Factor de potencia 0.98 [a dimensional].
- Armónicas individuales promedios: $H3 = 0.90$ [%]; $H5 = 0.62$ [%], $H7 = 0.28$ [%]; $H9 = 0.42$ [%]; $H11 = 0.14$ [%]; $H13 = 0.19$ [%].

5.4.7. Usuario 1373174.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 9.82 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 90.18 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 0 [%], THD_I □ al límite 100 [%].
- Consumo de energía promedio 1.87 [Wh].
- Factor de potencia 1 [a dimensional].

5.4.8. Usuario 1333046.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 30.67 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 69.54 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].

- THD_I □ al límite 0.10 [%], THD_I □ al límite 99.90 [%].
- Consumo de energía promedio 20.96 [Wh].
- Factor de potencia 0.87 [a dimensional].

5.4.9. Usuario 3759230.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 37.40 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 62.60 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 15.77 [%], THD_I □ al límite 84.23 [%].
- Consumo de energía promedio 26.05 [Wh].
- Factor de potencia 0.89 [a dimensional].

5.4.10. Usuario 3520251.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 10.81 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 89.19 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 11.40 [%], THD_I □ al límite 86.60 [%].
- Consumo de energía promedio 63.11 [Wh].
- Factor de potencia 0.78 [a dimensional].

5.4.11. Usuario 3927258.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 7.44 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 92.56 [%].

- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 33.23 [%], THD_I □ al límite 67.77 [%].
- Consumo de energía promedio 51.20 [Wh].
- Factor de potencia 0.78 [a dimensional].

5.4.12. Usuario 1328970.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 84.13 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 15.87 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 18.75 [%], THD_I □ al límite 81.25 [%].
- Consumo de energía promedio 55.05 [Wh].
- Factor de potencia 0.45 [a dimensional].

5.4.13. Usuario 1626936.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 16.37 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 83.63 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 7.93 [%], THD_I □ al límite 92.08 [%].
- Consumo de energía promedio 1.68 [Wh].
- Factor de potencia 0.98 [a dimensional].

5.4.14. Usuario 2069904.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 1.29 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 98.71 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 24.74 [%], THD_I □ al límite 75.30 [%].
- Consumo de energía promedio 168.57 [Wh].
- Factor de potencia 0.77 [a dimensional].

5.4.15. Usuario 3173507.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 1.59 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 98.41 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 71.62 [%], THD_I □ al límite 28.38 [%].
- Consumo de energía promedio 17.47 [Wh].
- Factor de potencia 0.90 [a dimensional].

5.4.16. Usuario 3292612.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 4.86 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 95.14 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 48.41 [%], THD_I □ al límite 51.59 [%].
- Consumo de energía promedio 64.90 [Wh].
- Factor de potencia 0.84 [a dimensional].

Los usuarios del alimentador 2311 cumple con el nivel de flickers acerca de la calidad del producto de acuerdo a la regulación en casi todos los transformadores analizados,

sólo el transformador 1328970 no cumple con este índice, y los demás cumplen estableciendo una medición menor al $Pts = 1$. En cuanto a los THD_V cumplen con la calidad del producto en todos los transformadores, estableciendo una variación de THD_V de **8 [%]** en relación a la forma de onda de voltaje fundamental. Adicionalmente, los transformadores 1380310 & 3820149 & 3367588 & 3759230 & 3520251 & 3997258 & 1328970 &1626936 & 2069904 & 3173507 & 3292612 no cumple con mediciones de THD_I , en cambio los transformadores 1364470 & 3820149 & 1333046 cumplen con mediciones de THD_I de acuerdo a la norma internacional IEEE– Standard 519-1992 menor a 20 [%] en relación a la forma de onda fundamental y los transformadores 3717417 & 3608718 no tienen valores de armónicas de corriente. Además, el factor de potencia está por debajo del límite establecido sólo seis transformadores de los dieciséis analizados cumple con la norma este son: 1380310 & 3820149 & 1364470 & 3367588 & 3820149 & 1626936 que tiene un promedio normal en las mediciones en lo que se debe mejorar dicho factor de potencia por lo que con un bajo factor se incide en lo relacionado al incremento de pérdidas técnicas además los transformadores 3417417 & 3608718 no tiene valores de factor de potencia. Además existe valores de armónicas individuales de los primeros seis transformadores y de los demás el equipo no guardo los datos, teniendo mayor incidencia la tercera armónica, quinta armónica, séptima armónica y novena armónica siendo propuesto para cada caso sus respectivas filtros y formas para mejorar dichas perturbaciones.

5.5. Recolección de datos de los usuarios del alimentador 2312.

5.5.1. Usuario 3595225.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 5.16 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 94.84 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- Factor de potencia 1 [a dimensional].

5.5.2. Usuario 3093325.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.20 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.80 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- Consumo de energía promedio 5.49 [Wh].
- Factor de potencia 0.50 [a dimensional].

5.5.3. Usuario 1370154.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 45.34 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 54.66 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].
- THD_I □ al límite 0.69 [%], THD_I □ al límite 99.31 [%].
- Consumo de energía promedio 124.40 [Wh].
- Factor de potencia 0.50 [a dimensional].

5.5.4. Usuario 1333665.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 0.20 [%], flickers □ al límite $Pst = 1$ es de 99.80 [%].
- THD_V □ al límite 0 [%], THD_V □ al límite 100 [%].

5.5.5. Usuario 1333525.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 0.10 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 99.90 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].

5.5.6. Usuario 3593092.

De manera complementaria se muestra que:

- Flickers al límite $Pst = 1$ es de 53.17 [%], flickers al límite $Pst = 1$ es de 46.83 [%].
- THD_V al límite 0 [%], THD_V al límite 100 [%].
- THD_I al límite 27.87 [%], THD_I al límite 72.13 [%].
- Consumo de energía promedio 204.75 [Wh].
- Factor de potencia 0.92 [a dimensional].

Los usuarios del alimentador 2312 cumple con el nivel de flickers acerca de la calidad del producto de acuerdo a la regulación en todos los transformadores analizados, estableciendo una medición menor al $Pts = 1$. En cuanto a los THD_V cumplen con la calidad del producto en todos los transformadores, estableciendo una variación de THD_V de **8 [%]** en relación a la forma de onda de voltaje fundamental. Adicionalmente, el transformador 1370154 cumple con mediciones de THD_I , en cambio el transformador 3367588 no cumplen con mediciones de THD_I de acuerdo a la norma internacional IEEE– Standard 519-1992 menor a 20 [%] en relación a la forma de onda fundamental y los transformadores 3595220 & 3093325 & 1333665 & 1333525 no tienen valores de armónicas de corriente ya que el equipo no guardo los datos. Además el factor de potencia está por debajo del límite establecido sólo dos transformador de los seis analizados cumple con la norma este son: 3093325 & 1370154 que tiene un promedio normal en las mediciones en lo que se concluye mejorar dicho factor de potencia por lo que con un bajo factor se incide en lo relacionado al incremento de pérdidas técnicas y los transformadores 1333665 & 1333525 no tienen datos de factor de potencia

registrados por el equipo. Además de las armónicas individuales el equipo no registro ni guardo datos para sus análisis.

5.6. Importancia de analizar las pérdidas de energía en la subestación # 23.

5.6.1. Pérdidas en alimentadores # 2311, 2312.

Las pérdidas que se generan en el alimentador 2311 son de 6.643,483 KWh/mes y las pérdidas que se generan en el alimentador 2312 son de 9.345,268 KWh/mes esto debido al incumplimiento de las normas ya que estas generan las pérdidas ya sea a la cantidad excesiva de armónicas de corriente, como el bajo factor de potencia y además el alto índice de armónicas individuales de cada transformador y usuarios registrados los cuales deben ser mejorados para evitar todas estas pérdidas.

5.6.2. Pérdidas en sistema de distribución.

Detalle de las pérdidas del sistema de distribución formadas por:
Pérdidas en el alimentador 2311 con un valor total de 6.643,483 KWh/mes, el alimentador 2312 con pérdidas, con un valor total de 9.345,386 KWh/mes, también las pérdidas en las redes de media tensión con un valor de 3.536 KWh/mes, existen también las pérdidas en los transformadores de la empresa eléctrica con un valor de 10.767 KWh/mes, las pérdidas en transformadores privados con un valor de 1.685 KWh/mes, las pérdidas en redes secundarias del sistema con un valor de 5.674 KWh/mes, además de pérdidas en las acometidas de los clientes con un valor de 862,44 KWh/mes, como también las pérdidas en el alumbrado público con un valor de 590,09 KWh/mes, y al final las pérdidas en contadores como también pérdidas en elementos de baja tensión con un valor de 2088 KWh/mes. Con una pérdida total de 43.860,99 KWh/mes.

5.6.3. Pérdidas técnicas de energía eléctrica.

Las pérdidas técnicas de energía se originan junto con la energía; además, esta se pierde por el proceso de transformación y calentamiento, transmisión y más elementos que

influyen en este proceso, eso con un valor de 17124 KWh/mes y con un total de pérdidas en el sistema de distribución de 15988.769 KWh/mes.

5.6.4. Las pérdidas de energía eléctrica no técnicas.

Estas pérdidas están presentes en algunos sectores, son las que los usuarios no remuneran por el servicio, siendo un valor de 1134.8 KWh/mes, estas se dan debido a que es un sitio rural y no siempre esta monitoreado o vigilado.

5.6.5. Pérdidas en cargas lineales y no lineales.

Estas pérdidas son provocadas por el alto índice de las armónicas de corriente el bajo factor de potencia ya que están presentes en el sistema con un valor de 1.952,14 KWh/mes, con un valor de 23.425,7 KWh/año con precios de 111,3 dólares al mes siendo un total de 1.335.26 dólares al año.

5.7. Solución a pérdidas en la subestación # 23.

5.7.1. Solución a pérdidas en los alimentadores # 2311, 2312.

5.7.1.1. Transformador 10356.

Presenta un Thd_i □ a 20% en las dos fases, por lo que se recomienda el uso de un banco de filtros pasivos sintonizados, además se va a disminuir las armónicas de tercer y quinto orden, con una frecuencia de sintonía de 180Hz y 300Hz y una impedancia baja, ya que los filtros experimentaran una anti resonancia a estas frecuencias.

5.7.1.2. Transformador 11548.

Presenta un Thd_i promedio de 11.56% y un factor de potencia bajo, se debe instalar un filtro activo shunt para realizar una compensación en tiempo real, la armónica que se va

a disminuir es la de tercer orden, el filtro deberá estar sintonizado a 180Hz, para evitar que frecuencias de mayor magnitud contaminen la red, en cambio el banco de condensadores deberá ser de 10 [KVA] para así mejorar el factor de potencia.

5.7.1.3. Transformador 10912.

Presenta Thd_i, resulta más factible la utilización de un compensador hibrido paralelo y una reactancia en zig zag, el cual disminuye y amortiguar la presencia de armónicas de corriente absorbidas por las cargas, el cual se diseñara para una frecuencia de corte de 300Hz, este eliminara las frecuencias de mayor valor, en cambio la reactancia sirve para encerrar las armónicas impares de Thd_i, además el filtro hibrido ayuda a mejorar el factor de potencia.

5.7.1.4. Transformador 10886.

Debido a la presencia de Thd_i y armónicas individuales es la instalación de un compensador hibrido paralelo este deberá estar sintonizado a una frecuencia de corte de 180Hz para eliminar la armónica de tercer orden y a además de mejorar el factor de potencia.

5.7.1.5. Transformador 10621.

Presenta un bajo nivel del factor de potencia y Thd_i por lo que se va a utilizar filtros paralelos sintonizados y un banco de condensadores, las armónicas que se va a eliminar es el de tercer, quinto y séptimo orden, por lo que los mismos deberán estar sintonizados a 180Hz, 300Hz y 420Hz, el banco de condensadores, debe ser de 9 [KVA].

5.7.1.6. Transformador 10528.

Presenta un Thd_i elevado en la fase C, la armónica que se va a eliminar o disminuir es el quinto. Como parte de la solución es la hacer una reestructuración de la topología de la

red, para lograr de esta manera un sistema más equilibrado, en lo que se refiere a la eliminación de la quinta armónica se puede utilizar un filtro híbrido sintonizado a una frecuencia de 300Hz, y además se mejorará el factor de potencia.

5.7.1.7. Transformador 10127.

Presenta problemas de Thd_i en la fase B causados especialmente por las armónicas de corriente de tercer y quinto orden, en cambio el nivel del armónica de voltaje de orden nueve supera con los límites establecidos por el CONELEC. Se debe usar un filtro pasivo, sintonizado a una frecuencia de 300Hz, la cual corresponde a la armónica de quinto orden, en cambio para eliminar las armónicas de tercer y noveno orden se puede utilizar una reactancia zigzag en paralelo, de tal manera que las corrientes armónicas circulen solamente por los arrollamientos de la reactancia.

5.7.1.8. Transformador 10849.

Presenta problemas de Thd_i en la fase B, se debe instalar filtros pasivos simples en paralelo a cada fase del transformador, los cuales deberán estar sintonizados a una frecuencia de 180Hz, que es para eliminar las armónicas de tercer orden.

5.7.1.9. Transformador 10442.

Presenta problemas de Thd_i en las dos fases, implementar filtros pasivos simples para disminuir o eliminar los Thd_i presentes en los bornes de salida, además seria recomendable instalar un banco de condensadores para mejorar su factor de potencia.

5.7.1.10. Usuario 1380310

Presenta altos niveles de Thd_i, realizar una conexión en estrella del primario y una conexión en zigzag al secundario, en caso de que el transformador tenga esta conexión, lo que se debería hacer es instalar un filtro pasivo simple para cada fase a una frecuencia

de 300Hz para eliminar la quinta armónica, además se debería realizar una correcta distribución de las cargas.

5.7.1.11. Usuario 1364470.

Presenta altos niveles de Thd_i se bebe implementar un filtro pasivo simple, los cuales deberán estar sintonizados a frecuencias de 300Hz y 420Hz para poder eliminar las armónicas de quinto y séptimo orden.

5.7.1.12. Usuario 3759230.

Presenta altos niveles de Thd_i, se recomienda el uso de reguladores de voltaje, que además contribuyen al buen funcionamiento de dichos aparatos. Esta solución se la puede aplicar al resto de usuarios que presentan problemas de Thd_i elevados, como son los usuarios 3520251, 3927258, 1328970, 1626936, 3292612, 2069904 y 3593092, y un buen sistema de aterramiento.

5.7.1.13. Usuario 3173507.

Presenta problemas en Thd_V, también en los Thd_i la mejor solución para este usuario es la instalación de un filtro pasivo simple sintonizado a una frecuencia de 300Hz, la cual va a eliminar la quinta armónica que es la que presenta mayores problemas.

5.7.1.14. Usuario 3595220.

Presenta altos niveles de Thd_V, la solución más económica sería la de instalar reguladores de voltaje, además se puede cambiar el conductor de tierra por uno de un calibre mayor, esto facilitará la circulación de corrientes armónicas hacia tierra y un buen sistema de aterramiento.

5.8. Es factible la solución a las pérdidas de armónicos.

La instalación de todos los filtros, condensadores y mejoras a la red es factible, el monto de inversión es moderado ya que la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur es una empresa grande, lo que se recuperaría en energía perdida por el incumplimiento de las normas es en un porcentaje bajo, debiendo ser recuperada la inversión en muchos años es por esta razón que la decisión queda bajo responsabilidad de los directivos de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

Lo que se recupera en energía perdida no es representativo, pero cabe destacar que existen lugares que presentan valores críticos que se pueden solucionar sin mayores inversiones o a su vez pedir a sus consumidores de media tensión que solucionen debido a que son los que más problemas presentan.

5.9. Conclusiones.

A continuación se presentan las conclusiones a las que se llegó luego de realizar este estudio:

Los armónicos son producidos por la presencia de cargas no lineales, es decir cargas con una impedancia que no es constante. Estas cargas a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal absorben una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada respecto a la tensión.

Los usuarios residenciales, comerciales e industriales, tienen una gran cantidad de equipos como hornos de microondas, computadoras, televisión, estéreos, soldadoras, motores monofásicos y otros equipos. Todos estos equipos contribuyen con la generación de cantidades variables de armónicos, por lo que estos pueden sumarse y originar problemas en el sistema de potencia.
Los sistemas de iluminación del tipo lámparas de descarga o lámparas fluorescentes son generadores de armónicos de corriente, por tanto hay que prestar una atención especial en el cálculo de la sección y la protección del neutro.

La presencia de armónicas de voltaje y corriente en un sistemas eléctrico causa muchos inconvenientes, entre los cuales está la baja calidad de energía que se entrega a los usuarios finales ya que la misma se encuentra contaminada, el disparo imprevisto de elementos de protección como fusibles, breakers, el sobrecalentamiento de conductores y transformadores y por ende la disminución de la vida útil de estos elementos.

Otras consecuencias de los armónicos es la lectura errónea de aparatos de medida y contadores, la disminución del factor de potencia que es la principal causa de penalizaciones en el sector industrial.

Los filtros son elementos cuya impedancia varía con la frecuencia. También tienen el potencial de crear y amplificar el problema de las armónicas, a menos que

cuidadosamente sean localizados y diseñados, en algunos casos un diagnóstico y diseño pobres, origina que el remedio sea peor que la enfermedad.

Los filtros pasivos son los más simples y más económicos, son elementos puramente pasivos, usados por las empresas como circuitos en paralelo en la entrada de los servicios con problemas de generación de armónicas, evitando de esta manera que entren al sistema de distribución. También los filtros pueden instalarse directamente en un equipo particular donde existe un grave problema de generación de armónicas, evitando de esta manera que circulen en la propia instalación eléctrica del usuario.

El principal problema que se encontró en la subestación 23 y sus alimentadores, fue la presencia de altos niveles de armónicas de corriente, los mismos que causan grandes problemas a toda la red sus equipos, además el factor de potencia promedio en la subestación fue de 0.89 que está por debajo del límite establecido.

Las normas que fueron tomadas en cuenta para la realización de esta tesis, fueron las implantadas por el CONELEC en nuestro país y a nivel internacional la IEEE 519, IEC 61000, las mismas que establecen los valores máximos permitidos para la contaminación armónica.

Con base a las medidas que fueron realizadas, tanto a la subestación, a los transformadores y los usuarios de los dos alimentadores, se determino los niveles de armónicos que se encuentran en esta red, en donde los armónicos de voltaje estos están dentro del límite máximo permitido por el CONELEC, sin embargo los armónicos de corriente presentan valores altos, debido a que en nuestro país no existe ningún tipo de penalización por esta causa, el análisis se rige en normas internacionales.

En el capítulo cuatro, se estableció posibles soluciones como son filtros pasivos, filtros activos, filtros híbridos entre otros, además se plantea una posible solución para cada problema en particular analizando su principal problema, ya que en todos los casos es distinto.

Para poder obtener las formas de onda distorsionadas, primero se realiza en el programa Excel obteniendo de esta la serie de Fourier y a su vez se grafican, luego un programa en Matlab para conseguir las curvas distorsionadas de las tres fases de la subestación.

La solución que se presenta para la disminución de armónicas de corriente en la subestación 23 es la utilización de dos filtros pasivos sintonizados, el primero a una frecuencia de 162 Hz para eliminar la armónica de tercer orden y el segundo filtro a una frecuencia de 282Hz para eliminar la quinta armónica, para lo cual se presenta el cálculo respectivo y además de una simulación en Matlab – Simulink.

Con ayuda de la simulación se determina que el THD_I presente en los bornes de salida del transformador disminuye de 8.2% a 1.09% y también se mejoraría el factor de potencia, que en la actualidad tiene un valor promedio de 0.89 llegando a un valor de 0.98.
Con la instalación de estos filtros a la salida del transformador de 2.5MVA, la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A. recuperaría al año alrededor de $1.167,57 pero debería realizar una inversión de aproximadamente $20.900, por lo que sería decisión de los directivos de esta empresa realizar o no esta inversión.

5.10. Recomendaciones.

Se debería intensificar programas sobre el ahorro de energía y la desconexión de aparatos cuando estos no se estén utilizando, ya que al mantener equipos eléctricos conectados, tales como televisores, equipos de sonido, microondas estos inyectan armónicos a la red.

Todas la instalaciones deberían tener conexión a tierra, para así facilitar la eliminación de los armónicos y que estos no circulen por la red hacia el transformador y a otros usuarios, además de tener un cuidado especial al realizar el cálculo de las cargas en una instalación, ya que actualmente ciertas lámparas fluorescentes y los focos ahorradores

tienen incluido un circuito electrónico que causan distorsión y podrían causar el calentamiento de los conductores.

No es recomendable instalar solamente un banco de condensadores en una instalación con alto valor de distorsión armónica, ya que causaría que la frecuencia de resonancia destruya los condensadores, lo más recomendable seria instalar un filtro que debe ser designado según la necesidad.

Las normas ecuatorianas actuales deberían tomar en cuenta las armónicas de corriente, ya que se mejoraría la calidad de energía que se vende a los consumidores por parte de las distintas empresas distribuidoras.

Para realizar una buena investigación sobre las causas los armónicos, se debería inspeccionar la red y sus distintas cargas, conocer si hay una buena conexión a tierra, buen uso de equipos conectados a la red, si el conductor neutro está bien dimensionado.