

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:  
ESTUDIO DE CALIDAD ENERGÉTICA USANDO LA REGULACIÓN  
ARCONEL 005/18 EN EL CONJUNTO “CONOCOTO GARDENS”, PARA  
ANALIZAR LOS EFECTOS GENERADOS POR CALEFONES A INDUCCIÓN.**

**AUTOR:  
ALDAZ PEDRAZA VICTOR HUGO**

**TUTOR:  
WILSON DAVID PAVÓN VALLEJOS**

**Quito D.M., junio del 2021**

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Yo Victor Hugo Aldaz Pedraza con documento de identificación N.º 1721130837, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos primordiales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado ESTUDIO DE CALIDAD ENERGÉTICA USANDO LA REGULACIÓN ARCONEL 005/18 EN EL CONJUNTO “CONOCOTO GARDENS”, PARA ANALIZAR LOS EFECTOS GENERADOS POR CALEFONES A INDUCCIÓN., mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Eléctrico en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la ley de propiedad intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citad. En concordancia, suscribo este documento en el momento que se haga la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

Victor Hugo Aldaz Pedraza


1721130837

10 de junio del 2021

# **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico: ESTUDIO DE CALIDAD ENERGÉTICA USANDO LA REGULACIÓN ARCONEL 005/18 EN EL CONJUNTO “CONOCOTO GARDENS”, PARA ANALIZAR LOS EFECTOS GENERADOS POR CALEFONES A INDUCCIÓN, realizado por el Sr. Aldaz Pedraza Victor Hugo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito D.M., junio del 2021



---

Wilson David Pavón Vallejos

C.I. 1719224311

## DEDICATORIA

*La presente tesis se la dedico a mi familia que, gracias a su apoyo en todo momento, pude continuar con mi formación académica. A mis padres Jacqueline y Victor, mis abuelos Mariana y Carlos por brindarme los recursos necesarios y por estar a mi lado aconsejándome, a través de sus enseñanzas y amor. A mi familia en general por ayudarme a cumplir uno de mis objetivos como persona y profesional.*

*A los docentes de la facultad de Ingeniería  
Eléctrica de la Universidad Politécnica  
Salesiana, mi ALMA MATER*

## AGRADECIMIENTOS

*A la Universidad Politécnica Salesiana  
por el apoyo que nos ha otorgado para  
cursar la carrera de Ingeniería Eléctrica.*

*Agradezco al Msc. Wilson Pavón por el  
apoyo otorgado, por su paciencia y  
dedicatoria para asesorarme en el  
desarrollo del presente trabajo.*

*Un reconocimiento a mis compañeros de  
estudio Bryan Rodríguez y Gonzalo  
Oviedo por la ayuda recibida.*

# ÍNDICE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	1
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
ÍNDICE.....	vi
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Importancia y Alcances .....	1
1.3. Delimitación del Problema .....	2
CAPÍTULO II.....	3
MARCO TEÓRICO .....	3
2.1. Clasificación de Cargas .....	3
2.1.1. Carga lineal .....	3
2.2. Afectaciones a la red eléctrica.....	6
2.3. Estado del Arte .....	10
CAPÍTULO III .....	17
REGULACIÓN ARCONEL 005/18 .....	17
3.1. Definición de Calidad.....	17
3.2. Calidad Eléctrica .....	18
3.3. Regulación Técnica de Calidad.....	18
3.4. Calidad del Sistema Eléctrico .....	18

3.5. Aspectos de calidad eléctrica .....	20
3.6. Definiciones de importancia.....	22
CAPÍTULO IV .....	23
METODOLOGÍA.....	23
4.1. Diseño investigativo.....	23
4.2. Localidad y muestra .....	23
4.3. Desarrollo investigativo e implementos de medición .....	24
4.4. Técnica para el estudio de datos.....	27
CAPÍTULO V .....	29
RESULTADOS .....	29
5.1. VALORES REGISTRADOS DEL VOLTAJE EN L1 .....	29
5.2. VALORES REGISTRADOS DEL VOLTAJE EN L2.....	30
5.3. VALORES REGISTRADOS DEL VOLTAJE EN L3.....	31
5.4. DATOS DE VOLTAJE DEL NEUTRO.....	32
5.5. DESEQUILIBRIO TOTAL DEL VOLTAJE EN BASE A LA REGULACION DEL ARCONEL 005/18 .....	33
5.6. ANÁLISIS DEL VOLTAJE EN BASE A LA REGULACIÓN DEL ARCONEL 005/18 .....	34
5.7. DATOS DE LA CORRIENTE .....	35
5.8. VALORES REGISTRADOS DE LA CORRIENTE EN L1 .....	36
5.9. VALORES REGISTRADOS DE LA CORRIENTE EN L2 .....	38
5.10. VALORES REGISTRADOS DE LA CORRIENTE EN L3 .....	40
5.11. VALORES REGISTRADOS DE LA CORRIENTE EN EL NEUTRO .....	42
5.12. DATOS DE FRECUENCIA .....	43
5.13. DATOS DE ARMONICOS DE VOLTAJES EN BASE A LA REGULACION ARCONEL 005/18 .....	44
5.1. VALORES REGISTRADOS DEL THD DE VOLTAJE EN L1 .....	44
5.1. VALORES REGISTRADOS DEL THD DE VOLTAJE EN L2 .....	47

5.1. VALORES REGISTRADOS DEL THD DE VOLTAJE EN L3 .....	49
5.2. DATOS DE ARMONICOS DE CORRIENTES .....	51
5.3. DATOS DE ARMONICOS DE CORRIENTES L1.....	51
5.4. DATOS DE ARMONICOS DE CORRIENTES L2.....	53
5.5. DATOS DE ARMONICOS DE CORRIENTES L3.....	55
CAPÍTULO VI.....	58
CAUSAS Y METODO DE MITIGACION.....	58
6.1. CAUSAS ENCONTRADAS .....	58
6.2. METODO DE MITIGACION .....	59
6.2.1. ELIMINACIÓN DE ARMÓNICOS.....	59
6.2.2. INVESTIGACIÓN DEL FILTRO .....	59
6.3. DESARROLLO DEL FILTRO SINTONIZADO .....	61
6.4. RESULTADOS.....	64
CAPÍTULO VII.....	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
7.1. CONCLUSIONES .....	66
7.2. RECOMENDACIONES .....	67
REFERENCIAS .....	68
ANEXOS.....	70
8.1. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO FLUKE 434.....	71
8.2. INFORME TÉCNICO.....	72
8.3. ENCUESTA REALIZADA AL CONJUNTO HABITACIONAL .....	72

## INDICE DE GRAFICAS

<b>Figura. 1.1</b> Ubicación del Conjunto Residencial para el estudio pertinente .....	2
<b>Figura. 2.1.1.</b> Comportamiento del voltaje y corriente [1]......	3
<b>Figura. 2.1.1.2.</b> Conducta de las cargas lineales [1]......	4
<b>Figura. 2.1.2.</b> THD de voltaje generados por cargas no lineales [2]. .....	5
<b>Figura. 2.1.2.2.</b> Conducta de la carga no lineal [2]. .....	6
<b>Figura. 2.2.2</b> Espectro de transitorio de impulso [3]. .....	7
<b>Figura. 2.2.3.</b> Espectro de transitorio Oscilatorio [3]......	8
<b>Figura. 2.2.6.</b> Valor SAG del Voltaje [4]. .....	9
<b>Figura. 2.2.7.</b> Valor SWELL de Voltaje [5]......	10
<b>Figura.3.1.</b> Zona Residencial Bosquejada para el análisis Regulatorio .....	17
<b>Figura.3.4.1.</b> Aspectos Técnicos [14]......	19
<b>Figura.4.3.1.</b> Desarrollo experimental.....	24
<b>Figura. 4.3.1.</b> Ejecución general del proyecto y análisis a la problemática .....	25
<b>Figura. 4.3.2.</b> Desarrollo de la experimentación establecida.....	26
<b>Figura. 4.4.</b> Análisis Implementados para el estudio pertinente .....	27
<b>Figura. 5.1.</b> Grafica de Voltaje L1 .....	29
<b>Figura. 5.2.</b> Grafica de Voltaje L2.....	30
<b>Figura. 5.4.</b> Grafica del Voltaje del Neutro .....	32
<b>Figura. 5.5.</b> Desequilibrio Total del Voltaje.....	33
<b>Figura. 5.6.</b> Voltajes medios L1-L2-L3.....	34
<b>Figura. 5.8.</b> Gráfico de la Corriente L1 .....	37
<b>Figura. 5.11.</b> Comportamiento de la Intensidad eléctrica en el Neutro .....	42
<b>Figura. 5.12.</b> Grafica de la Frecuencia en el Sistema .....	43
<b>Figura. 5.14.</b> Comportamiento THD de Voltaje L1 .....	45
<b>Figura. 5.14.1.</b> Espectro Armónico del Voltaje en L1.....	46
<b>Figura. 5.15.</b> comportamiento THD de Voltaje L2 .....	47

<b>Figura. 5.15.1.</b> Espectro Armónico del Voltaje en L2.....	48
<b>Figura. 5.16.</b> Comportamiento THD de Voltaje L3 .....	49
<b>Figura. 5.16.1.</b> Espectro Armónico del Voltaje en L3.....	50
<b>Figura. 5.18.</b> Grafica THD de la Corriente L1 .....	51
<b>Figura. 5.18.1.</b> Espectro Armónico de la Corriente en L1 .....	52
<b>Figura. 5.19.</b> Grafica THD de la Corriente L2 .....	53
<b>Figura. 5.19.1.</b> Espectro Armónico de la Corriente en L2 .....	54
<b>Figura. 5.20.</b> Grafica THD de la Corriente L3 .....	55
<b>Figura. 5.20.1.</b> Espectro Armónico de la Corriente en L3 .....	56
<b>Figura. 6.2.1.</b> Filtro sintonizado .....	60
<b>Figura. 6.2.2.</b> Filtro Amortiguado .....	61
<b>Figura. 6.3.1.</b> Filtro desarrollado .....	62
<b>Figura. 6.3.2.</b> Señal con perturbaciones .....	63
<b>Figura. 6.3.3.</b> Aplicación del filtro a la señal con perturbaciones.....	64

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.3.1.</b> Resultados del estado del arte.....	15
<b>Tabla 3.4.1.1.</b> Rangos admisibles para el voltaje [14].....	20
<b>Tabla 3.4.2.1.</b> THD máximo de voltaje (% de voltaje nominal) [14].....	21
<b>Tabla 4.1.</b> Función de las Variables a Analizar .....	23
<b>Tabla 5.1.</b> Voltajes medidos en la línea 1 .....	29
<b>Tabla 2.2.</b> Voltajes medidos en la línea 2 .....	30
<b>Tabla 5.3</b> Voltajes medidos en la línea 3 .....	31
<b>Tabla 5.4.</b> Voltajes medidos en la línea de neutro.....	32
<b>Tabla 5.6.</b> Magnitudes de las líneas L1-L2-L3.....	34
<b>Tabla 5.6.1.</b> Límite para la variación de voltaje [14].....	35
<b>Tabla. 5.8.</b> Magnitud de las Corrientes en L1.....	38
<b>Tabla 5.9.</b> Magnitudes de las Corrientes en L2 .....	40
<b>Tabla 5.10.</b> Magnitudes de las Corrientes L3 .....	42
<b>Tabla 5.11.</b> Valores de Corriente medidas en el Neutro.....	42
<b>Tabla 5.13.</b> THD máximo de voltaje (% de voltaje nominal) [14].....	44
<b>Tabla 5.14.</b> THD de voltaje encontrados en la L1 .....	45
<b>Tabla 5.14.1.</b> Comparación de los valores THD en L1 .....	46
<b>Tabla 5.14.2.</b> Comparación de los valores de Armónico Individual en L1 .....	47
<b>Tabla 5.15.</b> THD de voltaje encontrados en la L2.....	47
<b>Tabla 5.15.1.</b> Comparación de los valores THD en L2 .....	48
<b>Tabla 5.15.2.</b> Comparación de los valores de Armónico Individual en L2.....	49
<b>Tabla 5.16.</b> THD de voltaje encontrados en la L3.....	49
<b>Tabla 5.16.1.</b> Comparación de los valores THD en L3 .....	50
<b>Tabla 5.16.2.</b> Comparación de los valores de Armónico Individual en L1 .....	51
<b>Tabla 5.18.</b> THD de corriente encontrados en la L1.....	52
<b>Tabla 5.18.1.</b> Comparación de los valores THD en L1 .....	53

<b>Tabla 5.19.</b> THD de corriente encontrados en la L2.....	53
<b>Tabla 5.19.1.</b> Comparación de los valores THD en L2 .....	54
<b>Tabla 5.10.</b> THD de corriente encontrados en la L3.....	55
<b>Tabla 5.20.1.</b> Comparación de los valores THD en L3 .....	56
<b>Tabla 6.3.1.</b> Datos para el análisis .....	61
<b>Tabla 6.4.1.</b> Comparación de valores con filtro en la Línea L1 .....	64
<b>Tabla 6.3.2.</b> Comparación de valores con filtro en la Línea L2 .....	65
<b>Tabla 6.4.3.</b> Comparación de valores con filtro en la Línea L3 .....	65
<b>Tabla A1.</b> Datos que se medirán en el Analizador FLUKE .....	71

## RESUMEN

Cuando hablamos de la calidad de la energía, asociamos muchos aspectos. El más importante de ello es la calidad o forma de onda del voltaje. En teoría, la onda de voltaje ideal es una onda sinusoidal pura con una frecuencia constante de 60 [Hz], pero en nuestra carrera, sabemos que, debido a la naturaleza de los sistemas eléctricos, es imposible producir ondas completamente perfectas. Se aprecian varios factores que afectan la naturaleza de la onda de voltaje cuya intensidad y duración afectaran seriamente la calidad de la misma y por consiguiente la calidad energética entregada al consumidor. El documento presenta el estudio de los parámetros eléctricos más representativos que afectan al servicio eléctrico, como el nivel de voltaje, niveles de corriente, THD tanto de corriente como de voltaje, desequilibrio de voltajes, para un sistema eléctrico residencial en el cual se establecen límites de operación para cada uno de ellos, indicados por la Regulación del ARCONEL 005/18.

Para la obtención de dichos datos se propone una experimentación controlada la cual ya se ha establecido por la regulación de estudio, esta nos permite extraer con precisión los armónicos que presenta la red mediante el uso de un analizador Fluke, el cual detalla una toma de medidas cada 5 min, luego estos datos serán filtrados por una serie de análisis expuestos para poder evitar datos erróneos, y así poder incorporarlos a la herramienta de simulación MATLAB, el cual nos representara sus valores en graficas.

Las gráficas realizadas permitieron obtener una comparativa entre los valores permisibles de la norma y los valores medidas, se detalla que la mayoría de las afectaciones en este estudio se presentan en los Armónicos de corriente ya que sus valores medidos son de gran impacto para el sistema, mientras que los valores del voltaje a pesar de tener alteraciones según la norma estudiada trabajan dentro de los valores permisibles. Con los datos obtenidos de estas alteraciones se propone el diseño de un filtro sintonizado RLC, basado en la compensación de armónicos de corriente, cabe recalcar que el filtro desarrollado solo se lo implemento de manera teórica, pero presento valores de disminución en los THDI

Palabras claves: Armónicos, Experimentación, Filtros, THD, Regulatorias.

## ABSTRACT

When we talk about the quality of energy, we associate many aspects. The most important of this is the quality or waveform of the voltage. In theory, the ideal voltage wave is a pure sine wave with a constant frequency of 60 [Hz], but in our career, we know that due to the nature of electrical systems, it is impossible to produce completely perfect waves. There are several factors that affect the nature of the voltage wave, whose intensity and duration will seriously affect its quality and therefore the energy quality delivered to the consumer. The document presents the study of the most representative electrical parameters that affect electrical service, such as voltage level, current levels, THD of both current and voltage, voltage imbalance, for a residential electrical system in which limits are established. of operation for each one of them, indicated by the Regulation of ARCONEL 005/18.

To obtain these data, a controlled experimentation is proposed, which has already been established by the study regulation, this allows us to extract with precision the harmonics that the network presents through the use of a Fluke analyzer, which details a taking of measurements every 5 min, then these data will be filtered by a series of exposed analyzes in order to avoid erroneous data, and thus be able to incorporate them into the MATLAB simulation tool, which will represent their values in graphs.

The graphs made allowed to obtain a comparison between the permissible values of the standard and the measured values, it is detailed that most of the effects in this study are presented in the current Harmonics since their measured values are of great impact for the system, while the voltage values despite having alterations according to the studied standard work within the permissible values. With the data obtained from these alterations, the design of a tuned RLC filter is proposed, based on the compensation of current harmonics, it should be noted that the developed filter was only implemented theoretically, but presented decrease values in THDI.

Keywords: Harmonics, Experimentation, Filters, THD, Regulatory.

# INTRODUCCIÓN

El avance tecnológico en los electrodomésticos y el confort en el hogar, ha generado que el consumo energético en los hogares aumente, esto obliga a las empresas eléctricas a generar más fuentes de energía, con esto llegamos al criterio que, si la energía actualmente es eficiente, ya que un desempeño deficiente del sector eléctrico, conlleva una insatisfacción de los consumidores.

En términos generales, el uso de la energía representa aspectos importantes para un estado, ya que la mismo no solo permite mejorar el estilo de vida, sino que, además, contribuye a que las personas puedan hacer uso de la misma, en las maneras necesarias para su estilo de vida, esto nos lleva a que las necesidades de la población no son eficientes, ya que la demanda energética en el sector residencial aumenta día a día, con esto podemos deducir que las líneas eléctricas deben ser analizadas para determinar la calidad de energía que se entrega al consumidor.

Para realizar un estudio de calidad energética basado en la Regulación del ARCONEL 005/18, aplicado en el conjunto habitacional “Conocoto Garden”, se ha implementado una metodología experimental, enfocado al análisis de las variables eléctricas. Dicha metodología evaluará el sistema eléctrico residencial, el cual nos permitirá evaluar el estado o la eficiencia del mismo, ya que los efectos generados por las nuevas cargas, que este caso son los calefones de inducción, pueden ser perjudiciales para la red eléctrica.

El presente estudio analiza los parámetros eléctricos como perfil de voltaje, corriente, THD de voltaje, THD de corriente etc., encontrándose comportamientos diferentes para todas las mediciones realizadas, debido principalmente al tipo de carga instalada.

El análisis generado mostrara las violaciones causadas a la Regulación del ARCONEL 005/18, y sobre cada uno de los disturbios que afectan a la calidad de energía registrada, recomendando un filtro adecuado para la atenuación de estos efectos.

# CAPÍTULO I

## DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

### **1.1. Antecedentes**

La electricidad juega un papel fundamental en el desarrollo social. Hace avances tecnológicos en la vida moderna y proporciona dispositivos cada vez más complejos que brindan comodidad y confort como electrodomésticos, equipos de aire acondicionado, equipos de calefacción y equipos de comunicación, estos aparatos juegan un papel importante en la vivienda

La electricidad es una energía limpia, porque su uso no provoca contaminaciones el lugar del consumo. Sin embargo, debido a que la producción de energía eléctrica se concentra en varios puntos, generalmente está cerca del punto de suministro de energía primaria necesaria o cerca de una gran cantidad de recursos hídricos, su producción si causa contaminación.

En los últimos años los problemas se han presentado debido a la limitación de suministros de energía primaria, los retrasos en la creación de nuevas plantas relacionados con el rápido crecimiento del consumo energético y su capacidad de transmisión de las centrales eléctricas.

### **1.2. Importancia y Alcances**

El presente proyecto es el inicio de un estudio energético para poder establecer el estado actual del sistema eléctrico en una zona residencial. En este caso, el proyecto se centra en analizar las variables eléctrico como la tensión, la intensidad, los THD o más en concreto realizar estudio de las alteraciones en el sistema eléctrico, generado por el funcionamiento de los calefones de inducción y su impacto en el mismo. En primer lugar, se encontrará una manera de proseguir a la toma de medidas esta equivaldrá a realizarlos en un horario determinado para observar datos más exactos. Esto implica:

- Poner en ejecución la campaña de medidas ya desarrolladas para obtener datos del sistema.
- Observar el efecto generado por los calefones de inducción en base a los THD tanto de corriente como de voltaje
- Poner en constancia la anomalía del efecto Flicker en el sistema con si debido impacto.
- Analizar los niveles de tensión e intensidad que se presentaran al momento de la activación de dichos calefones

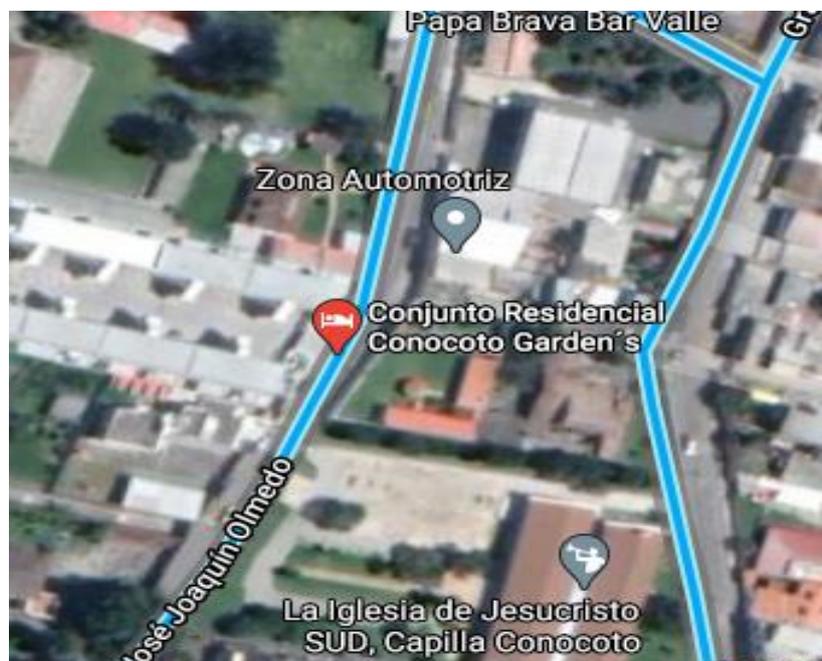
En segundo lugar, encontrar un método de análisis adecuado para los datos en los cuales se puedan apreciar todas las alteraciones generadas por estos aparatos, y poder dar una resolución actual del sistema eléctrico que alimenta a este conjunto habitacional.

Los datos obtenidos por la toma de medidas realizadas, se las incorporaran a un software en este caso Matlab el cual nos mostrara imágenes que representaran los datos de mejor manera.

Por último, al conseguir el estudio de este sistema se le aplicaran los criterios definidos por la regulación técnica ARCONEL 005/18, con la cual obtendremos un resultado real del sistema.

### 1.3. Delimitación del Problema

En el conjunto habitacional ‘Conocoto Gardens’, albergan una creciente demanda energética generada por los calefones a inducción entonces surge la necesidad de analizar estas alteraciones generadas por las mismas, con el objetivo de entregar un análisis actual del estado del sistema eléctrico que alimenta a este conjunto. Entre las principales variables a considerar están la intensidad energética y la tensión. Un análisis de estas variables permitirá realizar una adecuada planificación, de forma coherente y consistente con las cuales se podrá definir una estrategia que pueda mitigar estos efectos generados por los calefones de inducción.



**Figura. 1.1** Ubicación del Conjunto Residencial para el estudio pertinente  
FUENTE: “Google Maps”

# CAPÍTULO II

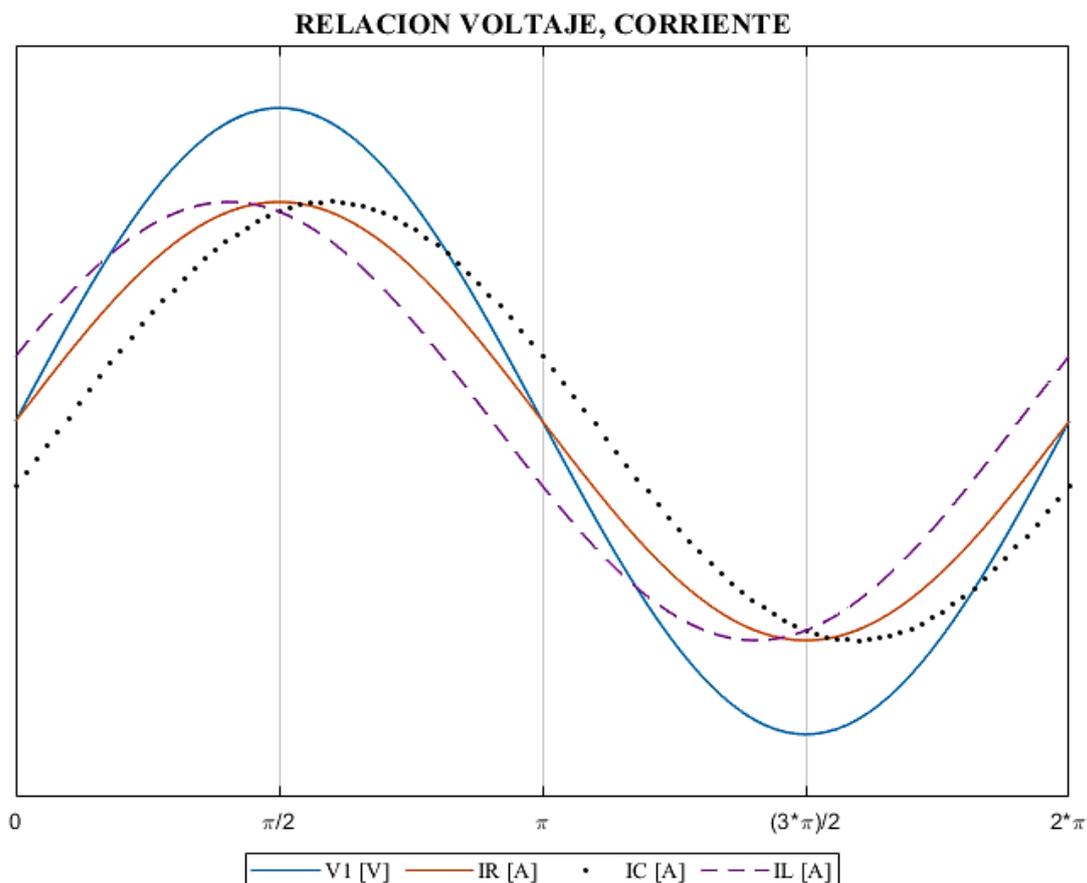
## MARCO TEÓRICO

### 2.1. Clasificación de Cargas

#### 2.1.1. Carga lineal

Las cargas lineales se caracterizan por su consumo energético, ya que estas se asemejan a una onda sinusoidal, con una demanda equitativa tanto para el voltaje como para la corriente, si la misma carga presente propiedades de impedancias fijas.

Una determinada carga línea son los focos que se usan para la iluminación ya que el consumo energético de los mismo es constante [1].

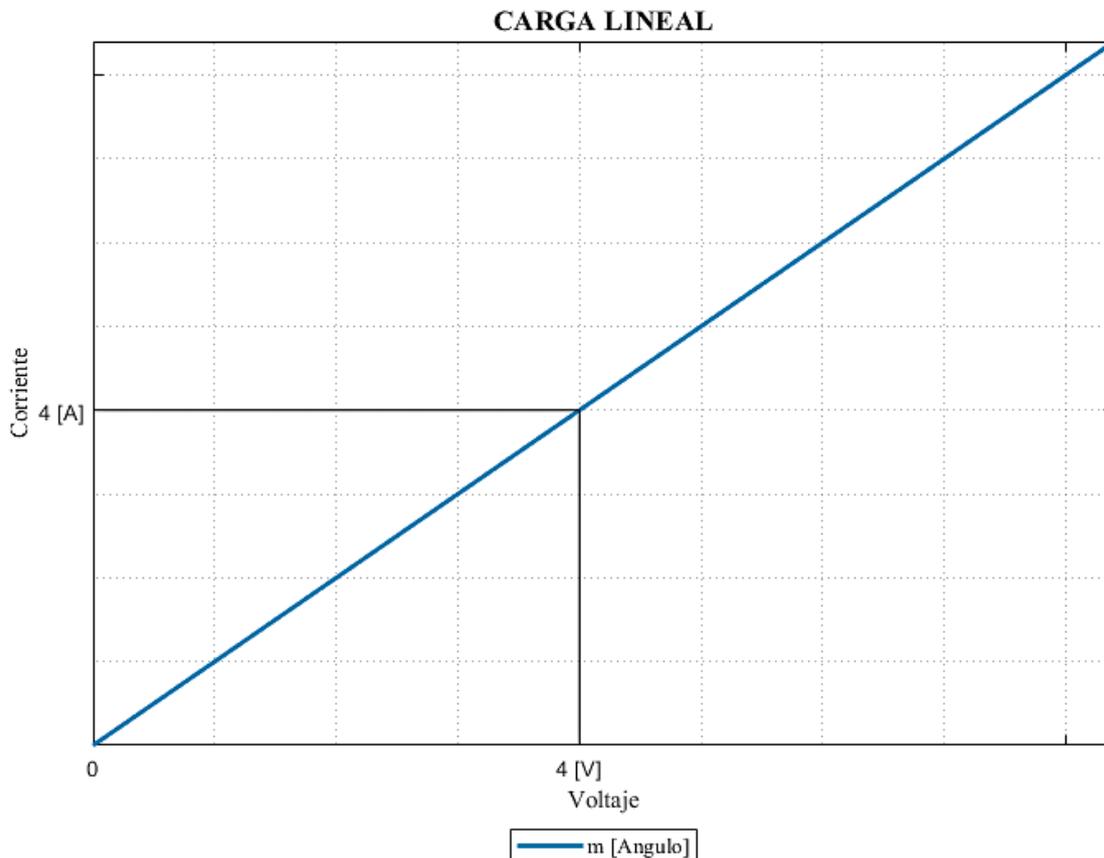


**Figura. 2.1.1.** Comportamiento del voltaje y corriente [1].  
Elaborado por: Victor Aldaz

Donde:

- IR    Corriente pura de un circuito resistivo.
- IL    Corriente de un circuito parcialmente inductiva ‘atrasada’
- IC    Corriente de un circuito parcialmente capacitivo ‘adelantada’

El comportamiento de este tipo de cargas se establece a la ley de ohm  $V=I * R$ , esta misma contiene un índice de ocurrencia muy alto en la corriente, pero necesita tener datos específicos de resistencia de ohmios, ya que la conexión entre la resistencia e intensidad es una línea recta.



**Figura. 2.1.1.2.** Conducta de las cargas lineales [1].  
Elaborado por: Victor Aldaz

Donde:

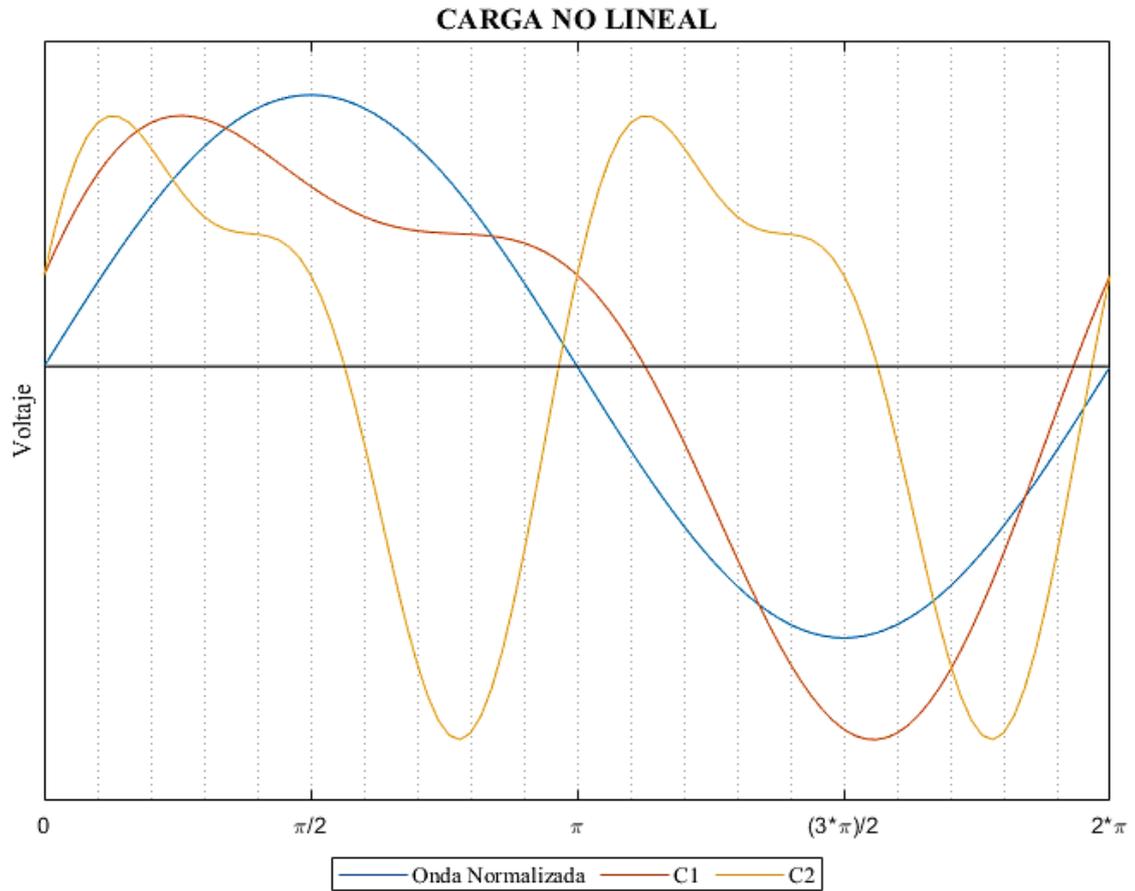
m    Angulo con respecto al eje del voltaje.

Este tipo de cargas por su conducta y sus características mismo no presentan afectaciones a la red eléctrica.

### 2.1.2. Carga no Lineal

Este tipo de cargas tienen como características alterar el voltaje suministrado, ya que su impedancia no se mantiene fija, esto lleva a que la intensidad consumida aumente o disminuya generando afectaciones a la red.

La conexión de estas cargas generan los THD de corriente, los cuales afectan a la impedancia de la red generando afectaciones al voltaje o THD, que pueden afectar tanto al sistema como al usuario [1], [2].



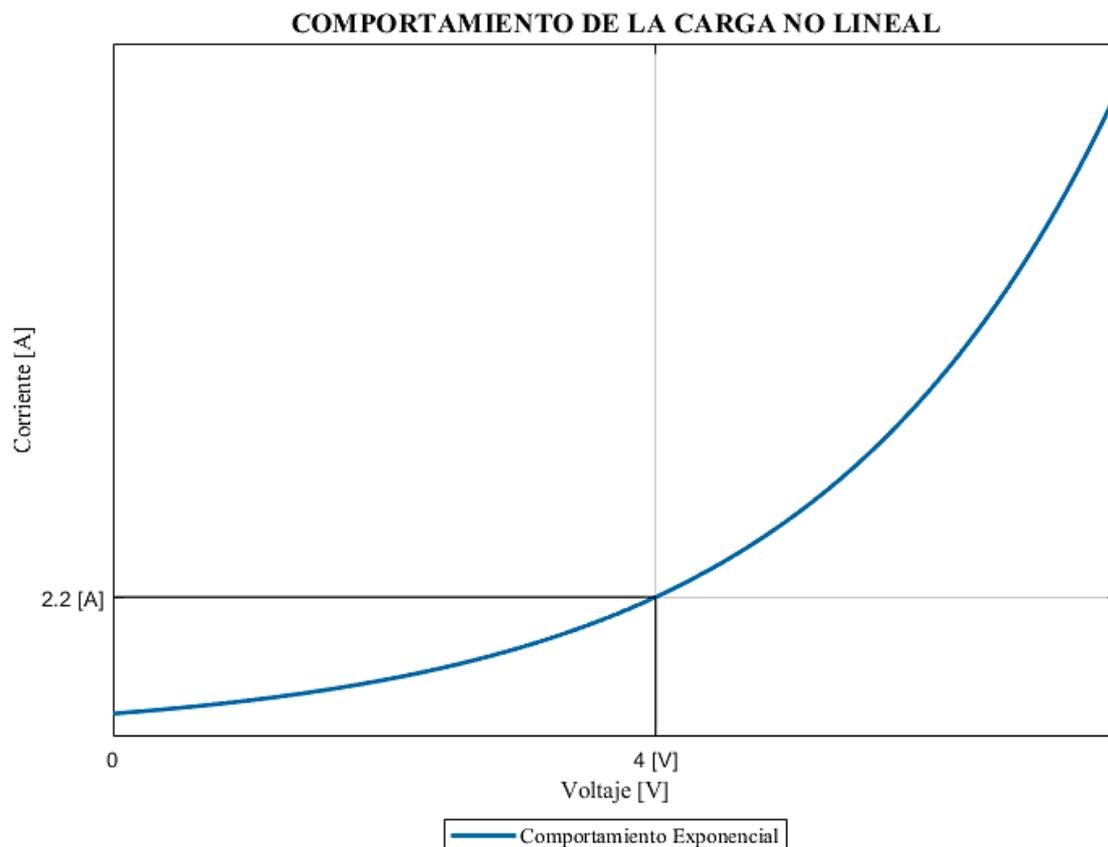
**Figura. 2.1.2.** THD de voltaje generados por cargas no lineales [2].  
Elaborado por: Victor Aldaz.

Donde:

C1: Carga conectada al servicio

C2: Carga conectada al servicio

Con estas cargas la característica lineal desaparece y se crea una curva exponencial generada por la corriente y el voltaje.



**Figura. 2.1.2.2.** Conducta de la carga no lineal [2].  
Elaborado por: Victor Aldaz

Estas distorsiones de corrientes provocan calentamientos en conductores y transformadores, estas distorsiones afectan directamente a los aparatos eléctricos más sensibles y provoca una operación incorrecta de los mismos.

Los efectos generados por estas cargas son los siguientes:

- a) THD de voltaje.
- b) Interrupciones.
- c) Voltajes alto en el neutro.
- d) Recalentamiento a equipos de distribución.
- e) Afectaciones a equipos.
- f) Multas por la baja calidad energética.

## **2.2. Afectaciones a la red eléctrica**

### **2.2.1. Transitorios**

Estas afectaciones corresponden a las alteraciones del sistema a corta duración a un valor de voltaje deseado, estos transitorios crean efectos en los equipos conectados a la red, como un mal funcionamiento.

Tienen la característica de superar el valor pico nominal de voltaje que se entrega al consumidor y en la ocurrencia de los mismos puede ocasionar daños al equipo conectado o dejarlo fuera de servicio [3].

### 2.2.2. Transitorios de impulsos

Estos impulsos tienen la característica de un tiempo de aumento rápido pero un amortiguamiento del mismo lento con un valor energético elevado [3].

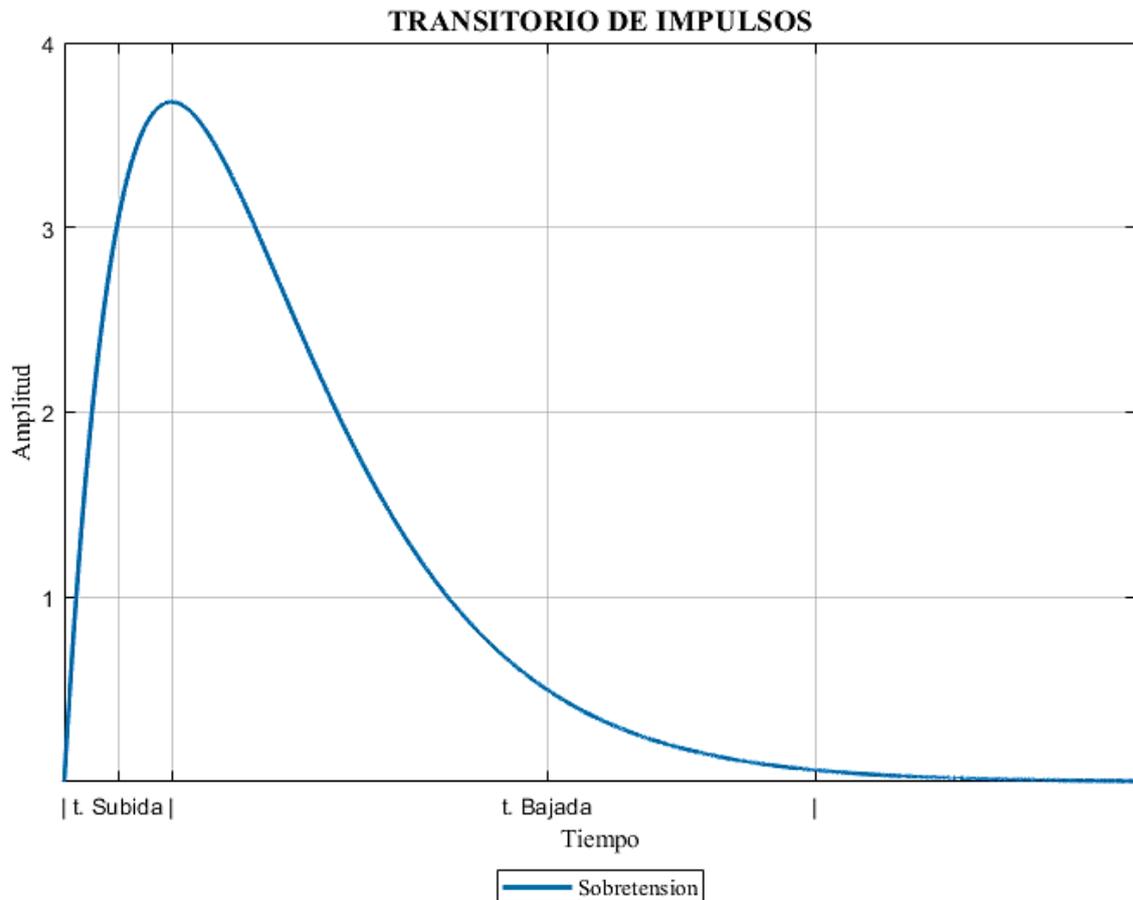
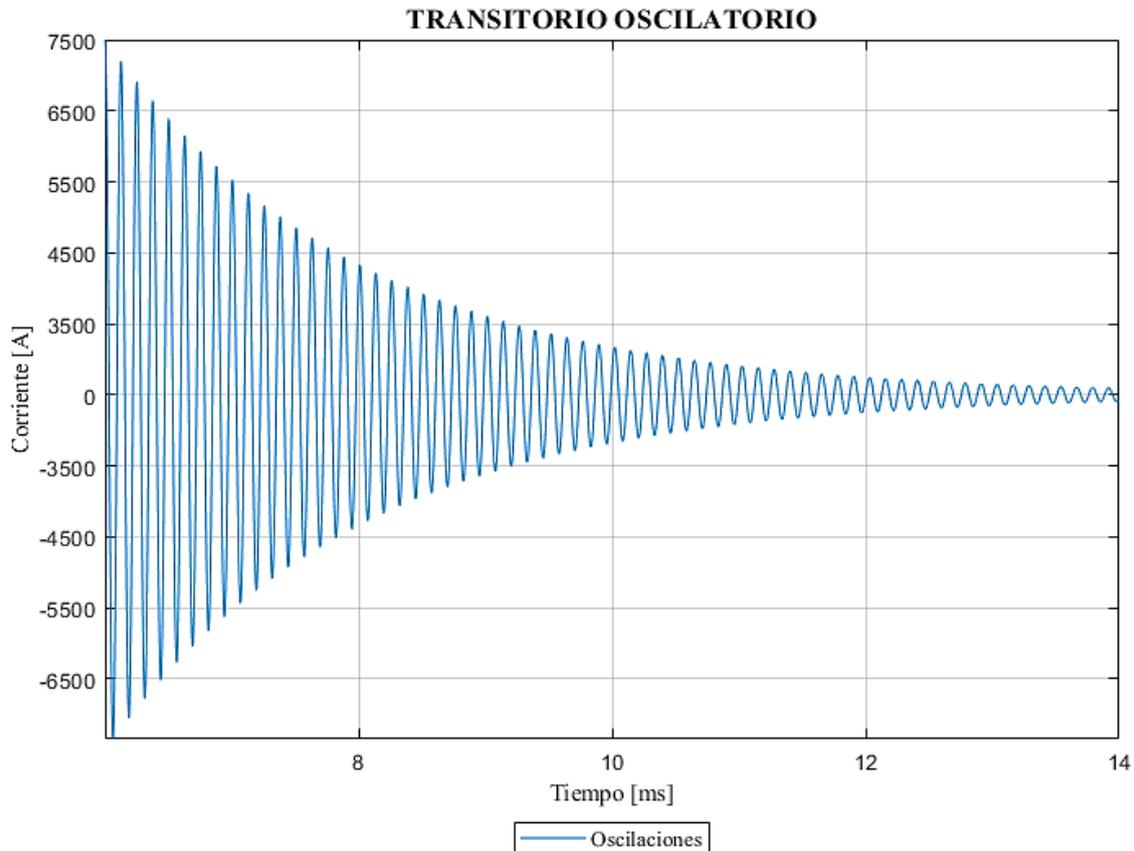


Figura. 2.2.2 Espectro de transitorio de impulso [3].  
Elaborado por: Victor Aldaz.

### 2.2.3. Transitorio oscilatorio

Esta afectación tiene la particularidad que no solo afecta a el estado positivo, si no que al negativo también, con esto crea que la frecuencia oscilatoria de la red, superen los valores establecidos en ambos límites de la onda [3].



**Figura. 2.2.3.** Espectro de transitorio Oscilatorio [3].  
Elaborado por: Victor Aldaz.

Según la Figura 2.2.3. Podemos deducir el comportamiento de un transitorio oscilatorio se aprecia que supera los valores admisibles en ambos límites de la onda.

#### **2.2.4. Variaciones de corta duración**

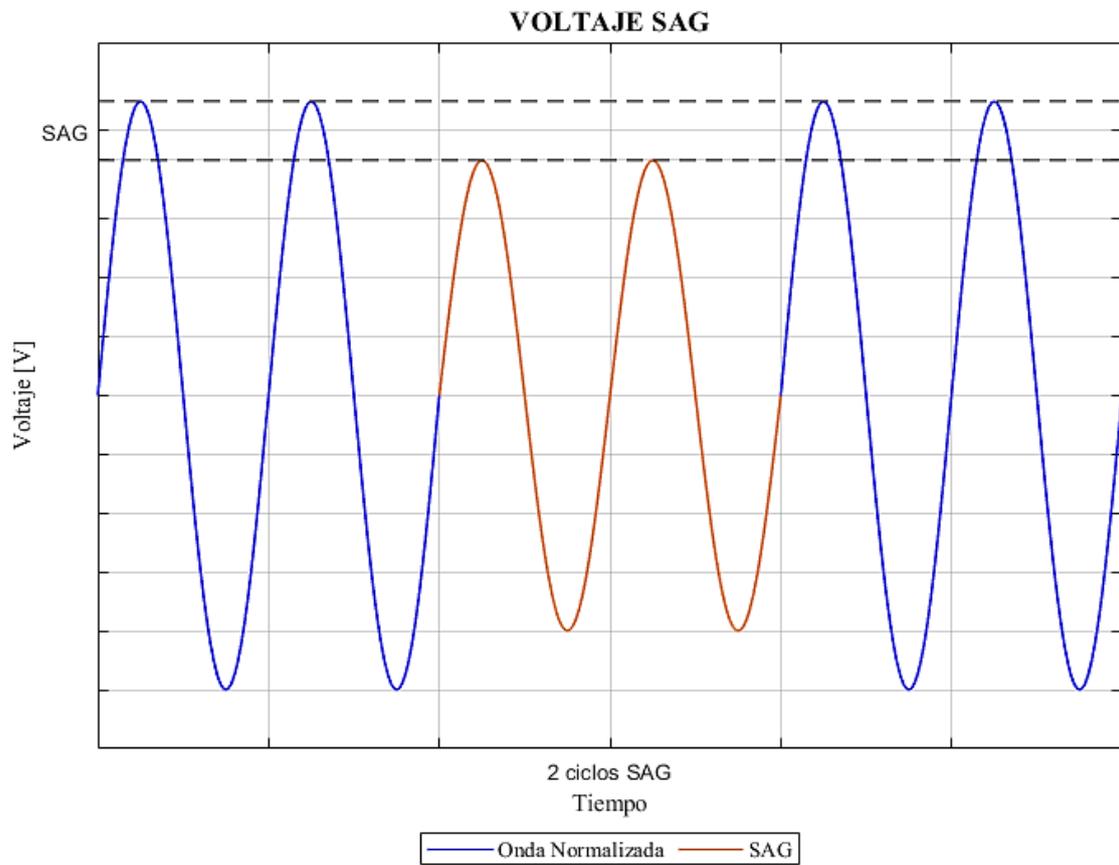
Estas variaciones son causadas por la conexión de cargas eléctricas de gran consumo energético o puede ser por el sistema eléctrico de distribución. Estas fallas generan la caída del voltaje o su aumento según la carga que esté conectada, y esta afectación puede presentarse en el punto mismo de conexión o lejos del mismo [3].

#### **2.2.5. Interrupciones**

Estas afectaciones son causados por fallas en los equipos o la desconexión de la energía, y estas se medirán según el tiempo que se tome en energizar de nuevo la línea, ya que el voltaje que alimentan esas líneas debe mantenerse a un rango de 10% de falla operacional al nominal [3].

#### **2.2.6. Depresión de voltaje SAG**

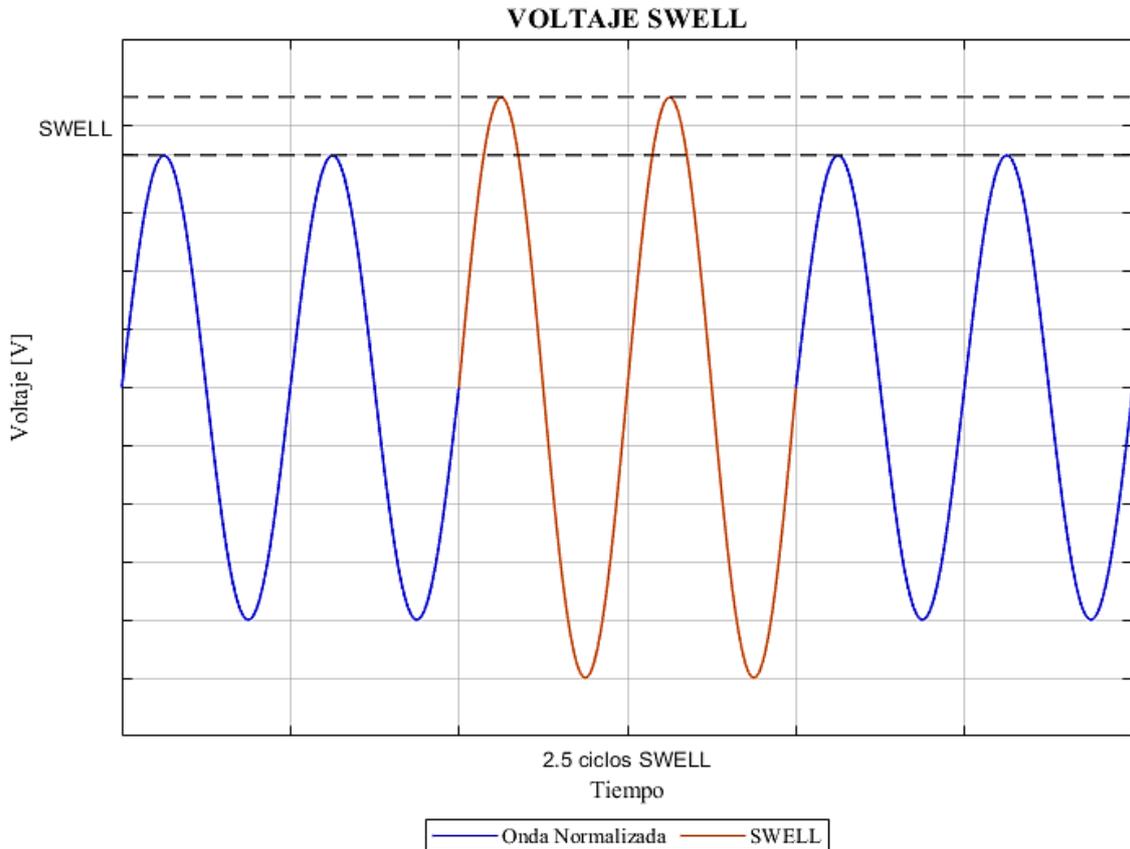
Los voltajes SAG se crean por la alimentación de grandes cargas eléctricas al sistema, como se aprecia en la figura el voltaje decae en un gran porcentaje, y este voltaje se mantiene por un periodo largo de tiempo, generando afectaciones a toda la red [4], [5].



**Figura. 2.2.6.** Valor SAG del Voltaje [4].  
Elaborado por: Victor Aldaz.

### 2.2.7. Salto de tensión SWELL

Los voltajes SWELL se presentan como el aumento de voltaje en un 10%, en una línea en la cual presentan este fenómeno tendrá una duración de 1 minuto si la misma excede este tiempo límite se conocerá como over voltaje [4], [5].



**Figura. 2.2.7.** Valor SWELL de Voltaje [5].  
Elaborado por: Victor Aldaz

### 2.3. Estado del Arte

Según [6], el objetivo de su investigación es determinar las diferentes técnicas de mitigación de armónicos, basados en filtros activos, pasivos e híbridos ya desarrollados para verificar su eficiencia ante la presencia de estas anomalías.

- **Localidad:** Indonesia 2020
- **Muestra:** Se presenta muestra representativa, la cual se desarrolla en el Instituto de Ciencias de Indonesia, se estudian 4 niveles de voltajes los cuales son:  $\leq 1.0 k$ ;  $1,0 kV < V \leq 69 kV$ ;  $69 kV \leq 161 kV$ ; y  $161 kV < V$ . a estos niveles de tensión se les aplicaron las 3 diferentes técnicas de mitigación, para poder apreciar si estos métodos son eficientes al momento de reducir estas alteraciones a niveles de los estándares o normas aprobados.
- **Distorsión Armónica**

Señalas que encontrar cuanta influencia tiene la distorsión armónica en la red eléctrica es fundamental, ya que la misma se puede relacionar con los valores rms y fundamentales del sistema.

- **Estándar Armónico**

Recalcan a los estándares IEEE 519-2014, e IEC 61000-3-2, como límites operacionales para la existencia de anomalías, el estándar IEEE 518-2014, expresa el límite de armónicos en los puntos de acoplamientos comunes entre operadores, empresas públicas, privadas y usuarios o clientes

- **Métodos:** las técnicas en las cuales se basaron para obtener los resultados son:
  1. Técnica de filtro pasivo
  2. Técnica de filtro activo
  3. Técnica de filtro híbrido
- **Resultados:** La inclusión de estos filtros a diferentes niveles de tensión da como resultado, cual es el más eficiente, para este caso cada tensión evaluada tendrá un filtro adecuado, la experimentación mostro que no todos los filtros son convenientes, en el tercer caso demostró que la solución más aceptable fue la combinación de varios filtros, para llegar a un resultado aceptable.
- **Conclusión:** en la evaluación de las técnicas de mitigación de armónicos encontraron los más fiables o eficientes para cada nivel de tensión los cuales son:
  1.  $1,0 \text{ kV} \leq V$ ; siendo los filtros pasivos los más efectivos
  2.  $11,0 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$ ; para este nivel de voltaje incorporaron un transformador en zigzag, el cual conectado a la de la carga reduce los armónicos de la línea neutra.
  3.  $69 \text{ kV} \leq 161 \text{ kV}$ ; se utilizó la técnica de filtro HHF, la cual es una combinación de las técnicas AHF e PHF.

En el estudio de [7], se detalla la implementación de una modelación de filtros híbridos, para solucionar los efectos generados por la inclusión de las cargas no lineales al sistema eléctrico, tomando en cuenta el rendimiento del sistema y reducir el costo de implementación de estos filtros a la red.

- **Localidad:** Vijiyapur, India 2020
- **Muestra:** Los datos son desarrollados de un circuito eléctrico elaborado en la herramienta MATLAB SIMULINK, el mismo presenta un suministro eléctrico alimentando una carga no lineal especificada a través de un filtro híbrido.
- **Diseño de Filtros.**

Se enfoca en el desarrollo de dos filtros más representativos el Filtro de derivación pasivo PSF y el filtro activo en serie SAF

- **Análisis de Armónicos**

Las especificaciones de este análisis esta realizado al estudio de la conexión del filtro, y el funcionamiento del mismo sin conexión del filtro, para estudiar el voltaje, la corriente, el voltaje de la carga, la corriente de la carga

- **Resultados:** La experimentación demuestra que los valores de los armónicos como tal sin conectar el filtro son demasiados elevados, para concluir un deterioro de la calidad energética, y la implementación del filtro lleva a las alteraciones a valores permisibles para considerarlos nulos.
- **Conclusión:** El análisis realizado al sistema eléctrico simulado señala que la inclusión de la carga no lineal conectado por el filtro diseñado no inyecta armónicos en el sistema como tal, y esta opción de filtros es la más conveniente tanto por la calidad y confiabilidad comparada con otras opciones correctivas.

El desarrollo investigativo de [8], nos permite estudiar una introducción de filtros sintonizados para reducir las alteraciones de la red eléctrica, tomando en cuenta el costo del mismo y si es rentable realizar esta instalación dependiendo de la caída económica que tubo Tailandia, en su momento.

- **Localidad:** Tailandia 2017.
- **Muestra:** Para ilustrarse en el impacto armónico, se hizo uso de un banco de filtros desafinados y realizaron una modelación de la red eléctrica, donde existen cargas eléctricas de grandes dimensiones, como las diferentes partes de una red, en ella cave recalcar un Transformador de potencia de 1600 kVA, un VSD de CA de 6 pulsos, Motor a inducción 185 kW a 0.65 PF en retraso, un banco de capacitores de 240 kVAr a 400V y un banco de filtros desafinado de 380 kVAr a 525 V.
- **Mitigación de Armónicos.**

La técnica en la cual se basaron, para la presente investigación es una aplicación de filtros desafinados ya que, a pesar de ser una solución extensa, es una de las más básicas, fáciles y su implementación es bastante económica.

Pero la misma a pesar de ser un dispositivo muy conveniente sufre de eficiencia para reducir los armónicos en la corriente, y por lo cual no puede reducir estas alteraciones generadas por las demandas del usuario.

- **Resultados:** La formulación mostro valores cambiantes. Para la mitigación de armónicos, no se pudo llegar a una solución definitiva ya que el filtro en si no logra mitigar algunas alteraciones siendo necesario un estudio más a fondo.

- **Conclusión:** La inclusión de estos filtros desafinados generan una solución de armónicos la cual se puede utilizar para corregir el PF, pero en el estudio presentan que es más fiable utilizar una combinación de filtros entre el desafinado y el sintonizado o el filtro activo.

La investigación de [9], propone el desarrollo de un filtro de potencia activa, basada en la teoría PQ, para poder compensar los armónicos de corriente en las redes de distribución.

- **Localidad:** Beijín, China 2017
- **Muestra:** Para la obtención de estos datos, se realizaron los algoritmos expuestos por la teoría PQ, en el cual se incluye un convertidor monofásico el cual será el encargado de inyectar los armónicos de corriente a la red.

- **Teoría de PQ de fase de signo**

Esta teoría también es llamada de la potencia instantánea activa y reactiva, la misma se presenta como una teoría monofásica, la cual presenta los valores de voltaje y corriente, incluyendo tanto sus valores de desfase y su forma sinusoidal

- **Resultados:** La inclusión de un filtro basado en la teoría PQ, dan valores de THD, convenientes, mitigando los mismos llevándolos a valores permisibles en este caso se pudo verificar una reducción de 4% en el THDV y un 35% de THDI.
- **Conclusión:** Como tal la inclusión de este filtro basado en la teoría PQ, se logró una mitigación de los armónicos de corriente, el desarrollo teórico dio resultados positivos el cual dio como sugerencia la implementación de este filtro a redes de distribución reales.

El estudio de [10], planea la inclusión de un transformador de filtrados de armónicos en el sistema de distribución y con ello evitar muchos gastos innecesarios como es la construcción de filtros y luego una inclusión por separado en el sistema eléctrico.

- **Localidad:** Kollam, India 2017
- **Muestra:** Se incluye una modelación del sistema realizado en un diagrama de bloques el cual cuenta con el transformador a estudiar con las siguientes características, 3MVA, delta/estrella, 33kV/433kV, con un suministro de 50 Hz, el cual estará conectado a varias cargas, la más representativa una carga no lineal de una potencia real requerida es de 10kW y de 5 kVAr.
- **Transformador de filtrado armónico pasivo**

El transformador de distribución, tendrá una configuración trifásica de cuatro cables, el cual se conectará de manera estrella delta, las conexiones como tal se realizarán en el delta primario, debido a que la corriente del tercer armónico no puede viajar aguas abajo.

El filtro como tal constara de elementos pasivos RCL, para mitigar especialmente en 5°, 7° y 11° armónico los cuales requieren minimizar.

- **Resultados:** La inclusión de este filtro da como resultado una mitigación de armónicos, pero los valores más representativos son los armónicos de corriente ya que su THDI de 13.98% baja a un valor de 6.77%, se podría decir que el filtro funciona mitigando casi el 50% de las alteraciones en el THDI.
- **Conclusión:** El desarrollo de este transformador es una acción bastante viable en los constantes cambios en la red eléctrica, ya que la misma mitiga los armónicos, y su construcción e implementación son bastante cansillas, aunque el costo es bajo en comparación de otros métodos.

El estudio de [11], se centra en el desarrollo de filtros pasivos para mitigar los efectos generador en el bus del sistema de distribución, ya que los mismos tienen cualidades de ser eficientes, sencillos y de bajo costo, con ello definir una nueva configuración para la inclusión de estos filtros a la red.

- **Localidad:** Singapur 2017.
- **Muestra:** Los datos extraídos se desarrollaron por medio de la herramienta MATLAB / SIMULINK, en el cual se expresa una red eléctrica, el cual estará compuesta por una red trifásica y una red monofásica, para cada tipo de red se ha definido valores, los cuales simularan a una red eléctrica lo más cercana a la realidad.
- **Principio de funcionamiento de la nueva pasiva**
- **Configuración del filtro**

La nueva configuración se basa en la instalación de los filtros en paralelo a las cargas, con filtros pasivos LC para el sistema monofásico y trifásico, con esta configuración se aprecia la extracción de las corrientes distorsionadas del suministro, en el cual mejora la calidad y disminuye las afectaciones de las alteraciones en el bus.

- **Resultados:** Al momento de realizar la experimentación se presentó que los valores del THD tanto del voltaje como de la corriente exceden los límites establecidos, su mitigación fue muy clara ya que los THDV de 29.72% se redujo a 1.09%, y el valor del THDI de 12.9% se redujo a 6.02%.

- **Conclusión:** La nueva configuración es aceptable y muy eficiente en los resultados, a pesar de ser desarrollada de mejor manera incluso con el precio, ya que en el mismo detallas que es más económico, su complejidad recae en la instalación de estos filtros ya que su estudio e implementación resultan ser muy complicados.

### 2.3.1. Resultados del estado del arte

**Tabla 2.3.1.** Resultados del estado del arte

<b>Introducción</b>	El estudio de afectaciones al sistema eléctrico es uno de los más grandes problemas que aquejan al mundo en general, ya que la demanda energética aumenta día con día, esto genera una investigación a fondo sobre este tema, y para poder lograrlo los estudios son realizados en su mayoría de manera teórica apoyados en software de simulación.	
<b>Desarrollo</b>	<b>Presentación general de resultados</b>	Los documentos de más alto impacto o que tienen más semejanza al tema estudiado son 6 los cuales se ha expuesto, un detalle de su estudio, ya que los mismo presentan una semejanza a los temas de estudio: El THD tanto del voltaje como de la corriente. La estabilidad del Voltaje LA mitigación de Armónicos Filtros Activos, Pasivos e híbridos.
	<b>Descripción de Factores</b>	Los textos estudiados se caracterizan por la simulación de sus datos, y la semejanza de los mismo con la realidad. El artículo 5 recalca una nueva manera de introducir un método para la mitigación de armónicos, el cual se basa en una instalación conjunta con el transformador, esto quiere decir que el transformador ya venga incluido con estos sistemas, una solución bastante novedosa y según los resultados bastante eficiente.

	<p><b>Conclusiones en relación con la investigación</b></p>	<p>Todos los estudios e investigación tenemos un punto en común, lo cual es el uso de filtros pasivos para la mitigación de armónicos.</p> <p>El apoyo de una herramienta de simulación como lo es el MATLAB, es muy usado para este tipo de estudios, ya que en 4 de los 7, documentos expuestos lo usan.</p> <p>La mitigación de armónicos se evidencia, en la corriente ya que en todos los documentos como en el estudio presente los mayores índices de afectaciones se evidencian en la corriente y los filtros usados logran mitigar la mayoría de estas afectaciones.</p>
--	---	---

Elaborado por: Victor Aldaz.

# CAPÍTULO III

## REGULACIÓN ARCONEL 005/18



**Figura.3.1.** Zona Residencial Bosquejada para el análisis Regulatorio  
Elaborado por: Victor Aldaz.

### 3.1. Definición de Calidad

La calidad proviene del primer producto hecho por el hombre e inicialmente se traduce como "beneficio", pero con el tiempo, además de encontrar el producto adecuado para usar, también debe ser atractivo. Es decir, tiene ciertas características. Porque los clientes los valoran. En la Edad Media se crearon mercados basados en el valor de la calidad del producto y la cultura de marcas conocidas, y esta práctica sigue siendo muy popular considerando el arte del diseño y la observación. Los intereses aumentan. Gracias a productos de la misma profesión. Esta tendencia cambió con el inicio de la era industrial y los talleres dieron el estatus de industria de producción en masa. Debido a la gran cantidad de demandas combinadas con el espíritu de mejora de la calidad del trabajo, el mismo organizador que el sistema de producción realiza las actividades de inspección. Hoy en día, la calidad del producto o servicio es el conocimiento que un cliente tiene sobre el producto y es la relación espiritual del consumidor la que tiene la capacidad de aceptar el producto o servicio y satisfacer sus necesidades. Con los avances en la ciencia y la tecnología, es necesario desarrollar nuevos métodos de control de calidad. Con la disponibilidad de métodos y sistemas de control de calidad, surgieron nuevos métodos. [12].

### **3.2. Calidad Eléctrica**

La calidad eléctrica, está compuesta por varios factores en el cual destacan la forma de onda del voltaje y de la corriente, en ello [13], destaca que el aumento creciente de la demanda eléctrica, obliga a los estados a generar más fuentes de energía en ello se recurren a las fuentes de energías renovables .

La introducción de estas nuevas generaciones, a la red eléctrica, generan una gran preocupación, ya que las mismas presentan nuevas alteraciones a red como tal, y en ella se ve un declive en la calidad de energía, es por eso que según [13], se debe realizar un estudio anual, para poder evidenciar el estado real en el que se encuentra la red.

### **3.3. Regulación Técnica de Calidad**

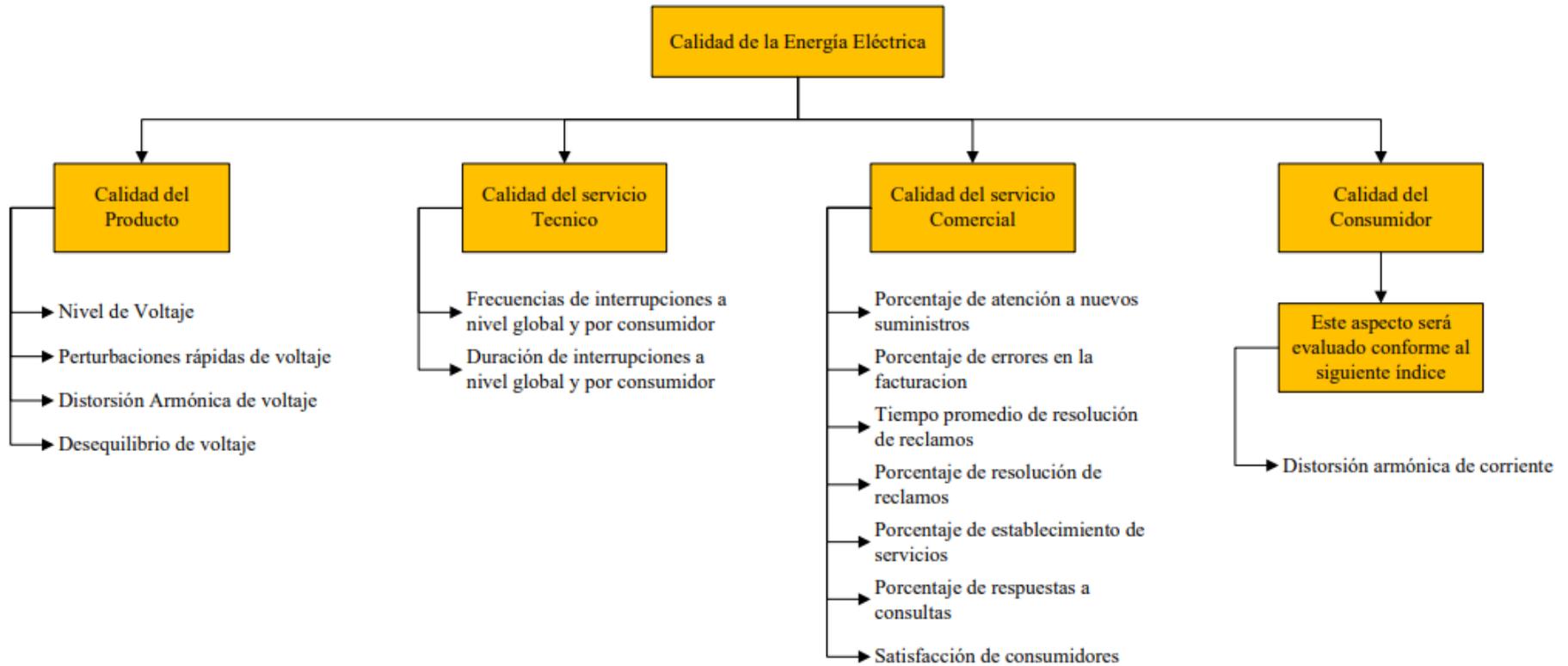
#### **3.3.1. Regulación Técnica ARCONEL 005/18**

Establecer indicadores, limitaciones sobre la calidad de las actividades de distribución energética y su publicidad. Si es necesario, se determinarán los pasos de medición, registro y evaluación que seguirán su distribución al consumidor.

### **3.4. Calidad del Sistema Eléctrico**

El término calidad energética se utiliza para describir una combinación de propiedades que hacen que el suministro de energía y los productos de servicio satisfagan las expectativas del consumidor, estas características pueden definirse en 3 parámetros, estos indicadores son evaluados por la Regulación del ARCONEL 005/18, las cuales son:

#### **3.4.1. Criterios establecidos por la norma técnica ARCONEL 005/18**



**Figura.3.4.1.** Aspectos Técnicos [14].  
Elaborado por: Victor Aldaz.

### 3.5. Aspectos de calidad eléctrica

#### 3.5.1. Voltaje [V]

El voltaje eléctrico se define como la presión ejercida por un campo eléctrico sobre una carga eléctrica en un circuito cerrado, dando como resultado la formación de un flujo de corriente. Para la evaluación de la calidad se usará un índice determinado por la Regulación del ARCONEL 005/18:

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_n} * 100 \text{ [%]} \quad (1)$$

Donde:

$\Delta V_k$  Variación del voltaje suministrado respecto al voltaje nominal en el punto k

$V_k$  Voltaje de suministro en el punto k, determinado como el promedio de las medidas registradas

$V_N$  Voltaje nominal en el punto k.

##### 3.5.1.1. Límites

Las variaciones de voltajes admitidos serán los siguientes:

**Tabla 3.4.1.1.** Rangos admisibles para el voltaje [14].

Nivel de Voltaje	Rango Admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	$\pm 5.0 \%$
Medio Voltaje	$\pm 6.0 \%$
Bajo Voltaje	$\pm 8.0 \%$

Elaborado por: Victor Aldaz.

##### 3.5.1.2. Verificación del rango admisible de voltaje en el punto de medición

Para el cumplimiento óptimo de la variación del voltaje, al realizar el respectivo calculo nos debe cumplir con una medición del 95% continua, estos valores registrados deben operar en los rangos establecidos, este valor acreditará a que el voltaje se encuentra dentro del rango admisible de funcionamiento.

#### 3.5.2. Distorsión Armónica del Voltaje

Se evaluará el THD de voltaje y el THD total, conforme a los siguientes parámetros:

$$V_{h,k} = \sqrt{\frac{1}{200} \sum_{i=1}^{200} (V_{h,i})^2} * 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

$$DV_{h,k} = \frac{V_{h,k}}{V_n} * 100 \text{ [%]} \quad (3)$$

$$THD_k = \left[ \frac{1}{V_n} \sqrt{\sum_{h=2}^{50} (V_{h,k})^2} \right] * 100 \text{ [%]} \quad (4)$$

Donde:

- $V_{h,k}$  Armónica de voltaje h en el intervalo de 5 minutos
- $V_{h,i}$  Valor eficaz (rms) de la armónica de voltaje h, medido cada 3 segundos
- $DV_{h,k}$  Factor de distorsión individual de voltaje de la armónica h, en el intervalo k de 5 minutos
- $THD_k$  Factor de distorsión armónica total del voltaje
- $V_n$  Voltaje nominal en el punto de medición.

### 3.5.2.1. Límites

Los índices máximos establecidos para la THD individual y total son los siguientes:

**Tabla 3.4.2.1.** THD máximo de voltaje (% de voltaje nominal) [14].

Nivel de Voltaje	Armónica Individual [%]	THD [%]
Bajo Voltaje	5.0	8.0
Medio Voltaje	3.0	5.0
Alto Voltaje (Grupo 1)	1.5	2.5
Alto Voltaje (Grupo 2)	1.0	1.5

Elaborado por: Vitor Aldaz.

### 3.5.2.2. Verificación de los índices de THD de voltaje en el punto de medición.

La eficiencia del THD tanto individual como el factor total, son aceptables cuando el 95% de todos los datos recaudados se encuentran operando dentro de los rangos admisibles descritos por la norma regulatoria.,

### 3.5.3. Desequilibrio de Voltaje

La presente se evaluará con la siguiente formula y se la realizar en un punto del sistema de distribución.

$$Desequilibrio\ de\ Voltaje = \left| \frac{-V}{+V} \right| * 100 [\%] \quad (5)$$

Donde:

- $-V$  Componente de secuencia negativa de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas
- $+V$  Componente ponente de secuencia positiva de voltaje, determinado como el promedio de las medidas registradas

### 3.5.3.1. Limite

La norma nos indica que el nivel máximo permitido para su operación es del 2%, esto ocurre en todos sus niveles.

### **3.5.3.2. Verificación del índice para el desequilibrio del voltaje**

Para la verificación de este índice la norma nos explica que dentro del 95% de todos los datos obtenidos, estos datos mismo deben operar dentro de un desequilibrio máximo del 2%.

### **3.6. Definiciones de importancia.**

#### **Ahorro Energético**

Según [15], el ahorro energético es la disminución de la corriente consumida, para el cual se pueden realizar varias técnicas o modificando el comportamiento de uno mismo, en la actualidad el ahorro de energía ayuda a reducir el impacto a la contaminación del ambiente, combatiendo con ello el calentamiento global el cual en este momento generan muchos cambios ambientales.

#### **Desarrollo sostenible**

Reside en complacer la exigencia de la vida diaria, tanto de la generación como del consumidor, dando un servicio de calidad sin necesidad de involucrar a las futuras generaciones de energía, para que ellas puedan satisfacer sus propias exigencias.

#### **Eficiencia Energética**

Según [16], la eficiencia energética constituye al uso correcto de la energía, con esto se busca cuidar al medio ambiente, tomando acciones como la reducción de consumo eléctrico y exigir al cliente a usar la energía en lo indispensable.

# CAPÍTULO IV

## METODOLOGÍA

### 4.1. Diseño investigativo

El enfoque de análisis en el proyecto será el de cantidades, ya que nos asaremos en la toma de datos en base a una experimentación desarrollada, desarrollando una técnica de análisis a las características y rasgos de importancia del fenómeno estudiado.

En el análisis de la experimentación sobresalen dos tipos de variables las cuales son:

- a) Variables dependientes: Calidad de la Energía Eléctrica
- b) Variables independientes: Indicadores Eléctricos

**Tabla 4.1.** Función de las Variables a Analizar

Variable	Definición	Obtención de datos	Indicadores	Medición
<b>Variable Independiente</b>	Elementos que influyen en la calidad de energía eléctrica	Se obtendrá realizando estudios de campo	Tensión [V]	Intervalo
			Frecuencia [Hz]	Intervalo
			Intensidad [A]	Intervalo
<b>Variable Dependiente</b>	Combinación de características a través de las cuales el producto y el suministro eléctrico corresponden a las expectativas del cliente	Se obtendrá mediante el análisis en función a los parámetros de calidad definidos por la Regulación ARCONEL 005/18	Tensión: Variación porcentual en el intervalo de duración del experimento	Analizado
			Frecuencia: Variación sobre la frecuencia nominal	Analizado

Elaborado por: Victor Aldaz.

### 4.2. Localidad y muestra

#### 4.2.1. Localidad

La localidad a analizar será el conjunto habitacional localizado en la ciudadela de Conocoto, nombrado “Conocoto Gardens”

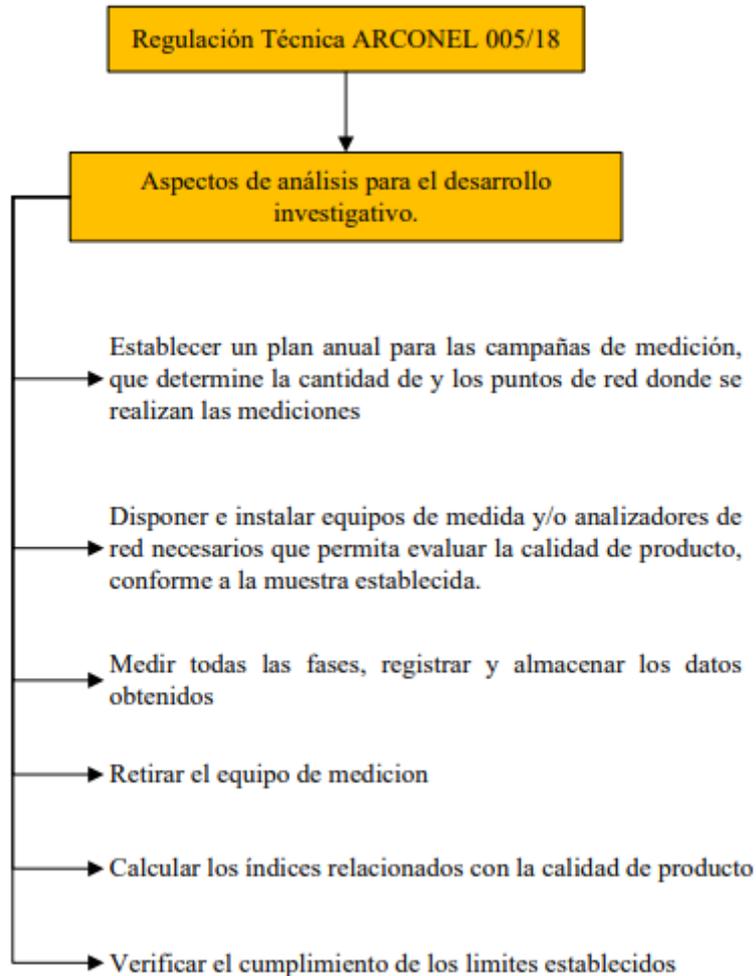
#### 4.2.2. Muestra

El presente estudio presenta características del tipo censal, en el cual se analizará el fenómeno de la demanda energética en el intervalo de un tiempo determinado.

### 4.3. Desarrollo investigativo e implementos de medición

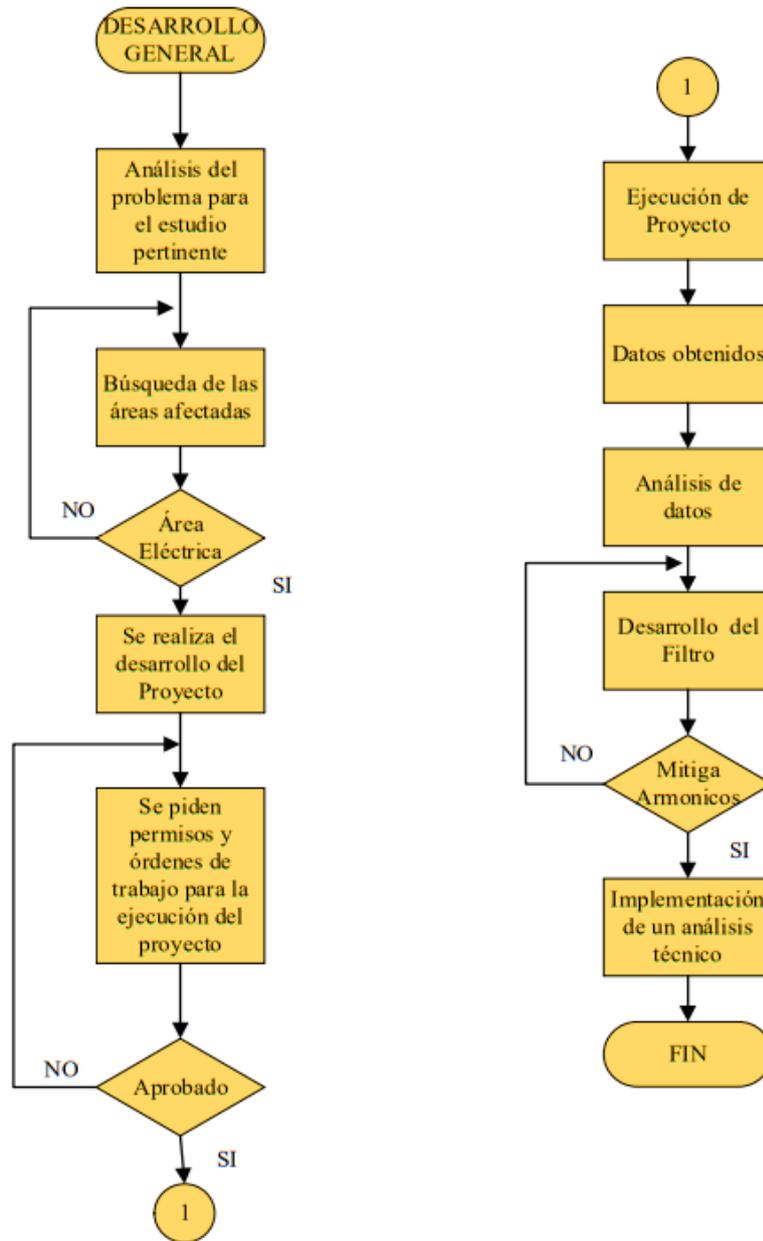
#### 4.3.1. Desarrollo investigativo

La experimentación realizada se desarrolló en base a la Regulación ARCONEL 005/18, el cual contiene un plan para la toma de medidas de estas variables a analizar, los aspectos expuestos por la regulación son los siguientes:



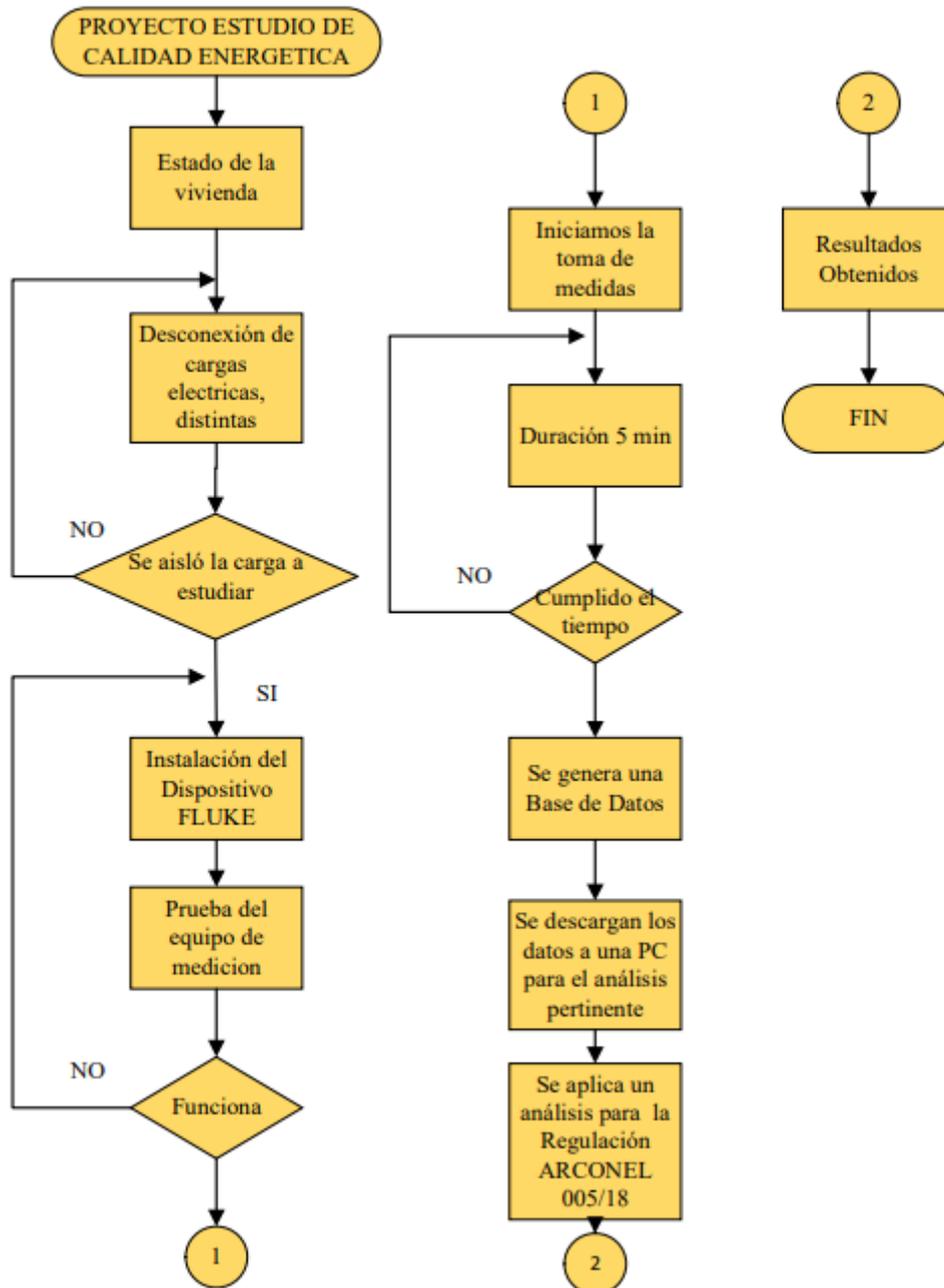
**Figura.4.3.1.** Desarrollo experimental  
Elaborado por: Victor Aldaz

Según los puntos establecidos por la Regulación Técnica del ARCONEL 005/18, se ha desarrollado una guía para la toma de medidas que se realizarán en el conjunto habitacional “Conocoto Gardens”



**Figura. 4.3.1.** Ejecución general del proyecto y análisis a la problemática  
Elaborado por: Victor Aldaz

El presente diagrama de flujo declara una serie de acciones que se realizaron para poder desarrollar el tema de estudio, con ello definir los objetivos y problemática encontrada para así poder dar un análisis técnico a la red eléctrica estudiada, con ella poder presentar una posible solución a los problemas, manteniendo el criterio establecido por la norma ARCONEL 005/18.



**Figura. 4.3.2.** Desarrollo de la experimentación establecida  
Elaborado por: Victor Aldaz

El desarrollo de la experimentación fue establecido por la norma ARCONEL 005/18, el diagrama presenta los pasos más destacables que se realizaron, en ella se definieron tiempos y el punto de medida el cual la norma establece que se realice cerca del punto de fallos o más averías en este caso fue el punto de carga donde se alimenta el calefón a inducción.

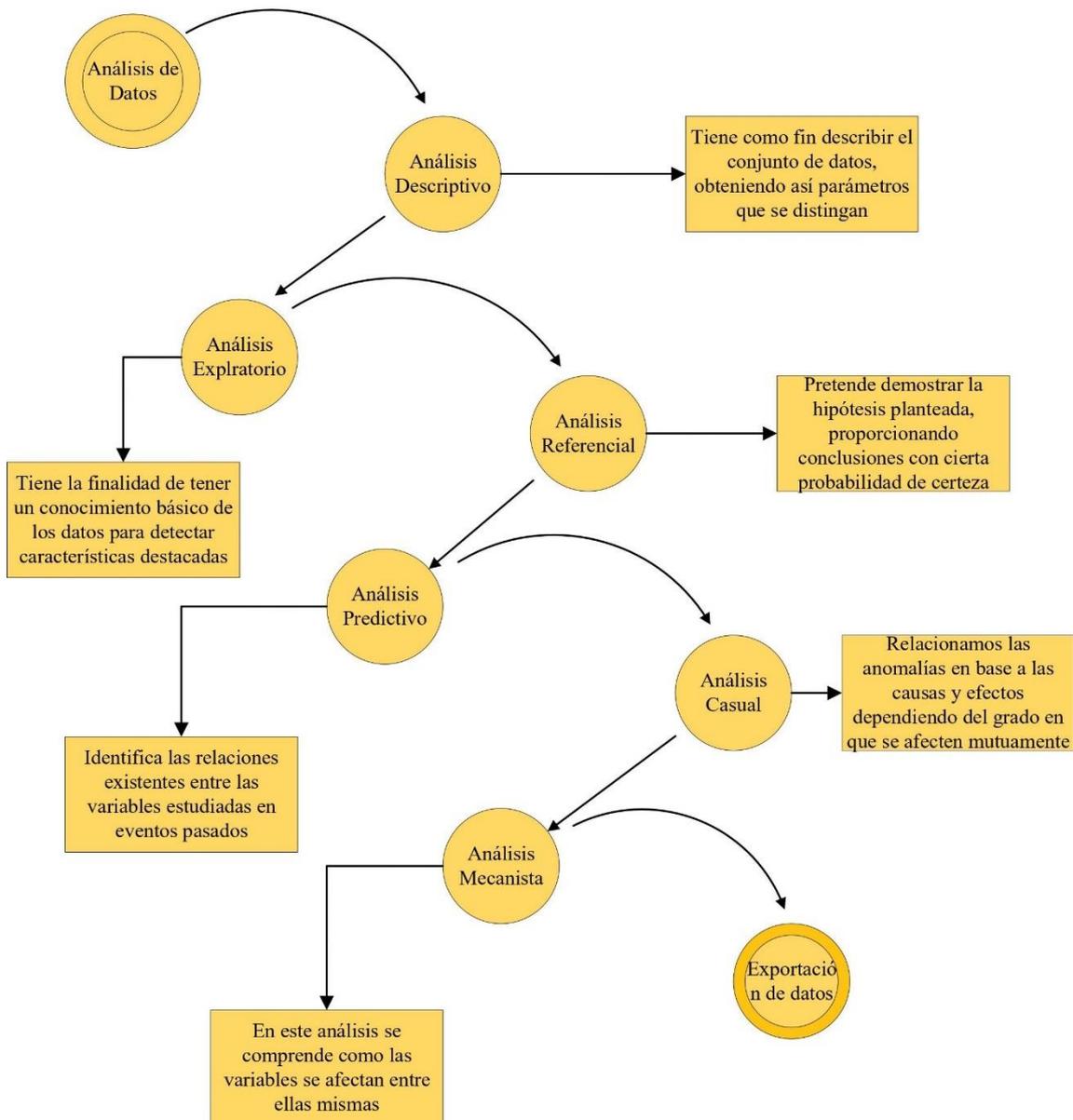
#### 4.3.2. Instrumento de medición

Para la toma de mediciones emplearemos una analizador Fluke, en el cual detallaremos los parámetros a medir en el Anexo1.

#### 4.4. Técnica para el estudio de datos

La técnica empleada para el estudio de calidad energética, emplearemos un método de indagación estadístico para los datos registrados durante la experimentación. Los datos se describirán mediante tablas, graficas estadísticas, así que también se emplean las medidas más relevantes tales como el valor mínimo, medio y máximo, verificando la operabilidad de los mismos mediante valores expuesto por la norma técnica a estudiar.

Los valores adquiridos mediante la experimentación planteada serán estudiados y analizados por el software Matlab, siguiendo los análisis pertinentes como:



**Figura. 4.4.** Análisis Implementados para el estudio pertinente  
Elaborado por: Victor Aldaz

Se presenta un breve resumen de las análisis realizados a la base de datos, obtenidos en la experimentación, según [17], el manejo de grandes datos por medio de software,

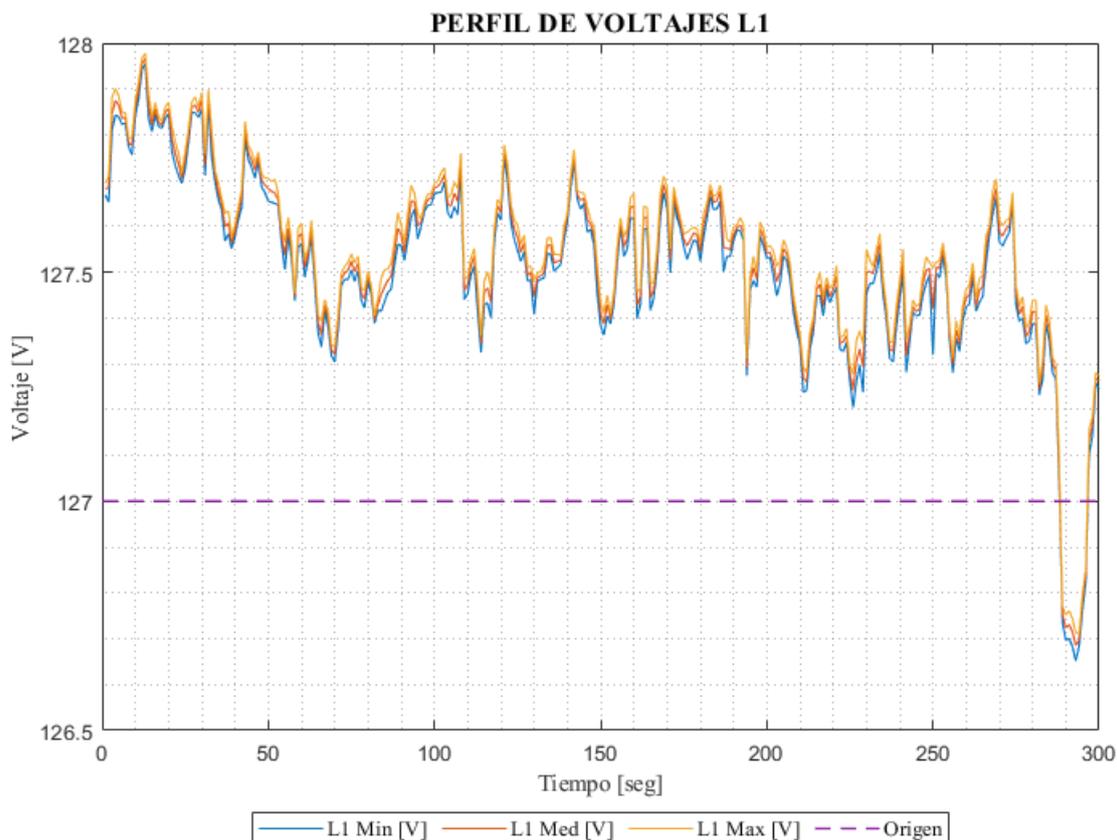
requieren diferente análisis, para evitar datos redundantes, reducir el consumo de tiempo y obtener datos más específicos.

# CAPÍTULO V

## RESULTADOS

### 5.1. VALORES REGISTRADOS DEL VOLTAJE EN L1

Las siguientes imágenes detallan la información exacta obtenida por el aparato de medición Fluke. Se detallan los valores medidos en mínimas, medias y máximas.



**Figura. 5.1.** Grafica de Voltaje L1  
Elaborado por: Victor Aldaz

**Tabla 5.1.** Voltajes medidos en la línea 1

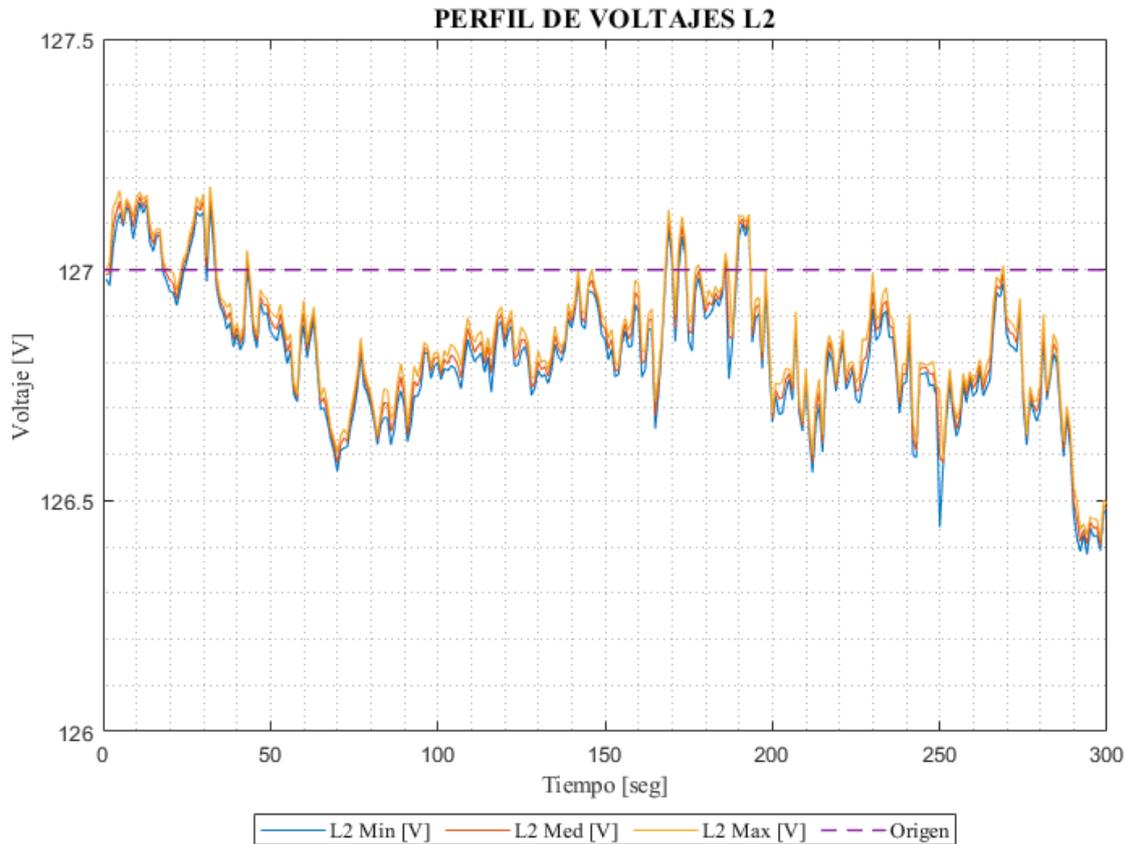
	Voltaje Línea 1 Mínimo [V]	Voltaje Línea 1 Medio [V]	Voltaje Línea 1 Máximo[V]
VALOR MAX	127.9550	127.9670	127.9780
VALOR MEDIO	127.4913	127.5113	127.5307
VALOR MINIMO	126.6520	126.6860	126.7120
VALOR MEDIO TOTAL		127.5111	

Elaborado por: Victor Aldaz

**Observaciones:** Los datos en la imagen de voltaje muestran que a pesar de la carga puesta en la red mantiene los límites permitidos de tensión especificados por la Norma Técnica

de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), ( $\pm 5\%$ ). Para este caso la sobretensión encontrada en esta línea es del ( $\pm 3\%$ ). Se midió una tensión nominal de 127 [V] por línea, por ende, el rango máximo de operación es 133 [V]. y el valor máximo de trabajo obtenido fue 127.9780 [V].

## 5.2. VALORES REGISTRADOS DEL VOLTAJE EN L2



**Figura. 5.2.** Grafica de Voltaje L2  
Elaborado por: Victor Aldaz

**Tabla 1.2.** Voltajes medidos en la línea 2

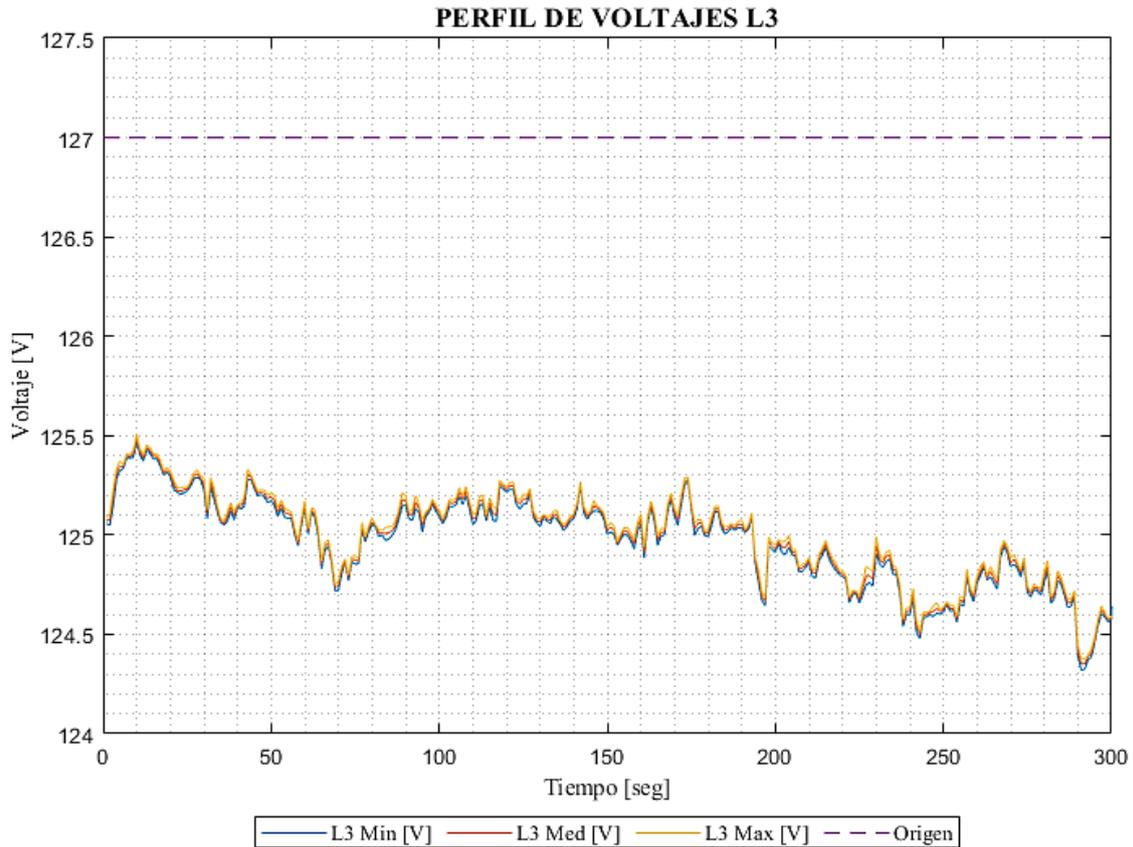
	Voltaje Línea 2 Mínimo [V]	Voltaje Línea 2 Medio [V]	Voltaje Línea 2 Máximo [V]
VALOR MAX	127.1450	127.1620	127.1800
VALOR MEDIO	126.7518	126.7711	126.7900
VALOR MINIMO	126.3918	126.4127	126.4345
VALOR MEDIO TOTAL		126.7709	

Elaborado por: Victor Aldaz

**Observaciones:** Los datos en la imagen de voltaje muestran que a pesar de la carga puesta en la red mantiene los límites permitidos de tensión especificados por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), ( $\pm 5\%$ ). Para este caso la sobretensión

encontrada en esta línea es del ( $\pm 3\%$ ). Se midió una tensión nominal de 127 [V] por línea, por ende, el rango máximo de operación es 133 [V]. y el valor máximo de trabajo obtenido fue 127.1800 [V]. para este grafico a diferencia de la FIGURA5.1., nos detalla una disminución de voltaje.

### 5.3. VALORES REGISTRADOS DEL VOLTAJE EN L3



**Figura. 5.3.** Grafica de Voltaje L3  
Elaborado por: Victor Aldaz

**Tabla 5.3** Voltajes medidos en la línea 3

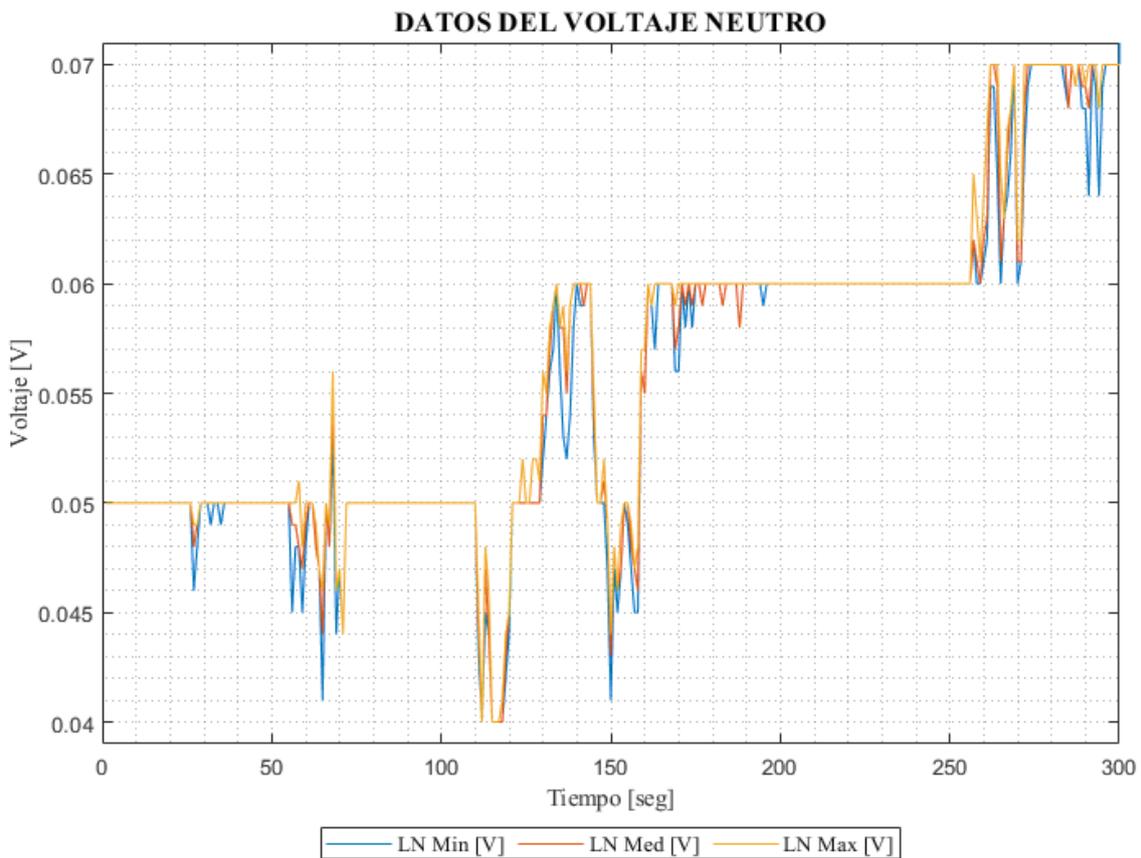
	Voltaje Línea 3 Mínimo [V]	Voltaje Línea 3 Medio [V]	Voltaje Línea 3 Máximo [V]
VALOR MAX	126.4380	126.4380	126.4380
VALOR MEDIO	124.9265	124.9425	124.9607
VALOR MINIMO	124.3195	124.3211	124.3423
VALOR MEDIO TOTAL		124.9432	

Elaborado por: Victor Aldaz

**Observaciones:** Los datos en la imagen de voltaje muestran que a pesar de la carga puesta en la red mantiene los límites permitidos de tensión especificados por la Norma Técnica

de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE), ( $\pm 5\%$ ). Para este caso la sobretensión encontrada en esta línea es del ( $\pm 3\%$ ). Se midió una tensión nominal de 127 [V] por línea, por ende, el rango máximo de operación es 133 [V]. y el valor máximo de trabajo obtenido fue 126.4380 [V]. para este grafico a diferencia de la FIGURA 1 y FIGURA 2 nos detalla una disminución de tensión aún más prominente lo que nos lleva a definir un desbalance energético al momento de poner a funcionar el calefón a inducción, en la cual el valor mínimo registrado es de 124.3195 [V].

#### 5.4. DATOS DE VOLTAJE DEL NEUTRO



**Figura. 5.4.** Grafica del Voltaje del Neutro  
Elaborado por: Victor Aldaz

**Tabla 5.4.** Voltajes medidos en la línea de neutro

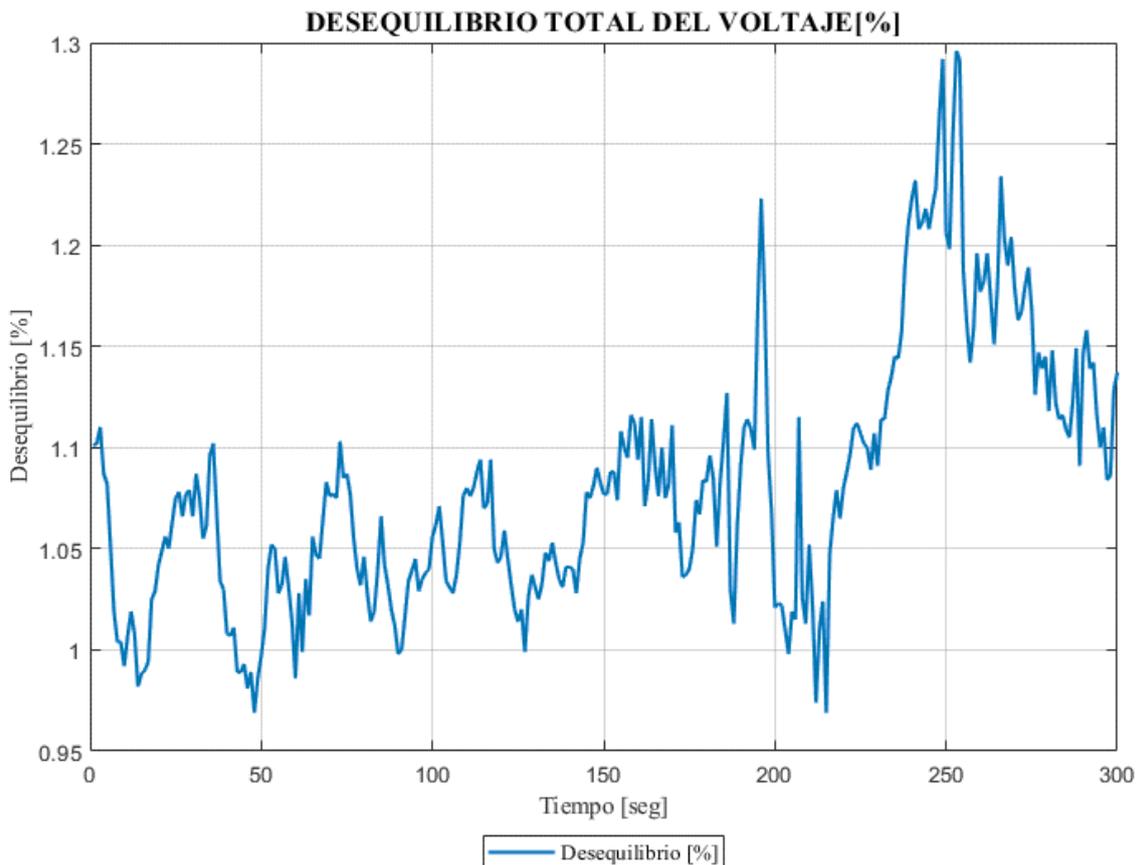
	Voltaje LN Mínimo [V]	Voltaje LN Medio [V]	Voltaje LN Máximo [V]
VALOR MAX	0.0700	0.0700	0.0700
VALOR MEDIO	0.0475	0.0525	0.0510
VALOR MINIMO	0.0400	0.0400	0.0400
VALOR MEDIO TOTAL		0.0503	

Elaborado por: Victor Aldaz

#### Observaciones:

- El valor más bajo registrado es 0.04 [V]
- El volar máximo registrado es 0.07 [V]
- El valor medio total es 0.0503 [V]

### 5.5. DESEQUILIBRIO TOTAL DEL VOLTAJE EN BASE A LA REGULACION DEL ARCONEL 005/18



**Figura. 5.5.** Desequilibrio Total del Voltaje  
Elaborado por: Victor Aldaz

#### Observaciones:

- El nivel mínimo es 0.9690 [%]
- El nivel más alto es 1.2960 [%]
- El nivel medio es 1.0540 [%]

Según la Regulación del ARCONEL 005/18, los desbalances en cuanto a tensión hacen referencia, a que existen dos niveles de permitividad los cuales son:

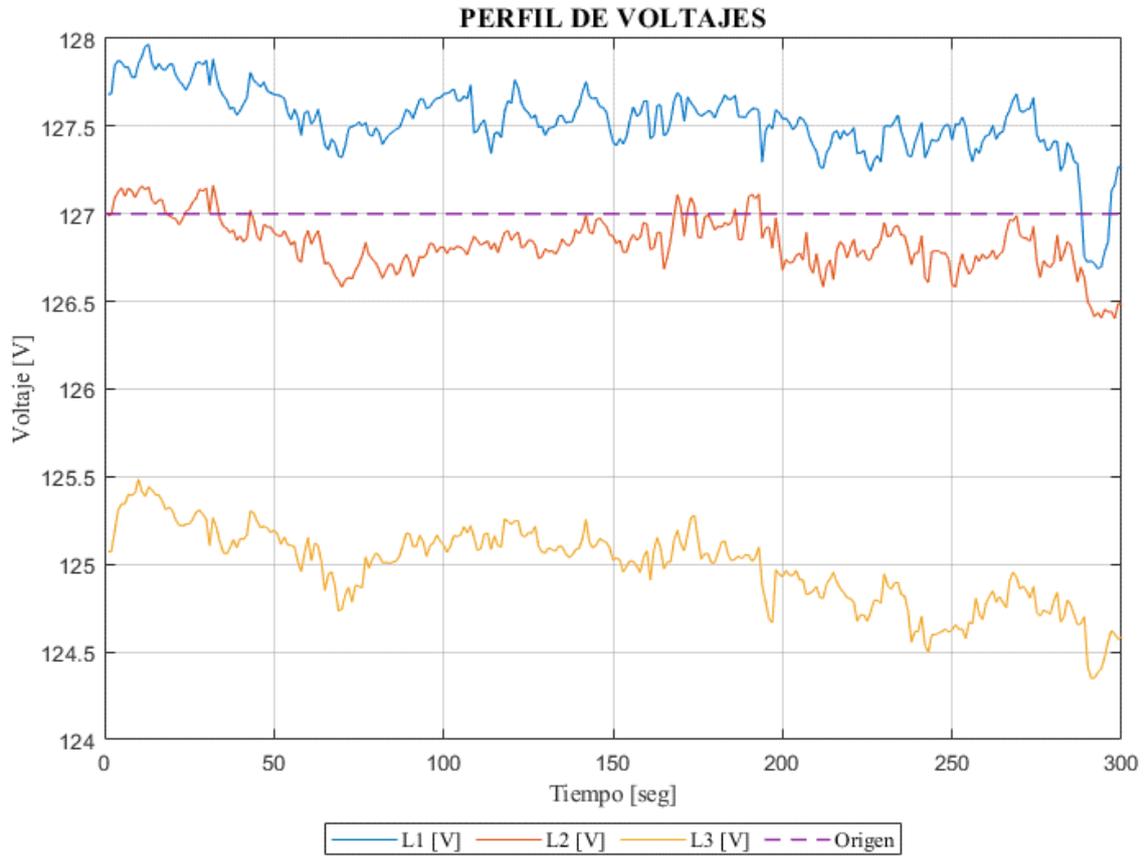
Menor a 1kV donde el desbalance máximo permitido es igual al 3%

Mayor a 1kV donde el desbalance máximo permitido es igual al 2%

En este caso el desbalance encontrado, es de un máximo de 2.960%, el cual se mantiene dentro de los rangos permisibles en cuanto a la norma se refiere. Cabe recalcar

que esta medición se realizó suponiendo que el índice del desequilibrio del voltaje, de la red estaba operando en los rangos admisibles de la regulación.

## 5.6. ANÁLISIS DEL VOLTAJE EN BASE A LA REGULACIÓN DEL ARCONEL 005/18



**Figura. 5.6.** Voltajes medios L1-L2-L3  
Elaborado por: Victor Aldaz

**Tabla 5.6.** Magnitudes de las líneas L1-L2-L3

	Voltaje L1 [V]	Voltaje L2 [V]	Voltaje L3 [V]
VALOR MAXIMO	127.9670	127.1620	126.4380
VALOR MEDIO	127.5113	126.7711	124.9425
VALOR MINIMO	126.6860	126.4127	124.3211
VALOR MEDIO TOTAL		126.4083	

Elaborado por: Victor Aldaz

### 5.6.1. Calidad Energética

La calidad de nivel de voltaje se lo determina por la formula expuesta a continuación:

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_n} * 100 [\%]$$

Donde:

$\Delta V_k$  Variación del voltaje suministrado respecto al voltaje nominal en el punto k

$V_k$  Voltaje de suministro en el punto k, determinado como el promedio de las medidas registradas

$V_N$  Voltaje nominal en el punto k.

**Desarrollo.**

$$\Delta V_k = \frac{V_k - V_N}{V_n} * 100 [\%]$$

$$\Delta V_k = \frac{126.4083 - 127}{127} * 100 [\%]$$

$$\Delta V_k = 99.0681 [\%]$$

Parámetros establecidos para los voltajes según la norma estudiada.

**Tabla 5.6.1.** Límite para la variación de voltaje [14].

Nivel de Voltaje	Rango Admisible
Alto Voltaje (Grupo 1 y Grupo 2)	$\pm 5.0 \%$
Medio Voltaje	$\pm 6.0 \%$
Bajo Voltaje	$\pm 8.0 \%$

Elaborado por: Victor Aldaz.

La empresa eléctrica en este caso entrega la energía con los valores de voltajes admisibles en el punto de medición, en el periodo de evaluación registrado aun con la carga en funcionamiento la red no se ve muy afectada y no representa un problema a la red eléctrica, cabe recalcar que en este estudio se presentan las mediciones con la carda inductiva aislada, la cual por si solo genera un desbalance del  $\pm 3\%$ , valor admisible según la regulación.

### 5.7. DATOS DE LA CORRIENTE

El analizar de energía Fluke, cuando se realizó la experimentación por medio del mismo se obtuvieron 3 tipos de datos para cada línea la cual representan los valores de muestra en su máximo, mínimo y medio valor.

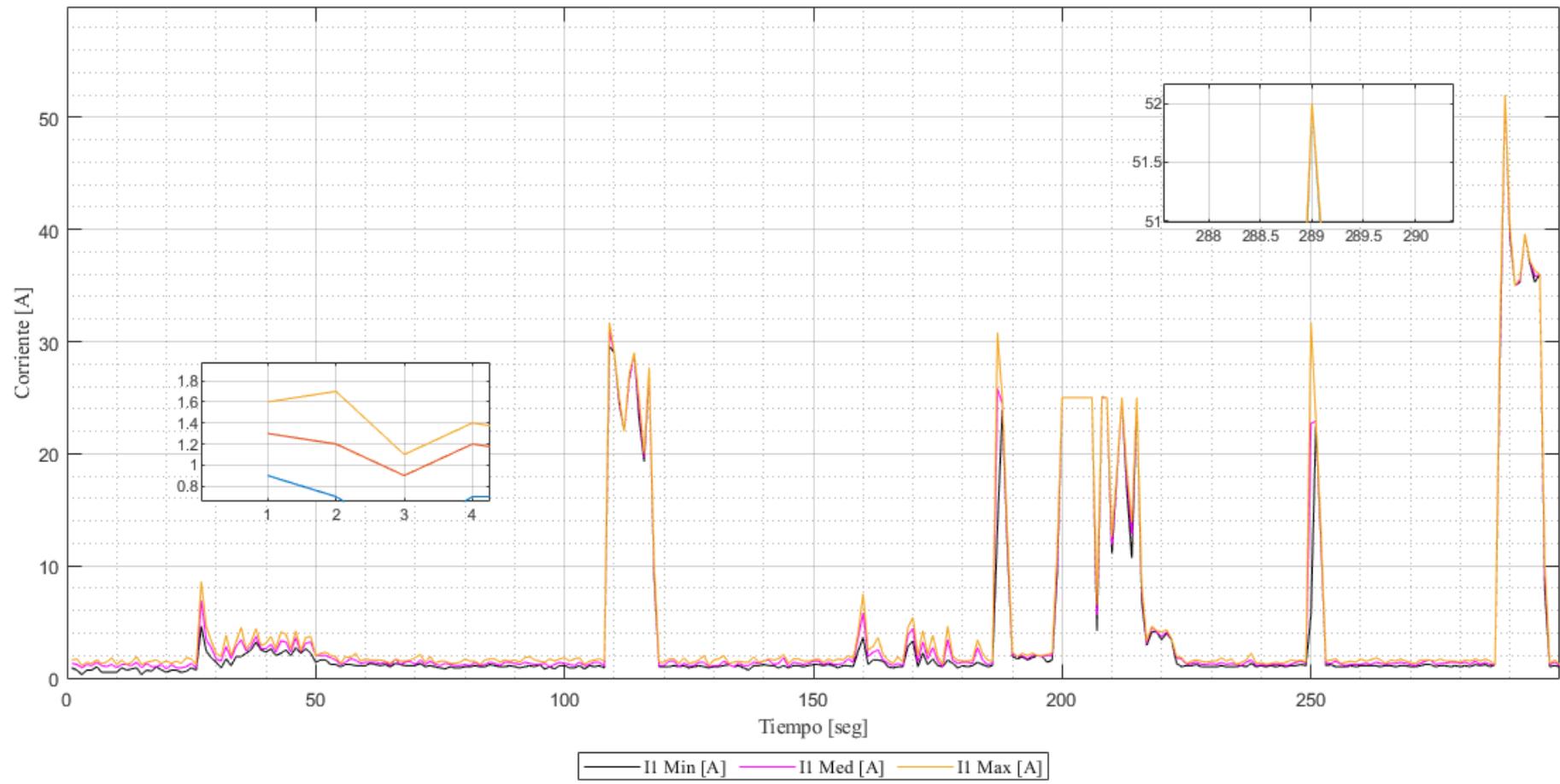
Al momento de observar los datos de la corriente se tomarán en consideración los parámetros expuestos:

- Los datos de la intensidad en cada línea deberán ser lo más semejantes posible para así corroborar una conexión de cargas equilibradas.

- Los datos de la intensidad que circula en el neutro de asemejarse a cero, para así demostrar que las líneas se encuentran equilibradas [6].

## **5.8. VALORES REGISTRADOS DE LA CORRIENTE EN L1**

### PERFIL DE CORRIENTE L1



**Figura. 5.8.** Gráfico de la Corriente L1  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla. 5.8.** Magnitud de las Corrientes en L1

	Valor L1 MIN [A]	Valor L1 MED [A]	Valor L1 MAX [A]
VALOR MAX	52	52	52
VALOR MEDIO	4.3425	4.7821	5.1456
VALOR MINIMO	0.9000	1.2500	1.6000
VALOR MEDIO TOTAL		4.7567	

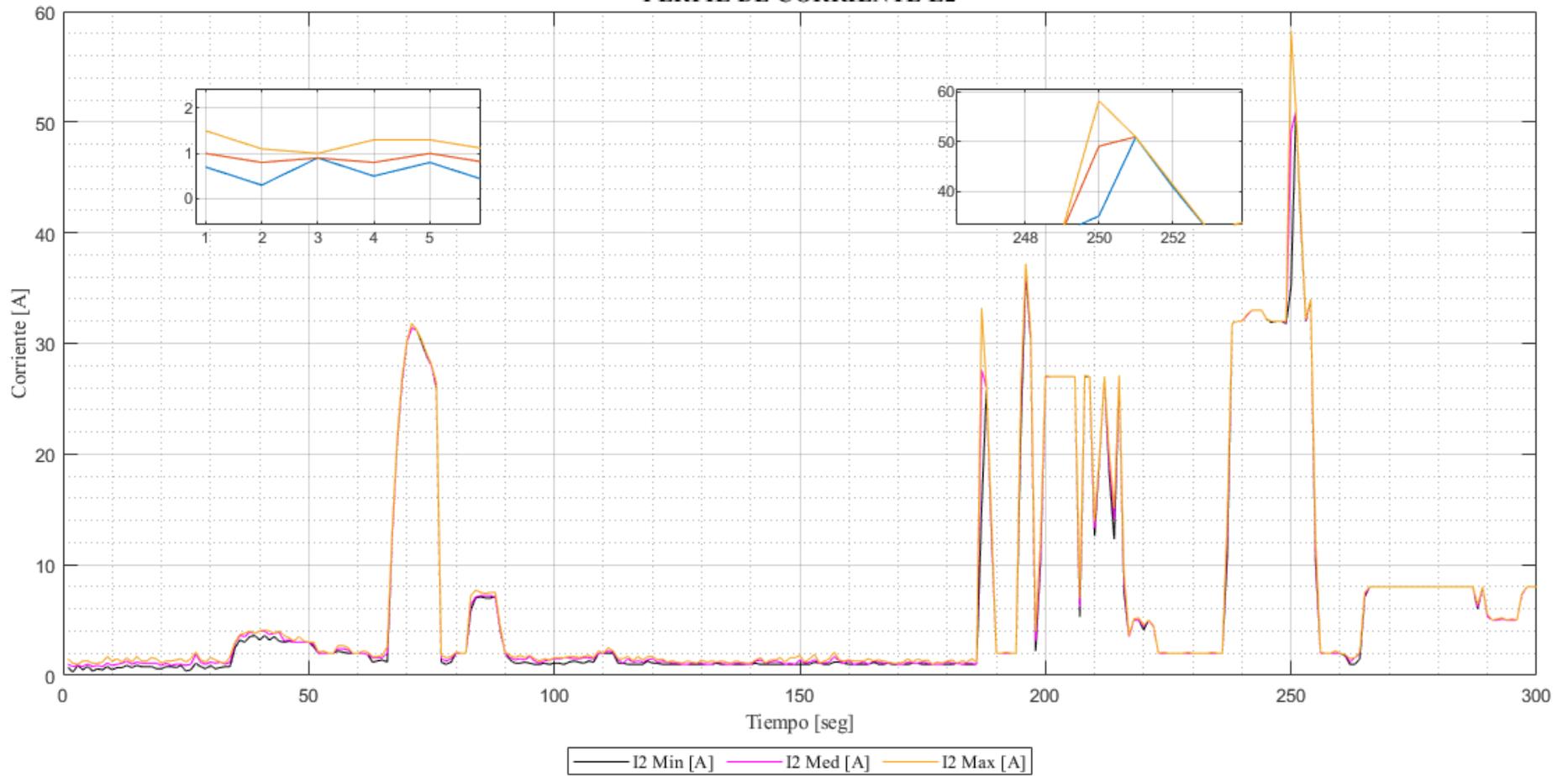
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:** El comportamiento de la intensidad eléctrica, define que existe un consumo elevado a pesar de que la única carga conectada en el calefón a inducción, esto demuestra el gran consumo de energía, de estos aparatos eléctricos, las corrientes alcanzadas son:

- Corriente máxima 52 [A]
- Corriente mínima 0.8000 [A]
- Corriente media total 4.7821 [A]

## **5.9. VALORES REGISTRADOS DE LA CORRIENTE EN L2**

### PERFIL DE CORRIENTE L2



**Figura 5.9.** Grafica de la Corriente L2  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.9.** Magnitudes de las Corrientes en L2

	Valor L2 MIN [A]	Valor L2 MED [A]	Valor L2 MAX [A]
VALOR MAX	50.9000	51	58.2000
VALOR MEDIO	6.5286	6.7909	7.0097
VALOR MINIMO	0.7000	1.0000	1.5500
VALOR MEDIO TOTAL		6.7764	

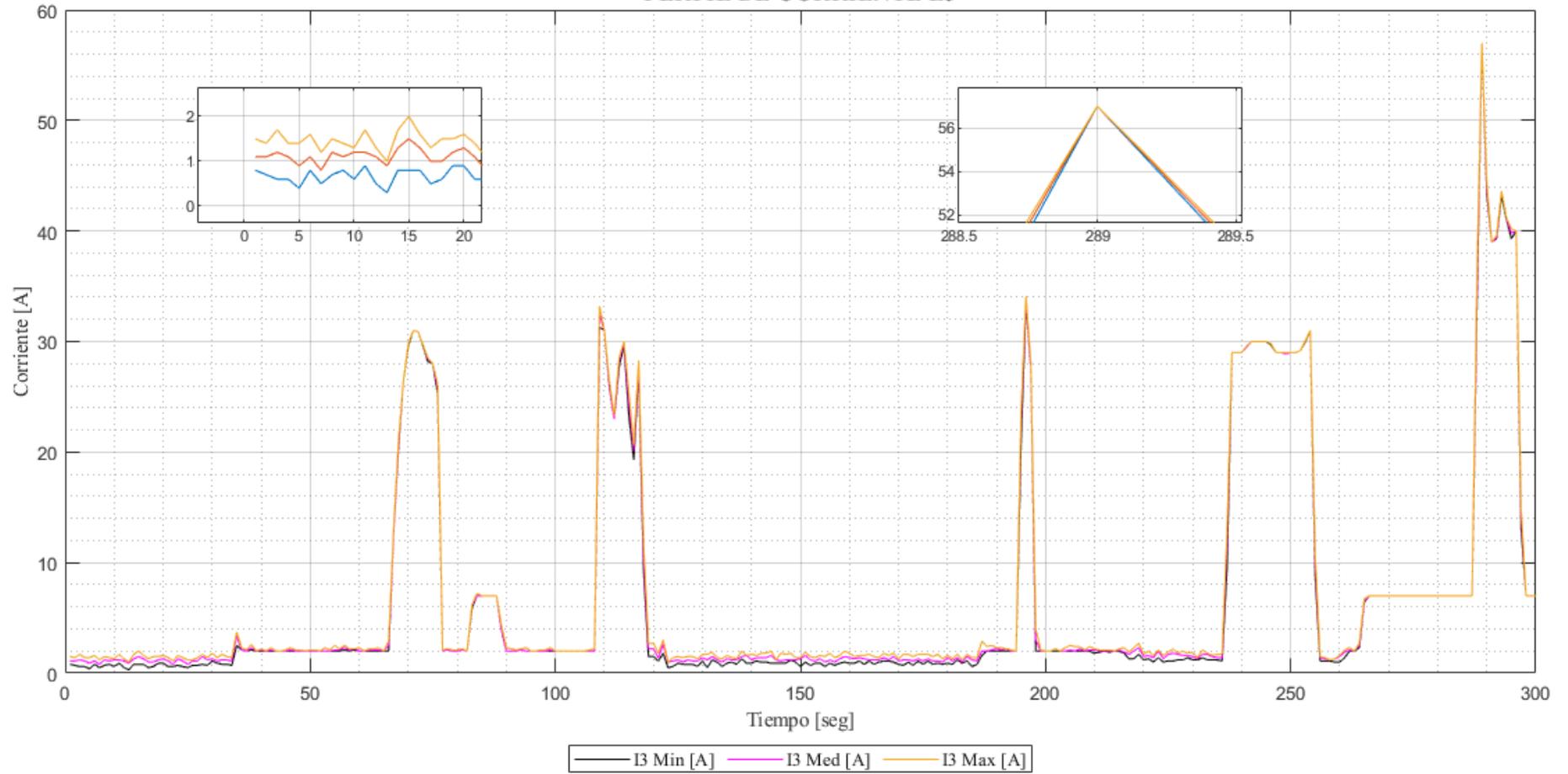
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

- Corriente máxima 58.2000 [A]
- Corriente mínima 0.7000 [A]
- Corriente media total 6.7764 [A]

**5.10. VALORES REGISTRADOS DE LA CORRIENTE EN L3**

### PERFIL DE CORRIENTE L3



**Figura. 5.10.** Grafica de la Corriente L3  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.10.** Magnitudes de las Corrientes L3

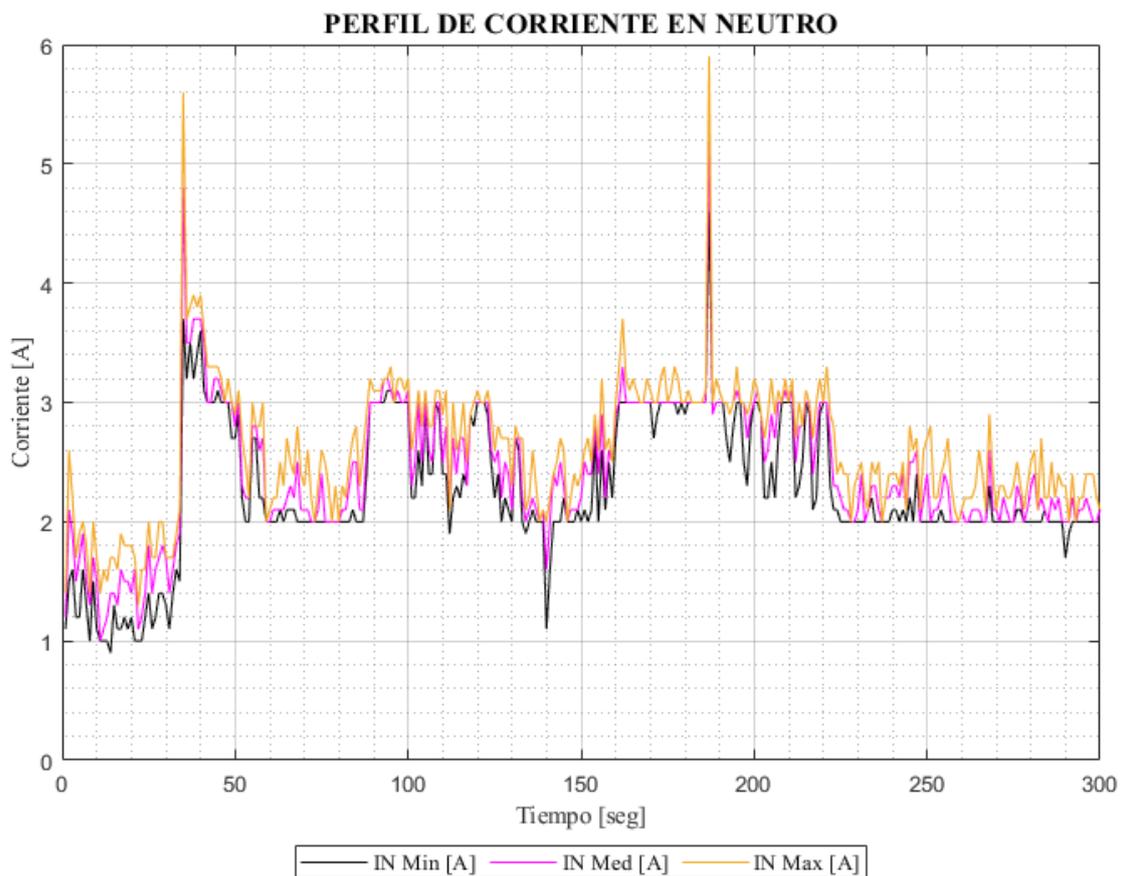
	Valor L3 MIN [A]	Valor L3 MED [A]	Valor L3 MAX [A]
VALOR MAX	57	57	57
VALOR MEDIO	6.5097	6.7506	6.9619
VALOR MINIMO	0.7000	1.0000	1.5340
VALOR MEDIO TOTAL		6.7407	

Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

- Corriente máxima 57 [A]
- Corriente mínima 0.7000 [A]
- Corriente media total 6.7407 [A]

**5.11. VALORES REGISTRADOS DE LA CORRIENTE EN EL NEUTRO**



**Figura. 5.11.** Comportamiento de la Intensidad eléctrica en el Neutro  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.11.** Valores de Corriente medidas en el Neutro

	Valor LN MIN [A]	Valor LN MED [A]	Valor LN MAX [A]
VALOR MAXIMO	4.9000	5.6000	5.9200
VALOR MEDIO	2.2704	2.4437	2.6305

VALOR MINIMO	0.9600	1.0000	1.2100
VALOR MEDIO TOTAL	2.4482		

Elaborado por: Victor Aldaz.

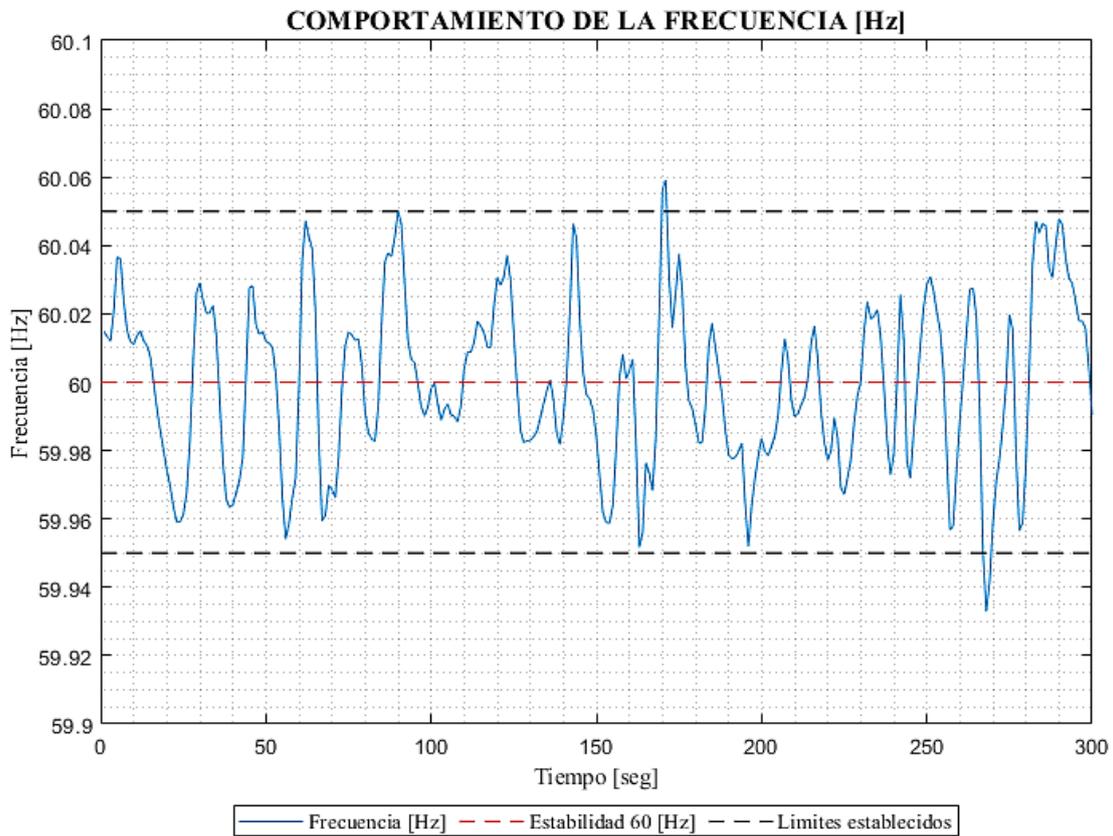
**Observaciones:**

- Corriente máxima 5.920 [A]
- Corriente mínima 0.9600 [A]
- Corriente media total 2.4482 [A]

**5.12. DATOS DE FRECUENCIA**

La siguiente grafica ejemplifica el comportamiento de la frecuencia el cual ha sido extraído por el analizador de energía Fluke, cabe recalcar que se tomaran las características expuestas para el análisis:

- La frecuencia eléctrica está definida a 60 [Hz]
- El comportamiento de la gráfica debe cumplir un rango de varianza el cual no debe cumplir la siguiente restricción:  
 mayor a 59.95 [Hz]  
 menor a 60.05 [Hz]



**Figura. 5.12.** Grafica de la Frecuencia en el Sistema  
 Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

- Frecuencia máxima 60.0591 [Hz]
- Frecuencia mínima 59.9329 [Hz]
- Frecuencia media total 59.9993 [Hz]

A pesar de que medimos una carga aislada en este caso la frecuencia sufre muchos cambios en cuanto a la estabilidad, en cuanto a los límites tanto superior e inferior permisibles se ven afectados y los datos señalan que han existido intervalos en los cuales se han visto superados dando como resultado una variación del voltaje tanto para la caída como el aumento del mismo, este calefón en particular tiene la capacidad de por sí generar una alteración bastante representativa en la red. Como se aprecia en la FIGURA 5.12.

### **5.13. DATOS DE ARMONICOS DE VOLTAJES EN BASE A LA REGULACION ARCONEL 005/18**

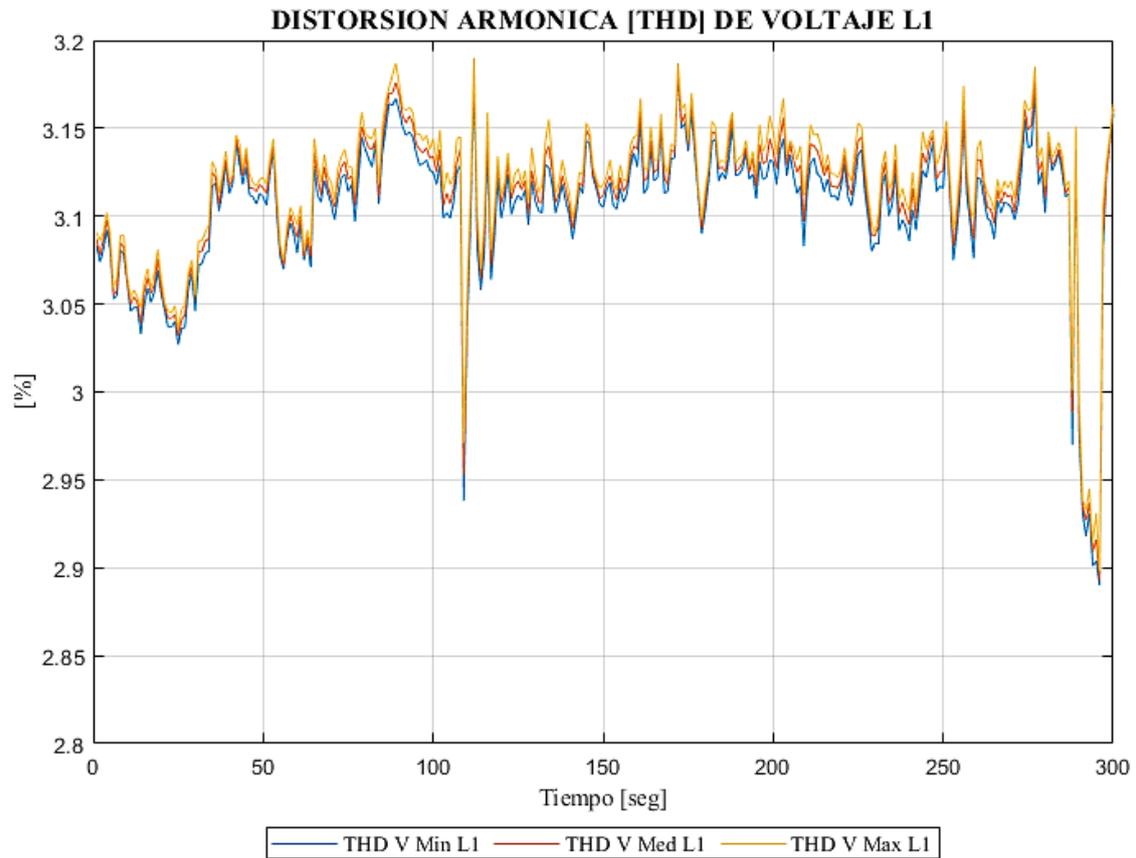
la norma técnica ARCONEL 005/18, define los niveles máximos de armónicos permitidos.

**Tabla 5.13.** THD máximo de voltaje (% de voltaje nominal) [14].

<b>Nivel de Voltaje</b>	<b>Armónica Individual [%]</b>	<b>THD [%]</b>
Bajo Voltaje	5.0	8.0
Medio Voltaje	3.0	5.0
Alto Voltaje (Grupo 1)	1.5	2.5
Alto Voltaje (Grupo 2)	1.0	1.5

Elaborado por: Vitor Aldaz.

### **5.1. VALORES REGISTRADOS DEL THD DE VOLTAJE EN L1**

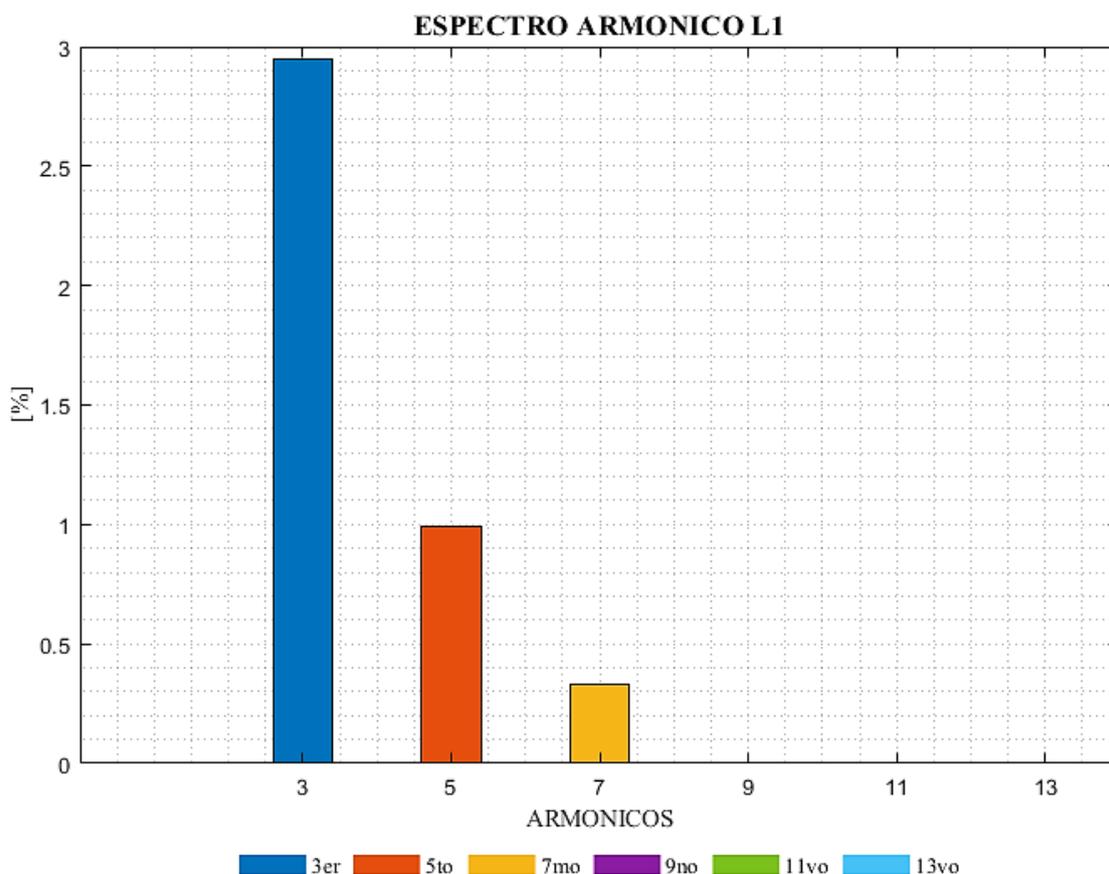


**Figura. 4.14.** Comportamiento THD de Voltaje L1  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.14.** THD de voltaje encontrados en la L1

	THD L1 MIN [V]	THD L1 MED [V]	THD L1 MAX [V]
VALOR MAXIMO	3.195	3.195	3.197
VALOR MEDIO	2.108	3.114	3.1208
VALOR MINIMO	2.890	2.893	2.898
VALOR MEDIO TOTAL		2.7803	

Elaborado por: Victor Aldaz.



**Figura. 5.14.1.** Espectro Armónico del Voltaje en L1  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

En el 3<sup>er</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 2.95%

En el 5<sup>to</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0.99%

En el 7<sup>mo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0.33%

En el 9<sup>no</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

En el 11<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

En el 13<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

- En el comportamiento se detalla que el THDV en L1 registra un dato de 3.197%, como más alto.

**Tabla 5.14.1.** Comparación de los valores THD en L1

Línea	Valor THD Encontrado	THD Máximo Aceptado por la norma ARCONEL 005/18
L1	3.197%	8.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

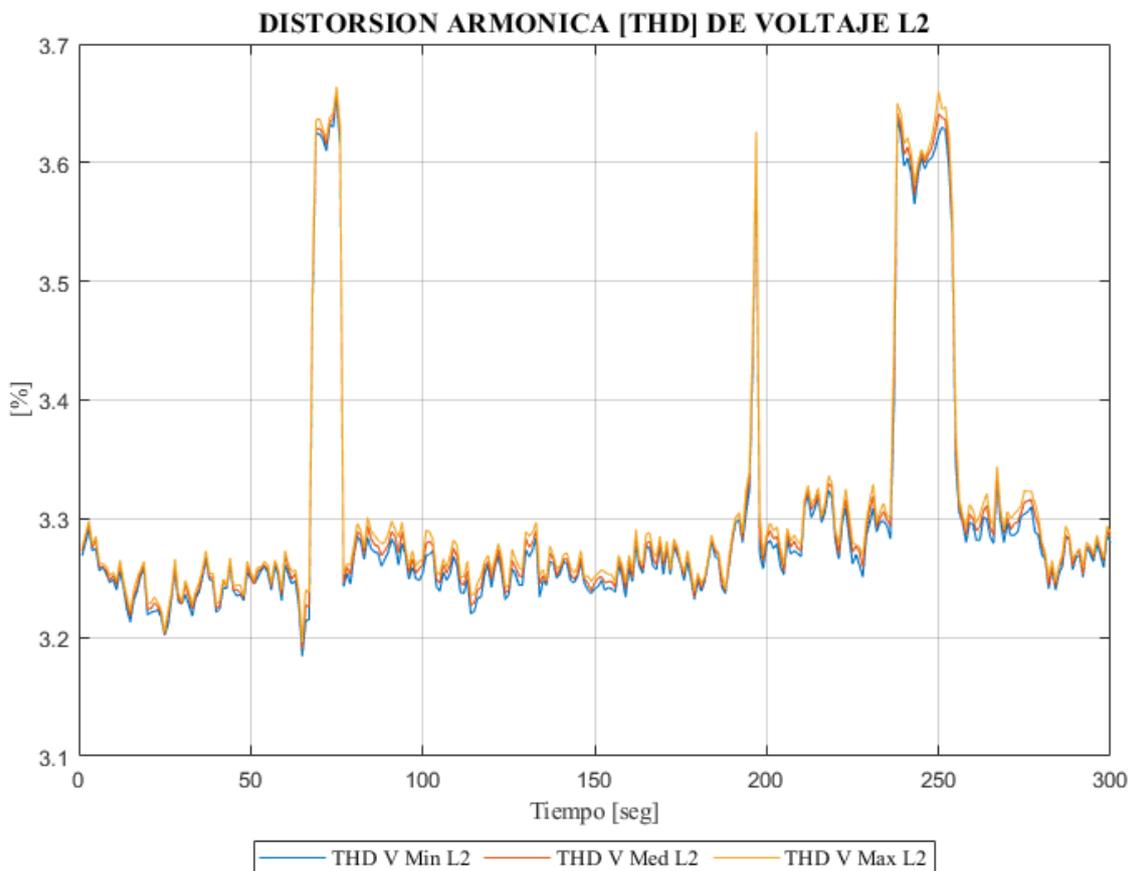
**Tabla 5.14.2.** Comparación de los valores de Armónico Individual en L1

Línea	Armónico individual Encontrado	Armónico individual Aceptado por la norma ARCONEL 005/18
L1	2.95%	5.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

Se verifica que el THD de voltaje existente en L1, opera en los límites máximos permitidos por la regulación ARCONEL 005/18, y no producirá daños considerables al sistema

### 5.1. VALORES REGISTRADOS DEL THD DE VOLTAJE EN L2



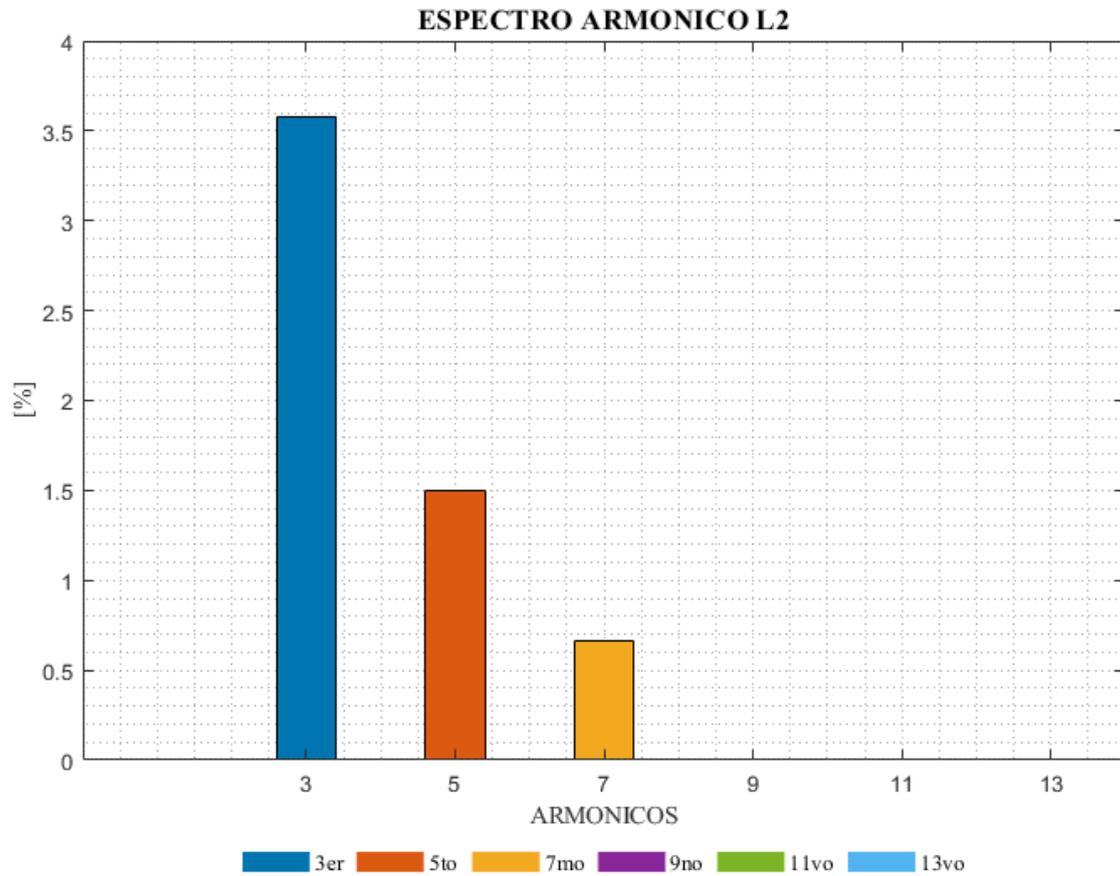
**Figura. 5.15.** comportamiento THD de Voltaje L2

Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.15.** THD de voltaje encontrados en la L2

	THD L2 MIN [V]	THD L2 MED [V]	THD L2 MAX [V]
VALOR MAXIMO	4.2710	4.2710	4.2710
VALOR MEDIO	3.2955	3.3007	3.3062
VALOR MINIMO	3.1840	3.1900	3.1960

Elaborado por: Victor Aldaz.



**Figura. 5.15.1.** Espectro Armónico del Voltaje en L2  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

- En el 3<sup>er</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 3.58%
- En el 5<sup>to</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 1.5%
- En el 7<sup>mo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0.66%
- En el 9<sup>no</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%
- En el 11<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%
- En el 13<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

- En el comportamiento se detalla que el THDV en L2 registra un dato de 4.2710%, como más alto.

**Tabla 5.15.1.** Comparación de los valores THD en L2

Línea	Valor THD Encontrado	THD Máximo Aceptado por la norma ARCONEL 005/18
L2	4.2710%	8.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

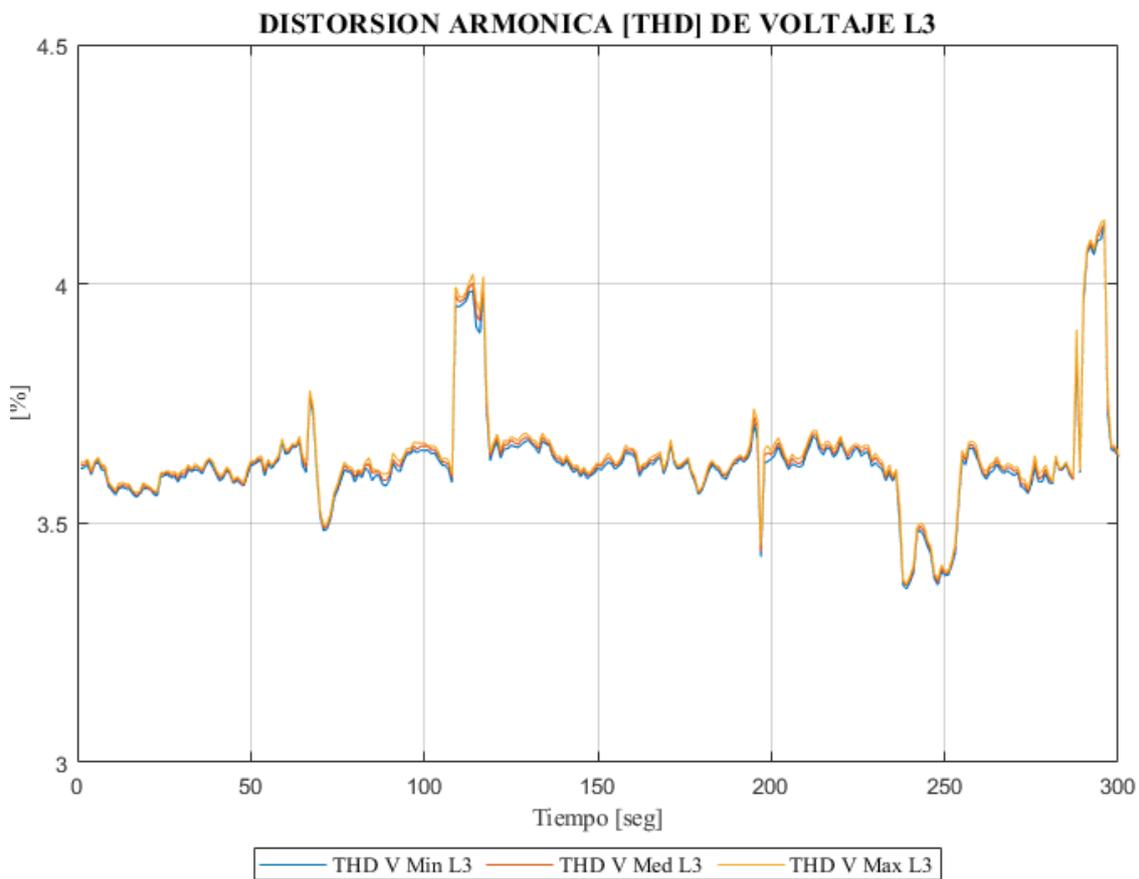
**Tabla 5.15.2.** Comparación de los valores de Armónico Individual en L2

Línea	Armónico individual Encontrado	Armónico individual Aceptado por la norma ARCONEL 005/18
L2	3.58%	5.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

Se verifica que el THD de voltaje existente en L2, opera en los límites máximos permitidos por la regulación ARCONEL 005/18, y no producirá daños considerables al sistema

### 5.1. VALORES REGISTRADOS DEL THD DE VOLTAJE EN L3

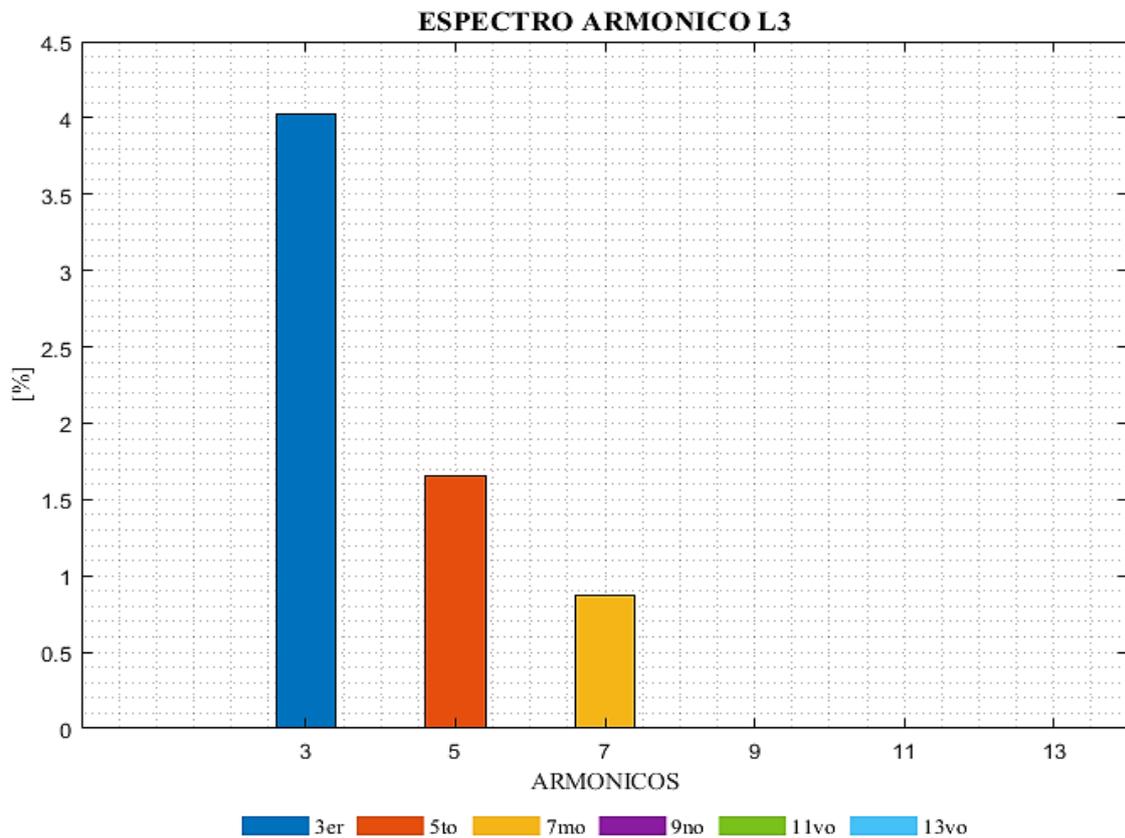


**Figura. 5.16.** Comportamiento THD de Voltaje L3  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.16.** THD de voltaje encontrados en la L3

	THD L3 MIN [V]	THD L3 MED [V]	THD L3 MAX [V]
VALOR MAXIMO	4.3301	4.3301	4.3301
VALOR MEDIO	3.6465	3.6503	3.6598
VALOR MINIMO	3.3620	3.3690	3.3720

Elaborado por: Victor Aldaz.



**Figura. 5.16.1.** Espectro Armónico del Voltaje en L3  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

En el 3<sup>er</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 4.03%

En el 5<sup>to</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 1.65%

En el 7<sup>mo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0.87%

En el 9<sup>no</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

En el 11<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

En el 13<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

- En el comportamiento se detalla que el THDV en L3 registra un dato de 4.3301%, como más alto.

**Tabla 5.16.1.** Comparación de los valores THD en L3

Línea	Valor THD Encontrado	THD Máximo Aceptado por la norma ARCONEL 005/18
L3	4.3301%	8.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.16.2.** Comparación de los valores de Armónico Individual en L1

Línea	Armónico individual Encontrado	Armónico individual Aceptado por la norma ARCONEL 005/18
L1	4.03%	5.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

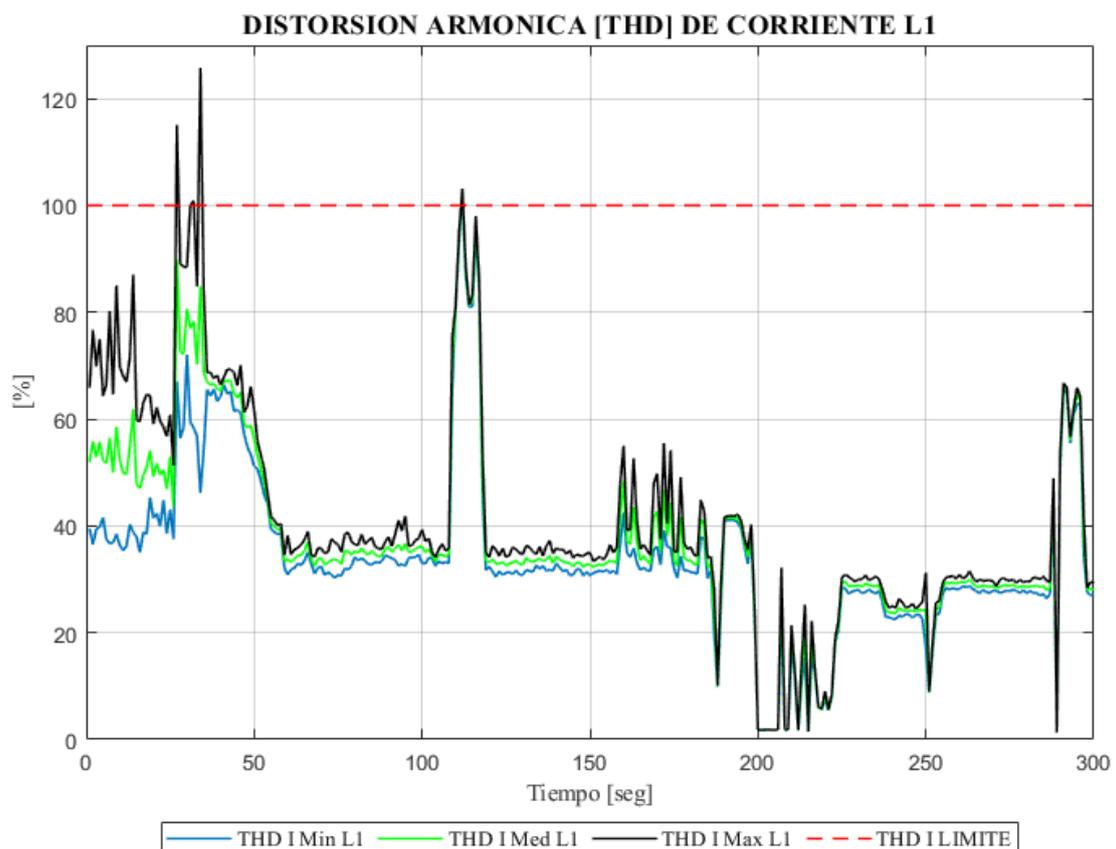
Se verifica que el THD de voltaje existente en L2, opera en los límites máximos permitidos por la regulación ARCONEL 005/18, y no producirá daños considerables al sistema

### 5.2. DATOS DE ARMONICOS DE CORRIENTES

Las normas internacionales (IEEE 519 -1992) especifican valores operacionales de THD para la corriente, cuyo valor no deberá superar el 20% de la frecuencia fundamental.

Si al realizar el análisis respectivo se observa que los resultados son mayores a los límites máximos permitidos, se ingiere que existe problemas de THD de corriente en la línea por lo cual se toma en consideración el funcionamiento del calefón a inducción, ya que el presente aparato puede generar varios problemas de armónicos.

### 5.3. DATOS DE ARMONICOS DE CORRIENTES L1

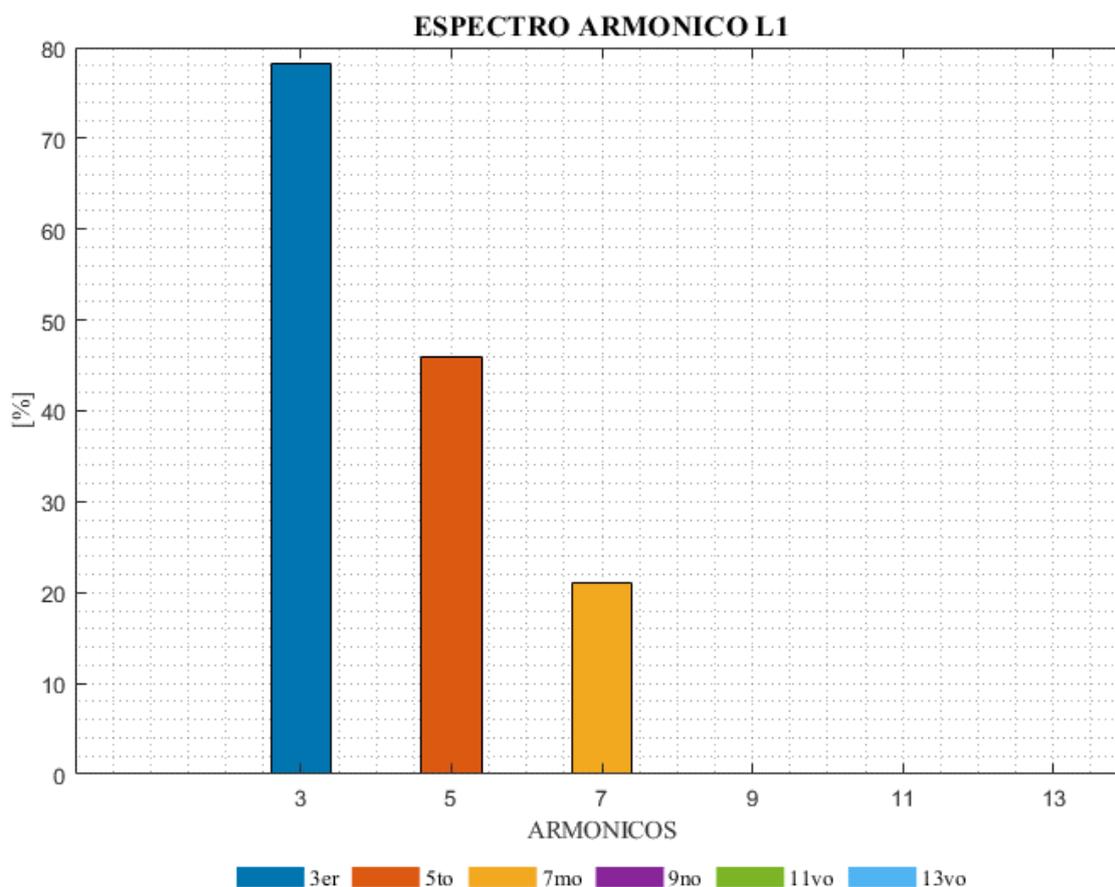


**Figura. 5.18.** Grafica THD de la Corriente L1  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.18.** THD de corriente encontrados en la L1

	THD L1 MIN [A]	THD L1 MED [A]	THD L1 MAX [A]
VALOR MAXIMO	102.9710	103.0690	125.7610
VALOR MEDIO	33.8112	36.7902	40.1297
VALOR MINIMO	1.3170	1.3210	1.3280
VALOR MEDIO TOTAL		36.9103	

Elaborado por: Victor Aldaz.



**Figura. 5.18.1.** Espectro Armónico de la Corriente en L1

Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

En el 3<sup>er</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 78.23%

En el 5<sup>to</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 45.91%

En el 7<sup>mo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 20.99%

En el 9<sup>no</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

En el 11<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

En el 13<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

- En el comportamiento se detalla que el THDI en L1 registra un dato de 125.7610%, como más alto.

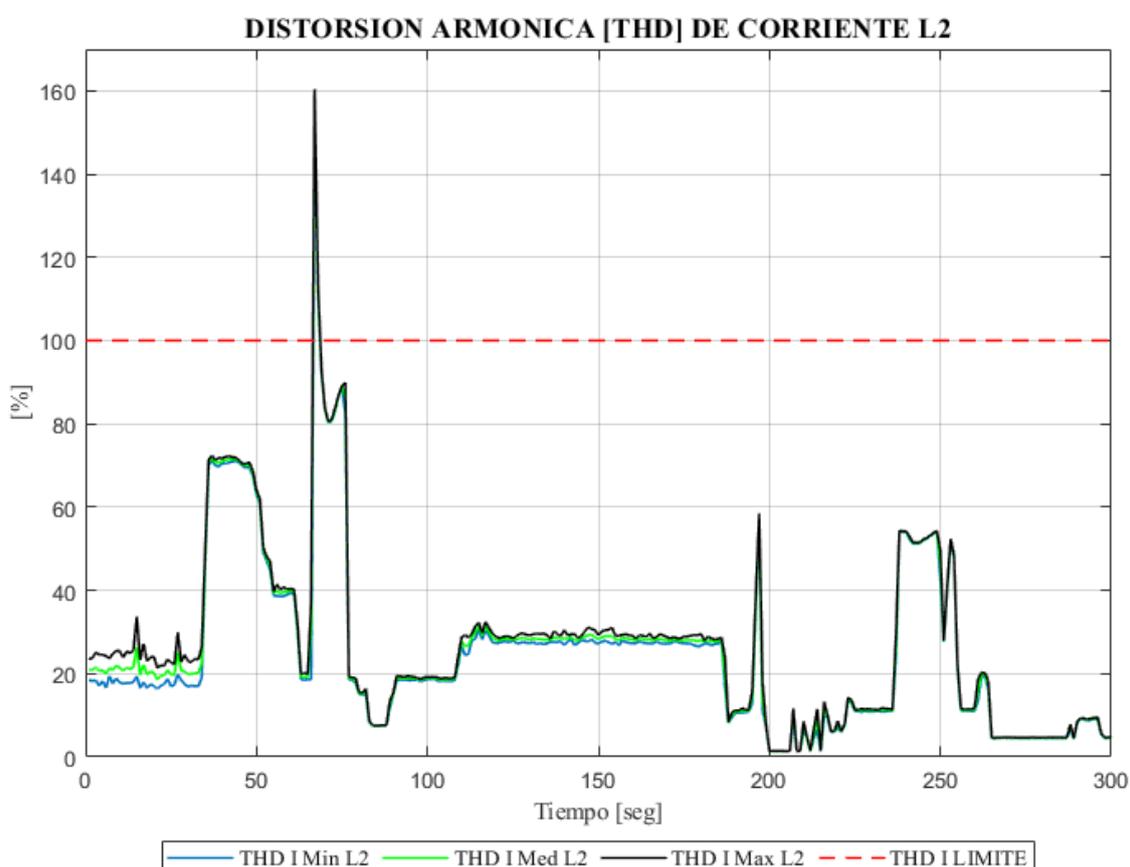
**Tabla 5.18.1.** Comparación de los valores THD en L1

Línea	Valor THD Encontrado	THD Máximo Aceptado por las Normas IEEE 519 -1992
L1	125.7610%	20.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

Se puede corroborar que el THD de corriente existente en la línea 1, trabaja superando los índices máximos permitidos por la norma, estos valores encontrados causan perturbaciones al sistema.

#### 5.4. DATOS DE ARMONICOS DE CORRIENTES L2



**Figura. 5.19.** Grafica THD de la Corriente L2

Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.19.** THD de corriente encontrados en la L2

	THD L2 MIN [A]	THD L2 MED [A]	THD L2 MAX [A]
VALOR MAXIMO	156.7990	158.7700	160.3950
VALOR MEDIO	24.6401	25.5041	26.4460

VALOR MINIMO

1.3590

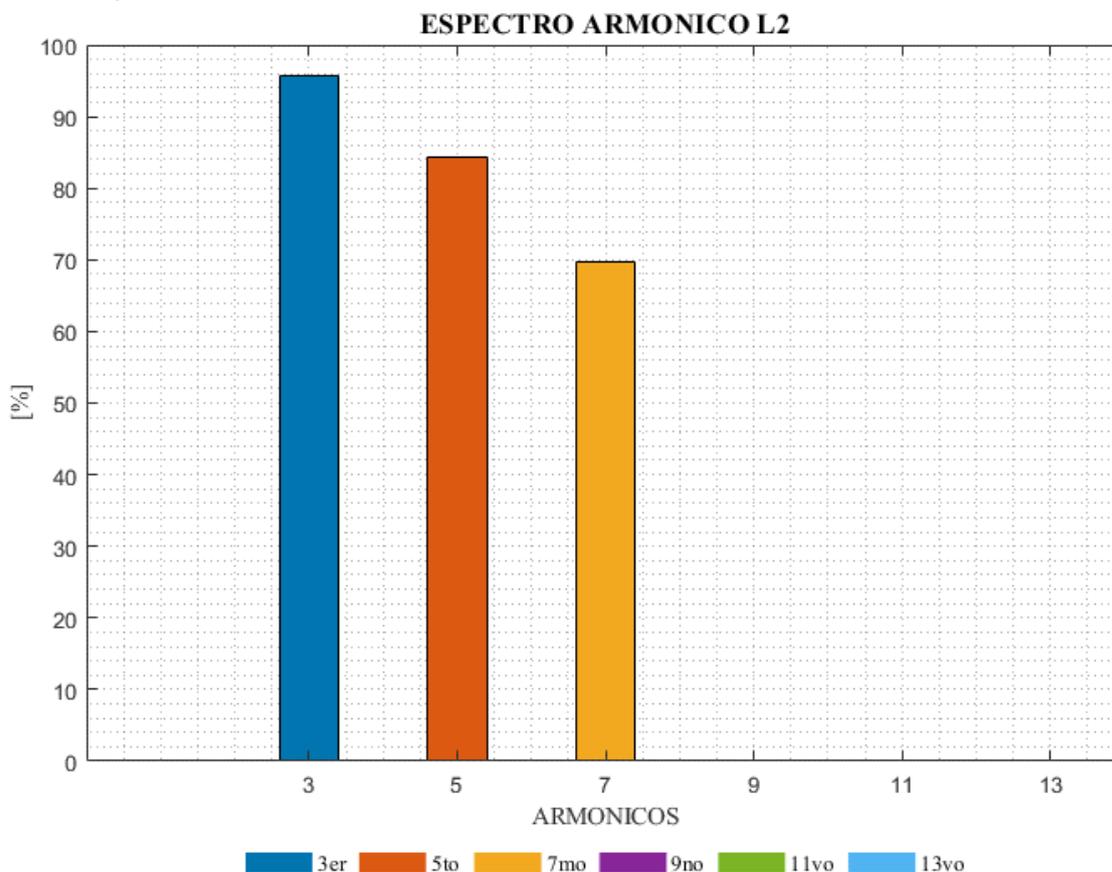
1.3750

1.3920

VALOR MEDIO TOTAL

25.53006

Elaborado por: Victor Aldaz.



**Figura. 5.19.1.** Espectro Armónico de la Corriente en L2  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

En el 3<sup>er</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 95.77%

En el 5<sup>to</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 84.25%

En el 7<sup>mo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 69.78%

En el 9<sup>no</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

En el 11<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

En el 13<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

- En el comportamiento se detalla que el THDI en L2 registra un dato de 160.3950%, como más alto.

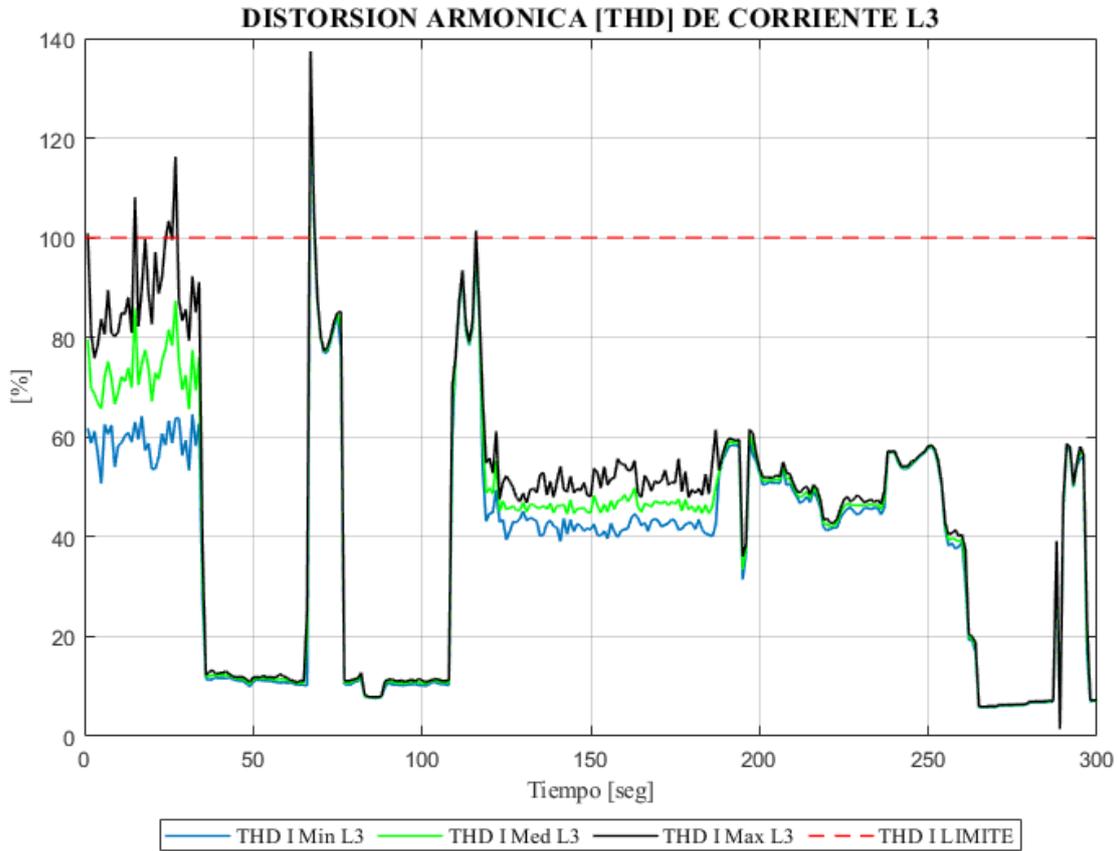
**Tabla 5.19.1.** Comparación de los valores THD en L2

Línea	Valor THD Encontrado	THD Máximo Aceptado por las Normas IEEE 519 -1992
L2	160.3950%	20.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

Se puede corroborar que el THD de corriente existente en la línea 2, trabaja superando los índices máximos permitidos por la norma, estos valores encontrados causan perturbaciones al sistema.

### 5.5. DATOS DE ARMONICOS DE CORRIENTES L3

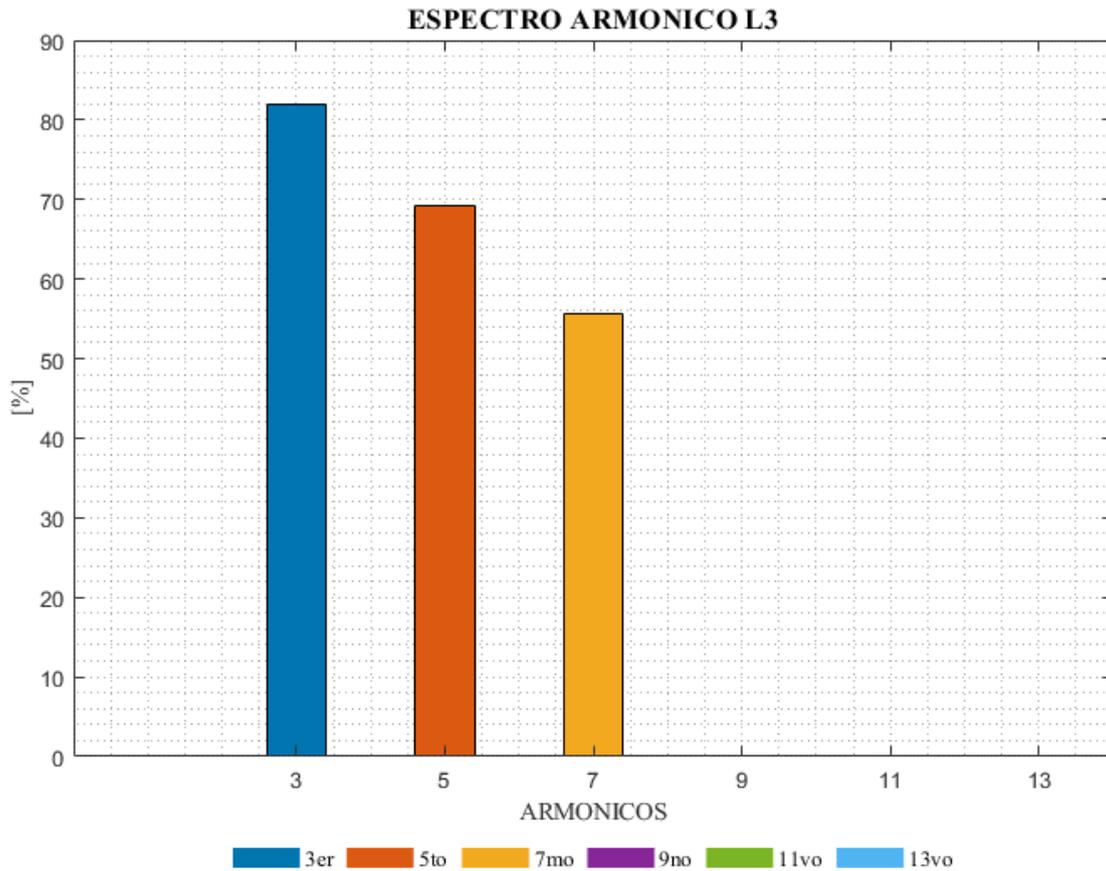


**Figura. 5.20.** Grafica THD de la Corriente L3  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Tabla 5.10.** THD de corriente encontrados en la L3

	THD L3 MIN [A]	THD L3 MED [A]	THD L3 MAX [A]
VALOR MAXIMO	135.1740	136.3400	137.4120
VALOR MEDIO	37.5237	40.3744	43.5204
VALOR MINIMO	1.4570	1.4670	1.4770
VALOR MEDIO TOTAL		40.4728	

Elaborado por: Victor Aldaz.



**Figura. 5.20.1.** Espectro Armónico de la Corriente en L3  
Elaborado por: Victor Aldaz.

**Observaciones:**

- En el 3<sup>er</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 82.02%
- En el 5<sup>to</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 69.24%
- En el 7<sup>mo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 55.74%
- En el 9<sup>no</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%
- En el 11<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%
- En el 13<sup>vo</sup> Armónico se presenta un valor máximo de 0%

- En el comportamiento se detalla que el THDI en L3 registra un dato de 137.4120%, como más alto.

**Tabla 5.20.1.** Comparación de los valores THD en L3

Línea	Valor THD Encontrado	THD Máximo Aceptado por las Normas IEEE 519 -1992
L3	137.4120%	20.0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

Se puede corroborar que el THD de corriente existente en la línea 3, trabaja superando los índices máximos permitidos por la norma, estos valores encontrados causan perturbaciones al sistema.

# CAPÍTULO VI

## CAUSAS Y METODO DE MITIGACION

El diseño del sistema eléctrico para la creciente demanda de energía generada por los calefones a inducción genera variaciones eléctricas que se pueden mitigar mediante el diseño de un filtro, cabe recalcar que el diseño del filtro solo será expuesto de manera teórica y no se realizarán una implementación practica los datos y resultados obtenidos serán netamente teóricos.

### **6.1. CAUSAS ENCONTRADAS**

Las causas de los posibles fallos en el sistema se los determino, por una encuesta realizada al conjunto de manera virtual, usando la plataforma Google Forms, para su pertinente análisis se recomienda revisar el ANEXO 8.3.

Se llego a determinar 4 puntos importantes que pueden generar estas alteraciones las cuales se clasificaran en:

#### **6.1.1. La vivienda**

En la presente encuesta se determina que el tiempo de habitan en el conjunto, así como el número de personas puede tener una gran relevancia en estas alteraciones, ya que las personas que más tiempo habitan dicho conjunto son las que más problemas presentan.

#### **6.1.2. Otros aparatos eléctricos**

La presencia de otros aparatos eléctricos en el sistema eléctrico de la casa contribuyen a que las anomalías se presenten de manera más severa, esto hace referencia a que en la casa se encuentren aparatos eléctricos de gran consumo energético, como la presencia de secadoras eléctricas, cocinas a inducción la presencia del mismo calefón estos aparatos son de gran consumo energético y si la red eléctrica del hogar no está en óptimas condiciones las anomalías presentadas o encontradas podrán aumentar o generar un fallo en la casa misma.

#### **6.1.3. Uso de los aparatos eléctricos**

El uso de los aparatos eléctricos, en uso normal generan alteraciones, pero estas no afectan al sistema, pero existen horarios en el cual el consumo eléctrico del conjunto o de la casa estudiada se disparan, ya que, por la vida cotidiana de las personas y el confort de las mismas, son de realizar todas las tareas en un mismo momento, esto lleva a que la mayoría de aparatos eléctricos sean encendidos al mismo tiempo, generando estas alteraciones eléctricas.

Así como la encuesta resuelta por las personas nos ha informado que la mayoría de fallos son:

- Se apagan los aparatos.
- No se encienden.
- Generan ruidos extraños
- Mal funcionamiento etc.

#### **6.1.4. Revisiones eléctricas**

Una de las partes más llamativas de la encuesta realizada, hace referencia a que las personas en su mayoría no reportan estos incidentes, a su constructor o a la empresa eléctrica, con lo cual no se puede obtener la información necesaria sobre estos incidentes. Pero en la misma encuesta observamos que las personas que comunicaron estos incidentes, no recibieron ninguna ayuda o a su vez fueron atendidos, pero no tuvieron ninguna solución a su problema, ya que los mismo siguen presentándose.

Por consiguiente, un 58.1% de los residentes se han visto afectados con un aumento en su planilla eléctrica, ya que estos problemas persisten.

### **6.2. METODO DE MITIGACION**

#### **6.2.1. ELIMINACIÓN DE ARMÓNICOS**

La influencia de los THD se puede eliminar mitigando la amplitud de la corriente o del voltaje, la reducción de estos se puede lograr instalando un filtro o conectando la carga a un nivel de voltaje con menos influencia armónica.

Según la norma se debe determinar los valores de THD, tanto para el voltaje como la corriente, estos valores deber ser medidos en el punto de conexión.

La norma nos detallas valores máximos de operación para el THD en corriente, evaluado al voltaje suministrado por la red eléctrica.

#### **6.2.2. INVESTIGACIÓN DEL FILTRO**

Este filtro de mitigación de THD es crear una ruta de tierra de baja impedancia para los THD de voltaje y corriente para facilitar su flujo a tierra y evitar que se propaguen al resto del sistema. En este sentido, el filtro debe estar lo más allegado al lugar de las afectaciones [18].

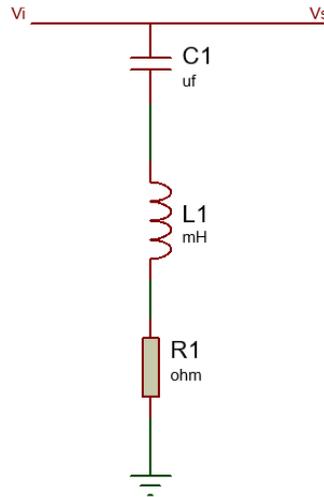
Existen 2 tipos de filtros los cuales se definen por el número de THD que se desea eliminar o mitigar y estos son:

Filtros sintonizados

Filtros amortiguados

### 6.2.3. FILTRO SINTONIZADO

Se trata de los filtros RLC como se ejemplifica más adelante, el detalle de este, es el valor mínimo que tiene por impedancia para un armónico establecido [18].



**Figura. 6.2.1.** Filtro sintonizado  
Elaborado por: Victor Aldaz.

Para el desarrollo del filtro utilizaremos las siguientes ecuaciones:

$$Z = R + j \left( \omega L - \frac{1}{\omega C} \right) \quad (6)$$

R se reduce a  $\omega_n$  para lo cual nos queda:

$$\omega_n = 2 * \pi * f_n \quad (7)$$

Los parámetros R, L y C los podremos calcular con las siguientes relaciones:

$$\omega_n L = \frac{1}{\omega_n C} \quad (8)$$

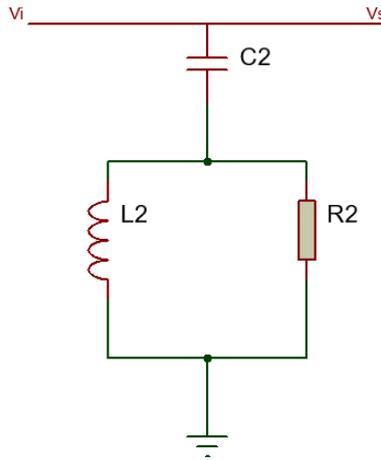
$$X_0 = \omega_n L = \frac{1}{\omega_n C} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad (9)$$

El factor Q se interpreta como la calidad del filtro, dicho factor tiene un rango de operación de 30 a 60.

$$Q = \frac{X_0}{R} \quad (10)$$

### 6.2.4. FILTRO AMORTIGUADO

Los filtros amortiguados son de características RLC como se indica en la siguiente figura, en este se destaca que si los THD presentan frecuencias elevadas al de la sintonía. Toma como propiedad una impedancia baja [18].



**Figura. 6.2.2.** Filtro Amortiguado  
Elaborado por: Victor Aldaz.

Sus parámetros se calculan con las siguientes relaciones:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi CR} \quad (11)$$

$$m = \frac{L}{R^2C} \quad (12)$$

Donde m tomara valores entre 0.5 y 2 según [18].

### 6.3. DESARROLLO DEL FILTRO SINTONIZADO

#### 6.3.1. Cálculos preliminares

Datos suministrados en la experimentación:

**Tabla 6.3.1.** Datos para el análisis

Datos Obtenidos		
Potencia [kvar]	Tensión [V]	Frecuencia [Hz]
15	127	60

Elaborado por: Victor Aldaz.

$$X_c = \frac{(0.127 [kV])^2}{0.015 Mvar} = 1.07526 [ohm]$$

$$C = \frac{1}{2 * \pi * f * X_c} = 2466.92 * 10^{-6} [Faradios]$$

El filtro debe ser sintonizado para una frecuencia próxima al armónico a eliminar. Para este caso tomaremos 4.7 armónico, por debajo del quinto armónico, esto se realiza para permitir tolerancias en el filtro.

$$W_n = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$2 * \pi(4.7 * 60) = \frac{1}{\sqrt{L * C}}$$

Remplazamos C, y obtenemos:

$$L = 0.00012911 \text{ [Henrios]}$$

La cual ingiere una reactancia a 60 [Hz] de:

$$XL = 0.048 \text{ [ohm]}$$

Por lo tanto, los valores preliminares establecidos son:

$$C = 2466.92 \text{ [uf]}$$

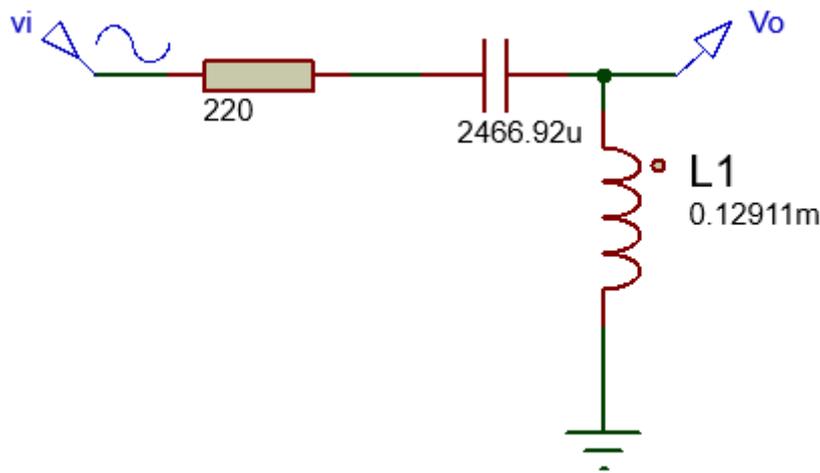
$$L = 0.12911 \text{ [mH]}$$

$$X/R = 59.5 \text{ a } 60.5 \text{ [Hz]}$$

Estos valores serán usados en el modelo desarrollado.

Para poder desarrollar este circuito es una base de simulación tenemos que pasar las ecuaciones y resultados al dominio de Laplace:

Entonces tomamos en cuenta el circuito realizado y realizamos el cambio de dominio.



**Figura. 6.3.1.** Filtro desarrollado  
Elaborado por: Victor Aldaz.

Ecuaciones encontradas en el circuito:

$$H(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

$$x(t) = R i(t) + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i(t) dt$$

$$x(s) = R * I(s) + s L * I(s) + \frac{I(s)}{Cs}$$

$$Y(s) = s L * I(s)$$

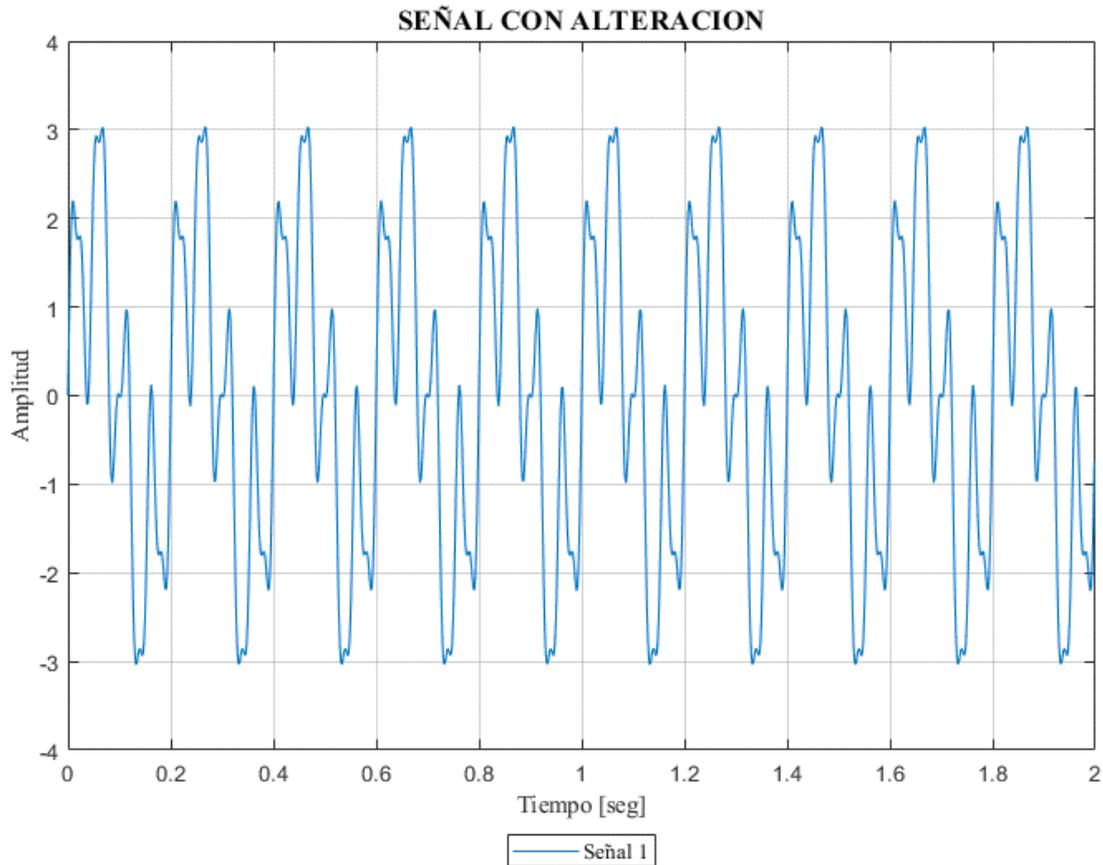
$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{s L * I(s)}{R * I(s) + s L * I(s) + \frac{I(s)}{Cs}}$$

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = \frac{sL}{R + sL + \frac{1}{Cs}}$$

Función de Transferencia

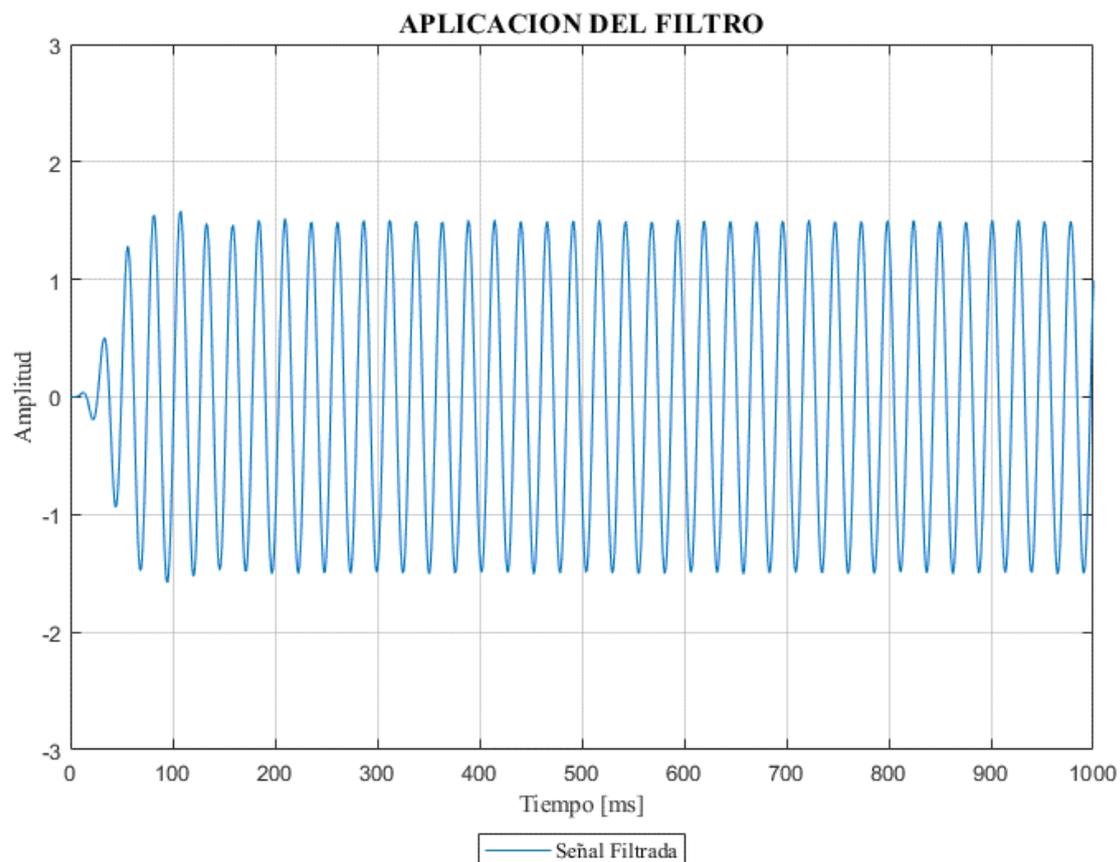
$$\frac{v_o}{v_i}(s) = \frac{\frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{s}{CR} + \frac{1}{LC}}$$

Ejecución del filtro por medio del Matlab



**Figura. 6.3.2.** Señal con perturbaciones  
Elaborado por: Victor Aldaz.

Aplicación del filtro a la señal



**Figura. 6.3.3.** Aplicación del filtro a la señal con perturbaciones.  
Elaborado por: Victor Aldaz.

La presente ecuación se remplazará con los valores previamente calculados y se establece una función de transferencia que se utilizará para la simulación y la presente observación de los armónicos.

#### 6.4. RESULTADOS

Ya que los valores de voltaje se encuentran dentro de los parámetros establecidos no se analizarán, y se tomarán en cuenta los armónicos presentados en la corriente.

##### Armónicos encontrados en la Corriente de L1

**Tabla 6.4.1.** Comparación de valores con filtro en la Línea L1

Datos de los valores THD		
Armónicos	Valor sin filtro	Valor con filtro
3	78.23%	53.54%
5	45.91%	22.13%
7	20.99%	10.65%
9	0%	0%
11	0%	0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

### **Armónicos encontrados en la Corriente de L2**

**Tabla 6.2.2.** Comparación de valores con filtro en la Línea L2

<b>Datos de los valores THD</b>		
<b>Armónicos</b>	<b>Valor sin filtro</b>	<b>Valor con filtro</b>
3	95.77%	61.65%
5	84.25%	64.76%
7	68.78%	41.88%
9	0%	0%
11	0%	0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

### **Armónicos encontrados en la Corriente de L3**

**Tabla 6.4.3.** Comparación de valores con filtro en la Línea L3

<b>Datos de los valores THD</b>		
<b>Armónicos</b>	<b>Valor sin filtro</b>	<b>Valor con filtro</b>
3	82.02%	61.46%
5	69.24%	48.91%
7	55.74%	33.87%
9	0%	0%
11	0%	0%

Elaborado por: Victor Aldaz.

# CAPÍTULO VII

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1. CONCLUSIONES

En el desarrollo investigativo se analizaron los parámetros eléctricos medidos en el punto de carga, los cuales tienen un porcentaje bajo de alteraciones como lo es el TDH del voltaje, llegando a una afectación del 4.33%, como máxima, un desequilibrio de voltaje del 1.29%, una alteración de la frecuencia del 60.05 [Hz], los presentes valores se los analizaron según la Regulación del ARCONEL 005/18, estableciendo que operan dentro de los límites permitidos, se incluyó el cálculo para un índice de calidad de producto el cual tiene como valor 99.06%, dando consigo que la calidad de energía usada por el consumidor es buena.

Dentro de los datos obtenidos, se ha realizado un análisis para lo cual determino un método técnico, de una posible solución a los efectos generados por los calefones de inducción, lo cual ha sido complementado con un ejemplo, dentro de dicho ejemplo se evidencian los cambios de los TDH en la corriente, logrando reducirlos hasta un 20%, pero esta solución no adecua los valores de las afectaciones, a datos admisibles delimitados por la norma, y que en su medida esta solución deberá ser realizada por la unión de uno o varios filtros.

La calidad energética entregada al conjunto habitacional “Conocoto Gardens”, se determinó por medio de la norma regulatoria que existe en general un buen servicio eléctrico, ya que por el momento el servicio eléctrico opera dentro de los límites establecidos, cabe recalcar que tanto el voltaje y la frecuencia tienen perturbaciones y existencia de armónicos, los cuales se presentan dentro de los rangos operacionales ya que existe un rango admisible del 5% de fallo.

Se diseñó una campaña de medidas enfocada a la Regulación ARCONEL 005/18, en la cual especificamos un periodo de tiempo de 5 [min] para la toma de medidas, dicho tiempo es delimitado como general, después se estableció un punto de medidas, dicho lugar se encontrará cerca de la generación de afectaciones, la cual es especificada en el punto eléctrico donde se conecta el calefón a inducción.

Durante las mediciones realizadas no existieron fenómenos o circunstancias que generaran la interrupción del suministro eléctrico, dicho suministro fue continuo durante toda la fase de experimentación y dentro de los parámetros establecidos de tolerancia, lo

cual demuestra que el servicio eléctrico es confiable y sin interrupciones, esto nos ayuda a una lectura de datos más precisa y confiable.

El análisis realizado para la calidad energética en el sector residencial, se desarrolló obteniendo principalmente datos cuantitativos de los parámetros eléctricos, mediante la metodología previamente expuesta. A lo largo de su desarrollo, se obtuvieron datos los cuales fueron analizados y representados en graficas para su entendimiento, dichos datos sirvieron para el desarrollo de una posible solución que puede mitigar los efectos generados por los calefones a inducción.

## **7.2. RECOMENDACIONES**

Para tener un control del consumo eléctrico en el cual se eviten las propagaciones de los armónicos en la red, se deberían realizar campañas del uso de la energía para el ahorro de la misma, con esto podremos tener un mejor control de los efectos generados por las cargas nuevas que se conectan al suministro eléctrico.

En la condición actual de funcionamiento del servicio eléctrico, se debería realizar un estudio más amplio para poder evidenciar el verdadero panorama en el que se encuentra la red eléctrica, ya que el desarrollo investigativo se lo realiza en un conjunto habitacional el cual, aunque expone valores reales de anomalías no se pueden comparar a los efectos generados por toda una ciudad.

Revisar el estado de las instalaciones eléctricas domiciliarias, ya que estas peculiaridades generan datos que obstruyen a una medición correcta, por lo estudiado se entiende que en muchos de los casos por el desbalanceo de cargas, son las razones por las cuales, lo efectos generados tienen un mayor impacto.

## REFERENCIAS

- [1] A. Singh, M. Badoni, and B. Singh, “Non linear load sharing between a distributed generation sources and utility grid,” *PEDES 2012 - IEEE Int. Conf. Power Electron. Drives Energy Syst.*, pp. 6–11, 2012, doi: 10.1109/PEDES.2012.6484501.
- [2] L. I. Kovernikova, C. L. Van, and V. V. Fedchishin, “Modeling non-linear load currents by mixture distribution separation,” *Proc. - 2018 Int. Conf. Ind. Eng. Appl. Manuf. ICIEAM 2018*, no. 3, pp. 5–9, 2018, doi: 10.1109/ICIEAM.2018.8728851.
- [3] D. Toader, C. Blaj, D. Vesa, I. Tatai, and B. Arvinti, “Transients due to Fault in Electric Networks,” 2019.
- [4] M. Inci, M. Buyuk, and M. Tumay, “FFT based reference signal generation to compensate simultaneous voltage sag/swell and voltage harmonics,” *EEEIC 2016 - Int. Conf. Environ. Electr. Eng.*, pp. 3–7, 2016, doi: 10.1109/EEEIC.2016.7555876.
- [5] M. R. Alam, K. M. Muttaqi, and A. Bouzardoum, “Characterizing Voltage Sags and Swells Using Three-Phase Voltage Ellipse Parameters,” *IEEE Trans. Ind. Appl.*, vol. 51, no. 4, pp. 2780–2790, 2015, doi: 10.1109/TIA.2015.2397176.
- [6] R. Darussalam, A. Rajani, T. D. Atmaja, A. Junaedi, and M. Kuncoro, “Study of Harmonic Mitigation Techniques Based on Ranges Level Voltage Refer to IEEE 519-2014,” *Proceeding - 2020 Int. Conf. Sustain. Energy Eng. Appl. Sustain. Energy Transp. Towar. All-Renewable Futur. ICSEEA 2020*, no. c, pp. 14–21, 2020, doi: 10.1109/ICSEEA50711.2020.9306137.
- [7] H. A. Vidya, B. v. Pooja Reddy, V. Pallavi, S. Khauser Bee, and S. Tejashwini, “Mitigation of Harmonics at the AC Mains Connected to Nonlinear Loads using Hybrid Power Filters,” *Proc. B-HTC 2020 - 1st IEEE Bangalore Humanit. Technol. Conf.*, pp. 0–5, 2020, doi: 10.1109/B-HTC50970.2020.9297881.
- [8] N. Rugthaicharoencheep and S. Chaladying, “Technical and financial evaluation for investment of harmonic mitigation in power network,” *2017 IEEE Manchester PowerTech, Powertech 2017*, 2017, doi: 10.1109/PTC.2017.7981079.
- [9] M. S. Karbasforooshan and M. Monfared, “Design and implementation of a single-phase shunt active power filter based on PQ theory for current harmonic compensation in electric distribution networks,” *Proc. IECON 2017 - 43rd Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc.*, vol. 2017-Janua, pp. 6389–6394, 2017, doi:

10.1109/IECON.2017.8217113.

- [10] A. B. Parit, H. T. Jadhav, and R. A. Wanjari, “For Low Voltage Distribution Network,” 2017.
- [11] D. R. K. K. Anuradha *et al.*, “1HZ / RZ & RVW 3DVVLYH ) LOWHU & RQILJXUDWLRQ IRU 0LWLJDWLQJ % XV 9ROWDJH ’ LVWRUWLRQV LQ ’ LVWULEXWLRQ 6 \ VWHPV,” pp. 79–84.
- [12] V. P. Semenov, U. I. Mikhailov, and V. A. Menshakova, “The modern market and quality management,” *2016 IEEE Conf. Qual. Manag. Transp. Inf. Secur. Inf. Technol. ITMQ IS 2016*, pp. 168–171, 2016, doi: 10.1109/ITMQIS.2016.7751950.
- [13] X.-P. Zhang and Z. Yan, “Energy Quality: A Definition,” *IEEE Open Access J. Power Energy*, vol. 7, no. September, pp. 430–440, 2020, doi: 10.1109/oajpe.2020.3029767.
- [14] ARCONEL, “Regulacion No. ARCONEL-005-2018.pdf,” *Arconel*. p. 38, 2019.
- [15] “bibliotecaups - Generación, transporte y distribución de energía eléctrica.” <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/111740> (accessed Dec. 20, 2020).
- [16] “bibliotecaups - Gestión de la eficiencia energética a través de proveedores de servicios energéticos.” <https://bibliotecas.ups.edu.ec:3488/es/lc/bibliotecaups/titulos/128455> (accessed Dec. 20, 2020).
- [17] A. Waheed and Q. Ali, “Software emergence for need based large data processing in engineering problems,” *2017 IEEE 2nd Int. Conf. Big Data Anal. ICBDA 2017*, pp. 442–446, 2017, doi: 10.1109/ICBDA.2017.8078858.
- [18] J. M. Gers, “Teoría y diseño de filtros de armónicos en sistemas eléctricos Theory and design of harmonic filters for electrical systems,” *Investig. Apl. e innovación*, vol. 2, no. 1, 2008.

## **ANEXOS**

## 8.1. CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO FLUKE 434

**Tabla A1.** Datos que se medirán en el Analizador FLUKE

Equipo FLUKE 434		
Variables	Definiciones	Nomenclatura
Tensiones de Fase	Las formas de onda de tensión deben ser del tipo sinusoidal, es decir, suavizadas y sin distorsiones. Compruébelo con la función de osciloscopio	Valores rango evaluado [V]
Corrientes de Fase	Corriente de arranque para registrar aumentos repentinos de la corriente como la corriente de arranque de motores	Valores rango evaluado [A]
Factor Cresta	Compruebe la distorsión en la pantalla de osciloscopio. Utilice el modo Armónicos para identificar armónicos	Valores rango evaluado [%]
Armónicos	Utilice el modo Armónicos para comprobar armónicos de tensión y corriente, y la THD por fases	Valores rango evaluado [%], [THD]
Flicker	El modo Parpadeo le permite comprobar los parpadeos de tensión a corto y largo plazo, así como otros datos relacionados por fases	Valores rango evaluado [Luminosidad]
Fluctuaciones	Utilice el modo Fluctuaciones para registrar cambios repentinos de tensión como de corto y medio ciclo	Valores rango evaluado [V]
Frecuencia	La frecuencia debe ser similar al valor nominal. Por lo general, se trata de un factor bastante estable	Valores rango evaluado [Hz]
Desequilibrio	La tensión de cada fase no debe diferir más de un 1% de la media obtenida a partir de las tres, y el desequilibrio de corriente no debe ser superior al 10%	Valores rango evaluado [%]

Elaborado por: Victor Aldaz.

## 8.2. INFORME TÉCNICO

Estudio de Calidad Energetica					
Informe Tecnico					
Area Estudiada	Calidad de Producto y perdidas Tecnicas				
Encargado	Msc. Wilson Pavon				
Fecha de Inicio	28 de septiembre del 2020				
Fecha de finalizacion	28 de septiembre del 2020				
Localidad	Conjunto habitacional "Conocoto Gardens"				
Direccion	Joaquin Olmedo y Juan Montalvo				
Sector y Zona	Rural, Valle de los Chillos, Conocoto				
Punto GIS	780577.027	9966738.16	2822		
Detalles					
Transformador N°	174625				
Montaje	Centro de Transf. Aereo				
Fases	3	Equipo Intalado		FLUKE 434	
Potencia [kVA]	125	Numero de Serie		N/D	
Propiedad	Cliente	Fecha de Instalacion		28 de septiembre del 2020	
Medio Voltaje [V]	22860	Fecha de Retiro		28 de septiembre del 2020	
Bajo Voltaje [V]	220/127	Dias de Lectura		1	
Subestacion	23 (E.E. Quito/Conocoto)	Intervalo Registrado		0:05 min	
Primario	Primario D	Numero de Registros		3180	
Sitio de Instalacion	Borned de Bajo Voltaje de la Residencia				
Analisis de demandas	Valor	Unidad	Energias		Valor
Factor de uso a Demanda Minima	0.95	%	Potencia Disponible		96.95
Factor de uso a Demanda Media	2.80	%	Factor de Carga		8.12
Factor de uso a Demanda Maxima	22.4	%	Energia en el punto de medicion		340.89
					Wh
Descripcion de paraetro analizado	PROM	MAX	MIN	Cumple REG. ARCONEL 005/18	Observaciones
Voltaje Fase 1	127,511	127,978	126,652	SI	El 0.00% De Registros estan fuera de los limites permitidos
Voltaje Fase 2	126,771	127,18	126,391	SI	El 0.00% De Registros estan fuera de los limites permitidos
Voltaje Fase 3	124,9432	126,4338	124,3195	SI	El 0.00% De Registros estan fuera de los limites permitidos
Distorsion Armonicos voltaje [THD] Fase 1 [%]	2,7803	3,197	2,89	SI	El 0.00% De Registros estan fuera de los limites permitidos
Distorsion Armonicos voltaje [THD] Fase 2 [%]	3,3008	4,271	3,284	SI	El 0.00% De Registros estan fuera de los limites permitidos
Distorsion Armonicos voltaje [THD] Fase 3 [%]	3,6522	4,3301	3,362	SI	El 0.00% De Registros estan fuera de los limites permitidos
Corriente Fase 1	4,7567	52	4,342		
Corriente Fase 2	6,776	58,2	0,333		
Corriente Fase 3	6,7407	57	0,333		
Corriente Neutro	8,5	2,448	0,5		
Distorsion Armonicos corriente [THD] Fase 1 [%]	36,9103	125,761	1,317		
Distorsion Armonicos corriente [THD] Fase 2 [%]	25,53005	160,395	1,359		
Distorsion Armonicos corriente [THD] Fase 3 [%]	40,4728	137,412	1,457		
Desequilibrio de Voltaje [%]	1,054	1,296	0,969	SI	El 0.00% De Registros estan fuera de los limites permitidos
Frecuencia	59.999	60.059	599.329	SI	El 0.00% De Registros estan fuera de los limites permitidos

Elaborado por: Victor Aldaz.

### 8.3. ENCUESTA REALIZADA AL CONJUNTO HABITACIONAL

La presente encuesta esta realizada específicamente para el conjunto habitacional "Conocoto Gardens", con ella se quiere inferir más en el problema el cual aqueja al presente lugar.

La encuesta fue realizada de manera virtual utilizando la plataforma de Google Forms, con ella se llegó a obtener una responsiva total de las preguntas, que se formularon, el cuestionario se construye de 5 partes fundamentales en el mismo los cuales son:

- Datos de la vivienda
- Datos de los aparatos eléctricos
- Anomalías en el uso de dichos aparatos

- Uso cotidiano de los mismos
- Correcciones y análisis

En la presente se mostrarán los resultados obtenidos en dicha encuesta, se ejemplificarán por medio de gráficos varios para un mayor entendimiento.

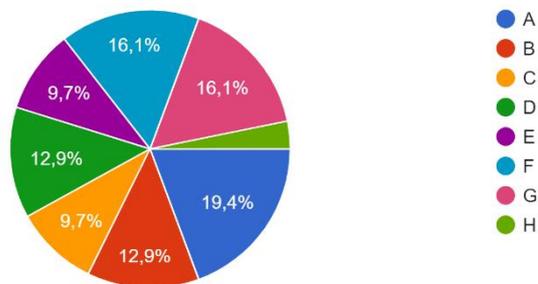
La encuesta se la realizo a los dueños de los apartamentos los cuales dieron un total de 32 personas y un total de 32 respuestas. Con lo cual se concluye una responsiva total de la encuesta.

### 1. Datos de la vivienda

Esta sección tiene como referencia 4 preguntas las cuales son:

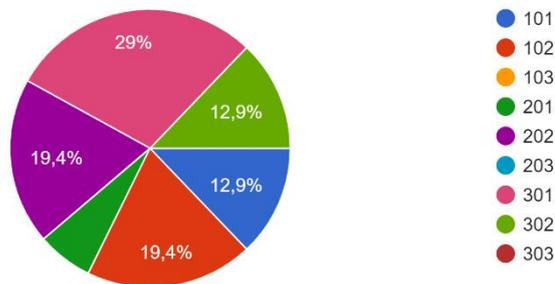
Elija su bloque de vivienda.

31 respuestas



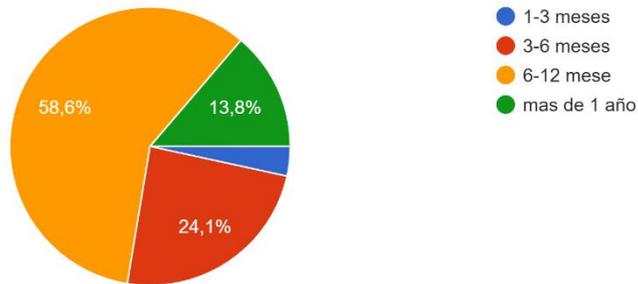
Su numero de departamento

31 respuestas



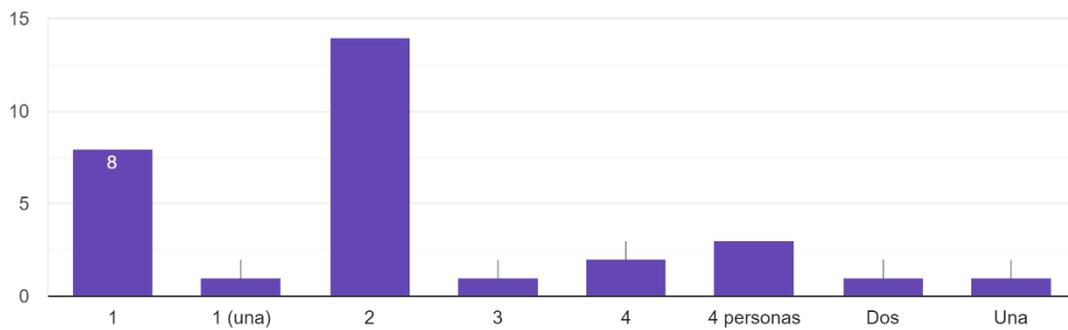
### ¿Tiempo de vivencia en el conjunto habitacional?

29 respuestas



### Numero de personas que habitan su vivienda

31 respuestas

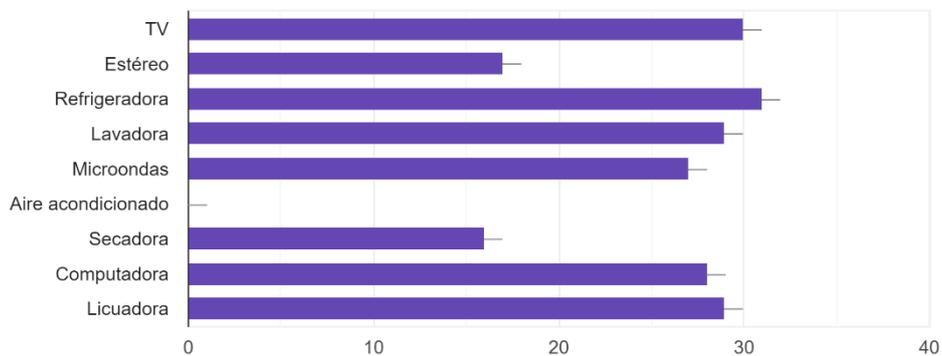


## 2. Datos de los aparatos eléctricos

Esta sección tiene como referencia 5 preguntas las cuales son:

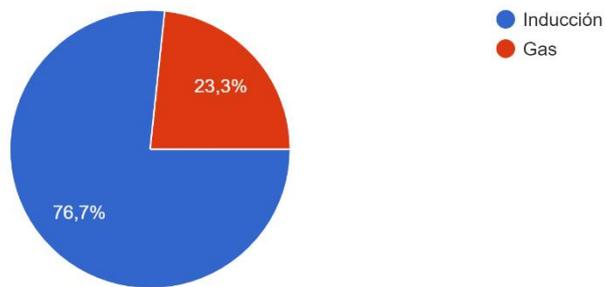
### Electrodomésticos que contiene en su hogar

31 respuestas



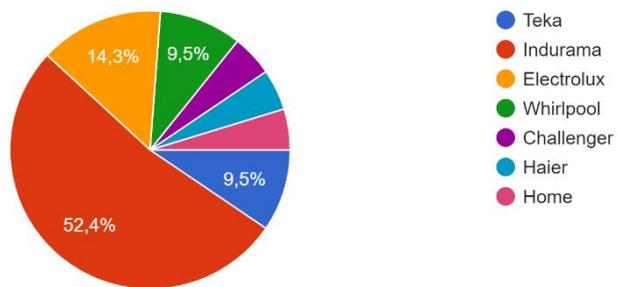
¿Posee una cocina a inducción o gas?

30 respuestas



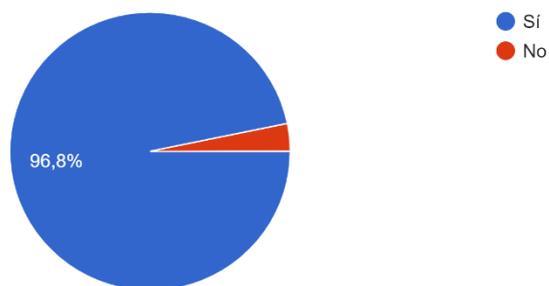
Si posee una cocina a inducción, ¿ que marca?

21 respuestas



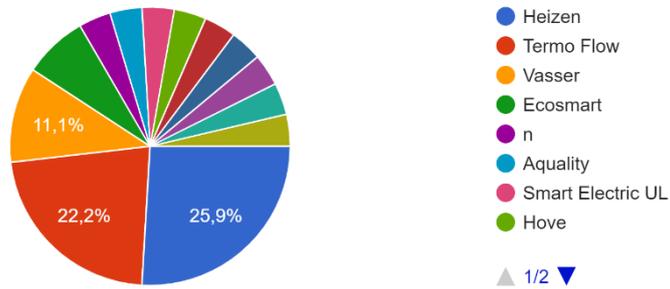
¿Usted utiliza calentador de agua eléctrico o inducción?

31 respuestas



En caso de usar el calentador eléctrico, ¿ que marca utiliza?

27 respuestas

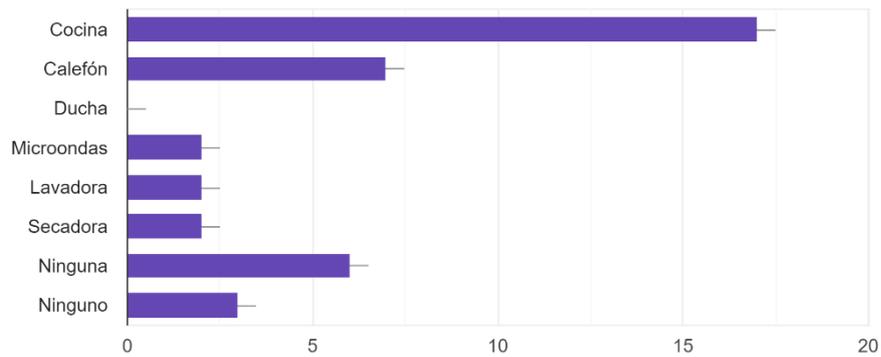


### 3. Anomalías en el uso de dichos aparatos

Esta sección tiene como referencia 2 preguntas las cuales son:

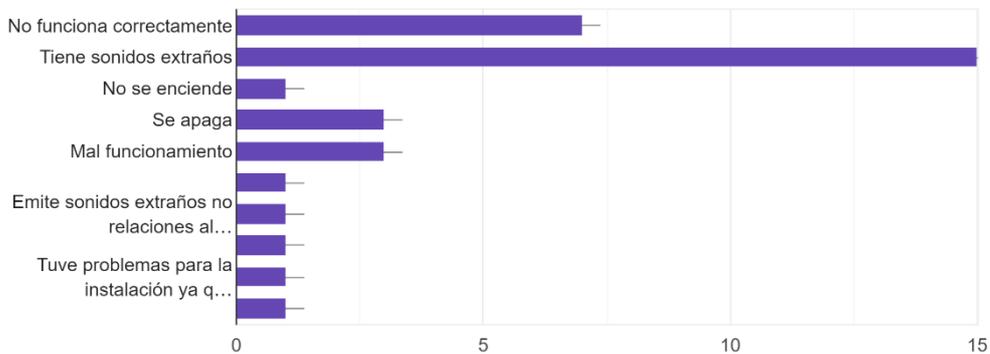
Escoja en que aparatos eléctricos han presentado fallas en su uso.

30 respuestas



Tipo de Falla

22 respuestas

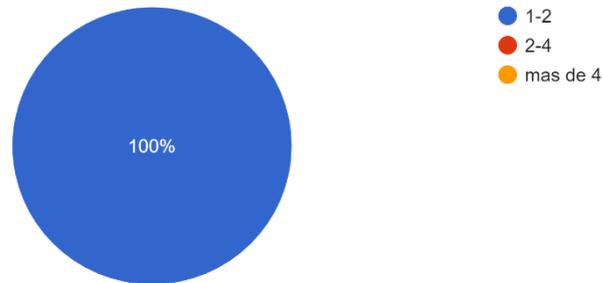


#### 4. Uso cotidiano de los mismos

Esta sección tiene como referencia 2 preguntas las cuales son:

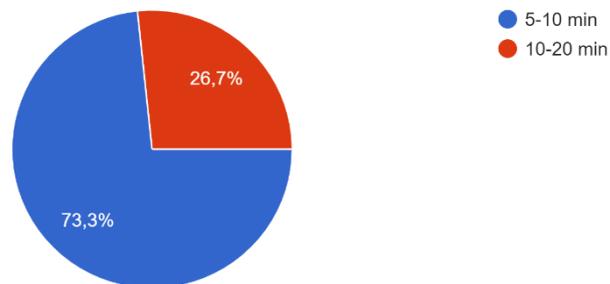
¿Cuántas veces al día usa la ducha eléctrica?

29 respuestas



¿ Tiempo promedio para el uso de la ducha eléctrica?

30 respuestas

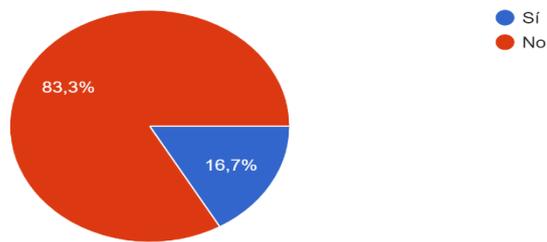


#### 5. Correcciones y análisis

Esta sección tiene como referencia 3 preguntas las cuales son:

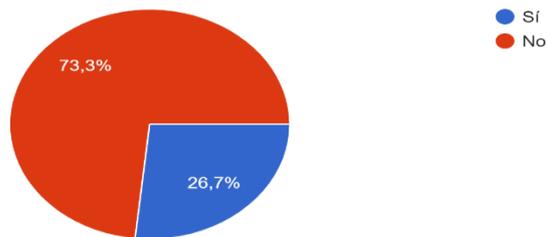
En caso de existir anomalías, ¿ Se a comunicado con la empresa eléctrica para constar sus problemas?

30 respuestas



¿Se a comunicado con el constructor, para ayudarle a resolver las anomalías existentes de sus aparatos eléctrico?

30 respuestas



¿En su planilla eléctrica de consumo energético a notado que su valor a aumentado?

31 respuestas

