



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICIDAD**

**ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN USUARIOS DE BAJA
TENSIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO DE REGRESIÓN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de ingeniero eléctrico

AUTOR: CHRISTOPPPER OSWALDO DUARTE VERGARA

TUTOR: ING. ROY FREDDY SANTANA JARA, MSC

Guayaquil-Ecuador

2023


**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Christopher Oswaldo Duarte Vergara con documento de identificación N° 0922654405 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,



Christopher Oswaldo Duarte Vergara
0922654405

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**


Yo, Christopher Oswaldo Duarte Vergara documento de identificación No.

0922654405, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: Estimación De La Demanda Eléctrica En Usuarios De Baja Tensión Utilizando El Método De Regresión, el cual 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 concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,


Christopher Oswaldo Duarte Vergara
0922654405

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Roy Freddy Santana Jara con documento de identificación N° 0910972637001 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN USUARIOS DE BAJA TENSIÓN UTILIZANDO EL MÉTODO DE REGRESIÓN, realizado por Christopher Oswaldo Duarte Vergara con documento de identificación N° 0922654405, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 25 de agosto del año 2023

Atentamente,



Ing. Roy Freddy Santana Jara, MSc.
0910972637

DEDICATORIA

Con profundo agradecimiento y emoción deseo extender mi dedicatoria hacia aquellos que han sido pilares fundamentales en mi trayectoria. En primer lugar, quiero expresar mi gratitud a Dios, quien ha sido mi guía constante en el camino de la vida, con su infinita sabiduría y bondad han iluminado mi sendero, permitiéndome enfrentar desafíos, superar obstáculos y alcanzar logros significativos.

Asimismo, no puedo dejar de reconocer el papel invaluable que han desempeñado mis queridos padres, hermana y sobrinos. Su amor incondicional, apoyo inquebrantable y confianza en mí han sido los cimientos sobre los cuales he construido mi éxito. A través de sus enseñanzas, ejemplo y sacrificio, he adquirido los valores y la determinación necesaria para enfrentar los retos de la vida y convertir mis sueños en realidad.

En esta dedicación, también quiero rendir tributo a tres personas excepcionales: Mercedes Duarte, Sixto Parrales y Mechita Parrales. Estos seres queridos han sido como ángeles custodios en mi camino. Siempre han estado a mi lado, brindándome su incondicional apoyo, orientación y sabios consejos. Su presencia constante me ha dado fuerzas cuando me he sentido desalentado, han sido faros de esperanza en momentos de oscuridad y han impulsado mi determinación para no abandonar mis estudios.

En cada paso que he dado, su sabiduría y aliento me han sostenido, recordándome que soy capaz de superar cualquier adversidad. Han sido mi motivación constante y el recordatorio de que la perseverancia y el trabajo arduo son fundamentales para alcanzar el éxito en la vida.

Es a todas estas personas a quienes dedico este logro trascendental en mi vida. Su inquebrantable apoyo y amor incondicional me han impulsado a ser la mejor versión de mí mismo. Que estas palabras de agradecimiento y reconocimiento perduren en el tiempo, dejando constancia del impacto que han tenido en mi camino y en mi formación como ser humano. Que Dios los bendiga a todos y que nuestra conexión perdure siempre como un lazo indestructible de gratitud, amor y reciprocidad.

AGRADECIMIENTO

En este momento, quiero expresar mi más profundo agradecimiento por todo el apoyo, motivación y paciencia que me han brindado a lo largo de mi trayectoria para alcanzar esta meta tan importante para mí. Sin ustedes, no hubiera sido posible lograrlo. Han sido mi roca y mi fuente constante de inspiración.

Aprovecho también esta oportunidad para agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por impartir no solo conocimientos académicos, sino también por inculcar valores y ética en cada paso del camino. Estas enseñanzas serán mis herramientas fundamentales mientras me adentro en el campo laboral. Aprecio profundamente la dedicación y compromiso de todos los docentes que me han guiado en mi carrera. Su experiencia profesional y su conocimiento han sido invaluable para mi crecimiento personal y profesional.

Me siento afortunado de contar con una familia tan maravillosa y una institución educativa que ha dejado una huella indeleble en mi vida. Esta meta alcanzada es un testimonio del amor, la dedicación y el apoyo que he recibido de todos ustedes.

Una vez más, les agradezco de todo corazón por estar a mi lado, por alentarme en los momentos difíciles y celebrar mis logros. Sin su respaldo incondicional, este camino habría sido mucho más arduo. Estoy ansioso por llevar conmigo los valores y enseñanzas que me han proporcionado, y estoy seguro de que me ayudarán a tener éxito en mi futuro profesional.

Con amor y gratitud,

Christoppher Oswaldo Duarte Vergara

RESUMEN

El foco principal del proyecto se dirige hacia la estimación de la demanda eléctrica en hogares residenciales, empleando un método de regresión propuesto. Esta elección se fundamenta en que, en Ecuador, el método actual de estimación eléctrica presenta ciertas limitaciones. Estas limitaciones se evidencian debido a que el estudio original fue llevado a cabo utilizando datos de usuarios residenciales en el suroeste de los Estados Unidos, lo cual introduce variaciones en términos de condiciones climáticas, cultura energética y patrones de consumo eléctrico entre ambos contextos.

Los datos utilizados en esta investigación fueron suministrados por CNEL Guayas-Los Ríos del sistema Durán, en la urbanización Castilla. Estos datos fueron recolectados por una empresa contratista en cumplimiento de las regulaciones establecidas por la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos No Renovables (ARCERNNR). Esta actividad de recolección se lleva a cabo de manera aleatoria cada año. Los datos fueron adquiridos a través de la herramienta Fluke 1744, especializada en calidad de energía. Estos datos se descargaron en el formato de archivo PQ log, el cual fue convertido posteriormente al formato xls de Excel.

La fase de análisis abordó la selección de lecturas fundamentales de armónicos con miras a su examen detallado. Estos datos se utilizaron para estimar variables temporales y calcular la potencia en un contexto de evaluación específico. Los resultados obtenidos se registraron en una hoja de cálculo nueva en Excel, garantizando la integridad de la base de datos primaria y evitando cualquier modificación innecesaria. Consecutivamente, los resultados se importaron a Matlab, donde se aplicaron técnicas de regresión en consonancia con los objetivos del proyecto. Esto habilitó la comparación de la eficacia de los distintos métodos y la determinación del enfoque más adecuado basado en los puntos de referencia, destacando los métodos de regresión lineal y polinomial de segundo grado, los que demostraron mayor exactitud en la aproximación.

ABSTRACT

The main focus of the project is directed toward the estimation of electrical demand in residential homes, using a proposed regression method. This choice is based on the fact that, in Ecuador, the current method of electrical estimation presents certain limitations. These limitations are evident because the original study was carried out using data from residential users in the southwestern United States, which introduces variations in terms of climatic conditions, energy culture, and electricity consumption patterns between both contexts.

The data used in this investigation were supplied by CNEL Guayas-Los Ríos of the Durán system, in the Castilla urbanization. These data were collected by a contractor company in compliance with the regulations established by the Agency for the Regulation and Control of Energy and Non-Renewable Resources (ARCERNNR). This collection activity is carried out randomly every year. The data was acquired through the Fluke 1744 tool, which specialized in power quality. These data were downloaded in the PQ log file format, which was later converted to Excel xls format.

The analysis phase addressed the selection of fundamental harmonic readings for detailed examination. These data were used to estimate temporal variables and calculate power in a specific testing context. The results obtained were recorded in a new spreadsheet in Excel, guaranteeing the integrity of the primary database and avoiding any unnecessary modification. Consecutively, the results were imported into Matlab, where regression techniques were applied to the objectives of the project. This enabled the comparison of the effectiveness of the different methods and the determination of the most appropriate approach based on the reference points, highlighting the linear and polynomial regression methods of the second degree, which demonstrated greater accuracy in the approximation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
CAPITULO I.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 PROBLEMÁTICA.....	3
1.2 ANTECEDENTE.....	4
1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCES.....	5
1.4 DELIMITACIÓN.....	6
1.5 OBJETIVOS.....	7
CAPITULO II.....	8
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	8
2.1 EL MÉTODO DE EBASCO.....	8
2.2 FACTOR DE CARGA.....	9
2.3 MÉTODO DE REGRESIÓN.....	11
2.4 MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL.....	13
2.5 MÉTODO DE REGRESIÓN LOGARÍTMICA.....	16

	x
2.6	MÉTODO DE REGRESIÓN EXPONENCIAL..... 17
2.7	MÉTODO DE REGRESIÓN CUADRÁTICA 20
2.8	CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA (CEL) 21
2.9	ARMÓNICOS..... 23
2.10	POTENCIA..... 26
2.11	FLUKE 1744 POWER QUALITY LOGGER “REGISTRADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA”..... 29
2.12	NORMA ISO 9001 32
2.13	LA NORMA EN 50160..... 34
2.14	NORMA ISO IEC 60654-1 35
2.15	LA NORMA IEC 61000-4-30 37
2.16	LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (ARCONEL). 37
2.17	MICROSOFT EXCEL..... 38
2.18	MATLAB..... 40
CAPITULO III 42	
3.	MARCO METODOLÓGICO 42
3.1	PROCEDIMIENTO..... 42
3.2	DATOS DE ESTUDIO..... 43
3.3	PROCESO DE DATOS 45
CAPITULO IV 49	
4.	RESULTADOS..... 49
CAPITULO V 52	
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 52
5.1	CONCLUSIONES. 52

5.2 RECOMENDACIONES.....	xi
53	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Métodos de Regresión	13
Figura 2 Modelo de Regresión Lineal [8].	14
Figura 3 Modelo de Regresión Lineal Múltiple [8]	15
Figura 4 Método De Regresión logarítmica [10]	17
Figura 5 Método De Regresión Exponencial [12]	19
Figura 6 Método De Regresión Cuadrática [14]	21
Figura 7 Pirámide de Calidad Energética [18]	23
Figura 8 Armónicos de orden 5° y 7° a 60Hz por la frecuencia de Ecuador [20]	24
Figura 9 Cargas no lineales de Tensión y Corriente [21].....	25
Figura 10 Diagrama circular y triangular de la ley de Ohm, triángulo de potencia [22]	26
Figura 11 Diagrama de circuito eléctrico [23]	27
Figura 12 Fluke 1744 [26].....	29
Figura 13 Instalación del Fluke 1744 [27].	31
Figura 14 Normar ISO 9001 [29]	32
Figura 15 Certificado ISO 9001	33
Figura 16 Logo de EN 50160 / ISO 5001	34

Figura 17 La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables	38
Figura 18 Logo de Excel y Aplicación Celular y P.C.[34]	39
Figura 19 Logo de Matlab y ejemplos del programa [36], [37]......	40
Figura 20 Archivo de Adquirido (Fuente).....	43
Figura 21 PQ log de Fluke	43
Figura 22 Datos Completos (Fuente).	44
Figura 23 Datos incompletos (Fuente).	44
Figura 24 Libros de los Bloques de la Urbanización y Línea de Tiempo (Fuente).	45
Figura 25 Armónicos de Voltaje y de Corriente (Fuente).....	45
Figura 26 Multiplicación ($V\% * V_n$) (Fuente).....	46
Figura 27 Datos de la Potencia (Autor).....	46
Figura 28 Potencias Kilovatios-hora (Autor).	47
Figura 29 Datos Demanda Máxima, Kilovatios Horas Día y Mes.....	47
Figura 30 xlsread es la función que permite usar hojas de cálculo Excel	47
Figura 31 Programación de análisis de los métodos regresión en Matlab	48
Figura 32 Tabla de Resultados de Resultados de Potencia	49
Figura 33 Resultados de KWH.....	49
Figura 34 Forma incorrecta	50
Figura 35 Se aproximan los resulta a los valores de las Demanda máxima y promedio.	50
Figura 36 Porcentaje de Error	51

Figura 37 tabla de Ecuaciones de métodos de Regresión empleados en el proyecto y porcentajes de aproximación	51
Figura 38 Demostración de los métodos de Regresión	51

ÍNDICE DE ECUACIÓN

Ecuación 1 Factor de Coincidencia	8
Ecuación 2 Método de Ebasco	8
Ecuación 3 Factor De Carga.....	9
Ecuación 4 Ecuación de Ejemplo.....	10
Ecuación 5 Método de Regresión Lineal Simple	14
Ecuación 6 Método de Regresión Lineal Múltiple.....	14
Ecuación 7 Método De Regresión Logarítmica	16
Ecuación 8 Método de Regresión Exponencial.....	18
Ecuación 9 Regresión Exponencial.....	18
Ecuación 10 Regresión Cuadrática	20
Ecuación 11 Potencia en Triangulo de Ley de OHM.....	27
Ecuación 12 Potencia de Energía y Tiempo.....	28
Ecuación 13 Potencia Fuerza	28

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

La estimación precisa de la demanda eléctrica es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo y una planificación efectiva del suministro energético en cualquier región. Sin embargo, en el Ecuador, el método actual de estimación ha mostrado ciertas limitaciones, ya que se basa en un estudio realizado en el Sur Oeste de los Estados Unidos, utilizando datos de usuarios residenciales de esa región. Esta transferencia directa de métodos puede llevar a imprecisiones significativas debido a las disparidades climáticas y culturas energéticas entre ambos lugares, las cuales influyen en los patrones de consumo eléctrico.

Para abordar este problema, el presente proyecto se centra en mejorar la exactitud en la estimación de la demanda de CNEL Guayas-Los Ríos del sistema Durán en la urbanización Castilla. Para ello, se han empleado dos herramientas versátiles de análisis matemático: Excel, se ha creado la tabla de datos del analizador de redes;

Matlab ha sido la plataforma de estudio para los datos adquiridos, utilizando varios métodos de regresión.

El método de Ebasco es actualmente el enfoque utilizado en el CNEL para estimar la demanda eléctrica. No obstante, con el propósito de comparar su desempeño con otras alternativas, se han implementado diferentes métodos de regresión en Matlab. El objetivo primordial del estudio es determinar qué método de regresión se ajusta mejor a los datos proporcionados, presentando una mayor cercanía a la realidad y como en consecuencia, una mayor precisión en la estimación de la demanda eléctrica en el contexto ecuatoriano.

Al considerar las particularidades climáticas y cultura energética del Ecuador, se anticipa obtener resultados más confiables y ajustados a la realidad, lo que permitirá una planificación energética más efectiva y una distribución eléctrica más eficiente para los usuarios residenciales del país.

Cabe destacar que la elección del método de regresión óptimo requerirá un análisis exhaustivo y una interpretación minuciosa de los resultados obtenidos. A través de este proyecto, se aspira a contribuir al avance en la precisión de la estimación de la demanda eléctrica en el Ecuador.

Estudios similares en el país se basan en utilizar el Modelo de Regresión Adaptativa Multivariante Splines (MARS) siglas en inglés, para identificar un patrón en los datos consumo eléctrico residencial de la ciudad de Quito y realizar pronósticos precisos de la demanda eléctrica en el futuro [1].

Este tipo de proyecto se enfoca más en el sector industrial y comercial a diferencia del sector residencial, pero todos tiene el mismo enfoque, el cual es mejorar la planificación y gestión del sistema eléctrico, permitiendo una distribución más eficiente y efectiva de la energía.

1.1 PROBLEMÁTICA

El método actual de estimación de la demanda energética tiene restricciones y puede no ser completamente apropiado para adaptarse a los contextos y las características energéticas de Cantón Daule.

La problemática de este proyecto está enfocada en mejorar el método de estimación de la demanda energética que se utiliza actualmente, el mismo se basa en datos de usuarios residenciales en una parte de los Estados Unidos, lo que genera una distorsión en los datos que se reflejan en nuestro consumo energético.

Al guiarse por diferentes culturas y costumbres energéticas que se diferencia de nuestro país. Este método se originó en la década de 1970 [2] y se basa en análisis de regresión que pueden ser imprecisos y tener variaciones. Además, este proceso no tiene en cuenta los métodos de estudio utilizados, lo que puede afectar aún más su precisión.

Por lo que el presente proyecto se basara en obtener los datos más reales al analizar la demanda energética de CNEL Guayas-Los Ríos del sistema Durán urbanización Castilla con el método de regresión, el cual se demostrara en un software para determinar cuál es el más adecuado para lograr minimizar el porcentaje de error del proceso.

1.2 ANTECEDENTE

La predicción de la demanda eléctrica es un procedimiento esencial para asegurar la disponibilidad de energía en el futuro. Este proceso se lleva a cabo empleando herramientas tecnológicas y técnicas estadísticas, con el objetivo de obtener resultados precisos y confiables.

La estimación de la demanda eléctrica es un proceso fundamental para predecir la cantidad de energía que será necesaria en un futuro determinado. Este estudio se realiza mediante el uso de sistemas de cálculos, como Matlab[3], para lograr un análisis más preciso y confiable. Para ello, se recopilan y utilizan los datos de lectura del sector a través de herramientas como geoportal, lo que posibilita la elaboración de registros confiable y precisa.

El análisis de los datos recopilados se lleva a cabo a través del método de regresión, utilizando diferentes técnicas como la regresión simple, múltiple, polinomial y exponencial. Estos métodos permiten hacer una comparación y evaluación de los resultados obtenidos, lo que ayuda a determinar cuál de ellos es más preciso y aceptable para los usuarios.

Las lecturas de calidad de energía, que fueron proporcionadas por CNEL Guayas-Los Ríos del sistema Duran los mismos que fueron tomados por una empresa contratada con la finalidad de dar cumplimiento con lo establece la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos No Renovables (ARCERNNR), actividad que se realiza cada año aleatoriamente.

El equipo de medición debe de tener siempre el informe de la calibración actualizado antes de realizar un estudio de calidad de energía.

1.3 IMPORTANCIA Y ALCANCES

La predicción de la cuantía de energía que se requerirá en hogares utilizando el enfoque de regresión es un aspecto técnico fundamental para la organización y administración eficiente del suministro eléctrico. Los principales beneficiarios de esta estimación son las empresas proveedoras de electricidad, seguidas de los organismos reguladores, los usuarios residenciales y los investigadores dedicados a este campo.

IMPORTANCIA

Planificación y gestión del suministro eléctrico: Conocer la demanda eléctrica en usuarios residenciales es esencial para una adecuada planificación y gestión del suministro eléctrico. La estimación precisa de la demanda futura basada en patrones históricos de consumo permite a la compañía eléctrica anticiparse a las necesidades de los usuarios residenciales, ajustar la oferta de energía y garantizar un suministro eléctrico eficiente y confiable.

Toma de decisiones estratégicas: La aplicación de un enfoque estratégico en la toma de decisiones por parte de la compañía eléctrica, basado en la estimación de la demanda eléctrica en usuarios residenciales, puede generar ventajas y beneficios significativos para la empresa en su totalidad. La capacidad de predecir de manera precisa la demanda futura permite tomar decisiones informadas en términos de inversión en infraestructura, gestión de la red eléctrica y desarrollo de políticas específicas para los usuarios residenciales.

ALCANCES

Compañía de suministro eléctrico (beneficiario principal): Los resultados obtenidos en este estudio permitirían a la compañía mejorar la planificación y gestión de la demanda eléctrica en usuarios residenciales. Con una estimación más precisa de la demanda, la compañía puede optimizar la inversión en infraestructura, gestionar eficientemente los recursos y ofrecer un suministro eléctrico confiable a los usuarios residenciales.

Reguladores y tomadores de decisiones gubernamentales: La estimación de la demanda eléctrica en usuarios residenciales proporciona información precisa sobre las necesidades de infraestructura y las demandas específicas de este segmento. Esto permite a los reguladores y tomadores de decisiones gubernamentales tener una visión clara de la demanda y adaptar las políticas y regulaciones energéticas para satisfacer las necesidades de los usuarios residenciales.

Usuarios residenciales: Con una estimación más precisa de sus patrones de consumo de energía, los usuarios residenciales pueden tomar medidas para reducir su factura de energía. Pueden ajustar su consumo, implementar medidas de eficiencia energética en el hogar y tomar decisiones informadas sobre su uso de la energía. Esto les permite tener un mayor control sobre su consumo y reducir costos.

Investigadores y académicos en el campo de la energía: Los resultados de la tesis pueden ser utilizados como base para futuras investigaciones en la estimación de la demanda eléctrica en usuarios residenciales. Los investigadores y académicos pueden utilizar estos resultados para ampliar el conocimiento en el campo y desarrollar enfoques y metodologías más avanzadas en la estimación de la demanda eléctrica específica para los usuarios residenciales.

1.4 DELIMITACIÓN

Se limitará a la estimación y análisis de datos relacionados con la demanda eléctrica en usuarios residenciales, y no se abordarán otros factores que puedan influir en la demanda eléctrica, como la generación de energía renovable o los cambios en los hábitos de consumo. Además, el estudio se limitará a usuarios residenciales y no incluirá usuarios de comerciales ni industriales. Se tomará como punto de referencia la región costa tomando y zona de análisis el área de concesión CNEL Guayas-Los Ríos del sistema Durán, de donde se procederá la adquisición de los registros de la lectura de medición.

1.5 OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERAL

Estimación de la necesidad de consumo de energía eléctrica en usuarios residenciales de baja tensión mediante la aplicación del método de regresión.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Obtener las mediciones de calidad de energía de usuarios residenciales, de CNEL Guayas-Los Ríos del sistema Durán.
- ✓ Analizar los datos mediante el software Matlab, el método de Ebasco.
- ✓ Identificar el método de regresión que mejor se ajuste a la relación consumo versus demanda.
- ✓ Determinar la fiabilidad de los indicadores de proceso y mostrar las mejoras que han sido desarrolladas para los métodos matemáticos que fueron evaluados.

CAPITULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 EL MÉTODO DE EBASCO

Se procedió a la evaluación de la red de distribución preensamblada mediante la aplicación del enfoque metodológico desarrollado por Ebasco. Este método provee las ecuaciones esenciales para establecer una correlación entre variables clave, como el volumen de usuarios, la dimensión de los conductores y la capacidad del transformador integrado en la red.

La amplia adopción del método Ebasco por parte de CNEL EP es evidencia de su relevancia para la estimación de la demanda en sistemas de distribución eléctrica de baja tensión. La obtención precisa de esta demanda se basa en la recopilación de datos sobre consumo en kilovatios-hora (kWh) y el número de unidades habitacionales en el circuito bajo análisis.

El punto de partida implica la determinación del factor de coincidencia, un parámetro esencial en la toma de decisiones respecto a la planificación y selección de equipos en el sistema de distribución.

El factor de coincidencia se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$FC = 0.38 + \frac{0.62}{N}$$

Ecuación 1 Factor de Coincidencia

N = número de usuarios.

Este factor representa la relación entre constantes numéricas divididas por el número de usuarios en el área. Al calcularlo, se deben considerar la misma alimentación y el mismo intervalo de tiempo.

$$KM_{pico} = \frac{KWH}{49.7 * KWH^{0.154}}$$

Ecuación 2 Método de Ebasco

Una vez que se ha obtenido el valor del factor de coincidencia, es factible llevar a cabo el cálculo de la demanda al multiplicar los kilovatios pico (kW pico) por dicho factor, además de considerar el número de usuarios presentes en el área específica de estudio.

Para la determinación de los kilovoltiamperios (*kVA*), se procede dividiendo los kW pico por el factor de potencia. En esta instancia, es importante señalar que la distribuidora utiliza un valor establecido previamente de 0.92 para el factor de potencia en sus cálculos. Con estos elementos en mano, se puede proceder a establecer los valores de kilovoltiamperios (*kVA*) para la red de distribución en baja tensión [2].

2.2 FACTOR DE CARGA

el factor de carga es un indicador crucial que muestra en qué proporción se consumiría la energía total en un día si el consumo se mantuviera constantemente en el nivel de máxima demanda registrada. Cuanto más cercano a uno sea este factor, más uniforme será el consumo en las instalaciones del cliente [3].

En el ámbito de la ingeniería eléctrica, se define el factor de carga como la relación entre la carga promedio y la carga máxima durante un intervalo de tiempo específico. En esencia, este factor proporciona una medida de la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica. Un factor de carga bajo señala que la demanda eléctrica no ejerce una gran presión sobre el sistema, en contraste con un factor alto que indica una mayor demanda ejercida por consumidores o generadores en el sistema de distribución eléctrica [3].

Matemáticamente, el factor de carga (F_{carga}) se expresa como la división de la carga media entre la carga máxima en un período determinado:

$$F_{carga} = \frac{\text{Carga Media}}{\text{Carga maxima en un periodo de tiempo dado}}$$

Por ejemplo, consideremos una factura eléctrica comercial grande con una demanda máxima de 436 kW y un consumo de 57,200 kWh en un ciclo de facturación de 30 días. En este caso [3], el cálculo del factor de carga sería:

$$Factor_{carga} = \frac{57\,200\text{ kWh}}{30\text{ d} * 24\text{ horas por día} * 436\text{ kW}} * 100\% = 18.22\%$$

Ecuación 4 Ecuación de Ejemplo.

El factor de carga se obtiene a partir del perfil de consumo de un dispositivo o sistema de dispositivos específico. Siempre es menor que uno debido a que la demanda máxima nunca es inferior a la demanda promedio. Esto se debe a que es poco probable que las instalaciones operen constantemente a su capacidad máxima durante un día completo de 24 horas. Un alto factor de carga sugiere un consumo energético relativamente constante, mientras que un factor de carga bajo indica picos ocasionales de alta demanda. Mantener una capacidad inactiva durante largos períodos para atender esos picos resulta en costos más elevados para el sistema [3].

Las tarifas eléctricas se estructuran de manera que los clientes con un alto factor de carga pagan menos en general por kilovatio-hora (kWh) consumido. Este proceso, junto con otros, se conoce como equilibrio de carga o nivelación de picos.

Es importante destacar que el factor de carga se relaciona estrechamente con el factor de demanda, aunque a menudo se confunden. El factor de demanda se define como la relación entre la demanda máxima en un período dado y la demanda máxima posible. A diferencia del factor de carga, el denominador en el factor de demanda está fijo y es específico del sistema. Como resultado, el factor de demanda no se deriva del perfil de carga, sino que requiere información adicional sobre la carga total del sistema en cuestión [3].

2.3 MÉTODO DE REGRESIÓN

Es una técnica estadística ampliamente utilizada en diversas disciplinas, como la economía, la psicología, la biología, Ingeniería y otras ciencias sociales, así como en campos como el análisis financiero, el aprendizaje automático y la inteligencia artificial. Por ejemplo, ayuda analizar por método de regresión para mejorar la planificación y gestión del sistema eléctrico, permitiendo una distribución más eficiente y efectiva de la energía.

La finalidad primordial de la regresión radica en examinar la interconexión entre una variable dependiente (igualmente denominada como variable de respuesta) y una o más variables independientes (conocidas como variables predictoras)[4]. El propósito consiste en identificar una expresión matemática que caracterice esta interrelación y, a partir de esta, efectuar estimaciones en torno a los valores de la variable dependiente con base en los valores presentes en las variables independientes [5].

Existen varios tipos de regresión, entre los más comunes se encuentran:

Regresión lineal: Se procede a la adaptación de una línea recta a los conjuntos de datos con el propósito de establecer un modelo que describa la conexión existente entre la variable dependiente y la variable independiente.

Regresión polinómica: Se ajusta un polinomio (curva) a los datos para modelar relaciones no lineales.

Regresión logística: Utilizada cuando la variable dependiente es categórica y se desea predecir la probabilidad de que ocurra una categoría específica.

Regresión múltiple: Trabaja con múltiples variables independientes para predecir la variable dependiente, permitiendo un análisis más completo.

El proceso de regresión implica pasos clave:

Recopilación de datos: Se lleva a cabo la obtención de información concerniente a la variable dependiente y las variables independientes de importancia.

Análisis exploratorio de datos: Se realiza un análisis inicial para entender la distribución y buscar posibles relaciones.

Elección del modelo: Se selecciona el tipo de regresión que mejor se ajuste a los datos y al problema.

Ajuste del modelo: Se ajustan los parámetros para que el modelo se ajuste de manera óptima a los datos.

Evaluación del modelo: Se evalúa la calidad del ajuste y la capacidad predictiva mediante diversas métricas.

Interpretación de resultados: Se analizan los resultados y se interpretan las relaciones entre las variables.

Es esencial considerar que el enfoque de regresión no implica una relación causal, solo una asociación o correlación entre las variables analizadas. Además, al hacer predicciones con el modelo, se debe tener cuidado, ya que puede no ser válido para valores fuera del rango de los datos utilizados en el ajuste [6].

El análisis de regresión es una herramienta poderosa en estadística que aporta conocimientos sustanciales para la toma de decisiones y la optimización de procesos en variados dominios.

Sin embargo, es esencial tener precaución al establecer relaciones causales sin un fundamento teórico sólido para evitar conclusiones erróneas, como se ilustra en la figura 2.

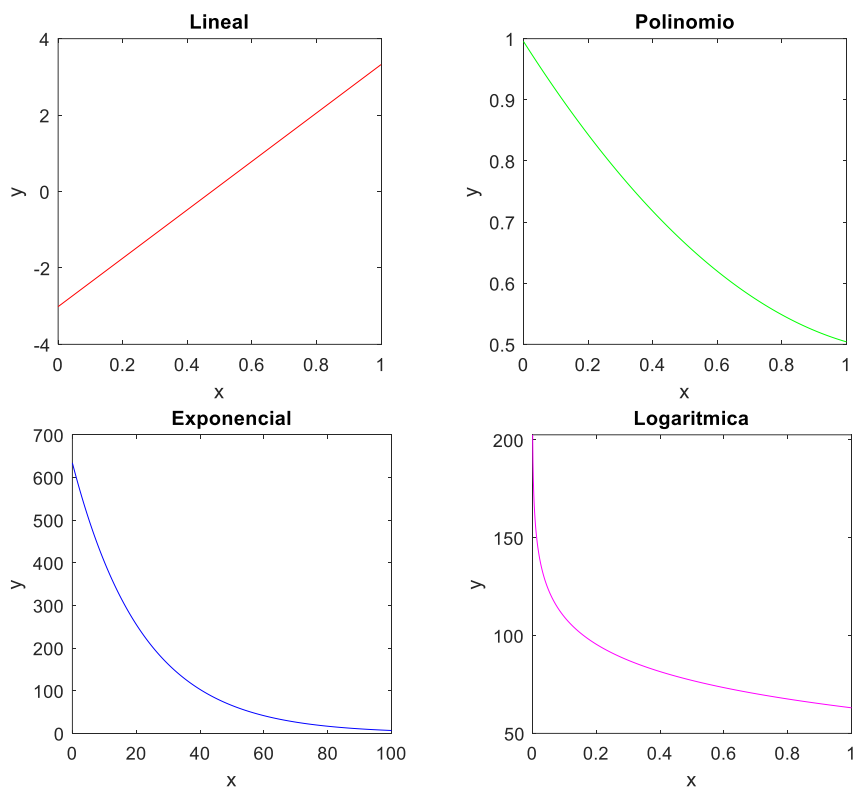


Figura 1 Métodos de Regresión

2.4 MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL

Es una herramienta poderosa para modelar y entender relaciones entre variables, tanto en su forma simple como múltiple, pero es fundamental tener en cuenta sus limitaciones y realizar análisis complementarios si se buscan relaciones causales.

La regresión lineal se erige como una metodología estadística de gran utilización para establecer la vinculación entre dos grupos de variables. En la modalidad de regresión lineal simple, se configura el enlace entre una variable dependiente Y y un predictor X. Se parte de la premisa de que la auténtica conexión entre Y y X se puede describir mediante una línea recta, lo cual conlleva a la aplicación de una ecuación con el propósito de efectuar proyecciones o estimaciones sobre los datos [7].

La ecuación del modelo de regresión lineal simple es:

$$E(Y/X) = \beta_0 + \beta_1 X$$

Ecuación 5 Método de Regresión Lineal Simple

Donde β_0 y β_1 son parámetros no conocidos que denotan la intersección en el eje Y y la pendiente de la regresión, respectivamente.

Cuando se emplea el modelo de regresión lineal simple, es crucial llevar a cabo una selección cuidadosa de las variables empleadas para construir las ecuaciones de regresión, así como determinar la estructura del modelo. Asimismo, es fundamental tener en cuenta que las relaciones de regresión únicamente son aplicables a los valores del predictor X que se encuentren en el rango abarcado por los datos originales [8], como se muestra en la figura 2.

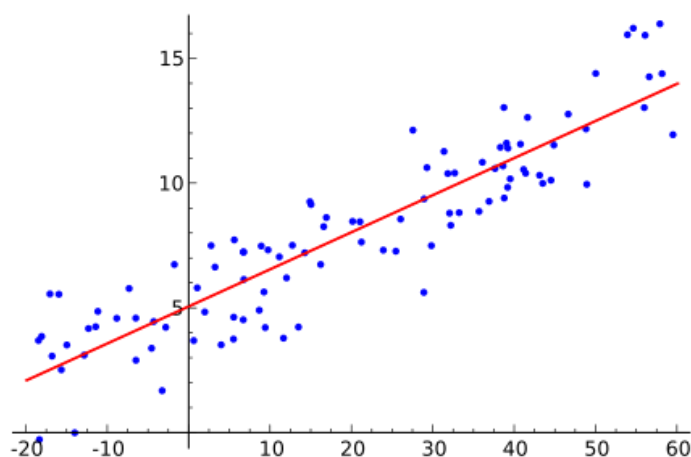


Figura 2 Modelo de Regresión Lineal [8].

La regresión lineal múltiple es una estrategia utilizada cuando se disponen de múltiples variables predictoras (X_1, X_2, \dots, X_n) con el propósito de explicar una variable dependiente[8]. El modelo de regresión lineal múltiple se puede describir mediante la siguiente ecuación:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Ecuación 6 Método de Regresión Lineal Múltiple

Donde Y es la variable dependiente, β_0 representa la ordenada al origen y $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ son los coeficientes estimados para las variables predictoras (X_1, X_2, \dots, X_n) respectivamente. El término ε representa el residuo o error.

La regresión lineal tiene diversas aplicaciones, como la predicción o pronóstico de valores en función de ciertos predictores. También se utiliza para evaluar la fuerza de la relación entre una variable y los predictores y determinar cuán estrecha es esta relación, como se ilustra en la figura 3.

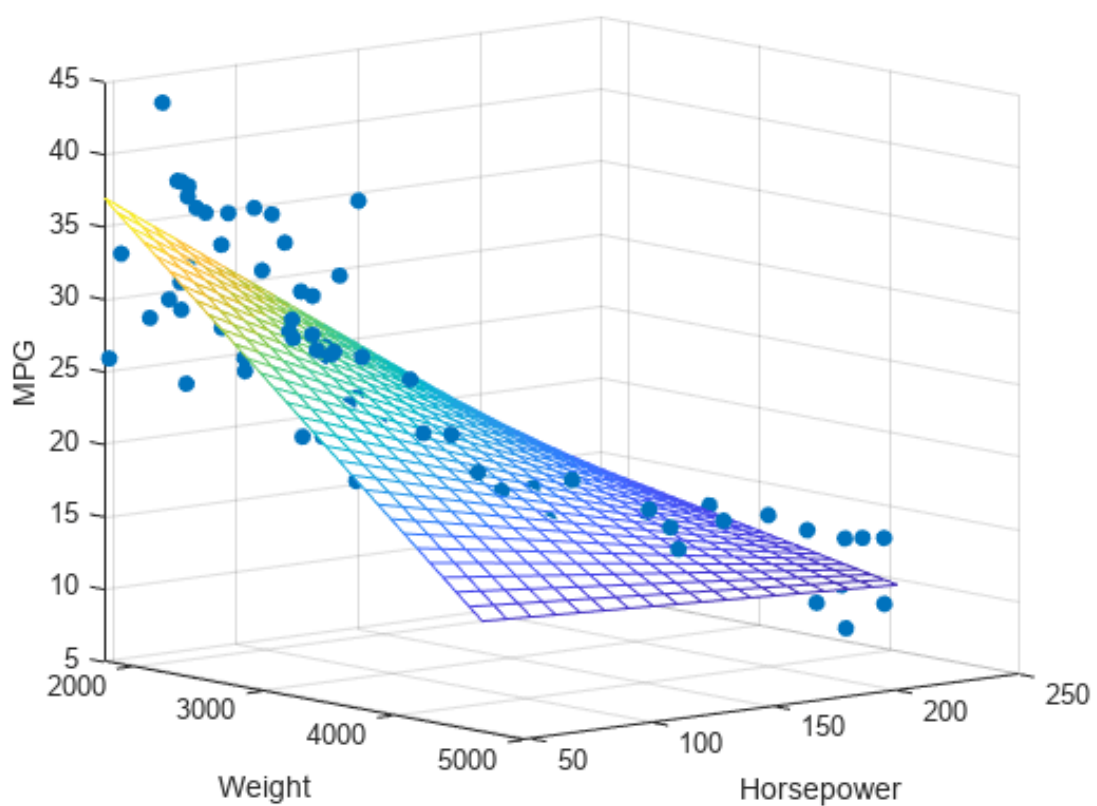


Figura 3 Modelo de Regresión Lineal Múltiple [8]

Algunas aplicaciones específicas de la regresión lineal incluyen:

- Predicción de cosechas basada en la precipitación.
- Pronóstico de calificaciones de alumnos en función de las horas de estudio.
- Estimación del salario según la experiencia laboral.

Sin embargo, es importante tener en cuenta las limitaciones de la regresión lineal. Aunque establece una relación entre las variables, no implica una relación causal. Si se necesita establecer una causalidad, será necesario realizar análisis adicionales [9].

2.5 MÉTODO DE REGRESIÓN LOGARÍTMICA

La regresión logarítmica es un enfoque de modelado que incorpora un logaritmo en su ecuación, específicamente, toma el logaritmo de la variable independiente. Así, la ecuación del modelo de regresión logarítmica se expresa como:

$$Y = a + b * \ln(x)$$

Ecuación 7 Método De Regresión Logarítmica

Este método resulta altamente beneficioso cuando se pretende ajustar un modelo de regresión a datos que siguen una tendencia curvilínea logarítmica. De esta manera, la regresión logarítmica se adapta mejor a los datos de muestra. Se clasifica como un tipo de regresión no lineal junto con la regresión exponencial y la regresión polinomial [10].

La fórmula de la ecuación 5 de la regresión logarítmica se expresa:

- $Y \Rightarrow$ Variable Dependiente.
- $X \Rightarrow$ Como la Variable Independiente.
- a y $b \Rightarrow$ Coeficientes de la Regresión.

Es esencial señalar que esta ecuación, representa una recta, pero en lugar de referirse a las variables originales y , está basada en las variables $\ln(x)$ e y .

La regresión logarítmica es una técnica utilizada para modelar relaciones no lineales entre variables. A diferencia de la regresión lineal, donde se ajusta una línea recta a los datos, en la regresión logarítmica se ajusta una curva logarítmica a los datos.

Esta metodología resulta útil cuando los datos exhiben un crecimiento o disminución exponencial, en lugar de seguir una relación lineal [11], en la figura 4.

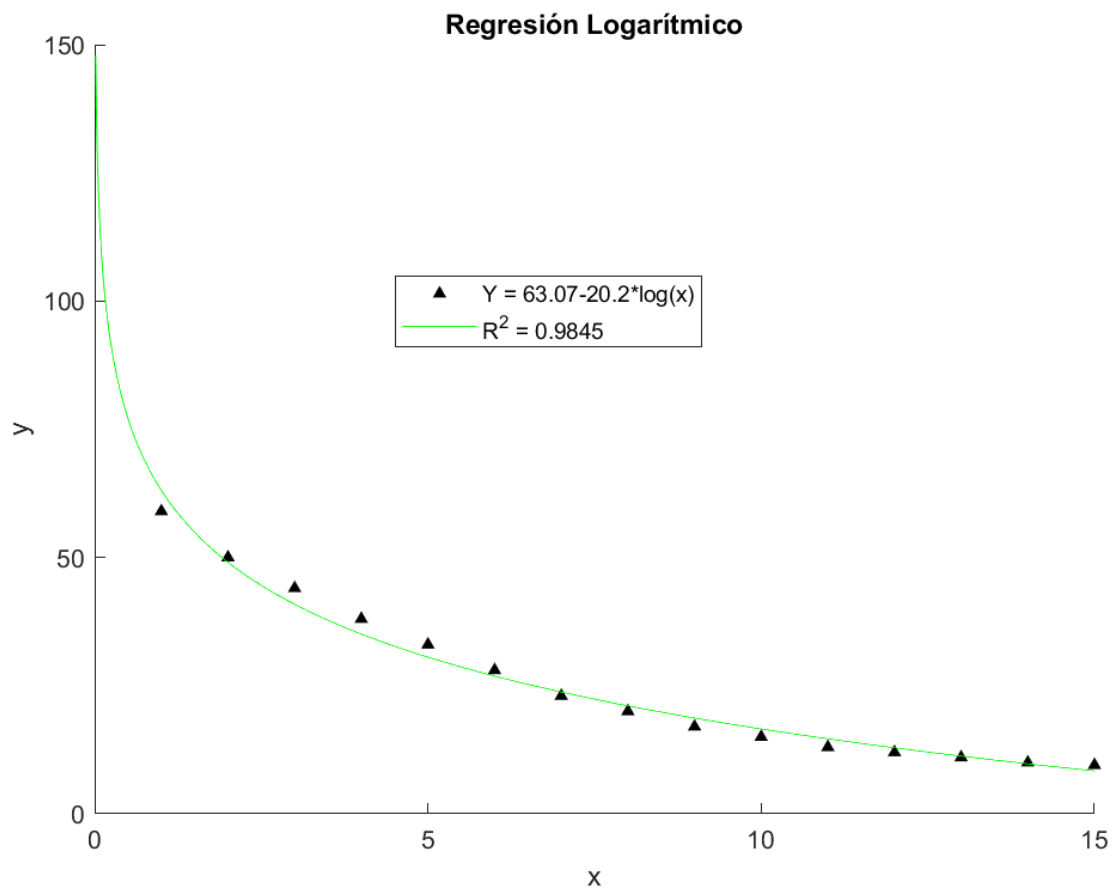


Figura 4 Método De Regresión logarítmica [10]

2.6 MÉTODO DE REGRESIÓN EXPONENCIAL.

La regresión exponencial es una valiosa herramienta estadística para modelar y analizar datos con crecimiento o decrecimiento exponencial, permitiendo hacer predicciones y tomar decisiones informadas basadas en patrones pasados. Sin embargo, siempre es esencial evaluar si los datos realmente siguen una tendencia exponencial antes de aplicar este método [12].

El enfoque de regresión exponencial implica la determinación de la ecuación que mejor se adecúe a una serie de datos mediante una función exponencial.

La ecuación obtenida adopta la estructura [12]:

$$y = ab^x$$

Ecuación 8 Método de Regresión Exponencial

Donde

$$a \neq 0$$

La potencia predictiva relativa del modelo exponencial se representa mediante R^2 , cuyo valor varía entre 0 y 1. Cuanto más cercano esté el valor de R^2 a 1, más preciso será el modelo.

Esta técnica es adecuada cuando los datos muestran un patrón de crecimiento o decrecimiento exponencial con respecto al tiempo o una variable independiente. Para realizar la regresión exponencial, es importante que los datos realmente sigan una tendencia exponencial, de lo contrario, los resultados pueden ser engañosos [13].

La ecuación que describe esta curva:

$$Y = ae^{bx}$$

Ecuación 9 Regresión Exponencial

La fórmula de la ecuación 7 de la regresión exponencial se expresa:

- $X \Rightarrow$ Variable Independiente
- $Y \Rightarrow$ Variable Dependiente.
- $e \Rightarrow$ Representa a Euler ≈ 2.7182 .
- a y $b \Rightarrow$ estima para ajustar la curva exponencial a los datos.

Una línea de tendencia exponencial es una línea curva que es más útil cuando los valores de datos suben o bajan a tasas cada vez más altas.

No se puede crear una línea de tendencia exponencial si los datos contienen valores negativos o si no contienen valores, como se ilustra en la figura 5.

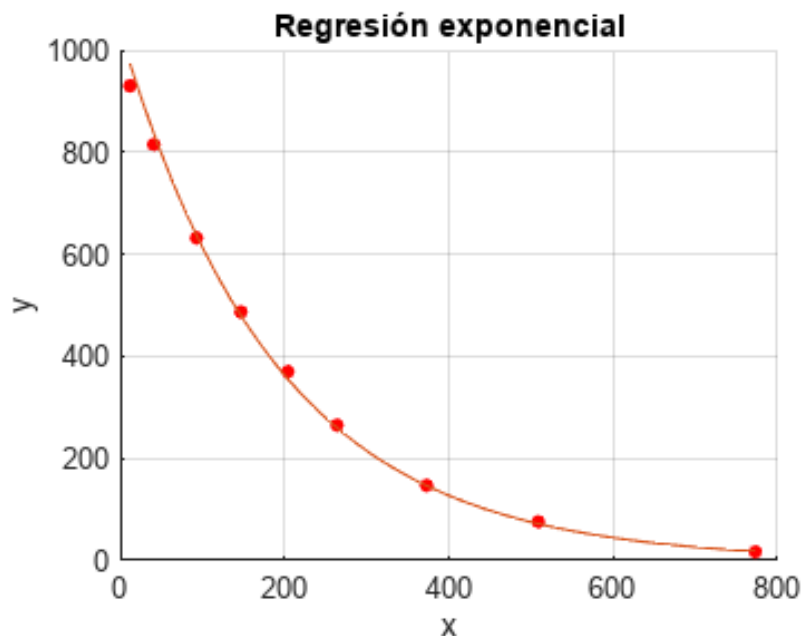


Figura 5 Método De Regresión Exponencial [12]

La regresión exponencial se emplea para estimar valores futuros de la variable dependiente, lo que es útil en el análisis de empresas o negocios. Al analizar ingresos pasados, podemos adquirir una perspectiva sobre lo que posiblemente acontecerá en el próximo período.

En términos generales, la regresión explora la conexión entre dos variables, posibilitando la anticipación del valor de una variable basándose en los valores proporcionados por otra variable. En todos los escenarios de regresión, se establece una interdependencia funcional entre las variables.

Para llevar a cabo la adaptación de la regresión exponencial a los datos, se emplean técnicas de regresión, como el método de mínimos cuadrados, con el fin de determinar los valores óptimos de los parámetros "a" y "b" que reduzcan al mínimo la disparidad entre los valores observados y aquellos previstos por medio de la ecuación exponencial. [13].

Si los datos no siguen una tendencia exponencial, es posible que se requieran otros métodos de regresión, como la regresión lineal o polinómica, para obtener un ajuste adecuado.

2.7 MÉTODO DE REGRESIÓN CUADRÁTICA

Es una técnica que nos capacita para determinar los parámetros de una parábola que se adapten óptimamente a un conjunto de datos, ya sea que estos datos sean mediciones experimentales u otros tipos de observaciones. La ecuación de una función cuadrática o de segundo grado se representa [14]:

$$Y = a + b * x + c * x^2$$

Ecuación 10 Regresión Cuadrática

El propósito consiste en identificar los valores de "a", "b" y "c" que logren que el cálculo de "y" se aproxime en la mayor medida posible al valor registrado en los datos observados.

Para obtener los valores de "a", "b" y "c", se resuelve un sistema de ecuaciones generado a partir de la matriz de sumatorias de los datos observados. Una vez reemplazados los valores de "N" y las sumatorias, se procede a resolver el sistema mediante el método preferido [15].

Luego de solucionar el sistema de ecuaciones, se obtienen los valores de los parámetros "a", "b" y "c", los cuales caracterizan la parábola que mejor se ajusta a los datos.

Este proceso es útil en situaciones donde la relación entre las variables se puede describir adecuadamente mediante una parábola. Las funciones cuadráticas son comunes en diversos campos, y es necesario ajustar los datos a una parábola cuando se sospecha que la relación entre las variables es cuadrática. Además, se hace referencia al proceso de calcular la inclinación de una línea que atraviesa el punto de origen y que se ajusta de manera más precisa a un conjunto de valores experimentales $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), \dots, (x_i, y_i)$.

Este procedimiento es relevante en casos en los que las magnitudes físicas exhiben una relación lineal, y la pendiente de la recta tiene un significado físico importante.

Si bien la regresión cuadrática se enfoca en ajustar parábolas, este cálculo de pendiente y relación lineal también se menciona como un enfoque válido en otras situaciones donde la relación entre variables es lineal [14], como se puede ver en la figura 6.

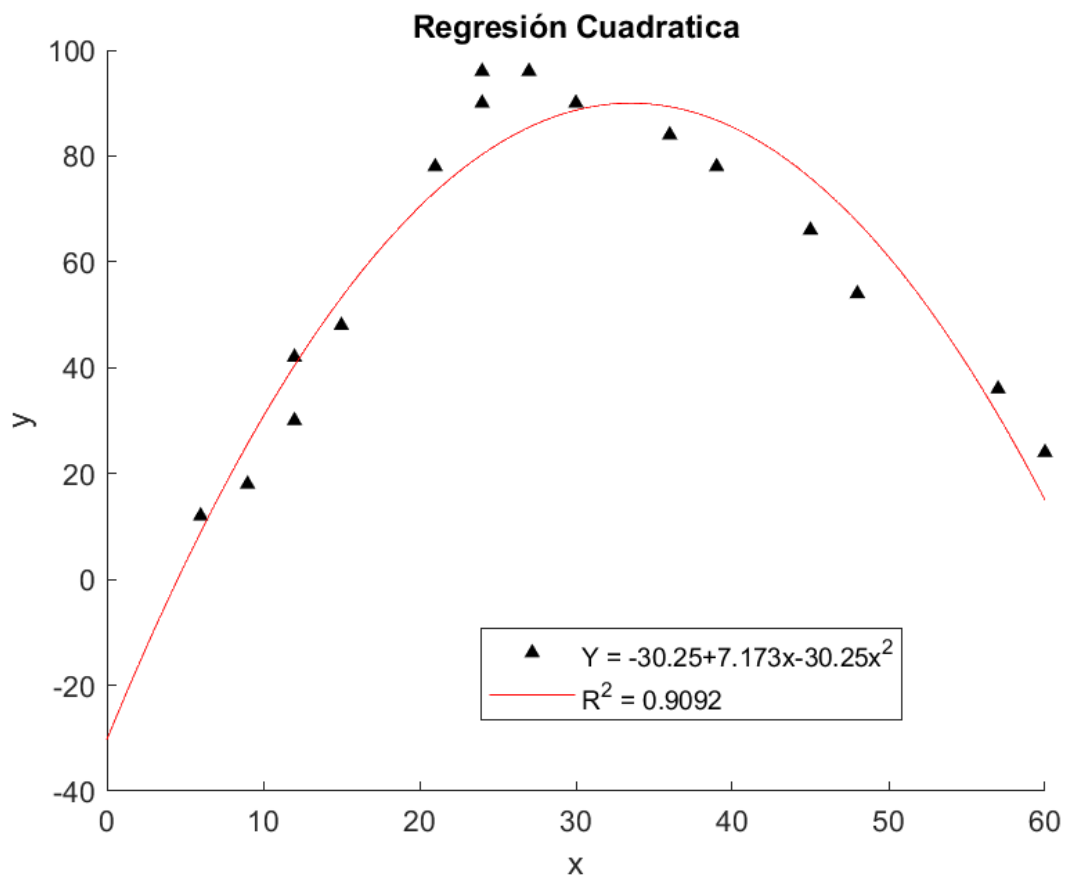


Figura 6 Método De Regresión Cuadrática [14]

2.8 CALIDAD DE ENERGÍA ELÉCTRICA (CEL)

Este indicador tiene la función de evaluar la capacidad de una instalación eléctrica para garantizar el adecuado desempeño de las cargas conectadas. Las variaciones eléctricas, que pueden impactar la tensión, corriente o frecuencia, pueden originarse tanto en las instalaciones del usuario como en las cargas mismas, o bien en la red eléctrica proporcionada por la empresa distribuidora [16].

La CEL es un concepto relativo y varía según las necesidades del usuario. Para usuarios residenciales, la continuidad del servicio es más relevante que la calidad de la señal, mientras que, para usuarios industriales con equipos de control basados en microelectrónica, la calidad de la señal es crítica además de la continuidad.

Se define las variables de CEL:

- Amplitud
- Frecuencia
- Forma de la señal
- Balance de las fases
- Continuidad.

La calidad energética es esencial para asegurar el correcto funcionamiento de los dispositivos eléctricos. Una alimentación inadecuada puede causar mal funcionamiento o fallos prematuros en los equipos. Situaciones como la energía reactiva, fluctuaciones de voltaje, sobrevoltaje, distorsión armónica y la corrección del factor de potencia son problemáticas habituales en la distribución energética. [17].

Para abordar estos problemas, los laboratorios móviles de Enerdoor ofrecen servicios de monitorización y análisis en baja tensión para diversos entornos industriales y aplicaciones.

Sus medidores de calidad de energía permiten recopilar datos durante periodos prolongados para entender y resolver los problemas relacionados con la CEL. Esto adquiere una importancia significativa cuando se llevan a cabo instalaciones recientes, se reemplazan equipos antiguos o se actualizan dispositivos electrónicos.

En la estructura de la jerarquía de la figura 7 se evidencia que los sistemas de conexión a tierra constituyen el pilar esencial. Un diseño eléctrico que garantice la seguridad posibilitará la reducción de incidencias vinculadas a cortes de suministro, fenómenos transitorios y cambios en los aspectos primordiales [18].

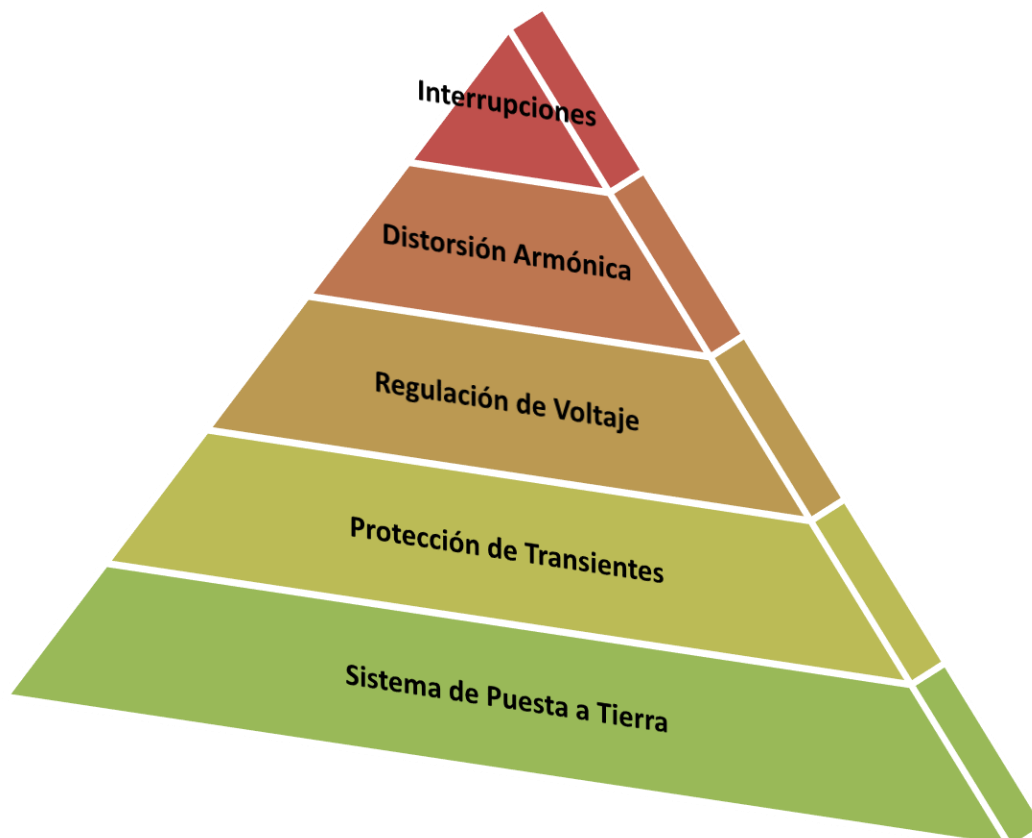


Figura 7 Pirámide de Calidad Energética [18]

2.9 ARMÓNICOS

Los armónicos son componentes adicionales que aparecen en una señal periódica y cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental. Si no se manejan adecuadamente, pueden provocar problemas en el sistema de energía eléctrica [19].

Son componentes suplementarios presentes en una señal periódica, como una onda de corriente eléctrica o tensión, que se originan como múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de dicha señal.

En redes eléctricas comunes, la frecuencia fundamental suele ser de 50 Hz o 60 Hz, dependiendo del país, como se ilustra en la figura 8.

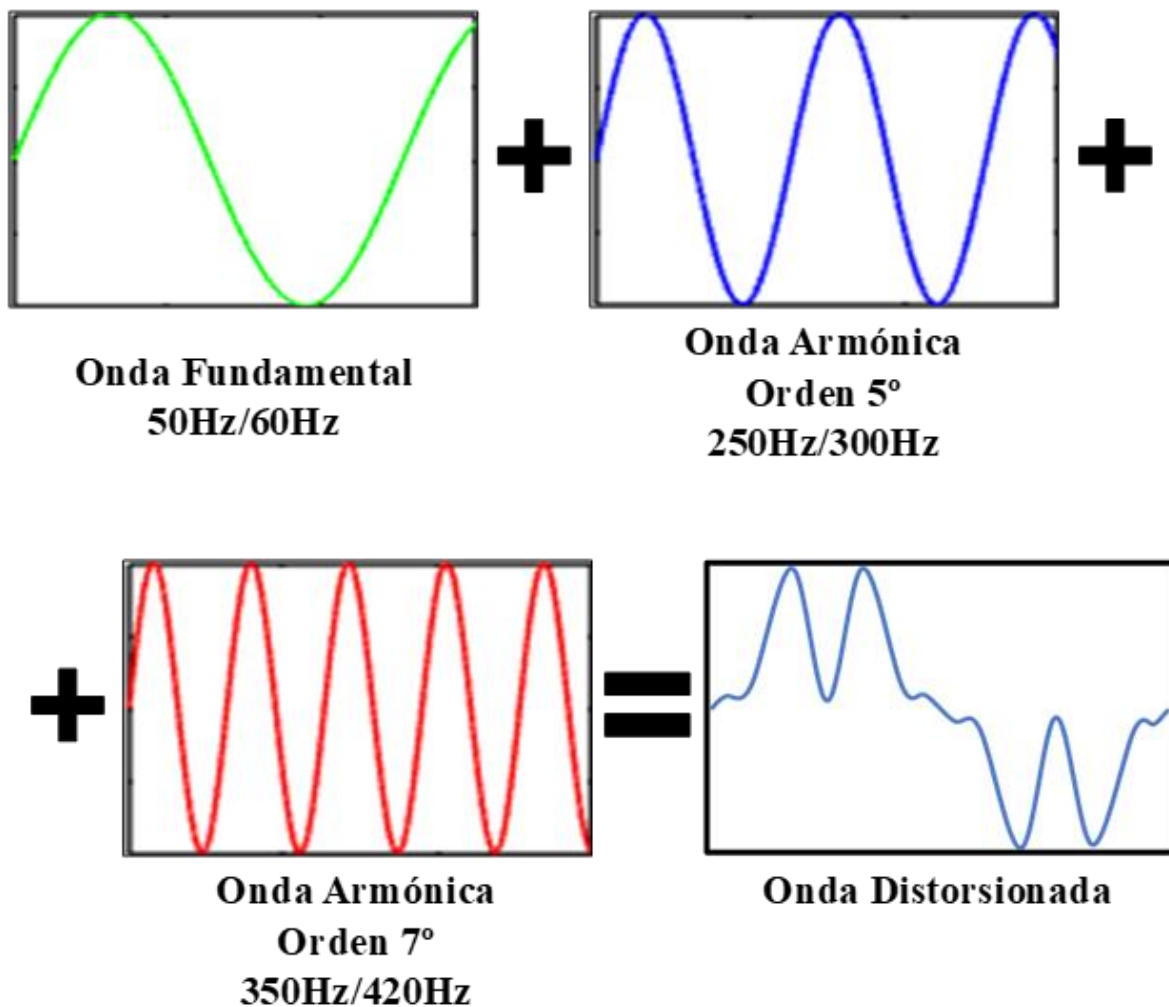


Figura 8 Armónicos de orden 5° y 7° a 60Hz por la frecuencia de Ecuador [20]

Cuando una señal no posee una forma de onda estrictamente sinusoidal, es decir, tiene una forma más compleja, se dice que contiene armónicos. Estos armónicos son múltiplos de la frecuencia fundamental y pueden clasificarse como armónicos de rango par (2, 4, 6, etc.) o armónicos de rango impar (3, 5, 7, etc.) [21].

Las cargas no lineales, como rectificadores, inversores, variadores de velocidad, hornos, entre otros, son fuentes comunes de generación de armónicos en la red eléctrica. Estas corrientes armónicas adicionales pueden ocasionar problemas en el sistema de energía, tales como la amplificación de ciertos armónicos debido a la resonancia, reducción del rendimiento de equipos y componentes, degradación del aislamiento, y otros efectos indeseables.

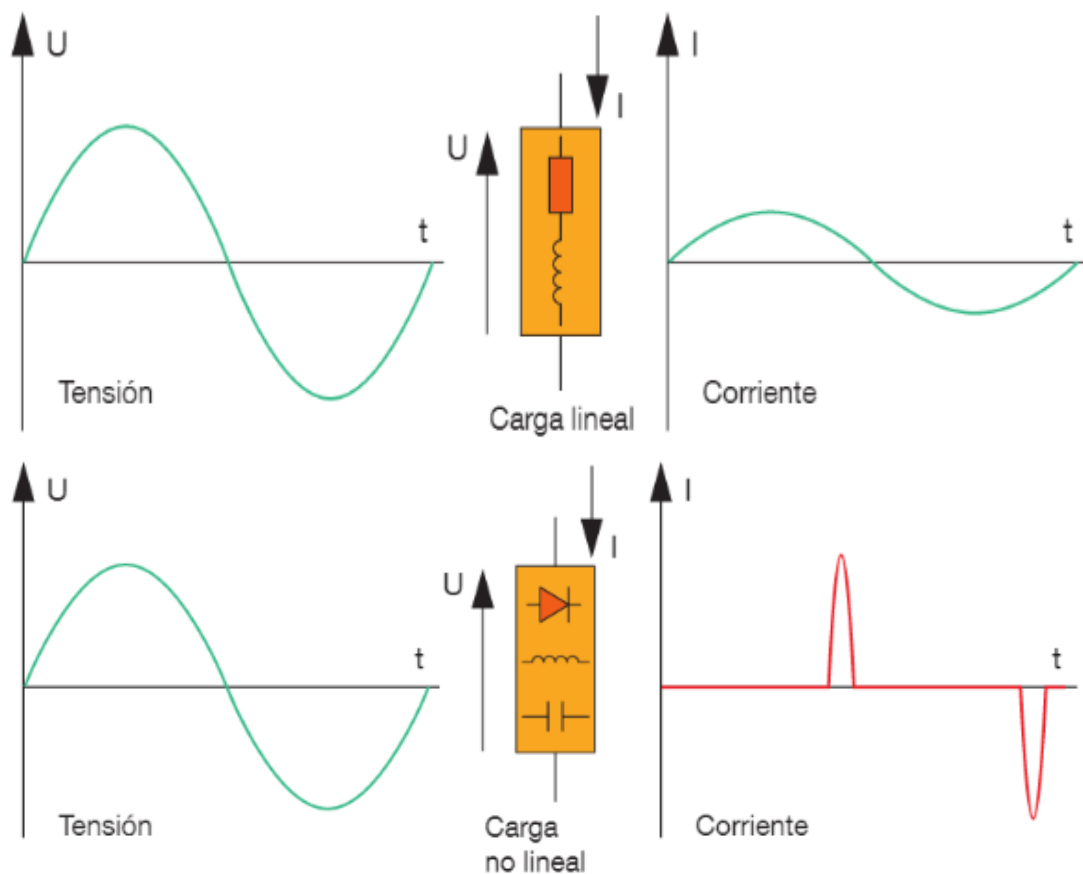


Figura 9 Cargas no lineales de Tensión y Corriente [21]

Para afrontar estos inconvenientes, se establecen normas y regulaciones, como la norma EN 50160, que abordan la calidad del suministro eléctrico y establecen límites aceptables para los armónicos presentes en la red. [21].

2.10 POTENCIA

La potencia eléctrica desempeña un rol esencial en los circuitos, manifestando la transferencia de energía por unidad de tiempo. La comprensión y el cálculo de esta magnitud resultan cruciales en el diseño y funcionamiento eficaz y seguro de sistemas eléctricos.

Diagrama de la ley de Ohm y representación en potencia, se ilustra en figura 10:

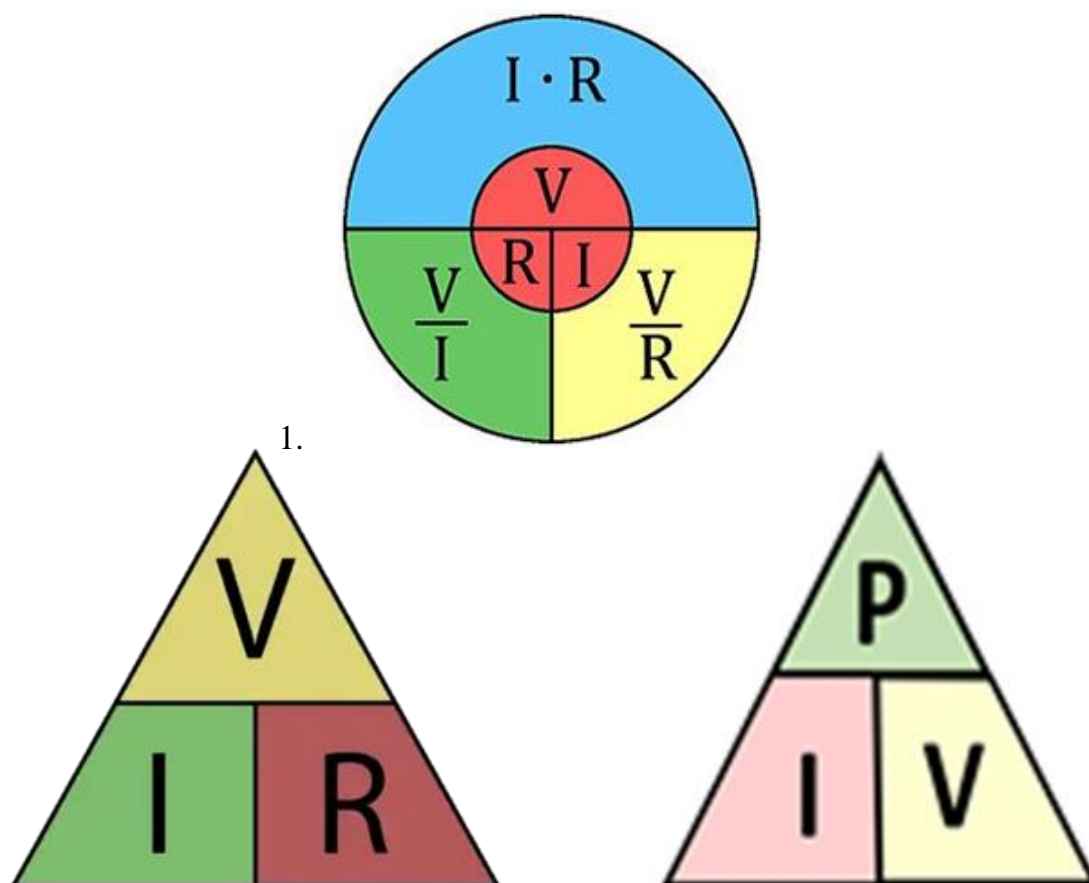


Figura 10 Diagrama circular y triangular de la ley de Ohm, triángulo de potencia [22]

La potencia eléctrica constituye la tasa en que se efectúa la transferencia de energía eléctrica en un circuito, manifestando la cantidad de energía eléctrica que se consume o suministra por unidad de tiempo. Su cálculo ostenta un papel esencial en el ámbito de la electricidad y se logra al multiplicar el voltaje por la corriente en un circuito [22].

La fórmula de la Potencia se expresa como sigue:

$$P = V * I$$

Ecuación 11 Potencia en Triangulo de Ley de OHM

Donde:

- P = Potencia, en vatios o Watts / Kwatts (W/kW).
- V = Voltaje, Voltios (V).
- I = Corriente, Amperios (A).

Su signo puede ser positivo o negativo, dependiendo de si se absorbe o se genera energía en el circuito figura 11.

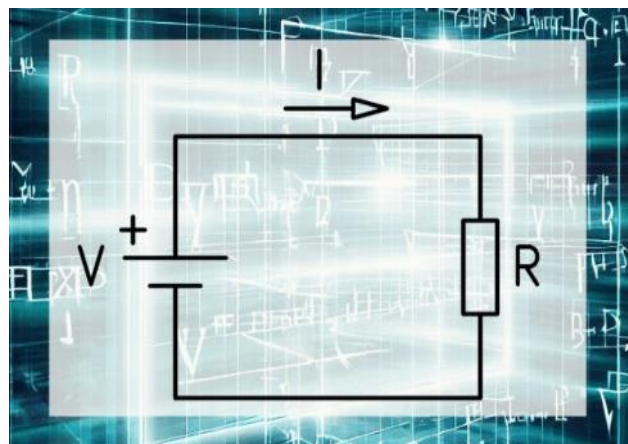


Figura 11 Diagrama de circuito eléctrico [23]

Por ejemplo, una bombilla manifiesta potencia positiva (consume) mientras que un panel solar refleja potencia negativa (genera).

En la fase de planificación y diseño de sistemas eléctricos, la potencia asume un carácter esencial al esclarecer cómo los dispositivos absorben o aportan energía, lo cual incide en la eficiencia y seguridad. En contextos cotidianos, determina la cantidad de dispositivos susceptibles de operar simultáneamente, ejerciendo control sobre los costos y la eficiencia.[23].

La analogía con la celeridad del trabajo es notoria y su correlación con energía y tiempo se materializa en la ecuación:

$$P = \frac{E}{t}$$

Ecuación 12 Potencia de Energía y Tiempo

Donde

- $P \Rightarrow$ Potencia (W)
- $E \Rightarrow$ Energía en julios (J)
- $t \Rightarrow$ Tiempo en segundos (s)

Puede expresarse también como la multiplicación de la fuerza (tensión) por la velocidad (intensidad de la corriente) en un circuito:

$$P = F * V$$

Ecuación 13 Potencia Fuerza

Donde

- $P \Rightarrow$ Potencia en (*Vatio*)
- $F \Rightarrow$ Fuerza (*Tension*)
- $V \Rightarrow$ Velocidad (*Intensidad de la Corrientes*)

Adoptada en las normativas internacionales, y se encuentra en relación con otras magnitudes como los caballos de vapor (CV) y los caballos de fuerza (HP), comunes en aplicaciones motrices [24]. 1 CV equivale aproximadamente a 736W y 1 HP se equipará a cerca de 746W.

2.11 FLUKE 1744 POWER QUALITY LOGGER “REGISTRADOR DE CALIDAD DE ENERGÍA”

Es una herramienta que es empleada por profesionales especializados en el análisis y resolución de cuestiones vinculadas a la calidad de la energía eléctrica, suministrando registros precisos y minuciosos para su evaluación y proceso de toma de decisiones.[25]

Podemos ver en figura 12 le Fluke 1744 con todos los sus como ponentes, los cuales son empleados al realizar el registro de calidad de energía.



Figura 12 Fluke 1744 [26]

Fluke 1744 registrador de calidad de energía trifásico que propicia a los técnicos examinar y resolver dificultades relacionados con la calidad del suministro eléctrico. Este dispositivo es capaz de registrar hasta 500 parámetros de energía simultáneamente durante un máximo de 85 días y también puede monitorear eventos, lo que facilita la detección de problemas intermitentes y difíciles de encontrar.

Este instrumento es capaz de registrar, los parámetros de energía que incluyen:

- Voltaje (V)
- Corriente (A)
- Potencia activa (W)
- Potencia aparente (VA)
- Potencia reactiva (VAR)
- Factor de potencia
- Energía incluye
- Flicker (destellos)
- THD (distorsión armónica total)
- Armónicos e Inter armónicos
- Señalización de red
- Desequilibrio de voltaje
- Frecuencia

El software PQ Log, está incluido en el instrumento permite evaluar rápidamente la calidad de la energía suministrada en la entrada de servicio, la subestación o en la carga directa, según actual norma aceptad actual EN50160.[27]

Aplicaciones Fluke 1744 se encuentran las siguientes:

Análisis de perturbaciones: Permite detectar y analizar las anomalías en el suministro eléctrico que pueden estar causando problemas en el funcionamiento de equipos, facilitando la toma de medidas para mitigar posibles fallos y realizar un mantenimiento predictivo.

Cumplimiento de la calidad del servicio: Facilita la verificación y validación de la calidad de la energía que llega al punto de entrada del servicio eléctrico para asegurar que cumpla con los estándares y regulaciones aplicables.

Estudios de calidad de la energía: Permite evaluar la calidad de la energía eléctrica antes de la instalación de sistemas críticos, garantizando su compatibilidad y un rendimiento óptimo.

Estudios de carga: Comprobar la suficiencia del sistema eléctrico antes de añadir nuevas cargas, evitando posibles sobrecargas y problemas de calidad de energía.

Valoración de la potencia y la calidad energética: Convalidación la medición del consumo de energía, el factor de potencia y otros parámetros eléctricos antes y después de realizar mejoras en las instalaciones, permitiendo evaluar el impacto de las mejoras realizadas.



Figura 13 Instalación del Fluke 1744 [27].

2.12 NORMA ISO 9001

Representa un estándar global que define los requisitos esenciales para implementar un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC). Este sistema engloba un conjunto de procedimientos que una entidad emplea para supervisar su nivel de calidad. La normativa ISO 9001 facilita a las organizaciones la mejora de la calidad en sus productos o servicios, la elevación de la satisfacción del cliente y la reducción de los gastos asociados [28].



Figura 14 Normar ISO 9001 [29]

Esta norma tiene aplicabilidad universal, sin importar la dimensión, sector o locación de la organización en cuestión. Su adaptabilidad permite ajustarse a los requerimientos específicos de cada entidad.

Fundamentada en ocho principios de administración de calidad, la ISO 9001 abarca:

Orientación al cliente: Enfocarse en las necesidades y expectativas de los clientes.

Liderazgo: La alta dirección debe comprometerse con la calidad y brindar dirección y apoyo al SGC.

Participación del personal: Involucrar y capacitar al personal para contribuir a la calidad.

Enfoque a procesos: Administrar las actividades como procesos interdependientes.

Enfoque a sistemas: Gestionar las actividades como un sistema integrado.

Mejora continua: Buscar siempre el perfeccionamiento de la calidad en productos, procesos y el SGC en sí.

Toma de decisiones basada en evidencia: Adoptar decisiones respaldadas por datos y pruebas.

Relación mutuamente beneficiosa con proveedores: Establecer relaciones sólidas para elevar la calidad de productos y servicios.

La ISO 9001 proporciona diversos beneficios a las organizaciones, tales como:

- ✓ Elevación de la calidad de productos y servicios.
- ✓ Incremento de la satisfacción del cliente.
- ✓ Disminución de costos.
- ✓ Mayor eficiencia.
- ✓ Fortalecimiento de la imagen corporativa.
- ✓ Ampliación de oportunidades comerciales.

Para entidades que buscan elevar su calidad y competitividad, la ISO 9001 representa una herramienta de valor inestimable.



Figura 15 Certificado ISO 9001

2.13 LA NORMA EN 50160

La directriz EN 50160 representa una norma europea que establece las especificaciones vinculantes para las características de la tensión suministrada por las redes de distribución eléctrica operando a niveles de baja y media tensión. Esta directriz se aplica a las redes de distribución de carácter público, así como aquellas de propiedad privada [30].



Figura 16 Logo de EN 50160 / ISO 5001

La EN 50160 detalla los requisitos que deben cumplir las siguientes propiedades de la tensión eléctrica:

- Magnitud de la tensión.
- Frecuencia de la tensión.
- Variaciones lentas y rápidas de la tensión.
- Interrupciones momentáneas de la tensión.
- Sobretensiones de carácter temporal.
- Sobretensiones transitorias.

- Desbalanceo en la tensión.
- Armónicos presentes en la tensión.
- Interarmónicos detectados en la tensión.
- Señales de la red en la tensión de suministro.

Además, la EN 50160 dispone los métodos específicos para la medición de estas propiedades de la tensión.

La trascendencia de la norma EN 50160 radica en su contribución a garantizar la calidad de la energía eléctrica entregada a los usuarios. Mediante su aplicación, se resguardan los componentes eléctricos de potencia frente a posibles daños causados por variaciones en la tensión, al tiempo que asegura que los usuarios reciban una tensión que permita el funcionamiento seguro y eficaz de sus dispositivos [30].

Este protocolo está destinado a un amplio espectro de actores, incluyendo:

- Operadores de redes eléctricas.
- Fabricantes de equipos eléctricos.
- Usuarios de equipos eléctricos.
- Entidades de certificación.

Si bien la EN 50160 no es obligatoria, su adopción es extensa entre los operadores de redes eléctricas en Europa [30].

2.14 NORMA ISO IEC 60654-1

El estándar internacional IEC 60654-1 establece las condiciones climáticas ambientales a las que pueden estar expuestos los sistemas de medición y control de procesos industriales en tierra y en alta mar durante su operación, periodos de instalación inactiva y almacenamiento o transporte [31].

Este estándar abarca las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura: El rango de temperatura va desde -25 hasta +60 grados Celsius.

Humedad: El rango de humedad es del 10 al 95% de humedad relativa.

Presión del aire: El rango de presión del aire es de 80 a 110 kPa.

Niebla salina: El estándar especifica la cantidad de niebla salina a la que el equipo puede estar expuesto.

Vibración: El estándar especifica la cantidad de vibración a la que el equipo puede estar expuesto.

Impacto: El estándar especifica la cantidad de impacto a la que el equipo puede estar expuesto.

El IEC 60654-1 es crucial para garantizar la operación segura y confiable de los sistemas de medición y control de procesos industriales. Al establecer las condiciones ambientales a las que estos sistemas pueden ser expuestos, el estándar ayuda a prevenir fallos y asegurar que los sistemas funcionen como se pretende [31].

A continuación, se presentan algunos de los beneficios de cumplir con el estándar IEC 60654-1:

Mayor seguridad: El estándar ayuda a prevenir fallos que podrían causar lesiones o daños a la propiedad.

Mayor confiabilidad: El estándar garantiza que los sistemas funcionen según lo previsto, incluso en entornos adversos.

Reducción de costos de mantenimiento: El estándar ayuda a prevenir fallos prematuros, lo que puede ahorrar dinero en costos de mantenimiento.

Mayor tiempo de actividad: El estándar garantiza que los sistemas estén disponibles cuando se necesiten, lo que puede mejorar la productividad.

Si está involucrado en el diseño, fabricación o uso de sistemas de medición y control de procesos industriales, es importante estar familiarizado con el estándar IEC 60654-1. Cumplir con este estándar puede contribuir a garantizar la operación segura y confiable de estos sistemas.

2.15 LA NORMA IEC 61000-4-30

La norma IEC 61000-4-30 define los procedimientos para medir y evaluar la calidad de la energía eléctrica en sistemas de potencia. Establece parámetros y métodos para cuantificar aspectos como la tensión, corriente, frecuencia, armónicos y fluctuaciones en la red eléctrica. El objetivo es asegurar una calidad de energía adecuada y permitir la comparación consistente de datos en diferentes instalaciones. Esta norma es fundamental para monitorear y mejorar la confiabilidad de los sistemas eléctricos y garantizar un suministro eléctrico de alta calidad [32].

2.16 LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES (ARCONEL).

Es la entidad reguladora encargada de supervisar el sector energético en Ecuador. Su función principal es asegurar la excelencia en la energía eléctrica entregada a los usuarios ecuatorianos.

En el año 2023, ARCONEL emitió la Resolución N° ARCERNNR-003/2023, que establece los criterios, mediciones y límites referentes a la calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica. Esta resolución demanda que las compañías de distribución eléctrica midan y reporten los indicadores de calidad, mientras que los índices de calidad son calculados por ARCONEL. Además, la resolución estipula que las empresas de distribución eléctrica deben acatar los límites de calidad predefinidos [33].

Los indicadores de calidad abarcan aspectos tales como el voltaje, la frecuencia, las interrupciones, las sobre tensiones, las armónicas y el factor de potencia. Los índices de calidad son derivados de estos indicadores, y los límites de calidad son establecidos para resguardar los dispositivos eléctricos de los consumidores.

La resolución ARCERNNR-003/2023 representa un hito de importancia crucial en la búsqueda por garantizar la calidad de la energía eléctrica ofrecida a los ciudadanos ecuatorianos. Esta normativa establece parámetros claros para la calidad energética y obliga a las empresas distribuidoras eléctricas a cumplir rigurosamente con estos parámetros [33].



Figura 17 La Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables

2.17 MICROSOFT EXCEL

Es programa de altamente efectiva para analizar y explorar datos, lo que permite tomar decisiones asertivas. Por otro lado, Copilot es capaz de detectar tendencias, presentar posibles escenarios hipotéticos, ofrecer sugerencias para mejorar tu empresa e incluso crear paneles de visualización fáciles de entender.[34]

La capacidad para trabajar con grandes volúmenes de datos y realizar cálculos sencillos es destacable. Además, es una herramienta versátil para realizar el seguimiento de diversos tipos de información. La clave para aprovechar todo su potencial reside en la cuadrícula de celdas, donde se pueden introducir números, texto o fórmulas. Estos datos se organizan en filas y columnas, lo que permite realizar operaciones como sumar, ordenar y filtrar. También es posible presentar los datos en tablas y crear gráficos visualmente atractivos. Aquí se exponen los pasos fundamentales para comenzar a utilizarlo.

Proporciona atributos tales como cálculos de alto nivel, representaciones gráficas, tablas dinámicas y un lenguaje de programación macro denominado Visual Basic para Aplicaciones (VBA). Desde su lanzamiento en 1993 con la versión 5, se ha consolidado como el estándar predominante en la industria para hojas de cálculo, sustituyendo a Lotus 1-2-3.

Además, Excel se halla integrado en la suite de software Microsoft Office, lo que facilita su incorporación con otras aplicaciones de la misma suite.[35]

En la figura 7 se observar el logo de programa y versiones distintas como:

- ✓ La aplicación celular.
- ✓ El computador.
- ✓ Internet.

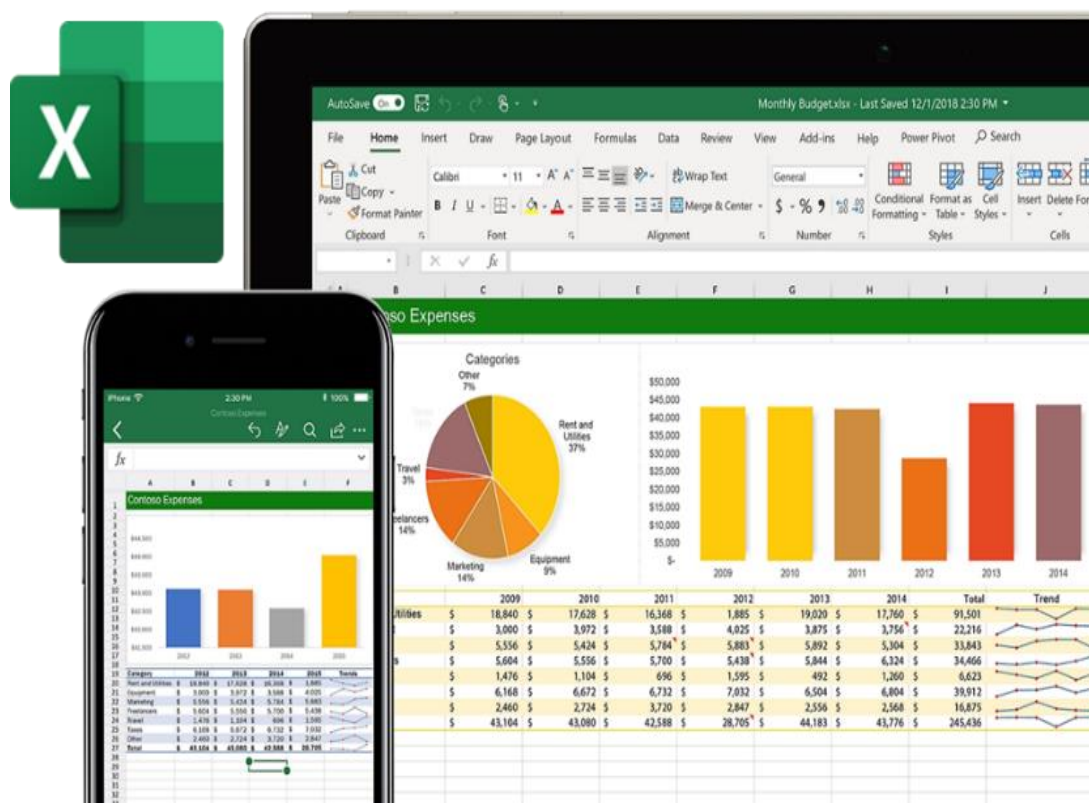


Figura 18 Logo de Excel y Aplicación Celular y P.C.[34]

Excel tiene herramientas con las cuales poder ver las ecuaciones como la lineal, Exponencial, entre otros que se implementa por medio de las gráficas.

2.18 MATLAB

Se ha consolidado como una herramienta poderosa que permite a ingenieros y científicos abordar desafíos técnicos y matemáticos con mayor eficacia y precisión. Su continua mejora y adaptación a las necesidades del campo lo mantienen como una opción relevante y valiosa para la comunidad técnica y académica [36].

Es una plataforma de programación y cálculo numérico que goza de una amplia adopción entre ingenieros y científicos para diversas aplicaciones, tales como el análisis de datos, el desarrollo de algoritmos y la creación de modelos matemáticos. En la siguiente figura se puede ver el logo y la vista del programa.

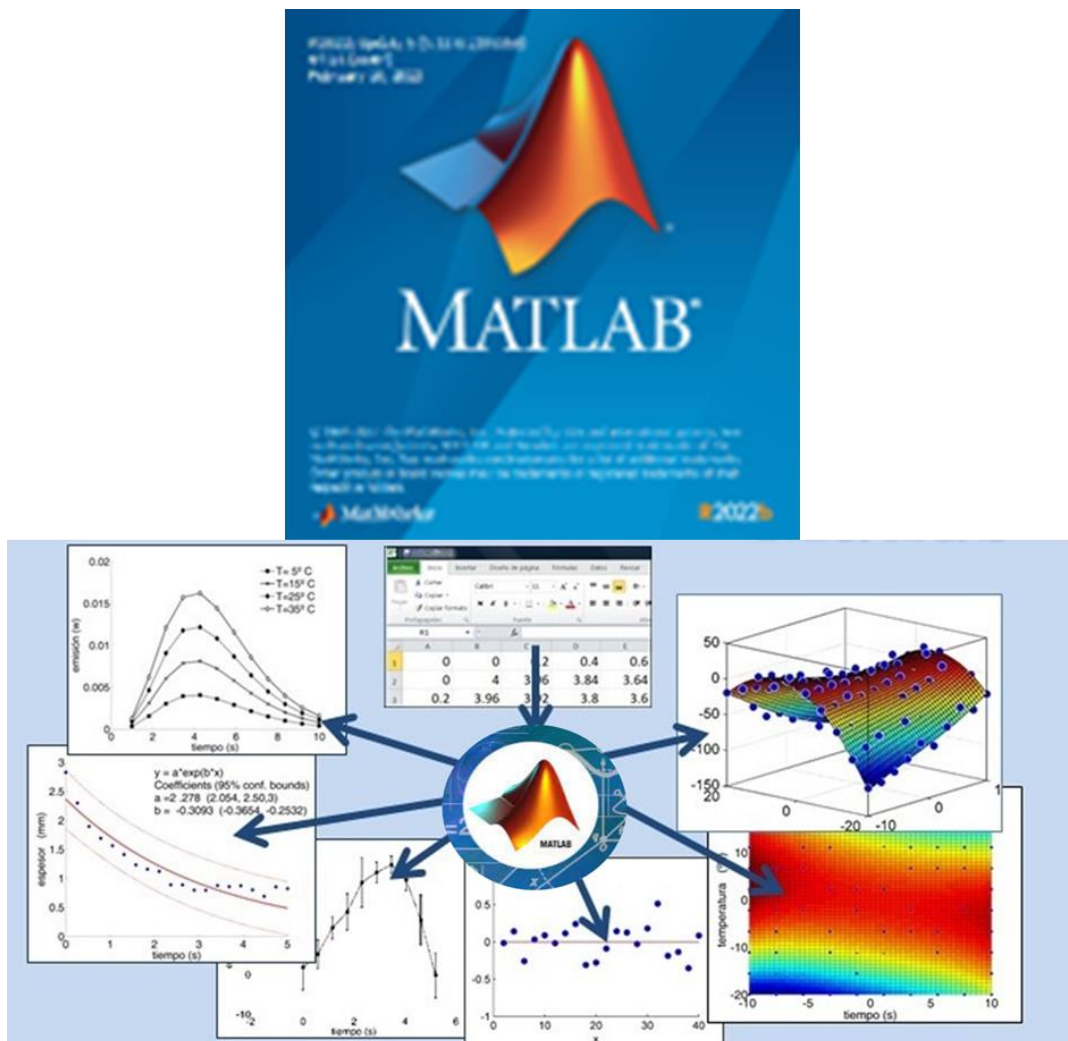


Figura 19 Logo de Matlab y ejemplos del programa [36], [37].

Dentro de sus características distintivas se encuentran [37]:

- Un entorno de escritorio que destaca por su interfaz de usuario intuitiva y eficiente, permitiendo llevar a cabo análisis iterativos y procesos de diseño de manera efectiva.
- Posee su propio lenguaje de programación interpretado, el cual facilita las operaciones con matrices y vectores, simplificando la expresión de cálculos matemáticos y numéricos.
- Permite crear aplicaciones interactivas que facilitan la visualización y análisis de datos, así como la iteración en diferentes algoritmos hasta alcanzar los resultados deseados. Además, estas aplicaciones pueden generar automáticamente código de MATLAB para replicar o automatizar el trabajo realizado.
- Tiene una amplia presencia en entornos académicos y de investigación, siendo ampliamente utilizado en universidades y centros de desarrollo científico debido a su versatilidad y efectividad en la resolución de problemas complejos en diversas áreas del conocimiento.
- Con el tiempo ha ido evolucionando y expandiendo sus capacidades, incorporando funcionalidades como la programación directa de procesadores digitales de señal y la creación de código VHDL para aplicaciones específicas en hardware.

Matlab tiene funciones script las cuales nos permite realizar las ecuaciones de los métodos que se realizaran en base de esta tesis para poder realizar estimación entre las gráficas

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El objetivo primordial del proyecto es aplicar un enfoque cuantitativo e inductivo para analizar los datos obtenidos de CNEL Guayas-Los Ríos del sistema Durán en la urbanización Castilla. Para ello, se empleará el software MATLAB como instrumento de análisis y visualización de datos, lo cual permitirá evaluar la información recopilada de los usuarios residenciales en el área de Durán de CNEL Guayas-Los Ríos. Además, se emplearán los métodos de regresión propuestos en el proyecto para llevar a cabo el análisis de dichos datos.

3.1 PROCEDIMIENTO

- Definir el lugar a partir del cual se llevará a cabo el análisis.
- Detallar la información que será sujeta de almacenamiento.
- Obtener los datos que serán sometidos a evaluación.
- Ingresar los procedimientos a utilizar en el software.
- Integrar la base de información que será aplicada en el sistema.
- Analizar los resultados derivados de los procesos realizados.
- Identificar el método más exacto y de mayor confiabilidad

3.2 DATOS DE ESTUDIO

Las lecturas de los armónicos se obtuvieron con la herramienta de registro de la calidad de la energía eléctrica fluke1744, lo mismo que se almacenan en su memoria y se descarga en formato PQ log en que fueron adquiridos para el proyecto, se ilustra en la figura 20.

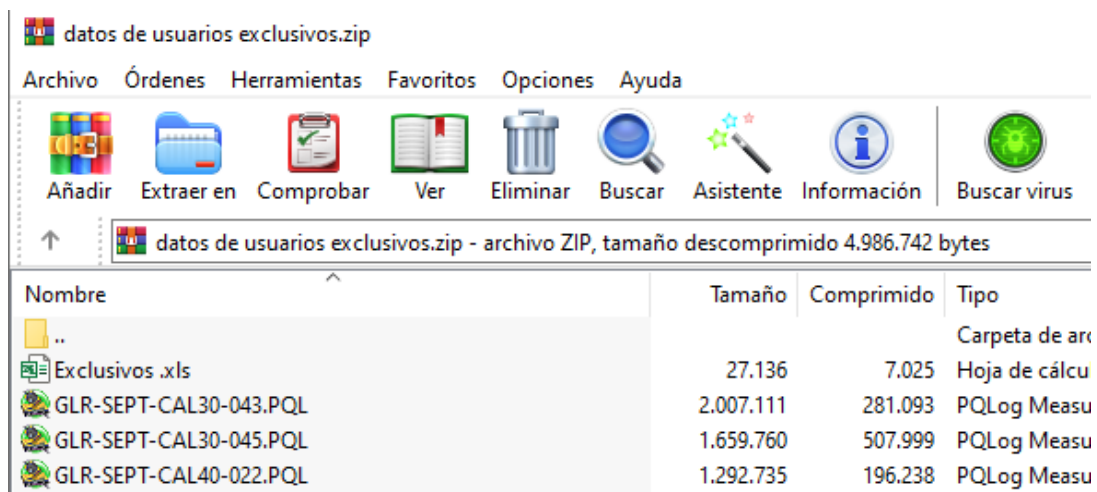


Figura 20 Archivo de Adquirido (Fuente).

Se procedió a descargar un programa de calidad de la energía Fluke, se ilustra en figura 21, para proceder a convertir de archivos formato PQ log a formato Xlsx para el estudio del proyecto.



Figura 21 PQ log de Fluke

Se realizó la posterior comprobación que todos los datos de los armónicos estén completos, se ve en la figura 17 y no falten datos como se muestra en la figura 18 para poder realizas el proyecto correctamente.

Date	Time	THD V average	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8	L9	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23	L24
8/9/2016	16:40:00	1.17	1.32	53.11	52.87	0	0	0.48	0.55	0	0	0.06	0.13	0	0	0.24	0.24	0	0	0.26	0.29	0	0	0.16	0.13	0
8/9/2016	16:50:00	1.22	1.33	53.26	53.03	0	0	0.5	0.56	0	0	0.06	0.13	0	0	0.26	0.24	0	0	0.26	0.29	0	0	0.13	0.13	0

Figura 22 Datos Completos (Fuente).

Date	Time	V average	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
08/09/2022	15:10:00	106	33	112	3	106	33	112	3	8	0	10	1	0	0	8	0	10	1	0	0	0	0	499		
08/09/2022	15:20:00	105	88	113	31	105	88	113	30	11	0	10	2	0	0	11	0	10	2	0	0	0	0	862		
08/09/2022	15:30:00	105	90	112	71	105	89	112	71	10	1	10	2	0	0	10	0	10	2	0	0	0	0	842		

Figura 23 Datos incompletos (Fuente).

Fueron escogidos los datos del sector Castilla B1, los cuales cubren un lapso temporal que inicia el 8/9/2016 a las 16:40:00 y finaliza el 15/9/2016 a las 16:47:00. Estos datos se obtuvieron en intervalos de 10 minutos, tal como se representa en la figura 24. Para propósitos de análisis, se utiliza como muestra de estudio el día 9/9/2016, abarcando desde las 0:00:00 hasta las 23:50:00, como se puede observar en la anexo 2 y 3.

Date	Time	THD V average L1	THD V average L2	V h:
9/9/2016	0:00:00	0,8	0,93	53,
9/9/2016	0:10:00	0,74	0,87	53,
9/9/2016	0:20:00	0,76	0,79	53,
9/9/2016	0:30:00		0,75	54,
9/9/2016	0:40:00		0,75	54,
9/9/2016	0:50:00		0,7	54,
9/9/2016	1:00:00		0,72	54,
9/9/2016	1:10:00	0,75	0,74	54,
9/9/2016	1:20:00	0,73	0,79	54,
9/9/2016	1:30:00	0,75	0,79	54,
9/9/2016	1:40:00	0,65	0,81	54,

Castilla B1 | Castilla B2 | Castilla B4 | Castilla B5 | Castilla B6 | Castilla B8

Figura 24 Libros de los Bloques de la Urbanización y Línea de Tiempo (Fuente).

3.3 PROCESO DE DATOS

Se realizó la selección de los datos armónicos necesarios para llevar a cabo el análisis del proyecto. Estos datos específicamente correspondieron al primer armónico (h1) de voltaje y corriente presentes en cada una de las líneas de alimentación (L1, L2), como se ilustra en la figura 25. Posteriormente, se llevaron a cabo acciones para almacenar estos datos en una hoja adicional con el objetivo de facilitar un análisis más profundo, como se puede observar en los anexos 2 y 3.

Date	Time	THD V	THD V	V h1		V h2		V h3		V h4		THD I	THD I	THD I	I h1		I h2		I h2	
		average L1	average L2	% [Vn]	% [Vn]	% [Vn]	% [Vn]	% [Vn]	% [Vn]	% [Vn]	% [Vn]	average L1	average L2	average N	A	A	A	A	A	
8/9/2016	16:40:00	1,17	1,32	53,11	52,87	0	0	0,48	0,55	0	0	17,4	9,96	34,1	35,4	24,8	11,1	0,63	0,57	0,13
8/9/2016	16:50:00	1,22	1,33	53,26	53,03	0	0	0,5	0,56	0	0	21,6	10,8	50	31	22,6	8,9	0,5	0,5	0,06
8/9/2016	17:00:00	1,19	1,34	53,24	52,99	0	0	0,48	0,55	0	0	16	10,4	34	42,2	30,1	12,5	0,88	0,82	0,38
8/9/2016	17:10:00	1,2	1,41	53,44	53,17	0	0	0,48	0,58	0	0	13,4	9,14	25,1	49,6	32,6	17,1	1,13	0,76	0,88
8/9/2016	17:20:00	1,22	1,39	53,55	53,26	0	0	0,48	0,56	0	0	16,8	9,93	35,1	42,9	29,9	13,4	1,01	0,44	0,88
8/9/2016	17:30:00	1,18	1,35	53,75	53,49							16,7	10,2	33,9	39	26,7	12,9	0,88	0,06	0,88
8/9/2016	17:40:00	1,2	1,21	53,89	53,73									1,6	40,3	23,9	17,1	0,95	0	0,88
8/9/2016	17:50:00	1,13	1,31	54,05	53,75									1	45,5	29,4	17,1	1,01	0,76	0,69
8/9/2016	18:00:00	1,13	1,41	53,74	53,4									1	34,2	27	7,9	0,69	0,69	0,06
8/9/2016	18:10:00	1,13	1,47	53,46	53,08	0	0	0,45	0,56	0	0				36,3	27,5	9,7	0,69	0,69	0,06
8/9/2016	18:20:00	1,12	1,33	53,18	52,89	0	0	0,45	0,5	0	0				37,1	27,6	10	0,69	0,69	0
8/9/2016	18:30:00	1,15	1,29	53,01	52,66	0	0	0,5	0,53	0	0				40,3	33,5	7,9	0,82	0,82	0,06
8/9/2016	18:40:00	1,19	1,25	52,87	52,58	0	0	0,53	0,53	0	0	17,8	9,03	93,8	41,2	35,1	6,7	0,69	0,69	0,06
8/9/2016	18:50:00	1,29	1,28	52,99	52,73	0	0	0,58	0,55	0	0	15,8	10,2	77,4	43,8	36,3	7,9	0,82	0,82	0,06
8/9/2016	19:00:00	1,32	1,3	52,92	52,71	0	0	0,61	0,58	0	0	14,6	8,66	62,9	52,9	42,7	10,4	1,01	1,01	0,13

Figura 25 Armónicos de Voltaje y de Corriente (Fuente).

Las mediciones relacionadas con los armónicos de voltaje se registraron en forma de porcentajes con respecto al voltaje nominal, tal y como se muestra en la figura 26. Posteriormente, se llevó a cabo la conversión de estos datos a valores en voltios para todos los armónicos presentes en cada línea de alimentación. Estos valores de voltaje fueron almacenados en una hoja adicional con el objetivo de facilitar un análisis, y se pueden apreciar con mayor detalle en los anexos 4 y 5.

PQ Log		Power			
1744 Power Quality Logger			Serial number: 21398CA/Y3		
Config de medici3: CASTILLA MZ1 V37					
Measurement period: 10 minutes					
Nominal voltage: 230 V					
Voltage: 230 V			Voltage transformer ratio: 1		
Current: 1500 A			Current transformer ratio: 1		
Date Time: 08/09/2016 16:30:00		15/9/2016 16:50:00			
Date	Time	THD V average L1	THD V average L2	V h1 L1	V h1 L2
		%	%	% [Vn]	% [Vn]
8/9/2016	16:40:00	1,17	1,32	53,11	52,87
8/9/2016	16:50:00	1,22	1,33	53,26	53,03

Figura 26 Multiplicación ($V\% \cdot V_n$) (Fuente).

Se realizó el cálculo de la potencia para cada ciclo de tiempo correspondiente a cada línea, utilizando los datos de voltaje y corriente. Estos valores de potencia fueron calculados en kilovatios (kW). Además, se procedió a determinar la potencia total, la cual resulta de la suma de las potencias de las dos líneas para cada intervalo de tiempo, expresada en kilovatios (kW). Este proceso se encuentra ejemplificado en la figura 27 y se encuentra en los anexos 4 y 5 para una mejor comprensión.

Time	VL1	VL2	IL1	IL2	PL1	PL2	P total Kw
0:00	123,21 V	122,68 V	50,00 A	26,90 A	6,16 KW	3,30 KW	9,46 KW
0:10	123,37 V	122,87 V	48,20 A	26,70 A	5,95 KW	3,28 KW	9,23 KW
0:20	123,97 V	123,51 V	50,20 A	29,60 A	6,22 KW	3,66 KW	9,88 KW
0:30	124,38 V	123,90 V	48,70 A	34,90 A	6,06 KW	4,32 KW	10,38 KW
0:40	124,34 V	123,83 V	41,60 A	34,60 A	5,17 KW	4,28 KW	9,46 KW
0:50	124,32 V	123,95 V	39,20 A	31,90 A	4,87 KW	3,95 KW	8,83 KW
1:00	124,50 V	124,09 V	33,40 A	26,80 A	4,16 KW	3,33 KW	7,48 KW

Figura 27 Datos de la Potencia (Autor).

Se procedió a calcular los valores en kilovatios-hora (kWh), los cuales se derivan de la potencia total durante cada ciclo de tiempo. Esta potencia resulta de la suma de las potencias total de dos periodos de tiempo, dividida entre dos y luego normalizada por el intervalo de tiempo de la muestra. Este proceso se encuentra ejemplificado en la figura 27 y se encuentra en los anexos 4 y 5 para una mejor comprensión.

P L1	P L2	P total Kw	P Kwh
6,16 KW	3,30 KW	9,46 KW	93,44 Kwh
5,95 KW	3,28 KW	9,23 KW	95,53 Kwh
6,22 KW	3,66 KW	9,88 KW	101,30 Kwh
6,06 KW	4,32 KW	10,38 KW	99,19 Kwh
5,17 KW	4,28 KW	9,46 KW	91,42 Kwh
4,87 KW	3,95 KW	8,83 KW	81,55 Kwh
4,16 KW	3,33 KW	7,48 KW	68,30 Kwh

Figura 28 Potencias Kilovatios-hora (Autor).

Se llevó a cabo la transferencia de los datos, mostrados en la figura 29, que están presentes en la hoja de cálculo de Excel a MATLAB mediante la utilización del script xlsread. En este entorno, se albergan los datos definitivos expresados en Kilovatios y Kilovatios-hora, los cuales serán empleados para futuros análisis. Este proceso y su resultado se representan gráficamente en la figura 30.

DÍAS	P. MAX (KW)	KWH DIA	KWH MES
9/9/2016	15,73	198,06	5941,72
10/9/2016	12,05	114,06	3421,74
11/9/2016	24,01	281,63	8448,86
12/9/2016	11,93	155,67	4670,19
13/9/2016	22,40	188,13	5643,87
14/9/2016	14,58	166,00	4980,00
15/9/2016-8/9/2016	16,41	172,67	5180,15

Figura 29 Datos Demanda Máxima, Kilovatios Horas Día y Mes

DATOS

```
datos=xlsread("Tabla US.xlsx");
kwh=datos(1:7,2);%x
Kw=datos(1:7,3); %y
```

Figura 30 xlsread es la función que permite usar hojas de cálculo Excel

Se aplicaron en Matlab los métodos regresión utilizando los datos de los vectores que habían sido previamente importados, como se ilustra en la figura 30

DATOS

```
datos=xlsread("Tabla US.xlsx");  
kwh=datos(1:7,2);%x  
Kw=datos(1:7,3); %y
```

REGRESIÓN LINEAL

```
[Linial,Dat]=fit(kwh,Kw,'poly1')
```

REGRESIÓN EXPONENCIAL

```
[Exponencial,Dat1]=fit(kwh,Kw,'exp1')
```

REGRESIÓN POLINOMIAL

```
[Polinomial,Dat2]=fit(kwh,Kw,'poly2')
```

REGRESIÓN LOGARITMICA|

```
Loga= fitttype('a + b*log(x)');  
[Logaritmica,Dat3]=fit(kwh,Kw,Loga)
```

Figura 31 Programación de análisis de los métodos regresión en Matlab

CAPITULO IV

4. RESULTADOS.

Al sumar todos los valores de la Potencia Total (P total KW), se obtiene la suma total de la potencia correspondiente a un día de análisis. A partir de los datos de potencia, se identifica el valor más alto como la demanda máxima, mientras que de la misma muestra se extrae la demanda promedio. Esta demanda promedio se multiplica por 24 horas de un día. El cálculo del factor de carga se realiza mediante la división entre la demanda máxima y la demanda promedio, como se ilustra en la figura 32.

POTENCIA	
Potencia Total	1188,34 kW
Demanda Maxima	15,73 kW
Demanda Promedio	5941,72 kW
Día de 24 Horas	848,82 kW
Factor de carga	$0 < Fc \leq 1$
1/D. max/D. pro	0,52

Figura 32 Tabla de Resultados de Resultados de Potencia

Al llevar a cabo la suma de todos los valores de kilovatios-hora (P kWh), se obtiene la suma total de los kilovatios-hora acumulados. Luego, se realiza el cálculo de los kilovatios-hora diarios mediante la división de la suma total de kilovatios-hora entre los minutos por hora (60). Posteriormente, se efectúa el cálculo de los kilovatios-hora mensuales mediante la multiplicación de los kilovatios-hora diarios por el factor correspondiente a un mes (30 días). Asimismo, se procede a calcular los kilovatios-hora mensuales por usuario, para lo cual se realiza la división de los kilovatios-hora mensuales entre el número de usuarios. Este proceso se encuentra representado en la figura 33.

TABLA DE RESULTADOS EN KWH	
Total	11883,43 Kwh
kilovatios-hora Diario	198,06 Kwh
kilovatios-hora Mensual	5941,72 Kwh
Número de Usuarios (7)	848,82 Kwh

Figura 33 Resultados de KWH

El análisis mediante el enfoque de Ebasco fue abordado de dos maneras: el primero resultó inadecuado, mientras que el segundo demostró ser apropiado y más efectivo.

1. Se utilizaron los valores estimados tanto diarios como mensuales, expresados en kilovatios-hora, y se sometieron a evaluación mediante el enfoque de Ebasco, obteniendo resultados que difieren considerablemente de valor de demanda máxima 15.73kW como el valor de la demanda promedio 8.25 kW, como se muestra en la figura 34.

MÉTODO DE EBASCO		
Kilovatios-hora	Formula	Resultado
Día 198,06	$kM_{pico} = \frac{198,06}{49,7 * 198,06^{0,154}}$	1,76 kW_{pico}
Mes 5941,72	$kM_{pico} = \frac{5941,72}{49,7 * 5941,72^{0,154}}$	31,36 kW_{pico}

Figura 34 Forma incorrecta

2. Se emplearon los valores de kilovatios-hora por usuario y se aplicó el método de Ebasco para procesarlos, obteniendo así un valor más preciso para la demanda promedio. Luego, se calculó la demanda no concedente multiplicando la potencia pico en kilovatios por el número total de usuarios. La evaluación del factor de coincidencia se llevó a cabo utilizando el número de usuarios, como se describe en detalle en la figura 35. Este enfoque permitió lograr una aproximación más precisa a la potencia máxima requerida en el sistema.

PROCESO DEL MÉTODO DE EBASCO		
Datos	Formula	Resultado
848,82 kWh	$kM_{pico} = \frac{848,82}{49,7 * 848,82^{0,154}}$	6,05 kW
N.º de Usuarios 7	$D.No\ Coi_{pico} = kW_{pico} * N \Rightarrow 6,05 * 7$	42,32 kW
N.º de Usuarios 7	$F_{Coi} = 0,38 + \frac{0,62}{N} \Rightarrow 0,38 + \frac{0,62}{7}$	0,47
	$D_{Aproximada} = D.No\ Coi_{pico} * F_{Coi}$	19,83 kW

Figura 35 Se aproximan los resulta a los valores de las Demanda máxima y promedio.

Se realizó el cálculo del porcentaje de error presente en la demanda máxima al emplear el factor de coincidencia del método de Ebasco. Esto se llevó a cabo con el propósito de evaluar la eficiencia de la ecuación utilizada en dicho método.

POTENCIA MAXIMA	DEMANDA APROXIMADA
15,73 kW	19,83 kW
PROCENTAJE DE ERROR	$\frac{(19,83 - 15,73)}{15,73} * 100$
RESULTADO	26,02%

Figura 36 Porcentaje de Error

En la figura 37 se presentan los resultados del análisis en MATLAB, a partir de los cuales se obtuvieron las siguientes ecuaciones que representan cada uno de los métodos de regresión evaluados en relación al promedio de similitud con los datos.

METODO	ECUACIÓN Y	APROXIMACION	ERROR
Lineal	$0,0026x + 2,6477$	69,71 %	15,01%
Exponencial	$7,2059e^{0,0001x}$	67,62 %	-17,04%
Logarítmica	$14,417\ln(x) - 106,89$	68,28 %	16,88%
Polinomial	$-710^{-08}x^2 + 0,0034x + 0,2787$	69,87 %	14,45%

Figura 37 tabla de Ecuaciones de métodos de Regresión empleados en el proyecto y porcentajes de aproximación

Basándonos en los resultados adquiridos mediante la aplicación de los enfoques de regresión, se puede establecer que los métodos regresión lineal y polinomial de segundo grado, presentan el porcentaje de error menor, a los datos de investigación dentro del ámbito de este proyecto, se muestra en figura 38.

METODO	ECUACION EN Y	VALOR DE X	RESULTADO	Error
Lineal	$0,0026x + 2,6477$	15,73kW	18,100 kW	15,01%
Polinomial	$-7x10^{-8}x^2 + 0,0034x + 0,2787$	15,73kW	18,009 kW	14,45%

Figura 38 Demostración de los métodos de Regresión

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES.

Se logro obtener mediciones relativas a la calidad de la energía consumida por los usuarios residenciales de CNEL Guayas-Los Ríos en el sistema de distribución de Durán, específicamente en la urbanización Castilla. Estos datos se recopilaron en colaboración con una entidad privada, en línea con los requisitos establecidos por la Agencia de Regulación. Esta actividad se lleva a cabo de manera aleatoria cada año.

Se analizaron los datos utilizando el software Matlab y el método de Ebasco, lo que permitió examinar en detalle las características y tendencias de la calidad de la energía. A partir de este análisis, se identificó el método de regresión que mejor se ajusta a la relación entre el consumo y la demanda de energía, son el lineal y el polinomial de segundo orden, los cuales pueden remplazar al método de Ebasco dado menor porcentaje de error.


Se logró determinar el método de regresión más adecuado para modelar la relación entre el consumo y la demanda de energía. Los modelos de regresión lineal y polinomial de segundo orden demostraron ser los que mejor se ajustan a esta relación.

Evaluar la confiabilidad de los indicadores de proceso y presentar las mejoras realizadas en los métodos matemáticos bajo evaluación. En conjunto, esta investigación ha alcanzado los objetivos propuestos, aportando conocimientos significativos y prácticos en el ámbito del análisis de calidad de energía. Asimismo, ha contribuido al avance de las metodologías matemáticas utilizadas al introducir mejoras concretas

5.2 RECOMENDACIONES.

Se sugiere emplear las dos ecuaciones del método de regresión obtenidas con el mayor porcentaje confiabilidad, para el análisis de cargabilidad en los transformadores de distribución que sirven a cargas residenciales en el geoportal de CNEL, con el fin de realizar una previsión anticipada de la administración de la carga. Es importante recomendar estudios que dirijan sus esfuerzos hacia la implementación de metodologías de estimación para cargas comerciales e industriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] “Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: Pronóstico de la demanda eléctrica residencial basado en el modelo de regresión adaptativa multivariante spline (MARS).” <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/11290> (accessed Aug. 01, 2023).
- [2] C. De, I. En, and E. Mecánica, “Estudio para la implementación de una red de distribución eléctrica para la reducción del aprovechamiento ilícito de energía eléctrica en la manzana #14 de la Cooperativa Valle Cerro Azul de Monte Sinái.” Mar. 2019, Accessed: Jul. 08, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12501>
- [3] G. P. Watkins and G. P. Watkins, “A Third Factor in the Variation of Productivity: The Load Factor,” *American Economic Review*, vol. 5, no. 4, pp. 753–786, 1915.
- [4] “▷ Análisis de regresión ¿Qué es? ¿Qué tipos existen?” <https://www.sdelsol.com/glosario/analisis-de-regresion/> (accessed Jul. 18, 2023).
- [5] “¿Qué es el análisis de regresión?” <https://tudashboard.com/analisis-de-regresion/> (accessed Jul. 18, 2023).
- [6] “Análisis de regresión - Qué es, definición y concepto | 2023 | Economipedia.” <https://economipedia.com/definiciones/analisis-de-regresion.html> (accessed Feb. 14, 2023).
- [7] “Análisis de regresión: Qué es, tipos y cómo realizarlo.” <https://www.questionpro.com/blog/es/analisis-de-regresion/> (accessed Feb. 21, 2023).
- [8] “Regresión Lineal - Teoría -  Aprende IA.” <https://aprendeia.com/algorithmo-regresion-lineal-simple-machine-learning/> (accessed Feb. 21, 2023).
- [9] “Linear Regression - MATLAB & Simulink.” <https://la.mathworks.com/discovery/linear-regression.html> (accessed Jul. 18, 2023).

- [10] “Estadística, Matemática y Computación: Análisis de Regresión Logarítmica.”
<http://reyesestadistica.blogspot.com/2011/07/analisis-de-regresion-logaritmica.html>
(accessed Feb. 21, 2023).
- [11] “▷ Regresión logarítmica en R (paso a paso) en 2023 → STATOLOGOS®.”
<https://statologos.com/regresion-logaritmica-en-r/> (accessed Feb. 21, 2023).
- [12] “Regresión exponencial.”
https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath_help/spanish/topics/exponential-regression (accessed Feb. 21, 2023).
- [13] “Pronóstico con Tendencia Exponencial - Excel Free Blog.”
<https://www.excelfreeblog.com/pronostico-con-tendencia-exponencial-en-excel/>
(accessed Jul. 20, 2023).
- [14] M. I. Martín and R. Lineal, “UTN TSEVMA-Mínimos Cuadrados-Prof”.
- [15] “Regresión cuadrática.”
https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath_help/spanish/topics/quadratic-regression (accessed Feb. 21, 2023).
- [16] “Energos | Calidad de Energía | Eficiencia.” <https://www.grupoenergoc.com/calidad-energia> (accessed Aug. 01, 2023).
- [17] “Calidad de Energía Eléctrica - IECOR.” <https://www.iecor.com/calidad-de-energia-electrica/> (accessed Aug. 01, 2023).
- [18] “Calidad de la energía eléctrica bajo la perspectiva de los sistemas de puesta a tierra.”
<https://www.redalyc.org/journal/5075/507555007009/html/> (accessed Aug. 08, 2023).
- [19] “Una visión general de los armónicos en sistemas eléctricos | Anixter.”
https://www.anixter.com/es_mx/resources/literature/wire-wisdom/an-overview-of-harmonics-in-electrical-systems.html?timeout=true (accessed Aug. 02, 2023).

- [20] “Armónicos eléctricos - CIRCUTOR.”
<https://circuitor.com/soporte/formacion/notebooks/armonicos-electricos/> (accessed Aug. 02, 2023).
- [21] “¿Qué son los armónicos y como nos afectan? | Sector Electricidad | Profesionales en Ingeniería Eléctrica.” <https://www.sectorelectricidad.com/13810/armonicos-que-son-y-como-nos-afectan/> (accessed Aug. 02, 2023).
- [22] “¿Qué es la potencia eléctrica ⚡ y que tipos existen? 2023.”
<https://potenciacer0.com/potencia-electrica> (accessed Aug. 08, 2023).
- [23] “Potencia Eléctrica: Tu Guía Completa.” <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-potencia-electrica/> (accessed Aug. 08, 2023).
- [24] “¿Que es la potencia eléctrica? Cálculo y medición - Academia 3E.”
<https://academia3e.com/comunidad/potencia-electrica/> (accessed Aug. 08, 2023).
- [25] “Registadores trifásicos de calidad eléctrica de la Serie 1740 de Fluke Memobox | Fluke.” <https://www.fluke.com/es-es/producto/comprobacion-electrica/calidad-de-la-energia-electrica/1740> (accessed Jul. 26, 2023).
- [26] “On Sale! Fluke 1744 Three Phase Power Quality Logger Model 1744 Fluke.”
<https://www.aaatesters.com/fluke-1744-power-quality-logger-1744-fluke-1744.html> (accessed Jul. 26, 2023).
- [27] “Fluke 1744 Three Phase Power Quality Logger Memobox.”
https://www.myflukestore.com/p3693/fluke_1744_three_phase_power_quality_logger_memobox.php (accessed Jul. 26, 2023).
- [28] “Actualidad. Próxima revisión de la Norma ISO 9001.”
<https://revista.une.org/28/proxima-revision-de-la-norma-iso-9001.html> (accessed Aug. 21, 2023).
- [29] “ISO 9001 - Implementación y certificación de la norma 9001.” <https://www.normas-iso.com/iso-9001/> (accessed Aug. 21, 2023).

- [30] “SIST-EN-50160-2023”.
- [31] “IEC 60654-1:1993 | IEC Webstore.” <https://webstore.iec.ch/publication/2781> (accessed Aug. 21, 2023).
- [32] “Conociendo la Norma IEC 61000-4-30 Clase A | Elspec.” <https://www.elspec-ltd.com/conociendo-la-norma-iec-61000-4-30-clase-a/?lang=es> (accessed Aug. 21, 2023).
- [33] “Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (Codificada) EL DIRECTORIO DE LA AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ENERGÍA Y RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES.” [Online]. Available: www.controlrecursosyenergia.gob.ec
- [34] “Software de hojas de cálculo Microsoft Excel | Microsoft 365.” <https://www.microsoft.com/es/microsoft-365/excel> (accessed Jul. 27, 2023).
- [35] “Microsoft Excel - Wikipedia, la enciclopedia libre.” https://es.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Excel (accessed Jul. 27, 2023).
- [36] “MATLAB - El lenguaje del cálculo técnico.” <https://la.mathworks.com/products/matlab.html> (accessed Feb. 21, 2023).
- [37] “MATLAB - Wikipedia, la enciclopedia libre.” <https://es.wikipedia.org/wiki/MATLAB> (accessed Jul. 27, 2023).

ANEXOS

Anexo 1 Tabla de la Ubicación Transformadores y Numero de Usuarios

Nombre del Archivo	Fecha		Carga Instantánea	Transformador			Tipo de Instalación	X	Y	USUARIOS GIS	OID TRAFO
	Instalación	Desconexión		Código	Tipo	Dirección					
CASTILLA B1	8/9/2016	15/9/2016	122-121-41-29	41627	50 KVA AUTO	MZ1 V37	TRANSFORMADOR	626552	9774334	7	17377
CASTILLA B2	8/9/2016	15/9/2016	123-123-76-67	41625	50 KVA AUTO	MZ 19 V8	TRANSFORMADOR	626549	9774361	26	17375
CASTILLA B5	8/9/2016	15/9/2016	124-124-56-58	41633	50 KVA AUTO	MZ17 V5	TRANSFORMADOR	626530	9774476	22	17386
CASTILLA B6	8/9/2016	15/9/2016	125-125-31-47	41639	50 KVA AUTO	MZ16 V7	TRANSFORMADOR	626553	9774523	16	17389
CASTILLA B8	8/9/2016	15/9/2016	122-122-49-47	41638	50 KVA AUTO	MZ16 V16	TRANSFORMADOR	626486	9774527	18	17388
CASTILLA B9	8/9/2016	15/9/2016	121-121-31-34	41637	50 KVA AUTO	MZ28 V11	TRANSFORMADOR	626412	9774542	18	17387
CASTILLA B13	9/9/2016	16/9/2016	122-122-65-38	41649	50 KVA AUTO	MZ15 V5	TRANSFORMADOR	626584	9774571	25	132950
CASTILLA B16	9/9/2016	16/9/2016	123-123-18-13	41648	50 KVA AUTO	MZ27 V2	TRANSFORMADOR	626469	9774566	15	17391
CASTILLA B19	9/9/2016	16/9/2016	123-123-8-11	41640	55 KVA AUTO	MZ1 V6	TRANSFORMADOR	626638	9774566	10	17382
CASTILLA B21	9/9/2016	16/9/2016	122-122-20-9	41641	57 KVA AUTO	MZ14 V3	TRANSFORMADOR	626632	9774599	11	133601
CASTILLA B22	9/9/2016	16/9/2016	123-123-12-20	41642	58 KVA AUTO	MZ14 V	TRANSFORMADOR	626600	9774625	10	133602
CASTILLA B23	9/9/2016	16/9/2016	121-121-21-9	41643	59 KVA AUTO	MZ14 V21	TRANSFORMADOR	626510	9774607	12	133603
CASTILLA B24	9/9/2016	16/9/2016	122-122-30-31	41644	60 KVA AUTO	MZ14 V26	TRANSFORMADOR	626464	9774632	15	17393
CASTILLA B25	9/9/2016	16/9/2016	122-121-11-22	43083	61 KVA AUTO	MZ13 V24	TRANSFORMADOR	626499	9774670	16	17396
CASTILLA B26	9/9/2016	16/9/2016	122-122-21-18	43082	62 KVA AUTO	MZ13 V15	TRANSFORMADOR	626556	9774655	15	134253

Anexo 2 Tabla de Armónicas desde 0:00:00 hasta 11:50:00

Datos Dados		CASITILLA B1 Usuarios:7				CASITILLA B2 Usuarios:26				CASITILLA B4				CASITILLA B5 Usuarios:22				CASITILLA B6 Usuarios:16				CASITILLA B8 Usuarios:18			
Date	Time	%[Vn] L1	%[Vn] L2	Ih1 L1	Ih1 L2	%[Vn] L1	%[Vn] L2	Ih1 L1	Ih1 L2	%[Vn] L1	%[Vn] L2	Ih1 L1	Ih1 L2	%[Vn] L1	%[Vn] L2	Ih1 L1	Ih1 L2	%[Vn] L1	%[Vn] L2	Ih1 L1	Ih1 L2	%[Vn] L1	%[Vn] L2	Ih1 L1	Ih1 L2
9/9/2016	0:00	53,57%	53,38%	50,20	29,30	53,34%	53,32%	68,40	50,80	53,47%	53,32%	14,40	21,90	53,92%	53,87%	76,30	76,70	53,99%	53,94%	50,90	70,50	53,55%	53,49%	38,60	33,60
9/9/2016	0:10	53,64%	53,42%	48,20	26,90	54,01%	53,99%	53,30	47,00	53,40%	53,34%	12,10	21,50	54,03%	53,97%	67,80	65,40	54,05%	54,00%	37,40	61,10	53,67%	53,61%	29,50	26,90
9/9/2016	0:20	53,90%	53,70%	50,20	29,60	54,24%	54,24%	66,70	47,00	53,68%	53,63%	13,40	23,60	54,26%	54,21%	67,20	67,40	54,30%	54,24%	40,00	65,20	53,91%	53,85%	35,90	31,30
9/9/2016	0:30	54,08%	53,87%	48,70	34,90	54,42%	54,42%	64,90	46,30	53,87%	53,81%	11,50	21,00	54,42%	54,37%	68,90	70,00	54,47%	54,41%	42,20	64,00	54,07%	54,02%	36,60	30,80
9/9/2016	0:40	54,06%	53,84%	41,60	36,60	54,42%	54,40%	58,90	44,30	53,84%	53,79%	6,80	15,60	54,41%	54,39%	58,40	63,40	54,46%	54,39%	41,00	61,40	54,04%	53,98%	32,80	26,20
9/9/2016	0:50	54,05%	53,89%	39,20	31,90	54,37%	54,37%	61,20	43,00	53,82%	53,77%	6,50	15,00	54,36%	54,34%	60,30	67,40	54,43%	54,36%	40,00	62,90	54,02%	53,96%	33,90	26,50
9/9/2016	1:00	54,13%	53,95%	33,40	26,80	54,45%	54,44%	59,10	42,50	53,86%	53,82%	8,10	15,30	54,45%	54,42%	57,90	61,40	54,50%	54,44%	35,50	57,30	54,10%	54,04%	31,60	25,80
9/9/2016	1:20	54,42%	54,18%	25,00	18,50	54,70%	54,70%	58,20	38,80	54,17%	54,13%	6,60	14,10	54,74%	54,70%	47,80	51,10	54,77%	54,73%	34,20	50,20	54,40%	54,35%	26,10	17,80
9/9/2016	1:30	54,51%	54,26%	26,20	18,10	54,81%	54,79%	56,30	39,10	54,27%	54,23%	6,80	12,50	54,82%	54,82%	44,90	51,10	54,87%	54,84%	30,30	46,00	54,50%	54,44%	22,70	21,90
9/9/2016	1:40	54,14%	53,88%	32,30	28,00	54,48%	54,46%	53,90	39,20	53,94%	53,90%	7,40	14,50	54,48%	54,47%	47,10	53,90	54,53%	54,51%	33,20	42,80	54,15%	54,08%	21,20	20,80
9/9/2016	1:50	54,39%	54,10%	31,40	19,50	54,59%	54,57%	57,90	44,10	54,08%	54,05%	6,20	12,40	54,61%	54,58%	48,80	52,00	54,63%	54,61%	37,10	48,00	54,28%	54,20%	21,70	24,30
9/9/2016	2:00	54,38%	54,18%	27,90	19,90	54,68%	54,64%	55,50	42,30	54,16%	54,13%	6,40	12,30	54,69%	54,68%	46,80	55,10	54,71%	54,70%	35,30	44,30	54,34%	54,28%	22,90	24,30
9/9/2016	2:10	54,49%	54,29%	23,10	16,00	54,76%	54,72%	56,50	41,80	54,26%	54,21%	7,20	13,40	54,76%	54,73%	51,20	55,80	54,78%	54,75%	38,70	51,40	54,47%	54,41%	21,20	17,30
9/9/2016	2:20	54,67%	54,43%	20,50	15,60	54,89%	54,87%	58,10	42,90	54,40%	54,36%	7,30	13,20	54,90%	54,87%	51,70	56,80	54,92%	54,88%	36,20	52,00	54,64%	54,59%	21,40	16,20
9/9/2016	2:30	54,74%	54,50%	21,10	17,30	54,95%	54,95%	56,00	45,20	54,49%	54,44%	6,70	14,00	54,98%	54,96%	46,70	54,00	55,00%	54,97%	36,00	48,90	54,73%	54,66%	17,80	18,40
9/9/2016	2:40	54,35%	54,11%	21,10	19,50	54,54%	54,58%	59,40	40,50	54,10%	54,07%	5,90	11,80	54,55%	54,52%	52,30	56,00	54,63%	54,61%	35,40	48,20	54,29%	54,22%	19,40	18,20
9/9/2016	2:50	53,76%	53,49%	22,40	18,80	53,88%	53,99%	55,40	40,50	53,98%	53,46%	7,90	11,30	53,97%	54,00%	57,70	62,00	54,02%	54,00%	37,40	47,60	53,74%	53,66%	18,50	17,20
9/9/2016	3:00	53,77%	53,50%	21,70	17,10	54,00%	53,99%	49,80	36,30	53,49%	53,46%	5,90	11,10	53,99%	53,97%	53,10	57,50	54,02%	53,99%	37,30	47,50	53,76%	53,68%	19,30	18,80
9/9/2016	3:10	53,90%	53,63%	20,20	17,00	54,08%	54,07%	51,70	38,50	53,61%	53,57%	5,90	12,90	54,07%	54,05%	54,90	58,60	54,09%	54,08%	40,00	49,10	53,86%	53,80%	22,10	18,20
9/9/2016	3:20	53,92%	53,70%	18,40	16,20	54,08%	54,08%	53,90	38,90	53,63%	53,60%	6,10	11,00	54,10%	54,09%	47,10	54,00	54,10%	54,11%	36,30	46,40	53,85%	53,79%	24,30	20,50
9/9/2016	3:30	54,00%	53,75%	19,90	13,40	54,18%	54,18%	48,20	32,80	53,71%	53,68%	6,90	11,70	54,17%	54,15%	53,50	60,90	54,20%	54,18%	32,10	46,10	53,94%	53,87%	24,80	21,70
9/9/2016	3:40	54,05%	53,83%	28,70	13,90	54,25%	54,25%	52,80	36,50	53,83%	53,76%	1,30	13,60	54,24%	54,23%	56,70	61,40	54,29%	54,29%	33,50	41,40	54,02%	53,95%	23,80	23,60
9/9/2016	3:50	54,06%	53,83%	28,20	16,10	54,28%	54,27%	46,30	35,10	53,82%	53,78%	0,80	11,00	54,28%	54,25%	52,80	62,40	54,28%	54,28%	35,80	45,10	54,05%	53,98%	19,70	19,90
9/9/2016	4:00	54,11%	53,92%	27,40	16,10	54,32%	54,31%	50,80	34,40	53,86%	53,84%	4,70	8,60	54,29%	54,28%	55,50	62,60	54,31%	54,31%	41,20	50,80	54,17%	54,03%	20,10	19,90
9/9/2016	4:10	54,13%	53,96%	25,40	13,20	54,38%	54,36%	40,90	29,60	53,87%	53,84%	5,20	10,20	54,34%	54,31%	53,80	58,00	54,35%	54,36%	38,90	46,30	54,12%	54,06%	20,10	16,60
9/9/2016	4:20	54,16%	53,93%	24,80	13,00	54,43%	54,40%	30,50	30,50	53,91%	53,87%	2,60	10,10	54,37%	54,35%	56,20	63,50	54,41%	54,42%	34,00	42,00	54,17%	54,11%	15,90	14,70
9/9/2016	4:30	54,13%	53,89%	23,40	12,20	54,36%	54,35%	43,70	29,10	53,89%	53,84%	2,60	10,00	54,34%	54,29%	58,60	59,70	54,37%	54,37%	32,80	39,90	54,12%	54,05%	17,10	18,30
9/9/2016	4:40	54,16%	53,91%	25,50	18,50	54,42%	54,42%	30,80	30,80	53,92%	53,89%	5,50	9,80	54,40%	54,40%	47,00	53,30	54,42%	54,42%	29,60	39,90	54,14%	54,07%	15,60	15,90
9/9/2016	4:50	54,17%	53,91%	20,90	23,10	54,44%	54,44%	42,60	29,40	53,92%	53,89%	4,90	9,70	54,42%	54,39%	49,90	54,40	54,47%	54,45%	24,30	41,30	54,17%	54,10%	16,20	15,70
9/9/2016	5:00	54,16%	53,89%	33,70	26,20	54,45%	54,45%	36,60	33,20	53,95%	53,92%	0,10	10,00	54,44%	54,42%	48,40	55,50	54,49%	54,49%	26,00	35,90	54,18%	54,12%	17,30	13,40
9/9/2016	5:10	53,94%	53,66%	32,10	22,90	54,26%	54,26%	49,60	26,80	53,71%	53,68%	0,40	10,40	54,24%	54,21%	46,30	47,50	54,27%	54,27%	28,40	38,30	53,95%	53,90%	16,40	12,00
9/9/2016	5:20	53,88%	53,61%	19,70	16,90	54,14%	54,14%	47,10	27,90	53,61%	53,57%	5,90	13,80	54,14%	54,13%	44,70	49,90	54,16%	54,16%	30,40	41,00	53,86%	53,80%	17,10	11,40
9/9/2016	5:30	53,76%	53,55%	23,80	17,40	54,11%	54,10%	35,60	25,50	53,49%	53,45%	6,70	17,30	54,08%	54,07%	40,50	45,30	54,12%	54,13%	27,90	33,40	53,75%	53,68%	13,40	16,40
9/9/2016	5:40	53,67%	53,45%	23,00	17,10	54,00%	54,00%	46,20	30,40	53,60%	53,56%	11,70	10,20	54,04%	54,00%	37,00	38,10	54,05%	54,04%	27,70	34,90	54,04%	53,97%	15,90	18,90
9/9/2016	5:50	53,73%	53,50%	23,60	15,80	54,13%	54,11%	38,60	27,80	53,45%	53,42%	13,40	13,00	54,15%	54,09%	46,30	42,70	54,11%	54,10%	30,30	36,90	53,73%	53,65%	17,50	18,40
9/9/2016	6:00	54,27%	54,06%	25,00	19,50	54,65%	54,63%	41,10	29,30	54,01%	53,95%	11,00	28,50	54,63%	54,61%	43,30	49,90	54,67%	54,65%	28,20	36,90	54,26%	54,18%	16,30	14,10
9/9/2016	6:10	54,44%	54,16%	23,10	21,80	54,78%	54,78%	42,60	27,20	54,16%	54,12%	5,10	22,30	54,81%	54,79%	32,30	37,70	54,81%	54,80%	26,70	35,50	54,42%	54,34%	20,40	15,70
9/9/2016	6:20	54,48%	54,27%	22,80	17,30	54,86%	54,84%	33,40	22,20	54,20%	54,16%	3,50	8,80	54,86%	54,81%	39,10	36,60	54,84%	54,84%	27,50	30,30	54,45%	54,37%	27,40	18,00
9/9/2016	6:30	54,36%	54,72%	20,60	13,70	54,31%	54,31%	30,30	22,20	54,66%	54,64%	11,20	8,30	55,32%	55,28%	39,00	33,30	55,34%	55,34%	19,50	22,80	54,90%	54,80%	24,00	21,60
9/9/2016	6:40	54,63%	54,39%	25,70	12,60	54,97%	54,95%	37,50	28,20	54,34%	54,29%	4,40	9,40	55,00%	54,97%	30,50	26,80	55,00%	54,99%	18,80	27,20	54,61%	54,53%	15,70	14,40
9/9/2016	6:50	54,68%	54,44%	26,90	9,40	55,02%	55,00%	36,60	29,60	54,36%	54,32%	1,00	8,50	55,05%	55,05%	22,10	25,10	55,05%	55,04%	17,10	25,70	54,65%	54,57%	19,30	17,70
9/9/2016	7:00	54,75%	54,50%	19,70	12,00	55,10%	55,08%	35,30	28,60	54,42%	54,36%	1,10	10,50	55,13%	55,10%	30,60	23,60	55,11%	55,10%	18,00	24,30	54,70%	54,62%	23,00	14,00
9/9/2016	7:10	54,94%	54,72%	21,10	8,10	55,25%	55,25%	36,40	22,80	54,58%	54,53%	1,10	9,80	55,29%	55,28%	21,90	22,10	55,28%	55,27%	17,80	25,90	54,83%	54,83%	16,00	11,30
9/9/2016	7:20	54,61%	54,40%	19,90	12,30	54,92%	54,94%	40,70	24,50	54,23%	54,18%	0,80	8,60	54,97%	54,95%	22,00	21,70	54,98%	54,98%	15,30	21,70	54,58%	54,49%	20,30	10,20
9/9/2016	7:30	54,51%	54,31%	25,50	15,10	54,87%	54,84%	33,00	22,60	54,13%	54,08%														

Anexo 3 Tabla de Armónicos desde 12:00:00 hasta 23:50:00

Table with columns for Date, Time, Casitilla B1, Casitilla B2, Casitilla B4, Casitilla B5, Casitilla B6, and Casitilla B8. Each Casitilla section includes sub-columns for %Vn L1, %Vn L2, I h1 L1, and I h1 L2. The table contains data rows for each hour from 12:00 to 23:50.

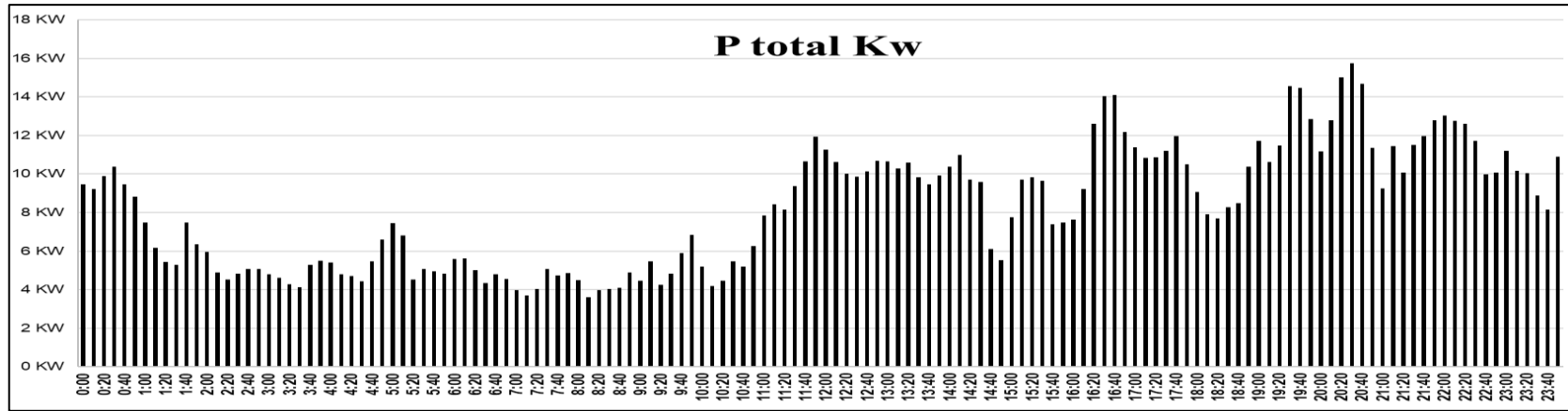
Anexo 4 Principio de la Tabla de Potencia

Date	9/9/2016							
Time	V L1	V L2	I L1	I L2	P L1	P L2	P total Kw	P Kwh
0:00	123,21 V	122,68 V	50,00 A	26,90 A	6,16 KW	3,30 KW	9,46 KW	93,44 Kwh
0:10	123,37 V	122,87 V	48,20 A	26,70 A	5,95 KW	3,28 KW	9,23 KW	95,53 Kwh
0:20	123,97 V	123,51 V	50,20 A	29,60 A	6,22 KW	3,66 KW	9,88 KW	101,30 Kwh
0:30	124,38 V	123,90 V	48,70 A	34,90 A	6,06 KW	4,32 KW	10,38 KW	99,19 Kwh
0:40	124,34 V	123,83 V	41,60 A	34,60 A	5,17 KW	4,28 KW	9,46 KW	91,42 Kwh
0:50	124,32 V	123,95 V	39,20 A	31,90 A	4,87 KW	3,95 KW	8,83 KW	81,55 Kwh
1:00	124,50 V	124,09 V	33,40 A	26,80 A	4,16 KW	3,33 KW	7,48 KW	68,30 Kwh
1:10	125,24 V	124,73 V	27,70 A	21,70 A	3,47 KW	2,71 KW	6,18 KW	58,05 Kwh
1:20	125,17 V	124,61 V	25,00 A	18,50 A	3,13 KW	2,31 KW	5,43 KW	53,64 Kwh
1:30	125,37 V	124,80 V	26,20 A	16,10 A	3,28 KW	2,01 KW	5,29 KW	63,93 Kwh
1:40	124,52 V	123,92 V	32,30 A	28,00 A	4,02 KW	3,47 KW	7,49 KW	69,20 Kwh
1:50	124,87 V	124,43 V	31,40 A	19,50 A	3,92 KW	2,43 KW	6,35 KW	61,59 Kwh
2:00	125,10 V	124,61 V	27,90 A	19,90 A	3,49 KW	2,48 KW	5,97 KW	54,31 Kwh
2:10	125,33 V	124,87 V	23,10 A	16,00 A	2,90 KW	2,00 KW	4,89 KW	47,12 Kwh
2:20	125,74 V	125,19 V	20,50 A	15,60 A	2,58 KW	1,95 KW	4,53 KW	46,78 Kwh
2:30	125,90 V	125,35 V	21,10 A	17,30 A	2,66 KW	2,17 KW	4,83 KW	49,45 Kwh
2:40	125,01 V	124,45 V	21,10 A	19,50 A	2,64 KW	2,43 KW	5,06 KW	50,74 Kwh
2:50	123,65 V	123,03 V	22,40 A	18,80 A	2,77 KW	2,31 KW	5,08 KW	49,35 Kwh
3:00	123,67 V	123,05 V	21,70 A	17,10 A	2,68 KW	2,10 KW	4,79 KW	46,94 Kwh
3:10	123,97 V	123,35 V	20,20 A	17,00 A	2,50 KW	2,10 KW	4,60 KW	44,42 Kwh
3:20	124,02 V	123,51 V	18,40 A	16,20 A	2,28 KW	2,00 KW	4,28 KW	42,05 Kwh
3:30	124,20 V	123,63 V	19,90 A	13,40 A	2,47 KW	1,66 KW	4,13 KW	47,08 Kwh
3:40	124,32 V	123,81 V	28,70 A	13,90 A	3,57 KW	1,72 KW	5,29 KW	53,94 Kwh
3:50	124,34 V	123,81 V	28,20 A	16,10 A	3,51 KW	1,99 KW	5,50 KW	54,53 Kwh
4:00	124,45 V	124,02 V	27,40 A	16,10 A	3,41 KW	2,00 KW	5,41 KW	51,04 Kwh
4:10	124,50 V	124,11 V	25,40 A	13,20 A	3,16 KW	1,64 KW	4,80 KW	47,51 Kwh
4:20	124,57 V	124,04 V	24,80 A	13,00 A	3,09 KW	1,61 KW	4,70 KW	45,64 Kwh
4:30	124,50 V	123,95 V	23,40 A	12,20 A	2,91 KW	1,51 KW	4,43 KW	49,48 Kwh
4:40	124,57 V	123,99 V	25,50 A	18,50 A	3,18 KW	2,29 KW	5,47 KW	60,36 Kwh
4:50	124,59 V	123,99 V	30,00 A	23,10 A	3,74 KW	2,86 KW	6,60 KW	70,24 Kwh
5:00	124,57 V	123,95 V	33,70 A	26,20 A	4,20 KW	3,25 KW	7,45 KW	71,27 Kwh
5:10	124,06 V	123,42 V	32,10 A	22,90 A	3,98 KW	2,83 KW	6,81 KW	56,67 Kwh
5:20	123,92 V	123,30 V	19,70 A	16,90 A	2,44 KW	2,08 KW	4,53 KW	48,06 Kwh
5:30	123,65 V	123,17 V	23,80 A	17,40 A	2,94 KW	2,14 KW	5,09 KW	50,14 Kwh
5:40	123,44 V	122,94 V	23,00 A	17,10 A	2,84 KW	2,10 KW	4,94 KW	48,83 Kwh
5:50	123,58 V	123,05 V	23,60 A	15,50 A	2,92 KW	1,91 KW	4,82 KW	52,03 Kwh
6:00	124,82 V	124,34 V	25,00 A	19,80 A	3,12 KW	2,46 KW	5,58 KW	55,95 Kwh
6:10	125,21 V	124,57 V	23,10 A	21,80 A	2,89 KW	2,72 KW	5,61 KW	53,12 Kwh
6:20	125,30 V	124,82 V	22,80 A	17,30 A	2,86 KW	2,16 KW	5,02 KW	46,72 Kwh
6:30	126,41 V	125,86 V	20,60 A	13,70 A	2,60 KW	1,72 KW	4,33 KW	45,67 Kwh
6:40	125,65 V	125,10 V	25,70 A	12,60 A	3,23 KW	1,58 KW	4,81 KW	46,83 Kwh
6:50	125,76 V	125,21 V	26,90 A	9,40 A	3,38 KW	1,18 KW	4,56 KW	42,72 Kwh
7:00	125,93 V	125,35 V	19,70 A	12,00 A	2,48 KW	1,50 KW	3,98 KW	38,35 Kwh
7:10	126,36 V	125,86 V	21,10 A	8,10 A	2,67 KW	1,02 KW	3,69 KW	38,62 Kwh
7:20	125,60 V	125,12 V	19,90 A	12,30 A	2,50 KW	1,54 KW	4,04 KW	45,61 Kwh
7:30	125,37 V	124,91 V	25,50 A	15,10 A	3,20 KW	1,89 KW	5,08 KW	49,09 Kwh
7:40	125,17 V	124,61 V	23,30 A	14,60 A	2,92 KW	1,82 KW	4,74 KW	47,90 Kwh
7:50	124,78 V	124,20 V	21,20 A	17,70 A	2,65 KW	2,20 KW	4,84 KW	46,73 Kwh
8:00	124,25 V	123,74 V	20,70 A	15,60 A	2,57 KW	1,93 KW	4,50 KW	40,55 Kwh
8:10	123,28 V	122,87 V	17,50 A	11,80 A	2,16 KW	1,45 KW	3,61 KW	37,94 Kwh
8:20	123,40 V	123,00 V	21,30 A	11,00 A	2,63 KW	1,35 KW	3,98 KW	40,09 Kwh
8:30	123,58 V	123,23 V	19,90 A	12,80 A	2,46 KW	1,58 KW	4,04 KW	40,66 Kwh
8:40	123,17 V	122,75 V	20,70 A	12,60 A	2,55 KW	1,55 KW	4,10 KW	44,85 Kwh
8:50	122,68 V	122,15 V	22,40 A	17,40 A	2,75 KW	2,13 KW	4,87 KW	46,63 Kwh
9:00	123,51 V	123,03 V	22,70 A	13,40 A	2,80 KW	1,65 KW	4,45 KW	49,57 Kwh
9:10	123,28 V	122,68 V	24,40 A	20,00 A	3,01 KW	2,45 KW	5,46 KW	48,52 Kwh
9:20	123,60 V	122,98 V	20,40 A	14,00 A	2,52 KW	1,72 KW	4,24 KW	45,40 Kwh
9:30	123,33 V	122,68 V	22,80 A	16,50 A	2,81 KW	2,02 KW	4,84 KW	53,70 Kwh
9:40	122,91 V	122,45 V	28,70 A	19,40 A	3,53 KW	2,38 KW	5,90 KW	63,66 Kwh
9:50	122,98 V	122,59 V	31,00 A	24,60 A	3,81 KW	3,02 KW	6,83 KW	60,05 Kwh
10:00	123,83 V	123,37 V	25,20 A	16,70 A	3,12 KW	2,06 KW	5,18 KW	46,88 Kwh
10:10	123,60 V	123,10 V	21,40 A	12,60 A	2,65 KW	1,55 KW	4,20 KW	43,22 Kwh
10:20	123,40 V	122,91 V	23,30 A	12,80 A	2,88 KW	1,57 KW	4,45 KW	49,64 Kwh
10:30	123,05 V	122,59 V	24,30 A	20,30 A	2,99 KW	2,49 KW	5,48 KW	53,32 Kwh
10:40	123,03 V	122,66 V	22,60 A	19,60 A	2,78 KW	2,40 KW	5,18 KW	57,25 Kwh
10:50	122,80 V	122,43 V	26,30 A	24,80 A	3,23 KW	3,04 KW	6,27 KW	70,50 Kwh
11:00	122,61 V	122,13 V	36,20 A	27,80 A	4,44 KW	3,40 KW	7,83 KW	81,26 Kwh
11:10	121,79 V	121,46 V	40,30 A	28,90 A	4,91 KW	3,51 KW	8,42 KW	82,79 Kwh
11:20	121,42 V	121,14 V	37,50 A	29,60 A	4,55 KW	3,59 KW	8,14 KW	87,53 Kwh
11:30	122,06 V	121,53 V	39,80 A	37,10 A	4,86 KW	4,51 KW	9,37 KW	100,16 Kwh
11:40	122,20 V	121,79 V	50,80 A	36,60 A	6,21 KW	4,46 KW	10,67 KW	112,93 Kwh
11:50	122,06 V	121,42 V	54,30 A	43,60 A	6,63 KW	5,29 KW	11,92 KW	115,97 Kwh

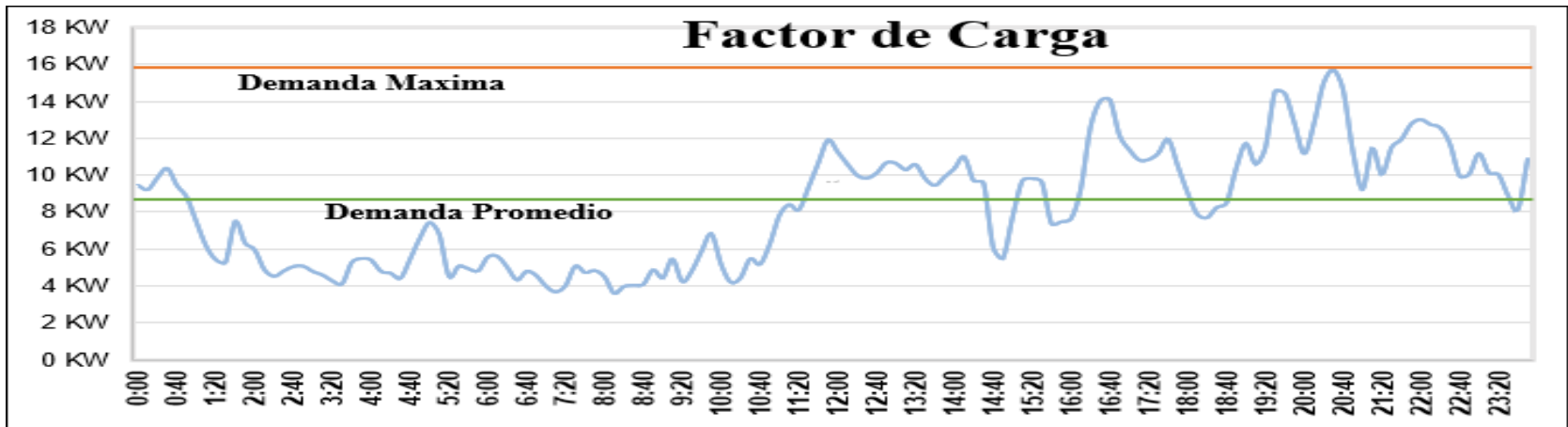
Anexo 5 segunda parte de la Tabla de Potencia

Date Time	9/9/2016							
	V L1	V L2	IL1	IL2	PL1	PL2	P total Kw	P Kwh
12:00	122,27 V	121,67 V	50,20 A	42,20 A	6,14 KW	5,13 KW	11,27 KW	109,42 Kwh
12:10	122,66 V	122,11 V	45,90 A	40,80 A	5,63 KW	4,98 KW	10,61 KW	103,09 Kwh
12:20	122,94 V	122,25 V	44,20 A	37,40 A	5,43 KW	4,57 KW	10,01 KW	99,29 Kwh
12:30	123,40 V	122,87 V	42,90 A	37,10 A	5,29 KW	4,56 KW	9,85 KW	99,89 Kwh
12:40	123,23 V	122,82 V	43,40 A	38,90 A	5,35 KW	4,78 KW	10,13 KW	104,07 Kwh
12:50	123,12 V	122,54 V	46,60 A	40,40 A	5,74 KW	4,95 KW	10,69 KW	106,70 Kwh
13:00	122,82 V	122,31 V	46,80 A	40,10 A	5,75 KW	4,90 KW	10,65 KW	104,77 Kwh
13:10	122,25 V	121,81 V	45,50 A	38,90 A	5,56 KW	4,74 KW	10,30 KW	104,49 Kwh
13:20	122,15 V	121,69 V	49,10 A	37,80 A	6,00 KW	4,60 KW	10,60 KW	102,14 Kwh
13:30	121,72 V	121,28 V	43,70 A	37,20 A	5,32 KW	4,51 KW	9,83 KW	96,42 Kwh
13:40	121,56 V	121,10 V	41,70 A	36,20 A	5,07 KW	4,38 KW	9,45 KW	96,89 Kwh
13:50	121,42 V	120,91 V	43,40 A	38,50 A	5,27 KW	4,66 KW	9,92 KW	101,47 Kwh
14:00	121,67 V	121,16 V	44,20 A	41,20 A	5,38 KW	4,99 KW	10,37 KW	106,85 Kwh
14:10	121,72 V	121,12 V	46,30 A	44,30 A	5,64 KW	5,37 KW	11,00 KW	103,52 Kwh
14:20	121,53 V	121,00 V	42,90 A	37,10 A	5,21 KW	4,49 KW	9,70 KW	96,48 Kwh
14:30	121,33 V	120,87 V	44,00 A	35,20 A	5,34 KW	4,25 KW	9,59 KW	78,44 Kwh
14:40	121,56 V	121,28 V	28,60 A	21,60 A	3,48 KW	2,62 KW	6,10 KW	58,06 Kwh
14:50	121,65 V	121,26 V	28,40 A	17,00 A	3,45 KW	2,06 KW	5,52 KW	66,41 Kwh
15:00	121,76 V	121,23 V	36,70 A	27,20 A	4,47 KW	3,30 KW	7,77 KW	87,40 Kwh
15:10	121,72 V	121,03 V	44,60 A	35,40 A	5,43 KW	4,28 KW	9,71 KW	97,73 Kwh
15:20	121,23 V	120,59 V	45,90 A	35,40 A	5,56 KW	4,27 KW	9,83 KW	97,41 Kwh
15:30	121,28 V	120,77 V	44,20 A	35,50 A	5,36 KW	4,29 KW	9,65 KW	85,16 Kwh
15:40	121,44 V	120,98 V	36,30 A	24,60 A	4,41 KW	2,98 KW	7,38 KW	74,38 Kwh
15:50	121,76 V	121,42 V	35,20 A	26,40 A	4,29 KW	3,21 KW	7,49 KW	75,68 Kwh
16:00	122,13 V	121,67 V	34,30 A	28,40 A	4,19 KW	3,46 KW	7,64 KW	84,36 Kwh
16:10	122,13 V	121,65 V	40,80 A	34,90 A	4,98 KW	4,25 KW	9,23 KW	109,10 Kwh
16:20	122,31 V	121,72 V	51,30 A	51,90 A	6,27 KW	6,32 KW	12,59 KW	133,10 Kwh
16:30	122,45 V	121,85 V	66,80 A	48,00 A	8,18 KW	5,85 KW	14,03 KW	140,71 Kwh
16:40	123,35 V	122,87 V	67,30 A	47,30 A	8,30 KW	5,81 KW	14,11 KW	131,41 Kwh
16:50	123,49 V	123,00 V	59,10 A	39,60 A	7,30 KW	4,87 KW	12,17 KW	117,84 Kwh
17:00	123,63 V	123,00 V	53,20 A	39,20 A	6,58 KW	4,82 KW	11,40 KW	111,18 Kwh
17:10	123,88 V	123,51 V	51,10 A	36,50 A	6,33 KW	4,51 KW	10,84 KW	108,48 Kwh
17:20	123,51 V	123,21 V	51,20 A	36,80 A	6,32 KW	4,53 KW	10,86 KW	110,32 Kwh
17:30	123,99 V	123,60 V	51,00 A	39,50 A	6,32 KW	4,88 KW	11,21 KW	115,80 Kwh
17:40	123,97 V	123,51 V	50,80 A	45,80 A	6,30 KW	5,66 KW	11,95 KW	112,33 Kwh
17:50	124,68 V	124,36 V	50,70 A	33,70 A	6,32 KW	4,19 KW	10,51 KW	97,90 Kwh
18:00	125,05 V	124,68 V	39,80 A	32,80 A	4,98 KW	4,09 KW	9,07 KW	84,81 Kwh
18:10	124,11 V	123,74 V	34,00 A	29,70 A	4,22 KW	3,68 KW	7,89 KW	78,01 Kwh
18:20	124,27 V	123,90 V	32,80 A	29,30 A	4,08 KW	3,63 KW	7,71 KW	79,87 Kwh
18:30	122,82 V	122,48 V	35,90 A	31,50 A	4,41 KW	3,86 KW	8,27 KW	83,80 Kwh
18:40	123,42 V	123,10 V	37,40 A	31,50 A	4,62 KW	3,88 KW	8,49 KW	94,35 Kwh
18:50	123,56 V	123,17 V	45,00 A	39,10 A	5,56 KW	4,82 KW	10,38 KW	110,54 Kwh
19:00	123,46 V	122,98 V	48,80 A	46,40 A	6,03 KW	5,71 KW	11,73 KW	111,73 Kwh
19:10	123,51 V	123,05 V	44,90 A	41,20 A	5,55 KW	5,07 KW	10,62 KW	110,49 Kwh
19:20	123,56 V	123,12 V	47,70 A	45,40 A	5,89 KW	5,59 KW	11,48 KW	130,14 Kwh
19:30	123,51 V	123,03 V	59,10 A	58,90 A	7,30 KW	7,25 KW	14,55 KW	144,99 Kwh
19:40	123,65 V	123,17 V	60,90 A	56,20 A	7,53 KW	6,92 KW	14,45 KW	136,45 Kwh
19:50	123,65 V	123,21 V	55,10 A	48,90 A	6,81 KW	6,03 KW	12,84 KW	120,10 Kwh
20:00	123,65 V	123,17 V	49,60 A	41,00 A	6,13 KW	5,05 KW	11,18 KW	119,88 Kwh
20:10	123,79 V	123,14 V	56,00 A	47,60 A	6,93 KW	5,86 KW	12,79 KW	139,01 Kwh
20:20	123,79 V	123,19 V	68,90 A	52,60 A	8,53 KW	6,48 KW	15,01 KW	153,72 Kwh
20:30	123,72 V	123,03 V	70,80 A	56,70 A	8,76 KW	6,98 KW	15,73 KW	152,03 Kwh
20:40	124,06 V	123,26 V	65,70 A	52,90 A	8,15 KW	6,52 KW	14,67 KW	130,13 Kwh
20:50	124,27 V	123,58 V	50,90 A	40,70 A	6,33 KW	5,03 KW	11,35 KW	103,10 Kwh
21:00	124,52 V	124,13 V	43,60 A	30,90 A	5,43 KW	3,84 KW	9,26 KW	103,61 Kwh
21:10	124,38 V	124,09 V	54,60 A	37,60 A	6,79 KW	4,67 KW	11,46 KW	107,65 Kwh
21:20	124,20 V	123,86 V	48,60 A	32,60 A	6,04 KW	4,04 KW	10,07 KW	107,98 Kwh
21:30	124,36 V	123,90 V	51,60 A	41,20 A	6,42 KW	5,10 KW	11,52 KW	117,37 Kwh
21:40	124,43 V	123,76 V	50,90 A	45,40 A	6,33 KW	5,62 KW	11,95 KW	123,65 Kwh
21:50	124,50 V	123,81 V	55,70 A	47,20 A	6,93 KW	5,84 KW	12,78 KW	129,04 Kwh
22:00	124,73 V	124,11 V	58,60 A	46,10 A	7,31 KW	5,72 KW	13,03 KW	128,96 Kwh
22:10	123,69 V	123,07 V	56,40 A	47,00 A	6,98 KW	5,78 KW	12,76 KW	126,75 Kwh
22:20	123,58 V	122,98 V	55,80 A	46,30 A	6,90 KW	5,69 KW	12,59 KW	121,52 Kwh
22:30	123,69 V	123,10 V	53,60 A	41,30 A	6,63 KW	5,08 KW	11,71 KW	108,42 Kwh
22:40	123,79 V	123,23 V	45,30 A	35,40 A	5,61 KW	4,36 KW	9,97 KW	100,27 Kwh
22:50	124,11 V	123,56 V	46,40 A	35,00 A	5,76 KW	4,32 KW	10,08 KW	106,37 Kwh
23:00	124,20 V	123,60 V	51,20 A	39,10 A	6,36 KW	4,83 KW	11,19 KW	106,72 Kwh
23:10	124,36 V	123,79 V	46,30 A	35,50 A	5,76 KW	4,39 KW	10,15 KW	100,96 Kwh
23:20	124,34 V	123,79 V	45,40 A	35,50 A	5,64 KW	4,39 KW	10,04 KW	94,65 Kwh
23:30	124,32 V	123,60 V	39,60 A	32,10 A	4,92 KW	3,97 KW	8,89 KW	85,25 Kwh
23:40	124,80 V	124,25 V	40,40 A	25,10 A	5,04 KW	3,12 KW	8,16 KW	95,21 Kwh
23:50	124,34 V	123,69 V	52,70 A	35,00 A	6,55 KW	4,33 KW	10,88 KW	101,71 Kwh
TOTAL							1188,34 KW	11883,43 Kwh

Anexo 6 Grafica de Potencia vs Tiempo de 10 minutos



Anexo 7 Kilowatios vs Horas



Anexo 8 Tabla de Cálculos de Bloque B1

Table with multiple columns for 'Eje' (1000-1100) and 'Cálculo' (1000-1100). Each cell contains numerical values representing calculations for different block configurations.

DATOS

```
datos=xlsread("Tabla US.xlsx");
kwh=datos(1:7,2);%x
Kw=datos(1:7,3); %y
```

REGRESIÓN LINEAL

```
[Linial,Dat]=fit(kwh,Kw,'poly1')
```

REGRESIÓN EXPONENCIAL

```
[Exponencial,Dat1]=fit(kwh,Kw,'exp1')
```

REGRESIÓN POLINOMIAL

```
[Polinomial,Dat2]=fit(kwh,Kw,'poly2')
```

REGRESIÓN LOGARITMICA

```
[Logaritmica,Dat3]=fit(kwh,Kw,'rat32')
```

METODO DE EBASCO

```
eb=(kwh./(49.7.*(kwh.^(0.154))))
```

GRAFICA

```
figure
hold on
plot(kwh,Kw,'k^','markersize',4,'markerfacecolor','k')
plot(Linial,'r')
plot(Exponencial,'b')
plot(Polinomial,'g')
plot(Logaritmica,'m')
plot(kwh,eb,'c')
xlabel('KWH*m')
ylabel('Kw')
legend('Data','R. Lineal','R Poli','R Log','R. Exp','M. Ebasco');
hold off
clc
clear
```

```

Linial =
  Linear model Poly1:
  Linial(x) = p1*x + p2
  Coefficients (with 95% confidence bounds):
    p1 = 0.002575 (0.0006237, 0.004526)
    p2 = 2.648 (-8.382, 13.68)

Dat = struct with fields:
  sse: 41.1532
  rsquare: 0.6971
  dfe: 5
  adjrsquare: 0.6365
  rmse: 2.8689

Exponencial =
  General model Expl:
  Exponencial(x) = a*exp(b*x)
  Coefficients (with 95% confidence bounds):
    a = 7.78 (2.719, 12.84)
    b = 0.0001365 (3.375e-05, 0.0002392)

Dat1 = struct with fields:
  sse: 43.7025
  rsquare: 0.6783
  dfe: 5
  adjrsquare: 0.6140
  rmse: 2.9564

Polinomial =
  Linear model Poly2:
  Polinomial(x) = p1*x^2 + p2*x + p3
  Coefficients (with 95% confidence bounds):
    p1 = -6.866e-08 (-1.368e-06, 1.23e-06)
    p2 = 0.003409 (-0.01255, 0.01937)
    p3 = 0.2787 (-46.47, 47.03)

Dat2 = struct with fields:
  sse: 40.9328
  rsquare: 0.6987
  dfe: 4
  adjrsquare: 0.5481
  rmse: 3.1989

Logaritmica =
  General model Rat32:
  Logaritmica(x) = (p1*x^3 + p2*x^2 + p3*x + p4) /
    (x^2 + q1*x + q2)
  Coefficients (with 95% confidence bounds):
    p1 = 0.002568 (-111.7, 111.7)
    p2 = 2.89 (-1.684e+16, 1.684e+16)
    p3 = -24.01 (-1.894e+19, 1.894e+19)
    p4 = 0.7019 (-1.576e+20, 1.576e+20)
    q1 = 65.3 (-6.555e+18, 6.555e+18)
    q2 = 1.015 (-4.28e+20, 4.28e+20)

Dat3 = struct with fields:
  sse: 41.1513
  rsquare: 0.6971
  dfe: 1
  adjrsquare: -0.8173
  rmse: 6.4149

eb = 7x1
  31.3598
  19.6615
  42.2391
  25.5800
  30.0246
  27.0085
  27.9240

```

Anexo 11 Graficas unificadas

