



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TEMA:

**Análisis Técnico Económico Del Consumo Eléctrico De Abonados Para
La Elaboración De Una Propuesta De Sistema De Medición Inteligente Que
Permita Mejorar La Calidad De Lectura Del Tarifario En La Empresa Eléctrica
Cnel. Ep Santa Elena.**

AUTORES:

**Ramírez Chiriboga, José Roberto.
Parraga Parraga, Paul Patric.**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Eléctrico**

TUTOR:

Vega Ureta, Nino Tello

**Guayaquil, Ecuador
23 de agosto del 2024**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Ramírez Chiriboga José Roberto, Parraga Parraga Paul Patric** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico**.

TUTOR (A)

f. _____
Vega Ureta Nino Tello.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, Ph.D.

Guayaquil, a los 03 del mes de septiembre del año 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD.**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Ramírez Chiriboga José Roberto**
Parraga Parraga Paul Patric

DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Análisis Técnico Económico Del Consumo Eléctrico De Abonados Para La Elaboración De Una Propuesta De Sistema De Medición Inteligente Que Permita Mejorar La Calidad De Lectura Del Tarifario En La Empresa Eléctrica Cnel. Ep Santa Elena** previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 03 del mes de septiembre del año 2024

LOS AUTORES

f. _____
Ramírez Chiriboga José Roberto

f. _____
Parraga Parraga Paul Patric



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Ramírez Chiriboga José Roberto**
Parraga Parraga Paul Patric

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Análisis Técnico Económico Del Consumo Eléctrico De Abonados Para La Elaboración De Una Propuesta De Sistema De Medición Inteligente Que Permita Mejorar La Calidad De Lectura Del Tarifario En La Empresa Eléctrica Cnel. Ep Santa Elena** cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 03 del mes de septiembre del año 2024

LOS AUTORES:

f. _____
Ramírez Chiriboga José Roberto

f. _____
Parraga Parraga Paul Patric



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____
Ing. Bohórquez Escobar Bayardo, Ph.D.
DECANO O DIRECTOR DE CARRERA

f. _____
Ing. Ricardo Xavier Ubilla Gonzalez
COORDINADOR DEL ÁREA O DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____
Ing Alexander Ronald Mero Vallas
OPONENTE



FACULTAD DE EDUCACION TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA EN ELECTRICIDAD

CERTIFICADO COMPILATIO

Dr. Sankar Kumar
 1. Head of Department
 2. Lecturer in Mathematics
 3. T. V. S. College, Bangalore
 4. Karnataka
 5. India

Dr. Lakshmi Narayana
 1. Head of Department
 2. Lecturer in Mathematics
 3. T. V. S. College, Bangalore
 4. Karnataka
 5. India

Dr. T. Venkatesh
 1. Head of Department
 2. Lecturer in Mathematics
 3. T. V. S. College, Bangalore
 4. Karnataka
 5. India

Received 10 September 2003; accepted 10 November 2003
Published online 10 December 2003 in Wiley InterScience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/anie.200352000

Fuentes principales de afectados

Nº	Descripción	Similitud	Minimización	Notas adicionales
1	TEMA RAFAEL CORREDO SAU / TEMA RAFAEL CORREDO SAU El tema RAFAEL CORREDO SAU es un tema de la asignatura de Matemáticas.	2%		
2	tema RAFAEL CORREDO SAU / TEMA RAFAEL CORREDO SAU El tema RAFAEL CORREDO SAU es un tema de la asignatura de Matemáticas.	1%		

Se revisó el Trabajo de Titulación, **ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO DE ABONADOS PARA LA ELABORACIÓN DE UNA PROPUESTA DE SISTEMA DE MEDICIÓN INTELIGENTE QUE PERMITA MEJORAR LA CALIDAD DE LECTURA DEL TARIFARIO EN LA EMPRESA ELÉCTRICA CNEL, EP SANTA ELENA** presentado por el estudiante José Roberto Ramírez Chiriboga y Paul Patric Parraga Parraga, de la carrera de Ingeniería en ELECTRICIDAD, donde obtuvo del programa COMPILATIO, el valor de 1% de coincidencias, considerando ser aprobado por esta dirección.

Ing. Ricardo Xavier Ubilla González

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que me han apoyado y acompañado a lo largo de este proceso de elaboración de tesis:

A mi amada esposa, por su amor incondicional, su paciencia infinita y su apoyo inquebrantable durante los momentos más difíciles de este camino. Gracias por creer en mí y alentarme a seguir adelante. A mi hijo, por ser la fuente de mi inspiración y la alegría que ilumina mis días, incluso en los más oscuros.

A mis padres, por el amor que me brindan, sus lecciones y su guía a lo largo de mi vida. Les agradezco por infundir valores como la perseverancia, la humildad y el amor por el conocimiento. Sin su apoyo incondicional y sus constantes oraciones, nada de esto sería posible.

Finalmente, a todos aquellos que, de una u otra manera, han contribuido a mi crecimiento y han hecho posible la culminación de esta tesis, les expreso mi más sincero agradecimiento.

JOSE ROBERTO RAMIREZ CHIRIBOGA

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a dos mujeres extraordinarias que han sido un apoyo constante en mi vida: mi esposa y mi madre.

A mi esposa

A ti, que has estado a mi lado en cada paso de este camino. Tu amor y tolerancia han sido un refugio en los momentos de desafío. Gracias por tu paciencia y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Tu apoyo ha hecho que este proceso sea mucho más llevadero y significativo. Estoy profundamente agradecido por cada momento compartido y por todo lo que has hecho para que este sueño se convierta en realidad.

A mi madre

A ti, que siempre serás una fuente de amor. Tu fe en mí y tus consejos me han guiado a lo largo de mi vida. Gracias por inculcarme la importancia del esfuerzo y la perseverancia. Cada sacrificio que has realizado ha dejado una huella en mi corazón, y no existen palabras suficientes para expresar lo agradecido que estoy por todo lo que has hecho por mí.

A ustedes, les dedico este trabajo con todo cariño. Su apoyo ha sido fundamental en este viaje, y por siempre llevaré en mi corazón la gratitud por tenerlas en mi vida.

Paul Patric Parraga Parraga

DEDICATORIA

A mi amada esposa, Eva Esther V, cuyo amor y apoyo han sido la luz que ha guiado cada paso de esta meta. Tu paciencia y comprensión han hecho posible que persiga mis sueños, y por ello te estoy eternamente agradecido.

A nuestro querido hijo, Rafael cuya sonrisa y amor me inspiran a ser mejor cada día. Eres la razón por la que lucho y me esfuerzo, y espero que este logro sea un ejemplo de que, con dedicación y esmero, los sueños se pueden alcanzar.

A ambos, gracias por ser mi motor y mi refugio. Esta tesis es tanto de ustedes como mía.

JOSE ROBERTO RAMIREZ CHIRIBOGA

DEDICATORIA

A mi esposa:

"Este trabajo es un reflejo de todo lo que hemos construido juntos. Tu amor y bondad han sido la luz que me ha guiado en los momentos más desafiantes. Agradezco cada instante que me brindaste, cada palabra de aliento y cada sonrisa que me motivó a seguir adelante. Eres la razón por la que cada esfuerzo vale la pena, y este logro es tan tuyo como mío."

A mi madre:

"Dedico esta tesis a ti, madre, quien con tu sabiduría y ternura has moldeado mi vida. Tu apoyo persistente y tu fe en mí me han permitido alcanzar este objetivo. Cada sacrificio que hiciste ha sido un ladrillo en el camino que me ha llevado hasta aquí. Este trabajo es un homenaje a tu amor de madre absoluto y a todo lo que representas en mi vida

Paul Patric Parraga Parraga

ÍNDICE

AGRADECIMIENTO	VII
AGRADECIMIENTO	VIII
DEDICATORIA	IX
DEDICATORIA	X
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVIII
INTRODUCCIÓN	2
1.1 Antecedentes:	3
1.2 Planteamiento:	3
1.3 Formulación del problema:	4
1.4 Justificación:	4
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general:	5
1.5.2 Objetivos específicos:	5
1.6 Metodología:	5
1.7 Propuesta de solución:	5
CAPITULO 2: FUNDAMENTACION TEORICA	6
2.1. El mercado Eléctrico de Ecuador	6
2.1.1. Pliego Tarifario Residencial y Categoría	7
2.1.2. Calcular el Servicio Eléctrico	7
2.1.3. Optimización y Ahorro Energético	8
2.2. Tipos de Mercado Eléctrico	10
2.3.1. Calidad de Energía	12
2.4. Consumo Eléctrico	12
2.5. Los inconvenientes de usar sistema inteligente en medidores	13

2.5.1. Ventajas	14
2.5.2. Desventajas	15
CAPITULO 3: Desarrollo Metodología de la Investigación	15
3.1. Evolución del control y la medición inteligente en el País	15
3.2. Características principales de medidor Inteligente Avanzado (AMI) ..	21
3.3. Pérdidas técnicas y no Técnicas de Medidores Convencionales vs Medidores Inteligentes.....	22
3.3.1. Como afecta la calidad del servicio:	23
3.3.2. Relación con los clientes	24
3.4. Garantía la seguridad de los datos reunidos por el sistema de medición inteligente	25
3.4.1. Acceso a los datos recopilados por el sistema de medición inteligente	25
3.4.2. Función de datos recopilados por el sistema de medición inteligente para mejorar la eficiencia energética	26
3.4.3. Prevención de robo de energía con medidores (AMI).....	26
3.4.4. Análisis de consumo eléctrico en abonados en la Provincia de Santa Elena. 27	
3.5. Análisis del estado del arte para medir la calidad de lectura de medidores eléctricos en Santa Elena.....	29
3.5.1. Análisis de diferentes Propuestas con medidores inteligentes	31
3.5.2. Modelos comerciales de medidores inteligentes	34
3.6. Análisis de mejora en la medición de Energía Eléctrica	46
3.6.1. Medidores Convencionales	47
3.6.2. Medidores Inteligentes	48
3.6.3. Comparación y Mejora para Santa Elena	49
3.6.4. Beneficios de la Mejora	50
3.7. Análisis si tiene viabilidad Técnica el uso de medidores Inteligentes.	51
3.8. El desarrollar un sistema de medición inteligente logra objetivos económicos.	52

3.8.1 Análisis de factibilidad técnica	54
3.8.2 Energía Facturada:	59
3.8.3 Análisis Económico	59
3.8.4 Valor Actual Neto (Van)	60
3.9.5 Tasa Interna de Retorno (TIR)	61
3.8.6 Análisis de Rentabilidad.....	62
3.8.7 Costos en Tomas de lecturas	62
3.8.8. Costos por acciones de corte y reconexión - CACR.....	63
3.8.9. Costo anual por pérdidas comerciales – CAPC.....	63
Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones	69
BIBLIOGRAFIA.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del mercado eléctrico ecuatoriano	6
Figura 2 Evolución de los sistemas de medición inteligente avanzado	16
Figura 3 Esquema de funcionamiento de sistemas AMR.....	17
Figura 4 Señales de medidores	19
Figura 5 <i>Ejemplo de Sistema de Comunicaciones de Radio Frecuencia de Alcance a gran longitud.</i>	20
Figura 6 <i>Se muestra un sistema de comunicaciones inalámbrica utilizando tecnología de radio frecuencia mallada.</i>	20
Figura 8 <i>adquisición de medidores AMI en el mundo, en ecuador no se refleja como al debido a la poca demanda de compra</i>	32
Figura 9 <i>Cómo se conecta los medidores AMI para enviar y recibir información</i>	33
Figura 10 <i>Medidores inteligentes interoperables</i>	35
Figura 11 <i>Medidor inteligente Modulares con conexión DIN</i>	35
Figura 12 <i>Medidores inteligentes para prosumidores (bidireccionales)</i>	36
Figura 13 <i>Medidores inteligentes con tecnología de comunicaciones avanzada</i>	37
Figura 14 <i>Medidores avanzados de cómo iría la recepción y envío de señal para datos e información</i>	37
Figura 15 <i>Medidores de Energía de Landis+Gyr</i>	38
Figura 16 <i>Schneider Electric iEM3000</i>	39
Figura 17 <i>Itron OpenWay Riva</i>	40
Figura 18 <i>Medidor Itron es el más vendido a comparación de otros modelos y marcas.</i>	41
Figura 19 <i>Honeywell A3 Series</i>	42
Figura 20 <i>Kamstrup MULTICAL® 603</i>	43
Figura 21 <i>Easymetering Smart Meter</i>	43
Figura 22 <i>Medidor Convencional</i>	47
Figura 23 <i>Medidor Inteligente</i>	48

Figura 24 <i>Mapa de Pérdidas Técnicas</i>	52
Figura 25 <i>Arquitectura res de comunicación para Cnel. Ep santa Elena</i>	55

Tabla de Ecuaciones

Ecuación 1 velocidad de byte del medidor	18
Ecuación 2 La ecuación representa su expresión matemática.....	60
Ecuación 3 Esta ecuación muestra el Van en sumatoria	60
Ecuación 4 tasa interna de retorno.....	61
Ecuación 5 Esta ecuación también se puede realizar de manera sumatoria.....	61
Ecuación 6 <i>Calculo de gastos</i>	63
Ecuación 7 Calculo costo anual.....	64

INDICE DE TABLA

Tabla 1 tipos de medidores.....	30
Tabla 2 <i>Plan de datos móvil para medidores</i>	56
Tabla 3 Especificaciones generales para los proyectos de medición inteligente.	56
Tabla 4 <i>Las reglas para determinar el VAN de un proyecto se encuentran en la Tabla.</i>	60
Tabla 5 <i>Se utilizan las reglas de decisión que se enumeran en la Tabla.</i>	62
Tabla 6 <i>El gasto total por lectura</i>	63
Tabla 7 <i>valores de los medidores inteligentes</i>	64
Tabla 8 <i>lecturas de medidores en un periodo de 10 años</i>	65
Tabla 9 Gastos inversión interna	66

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es evaluar el avance en la tecnología de los medidores eléctricos. Inicialmente, los medidores contaban con una tecnología rudimentaria que permitía a los usuarios manipularlos, lo que generaba pérdidas para CNEL S.A. Negocio Santa Elena. La implementación de nuevas tecnologías en los medidores ha reducido significativamente la posibilidad de manipulación, asegurando mediciones más precisas y confiables, ya sea de forma presencial o telemétrica.

Este proyecto busca renovar la precisión en la medición tarifaria mediante un sistema inteligente, que simboliza un paso hacia las tecnologías de medición avanzada que se están incrementando en la actualidad. En los futuros años, se espera que estas tecnologías sean probadas y evaluadas para garantizar su efectividad en la operación del sistema.

Palabras Claves: Sistema inteligente, medición, tecnología, desarrollo, medidores, avance

ABSTRACT

The objective of this project is to evaluate the progress in the technology of electric meters. Initially, the meters had a rudimentary technology that allowed users to manipulate them, which generated losses for CNEL S.A. Negocio Santa Elena. The implementation of new technologies in the meters has significantly reduced the possibility of manipulation, ensuring more accurate and reliable measurements, either in person or telemetrically.

This project seeks to improve the accuracy of tariff metering through an intelligent system, which represents a step towards the advanced metering technologies that are currently being developed. In the coming years, these technologies are expected to be tested and evaluated to ensure their effectiveness in the operation of the system.

Keywords: Smart system, measurement, technology, development, meters, advancement

INTRODUCCIÓN

El análisis técnico-económico del consumo eléctrico de clientes es esencial en la gestión energética actual, sobre todo para empresas como CNEL EP Santa Elena. El aumento de la demanda de energía y la necesidad de optimizar su uso han fomentado la implementación de sistemas de medición inteligente, que permiten un control más preciso del consumo y mejoran la calidad de la lectura tarifaria.

La propuesta de un sistema de medición inteligente se basa en la necesidad de reducir las pérdidas técnicas y comerciales de energía, así como en optimizar la facturación. Las tecnologías avanzadas en medición proporcionan datos en tiempo real sobre el consumo, lo que facilita la toma de decisiones informadas tanto para la empresa eléctrica como para los abonados. Además, un análisis detallado del consumo eléctrico en sectores residenciales, comerciales e industriales es esencial para identificar patrones y áreas de mejora.

La implementación de este sistema no se enfoca solo en beneficios económicos, sino que también impulsa la sostenibilidad ambiental al incentivar un uso más eficiente de los recursos energéticos. Este trabajo tiene como objetivo analizar el actual estado del consumo eléctrico en CNEL EP Santa Elena y dar soluciones innovadoras que mejoren la calidad del servicio y fomenten un consumo responsable entre los usuarios.

Capítulo 1: Generalidades del Trabajo de Titulación

1.1 Antecedentes:

Desde 2011, la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) Regional Santa Elena, en colaboración con Quadlogic, ha implementado medidores inteligentes como parte del programa de Telemedición en Ecuador. Estos medidores emplean tecnología PLC (Power Line Communication) para transmitir datos como lecturas, facturación, cortes y reconexiones a través de la red eléctrica, con el objetivo de mejorar el servicio al cliente y reducir los costos operativos (Expreso, 2011).

Este avance ha inspirado a otras empresas eléctricas del país a seguir el mismo camino. La Empresa Eléctrica Quito (EEQ), por ejemplo, firmó en agosto de 2022 un contrato para implementar un Sistema de Medición Avanzada (AMI) que incluye la instalación de más de 20 mil medidores inteligentes para clientes de facturación masiva especial y transformadores de distribución.

De manera similar, la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A. efectuó un "Estudio para la implementación del sistema de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)", el cual como objetivo es promover una gestión más eficiente y mejorada de los activos de la red eléctrica. Estos esfuerzos conjuntos evidencian un compromiso continuo con la modernización y optimización del sistema eléctrico en Ecuador.

1.2 Planteamiento:

Este proyecto expone el consumo eléctrico de abonados en la empresa eléctrica Cnel. EP Santa Elena que ha experimentado una predisposición creciente en los últimos años, lo que lleva a una demanda cada vez mayor de energía. Sin embargo, la calidad de lectura del tarifario, es fundamental para la gestión eficiente de la energía, ha sido objeto de críticas por su inexactitud y falta de precisión. Esto ha producido una disminución en la satisfacción de los usuarios y ha afectado negativamente la eficiencia operativa de la empresa. La

implementación de un sistema de medición inteligente podría mejorar notablemente la calidad de lectura del tarifario, facilitando una gestión más precisa y eficiente del consumo eléctrico, lo que a su vez podría contribuir a una mayor satisfacción de los clientes y a una mejora en la eficiencia operativa de la empresa.

1.3 Formulación del problema:

Con esto formulamos que la Empresa Eléctrica Cnel. EP Santa Elena enfrenta desafíos en la medición y facturación de la energía eléctrica, lo que afecta la calidad de lectura del tarifario y, por ende, la eficiencia en la gestión de los recursos energéticos.

1.4 Justificación:

El consumo eléctrico es un aspecto crucial en la operación de cualquier empresa eléctrica, y la mejora de la calidad de lectura del tarifario es esencial para una gestión eficiente y transparente. Un sistema de medición inteligente puede ayudar a reducir las pérdidas técnicas y comerciales, lo que impacta directamente en la rentabilidad de la empresa, y sobre todo mejora la precisión en la facturación y, por ende, aumentar la eficiencia operativa y la satisfacción de los clientes. Pero no todo es benéfico ya que puede existir incongruencias a la hora de usar un sistema inteligente ya que estos puede tener una falla de programación y puede afectar a las mediciones tarifarias, en que puede afectar que en si sistema se puede hackear podrá existir gente que se beneficie de aquello por ende se pude hacer una contramedida usando gente experimentada en el campo de seguridad cibernética, con esto podemos reducir los riesgos de en alteraciones en las mediciones tarifarias en los sectores donde se hará uso de los medidores inteligentes.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general:

Analizar la factibilidad técnica y económica para la propuesta de un sistema de medición inteligente avanzado AMI en los clientes de tarifa general con demanda mediante indicadores financieros para Cnel. Ep Santa Elena.

1.5.2 Objetivos específicos:

- Determinar las pérdidas técnicas y comerciales de energía en el sistema eléctrico.
- Analizar el comportamiento del consumo eléctrico de los abonados.
- Evaluar la eficiencia energética de los equipos y sistemas eléctricos en uso

1.6 Metodología:

Se utilizarán técnicas de análisis técnico-económico para evaluar el consumo eléctrico de los abonados y determinar las pérdidas técnicas y comerciales. Además, se hará la propuesta de uso para un sistema de medición inteligente utilizando tecnologías avanzadas como los medidores residenciales ITRON.

1.7 Propuesta de solución:

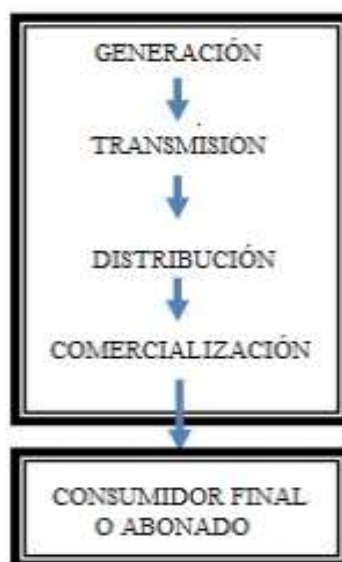
Se presentará una propuesta de sistema de medición inteligente que incluya la implementación de medidores inteligentes, la automatización de procesos de facturación y la integración con sistemas de gestión de la energía.

CAPITULO 2: FUNDAMENTACION TEORICA

2.1. El mercado Eléctrico de Ecuador

Para estos procesos de reforma del mercado eléctrico en Ecuador comenzó en 1996 con el consentimiento de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico (LRSE) y el lanzamiento del mercado eléctrico en 1999. Las cuatro etapas de la energía eléctrica, desde la generación hasta la comercialización, se muestran en la Figura 1 (Narváez & Tamay, 2013).

Figura 1 Estructura del mercado eléctrico ecuatoriano



Nota: Autor (Narváez & Tamay, 2013).

En las empresas eléctricas, la etapa de comercialización abarca las siguientes actividades de trabajo:

- Asigna el precio y el voltaje de entrega para los clientes.
- Medir el consumo de energía eléctrica de los usuarios con medidores eléctricos.
- Facturar y cobrar el servicio que utiliza energía eléctrica.
- Proyectar y llevar a cabo tácticas de marketing.
- El cliente final paga a las empresas de energía una cantidad de dinero según la tarifa y la cantidad de energía utilizada.

2.1.1. Pliego Tarifario Residencial y Categoría

La categoría residencial está destinada al uso doméstico de los usuarios finales, donde cada consumidor no tiene un alto consumo de energía en comparación con los abonados de otras industrias y negocios. Además, cada empresa distribuidora evalúa las características del consumo de energía eléctrica para determinar la tarifa correspondiente. Cada sector tiene su propio nivel de tensión establecido por Arconel. Por ejemplo, el sector residencial está en el nivel de baja tensión, que es menor a 600 voltios. Los siguientes factores determinan las tarifas residenciales que se aplican a los consumidores:

- Independientemente del consumo de energía, los usuarios deben pagar un cargo por 2. comercialización en USD/consumidor-mes.
- Deben pagar cargos incrementales por energía en USD/kWh según la cantidad de energía utilizada.
- La tarifa residencial temporal se aplica a los clientes que no tienen residencia establecida y utilizan la electricidad en fines de semana, vacaciones y otros usos domésticos temporales.

2.1.2. Calcular el Servicio Eléctrico

Según la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales (ARSA) en 2023, se deben considerar varios factores que influyen en el costo de la energía eléctrica en Ecuador. A continuación, se detallan los aspectos más relevantes

- **Estructura Tarifaria/Categorías de Usuarios:**

El pliego tarifario establece diferentes categorías de usuarios, las cuales se clasifican principalmente en:

Categoría Residencial: Destinada al uso doméstico, incluye a consumidores de bajos consumos y aquellos con actividades comerciales menores.

Categoría General: Incluye a usuarios que no encajan en la categoría residencial y que utilizan la energía para fines comerciales o industriales. (Andrade, 2017)

- **Cálculo del Consumo**

El cálculo del costo de la energía eléctrica se basa en el consumo medido en kilovatios hora (kWh). Por ejemplo, si un usuario consume 130 kWh, esto puede resultar en un costo base de aproximadamente \$10,44, al que se le añaden otros cargos como:

- Comercialización: Un costo adicional que puede ser de \$1,41.
- Tarifa Dignidad: Un subsidio que se aplica a usuarios residenciales con consumos bajos, que puede restar hasta \$4,16 del total.
- En invierno, el consumo promedio puede aumentar entre un 31% y un 35% debido a un mayor uso de electrodomésticos (Andres, 2015)

- **Simulador de Consumo**

Para facilitar el cálculo, se dispone de un simulador de consumo de energía eléctrica en línea. Los usuarios pueden ingresar sus lecturas de consumo anteriores y actuales o simular consumos hipotéticos para obtener una estimación del costo de su planilla. Por ejemplo, un consumo simulado de 800 kWh podría resultar en un costo total de aproximadamente \$97,46, incluyendo varios cargos adicionales.

2.1.3. Optimización y Ahorro Energético

La optimización y el ahorro energético se basan en identificar patrones de consumo, reconocer oportunidades de eficiencia y desarrollar planes para reducir el uso de energía sin cambiar la calidad del servicio. Algunos puntos clave para abordar este tema en una tesis teórica incluyen:

- **Importancia de la optimización energética**

Es crucial para reducir costos, aumentar la sostenibilidad y reducir el impacto ambiental (Andres, 2015) (Bermeo, 2021)

El sector industrial es responsable del 31% del consumo energético y el 26% de las emisiones de gases nocivos en España (CNCELE., s.f.).

- **Métodos para identificar patrones de consumo**

Monitorear y analizar datos de consumo energético utilizando sistemas digitales de medición (Bermeo, 2021) (CNCELE., s.f.).

Determinar la relación entre variables como temperatura, humedad y consumo para identificar patrones (CNEL EP).

Obtener perfiles de carga de usuarios y correlacionar datos locales con información meteorológica (CNCELE., s.f.)

- **Estrategias de optimización**

Desplazar cargas a horas valle para reducir la demanda durante picos, lo que puede disminuir hasta un 75% del consumo en horas pico (CNEL EP).

Implementar acciones correctivas como renegociar tarifas, optimizar procesos productivos, dar seguimiento a cargas críticas y corregir factor de potencia (Castillo, 2006).

Utilizar tecnologías eficientes como paneles solares para aprovechar variables externas (CNCELE., s.f.).

- **Beneficios de la optimización energética**

Reducción de costos operativos y aumento de ganancias (Bermeo, 2021) (Carlos, 2023).

Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y mitigación del impacto ambiental (Carlos, 2023).

Prevención de cortes de servicio al reducir la saturación de redes de distribución (CNEL EP).

Posibilidad de expandir la base de clientes sin aumentar capacidad de distribución (CNEL EP).

2.2. Tipos de Mercado Eléctrico

- **Mercado Mayorista:** Este tipo de mercado se caracteriza por la compra y venta de grandes volúmenes de electricidad entre generadores y distribuidores. En este contexto, los precios son determinados por la oferta y la demanda, y pueden variar significativamente según la disponibilidad de recursos y la demanda en tiempo real (Conymed, s.f.).
- **Mercado Minorista:** En este punto la electricidad se comercializa directamente a los clientes finales. Los valores pueden ser regulados o competitivo. Este tipo de mercado busca promover la competencia y ofrecer opciones a los usuarios (Conymed, s.f.).
- **Mercado de Capacidad:** Este mercado asegura que haya suficiente capacidad de generación disponible para satisfacer la demanda máxima. Los participantes reciben pagos por mantener la capacidad disponible, lo que ayuda a garantizar la estabilidad del suministro eléctrico (Conymed, s.f.).

2.2.1. Enfoques de tipos de mercado eléctrico

- **Análisis Económico**

El análisis económico del mercado eléctrico implica estudiar cómo los precios son influenciados por la oferta y la demanda, así como por factores externos como políticas gubernamentales y cambios en la tecnología. Este enfoque ayuda a comprender las dinámicas del mercado y a predecir comportamientos futuros (Castillo, 2006).

- **Modelos de Regulación**

La regulación del mercado eléctrico es crucial para garantizar precios justos y accesibles. Existen diferentes modelos de regulación, desde mercados totalmente desregulados hasta sistemas donde el gobierno tiene un papel activo en la fijación de precios y tarifas. La elección del modelo

puede afectar significativamente la eficiencia y la equidad del mercado (Castillo M. , 2023) (Chavez, 2010)

Sostenibilidad y Energías Renovables

El enfoque en la sostenibilidad es cada vez más relevante en el contexto actual. Esto incluye no solo la promoción de energías renovables, sino también la implementación de políticas que fomenten la eficiencia energética y la reducción de emisiones. Un marco teórico que aborde la sostenibilidad puede incluir el análisis de políticas, tecnologías emergentes y el impacto socioeconómico de la transición energética (Clouglobal, s.f.).

- **Innovación y Tecnología**

La innovación tecnológica, como la digitalización de redes eléctricas y el uso de inteligencia artificial para la gestión de la demanda, está transformando el mercado eléctrico. Un enfoque en la tecnología puede explorar cómo estas innovaciones están cambiando la forma en que se produce, distribuye y consume la electricidad, así como sus implicaciones para la regulación y la política energética (Castillo, 2006) (Conymed, s.f.)

2.3. Análisis de Flujos de Potencia

El flujo de potencia es la distribución de energía a través de un sistema, y su estudio es crucial para el diseño y la operación de redes eléctricas. Con esto los ingenieros pueden evaluar cómo se comportan las líneas de transmisión en las diferentes condiciones de carga y cómo se pueden optimizar para reducir pérdidas de energía.

En los sistemas de transmisión, el flujo de potencia se puede moldear matemáticamente para prevenir el comportamiento de las líneas ante fenómenos eléctricos y naturales. Es esencial en el diseño de sistemas eléctricos que garanticen un suministro apto y confiable de energía. Por ejemplo, en Ecuador, se ha puesto en práctica un modelo que ayuda a optimizar el uso de recursos energéticos y a evitar caídas

de tensión en largas distancias, lo que mejora la calidad del servicio eléctrico (DEXMA, 2020).

2.3.1. Calidad de Energía

La calidad de energía nos indica la condición de la energía eléctrica distribuida a los clientes. Existen varios tipos de perturbaciones que pueden influir la calidad de energía, tales como armónicas, transitorios y variaciones de tensión. También se debe incluir:

- **Tipos de Carga:** Las cargas suelen ser lineales o no lineales, y cada uno tiene diferentes resultados sobre la calidad de la energía.
- **Perturbaciones:** Estas pueden incluir interrupciones, caídas de tensión (sags), y picos de tensión (swells). Cada uno de estos fenómenos puede causar daños a los equipos eléctricos y afectar la eficiencia operativa de los sistemas (Esi-africa, 2013).
- **Importancia de la Calidad de Energía:** Un suministro de energía de alta calidad es esencial para la operación eficiente de los dispositivos eléctricos, y su análisis es necesario para la identificación de problemas y la implementación de soluciones adecuadas.

2.4. Consumo Eléctrico

El consumo eléctrico se refiere a la cantidad de energía eléctrica utilizada por una persona, hogar, institución o sector económico en un período de tiempo determinado (Forbes Ecuador, 2022) (Gil, 2006) (Gil, 2006) Algunos puntos clave sobre el consumo eléctrico son:

Tipos de Consumidores

Residencial: Consumo de hogares y viviendas (Gil, 2006).

- Comercial e Industrial: Consumo de negocios, fábricas y actividades productivas (Gil, 2006) (Google Maps, 2013).

- Alumbrado Público: Consumo para iluminación de calles y espacios públicos (Herrera, 2015)

Factores que Afectan el Consumo

- Nivel de actividad económica y producción (Forbes Ecuador, 2022).
- Estación del año y clima (mayor consumo en verano por aire acondicionado) (Forbes Ecuador, 2022).
- Hábitos y cultura de ahorro de los usuarios (Forbes Ecuador, 2022) (Gonzales, 2008)
- Eficiencia energética de equipos e instalaciones (Forbes Ecuador, 2022) (Gonzales, 2008)

Importancia del Estudio del Consumo

- Permite identificar oportunidades de ahorro y eficiencia energética (Forbes Ecuador, 2022) (Gonzales, 2008)
- Ayuda a planificar la generación y distribución de energía eléctrica (Herrera, 2015))
- Contribuye a reducir costos y emisiones contaminantes (Forbes Ecuador, 2022) (Gonzales, 2008)
-
- Es clave para una gestión energética sostenible en instituciones (Forbes Ecuador, 2022) (Gonzales, 2008)

2.5. Los inconvenientes de usar sistema inteligente en medidores

El uso de un sistema inteligente puede ser un poco contraproducente ya que existen las vulnerabilidades del sistema de parte de los hackers que se podrían comprometer el sistema ya que dependerá de usos de firmwares de seguridades avanzadas para que no se vea los sistemas de seguridades sean perpetradas.

En temas de Privacidad y seguridad esto es unos de los puntos clave sobre la toma de datos, en la cuales estos sistemas recopilan y transmisión de grandes cantidades de datos sobre el consumo energético. Si estos datos llegasen a filtrarse causarían problemas a los

respectivos usuarios con fines maliciosos, como suplantación de identidad o las planificaciones a robos en las viviendas si están desocupadas.

La Ciberseguridad implementada con este sistema se pretende usar las redes de comunicación, lo que complicaría las cosas si el sistema sea vulnerado por ciber piratas, esto daría a la manipulación de los datos de facturación o inclusive la interrupción del suministro energético.

Otros de los problemas que daría a la implementación de estos sistemas se radicaría en la Desigualdad y Exclusividad dado que estos están a la vanguardia en uso tecnológico para los usuarios que se podrían dar este lujo de tener este sistema, ya que esto daría beneficios de instalaciones y tarifas más económicas por consumo eficiente lo que crearía una brecha con diferentes grupos socioeconómicos.

Dado que estos sistemas siempre existirían errores de medición aun si contando con tecnología de última generación puede llevar a lecturas de facturación erróneas y podría llegar a que los usuarios desconfianza y conflictos legales.

Tener todo conectado a las redes de comunicación sería ser una dependencia tecnológica por que en cualquier momento de una falla eléctrica en las redes de comunicación desembocaría en que afectaría al suministro y facturación precisa y como problemas técnicos.

2.5.1. Ventajas

- **Precisión y Transparencia:** Estos sistemas de medición inteligentes nos permitirán el seguimiento preciso y en tiempo real, lo que nos ayudaría en una facilidad de una facturación más justa y precisa.
- **Optimización del consumo:** Para estos los usuarios podrían ajustar los consumos en función en tarifa variable que en tiempo real y demandaría la eficiencia de la energética y reducciones de costos.

2.5.2. Desventajas

- **Costos Iniciales:** La implementación de estos sistemas de medición implicaría en unos costos demasiados elevados para instalaciones y en infraestructura para la tecnología necesaria, lo que daría una barrera significativa para algunos usuarios y compañías.
- **Resistencia al Cambio:** Para algunos usuarios puedes resistirse al cambio de infraestructuras y al uso tecnológico dado a las preocupaciones de privacidad, compleja y miedo a los errores de facturación.

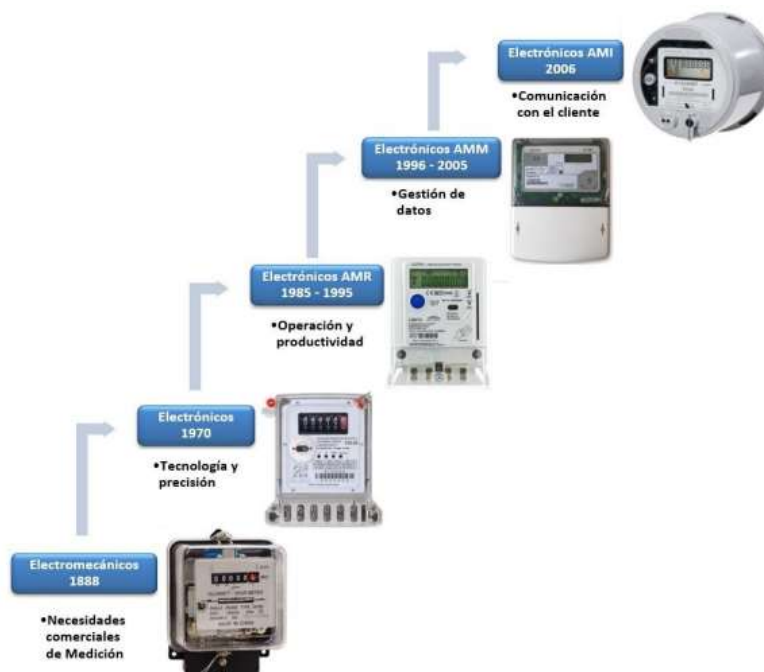
CAPITULO 3: Desarrollo Metodología de la Investigación

3.1. Evolución del control y la medición inteligente en el País

Como sabemos, las empresas distribuidoras son responsables de realizar una gestión adecuada para optimizar el consumo de energía, reducir las pérdidas de energía y reducir los costos asociados con la operación y el mantenimiento del sistema de distribución con el fin de tomar las decisiones acertadas y más económicas en la mejora con respecto a los sistemas de distribución.

La Figura 2 muestra cómo los sistemas de medición inteligente han cambiado con el tiempo debido a la necesidad de los negocios de conocer el consumo de energía para facturar y gestionar la demanda.

Figura 2 Evolución de los sistemas de medición inteligente avanzado



Nota: imagen diseñada por nosotros

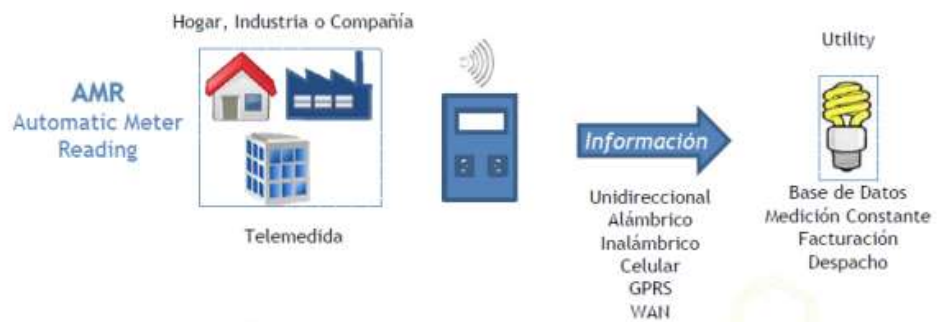
La mayoría de las distribuidoras todavía utilizan medidores electromecánicos y primeros medidores electrónicos para registrar el consumo de energía eléctrica en kilovatios hora (kWh). Algunos tipos de medidores electrónicos también pueden programarse para registrar el consumo de energía reactiva en kilovoltio-amperio reactivo hora (kVARh) y la demanda máxima consumida en kilovatios hora (kWh), incluso si se desea.

Algunas empresas distribuidoras en Ecuador empezaron un proceso de ejecución de sistemas de medición inteligente con el fin de mejorar la prestación de este servicio, enfocándose en sus incontables ventajas para la automatización de procesos comerciales, mejorando el tiempo y los recursos destinados a estos procesos. Los sistemas de lectura automática de medidores, mejor conocidos como AMR, se utilizaron inicialmente en este esquema. Estos sistemas reciben los datos de lectura de los sistemas de medición de forma automática y los envían a una computadora portátil para después

ingresar estos datos al sistema comercial de las empresas de energía, lo que mejora el proceso de facturación en función del consumo de cada cliente.

De esta manera se evita que la lectura de cada uno de los medidores se realice manualmente, lo que reduce los errores involuntarios y los gastos asociados con la contratación del servicio de lectura; permitiendo a las Distribuidas prestar el servicio público de energía eléctrica de manera más eficiente. El modelo de funcionamiento del sistema de lectura AMR se expresa en la Figura 2.2.

Figura 3 *Esquema de funcionamiento de sistemas AMR*



Nota: Autor (Bermeo, 2021)

Los componentes de comunicación de una red inteligente pueden incluir medios alámbricos o inalámbricos. Para que el medidor inteligente pueda registrar tanto los datos de la red eléctrica como los del cliente, la infraestructura que se determinará debe tener un flujo de datos bidireccional. La comunicación bidireccional se establece entre el proveedor y el consumidor para mejorar su capacidad de mantenimiento, gestión de la demanda y planificación.

En resumen, se presenta una breve revisión de las tecnologías utilizadas por los sistemas de medición inteligente en todo el mundo. El siguiente es un resumen de los medios alámbricos y no alámbricos. (Kabalci, 2016)

Sabiendo esto analizaremos los siguientes puntos:

- Ancho de banda
- Latencia.
- Costo.
- Confiabilidad y cobertura.
- Disponibilidad de espectro.
- Necesidad de energía de Respaldo.
- Consideraciones de ciberseguridad.

Los formatos de datos del medidor, el número de usuarios atendidos y la latencia son factores cruciales para determinar la velocidad requerida por las aplicaciones de medición inteligente. Una aplicación de lectura de medidores bajo demanda estima un tamaño de mensaje típico de 100 bytes con una latencia inferior a 5 segundos. Se entiende que el informe de 625 medidores por concentrador en un vecindario produce una velocidad superior a 100 kbps.

Ecuación 1 velocidad de byte del medidor

$$TMM \text{ (bytes)} * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{NMC}{L \text{ (segundos)}} = V \text{ (kbps)}$$

$$100(\text{bytes}) * \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} * \frac{625}{5} = 100 \text{ (kbps)}$$

Nota: Autor (Kabalci, 2016)

Donde:

TMM = Tamaño mensaje medidor

NMC = Número de medidores a consultar

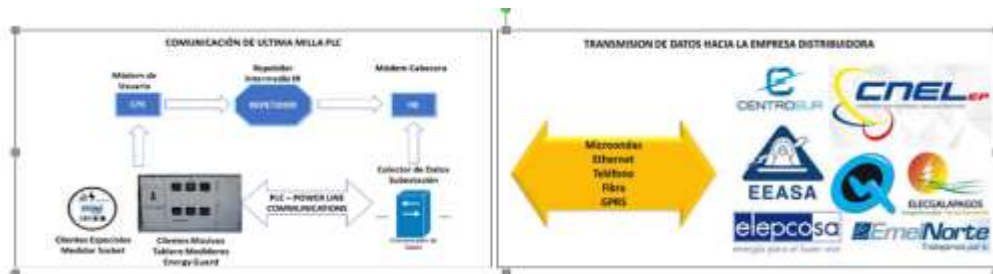
L = Latencia

V = Velocidad

En la utilización de lectura de medidores que no envían datos en tiempo real, es decir, lecturas en intervalos múltiples donde los datos de

medidor se recopilan en el día, con una frecuencia de 4 a 6 veces en el día. El tamaño del mensaje en estos casos generalmente oscila entre 1600 y 2400 bytes por intervalo de lectura. En estos casos, la latencia puede ser de varias horas.

Figura 4 *Señales de medidores*



Nota: Autor (Kabalcí, 2016) Infraestructura de Red PLC para Sistemas AMI
El PLC se ha utilizado en algunos proyectos de medición inteligente en los Estados Unidos. Sin embargo, para asegurar la calidad de la señal de comunicaciones en Ecuador, se requiere un nuevo diseño de la red eléctrica de distribución que tenga en cuenta el PLC.

Radio Frecuencia

Los sistemas de Radio Frecuencia actualmente disponibles en el mercado se pueden dividir en dos categorías principales:

Alcance considerable.

Malla RF

Los concentradores utilizados en sistemas de Radio Frecuencia de alcance a larga distancia reciben información de los dispositivos de comunicación a los medidores inteligentes. Los productos y proveedores principales disponibles en el mercado son:

El sistema de red fija ITRON incluyen los R300/R900.

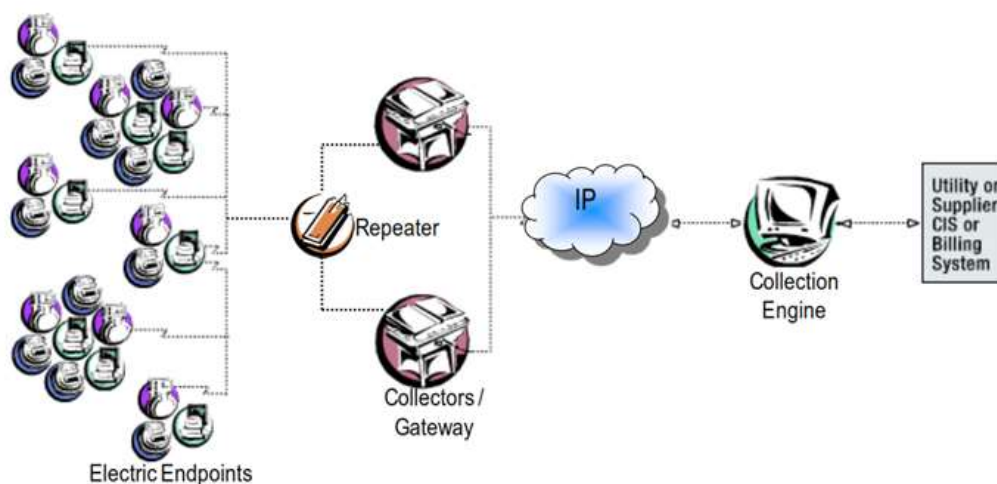
SENSUS: tecnología de red fija y MXU.

El punto aéreo de LANDYS & GYR.

TRILIANT ofrece tecnología sin cables.

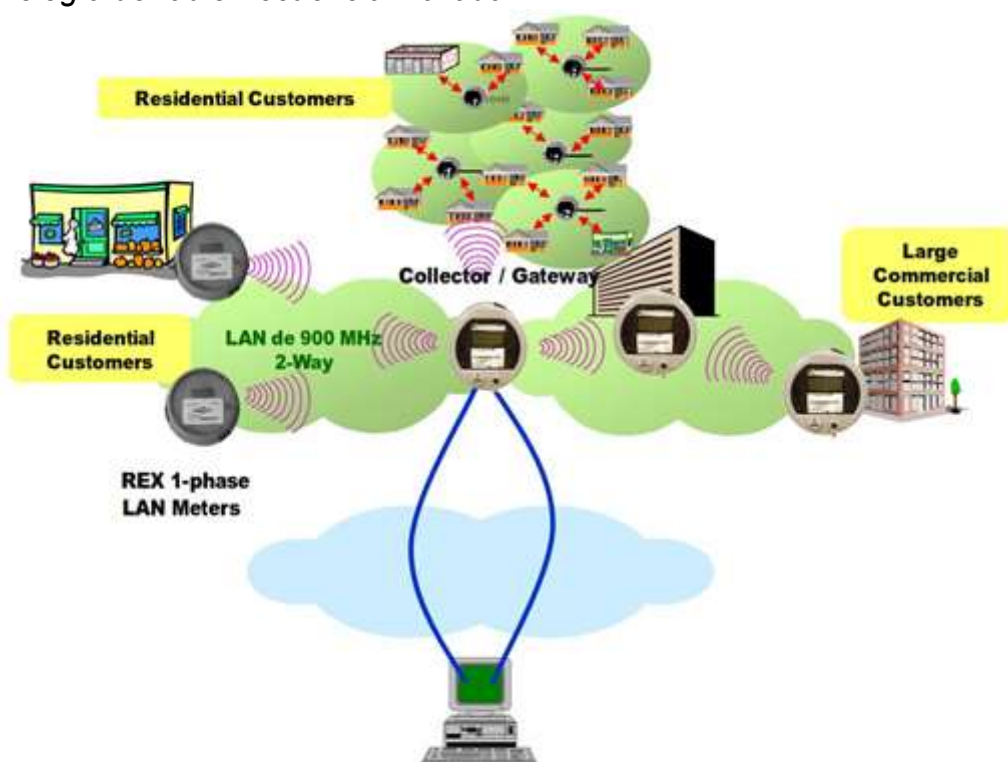
Se muestran las conexiones de estos sistemas de comunicaciones.

Figura 5 Ejemplo de Sistema de Comunicaciones de Radio Frecuencia de Alcance a gran longitud.



Nota: Autor (Esi-africa, 2013)

Figura 6 Se muestra un sistema de comunicaciones inalámbrica utilizando tecnología de radio frecuencia mallada.



Nota: Autor (Esi-africa, 2013) Los medidores inteligentes innovadores han sido creados gracias a los diversos avances tecnológicos y, actualmente,

juegan un papel importante en el progreso de las redes eléctricas inteligentes, al fortalecer los sistemas de infraestructura avanzada

Beneficios técnicos

- Permite el intercambio bidireccional de información entre la empresa eléctrica y el medidor del cliente, facilitando la lectura automática de consumos, conexiones/reconexiones remotas y la reducción de pérdidas no técnicas. (Andrade, 2017) (Andres, 2015)

- Recolecta información adicional sobre el consumo energético y otros parámetros eléctricos, lo que permite tareas de ingeniería avanzada y una mejor gestión de la red. (Andrade, 2017) (Andres, 2015)

- Es un paso fundamental hacia la implementación de redes eléctricas inteligentes, al permitir una mayor eficiencia energética, optimización de la operación y mejora en la calidad del servicio (CNEL EP)

Beneficios económicos

- Reduce los costos operativos de la empresa eléctrica al automatizar procesos como la lectura de medidores y conexiones/reconexiones. (Andres, 2015) (CNEL EP)

- Posibilita una mejor gestión de la demanda y disminución de picos de consumo, lo que produce ahorros en la generación y distribución de energía. (Carlos, 2023)

Cabe recalcar que es importante saber que la implementación de estos sistemas también implica costos de adquisición, instalación y mantenimiento de los medidores inteligentes. (Andrade, 2017) (Andres, 2015) (Bermeo, 2021)

3.2. Características principales de medidor Inteligente Avanzado (AMI)

- Concede una comunicación avanzada y bidireccional entre la empresa eléctrica y el cliente, recopilando el consumo de energía de forma más detallada que los contadores convencionales y enviando esta información al proveedor mediante comunicaciones.

- Ofrecer facilidades de configuración y parametrización remotas, como cambiar esquemas de tarifa (cantidad de tarifas, horarios)

en cualquier momento, algo que con medidores convencionales requiere sustituir el dispositivo.

- Recolectar información y supervisar el funcionamiento del suministro eléctrico, permitiendo a la empresa proveedora ofrecer un mejor servicio, como notificar apagones al instante para reparar de inmediato y responder rápido a solicitudes de servicio.
- facilitar al usuario información precisa sobre el consumo de energía de tal manera que pueda tomar decisiones que ayuden a reducir su gasto eléctrico.
- Utilizar avanzados medidores digitales en lugar de medidores electrónicos convencionales en los sistemas de medición.

3.3. Pérdidas técnicas y no Técnicas de Medidores Convencionales vs Medidores Inteligentes

Medidores convencionales

- Las lecturas se toman solo una vez al mes, lo que significa que los balances de energía solo se pueden realizar una vez al mes. Esto impide responder rápidamente al aumento de las pérdidas en la red, conduciendo a pérdidas financieras significativas.
- Los datos del medidor pueden caer en la columna equivocada, por ejemplo, las terminales de la subestación conectadas a un generador mediante el cual se mide el consumo.
- Los medidores analógicos o electromecánicos tienen ruedas de números que giran como relojes de aguja para medir el consumo.

Medidores inteligentes

- Permiten establecer pérdidas técnicas para el medidor si éste no está situado en el límite de responsabilidad entre el distribuidor y el cliente.
- Proporcionan información actualizada y detallada del consumo de energía por hora, identificando los momentos y lugares de mayor consumo.

- Registran y notifican irregularidades que solo podían ser detectadas por un técnico, facilitando la solución de problemas en el sistema eléctrico.
- Pueden enviar la tabla de datos a su interfaz de comunicaciones que son transmitidos a través de una red mallada.
- Permiten configurar remotamente parámetros como el esquema de tarifa en cualquier momento.
- Tienen funciones de comunicación como LoRa, RS485, WiFi, GPRS, permiten registrar el consumo por período, se usan con generación distribuida, eligen tarifa, proporcionan facturas mensuales y permiten elegir prepago o pospago.

Como afecta el consumo de energía eléctrica

- Permitirá una mejor gestión de la demanda y reducción de picos de consumo, lo que genera ahorros en la generación y distribución de energía (Bermeo, 2021)
- Proporcionará información detallada sobre el uso de la energía, como la hora del día en que se consume y las fluctuaciones en la demanda. Esto permite a las empresas identificar áreas donde existen oportunidades de ahorro y optimizar sus procesos productivos para reducir el consumo. (Bermeo, 2021)
- La integración de los medidores inteligentes con sistemas de automatización industrial brinda un control más preciso y en los procesos de producción, lo que puede dar como resultado una mayor eficiencia energética y una disminución en el consumo de energía (Bermeo, 2021)

3.3.1. Como afecta la calidad del servicio:

La realización del sistema de medición inteligente en las empresas de energía se espera que influya positivamente la calidad del servicio de la siguiente manera, según los resultados de búsqueda proporcionados:

- Proporcionará una mayor visibilidad y control general sobre los activos y clientes de las empresas eléctricas, lo que permitirá

una detección temprana de interrupciones y, por ende, una mejora en la calidad del servicio eléctrico. (Andres, 2015)

- Da una fácil entrega de información a los usuarios para que puedan cambiar sus patrones de consumo, mejorando así la calidad del servicio eléctrico. (Andres, 2015)
- La implementación de sistemas de medición permite automatizar las lecturas, cortes y detección de interrupciones, lo que minimiza los tiempos de respuesta a los problemas y brindara a una mayor eficiencia del servicio eléctrico (Bermeo, 2021)

3.3.2. Relación con los clientes

Se espera que la implementación de sistemas de medición inteligente en las empresas eléctricas afecte la relación con los clientes de la siguiente manera:

- Permitirá a los clientes acceder a información más detallada sobre su consumo de energía, lo que les permitirá modificar sus patrones de consumo y contribuir a una mejor gestión de la demanda. (CNCELE., s.f.)
- La entrega de información a los usuarios sobre su consumo les permitirá tomar decisiones más informadas y participar activamente en la gestión de la red eléctrica, mejorando la relación entre la empresa y el cliente. (CNCELE., s.f.)
- Al automatizar procesos como lecturas, cortes y reconexiones, se reducirán los tiempos de respuesta ante problemas, lo que mejorará la calidad del servicio percibida por los clientes. (CNCELE., s.f.)
- La mayor visibilidad y control que tendrán las empresas eléctricas sobre sus activos y clientes gracias a los sistemas de medición inteligente les permitirá detectar interrupciones de manera más temprana y brindar un servicio más confiable. (CNCELE., s.f.)

3.4. Garantía la seguridad de los datos reunidos por el sistema de medición inteligente

- se procede a tomar las siguientes medidas, según los datos compartidos en los resultados de búsqueda:
- Incorporación de medidas técnicas y organizativas desde el diseño: Se está aplicando el concepto de seguridad de información desde el diseño y por su defecto, lo que implica incorporar medidas técnicas y organizativas apropiadas desde las primeras fases de todo proyecto. (Andrade, 2017)
- Decisiones automatizadas con garantías adecuadas: Se establece que las decisiones automatizadas solo estarán permitidas cuando sean necesarias para la ejecución de un contrato, exista una norma legal que autorice el tratamiento o se haya dado un consentimiento explícito. Además, se deben garantizar los derechos y libertades de los titulares de datos personales aplicando las garantías adecuadas, informando sobre el derecho a obtener intervención humana y permitiendo expresar su punto de vista e impugnar la decisión (Andrade, 2017)

3.4.1. Acceso a los datos recopilados por el sistema de medición inteligente

- Para acceder a los datos recopilados por el sistema de medición inteligente, se utilizan diferentes métodos y canales de comunicación, según la información proporcionada en los resultados de búsqueda:
- Recopilación remota de datos: Los datos de medición se recopilan de forma remota a través de diferentes canales de comunicación, como servidores de operadores de red o servidores dedicados. Esta recopilación puede realizarse de forma automática o a pedido del usuario, según los horarios configurados. (Andrade, 2017)
- Acceso a través de aplicativos webs: En algunos casos, se implementan aplicativos web que permiten la gestión de la información local y remota, brindando a los usuarios la posibilidad de monitorear constantemente las

medidas eléctricas en la red, con control directo sobre los flujos de corriente de las cargas. (Andres, 2015)

- Alertas por correo electrónico y dispositivos móviles: En situaciones donde se exceden los límites establecidos para los parámetros de consumo, se envían alertas por correo electrónico al cliente y se duplican en la versión móvil del sistema, garantizando una respuesta rápida ante eventos anómalos. (Andrade, 2017)

3.4.2. Función de datos recopilados por el sistema de medición inteligente para mejorar la eficiencia energética

Los datos recopilados por el sistema de medición inteligente se utilizan para mejorar la eficiencia energética de la siguiente manera:

- Identificación de áreas de alto consumo: Los medidores inteligentes proporcionan datos detallados sobre el consumo de energía a lo largo del tiempo, lo que permite a las empresas identificar procesos, equipos o áreas de la planta que consumen más energía de lo necesario. (Andrade, 2017)
- Optimización de procesos y equipos: Con la información detallada sobre el consumo, las empresas pueden analizar y conocer de una mejor manera sus patrones en el uso de energía, esto permite optimizar el uso de maquinaria y procesos productivos para reducir el consumo. (Andres, 2015)
- Gestión de la demanda: Los datos sobre fluctuaciones en el consumo nos brinda a las empresas cambiar sus procesos productivos durante los períodos de mayor demanda, minimizando así la carga como también los costos de energía. (Andres, 2015)

3.4.3. Prevención de robo de energía con medidores (AMI)

Los medidores inteligentes pueden ayudar a prevenir el robo de electricidad de varias formas:

2. Tienen funciones avanzadas de anti-manipulación (Romero, 2010). Por ejemplo, son inmunes a la interferencia de campos magnéticos, que es una forma común de robar electricidad al alterar el funcionamiento interno del medidor (Romero, 2010)
3. Registran eventos y envían alertas en tiempo real si detectan irregularidades, como intentos de manipulación manipulación (Romero, 2010) (Schneider Electric., s.f.). Esto permite a las empresas distribuidoras responder rápidamente.
4. Proporcionan información detallada del consumo por hora o incluso con mayor frecuencia (Romero, 2010) (Schneider Electric., s.f.) Esto facilita identificar zonas con mayor incidencia de fraudes y enfocar inspecciones de campo (Schneider Electric., s.f.)
5. Permiten el corte remoto del suministro si se detecta un robo (38). El medidor puede aislar efectivamente el circuito entre la distribuidora y el usuario si recibe la orden, ya sea por control humano o automático ante un evento programado (Rodríguez, 2024)
6. La mayoría de los medidores inteligentes están instalados en cajas selladas, lo que dificulta manipularlos (Rivera, 2014). Además, dejar evidencia de manipulación como sellos rotos hace más fácil detectar robos (Rivera, 2014)

3.4.4. Análisis de consumo eléctrico en abonados en la Provincia de Santa Elena.

El análisis del consumo de energía de los consumidores en la provincia de Santa Elena puede tratar varios aspectos importantes, incluyendo el acceso al servicio, los patrones de consumo, la calidad de la energía y la intervención socioeconómica. A continuación, se presenta un desglose de estos elementos.

- **Acceso y Cobertura del Servicio**

En Santa Elena, el acceso a la electricidad es prácticamente universal, alcanzando aproximadamente el 98.85% de la población en 2020. La empresa CNEL EP es responsable de la distribución de energía eléctrica en un 94.88%

de las localidades, tanto urbanas como rurales. Esto refleja la importancia del servicio eléctrico en el desarrollo socioeconómico de la región, ya que influye en la calidad de vida, la educación y la actividad comercial (Landis+Gyr, s.f.).

- **Patrones de Consumo**

Los patrones de consumo eléctrico en Santa Elena pueden variar significativamente entre diferentes sectores. Un estudio indica que los consumidores de bajo consumo son aquellos que no superan el promedio mensual de consumo residencial en su área, lo que se traduce en subsidios para estos usuarios. Los quintiles de consumo eléctrico promedio son:

Quintil 1: 79.6 kWh/mes

Quintil 2: 93.5 kWh/mes

Quintil 3: 111 kWh/mes

Quintil 4: 141.5 kWh/mes

Quintil 5: 206.2 kWh/mes (Manzano, 2020)

Esto sugiere que los hogares de menor consumo reciben apoyo, mientras que los de mayor consumo contribuyen a financiar estos subsidios.

- **Calidad de la Energía**

La calidad del suministro eléctrico es un aspecto crítico que afecta tanto a los consumidores como a la infraestructura. Problemas como variaciones de voltaje y cortes de energía son comunes, especialmente en áreas afectadas por la salinidad y el polvo, que deterioran los equipos eléctricos. La empresa CNEL EP ha establecido equipos técnicos disponibles 24/7 para atender estas incidencias, pero se ha señalado que la respuesta a las novedades técnicas debe mejorar (Lopez, 2014) (Manzano, 2020)

- **Implicaciones Socioeconómicas**

El uso eficiente de la energía eléctrica no solo beneficia a los consumidores en términos de costos, sino que también tiene un impacto ambiental positivo. La promoción de electrodomésticos más eficientes puede contribuir a la reducción del consumo y, por ende, a la disminución de la inversión en infraestructura energética (Lopez, 2014).

Además, el acceso a un suministro eléctrico confiable es fundamental para el desarrollo de la industria y el comercio en la provincia (Lopez, 2014).

En Santa Elena debe contemplar la relación entre el acceso al servicio, las muestras de consumo, la calidad de la energía y sobretodo la parte socioeconómicas. El cambio en la infraestructura y la atención al cliente son fundamentales para establecer un suministro eléctrico eficiente y sostenible que atienda a las necesidades de la población.

3.5. Análisis del estado del arte para medir la calidad de lectura de medidores eléctricos en Santa Elena

La calidad de la lectura de medidores eléctricos es un aspecto crucial para las empresas distribuidoras de energía, ya que permite facturar con precisión el consumo de los usuarios. En la provincia de Santa Elena, como en otras partes del país, se han identificado problemas en el proceso de toma de lecturas, como lecturas no tomadas o promediadas, lo que genera descontento en los usuarios. (Maria, 2017)

Para mejorar la calidad de la lectura, se han desarrollado varias soluciones tecnológicas:

Tabla 1 tipos de medidores

Empresa	Tipos de Medidores			Total, Medidores	
	Monofásico	Bifásico	Trifásico		
CNEL-Guavaquil		694.310	16.212	8.477	718.999
CNEL-Guayas Los Ríos		28.426	330.395	3.557	362.378
CNEL-Manabí		26,960	305,491	2,000	334,451
CNEL-El Oro		24,226	244,617	2,039	270,882
CNEL-Sto. Domingo		20,635	235,986	1,420	258,041
CNEL-Milagro		10,131	146,680	768	157,579
CNEL-Esmeraldas		11,583	118,035	789	130,407
CNEL-Los Ríos		21,875	120,618	674	143,167
CNEL-Sta. Elena		9,785	120,083	1,350	131,218
CNEL-Sucumbios		14,796	85,787	2,618	103,201
CNEL-Bolívar		16,912	51,211	456	68,579
CNEL EP		879,639	1,775,115	24,148	2,678,902
E.E. Quito		121,666	999,711	98,776	1,220,153
E.E. Centro Sur		68,635	330,278	21,172	420,085
E.E. Ambato		33,958	254,841	4,659	293,458
E.E. Norte		69,506	187,753	3,678	260,937
E.E. Sur		62,737	154,406	1,592	218,735
E.E. Riobamba		112,266	70,178	814	183,258
E.E. Cotopaxi		55,418	94,888	1,841	152,147
E.E. Azogues		9,480	29,585	704	39,769
E.E. Galápagos		172	13,275	179	13,626
Empresas Eléctricas		533,838	2,134,915	133,415	2,802,168
Total		1,413,477	3,910,030	157,563	5,481,070

Nota: Autor (CNEL EP)

- **Aplicaciones móviles con mapas georreferenciados**

Una aplicación móvil que utilice mapas digitales georreferenciados puede facilitar el trabajo de los lectores de medidores, evitando lecturas no tomadas y promediadas promediadas (Martinez, 2018). Esto implica desarrollar una app siguiendo metodologías ágiles como Mobile-D, que permita a los lectores ubicar fácilmente los medidores y registrar las lecturas de manera eficiente.

- **Medidores eléctricos inteligentes**

Los medidores eléctricos inteligentes, también conocidos como AMI (Advanced Metering Infrastructure), permiten la comunicación bidireccional entre el medidor y la empresa distribuidora. Esto posibilita

la lectura remota de los consumos, evitando la necesidad de enviar personal a campo (Mesa, 2014).

Estos medidores utilizan diversas tecnologías de comunicación, como redes de área local (LAN) basadas en protocolos como DLMS/COSEM (IEC 62056). Algunas de las tecnologías LAN más comunes son PLC (Power Line Communication), RF mesh y ZigBee (Mesa, 2014).

- **Dispositivos de monitorización IoT**

Otra alternativa es el uso de dispositivos de monitorización orientados al Internet de las Cosas (IoT). Estos dispositivos, basados en microcontroladores y sensores, pueden medir parámetros eléctricos como voltaje, corriente y potencia, y enviar los datos a plataformas en la nube para su análisis (Morales, 2021) (Muñoz, 2020)

Un ejemplo es un prototipo desarrollado que utiliza la tecnología LoRa (Long Range) para transmitir los datos de manera inalámbrica. Esto permite monitorear el consumo eléctrico de manera remota y generar alertas cuando se detectan consumos inusuales (Muñoz, 2020)

- **Validación de la precisión de los dispositivos de medición**

Independientemente de la tecnología utilizada, es crucial validar la precisión de los dispositivos de medición. Esto se puede hacer comparando las lecturas del prototipo con las de un instrumento de medición estándar, como un multímetro o un medidor de energía certificado (Muñoz, 2020) (Paez, 2015).

3.5.1. Análisis de diferentes Propuestas con medidores inteligentes

Que son Comerciales para el mundo:

- **Introducción a los Medidores Inteligentes**

Los medidores inteligentes son dispositivos digitales que permiten la medición y gestión del consumo de energía de manera más

eficiente que los medidores tradicionales. A partir de los años 80, con el avance de las comunicaciones y la microelectrónica, se introdujeron los primeros sistemas de Telemedición, que han evolucionado hacia los medidores inteligentes actuales (Pedro, 2017).

Figura 7 adquisición de medidores AMI en el mundo, en Ecuador no se refleja como al debido a la poca demanda de compra



Nota: rescatado de (Google Maps, 2013)

Características de los Medidores Inteligentes

- **Conectividad:** Los medidores inteligentes están diseñados para comunicarse de manera bidireccional con los sistemas de gestión central, lo que permite la recolección de datos en tiempo real. Esto contrasta con los medidores tradicionales que solo proporcionan lecturas mensuales (Pedro, 2017) (Perez, 2015).
- **Configurabilidad:** A diferencia de los medidores convencionales, los medidores inteligentes pueden ser configurados y parametrizados de forma remota, lo que facilita su adaptación a diferentes necesidades de los usuarios y permite la implementación de tarifas diferenciadas según el tiempo de consumo (Pedro, 2017) (Perez, 2015)
- **Recolección de Datos:** Estos dispositivos son capaces de recolectar y almacenar información sobre el consumo de energía, potencia, voltaje, y otros parámetros eléctricos en intervalos cortos (15, 30 o 60 minutos),

generando un gran volumen de datos que pueden ser analizados para optimizar la gestión de la red eléctrica (Pedro, 2017) (Perez, 2015)

Figura 8 *Cómo se conecta los medidores AMI para enviar y recibir información*



Nota: rescatado de (gonzalo, 2015) debido a que la pagina a eliminado la imagen (Esi-africa, 2013)

• **Beneficios de los Medidores Inteligentes**

- **Eficiencia Energética:** Los medidores inteligentes permiten a los consumidores tener un mejor control sobre su consumo de energía, lo que puede llevar a una reducción en los costos y un uso más eficiente de los recursos energéticos (Rodriguez, 2024).
- **Mejor Servicio al Cliente:** La capacidad de proporcionar datos en tiempo real permite a las empresas de servicios públicos ofrecer un servicio más preciso y personalizado, mejorando la experiencia del cliente (Rodriguez, 2024).
- **Facilitación de la Gestión de la Demanda:** Con la información recolectada, las empresas pueden implementar estrategias para gestionar la demanda de energía, incentivando a los consumidores a utilizar energía en horarios de menor demanda y, por ende, reduciendo la necesidad de inversiones en infraestructura (Romero, 2010) (Perez, 2015).

Desafíos en la Implementación

- **Interoperabilidad:** La integración de diferentes sistemas y tecnologías es un desafío significativo. Los estándares de comunicación y la interoperabilidad entre los dispositivos son cruciales para el

funcionamiento eficaz de una red de medidores inteligentes (Romero, 2010).

- **Inversión Inicial:** La transición de medidores tradicionales a inteligentes requiere una inversión considerable en infraestructura y tecnología, lo que puede ser un obstáculo para muchas empresas, especialmente en países en desarrollo (Romero, 2010) (Perez, 2015).
- **Seguridad de los Datos:** La recolección y transmisión de grandes volúmenes de datos plantea preocupaciones sobre la seguridad y la privacidad de la información del consumidor, lo que requiere la implementación de medidas robustas de ciberseguridad (Romero, 2010)

3.5.2. Modelos comerciales de medidores inteligentes

Existen diversos modelos comerciales de medidores inteligentes disponibles en el mundo, cada uno con características y funcionalidades específicas para adaptarse a diferentes necesidades y entornos. Algunos de los principales modelos incluyen:

Medidores inteligentes interoperables

- Ofrecen soluciones interoperables que aseguran los activos y satisfacen los requisitos futuros de la red inteligente (Ter, s.f.).
- Cubren varios tipos de topologías de aplicaciones y tienen la mayor seguridad posible para la recopilación de valiosos datos de medición (Ter, s.f.).
- Ejemplo: Medidor inteligente interoperable Mx38y de amplias funcionalidades (Ter, s.f.).

Figura 9 *Medidores inteligentes interoperables*



Nota: Autor (Secoin, s.f.)

Medidores inteligentes modulares con conexión DIN

- Funcionalidades avanzadas que aseguran máxima seguridad de datos, interoperabilidad y compatibilidad con sistemas fotovoltaicos modernos (Ter, s.f.).
- Ejemplos: MT631 y MT632, diseñados para la futura infraestructura de red inteligente en Alemania (Ter, s.f.).

Figura 10 *Medidor inteligente Modulares con conexión DIN*



Nota: Autor (CNCELE., s.f.)

Medidores inteligentes de propósitos generales

- Cubren aplicaciones residenciales urbanas y entornos rurales (Sonora, s.f.).
- Permiten el monitoreo de subestaciones transformadoras, eficiencia energética en empresas y alumbrado público (Ter, s.f.).
- Todos los modelos son interoperables con el Sistema de Gestión Mr. DiMS (Sonora, s.f.).

Medidores inteligentes para prosumidores (bidireccionales)

- Permiten la medición del flujo de energía en ambas direcciones (Sonora, s.f.).
- Útiles para usuarios que generan su propia energía, por ejemplo, con paneles solares (Sonora, s.f.).

Figura 11 *Medidores inteligentes para prosumidores (bidireccionales)*



Nota: Autor (Conymed, s.f.)

Medidores inteligentes con tecnología de comunicaciones

avanzada

- Utilizan tecnologías de banda ancha como 4G LTE para una comunicación más rápida y eficiente (Universo, 2016).
- Permiten conectar no solo medidores sino también electrodomésticos para un monitoreo más detallado del consumo (Universo, 2016).

- Ejemplo: Módulo de comunicaciones desarrollado por la empresa ecuatoriana Easymetering (Universo, 2016).

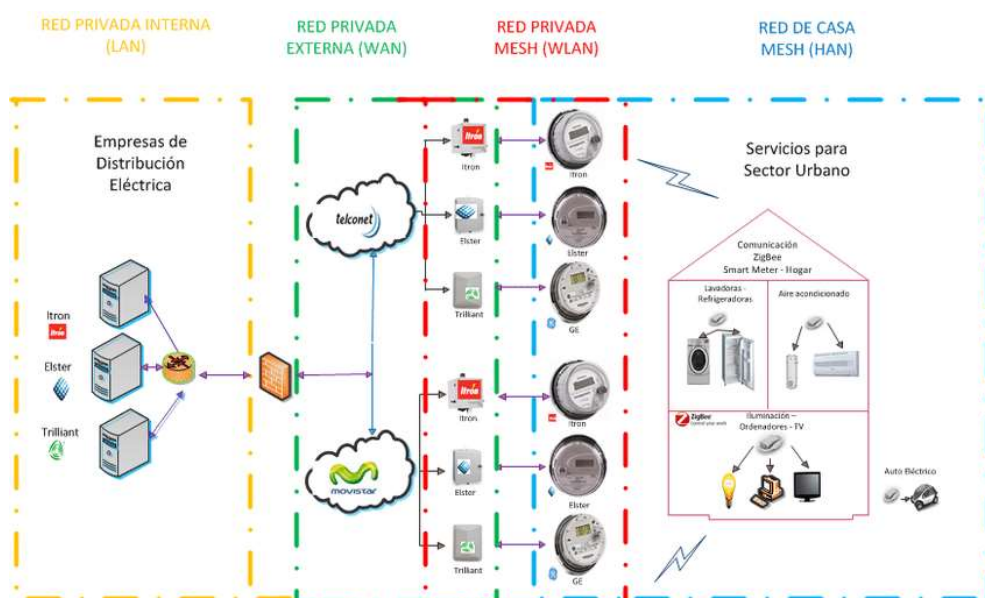
Figura 12 Medidores inteligentes con tecnología de comunicaciones avanzada



Nota: Autor (Forbes Ecuador, 2022)

El mercado ofrece una amplia gama de modelos de medidores inteligentes con diferentes características y aplicaciones, diseñados para adaptarse a las necesidades específicas de cada usuario y entorno. La tendencia apunta hacia soluciones cada vez más interoperables, seguras y con capacidades avanzadas de comunicación y monitoreo.

Figura 13 Medidores avanzados de cómo iría la recepción y envío de señal para datos e información



Nota: Autor (Esi-africa, 2013) Modelos Comerciales de Medidores Inteligentes más usados en el mercado

Medidores de Energía de Siemens

Modelo: Siemens SICP (Siemens Intelligent Communication Platform)

Características:

- **Tipo de Medición:** Medición de energía activa y reactiva.
- **Comunicación:** Soporte para protocolos como DLMS/COSEM, M-Bus, y LoRaWAN.
- **Funciones Adicionales:** Detección de fallos, análisis de calidad de energía, y gestión de datos en tiempo real.
- **Ventajas:** Tiene mayor precisión, en la comunicación para redes inteligentes.

Desventajas:

- **Costo:** Es mayor comparado con otros modelos.
- **Complejidad:** Instalación y configuración avanzadas. (Villafuerte, 2012).

Medidores de Energía de Landis+Gyr

Figura 14 *Medidores de Energía de Landis+Gyr*



Nota: Autor (Landis+Gyr, s.f.)

Modelo: Landis+Gyr E350

Características:

- **Tipo de Medición:** Medición precisa de energía activa y reactiva.
- **Comunicación:** Opciones de comunicación como RF Mesh, PLC (Power Line Communication), y GPRS.
- **Funciones Adicionales:** Monitoreo de carga, informes de eventos, y soporte para la gestión de redes.
- **Ventajas:** Confiable y flexible, con múltiples métodos de comunicación y análisis de datos.

Desventajas:

- **Costo:** Es mayor debido a las funcionalidades avanzadas.
- **Interoperabilidad:** Requiere integración específica con otros sistemas de gestión (Villafuerte, 2012).

Medidores de Energía de Schneider Electric

Figura 15 *Schneider Electric iEM3000*



Nota: Autor (Schneider Electric., s.f.)

Modelo: Schneider Electric iEM3000

Características:

- **Tipo de Medición:** Medición de energía activa, reactiva y aparente.
- **Comunicación:** Protocolo Modbus RTU, y opciones de comunicación con dispositivos de medición conectados.
- **Funciones Adicionales:** Análisis de la calidad de energía, informes detallados y control de carga.
- **Ventajas:** Integración sencilla con sistemas de gestión de energía existentes y fácil instalación.

Desventajas:

- **Escalabilidad:** Limitado en comparación con otros modelos para grandes redes o instalaciones complejas.
- **Funciones Avanzadas:** En ocasiones le falta algunas funcionalidades avanzadas en otros modelos (easymetering, s.f.).

Medidores de Energía de Itron

Figura 16 *Itron OpenWay Riva*



Nota: Autor (Itron, s.f.)

Modelo: Itron OpenWay Riva

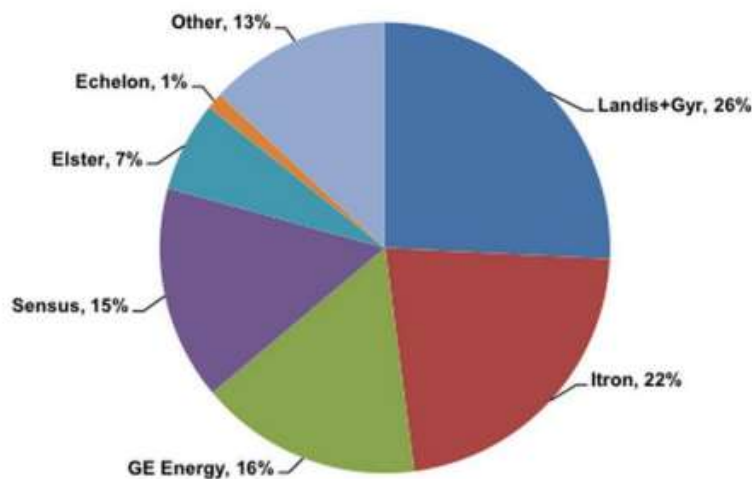
Características:

- **Tipo de Medición:** Medición bidireccional con alta precisión.
- **Comunicación:** Comunicación avanzada con soporte para RF Mesh y PLC.
- **Funciones Extras:** Manejo de datos en tiempo real, detección de interrupciones, y capacidades de automatización.
- **Ventajas:** Brinda soluciones establecidas para redes inteligentes y datos avanzados.

Desventajas:

- **Costo:** Modelos Premium pueden ser costosos.
- **Complejidad:** Puede requerir formación adicional para una configuración completa (easymetering, s.f.).

Figura 17 Medidor Itron es el más vendido a comparación de otros modelos y marcas



Nota: Autor (Itron, s.f.)

Medidores de Energía de Honeywell

Figura 18 *Honeywell A3 Series*



Nota: Autor (Honeywell, s.f.)

Modelo: Honeywell A3 Series

Características:

- **Tipo de Medición:** Medición de energía activa y reactiva con alta precisión.
- **Comunicación:** Soporte para comunicación a través de redes LTE, ZigBee, y otros protocolos.
- **Funciones Adicionales:** Reportes detallados, capacidad de respuesta a eventos en tiempo real, y soporte para redes inteligentes.
- **Ventajas:** Versatilidad en la comunicación y capacidad de adaptación a diversas infraestructuras de red.

Desventajas:

- **Costo:** Los modelos más avanzados pueden ser más caros.
- **Configuración:** La personalización de la configuración puede ser compleja (journalingeniarjournalingeniar, 2024).

Medidores de Energía de Kamstrup

Figura 19 *Kamstrup MULTICAL® 603*



Nota: Autor (Ter, s.f.)

Modelo: Kamstrup MULTICAL® 603

Características:

- **Tipo de Medición:** Medición de energía térmica, activa y reactiva.
- **Comunicación:** base para una comunicación con protocolos M-Bus, MODBUS, y OPC.
- **Funciones Adicionales:** Procedimiento eficaz de datos, detección de errores y análisis de consumo.

Desventajas:

- **Costo:** Costo inicial puede ser alto.
- **Limitaciones de Comunicación:** Algunas opciones de comunicación pueden no estar disponibles en todas las regiones (journalingeniarjournalingeniar, 2024).

Medidor Inteligente Easymetering

Figura 20 *Easymetering Smart Meter*



Nota: Autor (easymetering, s.f.)

Características:

- **Modelo:**
- Easymetering Smart Meter
- **Fabricante:** Easymetering
- **Diseño:** Compacto y modular, diseñado para facilitar la instalación y el mantenimiento.

Tipo de Medición:

- **Medición de Energía:** Mide energía activa y reactiva.
- **Precisión:** Alta precisión en la medición, cumpliendo con las normativas internacionales para medidores eléctricos.
- **Rango de Medición:** Se usa en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales, según el modelo específico.

Comunicación:

Protocolos Soportados:

- **PLC (Power Line Communication):** Usa las líneas eléctricas ya creadas para la transmisión de datos.
- **RF (Radio Frecuencia):** Comunicación inalámbrica para la transmisión de datos a corto alcance.
- **GPRS/3G/4G:** Para la comunicación a larga distancia y transmisión de datos en tiempo real.
- **Modbus:** Protocolos para la integración con sistemas de gestión de energía y automatización.
- **Opciones de Comunicación:** Según el modelo, incluyen opciones para comunicación bidireccional y soporte para redes inteligentes.

Funciones Adicionales:

- **Monitoreo en Tiempo Real:** visualiza el consumo de energía en tiempo real por medio de una interfaz web o aplicación móvil.
- **Gestión de Datos:** Produce informes sobre el consumo de energía, su carga y de eventos extraños.

- **Control Remoto:** Tiene la capacidad para ajustar sus controles de manera remota, como también desconexión y reconexión del suministro.
- **Alertas y Notificaciones:** Envía alertas sobre fallos, sobreconsumo y otros eventos relevantes.
- **Compatibilidad con Redes Inteligentes:** Puede integrarse con infraestructuras de redes inteligentes para una gestión de energía más eficiente.

Ventajas:

- **Alta Precisión:** Ofrece lecturas fijas, cumpliendo con las normativas internacionales.
- **Interfaz de Usuario Intuitiva:** Ingreso fácil a los datos y controles mediante interfaces web y aplicaciones móviles.
- **Control Remoto:** Tiene un fácil manejo y ajuste del medidor a distancia, lo que minimiza los costos operativos y mejora la eficiencia.
- **Gestión Eficiente de Datos:** Nos comparte informes detallados y análisis que ayudan a optimizar el consumo de energía.

Desventajas:

- **Costo Inicial:** El costo de adquisición puede ser mayor a diferencia de los medidores menos avanzados.
- **Requerimientos de Instalación:** Puede requerir instalación profesional, especialmente si se utilizan múltiples opciones de comunicación.
- **Dependencia de la Infraestructura de Comunicación:** La eficacia de la comunicación depende de la calidad y cobertura de la infraestructura existente (por ejemplo, redes PLC o RF).

- **Actualización y Mantenimiento:** Puede requerir actualizaciones periódicas del software y mantenimiento para garantizar un rendimiento óptimo.

Comparación y Consideraciones:

- **Precisión y Funcionalidad:** La mayoría de los medidores inteligentes ofrecen alta precisión y funcionalidades avanzadas para la gestión de energía. Sin embargo, el nivel de precisión y las funciones adicionales pueden variar entre modelos.
- **Comunicación y Redes:** Estos medidores ofrecen una variedad de opciones de comunicación, como RF Mesh, PLC, y GPRS.
- **Costo:** Los valores pueden variar entre modelos. La inversión inicial puede ser mayor, pero los beneficios a largo plazo pueden justificar el costo.
- **Instalación y Configuración:** La complicada instalación y configuración también se diferencia. Algunos modelos necesitan una integración avanzada y formación, mientras que otros son más fáciles de implementar.
- **Compatibilidad e Interoperabilidad:** Se debe considerar la compatibilidad y la interoperabilidad con otros dispositivos y protocolos.

Este análisis nos da una visión de algunos de los medidores inteligentes más sobresalientes en el mercado global. La elección del medidor dependerá de las necesidades de la red de energía, del presupuesto disponible, y de las capacidades buscadas.

3.6. Análisis de mejora en la medición de Energía Eléctrica

Medidores Convencionales Vs Medidores Inteligentes en la Provincia de Santa Elena

Para realizar una mejora en la medición de energía eléctrica en la provincia de Santa Elena, comparando medidores convencionales

con medidores inteligentes, es necesario analizar las diferencias clave en términos de precisión, funcionalidad, costos, y beneficios.

3.6.1. Medidores Convencionales

Figura 21 *Medidor Convencional*



Nota: Autor (Clouglobal, s.f.)

Características

- **Tipo de Medición:** Generalmente miden energía activa. La medición puede ser de tipo analógico (con un dial) o digital.
- **Precisión:** Estos medidores convencionales en ocasiones tienen una precisión menor a diferencia de los medidores inteligentes. La mayoría les afecta las condiciones ambientales y desgaste.
- **Comunicación:** La comunicación es generalmente manual, requiriendo lecturas periódicas realizadas por personal en el sitio. No tienen capacidad para transmitir datos automáticamente.

Ventajas

- **Costo Inicial Bajo:** El costo de adquisición e instalación de medidores convencionales suele ser menor.
- **Simplicidad:** La tecnología es simple y no necesita mantenimiento difícil o actualizaciones frecuentes.

Desventajas

- **Falta de Precisión y Exactitud:** Tienen en ocasiones registrar erróneamente por su falta de precisión en la medición de consumo.

- **Lectura Manual:** La necesidad de lecturas manuales puede llevar a errores humanos y mayores costos operativos.
- **Limitaciones en el Monitoreo:** No permite monitoreo en tiempo real ni análisis detallado del consumo de energía.

3.6.2. Medidores Inteligentes

Figura 22 *Medidor Inteligente*



Nota: Autor (El Universo, 2011)

Características

- **Tipo de Medición:** Miden energía activa, reactiva y aparente. Pueden ofrecer medición detallada y en tiempo real.
- **Precisión:** Mayor precisión con capacidad para medir y registrar datos sobre el consumo.
- **Comunicación:** Utilizan tecnologías avanzadas como PLC, RF, GPRS, basada en IoT para emitir datos de manera automática y en tiempo real.

Ventajas

- **Precisión y Exactitud:** Mayor precisión en la medición del consumo, reduciendo los errores de facturación.
- **Monitoreo en Tiempo Real:** Permite la supervisión continua del consumo, detectando anomalías y optimizando la gestión energética.

- **Reducción de Costos Operativos:** Eliminación de la necesidad de lecturas manuales, reduciendo costos laborales y errores humanos.

Desventajas

- **Costo Inicial Alto:** El costo de obtención, instalación y mantenimiento es elevado en semejanza con medidores convencionales.
- **Complejidad en la Implementación:** La colocación y configuración pueden ser más difíciles y se necesita capacitación del personal.

3.6.3. Comparación y Mejora para Santa Elena

Contexto Regional

- **Infraestructura Actual:** Evaluar el estado actual de la infraestructura de medición en la provincia de Santa Elena y las necesidades específicas de la región.
- **Factores Ambientales:** Considerar las condiciones climáticas y geográficas que podrían afectar el rendimiento de los medidores.

Análisis de Costos y Beneficios

- **Costos Iniciales vs. Beneficios a Largo Plazo:** Aunque los medidores inteligentes tienen un costo inicial más alto, sus beneficios en términos de precisión, ahorro operativo y gestión de energía pueden justificar la inversión a largo plazo.
- **Ahorro en Costos Operativos:** La disminución en los costos relacionados con la lectura manual y la gestión de errores puede ser relevante.

Implementación Propuesta

- **Fase de Prueba Piloto:** Establecer un plan piloto en áreas fijas para evaluar la capacidad de los medidores inteligentes y su desarrollo en la gestión del consumo de energía.
- **Capacitación y Educación:** Capacitar al personal en la operación y mantenimiento de los medidores inteligentes adquiridos.
- **Infraestructura de Comunicación:** Asegurar que la infraestructura de comunicación sea adecuada para soportar la transmisión de datos desde los medidores inteligentes.

Evaluación y Escalabilidad

- **Monitoreo Continuo:** Calcular el rendimiento de los medidores inteligentes mientras se use el plan piloto y ajustar los resultados
- **Escalabilidad:** Planificar la expansión de la implementación a otras áreas de la provincia una vez que se valide la eficacia del sistema.

3.6.4. Beneficios de la Mejora

- **Precisión y Eficiencia:** Los medidores inteligentes ofrecen una mejora significativa en la precisión y eficiencia de la medición de energía.
- **Mejoramiento del Consumo:** El utilizar estas medidas nos da un mejor control tanto del consumo como de la identificación anticipada de los problemas.
- **Inversión en Tecnología:** Si deseamos tener beneficios a largo plazo se debe considerar en invertir en medidores inteligentes.
- **Estrategia de Implementación:** Establecer una estrategia para implementar gradualmente donde se incluya pruebas piloto sin olvidar la capacitación al personal.

3.7. Análisis si tiene viabilidad Técnica el uso de medidores Inteligentes

Para llevar a cabo una arquitectura avanzada de medición, es esencial adoptar un enfoque integral que no solo optimice nuestra infraestructura actual, sino que también abra la puerta a tecnologías innovadoras que transformen nuestra manera de operar. En el contexto ecuatoriano, es crucial considerar la posibilidad de recibir propuestas separadas, de modo que podamos valorar adecuadamente la infraestructura de Medición Avanzada de Inteligencia (AMI) por un lado y el software de Medición, Gestión y Monitoreo (MDM) por el otro.

Las empresas eléctricas de distribución serán las encargadas de la instalación y el arranque del sistema, un proceso fundamental para el avance de nuestra infraestructura. Sin embargo, la formación del personal operativo, el corazón que dará vida a esta tecnología, será responsabilidad del proveedor, asegurando que cada miembro del equipo esté preparado para afrontar este nuevo desafío con confianza y habilidad.

Con esto podemos entender que al llevar a conjunto de especificaciones para el proyecto de medición inteligente debemos tener en cuenta unas especificaciones en cuenta:

- Hardware y Software de soporte
- Una Arquitectura de comunicación
- Actualizaciones periódicas desde los softwares remotos
- Registros de consumos en tiempos de intervalos predefinidos en tarifas de periodos horarios.
- Un control de capacidad de diagnóstico, control de estado de la red de comunicación y monitoreo
- Un apartado de corte y reconexión en el servicio eléctrico, para los usuarios respetando la privacidad de estos.
- Un software en el cual lance una alerta en el hurto de energía eléctrica, en base a reportes y diagnósticos complementando con una evaluación en los balances energéticos.

3.8. El desarrollar un sistema de medición inteligente logra objetivos económicos.

Perdidas Eléctricas:

Son valores de energía y potencia adicionales necesarios para satisfacer las necesidades de consumidores regulados y no regulados. En los sistemas de distribución eléctrica, minimizar las pérdidas eléctricas es una tarea de gestión excelente que genera grandes beneficios económicos. Esos beneficios se obtienen porque la empresa distribuidora puede ahorrar recursos en acciones de operación y expansión al no gastar en compras o generación de energía.

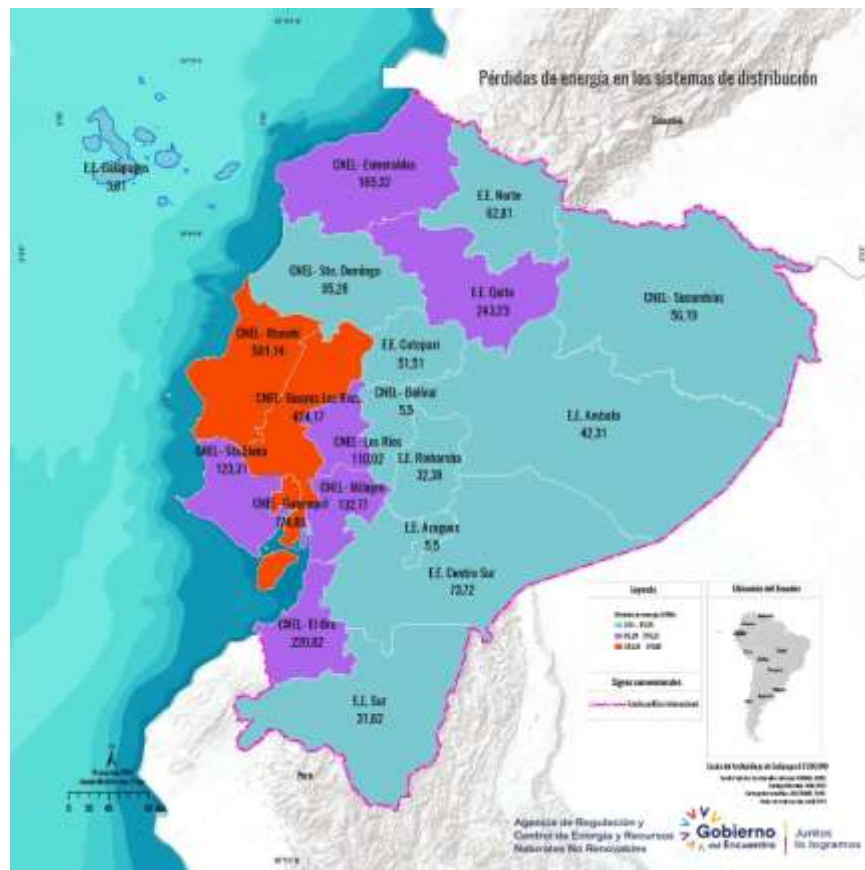
Pérdidas Técnicas:

Se considera la energía eléctrica producida por los componentes eléctricos de la red de distribución que produce que los conductores se calienten.

Pérdidas No Técnicas:

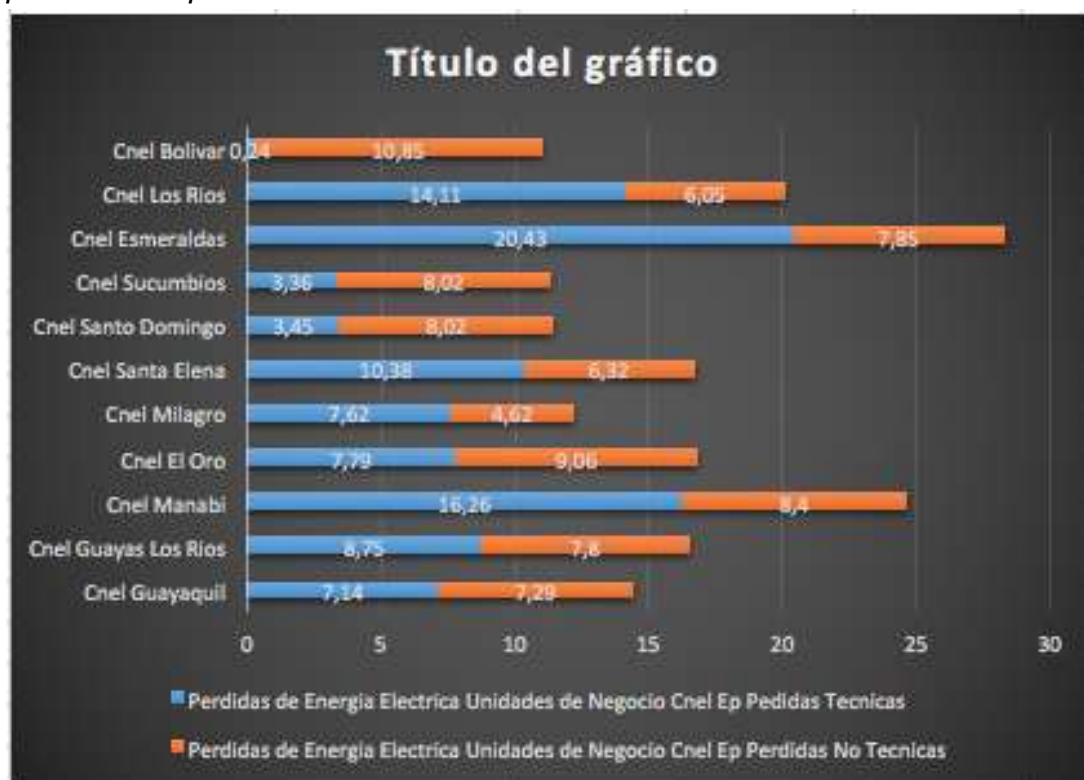
Corresponde a los valores de potencia ilegales que se extraen del sistema eléctrico de distribución. Los delitos incluyen hurtos, uso de equipos de medición y errores en la facturación. Se puede observar a nivel nacional que la región Costa es donde se registran las mayores pérdidas de energía.

Figura 23 *Mapa de Pérdidas Técnicas*



Nota: Autor (CNEL EP)

Figura 25 Mapa de Pérdidas Técnicas, representa un historial de valores de perdidas del periodo 2012 a 2021

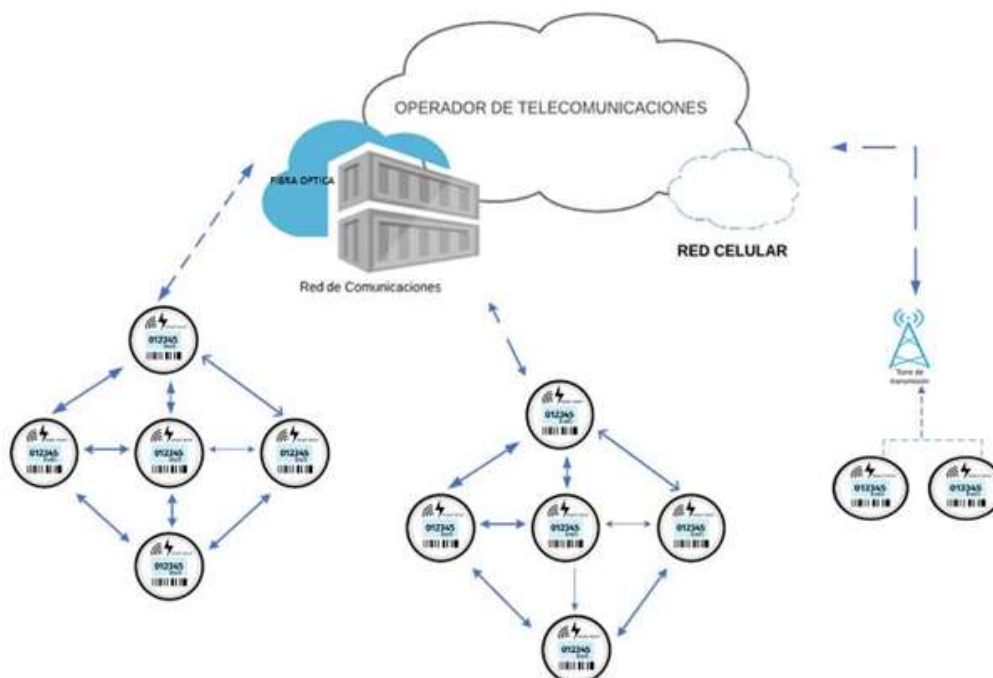


Año	Perdidas del Sistema (GWh)	Perdidas del Sistema (%)	Perdidas Técnicas (GWh)	Perdidas Técnicas (%)	Perdidas No Técnicas (GWh)	Perdidas No Técnicas (%)
2021	3.454,62	13,06	1.726,47	6,53	1.728,14	6,53
	Empresa	Perdidas del Sistema (GWh)	Perdidas Técnicas (GWh)	Perdidas No Técnicas (GWh)		
	Cnel Santa Elena	152,72	45,8	106,92		

3.8.1 Análisis de factibilidad técnica

Las propuestas integrales son cruciales para la implementación de una arquitectura de medición avanzada. A través del uso de tecnologías innovadoras, se logrará optimizar la infraestructura actual. Sin embargo, es crucial tener en cuenta que en Ecuador podrían existir opciones distintas. Por ejemplo, es importante tener en cuenta las propuestas de infraestructura AMI en una dirección y el software de medición, gestión y monitoreo MDM.

Figura 26 Arquitectura res de comunicación para Cnel. Ep santa Elena



Nota: Autor (CNEL EP)

Primero, los medidores convencionales serán reemplazados por medidores inteligentes que tengan las mismas características eléctricas para todos los clientes. De esta manera, se busca cumplir con los estándares de comunicaciones ANSI e IEC.

Se espera que los equipos de medición utilicen Radio Frecuencia en tipo Malla (RFMESH), y cada concentrador de medidores comunicará con la red de área extendida WAN a través de enlaces de Fibra Óptica.

Además, se recomienda a los clientes de facturación especial el uso de tecnología celular para conectar los medidores inteligentes geográficamente dispersos por medio de la aplicación de Cnel.

Tabla 2 Plan de datos móvil para medidores

Empresa Eléctrica	Red FAN	Red Celular / medidores inteligentes	Red WAN
Cnel ep Un Ste	RFMESH para medidores de clientes masivos (ANSI e IEC), medidores para clientes especiales (ANSI e IEC), y medidores para transformadores de distribución (IEC).	Plan de datos móvil para medidores de clientes especiales (ANSI e IEC), ubicados en zonas alejadas y dispersas.	Enlace de fibra óptica por cada concentrador de medidores de la red RFMESH.

Nota: Autor (CNEL EP)

El proceso de instalación y puesta en marcha estará a cargo de las empresas eléctricas de distribución, pero el oferente será responsable de capacitar al personal operativo.

La tabla a continuación contiene:

Tabla 3 Especificaciones generales para los proyectos de medición inteligente.

Especificaciones técnicas para proyectos de medición inteligente	
Item	
1	Software de gestión y hardware.
2	La arquitectura de comunicación IEC 61968 se basa en el modelo de información común.
3	Actualizaciones de software a distancia.
4	Aplicación de tarifas por períodos horarios registrando los consumos en intervalos de tiempo predeterminados.
5	Conexión y desconexión del servicio eléctrico a distancia, manteniendo la privacidad de los usuarios.
6	Capacidad para diagnosticar, vigilar y supervisar el estado de la red de comunicación.
7	Autodetección, reconfiguración y reparación de problemas de red automáticos
8	Acceso remoto al control de carga y la lectura de contadores para múltiples usuarios.
9	Notificación de eventos y medidas de calidad de energía.
10	La escalabilidad de los medidores eléctricos es posible sin restricciones.
11	Evaluar, reportar y diagnosticar el robo de energía.
12	Adaptabilidad automática de los sistemas de pago prepago o postpago mediante software comercial

Nota: Autor (Carlos, 2023)

Sin embargo, los siguientes son los principales datos que se obtienen de los medidores:

Información de facturación.

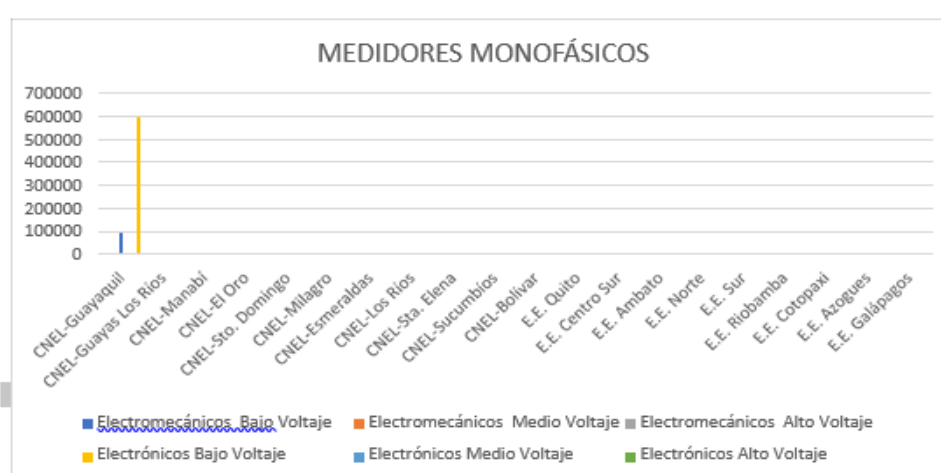
- Energía reactiva y activa, duración de uso.
- Detener el servicio y el tiempo de restauración.
- Sincronizar el reloj.

- La capacidad de recopilar información, por ejemplo, en 15 minutos.

Para clientes de facturación masiva, hay medidores inteligentes:

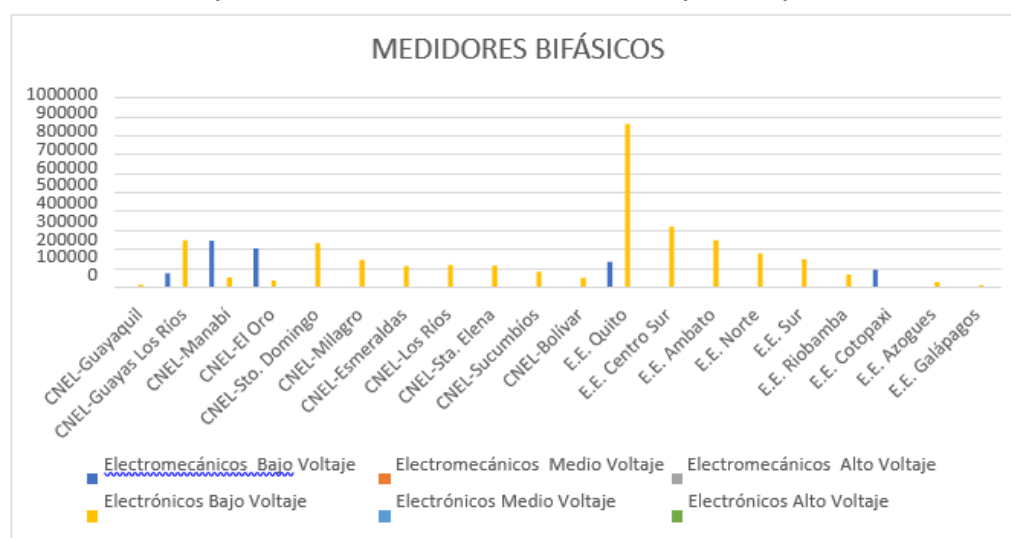
Los dispositivos de medición directa se colocarán en clientes residenciales, comerciales e industriales pequeños para formar parte de la red de comunicaciones RF MESH. Deben fabricarse de acuerdo con las normas de fabricación y protocolos de comunicación ANSI e IEC.

Grafica 1 Comparación de medidores monofásicos por empresa



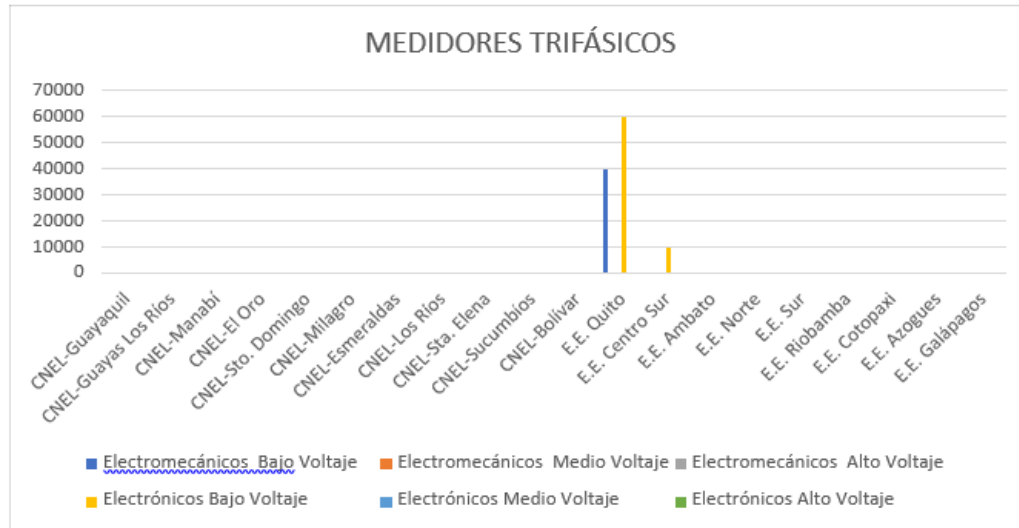
Nota: Autor (CNEL EP)

Grafica 2 Comparación de medidores bifásicos por empresa



Nota: Autor (CNEL EP)

Grafica 3 Comparación de medidores trifásicos por empresa



Nota: Autor (CNEL EP)

Para los clientes de facturación especial, existen medidores inteligentes:

Cuando cualquiera de estos tres requisitos se cumple, los consumidores se consideran de facturación especial:

- Es un cliente de medio voltaje.
- De baja tensión con una demanda de más de 10 kW
- Si su consumo mensual supera los 1000 kWh.

Son dispositivos que se instalarán en clientes industriales, comerciales y oficiales que tengan un consumo único para las empresas de distribución eléctrica. Estos medidores pueden ser parte de la red RF MESH o pueden utilizar tecnología de comunicación celular debido a su dispersión.

Los transformadores de distribución pueden usar medidores inteligentes:

Se prevé que este tipo de medidores se instalen en áreas específicas para clientes residenciales o de gran facturación. Por lo tanto, el objetivo es crear un balanceo de energía a los transformadores de distribución de las empresas eléctricas. Estos medidores deben estar en la red RF MESH y fabricados según el estándar IEC.

3.8.2 Energía Facturada:

La facturación de energía se llevará a cabo cada mes de acuerdo con los valores establecidos en el pliego tarifario actual y el consumo de lecturas directas. Sin embargo, es posible calcular el gasto para las situaciones mencionadas anteriormente.

La factura solo debe incluir el consumo correspondiente, junto con los recargos legales correspondientes, y los valores extras fijo por las leyes o programas del sector eléctrico.

En la modalidad de pago pospago, las empresas de energía deben emitir la factura mensual al cliente siendo estas impresas o electrónicas con al menos 10 días de anticipación a la fecha establecida para el pago.

La empresa de energía ocasionalmente puede detener el servicio al cliente una vez que vence el plazo y los clientes no cancelen el servicio facturado.

Además, cuando el cliente elige la opción de pago anticipado, recibirá una factura por cada servicio que compre. El monto de la energía o el valor de la compra en ese momento determinarán el valor de facturación, que debe incluir los ajustes y rubros correspondientes de acuerdo con las normas de comercialización actual.

Las empresas de energía solicitarán el permiso escrito del consumidor para la emisión de facturas electrónicas en los casos de facturación electrónica.

3.8.3 Análisis Económico

Una vez finalizado el desarrollo del proyecto, el análisis económico es un tema importante que se maneja a nivel gerencial. Estas decisiones importantes ayudan a tomar decisiones que generan ingresos.

La evaluación económica de los proyectos ha cambiado constantemente, por lo que es crucial determinar su viabilidad debido a que la inversión inicial representa un gran valor para el proyecto. Los indicadores más importantes incluyen:

3.8.4 Valor Actual Neto (Van)

Es un indicador económico que representa la diferencia entre el valor actual y los ingresos previstos del proyecto. La tasa que representa el precio de oportunidad del capital y el desembolso inicial de la inversión deprecia estos valores.

Ecuación 2 La ecuación representa su expresión matemática.

$$VAN = -FF_o + \frac{FF_1}{(1+k)} + \frac{FF_1}{(1+k)^2} + \dots + \frac{FF_n}{(1+k)^n}$$

Nota: Autor (Kabalci, 2016)

Ecuación 3 Esta ecuación muestra el Van en sumatoria

$$VAN = -FF_o + \frac{\sum_{j=1}^n FF_j}{(1+k)^j}$$

Nota: Autor (Kabalci, 2016)

De estas ecuaciones, FF_j es el valor del gasto inicial de la inversión, donde n es la cantidad de momentos temporales en donde se divide el período general considerando la continuidad del proyecto, y FF_o es los flujos de efectivo que se presentan mensual o anualmente, y La tasa de descuento es k.

Tabla 4 Las reglas para determinar el VAN de un proyecto se encuentran en la Tabla.

	Regla	Decisión	
	VAN > 0	Aceptar el Proyecto	
	VAN = 0	Se analiza si el proyecto tiene acciones	
	VAN < 0	Se rechaza el Proyecto	

Nota: Tabla propuesta de nosotros

En este sentido, el proyecto será aceptado si el VAN es positivo, mientras que, si es negativo, se rechazará. Sin embargo, en caso de que alguna de las opciones del proyecto tenga un valor agregado en comparación con otras que no lo tienen, se debe analizar la opción del proyecto si el VAN es cero o cercano a este valor.

3.9.5 Tasa Interna de Retorno (TIR)

En este punto podemos ver como el descuento de próximos ingresos generados en el proyecto se igualan con el desembolso inicial de la inversión. Uno de los criterios más utilizados para evaluar la viabilidad de un proyecto de inversión es este. En general, la tasa de interés TIR se puede considerar como la tasa de interés más alta a la que se puede endeudar para financiar el proyecto.

En términos matemáticos, es igual a la tasa de interés de la ecuación que es igual a el Valor Actual Neto igual a cero. De la misma manera, el valor actual del flujo se iguala con el gasto inicial de la inversión, como se muestra en la ecuación.

Ecuación 4 tasa interna de retorno

$$-FF_o + \frac{FF_1}{(1 + TIR)} + \frac{FF_1}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{FF_n}{(1 + TIR)^n}$$

Nota: Autor (Kabalci, 2016)

Ecuación 5 Esta ecuación también se puede realizar de manera sumatoria

$$-FF_o = \sum_{j=1}^n \frac{FF_j}{(1 + TIR)^j}$$

Nota: Autor (Kabalci, 2016)

La tasa interna de retorno TIR, a diferencia del VAN, se mide en términos relativos en lugar de absolutos, ya que matemáticamente no se valora el valor económico. De la misma manera, se muestra un porcentaje que muestra la rentabilidad que se obtiene de cada unidad de dinero que se invierte en el proyecto.

Para determinar si un proyecto es viable o no, la TIR se compara directamente con la tasa de interés k , que es el costo de oportunidad del capital. Para hacer esto:

Tabla 5 Se utilizan las reglas de decisión que se enumeran en la Tabla.

	Regla	Decisión	
	$TIR > 0$	Aceptar el Proyecto	
	$TIR = 0$	Se analiza si el proyecto	
	$TIR < 0$	Se rechaza el Proyecto	

Nota: Tabla propuesta de nosotros

Es crucial estimar que, si la TIR es muy cercana a la tasa k , el VAN sería muy cercano a cero. Como resultado, el análisis se tendrá que repetir verificando nuevas opciones para encontrar un valor adicional que permita que el proyecto vuelva a ser viable.

3.8.6 Análisis de Rentabilidad

La rentabilidad del proyecto actual se analiza utilizando los indicadores VAN y TIR. Es necesario calcular los valores de estos indicadores de esta manera, ya que es crucial determinar los Flujos de Efectivo FFj, que el proyecto genera como rendimiento en un plazo de 15 años.

Se recomienda realizar un análisis económico de los efectos de un sistema de medición inteligente en las empresas de distribución de electricidad. Por lo tanto, se debe examinar el costo de inversión inicial de FFO y los beneficios de su implementación para determinar los principales costos involucrados en el proceso.

3.8.7 Costos en Tomas de lecturas

0.144 dólares por cada cliente que recibe el servicio eléctrico es el monto correspondiente a la actividad de lectura registrados por los medidores eléctricos en el área de cobertura del servicio.

Se estima el cálculo apreciado de la toma de lecturas por la empresa con mayor participación de pérdidas, que se centra en cada tipo de cliente regulado, se muestra en la Tabla.

Tabla 6 *El gasto total por lectura*

CLIENTES POR EMPRESA	RESIDENCIA L	COMERCIAL	INDUSTRIA L	OTROS	TOTAL, CLIENTES	COSTO POR LECTURA
						(USD)
CNEL Santa Elena	96726	7073	2282	50	106131	15282,864
	TOTAL					\$15282,864

Nota: Tabla propuesta de nosotros.

El gasto total por lectura del servicio eléctrico de 15 millones 282 mil 864 dólares, que se estima se recaude durante un año, es de 106 mil 131 usuarios que están regulados por las compañías eléctricas analizadas.

3.8.8. Costos por acciones de corte y reconexión - CACR.

Se ha calculado un costo promedio de 8.7 dólares para las acciones de corte y reconexión. Además, es crucial tener en cuenta la tasa de morosidad; se calcula que es del 14.4%.

El cálculo de estos gastos se muestra de esta manera en la ecuación.

Ecuación 6 *Calculo de gastos*

$$CACR = NM * 12 * CPCR * TM$$

$$CACR = 106131 * 12 * 8.7 * 0.144$$

$$CACR = \$1.595.531$$

Donde:

CACR = Costo por Acciones de cortes y reconexión.

NM = Numero de Medidores.

CPCR = Costo Promedio Corte y Reconexión.

TM = Tasa de Morosidad.

3.8.9. Costo anual por pérdidas comerciales – CAPC

En este sentido, se estima que el 8.8% de los medidores pueden estar manipulados por personal que no pertenece a la empresa eléctrica de distribución. Además, la tarifa promedio de consumo en el país es de 9.2 centavos de dólar. Como se muestra en la ecuación, se calcula multiplicando el porcentaje por la cantidad de medidores.

Ecuación 7 Calculo costo anual

$$CAPC = NM * \% M * TC$$
$$CAPC = 106131 * 0.08 * 0.092$$
$$CAPC = \$781,123.16$$

Nota: Imagen propuesta de nosotros

Donde:

CAPC = Costo Anual por perdidas Comerciales.

NM = Numero de Medidores.

%M = Porcentaje de Manipulación.

TC = Tarifa de Consumo.

El análisis establecido nos muestra el valor desembolsado de la empresa eléctrica por acciones de lectura de medidores, cortes y reconexión y de las perdidas comerciales suman un valor de \$ 17'659.518,16

Beneficio de la inversión en Medición Inteligente

Los costos de los medidores inteligentes varían según el fabricante, por lo tanto, se han considerado los valores promedio de los tres medidores inteligentes, los cuales se muestran en la tabla.

Tabla 7 valores de los medidores inteligentes

Medidores Inteligentes	Valor por unidad
Medidor Inteligente YG 00016 Monofásico	\$390
Medidor Inteligente YG DTS198 Trifásico	\$470
Medidores Bidireccionales SENTINEL	\$480

Nota: tabla propuesta de nosotros

Para los gastos relacionados con la importación y el traslado de los equipos, se ha calculado un porcentaje adicional del 20% de los costos que se muestran en la Tabla. El medidor DTS198, por otro lado, es adecuado para usos industriales y comerciales.

La inversión inicial se puede calcular mediante la ponderación de los montos totales de la inversión mediante el número de medidores que las empresas distribuidoras adquieren.

La viabilidad de la propuesta actual se examina cuando se propone la sustitución de los medidores de los consumidores, regulados por las compañías distribuidoras, por medidores inteligentes. Los costos por acciones de corte y reconexión CACR, los costos anuales por pérdidas comerciales CAPC y los costos por tomas de lecturas por medidor CTLM permanecerán constantes durante un período de 10 años. Esto se muestra en la Tabla siguiente.

Tabla 8 lecturas de medidores en un periodo de 10 años

CLIENTES POR EMPRESA	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	OTROS	TOTAL, CLIENTES	CTLM	CACR	CAPC	MONT O TOTAL RECAUDADO
CNEL Santa Elena	96726	7073	2282	50	106131	15282,864	1.595.531	781,123.16	17'659.518,16
TOTAL									\$17'659.518,16

Nota: tabla propuesta de nosotros

Al igual que los beneficios en ahorro de cortes y reconexiones, la Tabla muestra el valor de \$15'282.864 que corresponde al ahorro por toma de lecturas.

Se calcula también el costo de la energía fuera de servicio, que es la energía que no se entrega a los clientes debido a los cortes por falta de pago. La energía se considera perdida desde el momento en que el consumidor paga hasta el momento en que se reconecta. Con el uso de medidores inteligentes, las compañías de distribución se beneficiarán de este impacto.

De esta manera, se ha calculado el valor del consumo de energía diario de todos los clientes de la compañía de distribución. Como resultado, se da un valor de \$625.44

El costo de oportunidad para el cliente, por otro lado, se calcula como el valor que el cliente ahorra al no acercarse a las oficinas de las empresas de distribución, lo cual evita que se presenten reclamos por fallas en el suministro eléctrico. El salario básico unificado, que es de

\$460 al momento de presentar esta investigación, se ha utilizado para calcular; sin embargo, se tiene en cuenta una tasa del 8% de reclamos por parte de la compañía eléctricas.

Dado que para el estudio no se han considerado los gastos relacionados con el transporte, este valor puede variar según el área de concesión de cada empresa de distribución. El costo de oportunidad del cliente, que es de \$74.641,89, también se ha calculado para la propuesta actual.

Tabla 9 Gastos inversión interna

CLIENTES				VALORES DE INVERSIÓN ESTIMADA			
	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	RESIDENCIAL	COMERCIAL	INDUSTRIAL	TOTAL
Cnel. STE	96726	7073	2282	\$74'118.530	\$14'648.820	\$1'625.920	\$90'393.270
TOTAL				\$90'393.270			

Nota: tabla propuesta de nosotros

Se estima un costo promedio de 9.2 centavos por Kwh como cargo tarifario energetico dandonos un valor de 20.105.340 de igual manera se estima un valor aproximado de 11 centavos por KWh perdido anualmente dando un valor de 25.067.210 por motivos de refacturacion. Con estas cifras determinamos el calculo de flujo de efectivo de \$45.172.550 que seria el resultado del primer año de perdidas y refacturacion.

El valor de la inversión inicial se calcula multiplicando el valor de los medidores seleccionados para la presente propuesta. En la Tabla 9 se muestran el valor de inversión que totaliza \$90,393,270.00. En primer lugar, se toma en cuenta el valor de la inversión en relación con el costo de los medidores inteligentes; además, cada empresa de distribución debe considerar el monto necesario para los equipos de comunicación, el cual debe ser evaluado por separado según su área de concesión.

Cuando se define el monto de la inversio, efectuamos el calculo de los indicadores economicos como el VAN y el TIR que determinan la factibilidad del proyecto

Conociendo estos cantidades se proyecta que el valor de reposicion por equipos de comunicaci3n de manera general sea de \$17,887.50 para Cnel Ep Unidad de Negoco Santa Elena, cabe recalcar que este valor tiende a variar en funcion de la tecnologia y los artefactos que emplea la empresa, este valor se debe desembosar cada 3 a3os que es el maximo de vida util del equipo. A esto tambien se suma el costo de equipos de oficina que se aproxima a los \$ 58.000 dolares

Tabla 10 Calculo de Flujo de Efectivo

INGRESOS							
Item	a3o de operaci3n	Beneficio por cambio de medidores y refacturaci3n	Ahorro en la toma de lectura	Ahorro en procesos de corte y reconexion	Beneficios por reduccion del tiempo de la energia fuera de servicio	Costo de oportunidad para el cliente	Total de ingresos
0	2023						0
1	2024	45.172.550	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	62.126.212
2	2025	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131
3	2026	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131
4	2027	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131
5	2028	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131
6	2029	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131
7	2030	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131
8	2031	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131
9	2032	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131
10	2033	12.046.469	15.282.864	1.595.531	625,44	74.641,89	29.000.131

EGRESOS			
Inversi3n Inicial	Reposici3n de Equipos de Comunicaci3n	Total de Egresos	Flujo neto de Efectivo
131.316.349,90		131.316.349,90	131.316.349,90
		0	62.126.212
		0	29.000.131
	17.887,50	17.887,50	28.982.243,50
		0	29.000.131
			21.000.131
		0	21.000.131
			21.000.131
		0	21.000.131
		0	21.000.131
		0	21.000.131

Tabla 11 **Calculo de Indicadores Económicos**

Periodo	Ingreso	Egreso	Flujo efectivo	Saldo	
0	0	131.316.349,90	-131.316.349,90	-131.316.349,90	
1	62.126.212	0	62.126.212	-69.190.137,90	
2	29.000.131	0	29.000.131	-7.063.925,90	
3	29.018.019	17.887,50	28.982.243,50	21.918.317,60	
4	29.000.131		29.000.131	50.918.448,60	
5	21.000.131		29.000.131	79.918.579,60	
6	21.000.131	0	29.000.131	108.918.710,60	
7	21.000.131		29.000.131	137.918.841,60	
8	21.000.131	0	29.000.131	166.918.972,60	
9	21.000.131	0	29.000.131	195.919.103,60	
10	21.000.131	0	29.000.131	224.919.234,60	
				VAN	25.582.833,40
				TIR	56%

En esta propuesta se considera a inversion de medidores inteligentes que a traves de los estados financieros se analizó, de esta manera se demuestra que el VAN e mayor que cero lo q resulta a la inversión ganancias lo cual el proyecto es aceptable.

Si el Van da resultado negativo el proyecto se debe rechazar ya que generará perdidas. Por otro lado el TIR nos da como resultado 56% lo que garantiza que es viable por ser mayor al 12%

Capítulo 4: Conclusiones y Recomendaciones

CONCLUSIONES

El análisis del sistema eléctrico de Cnel. Ep Santa Elena revela que las pérdidas técnicas y comerciales de energía son problemas significativos que afectan la eficiencia y rentabilidad de la empresa. Las pérdidas técnicas, causadas por la resistencia en los conductores y otros componentes del sistema, pueden ser parcialmente mitigadas mediante un mantenimiento adecuado y la modernización de la infraestructura. Por otro lado, las pérdidas comerciales, incluyendo el robo de energía y errores en la facturación, requieren una gestión más rigurosa y la implementación de sistemas de medición precisos.

El comportamiento del consumo eléctrico muestra una considerable variabilidad entre los distintos abonados, indicando que los patrones de consumo no son uniformes. Esta variabilidad sugiere la necesidad de un enfoque más segmentado en la gestión del consumo y en el diseño de estrategias tarifarias. Identificar los picos de consumo y los períodos de baja demanda permitirá a la empresa optimizar la distribución de recursos y mejorar la eficiencia operativa.

Por otro lado, las evaluaciones de eficiencia energética de equipos y de los sistemas eléctricos que se utilizan muestran que muchos dispositivos funcionan por debajo de su capacidad, lo que nos da como resultado un innecesario consumo de energía.

RECOMENDACIONES

Se recomienda la implementación de un sistema de medición inteligente para mejorar la precisión de las lecturas y reducir las pérdidas comerciales y técnicas. La tecnología de medición avanzada permitirá obtener datos en tiempo real, facilitando la identificación de anomalías y el robo de energía, así como una facturación más precisa.

Es necesario hacer un seguimiento y mantenimiento regular de la infraestructura eléctrica para amenorar las pérdidas técnicas.

Un plan de mantenimiento correctivo y preventivo mantendrá los componentes en su mejor condición y a su vez podremos detectar problemas antes que aparezcan daños importantes. El mejorar la infraestructura anterior facilitará a bajar las pérdidas de tracción en conductores y demás equipos.

La creación de perfiles de tallados de consumo eléctrico para cada punto de suscriptores permitirá arreglos de tarifas y estrategias de gestión más efectivos

Este enfoque ayudara a a los recursos y estrategias sobre las necesidades de cada grupo de usuarios, incrementando la eficiencia operativa.

Para mejorar la eficiencia energética se necesita invertir en actualizar equipos como también el sistema eléctrico. Cambiar equipos dados de baja por versiones más actuales minimizara el consumo de energía y los costos operativos

Por último, incluir programas educativos sobre lo importante del uso eficiente de la energía y también la atención adecuada a las infracciones harán a reducir las pérdidas comerciales e incentivar a prácticas de consumo más responsable.

BIBLIOGRAFIA

- Andrade, J. (2017). *repositorio institucional UPS*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14177/1/UPS-GT001870.pdf>
- Andres, J. (2015). *repositorio intitucional UPS*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10280/1/UPS-GT001368.pdf>
- Autana. (2023). Obtenido de <https://autanabp.com/optimizacion-de-consumo-energetico/>
- Bermeo, J. E. (11 de agosto de 2021). *repositorio de la universidad de cuenca*. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36636/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Carlos, V. (abril de 2023). *Repositorio de la Politecnica Saleciana*. Obtenido de https://d.documentop.com/universidad-politecnica-salesiana-sede-quito-repositorio-digital-ups_598bddcc1723dd5d696449ed.html
- Castillo. (2006). *repositorio digital EPN*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/392/1/CD-0799.pdf>
- Castillo, M. (2023). *Repositorio Institucional UPS*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26779/1/UPS-CT011106.pdf>
- Chavez. (2010). *repositorio institucional UPS*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2110/13/UPS-GT000145.pdf>
- Clouglobal. (s.f.). Recuperado el 4 de 08 de 2024, de <https://clouglobal.com/es/dds720e-medidor-monofasico-tipo-socket-norma-ansi/>
- CNCELE. (s.f.). Recuperado el 24 de 07 de 2024, de <http://es.cncele.com/dts726d-7p-wifi-din-rail-three-phase-meter-product/>
- CNEL EP. (s.f.). *CNEL EP*. Recuperado el 18 de 08 de 2024, de <https://www.cnelep.gob.ec/>
- Conymed. (s.f.). Recuperado el 30 de 07 de 2024, de http://www.conymed.com/producto_CP-14-12SA.html

- DEXMA. (18 de Noviembre de 2020). Obtenido de <https://www.dexma.com/es/blog-es/optimizacion-del-consumo-energetico-en-la-industria-guia/>
- Diaz, R. (2019). *Repositorio UDA*. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7930/1/13668.pdf>
- easymetering. (s.f.). Recuperado el 3 de 08 de 2024, de <https://easymetering.com/>
- El Universo. (04 de febrero de 2011). Obtenido de <https://www.eluniverso.com/2011/02/04/1/1445/instalan-medidores-reducen-consumo-costos.html/>
- Esi-africa. (2013). esi. Obtenido de http://www.esi-africa.com/wp-content/uploads/i/p/Bollack-Stephenson_Metering.pdf,
- FasterCapital. (22 de junio de 2024). Obtenido de <https://fastercapital.com/es/contenido/Prevision-de-consumo--como-pronosticar-sus-patrones-de-consumo-y-optimizar-su-eficiencia-energetica.html>
- Forbes Ecuador. (15 de Junio de 2022). Obtenido de <https://www.forbes.com.ec/innovacion/el-medidor-inteligente-ecuadoriano-mas-inteligente-todos-n10659>
- Gil, J. (2006). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/1962145.pdf>
- gobiernos ecuatoriano . (enero-diciembre de 2023). *Análisis y Determinación del Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica. Período Enero - Diciembre 2023*. Obtenido de <https://www.gob.ec/regulaciones/analisis-determinacion-pliego-tarifario-servicio-publico-energia-electrica-periodo-enero-diciembre-2023>
- Gonzales, J. (2008). *URBE VIRTUAL*. Obtenido de <https://virtual.urbe.edu/tesispub/0096040/cap02.pdf>
- Gonzalo, P. (febrero de 2015). *repositorio de la salesiana* . Obtenido de https://d.documentop.com/universidad-politecnica-salesiana-sede-quito-repositorio-digital-ups_598bddcc1723dd5d696449ed.html
- Google Maps. (2013). *Smart Metering Projects Maps*. Obtenido de https://www.google.com/maps/d/viewer?msa=0&mid=zRekISu043lk.kZ_YiimMzyXc
- Herrera, M. (2015). *Repositorio Institucional UTC*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4941/1/PI-000058.pdf>

- Honeywell*. (s.f.). Recuperado el 2 de 08 de 2024, de <https://process.honeywell.com/us/en/products/utilities/electricity/commercial-and-industrial-meters/a3>
- Isabel. (s.f.). Recuperado el 16 de 08 de 2024, de <https://isbel.com/en-que-consiste-medicion-inteligente/>
- Itron*. (s.f.). Recuperado el 01 de 08 de 2024, de <https://na.itron.com/products/openway-riva-centron-meter>
- journalingeniarjournalingeniar. (10 de enero de 2024). Obtenido de <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/download/176/248/705>
- Kabalci, Y. (mayo de 2016). *A survey on smart metering and smart grid communication*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115014975>
- Kuzlu, M., & Pipattanasomporn, M. (2013). *Assessment of communication technologies and network requirements for different smart grid applications*. Washington.
- Landis+Gyr*. (s.f.). Recuperado el 1 de 08 de 2024, de <https://www.landisgyr.eu/product/landisgyr-e450-prime/>
- Lopez, R. (2014). *Respositorio de la UANL*. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/5155/1/1020147516.PDF>
- Manzano, P. (2020). *repositorio*. Obtenido de <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/9043/1/T3958-MRI-Manzano-Situacion.pdf>
- Maria, G. (2017). *repositorio ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12484/1/T-ESPE-049717.pdf>
- Martinez, J. (2018). *Repositorio UCSG*. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/19064/1/T-UCSG-POS-MELE-6.pdf>
- Mesa, L. C. (2014). *Respositorio Institucional UMNG*. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13455/ARTICULO>
- Morales, A. (2021). *Repositorio ESPE*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25208/1/T-ESPE-044590.pdf>

- Muñoz, J. (2020). *Respositorio ESPOL*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/45983>
- Paez, F. (2015). *Respositorio Institucional UPS*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8961/1/UPS-CT005235.pdf>
- Pedro, M. (2017). *Repositorio Institucional UTC*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6545/1/MUTC-000214.pdf>
- Perez, C. (2015). *Repositorio Institucional UMSA*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/2235/T-1017.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Rivera, D. (2014). *Repositorio Institucional UPS*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8435/6/UPS-KT01062.pdf>
- Rodriguez, S. (2024). *Repositorio Institucional UPSE*. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/11530/1/UPSE-MAP-2024-0023.pdf>
- Romero, G. (2010). *repositorio digital EPN*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4217/1/CD-0926.pdf>
- Schneider Electric*. (s.f.). Recuperado el 01 de 08 de 2024, de <https://www.se.com/co/es/product-range/61273-iem3000-series/#products>
- Secoin*. (s.f.). Recuperado el 24 de 07 de 2024, de <https://www.secoin.com.uy/productos/medidores-de-energ%C3%ADa/medidores-de-energ%C3%ADa-inteligentes-para-uso-residencial>
- Sonora, U. d. (s.f.). *tesis digital*. Recuperado el 7 de 08 de 2024, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/18887/Capitulo3.pdf>
- Ter*. (s.f.). Recuperado el 3 de 08 de 2024, de <https://www.ter-en.com/en/tsh/39>
- Universe, e. (16 de diciembre de 2016). *El Universo* . Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/comunidad/asi-puede-usar-el-simulador-de-consumo-de-energia-electrica-para-calculiar-cuanto-debera-pagar-por-su-planilla-en-ecuador-nota/>
- Villafuerte, C. (2012). *Respositorio Digital EPN*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10265/3/CD-6129.pdf>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Ramírez Chiriboga, José Roberto**, C.C: # **0923409718** y **Parraga Parraga, Paul Patric**.con C.C: # **0928382985** autores del trabajo de titulación: **Análisis Técnico Económico Del Consumo Eléctrico De Abonados Para La Elaboración De Una Propuesta De Sistema De Medición Inteligente Que Permita Mejorar La Calidad De Lectura Del Tarifario En La Empresa Eléctrica Cnel. Ep Santa Elena**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 03 de septiembre del 2024

f. _____

Nombre: José Roberto Ramírez Chiriboga

C.C: 0923409718

f. _____

Nombre: Paul Patric Parraga Parraga

C.C: 0928382985

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Análisis Técnico Económico Del Consumo Eléctrico De Abonados Para La Elaboración De Una Propuesta De Sistema De Medición Inteligente Que Permita Mejorar La Calidad De Lectura Del Tarifario En La Empresa Eléctrica Cnel. Ep Santa Elena.		
AUTOR(ES)	Ramírez Chiriboga, José Roberto y Parraga Parraga, Paul Patric.		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Vega Ureta, Nino Tello		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad Técnica Para El Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería en Electricidad		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	3 de septiembre del 2024	No. DE PÁGINAS:	75
ÁREAS TEMÁTICAS:	Energía eléctrica		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Consumo eléctrico, Lectura tarifario, Medición eléctrica, Eficiencia eléctrica, Gestión energética, Plan de mejora		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras): El objetivo de este proyecto es evaluar el avance en la tecnología de los medidores eléctricos. Inicialmente, los medidores contaban con una tecnología rudimentaria que permitía a los usuarios manipularlos, lo que generaba pérdidas para CNEL S.A. Negocio Santa Elena. La implementación de nuevas tecnologías en los medidores ha reducido significativamente la posibilidad de manipulación, asegurando mediciones más precisas y confiables, ya sea de forma presencial o telemétrica. Este proyecto busca renovar la precisión en la medición tarifaria mediante un sistema inteligente, que simboliza un paso hacia las tecnologías de medición avanzada que se están incrementando en la actualidad. En los futuros años, se espera que estas tecnologías sean probadas y evaluadas para garantizar su efectividad en la operación del sistema.			
ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-4-	Email: jose.ramirez10@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Bohórquez Escobar Celso Bayardo PhD. Teléfono: +593-9-95147293 E-mail: celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			