



UNIVERSIDAD UTE

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E
INDUSTRIAS**

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**ESTUDIO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA REMOTO DE
LECTURA PARA MEDIDORES DE ENERGÍA DE USO
RESIDENCIAL.**

**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
INGENIERO ELECTROMECAÁNICO**

Autor

KEVIN PATRICIO CHIMBO DOMÍNGUEZ

Director

ING. JORGE ROMÁN TERÁN BENALCÁZAR, MsC.

Santo Domingo, Junio 2019

© Universidad UTE. 2019

Reservados todos los derechos de reproducción

FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

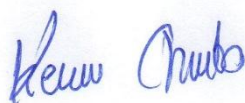
TRABAJO DE TITULACIÓN

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1724718315
APELLIDO Y NOMBRES:	Chimbo Domínguez Kevin Patricio
DIRECCIÓN:	Cooperativa Las Palmas
EMAIL:	Kevitocd93@gmail.com
TELÉFONO FIJO:	02 2767-873
TELÉFONO MOVIL:	0996139910

DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Estudio y propuesta de un sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial.		
AUTOR O AUTORES:	Kevin Patricio Chimbo Domínguez		
FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Junio 21 de 2019		
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:	Ing. Jorge Terán, MsC.		
PROGRAMA	PREGRADO	<input checked="" type="checkbox"/>	POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Electromecánico		
RESUMEN: Mínimo 250 palabras	<p>Uno de los problemas de la CNEL Santo Domingo como distribuidora de energía eléctrica es la adquisición y gestión de datos del consumo de energía en KWH a nivel residencial los cuales suman la mayor proporción de sus clientes.</p> <p>El dato de consumo junto con la tarifa aplicada por la CNEL- Santo Domingo permite calcular la facturación correspondiente. El método utilizado por la mayoría de las distribuidoras en Ecuador</p>		

	<p>consiste en una lectura por parte de personal técnico mediante una fotografía de cada medidor y que posteriormente debe ser transferida hasta el departamento de facturación; todo el proceso es manual. Esto implica eventuales errores de información, poca eficiencia, pérdida de recursos y un alto porcentaje de reclamos por parte de los usuarios.</p> <p>La solución propuesta consiste en el estudio y propuesta de un sistema de tele medida es decir adquirir los datos de lectura de los medidores por medio de comunicación remota vía radio frecuencia. El sistema pretende garantizar mayor control y seguridad de los datos, fiabilidad en la transmisión y escalabilidad para futuros requerimientos de la distribuidora.</p>
PALABRAS CLAVES:	Radio frecuencia, comunicación inalámbrica, medidor residencial, ondas de radio

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.




KEVIN PATRICIO CHIMBO DOMINGUEZ
C.I. 1724718315

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **KEVIN PATRICIO CHIMBO DOMÍNGUEZ**, C.I. 1724718315 autor del proyecto titulado: **“Estudio y propuesta de un sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial.”** Previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO** en la Universidad UTE.

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 graduación 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 BIBLIOTECA de la Universidad UTE a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo, Junio 20 de 2019



KEVIN PATRICIO CHIMBO DOMINGUEZ
C.I. 1724718315

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor, certifico que el presente trabajo de titulación que lleva por título **Estudio y propuesta de un sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial** para aspirar al título de **INGENIERO ELECTROMECAÁNICO** fue desarrollado por **CHIMBO DOMÍNGUEZ KEVIN PATRICIO**, bajo mi dirección y supervisión, en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería e Industrias; y que dicho trabajo cumple con las condiciones requeridas para ser sometido a las evaluación respectiva de acuerdo a la normativa interna de la Universidad UTE.



Ing. Jorge Román Terán Benalcázar, MsC.

DIRECTOR DEL TRABAJO

C.I. 1002527503



CORPORACIÓN NACIONAL DE ELECTRICIDAD



Santo Domingo, 18 de junio de 2019

Yo, Romel Hernán Analuisa Topa con C.I: 1715091581. Representante de CNELEP y Líder de control de energía, estoy CONFORME con el trabajo realizado en esta institución denominado: ESTUDIO Y PROPUESTA DE UN SISTEMA REMOTO DE LECTURA PARA MEDIDORES DE ENERGÍA DE USO RESIDENCIAL, elaborado por el señor Chimbo Domínguez Kevin Patricio, siendo de gran aporte para la empresa obteniendo excelentes resultados en su investigación.

El interesado puede hacer uso de la presente como lo crea conveniente, sin más que acotar me despido muy atentamente,

f.

ROMEL HERNAN ANALUISA TOPA
Líder de Control de Energía
C.I.: 1715091581

Ing. Romel Analuisa T.
JEFE DE CONTROL DE ENERGÍA

DEDICATORIA

A mis amados padres,

Patricio Chimbo y Edith Domínguez, quienes gracias a su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional me han motivado durante toda la vida para que pueda alcanzar mis metas e ideales, no existen palabras con las que pueda expresar cuan agradecido estoy con ustedes, está claro que este logro no es solo mío, sino también de ustedes.

A mis hermanos,

Talía, Astrid y Dennis, que incondicionalmente me brindaron sus palabras de aliento en los momentos más difíciles y cuando más lo necesitaba. Gracias por estar ahí siempre.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por inculcar en mí los valores esenciales que me han permitido convertirme en la persona que soy, por su sacrificio y confianza, por ayudarme a recobrar el aliento después de cada tropiezo, por su motivación extraordinaria ya que con ello puedo lograr conseguir cada uno de mis anhelos.

A mis hermanos, amigos y demás familiares que me han apoyado en todo momento, gracias por depositar en mí su confianza.

A los profesionales que integran el departamento de Control de Energía de la CNEL EP Santo Domingo y en especial a los Ingenieros Romel Analuisa y Freddy Cevallos, quienes a pesar de sus labores diarias siempre pudieron encontrar un momento para guiarme y compartir sus conocimientos a lo largo de esta investigación

A todos los docentes que fueron parte de mi formación en las aulas de clases, A el ingeniero Jorge Terán director del trabajo de investigación, por confiar en mí y darme la oportunidad de demostrar mis habilidades y conocimientos y que con su apoyo y consejos me fue posible alcanzar esta meta.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	1
1.INTRODUCCIÓN	2
1.1. ENTORNO DEL PROYECTO	2
1.1.1. DEFINICIÓN DE REDES	8
1.1.1.1. Tipos de redes	8
1.1.1.2. Topología de redes	9
1.1.2. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	12
1.1.2.1. Red inalámbrica	12
1.1.2.2. Categorías de las redes inalámbricas	13
1.1.2.3. Características de una red inalámbrica	14
1.1.2.4. Aplicación de las redes inalámbricas	15
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	17
1.2.1. GENERALIDADES	17
1.2.2. SÍNTESIS DEL PROBLEMA	18
1.2.3. ENFOQUE DE SOLUCIÓN	19
2.METODOLOGÍA	20
2.1. RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA	20
2.2. EQUIPOS UTILIZADOS	21
2.2.1. MEDIDOR STAR	21
2.2.1.1. Criterios para la selección del tipo de medidor de energía	21
2.2.1.2. Normas de Fabricación	25
2.2.2. ESPECIFICACIONES Y PARÁMETROS	25
2.2.3. ERROR BÁSICO	25
2.2.4. AMBIENTE	26
2.3. PRINCIPIO DE OPERACIÓN	26
2.3.1. FUNCIONALIDAD MEDICIÓN DE ENERGÍA	27
2.3.2. TARIFA MÚLTIPLE TOU MEDICIÓN DE ENERGÍA	27
2.3.3. CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA RESETEO A CERO	27
2.3.4. GRABACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS	27

2.3.5.	MEDICIÓN EN TIEMPO REAL	27
2.3.6.	RELOJ EN TIEMPO REAL	28
2.3.7.	DISPLAY	28
2.3.8.	DETECCIÓN DE EVENTOS.....	28
2.3.9.	COMUNICACIÓN RF	29
2.3.10.	C5000 PROGRAMABLE.....	29
2.3.10.1.	Características generales.....	30
2.3.11.	MODULO RF	31
2.3.12.	LAPTOP (COMPUTADOR PORTÁTIL)	32
2.4.	PASOS APLICADOS EN LOS TEST REALIZADOS EN FORMA CRONOLÓGICA Y RESUMIDOS:	32
2.4.1.	ENERGIZAR EL MEDIDOR.....	33
2.4.2.	INSTALACIÓN DEL SOFTWARE EN EL ORDENADOR/ EQUIPO MÓVIL.....	33
2.4.3.	CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE	34
2.4.4.	PRUEBA DE CONEXIÓN O ENLACE PARA MEDICIÓN DE LECTURAS POR RADIOFRECUENCIA.	38
2.4.5.	PRE VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	39
2.5.	PRUEBAS DE CAMPO.....	40
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
3.1.	RESULTADO DE LA PRUEBA DE ENLACE CON LOS MEDIDORES RF DESDE EL ORDENADOR MASTER.....	48
3.2.	RESULTADOS DE PRUEBA DE RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN VÍA RF.....	51
3.3.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS A LOS PARÁMETROS DEL MEDIDOR RF	54
3.4.	REEVALUACIÓN Y REDISEÑO	58
3.4.1.	RESUMEN DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	58
3.5.	PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DE UN COLECTOR DE DATOS PARA ALMACENAR LOTES DE INFORMACIÓN	59
3.6.	CRITERIOS PARA LA PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DEL CONCENTRADOR:.....	62
3.7.	EVALUACIÓN ECONÓMICA	63
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
4.1.	CONCLUSIONES.....	65

4.2. RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	67
Referencias.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación de bandas de frecuencias.....	7
Tabla 2.	Bandas I a V para VHF y UHF.....	7
Tabla 3.	Clasificación de la banda de microondas.	8
Tabla 4.	Resumen de requerimientos para el medidor de energía.....	22
Tabla 5.	Especificaciones y parámetros del medidor de energía DTS27A	25
Tabla 6.	Errores básicos en la medición de energía Activa/Reactiva.	25
Tabla 7.	Especificaciones y parámetros de ambiente de trabajo.....	26
Tabla 8.	Tiempo de enlace entre dispositivos RF.....	51
Tabla 9.	Franjas Horarias	53
Tabla 10.	Resumen del análisis de resultados en función de los objetivos previamente planteados.....	59
Tabla 11.	Costo aproximado de un concentrador de datos de acuerdo a la tecnología que incorpore.	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Sistema elemental de radiocomunicación.....	5
Figura 2.	Topología en estrella.....	10
Figura 3.	Topología bus.	10
Figura 4.	Topología anillo.....	11
Figura 5.	Topología árbol.....	11
Figura 6.	Topología Mesh.....	12
Figura 7.	Esquema de una red inalámbrica.....	12
Figura 8.	Categorías de una red inalámbrica.....	13
Figura 9.	Limites generales para cualquier transmisión internacional....	16
Figura 10.	Sección de la tabla de Limites para transmisiones.....	17
Figura 11.	Placa base de medidor RD Star DTS27A.....	23
Figura 12.	Medidores RF en las bodegas del laboratorio de la CNEL EP UN Santo Domingo.....	24
Figura 13.	Medidor Star RF.....	24
Figura 14.	Diagrama de operación de medidor Star.	26
Figura 15.	Equipo utilizado C5000 Chainway (2018).....	30
Figura 16.	Modulo RF (USB).....	32
Figura 17.	Medidor Star 2018 en funcionamiento.....	33
Figura 18.	Versión de software medidor Star DTS27A.....	34
Figura 19.	Ventana de acceso.....	34
Figura 20.	Ventana de acceso ID del operador.....	35
Figura 21.	Ventana de acceso Rangos jerárquicos.....	35
Figura 22.	Pestaña de Mantenimiento e información básica que oferta el software del medidor RF.....	36
Figura 23.	Ventana dispuesta para el registro de un medidor de acuerdo a su número de serie y tipo.	36
Figura 24.	Ventana dispuesta para el registro de un nuevo usuario.	37
Figura 25.	Ventana dispuesta para configurar parámetros del medidor...	37
Figura 26.	Herramienta utilizada para el ingreso del número de serie del medidor (METER ADDRESS).....	38
Figura 27.	Número de serie del medidor RF Star utilizado para las pruebas de campo.	38
Figura 28.	Pestaña de herramientas (Tools) utilizadas para administrar la información del medidor RF.....	39
Figura 29.	Herramienta utilizada para monitoreo de lecturas realizadas por el medidor RF.	39
Figura 30.	Herramienta para visualizar lecturas realizadas por el medidor RF.....	40
Figura 31.	Herramientas (Energy Data) utilizada para monitoreo de lecturas realizadas por el medidor RF en tiempo real.....	40
Figura 32.	Ubicación del laboratorio de medición de la CNEL Santo Domingo.....	41

Figura 33.	Ejemplo de medidor sin línea de vista hacia el laboratorio donde se realizaron las pruebas de toma de lecturas	42
Figura 34.	Chequeo de Medidor RF instalado 1.....	42
Figura 35.	Chequeo de Medidor RF instalado 2.....	43
Figura 36.	Chequeo de Medidor RF instalado 3.....	43
Figura 37.	Chequeo medidor RF instalado 4.....	44
Figura 38.	Chequeo medidor RF instalado 5.....	44
Figura 39.	Ejemplo de medidor RF con línea de vista hacia el laboratorio donde se realizaron las pruebas de toma de lecturas	45
Figura 40.	Medidores dispuestos para test dentro del laboratorio.....	45
Figura 41.	Mesa de pruebas de Contrastación para medidores de energía	47
Figura 42.	Modulo RF USB conectado en el ordenador portátil	48
Figura 43.	Sistema operativo del dispositivo portable c5000 programable	49
Figura 44.	Inicio de sesión en el software Star instalado en el dispositivo portable.....	49
Figura 45.	Pantalla principal del software star desde el dispositivo portable.	50
Figura 46.	Acceso a la información contenida en el medidor de forma remota.	50
Figura 47.	Datos de consumo de energía registrados por el medidor.....	51
Figura 48.	Bloque de información contenida en el apartado Datos de energía.	52
Figura 49.	Valores de retorno de los datos medidos.....	52
Figura 50.	Datos de lecturas de consumo que entrega el medidor RF	53
Figura 51.	Configuración de franja horaria.....	53
Figura 52.	Lecturas de consumo históricas de los últimos cuatro meses.	54
Figura 53.	Parámetros y variables del medidor RF	55
Figura 54.	Parámetros y variables del medidor RF	56
Figura 55.	Registro de eventos.	57
Figura 56.	Información perteneciente a los registros de eventos.	57
Figura 57.	Registro del número de resets del medidor RF.....	58
Figura 58.	Área de cobertura de un concentrador de datos mediante comunicación por Radio Frecuencia.....	60
Figura 59.	Ubicación del conjunto habitacional en el cual se realizaron los test de medición remota.....	61
Figura 60.	Ubicación del concentrador de información	62
Figura 61.	Costo que implica la implementación de un sistema remoto de lecturas para medidores de energía de uso residencial.	64

RESUMEN

Uno de los problemas de la CNEL Santo Domingo como distribuidora de energía eléctrica es la adquisición y gestión de datos del consumo de energía en KWH a nivel residencial los cuales suman la mayor proporción de sus clientes. El dato de consumo junto con la tarifa aplicada por la CNEL- Santo Domingo permite calcular la facturación correspondiente. El método utilizado por la mayoría de las distribuidoras en Ecuador consiste en una lectura por parte de personal técnico mediante una fotografía de cada medidor y que posteriormente debe ser transferida hasta el departamento de facturación; todo el proceso es manual. Esto implica eventuales errores de información, poca eficiencia, pérdida de recursos y un alto porcentaje de reclamos por parte de los usuarios. La solución propuesta consiste en el estudio y propuesta de un sistema de tele medida es decir adquirir los datos de lectura de los medidores por medio de comunicación remota vía radio frecuencia, esta comunicación se lleva a cabo mediante la utilización de equipos específicos que permitirán crear un enlace mediante las ondas de radio que emiten los medidores y un equipo portable o una laptop que a través de una antena receptorá la información emitida por el medidor, esta información se almacena en dichos equipos portables que a su vez facilitan la adquisición de varios lotes de datos para el técnico operario. El alcance pretende garantizar mayor control y seguridad de los datos recopilados, de esta forma la información no es sujeta a modificaciones o algún tipo de interferencia por parte del operador ya sea de forma voluntaria o involuntaria, es así que se garantiza la integridad de los datos y a su vez permitiendo su escalabilidad para futuros requerimientos de la distribuidora. Durante las pruebas realizadas pudimos comprobar que es factible realizar este tipo de comunicación en una frecuencia de rango de onda corta de 900 MHz, la cual permite un alcance de enlace efectivo entre dispositivos de aproximadamente 600 metros de distancia, lo cual nos ha permitido concluir que con la aplicación de este sistema de tele medida o comunicación inalámbrica todo el proceso de recopilación de información por parte de operarios de la CNEL Santo Domingo se verá bastante favorecida.

Palabras Clave: Radio frecuencia, comunicación inalámbrica, medidor residencial, ondas de radio.

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ENTORNO DEL PROYECTO

“El desarrollo tecnológico que se ha venido presentando durante las últimas décadas ha sido verdaderamente sorprendente como para asegurar, sin temor a equivocación alguna, que es en este siglo en donde la modernización tecnológica ha logrado avanzar de manera vertiginosa en comparación con las anteriores. En la actualidad, uno de los campos de la actividad humana donde se manifiesta con mayor contundencia la modernización tecnológica es el de las telecomunicaciones que se encuentra, también en acelerada evolución”. (Introducción a las telecomunicaciones modernas) (2001)

Según se establece en el Anexo de la Ley 32/2003 (Ley General de las Telecomunicaciones): “Una red de telecomunicaciones está formada por los sistemas de transmisión y, cuando proceda, los equipos de conmutación y demás recursos que permitan la transmisión de señales entre puntos de terminación definidos mediante cable, medios ópticos o de otra índole” (Jose Manuel Huidobro Moya, 2006)

El objetivo fundamental de un sistema electrónico de comunicaciones, es transferir información de un lugar a otro. Por consiguiente, se puede decir que las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares, mediante circuitos electrónicos. (Tomasi, 2003).

“La radiocomunicación es una forma de telecomunicación que se realiza a través de ondas de radio u ondas hertzianas, la que a su vez está caracterizada por el movimiento de los campos eléctricos y campos magnéticos. La comunicación vía radio se realiza a través del espectro radioeléctrico cuyas propiedades son diversas dependiendo de sus bandas de frecuencia. Así tenemos bandas conocidas como baja frecuencia, media frecuencia, alta frecuencia, muy alta frecuencia, ultra alta frecuencia, etc. En cada una de ellas, el comportamiento de las ondas es diferente.” (Graf, 1999)

Aunque se emplea la palabra radio, las transmisiones de televisión, radio, radar y telefonía móvil están incluidos en esta clase de emisiones de radiofrecuencia.

Con el paso de los años y el avance de la tecnología la radiofrecuencia se ha convertido en una herramienta fundamental para la transmisión de información a través de largas distancias, es así que no sorprende su aplicación en el campo industrial y residencial por parte de compañías distribuidoras de energía.

Las “Telecomunicaciones Radioeléctricas, Son aquellas que utilizan la atmosfera terrestre para transmitir las señales por medio de ondas

electromagnéticas, ondas de radio, microondas; esta atmosfera actúa como medio que depende de la frecuencia a la cual se transmite.” (Brito Moncayo, 2013)

El familiarizarse con estos términos nos resultara de gran ayuda en el transcurso de la lectura de este apartado es así que para (Moya, 2011) en cuanto a la transmisión y recepción: “Una onda de radio se origina cuando una partícula cargada (por ejemplo, un electrón) se excita a una frecuencia situada en la zona de radiofrecuencia (RF) del espectro electromagnético. Otros tipos de emisiones que caen fuera de la gama de RF son los rayos gamma, los rayos X, los rayos infrarrojos, los rayos ultravioletas y la luz.”

Cuando la onda de radio actúa sobre un conductor eléctrico (la antena), induce en él un movimiento de la carga eléctrica (corriente eléctrica) que puede ser transformado en señales de audio u otro tipo de señales portadoras de información.

Las primeras transmisiones para entretenimiento regulares comenzaron en 1920 en Argentina. El día 27 de agosto desde la azotea del Teatro Coliseo de Buenos Aires, la Sociedad Radio Argentina transmitió la ópera de Richard Wagner Parsifal, comenzando así con la programación de la primera emisora de radiodifusión en el mundo. (Zigiotto, 2008)

Después del descubrimiento de las "ondas hertzianas" (el término "radio" se adoptaría unos 20 años) muchos científicos e inventores experimentaron con la transmisión inalámbrica. (Al-Khalili, 2011)

Los primeros sistemas de radiocomunicaciones fueron radioenlaces entre dos puntos y sistemas de radiodifusión. En los años 60 entran en juego las comunicaciones vía satélite y en 1979 aparecen, en UHF, los primeros sistemas públicos de comunicaciones móviles denominados también TMA (telefonía móvil automática) o en inglés PMLR networks (Public Land Mobile Radio networks). A partir de los 90 se impulsan las redes de datos inalámbricas. Otros sistemas RF relacionados son el radar y los sistemas de radiolocalización y radiodeterminación. (MURILLO FUENTES, 2007)

Las mejores características de las redes modernas de telecomunicaciones, también permiten la introducción de una serie de novedosos y benéficos servicios que han probado ser de vital importancia para elevar la productividad y disminuir costos de producción de gran cantidad de negocios relacionados con la actividad económica, social y política de diferentes países. (Pérez, 2001)

La información que se envía sobre los sistemas de telecomunicaciones normalmente se clasifica como información analógica y de datos. La señal analógica es un tipo de onda eléctrica cuya forma es directamente analógica a la información que representa (por ejemplo, voz o una imagen de televisión).

Datos por otro lado, es el término que se emplea para describir información en la forma de texto y números. Los elementos que la forman comúnmente se conocen como caracteres alfanuméricos. (Pérez, 2001)

Los sistemas de comunicaciones evolucionaron con las modulaciones. Si primero se transmite en AM, luego se hace en banda lateral única (BLU ó SSB-single side band). De AM se pasa a la modulación FM ó PM, que es más robusta a interferencias y al ruido. Las modulaciones analógicas dieron entonces paso a las digitales: ASK, FSK, BPSK, QPSK. (MURILLO FUENTES, 2007)

En consecuencia, la información que se transmite por ondas de radio ha cambiado su enfoque en esta nueva era, con la aparición del internet este puede ser más competitivo, pero también una gran aliada. (Herreros, 2011)

El proceso de mediamorfosis de la radio ha conllevado el desarrollo de nuevas fórmulas de participación basadas en la interactividad. Con la adopción de las redes sociales la radiofonía en línea ganó proximidad con su comunidad de oyentes-usuarios. (Videla R. José, 2013)

Pero esta no es mera adaptación a una plataforma o lenguaje, implica una construcción, un desarrollo y una difusión o expansión activa. ¿Puede la radio sumarse a esta nueva forma de entender la comunicación? No solo puede y debe, sino que ya empieza a hacerlo afirma (Martínez, 2015)

En el caso de las transmisiones por radio, la transposición del medio convencional a la web no solo ha dotado al medio de una extensión asincrónica de gran potencial. (Peña Jiménez, 2014)

Sino que se debe situar en un contexto de eclosión de los dispositivos tecnológicos personales (especialmente los dispositivos móviles de altas prestaciones) que llevarán al desarrollo de un consumo individual del medio. (Forero, 2013)

Para la transferencia efectiva de información entre dos puntos, deben existir 4 componentes fundamentales: un dispositivo de transmisión, un mecanismo de transporte, un dispositivo de recepción y que el transmisor envíe solo la información que sea compatible para el receptor. Los 4 componentes anteriores forman un sistema de telecomunicaciones. (Pérez, 2001)

La técnica de la radiocomunicación consiste en la superposición de la información que se desea transmitir en una onda electromagnética soporte, llamada portadora. (José Maria Hernando, 2013)

RFID es el acrónimo de Radio Frequency Identification, que viene a ser en castellano, Identificación por Radio frecuencia. Se trata de una tecnología basada en la utilización de un pequeño chip adherido a un producto, y a través del cual es posible mantener un rastreo de su localización, este es el mismo

principio de funcionamiento que se usara para crear el enlace entre los medidores RF y la antena conectada al equipo con el que se realizara la lectura de consumo de un usuario residencial.

La tecnología RFID está marcando un gran avance en la industria en lo que a captura automática de datos se refiere. Un sin número de aplicaciones de la tecnología permiten a las empresas disponer de información actualizada de sus inventarios y del movimiento de sus productos. (Monsalve, 2006)

Un sistema RF está compuesto por el equipo de medición y un dispositivo portable conectado a un módulo con una antena, que al recibir energía vía radio desde un emisor exterior responde con una señal, indicando su estado y posición.

El objetivo en el diseño de receptores RF es obtener una buena sensibilidad y selectividad. Con la primera aseguramos que se recibe la señal adecuadamente a niveles bajos de señal recibida. De hecho, la sensibilidad de un receptor es la mínima potencia a su entrada que garantiza una calidad determinada a su salida. A medida que la distancia entre transmisor y receptor aumenta, la señal recibida es de menor potencia y el receptor debe introducir poco ruido y tener una gran ganancia. Así se reciben señales de $1\mu\text{V}$ que hay que amplificar 120 dB hasta el nivel del voltio. Con una buena selectividad conseguimos sintonizar sólo la señal (canal) de interés. (MURILLO FUENTES, 2007)

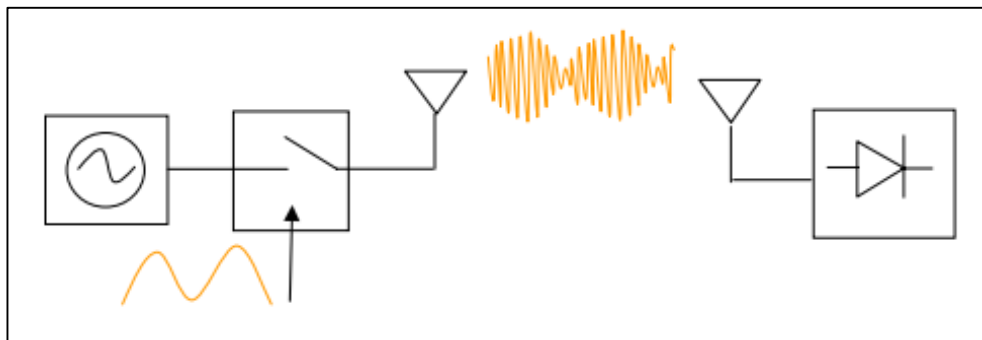


Figura 1. Sistema elemental de radiocomunicación.
(Tomado de Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación, F. Murillo J. José)

Este principio puede ser aplicado en el campo eléctrico específicamente a la toma de lecturas de consumo de uso residencial, mediante la utilización de medidores que cuentan con tecnología de radiofrecuencia.

El consumo residencial se refiere al servicio eléctrico orientado a inmuebles que sirven exclusivamente de alojamiento residencial permanente como casas, apartamentos o condominios. Su facturación se enfoca en el consumo de energía kilowatt-hora, el cual es almacenado en un registro de memoria del medidor de energía.

En la actualidad la actividad de tomas de lecturas en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados presenta inconvenientes en cuanto a la adquisición de datos de los medidores, los cuales se realizan mediante la inspección de los medidores por parte de un técnico operario en el lugar donde este se encuentre ubicado, es decir representa costos operacionales, de movilización y presenta ineficiencias al momento de su registro y almacenamiento.

Un dato importante a mencionar es que la CNEL EP UN Santo Domingo cuenta con aproximadamente 240.000 clientes en su área de concesión, y de estos un estimado del 10% que correspondería a aproximadamente 24000 clientes que presentan reclamos que tienen que ver específicamente con los datos erróneos de las mediciones, estos pueden suscitarse por una fotografía en mal estado o por la digitación numérica que en ocasiones se presta a confusiones en cantidades cuantificables. El valor registrado debe ser preciso, sin ninguna alteración ya que esta información se almacenará para su posterior entrega hasta el Departamento de Facturación de la empresa distribuidora de energía para que éste pueda emitir el cobro exacto a sus respectivos clientes residenciales según el pliego tarifario que dicta la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos correspondiente.

Por ello es que varias empresas en el sector eléctrico encargadas del monitoreo y levantamiento de información para su respectiva entrega hacia la CNEL EP UN Santo Domingo, han optado por el uso de nuevas tecnologías, las cuales permitan optimizar el manejo de datos e información valiosa, sin dejar de lado el objetivo primordial para la CNEL que consiste en reducir a 0% el número de quejas o reclamos por motivos de mediciones o manejo de la información de forma errónea. A través del estudio y desarrollo de nuevos sistemas de medición.

Como solución se propone el uso de dispositivos de transmisión por radiofrecuencia, las ondas de radio empleadas pueden estar comprendidas dentro de un rango de frecuencias o banda.

A continuación, se incluyen tres tablas con clasificaciones de bandas de frecuencias. En la primera de ellas, tabla 1, se incluye una clasificación ampliamente aceptada. Nótese que los incrementos de una banda a otra se realizan en decenas, de forma que el ancho de banda se va multiplicando por 10.

Tabla 1. Clasificación de bandas de frecuencias.

Banda	Denominación	frec. mínima	frec. máxima	λ máxima	λ mínima
ELF	Extremely Low Frequency	-	3 kHz	-	100 km
VLF	Very Low Frequency	3 kHz	30kHz	100 km	10 km
LF	Low Frequency	30 kHz	300 kHz	10 km	1 km
MF	Medium Frequency	300 kHz	3 MHz	1 km	100 m
HF	High Frequency	3 MHz	30 MHz	100 m	10 m
VHF	Very High Frequency	30 MHz	300 MHz	10 m	1 m
UHF	Ultra High Frequency	300 MHz	3 GHz	1 m	10 cm
SHF	Super High Frequency	3 GHz	30 GHz	10 cm	1 cm
EHF	Extremely High Frequency	30 Ghz	300 GHz	1 cm	1 mm

(Tomado de Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación, F. Murillo J. José)

En la Tabla 2. se incluye una subdivisión de las bandas VHF y UHF, donde se opera en la radiodifusión de audio y video. En la tabla 3 se incluye también una subdivisión de las últimas bandas, las correspondientes al GHz. Estas denominaciones son muy comunes en algunos sistemas como los de comunicaciones por satélite.

Tabla 2. Bandas I a V para VHF y UHF.

Banda	Frec mínima	Frec máxima	Canales
I	47 MHz	68 MHz	2,3,4 VHF
II	88 MHz	108 MHz	FM
III	174 MHz	230 MHz	5 al 12 VHF
IV	470 MHz	606 MHz	21 al 37 UHF
V	606 MHz	862 MHz	38 al 69 UHF

(Tomado de Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación, F. Murillo J. José)

Tabla 3. Clasificación de la banda de microondas.

Banda	frec. mínima	frec. máxima	l máxima	l mínima
L	1 GHz	2 GHz	30 cm	15 cm
S	2 GHz	4 GHz	15 cm	7.5 cm
C	4 GHz	8 GHz	7.5 cm	3.75 cm
X	8 GHz	12.4 GHz	3.75 cm	2.42 cm
Ku	12.4 GHz	18 GHz	2.42 cm	1.66 cm
K	18 GHz	26.5 GHz	1.66 cm	1.11 cm
Ka	26.5 GHz	40 GHz	11.1 mm	7,5 mm
mm	40 GHz	300 GHz	7.5 mm	1 mm

(Tomado de Fundamentos de Radiación y Radiocomunicación, F. Murillo J. José)

1.1.1. DEFINICIÓN DE REDES.

Es un conjunto de ordenadores o equipos inteligentes que pueden comunicarse entre sí por un medio en particular.

1.1.1.1. Tipos de redes

a) Según su tamaño y extensión

- **Redes LAN.** - las redes de área local son redes de ordenadores cuya extensión de operación efectiva esta entre los 10 m y 1 Km estas redes son consideradas de bajo alcance y son mayormente utilizadas en oficinas, colegios y empresas que utilizan tecnología broadcast es decir que todos los equipos están conectados a un solo cable, la velocidad con la que se trabaja esta entre los 10 y 100 Mbps.
- **Redes MAN.** - son redes de área metropolitana que generalmente abarcan la extensión correspondiente a una ciudad, comprenden áreas de hasta 10 Km.
- **Redes WAN.** - las redes de área amplia son una compilación de redes LAN conectadas por una sub red y por distintos medios de comunicación interconectados entre sí por Routers que se encargan de dirigir los paquetes de datos a su destino final, su extensión puede ser de entre 100 y 1000 Km.
- **Red cableada.** – es una red en la que se conectan mediante cable ordenadores y otros periféricos. A través de una red se puede intercambiar archivos y también enviar datos a otros dispositivos, el cable es el medio a través del cual fluye la información en dicha red.
- **Redes Inalámbricas.** - las redes inalámbricas a diferencia de las otras redes antes mencionadas estas no tienen medios físicos, la transmisión de información de cualquier tipo se hace por medio de ondas de radio, microondas, satélites o infrarrojos.

b) Según la tecnología de transmisión

- **Redes de broadcast.** - son redes en las cuales la comunicación se mantiene por un solo canal de comunicación, es decir un paquete enviado por una máquina que será el mismo para todos sus receptores.
- **Redes punto a punto.**- son aquellas en las que se pueden conectar pares individuales de máquinas, es necesario entender que para poder transmitir un paquete entre máquinas en ocasiones es necesario que el paquete pase por máquinas intermedias, siendo obligado en tales casos a un trazado de rutas mediante un router. (Groth & Skandier, 2005)

c) Según la transferencia de datos que soportan

- **Redes de transmisión simple.** - son aquellas en las que la información comprendida por paquete de datos se transmite en un solo sentido.
- **Redes half dúplex.** - son aquellas en las que la información puede ser transmitida en ambos sentidos (emisor- receptor) pero en un solo sentido a la vez.
- **Redes full dúplex.** - corresponden a aquellas en que la información puede viajar en ambos sentidos a la misma vez.

1.1.1.2. Topología de redes

Cuando se habla de la topología de una red, se hace referencia a su configuración. Esta configuración recoge tres campos: físico, eléctrico y lógico. El nivel físico y eléctrico se entiende como la configuración del cableado entre dispositivos de control o conmutación. Cuando hablamos de la configuración lógica tenemos que tomar en cuenta como se trata la información dentro de una red, como se dirige de un sitio a otro o como la recoge cada estación. Entre los tipos de topologías de redes tenemos:

▪ Topología en estrella

En esta topología todos los elementos de la red están conectados directamente a un nodo central mediante un enlace punto a punto, si se cae el nodo central se cae toda la red y si hay un fallo en un cable solo se cae el nodo al cual pertenece el cable. En la figura 2 se representa una topología en estrella.

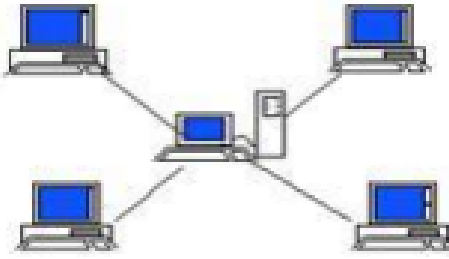


Figura 2. Topología en estrella.
(William, 1998)

- **Topología en bus**

En este tipo de topología los nodos están conectados en serie o linealmente por medio de un cable o bus, los paquetes emitidos por un nodo recorren todo el bus alcanzando los demás nodos, y cada nodo debe reconocer la información que viaja por el bus para saber cuál le corresponde a cada uno. En la figura 3 se representa una topología bus.

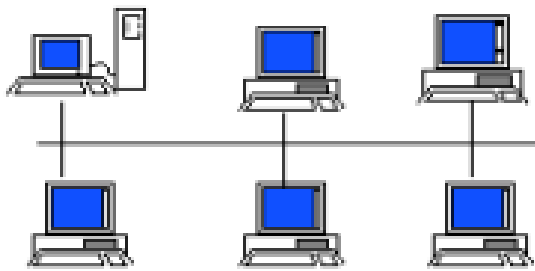


Figura 3. Topología bus.
(William, 1998)

- **Topología anillo**

En este caso los nodos de la red se disponen en un anillo cerrado conectado mediante enlaces punto a punto, la información describe una trayectoria circular en una sola dirección, en el que el nodo principal es quien gestiona conflictos entre nodos al evitar la colisión de tramas de información. En la figura 4 se representa una red con topología anillo.



Figura 4. Topología anillo
(William, 1998)

- **Topología árbol**

Este tipo de topología permite que la red sea más flexible y se expanda, al mismo tiempo asegura que nada más exista una ruta de datos entre dos terminales cualesquiera, su primer nodo se encuentra en la raíz, como se muestra en la figura 5.

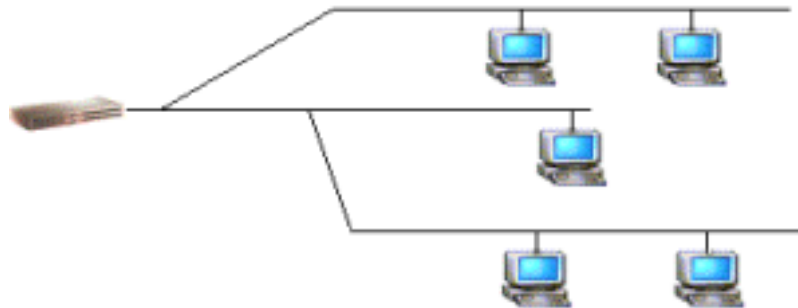


Figura 5. Topología árbol
(William, 1998)

- **Topología mesh**

Este resulta de la combinación de más de una topología, como podría ser un bus con una estrella o cualquier otra combinación, como se muestra en la figura 6.



Figura 6. Topología Mesh
(William, 1998)

1.1.2. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Comunicación inalámbrica es aquella en la que los extremos de la comunicación (emisor y receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos solo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, ordenadores de mesa, ordenadores portátiles, teléfonos móviles, smartphones, etc. Como se muestra en la figura 7.

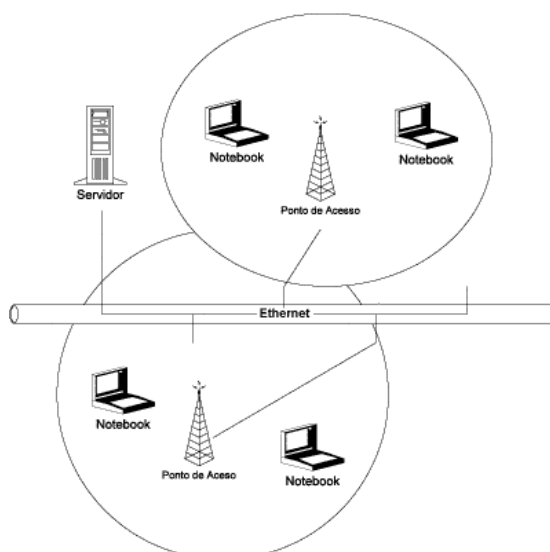


Figura 7. Esquema de una red inalámbrica.
(Martin, 2003)

1.1.2.1. Red inalámbrica

El término red inalámbrica (Wireless Network) es un término que se utiliza en informática para designar la conexión de nodos sin necesidad de una conexión física, se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y recepción se realizan a través de puertos.

Una de sus principales ventajas es notable reducción en los costos de instalación, ya que se elimina todo el cable ethernet y las conexiones físicas entre nodos, pero se tiene una desventaja considerable ya que para este tipo de red se debe tener una seguridad mucho más exigente y robusta para evitar los intrusos.

En la actualidad las redes inalámbricas son una de las tecnologías más prometedoras.

1.1.2.2. Categorías de las redes inalámbricas

Existen dos categorías para las redes inalámbricas:

- a) Larga distancia: estas son utilizadas para distancias grandes como puede ser entre ciudades u otros países.
- b) Corta distancia: son utilizadas para distancias de menor alcance como puede ser entre varios edificios cercanos.

Por lo general las redes inalámbricas se clasifican en varias categorías, de acuerdo al área geográfica desde la que el usuario se conecta a la red (denominada área de cobertura), como se muestra en la figura 8.

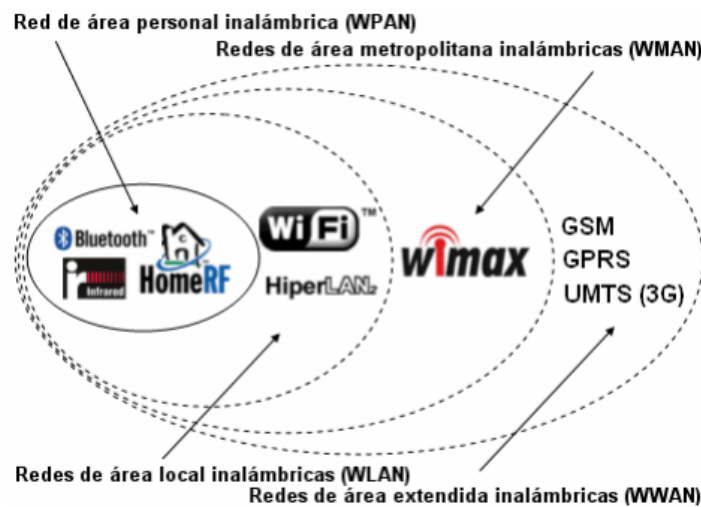


Figura 8. Categorías de una red inalámbrica (Martin, 2003)

- Red de área personal inalámbrica (WPAN)
En este tipo de red de cobertura personal, existen tecnologías basadas en:
 - a) **Home RF.** - estándar para conectar todos los teléfonos móviles de la casa y los ordenadores mediante un aparato central.
 - b) **Bluetooth.** - protocolo que sigue la especificación IEEE 802.15.1
 - c) **ZigBee.** - está basado en la especificación IEEE 802.15.4 y es utilizado en aplicaciones como la domótica, que requiere

comunicación segura con tasas bajas de transmisión de datos y maximización de la vida útil de sus baterías, bajo consumo.

d) RFID. - es un sistema remoto de almacenamiento y recuperación de datos con el propósito de transmitir la identidad de un objeto (similar a un número de serie único) mediante ondas de radio.

- **Redes de área local inalámbrica (WLAN)**

En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en:

a) HiperLan (High Performance Radio LAN). - es un estándar del grupo ETSI.

b) Wi-Fi. - que sigue el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.

- **Redes de área metropolitana inalámbrica (WMAN)**

Para estas redes se encuentran tecnologías basadas en:

a) WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Acces, es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas). - es un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WIMAX es un protocolo parecido al Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. También podemos encontrar otros sistemas de comunicaciones como LMDS (Local Multipoint Distribution Service).

- **Redes de área extendida inalámbrica (WWAN)**

Es estas redes encontramos tecnologías como:

a) UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). - utilizada con los teléfonos móviles de tercera generación (3G)

b) GSM para móviles 2G

c) GPRS (General Packet Radio Service)

1.1.2.3. Características de una red inalámbrica

Enlaces Punto a Punto (PTP). - Las redes punto a punto se aplican para un tipo de arquitectura de red específica, en la que cada canal de datos se usa para comunicar únicamente dos nodos. (MTM-TELECOM, 2012)

Enlaces Punto a Multipunto (PMTP). - En un enlace punto a multipunto, existe un punto central el cual se comunica con varios otros puntos remotos. Esto implica que la comunicación se efectúa únicamente entre el punto central y los remotos, y de éstos hacia el central; no existe comunicación entre los remotos.

Según el rango de frecuencias utilizado para transmitir, los medios de transmisión pueden ser ondas de radio, las microondas terrestres o por satélite, y los infrarrojos, por ejemplo. Dependiendo del medio, la red inalámbrica tendrá unas características u otras:

- **Ondas de radio:** las ondas de radio son omnidireccionales, así que no son necesarias las antenas parabólicas. La transmisión no es sensible a las atenuaciones producidas por la lluvia ya que opera en frecuencias no demasiado elevadas. En este rango se encuentran las bandas desde la ELF que va de 3 a 30 Hz, hasta la banda UHF que va de los 300 a los 3000 MHz, es decir comprende el espectro radioeléctrico de 30 – 3000000 Hz.
- **Microondas terrestres:** se utilizan antenas parabólicas con un diámetro aproximado de tres metros. Tienen una cobertura de kilómetros, pero con el inconveniente de que el emisor y el receptor deben estar perfectamente alineados. Por eso, se acostumbran a utilizar enlaces punto a punto en distancias cortas. En este caso, la atenuación producida por la lluvia es más importante ya que opera en una frecuencia más elevada. Las microondas comprenden las frecuencias desde 1 hasta 300 GHz.
- **Microondas por satélite:** se hacen enlaces entre dos o más estaciones terrestres que se denominan estaciones base. El satélite recibe la señal (denominada señal ascendente) en una banda de frecuencia, la amplifica y la transmite en otra banda (señal descendente). Cada satélite opera en unas bandas concretas. Las fronteras frecuenciales de las microondas, tanto las terrestres como por satélite, con los infrarrojos y las ondas de radio de alta frecuencia se mezclan bastante, así que puede haber interferencias con las comunicaciones en determinadas frecuencias.
- **Infrarrojos:** se enlazan transmisores y receptores que modulan la luz infrarroja no coherente. Deben estar alineados directamente o con una reflexión en una superficie. No pueden atravesar las paredes. Los infrarrojos van desde 300 GHz hasta los 384 THz.

1.1.2.4. Aplicación de las redes inalámbricas

Las bandas más importantes con aplicaciones inalámbricas, del rango de frecuencias que abarcan las ondas de radio, son la VLF (comunicaciones en navegación de submarinos), LF (radio AM de onda larga), MF (radio AM de onda media), HF (radio AM de onda corta), VHF (radio FM y TV), UHF (TV).

Mediante las microondas terrestres, existen diferentes aplicaciones basadas en protocolos como Bluetooth o ZigBee para interconectar ordenadores portátiles, teléfonos u otros dispositivos. También se utilizan las microondas para comunicaciones con radares y para la televisión digital terrestre.

Las microondas por satélite se usan para la difusión de televisión por satélite, transmisión telefónica a larga distancia y en redes privadas. (Gutierrez, s.f.)

Es necesario señalar que en el Ecuador es espectro radio electromagnético se encuentra regulado por la ARCOTEL, misma que dispone de categorías para el uso de bandas de radio divididas en bandas licenciadas, las cuales son de uso exclusivo de entidades autorizadas por la ARCOTEL. Y bandas de uso libre las cuales no requieren de una licencia, pero si del cumplimiento de parámetros establecidos por la ARCOTEL para su operación.

Según el anexo 1. CONDICIONES DE OPERACIÓN PARA EQUIPOS QUE OCUPEN ESPECTRO DE USO LIBRE en su Apartado 2. BANDAS DE USO LIBRE se establece:

“Salvo que en la presente norma técnica se indique lo contrario, ningún transmisor intencional deberá sobrepasar los límites de intensidad de campo indicados en la siguiente tabla:”

Frecuencia (MHz)	Intensidad de campo ($\mu\text{V/m}$)	Distancia de medición (m)
0.009-0.490	$2400/f$ (kHz)	300
0.490-1.705	$24000/f$ (kHz)	30
1.705-30.0	30	30
30-88	100	3
88-216	150	3
216-960	200	3
Por encima de 960	500	3

Figura 9. Límites generales para cualquier transmisión internacional
UIT-R SM.2153-5 ARCOTEL

Y en su apartado 2.2 EXCEPCIONES O EXCLUSIONES DE LOS LÍMITES GENERALES, En las siguientes bandas, los límites establecidos reemplazan a los límites generales:

Banda de frecuencias	Tipo de utilización	Límite de emisión
	O para transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
614-806 MHz	Exclusivamente para señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	O para transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
806-890 MHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
890-915 MHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Señales utilizadas para medir las características de un material	500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m
915-928 MHz	RLAN	Potencia de salida de cresta de 500 mW
	Sensores de perturbación de campo	500 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Teléfonos inalámbricos	50 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Señales utilizadas para medir las características de un material	500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m
	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
928-940 MHz	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Señales utilizadas para medir las características de un material	500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 30 m
940-960 MHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
1.24-1.3 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
1.427-1.435 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
1.6265-1.6455 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
1.6465-1.66 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
1.71-1.7188 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
1.7222-2.2 GHz	Señales intermitentes de control	12 500 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
	Transmisiones periódicas	5 000 $\mu\text{V}/\text{m}$ a 3 m
1.91-1.92 GHz	Teléfonos inalámbricos	Potencia de salida de cresta de 250 mW

Figura 10. Sección de la tabla de Límites para transmisiones UIT-R SM.2153-5 ARCOTEL

De acuerdo a las disposiciones de la ARCOTEL antes citadas, se corrobora que la frecuencia de trabajo utilizada en este estudio se encuentra dentro de los límites para las bandas de frecuencia no licenciadas comprendidas entre los 890-915 MHz como se aprecia en la figura 10.

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. GENERALIDADES

La Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), de acuerdo al artículo 15, Atribuciones y deberes, de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, posee entre sus atribuciones el realizar estudios y análisis técnicos, económicos y financieros para la elaboración de las regulaciones, pliegos tarifarios y acciones de control; así como el establecer los pliegos tarifarios para el servicio público de energía eléctrica y para el servicio de alumbrado público general; siendo una potestad del Directorio de ARCONEL la revisión y aprobación de los pliegos tarifarios.

La mencionada Ley en su artículo 3, define al Pliego Tarifario como el documento emitido por ARCONEL, que contiene la estructura tarifaria a aplicarse a los consumidores o usuarios finales, y los valores que le corresponde a dicha estructura, para el servicio público de energía eléctrica y el servicio de alumbrado público general.

Unos de los cambios profundos en el sector eléctrico, ha sido la fijación de la Tarifa Única, expedida mediante Mandato Constituyente No. 15 de la Asamblea, promulgado en el Suplemento del Registro Oficial No. 393 de 31 de julio de 2008, lo cual ha permitido la ejecución de importantes proyectos eléctricos de beneficio en todo el país.

Recuperado de: Arconel, Tarifas, Tarifas el Sector Eléctrico Ecuatoriano.<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:https://www.regulacionelectrica.gob.ec/tarifas-del-sector-electrico/&safe=high>)

1.2.2. SÍNTESIS DEL PROBLEMA.

Tomando como base datos del Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de licenciatura del Sr. Marco Calderón Bonilla, “el método actualmente utilizado por la CNEL Santo Domingo para leer y transmitir el consumo de energía eléctrica en abonados residenciales es propenso a errores y manipulación; además demanda muchos recursos en tiempo y dinero. Esto se traduce en poca fiabilidad, ineficiencia y pérdidas económicas para la institución.”

Actualmente, CNEL Santo Domingo realiza la adquisición de datos mediante empresas contratistas que envían cuadrillas de trabajadores que leen la información requerida desde la pantalla de cada medidor, lo escriben a mano en un listado de papel y posteriormente es transcrito en formato digital, adicionalmente se toma una fotografía de cada medidor en la ruta de lectura, para llegar finalmente hasta el departamento de facturación. El método utilizado por las empresas contratistas es independiente a la CNEL EP UN Santo Domingo, y evidentemente ha resultado ser poco eficiente; implica pérdidas económicas debido a la demanda de tiempo que requiere cada operador para cubrir una ruta de lectura específica, se debe tomar en cuenta el costo de transporte necesario para llegar a lugares más remotos, además, no está exento de errores durante todo el proceso en que se manipula la información ya que como se mencionó anteriormente muchos errores son ocasionados por el registro erróneo de la información.

Según datos proporcionados por la CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo, en la actualidad existen aproximadamente 17800 medidores RF instalados en el área urbana de la ciudad de Santo Domingo, los cuales disponen de la capacidad de transmitir las lecturas de consumo de forma inalámbrica pero que al no disponer de un sistema de comunicación RF son

utilizados como medidores electromecánicos a los que se les realiza las lecturas de forma manual y con una fotografía.

1.2.3. ENFOQUE DE SOLUCIÓN

A través del presente estudio se pretende estudiar y analizar los equipos que cuentan con la capacidad para la toma de lecturas de forma remota para medidores de energía de uso residencial, se propone como solución un sistema que permita realizar la toma de lecturas desde un dispositivo remoto y de forma inalámbrica. Esto conlleva a desarrollar una investigación y análisis de las condiciones de la zona de interés con el fin de que la propuesta de solución asegure la máxima cobertura de los medidores en evaluación, también debe garantizar que los datos recibidos del medidor sean correctos esto se dará conforme se vayan realizando las pruebas de campo, que permitirán conocer si se está cumpliendo con la normativa de la ARCONEL y utilizando el mínimo de recursos haciendo eficiente el sistema. Las tecnologías para desarrollar la comunicación remota serán evaluadas tanto en aspectos técnicos como económicos.

Ante la gran ventaja que presenta un sistema de medición remota, es decir utilizando la tecnología inalámbrica de Radio Frecuencia para la adquisición de datos, es imposible realizarnos la pregunta, ¿porqué no se utilizó antes?

La respuesta a esta incógnita se obtiene mediante un análisis de metodologías utilizadas para este trabajo investigativo, anteriormente en el medio no se disponían de estudios o fuentes concretas que afirmasen que la comunicación mediante RF prestase las características necesarias para este tipo de sistemas, es decir no había estudios bases o proyectos en los que se integrasen este tipo de tecnologías.

A partir del surgimiento de nuevas tecnologías, este tipo de sistemas de comunicaciones fueron tomando fuerza no solo en el sector eléctrico sino también a nivel industrial. Otra de las fortalezas para la aplicación de este tipo de tecnologías es su relativo bajo costo para su implementación, puesto que no representaría un gasto sino una inversión muy redituable a corto plazo tomando en cuenta la eficiencia evidenciada que supone esta tecnología para este tipo de aplicaciones.

El objetivo general del presente trabajo de investigación es analizar un sistema piloto de comunicación inalámbrica para la transmisión de lecturas de consumo eléctrico desde el medidor hacia un dispositivo móvil o portátil, implementado por CNEL EP UN Santo Domingo. Por medio del cual se desarrollará la propuesta de un sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial.

Dentro de los objetivos específicos los cuales nos permitirán llegar al objetivo principal tenemos:

- Determinar bajo qué condiciones el sistema de comunicación inalámbrica conformado por el medidor y el ordenador o dispositivo móvil funcionan correctamente.
- Realizar pruebas de campo para comprobar la conexión y transmisión de datos de forma inalámbrica entre dispositivos.
- Proponer la aplicación de un concentrador de datos para almacenar lotes de información, expresando las posibles ventajas de su aplicación.

2. METODOLOGÍA

2. METODOLOGÍA

2.1. RECONOCIMIENTO DEL PROBLEMA

La página oficial de ARCONEL, indica “Un sector eléctrico sostenible y sustentable, consistente con el cambio de la matriz energética y la matriz productiva, es hoy una realidad. Según datos de la Comisión de Integración Energética Regional –CIER, el Ecuador es el segundo país con los precios de energía eléctrica más bajos en Sudamérica.

El Representante del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable en el Directorio de ARCONEL, resaltó el hecho de que se está aprobando un esquema tarifario que no tendrá impacto alguno en la economía familiar e insistió en la importancia de mantener subsidios como el de la Tarifa Dignidad, para los usuarios residenciales de más bajos ingresos, que representan alrededor de 2 millones de hogares a nivel nacional. Destacó, asimismo, la importancia de implementar medidas tendientes al uso eficiente de la energía, sobre todo en el sector industrial y comercial.”

El Ing. Romel Analuisa del departamento Líder de control de energía de la CNEL EP Unidad de Negocio Santo Domingo comenta, “que una cuadrilla de lectores experimentados en promedio puede llegar a leer cerca de 900 medidores de energía en un solo día, a parte se debe realizar la transcripción de los datos de las rutas de lectura a una computadora, este proceso puede extenderse durante varias horas tomando en consideración que el promedio de medidores en una ruta de lectura oscila entre las 900-1200 unidades”.

La CNEL EP UN Santo Domingo no cuenta con un estudio concreto que indique qué porcentaje de los datos obtenidos presentan errores, ya sea por datos erróneos en las lecturas (normalmente se produce en el instante de registrar los datos del medidor en el lugar que se encuentre ubicado) o por la mala digitalización de la información.

Por otro lado, funcionarios del Departamento de Facturación mencionan que es muy común encontrar clientes quejándose porque su factura no refleja el consumo que ellos pueden apreciar en sus facturas o por que según ellos ni siquiera cuentan con equipos eléctricos (electrodomésticos y otros equipos) que demanden tales cantidades de energía.

Dar respuesta a estas quejas implica mayor tiempo de atención al cliente, pues requiere una corroboración de datos que conlleva varias etapas pero que en resumen se efectúa comparando los datos medidos con los datos que se evidencien en una fotografía adjunta de cada medidor que deben entregar los operadores de las cuadrillas de medición. Con esta información el departamento correspondiente debe brindar una solución inmediata para el usuario que evidentemente muestra su descontento.

A continuación, se presentan los equipos específicos que serán objeto de estudio, análisis y pruebas de campo que demostraran si cumplen con las condiciones necesarias para formar un sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial.

2.2. EQUIPOS UTILIZADOS

En el siguiente apartado se presentan los equipos y herramientas utilizadas para la consecución de los objetivos planteados anteriormente. Estos equipos son objeto de estudio según los requerimientos y compromisos establecidos entre la institución y el estudiante que desarrollo este proyecto.

2.2.1. MEDIDOR STAR.

De acuerdo con la ARCONEL todo medidor de energía de uso residencial debe estar sujeto a sus estándares de calidad, es así que de acuerdo a dichos estándares evaluaremos las características del Medidor de la marca STAR INSTRUMENT.

2.2.1.1. Criterios para la selección del tipo de medidor de energía

A continuación de describe la propuesta de solución del problema en correlación con los objetivos específicos planteados para este proyecto como son:

- Determinar bajo qué condiciones el sistema de comunicación inalámbrica conformado por el medidor y el ordenador o dispositivo móvil funcionan correctamente.
- Realizar pruebas de campo para comprobar la conexión y transmisión de datos de forma inalámbrica entre dispositivos.
- Proponer la aplicación de un concentrador de datos para almacenar lotes de información, expresando las posibles ventajas de su aplicación.

La propuesta de solución que se plantea en este proyecto de investigación consiste en un sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial, implica la intervención de un medidor que disponga con características referentes a la radio frecuencia (RF)

A continuación, se muestran los requerimientos necesarios para constatar que el medidor de energía se encuentra dentro de los lineamientos según los órganos de regulación en el Ecuador.

Comúnmente se utilizan medidores clases: 0,2, 0,2s, 0,5, 0,5s, 1 y 2. Siendo de mayor exactitud el medidor clase 0,2s.

El medidor debe cumplir, teniendo en cuenta la clase y según el caso, las siguientes normas:

NTC 2288 “Equipos de medición de energía eléctrica -C.A.-. Requisitos particulares. medidores electromecánicos de energía activa -clases 0,5, 1 y 2-.”, basada en la norma IEC 62053-11.

NTC 2147 “Medidores Estáticos de Energía Activa. Especificaciones Metrológicas para clase 0.2S y 0.5S”, basada en la norma IEC 62053-22.

NTC 4052 “Medidores Estáticos de Energía Activa para corriente alterna clase 1 y 2”, basada en la norma IEC 62053-21.

NTC 4569 “Equipos de medición de energía eléctrica –C.A.-. Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía reactiva (Clases 2 y 3)”, basada en la norma IEC 62053-23.

Es necesario mencionar que mientras mayor sea la precisión mayor será el costo de las tarifas aplicadas a los consumidores, es por ello para usuarios de tipo residencial basta con el cumplimiento del protocolo de comunicación IEC62053-21 para medidores de energía de clase 1.

Tabla 4. Resumen de requerimientos para el medidor de energía.

Característica	Requerido	Propuesta
Medidor	De disposición al fabricante	RF Star DTS27A
Frecuencia de operación	60Hz \pm 2% (60 \pm 1.2Hz)	60 \pm 3Hz
Voltaje fase neutro limite	Vmin 110V, Vmax 127V	120 \pm 20% (Vmin 96V, VMAX 144V)
Registro de consumo de energía	KWH	KWH
Registro de eventos	En caso de eventos anómalos, quejas o uso ilícito, los equipos deben ser sometidos a pruebas por una entidad competente	El medidor star cuenta con un software que permite registrar si es objeto de eventos anomalos.
Placa de identificación	a. Nombre de la empresa eléctrica b. Año de fabricación del medidor c. Numeración del medidor, mínimo 6 caracteres d. Tipo de servicio. Ejemplo “N” para sistema dos fases, tres hilos, 120/208V	Ver figura 11. Se muestra la placa base del medidor RF Star DTS27A
Lectura de contadores y facturación de servicio	El periodo de lectura puede variar entre 15 y 30 días naturales. La facturación dependerá del consumo de energía kWh de acuerdo con los pliegos tarifarios vigentes	La comunicación RF permite transmitir cada 15 minutos los datos de lectura y almacenarlos en el servidor de datos de facturación de la empresa distribuidora si es necesario..
Continuación...		

Continúa:		
Disponibilidad información	de	La empresa distribuidora debe establecer los mecanismos apropiados para transferir y suministrar toda la información financiera, contable, técnica y económica a la ARCONEL
Muestreo		16 veces por medio ciclo para el cálculo de valores rms
		El medidor Star cumple con estos requerimientos.
		16 veces por medio ciclo para el cálculo de valores rms

Fuente: Investigador



Figura 11. Placa base de medidor RD Star DTS27A
Placa base medidor RF Star 2019

De acuerdo con los requerimientos antes mencionados el medidor que cumple con estas características corresponde a un Star DTS27A para la lectura de medidas de consumo eléctrico siendo así que la CNEL EP UN Santo Domingo cuenta con un stock de 60000 unidades en sus bodegas listas para su respectiva instalación en caso de ser necesarias ya sea por cambio de medidores o por instalación y servicio a nuevos abonados.



Figura 12. Medidores RF en las bodegas del laboratorio de la CNEL EP UN Santo Domingo

Según datos proporcionados por la CNEL Santo Domingo actualmente se encuentran instalados aproximadamente 17800 medidores RF (los cuales cumplen la función de un medidor electromecánico digital) y cuentan con la visión entre reemplazar y proveer nuevos servicios a al menos otros 69000 abonados en lo que queda del año 2019.

Actualmente la CNEL EP UN Santo domingo cuenta con una proyección de instalación de medidores RF de 100 unidades diarias en términos ideales. Pero en la realidad se trabaja con una unidad operativa de instalación de aproximadamente 50-60 unidades diarias.

Todo esto según los lineamientos estipulados en el Plan Maestro de Electrificación 2013-2022 del CONELEC para el Estudio y gestión de la demanda eléctrica.

Medidor de energía DTS27A:

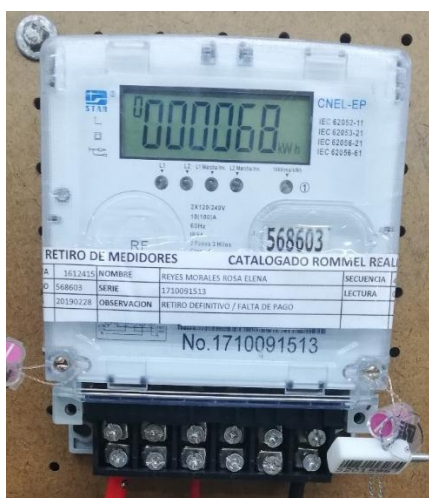


Figura 13. Medidor Star RF.

2.2.1.2. Normas de Fabricación.

La especificación del medidor de energía DTS27A de tres fases y cuatro hilos, cumple totalmente con las siguientes normas:

- IEC62052-11 Electricity metering equipment (a.c.)-General requirements, tests and test conditions Part 11: Metering equipment
- IEC62053-22 Electricity metering equipment (a.c.)-Particular requirements -Part 22: Static meters for active energy (classes 0.2S and 0.5S)
- IEC62053-23 Electricity metering equipment (a.c.) – Particular requirements –Part 23: Static meters for reactive energy (classes 2 and 3)

2.2.2. ESPECIFICACIONES Y PARÁMETROS

Tabla 5. Especificaciones y parámetros del medidor de energía DTS27A

Modelo	Clase	Voltaje nominal	Frecuencia	Corriente
DTS27A	1	2×127/220	60	10 (100)
Voltaje de operación normal: 0.8Un-1.2Un			Activo constante: 1000imp/kWh	
Voltaje de operación límite: 1.3Un				
Corriente de arranque: 0.004Ib			Peso: about 760g	
Consumo de potencia: Voltage circuit: ≤1W 8VA Current circuit: ≤0.5VA			Display: 6+0	
			Dimensiones:	
Sin carga: El medidor tiene un circuito lógico que evita la no carga.			Vida útil: 15 years	

(Tomado del Manual de Operaciones Medidor Electrónico de Energía DTS27A, Ecuador)

2.2.3. ERROR BÁSICO

Tabla 6. Errores básicos en la medición de energía Activa/Reactiva.

Corriente de carga	Factor de Potencia	Error básico	
		Clase 1.0	Clase 2.0
$0.05I_b \leq I < 0.1I_b$	1	±1.5	±2.0
$0.1I_b \leq I \leq I_{max}$	1	±0.8	±1.5
$0.1I_b \leq I < 0.2I_b$	0.5 lag	±1.0	±2.0
	0.8 lead	±1.0	—
$0.2I_b \leq I \leq I_{max}$	0.5 lag	±0.8	±1.5
	0.8 lead	±0.8	±1.5
Special needs of user $0.2I_b \leq I \leq I_b$	0.25 lag	±2.5	--
	0.5 lead	±1.5	--

(Tomado del Manual de Operaciones Medidor Electrónico de Energía DTS27A, Ecuador)

2.2.4. AMBIENTE

Tabla 7. Especificaciones y parámetros de ambiente de trabajo

Rangos de temperatura de operación normal	-20°C ~ +70°C
Rango límite para transporte y almacenamiento	-40°C ~ +80°C
Humedad promedio anual	<85%
Por 30 días, Estos días de difunden de manera natural Después de un año	Humedad 95%
Ocasionalmente en otros días	Humedad 85%

(Tomado del Manual de Operaciones Medidor Electrónico de Energía DTS27A, Ecuador)

2.3. PRINCIPIO DE OPERACIÓN

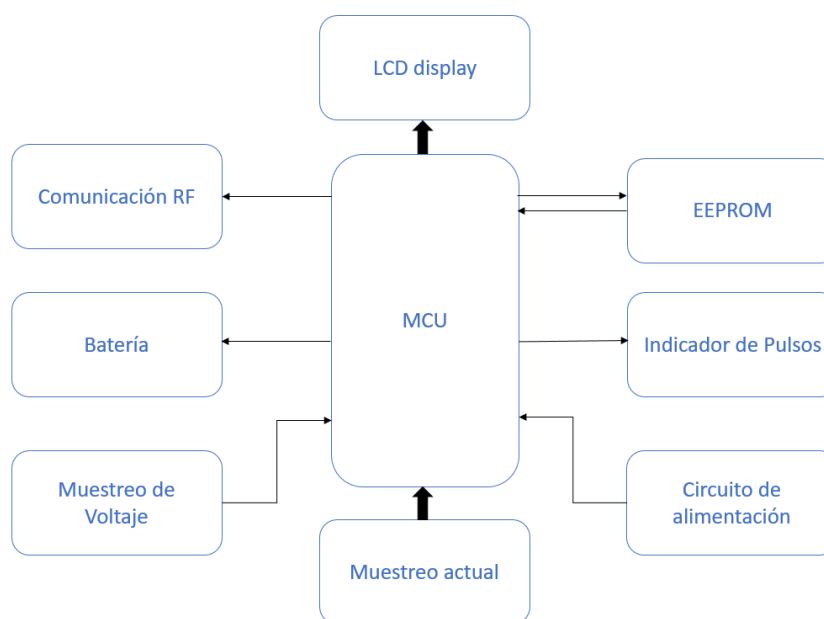


Figura 14. Diagrama de operación de medidor Star.

(Tomado del Manual de Operaciones Medidor Electrónico de Energía DTS27A, Ecuador 2019)

Este medidor de energía electrónico utiliza la corriente de las líneas N y L para la medición, el chip medidor de energía eléctrica independiente convierte la señal de energía eléctrica de las líneas N y L en una señal de pulso de línea única cuya frecuencia es proporcional a la potencia de consumo de energía eléctrica, luego utiliza un microprocesador para añadir la energía eléctrica acumulada. El medidor de energía mide la energía en un valor absoluto y en forma de acumulación posteriormente. (Star, 2017)

2.3.1. FUNCIONALIDAD MEDICIÓN DE ENERGÍA

Se realiza de las siguientes maneras.

Acumulación de valor absoluto: solo la energía directa e inversa además de la energía activa se acumulan para la energía total.

Acumulación posterior: solo se mide la energía activa posterior en las líneas N y L para la energía total.

Solo la computadora master puede leer la energía total y la energía inversa de cada tarifa actual e histórica.

2.3.2. TARIFA MÚLTIPLE TOU MEDICIÓN DE ENERGÍA

El medidor de energía se configura con múltiples tarifas cuando sale de fábrica, incluidos los cronogramas de las tarifas en el día laboral y en el fin de semana. Hay 4 tipos disponibles para la selección, el programa del periodo divide las 24 horas del día en hasta 12 periodos y especifica un tipo para cada periodo (uno de los cuatro tipos).

2.3.3. CÁLCULO DE LA DEMANDA MÁXIMA Y RESETEO A CERO.

El método de cálculo de la demanda máxima puede ser el modo de bloque o el modo corredizo (predeterminado), la demanda se calcula en función del consumo total de energía. El intervalo de demanda se puede configurar con contraseña en 5, 10, 15, 30, 60 minutos, pero es de 15 minutos (predeterminado), y el intervalo de la ventana corredizo es de 1 minuto.

Solo la computadora master con el password de nivel superior se puede usar para resetear la máxima demanda a cero.

2.3.4. GRABACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

El medidor de energía registra automáticamente la energía activa total y la energía activa de cada tarifa, la energía activa total acumulada inversa y la energía activa inversa acumulada en cada tarifa, así como la demanda máxima mensual.

El medidor de energía puede grabar los 12 meses de registro. Y los datos se colocan únicamente los registros del primer día de cada mes, se puede leer y escribir a través del software del equipo master.

2.3.5. MEDICIÓN EN TIEMPO REAL

Cuando el medidor de energía esta encendido, es capaz de medir el voltaje, la corriente, la potencia en tiempo real y sus datos se pueden leer mediante el software de administración y medición mediante el puerto RF.

2.3.6. RELOJ EN TIEMPO REAL

El medidor de energía tiene un reloj de tiempo real incorporado y utiliza la batería de litio de larga duración y respetuosa con el medio ambiente, la batería de respaldo garantiza que el reloj funcione normalmente en caso de un fallo en la alimentación. La batería de litio es capaz de suministrar energía al reloj y a la pantalla LCD durante un periodo prolongado en caso de fallo de la alimentación. La hora del reloj se puede sincronizar a través del software de la computadora master.

2.3.7. DISPLAY

El medidor de energía activa se muestra de forma predeterminada, y el elemento de la pantalla se puede configurar a través del software del equipo master.

2.3.8. DETECCIÓN DE EVENTOS

El medidor de energía es capaz de detectar y registrar eventos como el consumo de energía inverso, el apagado, la falla de fase, el estado de la batería y el error de memoria, así como la fecha y hora de su aparición. Los últimos 10 registros de eventos y tiempos acumulados de ocurrencia de estos eventos se pueden registrar.

- **Inversión:** cuando se invierte la potencia de cualquier fase, y la corriente invertida es mayor que el umbral correspondiente y dura 5 s, entonces el indicador de reversa se enciende. Si dicha condición dura 60 s, se confirma como evento de reversión, el número de veces que la inversión se incrementa en uno, y la hora de inicio de la inversión se registrará, cuando finalice el evento de inversión, se registrará la hora de finalización de la inversión. El valor de umbral de la corriente invertida es 0.05A, y puede leerse y escribirse a través del software de la computadora master.
- **Falla de fase:** Cuando el voltaje de cualquier fase es inferior a $0.6U_n$ y dura 5 s, entonces el indicador de falla de fase está encendido, si tal condición dura 60 s y se confirma como un evento de falla de fase, el número de veces de falla de fase aumentará uno, y se registrará la hora de inicio de la falla de fase; cuando finaliza el evento de falla de fase, y la hora de finalización también se registra.
- **Voltaje de batería bajo:** cuando la tensión de la batería es inferior a 3 V y dura 60 s, el número de veces que la tensión de la batería baja aumenta en uno, y se registra el tiempo de inicio de la tensión de la batería baja. Nota: la batería se detecta durante 3 segundos cada minuto, después de que se enciende el medidor de energía, a partir del

tercer segundo, se probará el voltaje de la batería y se volverá a probar el siguiente minuto.

2.3.9. COMUNICACIÓN RF

El medidor de energía está equipado con un puerto de comunicación de RF, a través del cual el medidor de energía puede leer los datos, establecer el intervalo de demanda máximo, configurar el reloj, la programación de la tarifa, etc.

El módulo RF utiliza la frecuencia central de 900 MHz para la comunicación ya que esta pertenece a una frecuencia libre que ofrece buena versatilidad en cuanto a transmisión de datos se refiere.

Es conveniente que los clientes lean los datos de consumo de energía. Al mismo tiempo, el cliente puede leer los datos de consumo de energía, establecer parámetros, establecer la tasa, eliminar la demanda y sincronizar el tiempo. La distancia de comunicación es a una distancia larga y conveniente para la operación.

Los primeros medidores con radiofrecuencia instalados en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, en su mayoría fueron destinados a conjuntos residenciales (ya que su instalación se realizó bajo bloques de pedidos mas no unitariamente), la ciudad de Santo Domingo por su ubicación geográfica presenta un elevado índice de crecimiento poblacional e industrial.

El jefe del departamento de medición de la CNEL Santo Domingo nos comenta que en la CNEL Santo Domingo están interesados en implementar un sistema que permita leer remotamente la información de los medidores, es por ello que se lleva a cabo esta investigación con el propósito de para posteriormente continuar desarrollando nuevos sistemas que brinden más cobertura a la ciudadanía.

2.3.10. C5000 PROGRAMABLE.

Este equipo portable es de gran utilidad al momento de realizar las lecturas manuales ya que permite ingresar los datos de las lecturas de consumo de energía de cada medidor para su posterior administración, cabe mencionar que el uso de este dispositivo no está exento de la mala digitación de las cantidades o valores de consumo ya que actualmente con este equipo se realiza el registro de información de lecturas de consumo de los medidores instalados en la ciudad. La descarga y procesamiento de la información almacenada en el dispositivo actualmente corre por cuenta de las empresas contratistas encargadas del proceso de levantamiento de información para la CNEL EP UN Santo Domingo en su área de concesión. caso de usarlo con un medidor convencional (sin RF).



Figura 15. Equipo utilizado C5000 Chainway (2018)

2.3.10.1. Características generales:

Diseño ergonómico que facilita su transporte, integra varias funciones y aplicaciones, integra el concepto “todo en uno”.

Contiene las siguientes funciones:

- Escaneo de código de barras.
- Adquisición imágenes
- Lector de Radiofrecuencia e Infrarrojos
- Conexión Wireless integrada.
- Sistema operativo programable.
- GPS

Características de funcionamiento:

- Batería de larga Duración.
- CPU: Samsung AEM920T @533MHz
- RAM+ROM (1) 128MB+1GB
- CPU (2) Cortex-A8 800MHz
- RAM+ROM (2) 256MB+4GB
- Expansion Supports up to 32 GB Micro SD card

Características de comunicación:

- WLAN: IEEE802.11 b/g/n
- WWAN: WWAN (3G version):
- GPRS (850/900/ 1800/ 1900MHz), WCDMA (900/ 2100MHz), WCDMA (850/ 2100MHz), WCDMA (850/ 1900MHz), CDMA2000 EVDO: 800MHz
- Antena acoplable UF/UHF
- WWAN (2Gversion): GPRS(850/900/1800/1900MHz)
- Bluetooth: Bluetooth 2.0+EDR
- GPS UBLOX NEO-6M (Low power consumption)
- UM200-III GNSS m GPS module, supports BD/GPS

Características de compatibilidad:

- Sistema Operativo: Windows Embedded CE 6.0
- SDK Chainway Software Development Kit
- Lenguaje: C++, C#, VB.NET
- Herramientas: Visual Studio 2005/2008

Ventajas de su uso:

- Fácil movilidad hacia el campo de trabajo
- Posee un software amigable con el operador
- Incorpora una antena para comunicación RF
- Recapta la señal de los medidores RF a una distancia efectiva de 600 metros. (sin línea de vista, más adelante se especificará el alcance del sistema remoto de lectura)

2.3.11. MODULO RF

El "RF MODULE (USB)" funciona como una antena RF acoplable al ordenador por medio de la cual se reciben las señales de radio emitidas por el Medidor. El módulo USB corresponde a una antena de tipo Monopolar con arreglos ya que es la más sencilla que se puede encontrar y utilizar en prácticamente todos los servicios de radio y telecomunicaciones, es muy común encontrarla en servicios de radio móvil.

Este módulo USB se conectará al ordenador portable ya que solo así y en conjunto con el software Star se logra enlazar el ordenador y el medidor RF.



Figura 16. Modulo RF (USB)

Características:

- Frecuencia de operación configurable (900MHz)
- Modelo: STA41-02UF-A1
- Conexión UHF

2.3.12. LAPTOP (COMPUTADOR PORTÁTIL)

Por cuestiones económicas se utilizó un ordenador portátil para que cumpla la función de un colector (concentrador) de información ya que el principio de funcionamiento básico de trabajo es el mismo.

Este ordenador portátil también se utilizó como ordenador master para las pruebas de campo, ya que por medio de este se realizaron las pruebas de adquisición de datos de consumo que registraban los medidores.

Características del ordenador portátil:

- Sistema operativo: Windows 10 pro
- Memoria RAM: 4Gb
- Disco duro: 500Gb
- Procesador: Inter Core i5, 3ra generación
- Puertos: 1HDMI, 3 USB 2.0, 1 ranura micro SD

2.4. PASOS APLICADOS EN LOS TEST REALIZADOS EN FORMA CRONOLÓGICA Y RESUMIDOS:

Estas pruebas tienen la finalidad de comprobar si el sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial integrado por los elementos antes descritos cumplirá con su objetivo que es la adquisición de información contenida en el medidor de forma inalámbrica.

Por medio de estas pruebas se pretende constatar que las prestaciones que ofrece el software del medidor cumplen y se apegan a las funciones que va a realizar dentro del sistema en cuestión.

Adicionalmente se realizarán pruebas de campo con el fin de establecer los límites de cobertura que tendrá el sistema remoto de lectura, así como el tiempo que toma enlazar los equipos que integran el sistema. Esto con el fin de realizar un análisis que nos permita realizar las acciones necesarias para volver el sistema más eficiente.

2.4.1. ENERGIZAR EL MEDIDOR

La conexión del medidor para estas pruebas fue a cuatro hilos, dos fases, un neutro y un retorno a un nivel de voltaje de 240V, 60Hz.

Todas las pruebas de campo se realizaron en las instalaciones de la CNELEP UN Santo Domingo específicamente en sus laboratorios.



Figura 17. Medidor Star 2018 en funcionamiento

Cabe mencionar que el medidor de energía Star cuenta con una batería de litio de larga duración de 12V, la cual se conecta internamente con la alimentación de 110/220 V mediante un transformador que se encuentra dentro del medidor, misma que permite que el medidor continúe emitiendo datos correspondientes a las lecturas de consumo, en caso de que se vaya a realizar el levantamiento de información del medidor, pero el sector en el que se encuentre el medidor no cuente con servicio de energía en ese instante.

2.4.2. INSTALACIÓN DEL SOFTWARE EN EL ORDENADOR/ EQUIPO MÓVIL.

La instalación del software se realizó en un corto tiempo ya que cuenta con una versión compatible con Windows10 pro. En un inicio se instaló la versión

beta la cual después de una serie de pruebas y una respectiva retroalimentación fue mejorando notablemente.

Esta retroalimentación contaba con notas sobre las deficiencias que encontramos en ese instante en el software, las cuales con cada parche se iban suprimiendo, las últimas pruebas se realizaron con la versión 1.5.3.170104 como se muestra en la figura 18. Y este parche, aunque no es el definitivo, cumple con todos los requerimientos para su integración en un sistema remoto de lectura de medidores de energía de uso residencial.



Figura 18. Versión de software medidor Star DTS27A
Screenshot Software Star 2019

2.4.3. CONFIGURACIÓN DEL SOFTWARE

Para poder acceder al software y su contenido es necesario contar con las credenciales de seguridad que solo operarios de la CNEL Santo domingo cuentan consigo.

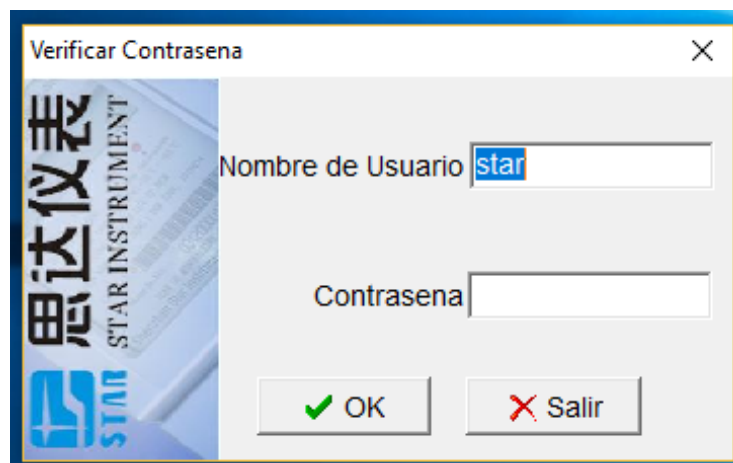


Figura 19. Ventana de acceso
Screenshot Software Star 2019

Cada operador contará con un ID que de acuerdo a su nivel o rangos jerárquicos le permitirán acceder a diferentes niveles de información. Como se muestra en las figuras 20 y 21.

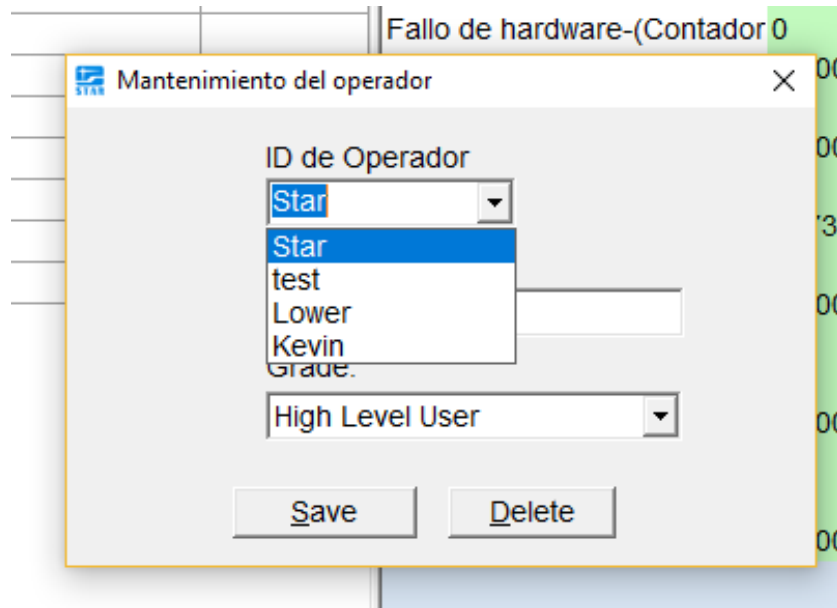


Figura 20. Ventana de acceso ID del operador
Screenshot Software Star 2019

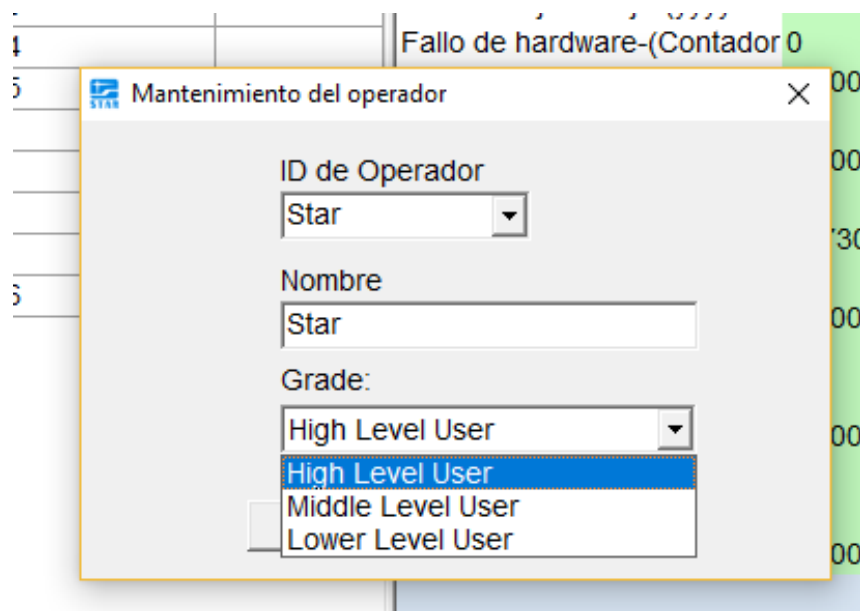


Figura 21. Ventana de acceso Rangos jerárquicos
Screenshot Software Star 2019

Una vez se haya ingresado un usuario y su respectiva contraseña se procedió a ingresar a la pantalla principal del software Star Instrument.

En ella podemos realizar el registro de los usuarios y medidores RF de forma manual o simplemente podemos importar una hoja de Excel que contenga la base de datos de las rutas de lectura asignadas a cada operador.

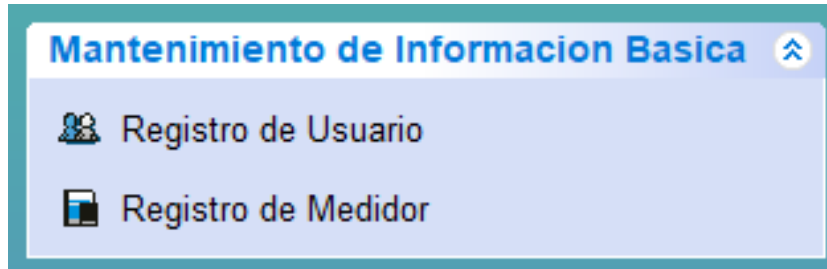


Figura 22. Pestaña de Mantenimiento e información básica que oferta el software del medidor RF.
Screenshot Software Star 2019

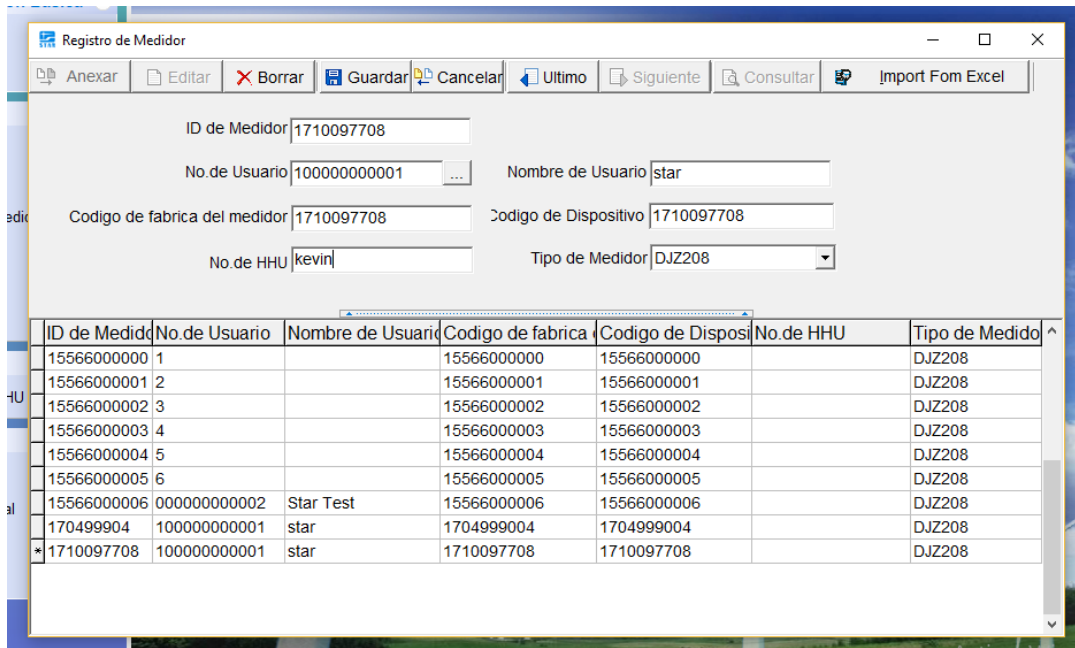


Figura 23. Ventana dispuesta para el registro de un medidor de acuerdo a su número de serie y tipo.
Screenshot Software Star 2019

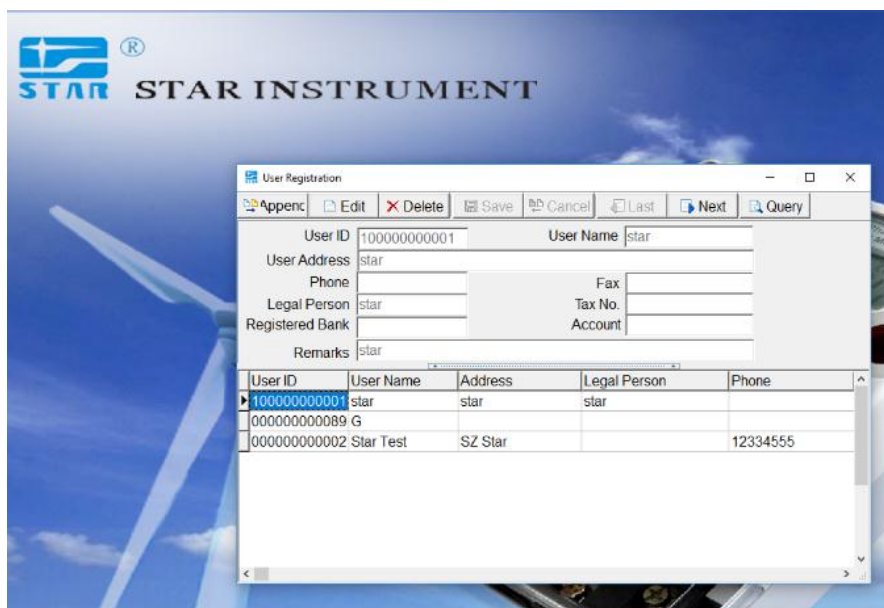


Figura 24. Ventana dispuesta para el registro de un nuevo usuario.
Screenshot Software Star 2019

Es preciso corroborar que la configuración predefinida por el software sea la correcta, de ser necesario se puede elegir las variables a monitorear de forma manual. Este paso se realiza accediendo a la ventana de “Parámetros del medidor y variables de programación”

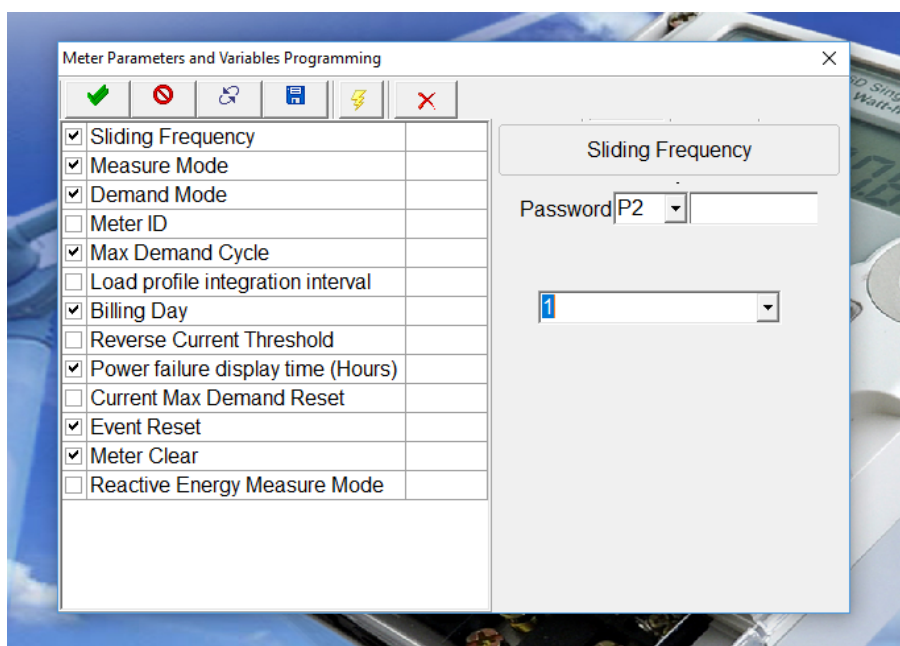


Figura 25. Ventana dispuesta para configurar parámetros del medidor.
Screenshot Software Star 2019

La configuración básica se realizó de forma rápida puesto el software es de fácil manejo y sus herramientas cuentan con cuadros de dialogo que hacen de su uso una buena experiencia.

2.4.4. PRUEBA DE CONEXIÓN O ENLACE PARA MEDICIÓN DE LECTURAS POR RADIOFRECUENCIA.

Para poder realizar estas pruebas primeramente se realizó el enlace entre el medidor RF Star y el dispositivo móvil, ya sea una laptop o un c5000 programable. El equipo portable debe estar conectado con el modulo antena RF.

Este enlace se efectúa ingresando el número de serie del medidor en el software Star que inmediatamente corrobora si dicho medidor se encuentra en la base de datos de la CNEL Santo Domingo, cabe mencionar que si un solo número de serie no concuerda este enlace no se realizará lo que denegará el acceso a la información contenida en el medidor.

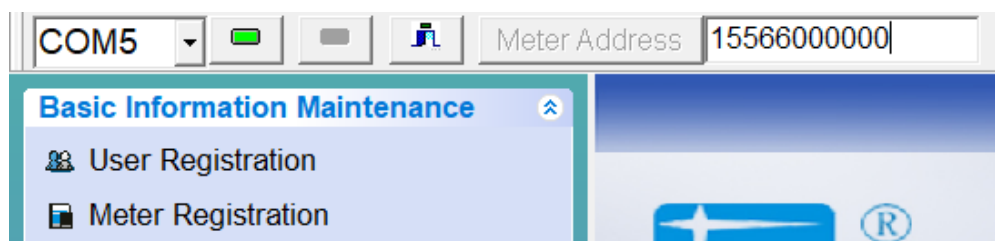


Figura 26. Herramienta utilizada para el ingreso del número de serie del medidor (METER ADDRESS).
ScreenShot Software Star 2019



Figura 27. Número de serie del medidor RF Star utilizado para las pruebas de campo.
ScreenShot Software Star 2019

Al hacer click en el botón verde de la figura 26 se establecerá el enlace con el medidor. Una vez realizado el enlace se procede mediante el software a realizar un control de la información que contiene el medidor, esta información puede ser corroborada mediante las herramientas el software entre las que tenemos:

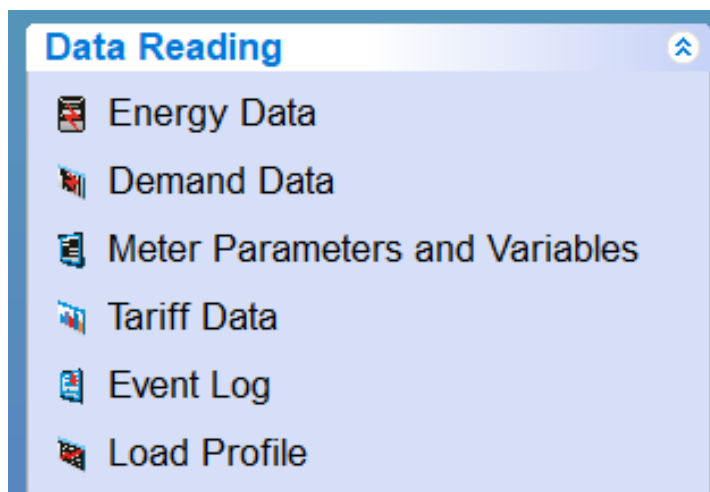


Figura 28. Pestaña de herramientas (Tools) utilizadas para administrar la información del medidor RF.
Screenshot Software Star 2019

2.4.5. PRE VISUALIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Pestaña “Energy Data” podemos realizar el monitoreo de las lecturas realizadas por el medidor RF la cual se encuentra organizada en forma de datos históricos como también ofrece una lectura en tiempo real de los datos de consumo que registra el medidor, como se aprecia a continuación:

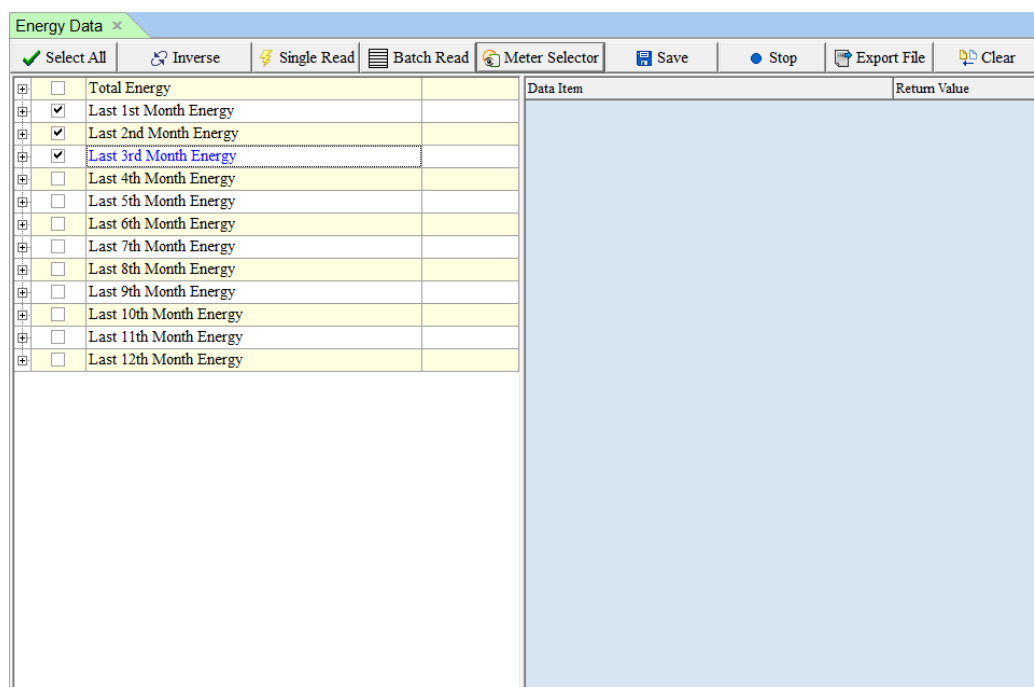


Figura 29. Herramienta utilizada para monitoreo de lecturas realizadas por el medidor RF.
Screenshot Software Star 2019

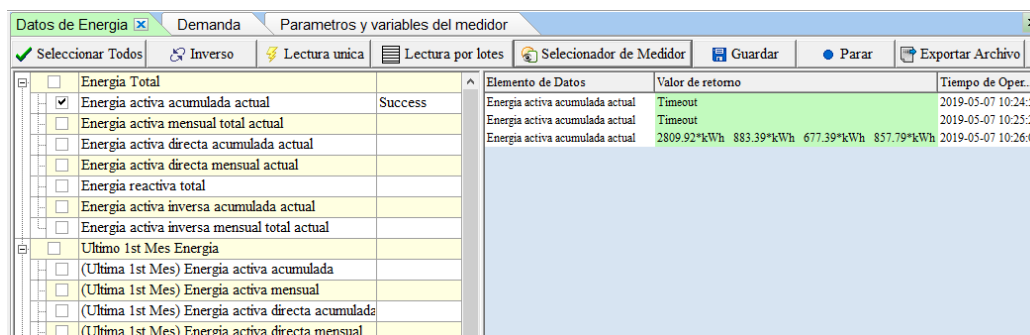


Figura 30. Herramienta para visualizar lecturas realizadas por el medidor RF
Screenshot Software Star 2019

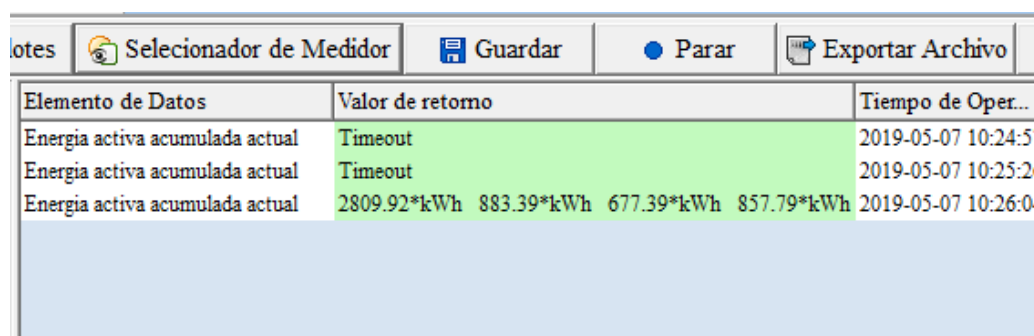


Figura 31. Herramientas (Energy Data) utilizada para monitoreo de lecturas realizadas por el medidor RF en tiempo real
Screenshot Software Star 2019

2.5. PRUEBAS DE CAMPO.

A más de comprobar si el sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial cumple con el objetivo de adquisición de información contenida en el medidor de forma inalámbrica. Es indispensable realizar pruebas de campo para comprobar cuál es el alcance real en términos de área de cobertura máximo que tendrá este sistema remoto. Por medio de estas pruebas se conocerá el radio de cobertura efectivo que tendrá el sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial.

Debido a la ubicación geográfica de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, la gran variedad de condiciones ambientales puede afectar el comportamiento de la red de medidores o equipos comunicados por radio frecuencia, si bien es cierto que el impacto ambiental y meteorológico que este ejerce sobre las ondas de radio en la ciudad es bajo, es necesario tener en cuenta algunas consideraciones según los expertos en el tema:

- Ubicación del medidor en la acometida.
- Obstáculos físicos que se interpongan entre el medidor y el equipo que realice la lectura (c5000, ordenador portátil, ordenador master) que

atenúen su potencia radiada, como obra gris y variaciones en la topografía que afecten la línea vista idealmente buscada.

- Efecto jaula de ardilla ocasionado por materiales metálicos.
- Ruido e interferencia electromagnética generados por fuentes externas.

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de medidores de la CNEL Santo Domingo ubicada en la avenida Troncal de la Costa Ruta E25, algunos de los medidores testeados se encuentran en una zona aledaña poblada por clientes residenciales, se espera que en los próximos años se desarrollen nuevos proyectos de urbanización similares a los existentes.

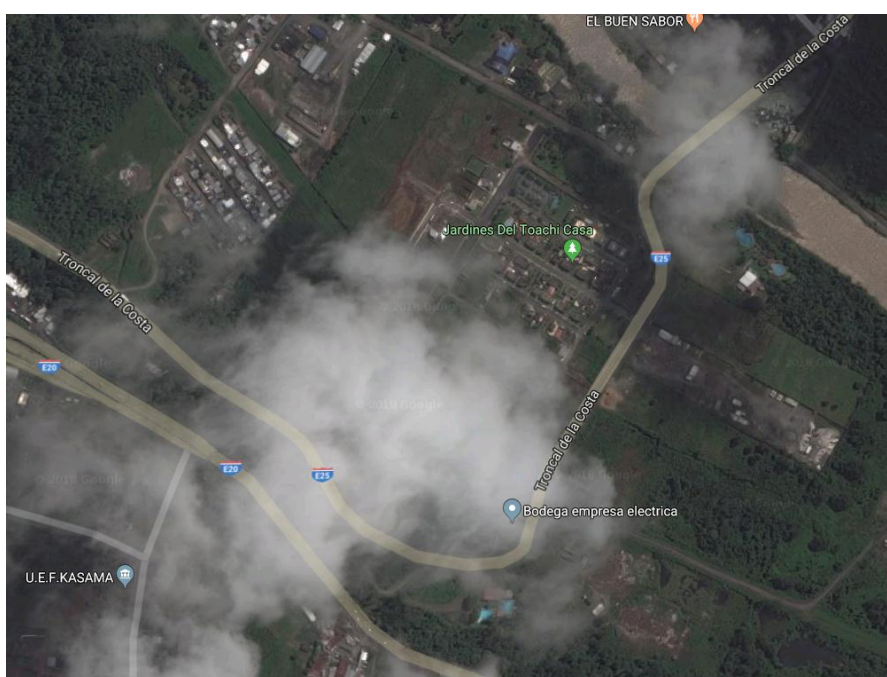


Figura 32. Ubicación del laboratorio de medición de la CNEL Santo Domingo. PrintScreen tomado el 14/11/2018 de Google Maps

Junto a las instalaciones de la bodega de la CNEL Santo Domingo, a 600 metros aproximadamente, se encuentra un conjunto residencial, el cual se encuentra en planes de reemplazar sus medidores electromecánicos de uso residencial. En este punto las instalaciones de la CNEL Santo Domingo se encuentran a una altura de 625 metros sobre el nivel del mar, la cobertura de los medidores testeados demostró que se puede alcanzar un radio entre 1200 metros con línea de vista y 600 metros sin línea de vista. Es decir, se ha comprobado que es factible la adquisición de datos de lecturas de consumo de forma inalámbrica utilizando radio frecuencia dentro de estos rangos de distancias.



Figura 33. Ejemplo de medidor sin línea de vista hacia el laboratorio donde se realizaron las pruebas de toma de lecturas

En algunos casos los medidores testeados correspondían a medidores instalados en el conjunto habitacional cercano a las instalaciones del laboratorio de la CNEL Santo Domingo, es así que para las pruebas de campo se realizó en primera instancia un chequeo de los datos de lectura del consumo que se registraban en ese instante para posteriormente compararlos con las lecturas recibidas mediante RF.

Esta actividad se realizó con una muestra pequeña de medidores ubicados en dicho conjunto habitacional.



Figura 34. Chequeo de Medidor RF instalado 1



Figura 35. Chequeo de Medidor RF instalado 2



Figura 36. Chequeo de Medidor RF instalado 3



Figura 37. Chequeo medidor RF instalado 4



Figura 38. Chequeo medidor RF instalado 5



Figura 39. Ejemplo de medidor RF con línea de vista hacia el laboratorio donde se realizaron las pruebas de toma de lecturas

Las pruebas no solo se realizaron a medidores instalados fuera de los laboratorios, sino que también se realizaron pruebas con medidores instalados dentro del laboratorio como se muestra en la figura 40.

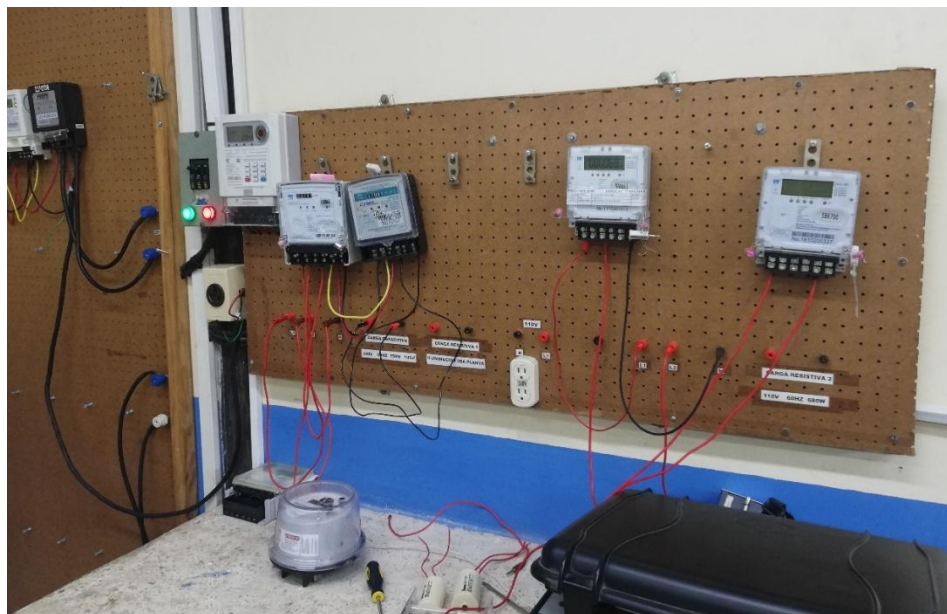


Figura 40. Medidores dispuestos para test dentro del laboratorio

Por medio del uso de tecnologías referentes a la Radio frecuencia, todo esto bajo las estandarizaciones implementadas por la CNEL en su área de concesión y por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) y la ARCONEL organismo que aplica varios lineamientos de forma generalizada hacia las distribuidoras de energía dentro del país.

Si bien realizar el dimensionamiento de un sistema de comunicación RF puede resultar muy laborioso. Establecer una ecuación que permita ese análisis sería incluso todo un proyecto muy específico ajeno a los propósitos planteados al inicio de este. Para efectos prácticos de este estudio, se analizaron los equipos que intervienen en el sistema remoto de lectura que se propone a continuación para medidores de energía de uso residencia.

La presente investigación presenta un sistema de comunicación basada en la aplicación de nuevas tecnologías para la transmisión de datos de forma eficaz y eficiente, específicamente nos centraremos en la transmisión de datos vía Radio frecuencia, misma que puede ser aplicable a varios proyectos de expansión, control y monitoreo del consumo eléctrico a nivel residencial en el área de la ciudad de Santo Domingo de los Colorados y sus alrededores.

El objetivo de estas pruebas de campo es obtener información necesaria para el análisis del sistema que se propondrá como alternativa que reemplazará al método actual de toma de lecturas de consumo que se emplea actualmente en la ciudad, un método manual y poco eficiente, por un método eficiente. También nos permitirá conocer el alcance del sistema ya que es necesario que este satisfaga necesidades en cuanto a su alcance real y en cuanto a la seguridad de los datos que estén dentro de la cobertura de sus puntos medidos, previendo así la necesidad o no de insertar repetidores de señal que incrementen su potencia creando subgrupos de redundancia, dicho sea de paso, se propone la incorporación de un colector de información que cumpliría esta actividad.

Cabe aclarar que antes de que un medidor de energía esté disponible para su instalación es necesario que este medidor pase una prueba de Contrastación, la cual se realiza en los laboratorios de la institución, los medidores RF testeados fueron objeto de dichas pruebas que no forman parte de este estudio puesto que los medidores testeados para la propuesta de este sistema de medición remota son medidores que ya aprobaron este riguroso procedimiento que además cumplen con las normas y leyes que aplican a este tipo de medidores antes mencionadas.

En términos simples esta prueba consiste en someter a los medidores a fluctuaciones de carga, esto para simular las variaciones de demanda en las que deberán registrar correctamente los datos de consumo de cada abonado.

La finalidad de esta prueba es esa, comprobar que los medidores registren correctamente los datos de consumo de energía en situaciones de bajo, medio o alto nivel de consumo.



Figura 41. Mesa de pruebas de Contrastación para medidores de energía

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a los equipos antes descritos ya que estos conforman la propuesta de un sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial.

El sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial propuesto se compone de los siguientes equipos:

- Medidor RF (Registrador y emisor)
- Software STAR (medio por el cual se facilita la transferencia de información)
- Ordenador master o dispositivo portable con el software instalado (Receptor)

La estructura mediante la cual se llevó a cabo el desarrollo del proyecto se conforma de los siguientes procedimientos:

3.1. RESULTADO DE LA PRUEBA DE ENLACE CON LOS MEDIDORES RF DESDE EL ORDENADOR MASTER

El resultado de la prueba de enlace con los medidores RF desde el ordenador master fue un éxito tal y como se muestra a continuación:

- **Resultado de pruebas con el ordenador master**

En primera instancia se debe comprobar que el módulo RF USB se encuentre conectado al ordenador o dispositivo móvil con el que se vaya a realizar la adquisición de datos de forma inalámbrica.

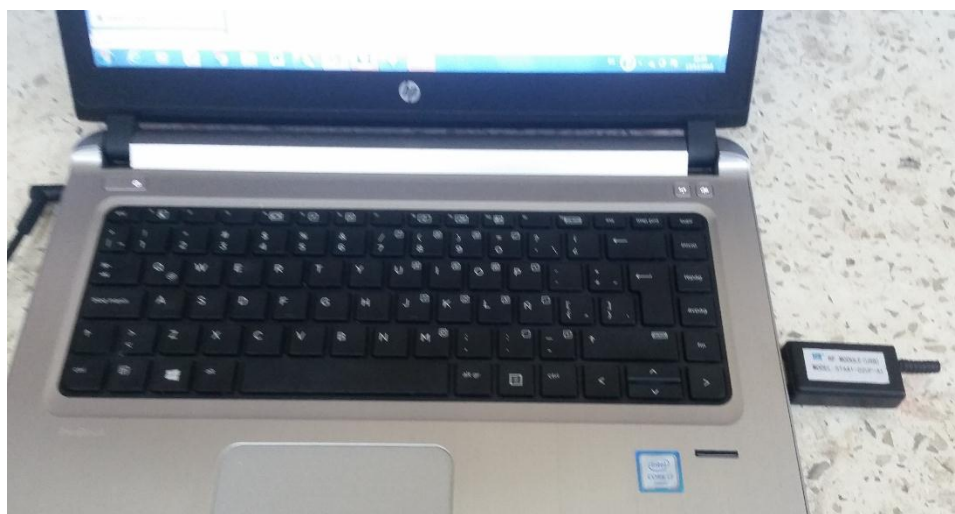


Figura 42. Modulo RF USB conectado en el ordenador portátil

Para realizar el enlace fue necesario ingresar nuestro ID de usuario y respectiva contraseña como se mencionó anteriormente, revisar figuras 20 y 21.

Una vez dentro del software y desde el ordenador master, se procedió a ingresar e número de serie del medidor ya que así se comprueba si el medidor a enlazar con el ordenador está registrado en la base de datos. Revisar figura 26.

Una vez enlazado el medidor y el ordenador se ingresa al software para poder apreciar que información contiene el medidor en ese instante, como puede ser el consumo de energía que se está registrando en tiempo real. Como se aprecia en la figura 31.

Para acceder a los datos contenidos por el medidor es necesario ubicarnos en la pestaña “Lectura de datos” como se muestra en la figura 30. Esto nos permitirá revisar la lectura de consumo de energía en ese instante o a su vez se puede acceder a los registros históricos de consumo de energía, desde el ordenador de forma inalámbrica.

- **Resultado de pruebas con C5000 Programable.**

El acceso al software Star en el c5000 programable se realiza de la misma manera que en el ordenador master ya que este dispositivo cuenta con un sistema operativo Windows basic.



Figura 43. Sistema operativo del dispositivo portable c5000 programable



Figura 44. Inicio de sesión en el software Star instalado en el dispositivo portable



Figura 45. Pantalla principal del software star desde el dispositivo portable.

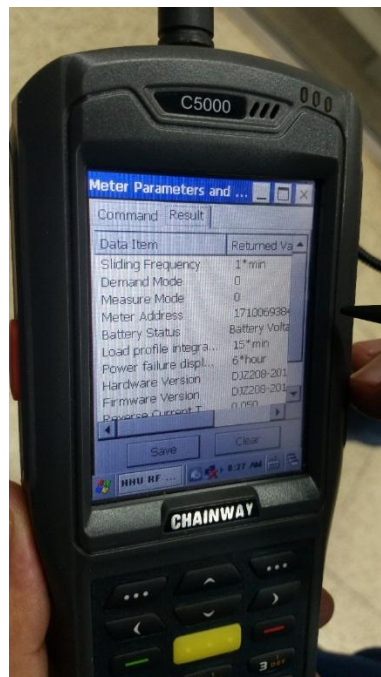


Figura 46. Acceso a la información contenida en el medidor de forma remota.

De igual forma que en el ordenador la información se puede almacenar en la memoria del dispositivo portable para su posterior descarga. Las pruebas con este dispositivo concluyeron con éxito, ya que fue posible la adquisición de datos contenida en el medidor mediante el RF.

El tiempo que toma enlazar el medidor y el ordenador o dispositivo portable depende de varios factores, entre los más importantes tenemos los siguientes: Con línea de vista o sin línea de vista como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8. Tiempo de enlace entre dispositivos RF

**TIEMPO DE ENLACE ENTRE MEDIDOR RF Y ORDENADOR O
DISPOSITIVO QUE ADQUIERE LOS DATOS**

DISTANCIA APROXIMADA (METROS)	Tiempo de enlace (segundos)	
	Con línea de vista	Sin línea de vista
0-100	instantáneo	instantáneo
101-400	instantáneo	instantáneo
401-650	instantáneo	instantáneo
651-800	360	300
801-1000	Hasta 600	Hasta 3600

3.2. RESULTADOS DE PRUEBA DE RECEPCIÓN DE INFORMACIÓN VÍA RF

A continuación, se presenta la información que está contenida en el medidor RF y que puede ser objeto de monitoreo y control mediante el ordenador master o dispositivo portable con el que se vaya a realizar la toma de lecturas de consumo.

▪ **Consumo de energía en tiempo real**

Ingresamos a la pestaña “Datos de energía” de la cual podemos obtener la información que se muestra en la siguiente figura 47. Es necesario mencionar que la adquisición de estos datos se puede realizar unitariamente como fue el caso de este estudio o por lotes de medidores, siempre y cuando estos estén registrados en la base de datos de la ruta de lectura a cargo de cada grupo de operadores que realizan el levantamiento de información.

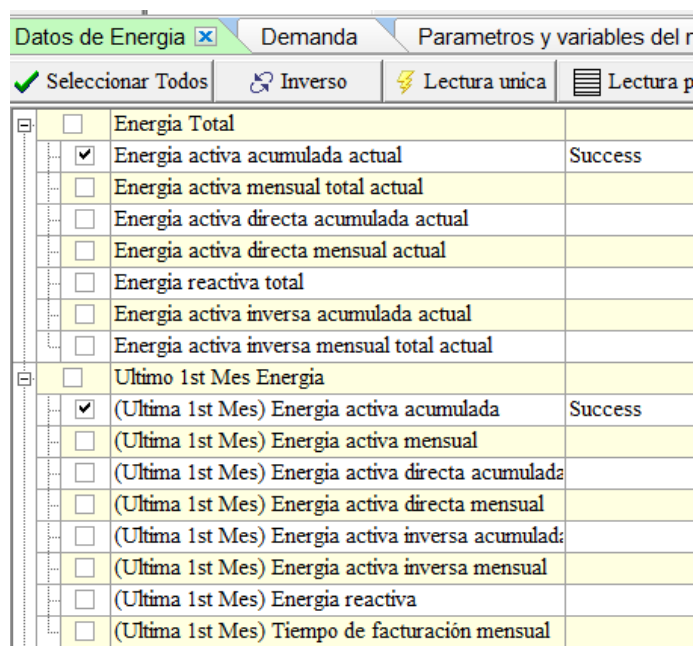


Figura 47. Datos de consumo de energía registrados por el medidor
Los datos que se obtienen del medidor pueden ser:

- Únicamente de la energía activa acumulada, que es la que se utiliza en los levantamientos de información para generar las facturas de consumo.
- Todo el bloque de información correspondiente al consumo de energía de un usuario, con el fin de realizar un análisis más profundo sobre la información que se está adquiriendo. Figura 48 y 49.

Datos de Energía x			
<input checked="" type="checkbox"/>	Seleccionar Todos	<input type="checkbox"/> Inverso	<input type="checkbox"/> Lectura unica
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Lectura por 1
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia Total		
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia activa acumulada actual		Success
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia activa mensual total actual		Success
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia activa directa acumulada actual		Success
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia activa directa mensual actual		Success
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia reactiva total		Success
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia activa inversa acumulada actual		Success
<input checked="" type="checkbox"/>	Energia activa inversa mensual total actual		Success

Figura 48. Bloque de información contenida en el apartado Datos de energía.

Elemento de Datos	Valor de retorno
Energia activa acumulada actual	185.77*kWh 55.48*kWh 33.21*kWh 74.73*kWh 22....
Energia activa mensual total actual	1.77*kWh 0.34*kWh 0.35*kWh 0.98*kWh 0.10*kWh
Energia activa directa acumulada ac	185.76*kWh 55.45*kWh 33.07*kWh 74.90*kWh 22....
Energia activa directa mensual actua	1.77*kWh 0.34*kWh 0.34*kWh 0.98*kWh 0.11*kWh
Energia reactiva total	164.19*kVarh 49.98*kVarh 26.46*kVarh 67.87*kVarh
Energia activa inversa acumulada ac	0.00*kWh 0.00*kWh 0.00*kWh 0.00*kWh 0.00*kWh
Energia activa inversa mensual total	0.00*kWh 0.00*kWh 0.00*kWh 0.00*kWh 0.00*kWh

Figura 49. Valores de retorno de los datos medidos.

La palabra “success” es un mensaje que indica que los datos solicitados se recibieron correctamente. Figura 48.

Elemento de Datos	Valor de retorno	Tiem
Energía activa acumulada actu:	2809.90*kWh 883.37*kWh 677.39*kWh 857.	2019-
(Ultima 1st Mes) Energía activi	2751.78*kWh 868.80*kWh 661.24*kWh 840.	2019-

Figura 50. Datos de lecturas de consumo que entrega el medidor RF

Como se aprecia en la figura 50 los “valores de retorno” corresponden a las lecturas de consumo de energía del usuario, estas se registran dependiendo de las denominadas “bandas horarias” que mediante una previa configuración se pueden establecer, estas establecen el costo de la tarifa que tendrá el consumo de energía en dicho horario a continuación, se muestra una tabla con una configuración aplicada comúnmente en la ciudad:

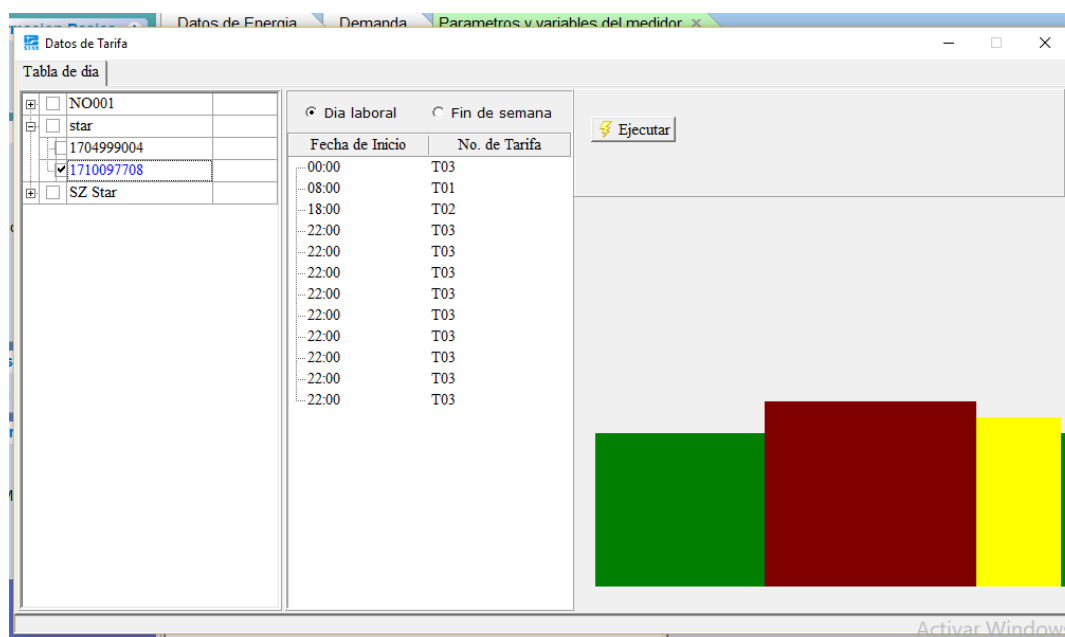


Figura 51. Configuración de franja horaria.

Tabla 9. Franjas Horarias

Franjas horarias	
Denominación	Horario
Tipo 1	10h00 pm - 06h00 am
Tipo 2	06h01 am - 11h59 am
Tipo 3	12h00 - 09h59 pm

Fuente: investigador

Las franjas horarias sirven para diferenciar las tarifas de consumo aplicadas a los diferentes tipos de usuarios que se suplen de energía y que están conectados a la red. Los medidores RF se encuentran dentro de la franja horaria de tipo residencial. Dependiendo el tipo de usuario residencial,

comercial, industrial o de beneficio público, se aplican tarifas establecidas por las autoridades correspondientes, en este caso la ARCONEL.

- **Datos históricos de consumo de energía.**

El medidor de energía RF Star puede almacenar hasta las últimas 12 lecturas de consumo mensual. Esto quiere decir que puede almacenar una lectura por mes durante un año calendario, estos datos permiten que se realicen estimaciones o proyecciones de demanda de cada usuario, ya que las lecturas almacenadas en un 99% corresponden a los valores de demanda máxima de ese mes.

1ra ultima demanda maxima mensua	2.260*kW	19-04-24	14:18
2da ultima demanda maxima mensua	2.568*kW	19-03-01	14:58
3ra ultima demanda maxima mensua	1.648*kW	19-02-01	11:39
4ta ultima demanda maxima mensua	1.748*kW	19-01-30	12:12

Figura 52. Lecturas de consumo históricas de los últimos cuatro meses.

El software también ofrece la capacidad de solicitar al medidor los datos de la demanda histórica que haya registrado en un tiempo pasado de hasta 1 año de operación, con esta información indudablemente se pueden realizar análisis o proyecciones de demanda de cada usuario, también sirven como comprobantes o información de respaldo para la solución de quejas por parte de los usuarios, ya que estos pueden reclamar por cobros indebidos, al conocer esta información la empresa cuenta con la capacidad de responder de forma rápida y efectiva ante estas quejas ya que cuenta con esta información que respaldan los hechos que ocurren en realidad.

Estos datos de lecturas de consumo se pueden extraer del software en formato de documentos de Excel con la extensión .xls almacenar en el ordenador para su posterior descarga

3.3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS A LOS PARÁMETROS DEL MEDIDOR RF

Uno de los puntos a favor de la utilización de un sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial es que por medio del software Star y desde la operación por medio del ordenador o dispositivo remoto master, podemos revisar los parámetros y variables de operación del medidor en tiempo real.

Datos de Energia		Demanda		Parametros y variables del med			
<input checked="" type="checkbox"/>	Seleccionar Todos	<input type="checkbox"/>	Inverso	<input type="checkbox"/>	Lectura unica	<input type="checkbox"/>	Lectura por
<input type="checkbox"/>	Parametro principal						
<input checked="" type="checkbox"/>	Datos de informacion del medidor en tiempo real						
<input checked="" type="checkbox"/>	Frecuencia actual					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltaje L1					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Voltaje L2					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Corriente L1					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Corriente L2					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Potencia activa total					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Potencia activa directa					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Potencia activa inversa					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Potencia reactiva total					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Factor de potencia total					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Factor de potencia L1					Success	
<input checked="" type="checkbox"/>	Factor de potencia L2					Success	
<input type="checkbox"/>	Tiempo real del reloj						

Figura 53. Parámetros y variables del medidor RF

Como se muestra en la figura 53, el medidor RF ofrece una gran cantidad de parámetros de funcionamiento y operación que pueden ser objeto de supervisión dependiendo de su estado de funcionamiento, es decir en caso de alguna anomalía es posible visualizar y detectar que parámetro se encuentra fuera de las especificaciones técnicas que garantizan un trabajo correcto y eficiente.

Entre los parámetros de funcionamiento y operación tenemos:

- Modo de medición de energía: el valor "0" indica el formato numérico programado, es decir los valores se registran en números enteros con decimales
- Frecuencia actual: frecuencia de operación del sistema eléctrico asociado, en este caso 60 Hz.
- Voltaje L1: nivel de voltaje registrado en la línea 1
- Voltaje L2: nivel de voltaje registrado en la línea 2
- Corriente L1: nivel de amperaje en la línea 1
- Corriente L2: nivel de amperaje en la línea 2
- Potencia activa total
- Potencia activa directa
- Potencia activa inversa
- Potencia reactiva total
- Factor de potencia total
- Factor de potencia L1
- Factor de potencia L2

Elemento de Datos	Valor de retorno	Tiempo de Oper...
Modo de medicion de energia reactiva	0	2019-05-07 10:51:35
Frecuencia actual	60.00*Hz	2019-05-07 10:51:35
Voltaje L1	115.7*V	2019-05-07 10:51:35
Voltaje L2	116.1*V	2019-05-07 10:51:35
Corriente L1	5.474*A	2019-05-07 10:51:36
Corriente L2	1.110*A	2019-05-07 10:51:37
Potencia activa total	0.6957*kW	2019-05-07 10:51:38
Potencia activa directa	0.6960*kW	2019-05-07 10:51:39
Potencia activa inversa	0.0000*kW	2019-05-07 10:51:40
Potencia reactiva total	0.2500*kvar	2019-05-07 10:51:41
Factor de potencia total	0.912	2019-05-07 10:51:42
Factor de potencia L1	0.972	2019-05-07 10:51:43
Factor de potencia L2	0.912	2019-05-07 10:51:44

Figura 54. Parámetros y variables del medidor RF

En resumen, el sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial integrado por los dispositivos y herramientas antes mencionados cumple con las condiciones primordiales de la actividad de adquisición de datos y protección de las mismas.

- **Resultado del análisis herramientas para la protección de la información contenida en el medidor.**

Gracias a la arquitectura del medidor Star podemos detectar eventos ajenos al funcionamiento correcto de cada unidad. Estos imprevistos generalmente corresponden a fallas en la red, fallas del medidor o manipulación ilegal de terceros. Cada evento es codificado y almacenado en un registro de eventos. Esto se conoce como registro de alertas o (Tamper Status).

El software del medidor estar cuenta con protocolos de seguridad que garantizan que acceder a la información contenida en el mismo solo será posible mediante la una única condición: “el sistema de medición remota debe usar el software star para la adquisición de datos”.

Solo se podrá acceder a la información contenida en el medidor mediante el inicio de sesión en el software.

En caso de que se realicen intentos fallidos de acceso al medidor este los registrara en su memoria interna, a continuación, en la figura 56. se presentan los “eventos” que el medidor puede registrar. De los cuales mencionaremos los registros cuya afectación son de mayor relevancia.

<input type="checkbox"/>	Registro de apertura de cubierta	
<input checked="" type="checkbox"/>	Registro de error de memoria	
<input type="checkbox"/>	Registro de falla de fase	
<input type="checkbox"/>	Registro de potencia inversa	
<input type="checkbox"/>	Registro de demanda maxima	
<input type="checkbox"/>	Registro de tiempo de sincronizacion	
<input type="checkbox"/>	Registro de falla de potencia	
<input type="checkbox"/>	Registro de bajo voltaje de bateria	
<input type="checkbox"/>	Registro de error en la programacion del password	
<input type="checkbox"/>	Registro de medidor seteado	

Figura 55. Registro de eventos.

Elemento de Datos	Valor de retorno	Tiempo de Oper.
No. De aperturas cubre bornera	NAK	2019-05-07 10:58:
No. de aperturas de la cubierta sup	NAK	2019-05-07 10:58:
No. De fallas en L1	0	2019-05-07 10:58:
Duracion de falla de fase L1	0*S	2019-05-07 10:58:
(Ultima 1st vez) falla de fase L1	00-00-00 00:00:00 00-00-00 00:00:00	2019-05-07 10:58:
(Ultima 2nd vez) falla de fase L1	00-00-00 00:00:00 00-00-00 00:00:00	2019-05-07 10:58:
(Ultima 3rd vez) falla de fase L1	00-00-00 00:00:00 00-00-00 00:00:00	2019-05-07 10:58:
(Ultima 4th vez) falla de fase L1	00-00-00 00:00:00 00-00-00 00:00:00	2019-05-07 10:58:
No. De fallas en L2	0	2019-05-07 10:58:
Duracion de falla de fase L2	0*S	2019-05-07 10:58:
(Ultima 1st vez) falla de fase L2	00-00-00 00:00:00 00-00-00 00:00:00	2019-05-07 10:58:
(Ultima 2nd vez) falla de fase L2	00-00-00 00:00:00 00-00-00 00:00:00	2019-05-07 10:58:
(Ultima 3rd vez) falla de fase L2	00-00-00 00:00:00 00-00-00 00:00:00	2019-05-07 10:58:
(Ultima 4th vez) falla de fase L2	00-00-00 00:00:00 00-00-00 00:00:00	2019-05-07 10:58:

Figura 56. Información perteneciente a los registros de eventos.

Como se aprecia en la figura 56. Los valores correspondientes a “NAK” significan que el dispositivo no ha sufrido ningún tipo de inconvenientes en cuanto a estos parámetros.

Así también se puede evidenciar el número de fallas que ha sufrido el medidor en cada una de sus fases e incluso se puede acceder a datos históricos de este tipo de evento, información importantísima para análisis de fiabilidad de los equipos.

El número de “reseteos” que ha sufrido el medidor es un “evento” de gran importancia sino el más importante, ya que este nos permite conocer cuántas veces sus datos registrados han sido borrados. Dado que este es un punto crítico dentro del registro de información del medidor, cada una de estas actividades quedan registradas con la información siguiente:

- a) ID del operador a cargo
- b) Fecha y hora del reseteo

Esto con el fin de evitar problemas internos por mala gestión de la información que se contiene en los medidores ya que este “evento” no solo se puede realizar en un medidor sino también en todos los medidores que estén registrados en una ruta de lecturas.

Cabe destacar que el único rango jerárquico con las credenciales necesarias para realizar este tipo de operaciones responde al nivel Máximo, ya que solo este puede realizar cambios en la programación del medidor.

Elemento de Datos	Valor de retorno	Tiempo de Oper...
No. de resets del medidor	1	2019-05-07 11:06:3
(Ultima 1st vez) registro de reseteo	17-10-22 03:11:31	2019-05-07 11:06:3
(Ultima 2nd vez) registro de resetec	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:3
(Ultima 3rd vez) registro de reseteo	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:3
(Ultima 4th vez) registro de reseteo	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:4
(Ultima 5th vez) registro de reseteo	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:4
(Ultima 6th vez) registro de reseteo	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:4
(Ultima 7th vez) registro de reseteo	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:4
(Ultima 8th vez) registro de reseteo	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:4
(Ultima 9th vez) registro de reseteo	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:4
(Ultima 10th vez) registro de resete	00-00-00 00:00:00	2019-05-07 11:06:4

Figura 57. Registro del número de resets del medidor RF.

El resultado del análisis de estas herramientas de monitoreo reafirman y fortalecen que el sistema remoto de lectura para medidores de energía de uso residencial integrado por los dispositivos antes mencionados cumple con las condiciones y parámetros necesarios para su implementación.

3.4. REEVALUACIÓN Y REDISEÑO

Los módulos de comunicación mencionados anteriormente pueden ser configurados para que transmitan un cierto tipo de mensaje de acuerdo al software Star que será almacenados en el colector. La selección dependerá de los requerimientos de información que solicite la empresa distribuidora, la capacidad de procesarlos y salvarlos en sus servidores depende exclusivamente de la misma entidad.

3.4.1. RESUMEN DEL ANÁLISIS DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos se pueden observar en las secciones descritas con anterioridad.

En la siguiente tabla se presenta cada objetivo planteado, así como el resultado obtenido de la propuesta de solución, su análisis, alcance y limitación.

Tabla 10. Resumen del análisis de resultados en función de los objetivos previamente planteados.

Objetivo	Resultado	Alcance	Limitación
Determinar bajo qué condiciones el sistema de comunicación inalámbrica conformado por el medidor y el ordenador o dispositivo móvil funcionan correctamente.	El sistema de comunicación inalámbrica para su correcto funcionamiento debe estar integrado por los siguientes elementos: Medidor DTS27A Software Star Modulo RF Frecuencia de operación programable (900 MHz para caso de estudio)	La licencia mínima que ofrece el software Star es para 50,000 unidades y soporta una gran variedad de tipos de medidores con diferentes características según lo requiera las condiciones de los abonados	Si bien el software Star es escalable con otros nuevos medidores, el DTS27A no es actualizable a nuevas funcionalidades a parte de las que contiene.
Realizar pruebas de campo para comprobar la conexión y transmisión de datos de forma inalámbrica entre dispositivos.	Todos los equipos testeados respondieron favorablemente a sus pruebas, evidenciando así que es factible la aplicación de este sistema de ser necesario.		
Proponer la aplicación de un concentrador de datos para almacenar lotes de información, expresando las posibles ventajas de su aplicación.	Se ha planteado la propuesta de utilización de un concentrador de información el cual cumple con los requerimientos mínimos de funciones que debe cumplir	La decisión de acoger esta propuesta de utilización de un concentrador de información queda a disposición exclusiva de la CNEL EP UN SD.	El diseño de un concentrador de información es un tema complejo que podría ser considerado como un tema de investigación para otros proyectos

3.5. PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DE UN COLECTOR DE DATOS PARA ALMACENAR LOTES DE INFORMACIÓN

Haciendo referencia al objetivo específico:

- Proponer la aplicación de un concentrador de datos para almacenar lotes de información, expresando las posibles ventajas de su aplicación.

A continuación, se enlistan las ventajas que supondría la implementación de un concentrador de datos en el cual se almacenarán lotes de información (datos de lecturas de consumo de varios medidores en una ruta de lectura asignada a los operadores encargados de realizar el levantamiento de información) de forma automática.

Ventajas:

- Se agilizará el proceso de toma de lecturas

- Los datos registrados son inalterables
- Se garantiza la integridad de la información recolectada

Como se mencionó en el apartado 3.1 de este documento, el radio efectivo para la adquisición de datos de lecturas de consumo de energía mediante radio frecuencia es de aproximadamente 600 metros, los mismos que pueden ser cubiertos mediante la implementación de un colector de información con su respectivo módulo RF, para efectos de esta investigación se utilizó un ordenador portátil descrito en el apartado 2.3.12 el cual cumple con los requerimientos mínimos que debe tener un concentrador de información:

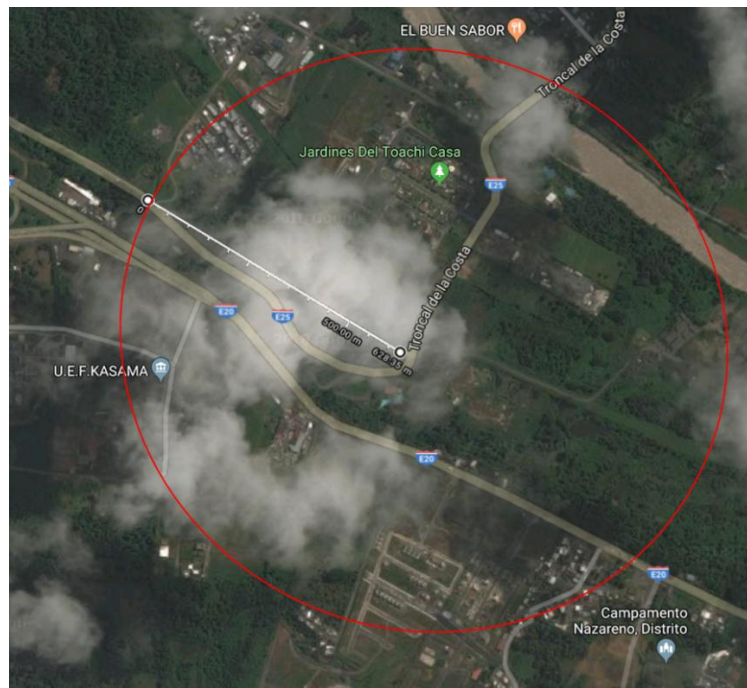


Figura 58. Área de cobertura de un concentrador de datos mediante comunicación por Radio Frecuencia.
PrintScreen tomado el 14/11/2018 Google MAPS

- Capacidad de almacenamiento de información en su memoria interna
- Software compatible con los equipos de medición

El conector de información deberá contar con las siguientes características físicas para su implementación:

- Alimentación directa de la red
- Banco de baterías para servicios auxiliares
- Caja de seguridad
- Deberá estar ubicado en una zona alta para mejorar la recepción de las señales de radio
- Su caja de seguridad no podrá estar constituida por materiales que se oponen al paso de ondas radiales.

Con fines académicos se realizó la toma de lectura a varios medidores RF de energía de uso residencial ubicados aproximadamente a 650 metros en un conjunto habitacional con al menos 60 medidores instalados y funcionando. Todos los medidores testeados son de marca Star modelo DTS27A.

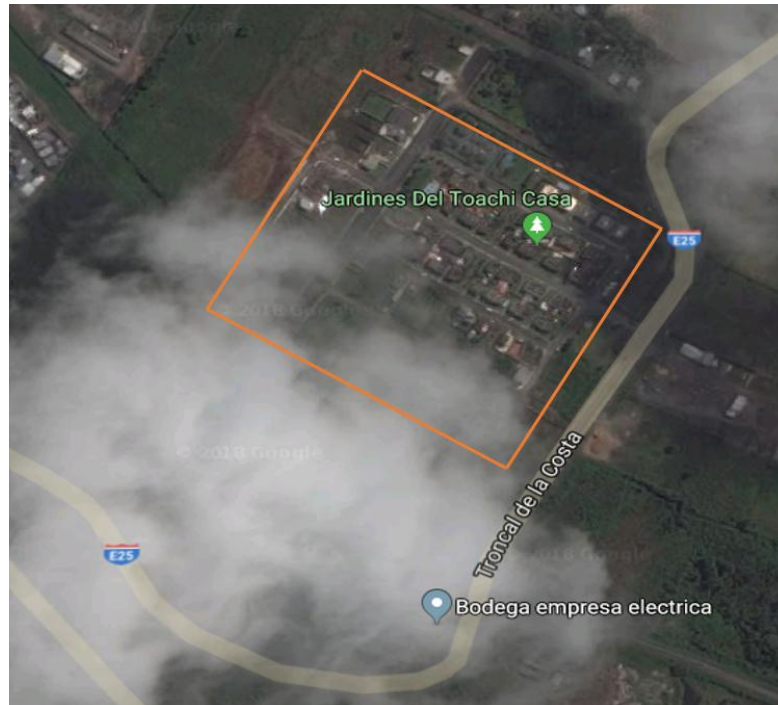


Figura 59. Ubicación del conjunto habitacional en el cual se realizaron los test de medición remota.

PrintScreen tomado el 14/11/2018 de Google Maps

Para el caso de estudio en particular el equipo que cumplió la función del colector de información (Laptop con el software debidamente instalado y configurado) se ubicó en una zona la cual favorecería la cobertura del mayor número de abonados posibles, cabe mencionar que no todos los abonados del sector cuentan con medidores RF.



Figura 60. Ubicación del concentrador de información
PrintScreen tomado el 14/11/2018 de Google Maps

3.6. CRITERIOS PARA LA PROPUESTA DE UTILIZACIÓN DEL CONCENTRADOR:

Ubicación de los medidores: Los medidores en su defecto se encuentran ubicados de acuerdo a las disposiciones seguidas por la empresa distribuidora de energía de la ciudad de santo domingo de los colorados, es así que su ubicación geográfica quedo previamente establecida por la misma entidad.

Tomando en consideración este aspecto, se ubicó el concentrador en un área céntrica de acuerdo a la disposición de los abonados en el sector y tomando en cuenta los futuros planes de expansión inmobiliarios en el sector.

Perfil de elevación: El concentrador se ubicó en una zona con pendiente la cual favorece la línea de vista hacia los medidores.

Posibles nuevos clientes RF: La cantidad, densidad y distribución geográfica del sector propicia el crecimiento y demanda de futuros clientes residenciales, buscando la maximización de cobertura del concentrador en la zona. Se estiman en miles la cantidad potencial de nuevos abonados por RF.

Escalabilidad y mejoras: Eventualmente, para cubrir el área faltante y de llegar a ser necesario, se puede pensar en instalar un repetidor sobre alguna edificación alta, esto sin alterar la ubicación originalmente planteada para el concentrador.

El colector cumplirá la función de recepción y almacenamiento de un lote de datos proveniente de un grupo de medidores, este colector estará ubicado estratégicamente para que su alcance sea aprovechado de manera eficiente asegurando su eficacia.

3.7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

De acuerdo a entrevista realizada al Ingeniero Romel Analuisa Líder del departamento de control de energía de la CNEL EP UN Santo Domingo, se establece que los medidores STAR con Radiofrecuencia actualmente se encuentran en un valor entre \$23.00 - 26.00 dólares americanos, mientras que los medidores electromecánicos básicos están en un valor entre \$18.00 - 20.00 dólares americanos. La relación costo beneficio indudablemente está a favor de los Medidores con Radiofrecuencia ya que por un costo relativamente menor se obtiene una gran cantidad de funciones que los medidores electromecánicos no ofrecen.

Por otra parte, con fines investigativos se realizó la comparación con otro tipo de medidor que ofrece la capacidad de transmitir los datos de lecturas de consumo de forma inalámbrica mediante el uso de tecnologías similares a las inalámbricas. Siendo así tenemos a los medidores AMI que si bien cuentan con más herramientas y con los cuales se pueden formar sistemas de comunicación más robustos tienen un alto costo el cual por unidad puede estar cotizándose entre los \$250 - \$600 dólares americanos dependiendo el modelo a seleccionar.

La implementación de este sistema remoto de lecturas no representa un impacto significativo en términos monetarios, ya que los medidores RF no presentan un incremento considerable en su valor comparado con los medidores convencionales además de esto la instalación física de los medidores RF se realiza de la misma manera como se ha venido realizando con los medidores convencionales. Es aquí donde radica la fortaleza de este tipo de sistema y una gran ventaja en comparación con otro tipo de medidores.

Los medidores de tecnología superior como son con conexión WIFI o los GPRS que integran Chips de datos, si representarían un fuerte impacto ya que su valor supera en 16 veces los precios de un medidor RF. Si bien los medidores de tecnología superior ofrecen otras prestaciones al final se consideran demasiado costosos considerando que para este tipo de actividad no se requieren prestaciones de servicios adicionales como el pago de planes de internet o por el uso de plataformas particulares para operar.

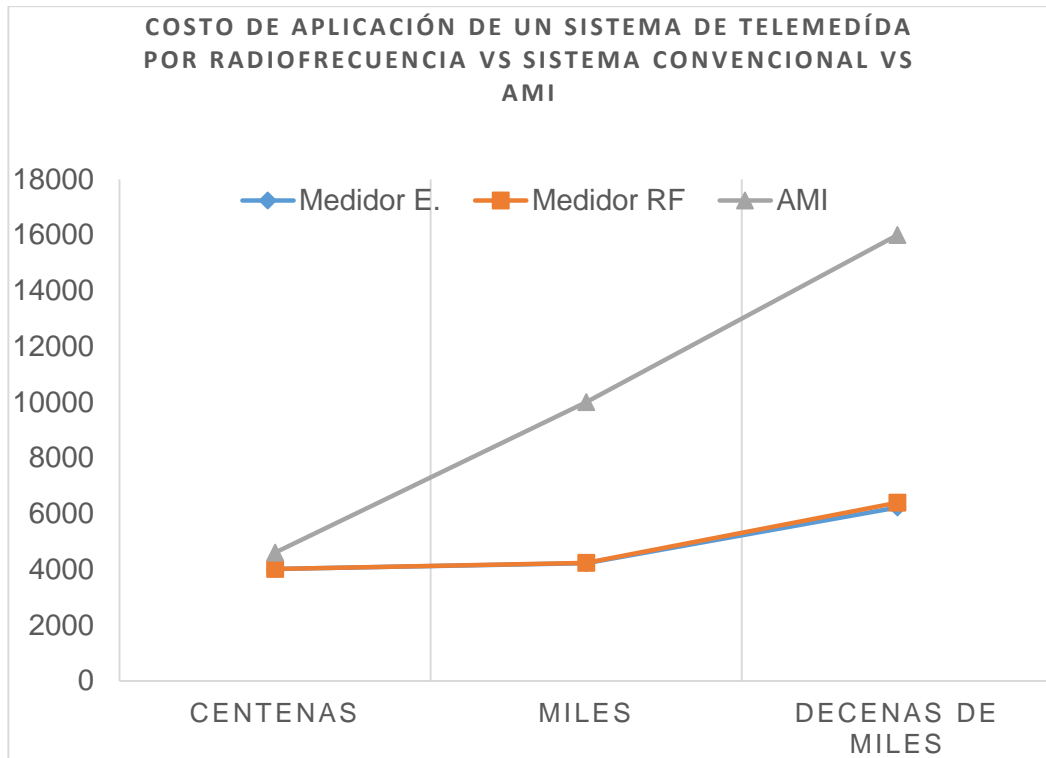


Figura 61. Costo que implica la implementación de un sistema remoto de lecturas para medidores de energía de uso residencial.

En resumen, el medidor STAR es el más indicado por su bajo costo y buenas prestaciones para ser aplicado en un sistema de comunicación inalámbrica, además de los medidores y un ordenador o un c5000 programable, el sistema se podría robustecer con el diseño de un concentrador de datos el cual puede ser objeto de estudio en otro trabajo de investigación ya que el diseño de este tipo de equipos requiere de análisis y estudios más complejos que no entran en el alcance de esta investigación.

Tabla 11. Costo aproximado de un concentrador de datos de acuerdo a la tecnología que incorpore.

Costo aproximado de un concentrador de datos

Tecnología RF (USD)	Tecnología WIFI, Otros (USD)
6000-8000	10000-12000

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presenta una lista con conclusiones y recomendaciones que son producto del estudio y propuesta de la solución al problema planteado en esta investigación:

4.1. CONCLUSIONES:

- En lo posible los medidores RF se deben agrupar o concentrar dentro del área de cobertura del sistema remoto de lectura, esto permitirá adquirir la información de una mayor cantidad de medidores en un corto tiempo, y asegura que las condiciones de operación del sistema resulten más eficientes.
- El sistema remoto de lecturas propuesto se presenta como un método capaz de reemplazar los métodos actualmente empleados, ya que este método demuestra ser más efectivo y eficiente en términos de adquisición y manejo de información.
- Las herramientas que ofrece el medidor DTS27A cumple con estándares internacionales ANSI e ISO, además de normas nacionales, lo que respalda la fiabilidad y eficiencia de su participación en la solución propuesta.
- Las pruebas de campo permitieron establecer el área de cobertura mínima y máxima que tendrá el sistema remoto de lecturas bajo diversas condiciones de operación que se pueden presentar durante su operación una vez instalados.
- Así como también permitieron comprobar que es posible el enlace entre dispositivos RF para su comunicación e intercambio de información entre si dentro del sistema.
- La automatización del sistema de lectura a través del sistema de medición remota se puede alcanzar mediante la inclusión del concentrador propuesto y el uso de sus herramientas que permitirán dar mejor servicio a los clientes.
- La adaptabilidad de otros tipos de medidores de energía a la plataforma RF permite considerar otros clientes aparte de los residenciales, incluyendo, quizá medidores de agua y porque no en un futuro medidores de gas.

4.2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda a la empresa encargada de la instalación de los medidores RF, la ubicación de los medidores de tal manera que faciliten su acceso.
- No se deben instalar medidores RF dentro de estructuras cerradas cuyas paredes sean de gran volumen.

- No se deben construir cajas de seguridad compuestas por materiales que se oponen al paso de ondas de radio.
- En lo posible se debe colocar el medidor con dirección hacia la calle sin objetos que lo bloqueen.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFIA

Referencias

- Al-Khalili, J. (2011). *Shock and Awe: The Story of Electricity*. USA.
- Astudillo, G. H. (2004). *Análisis predictivo de las perspectivas de uso de RFID en el Ecuador*. Guayaquil.
- Brito Moncayo, G. D. (2013). *Sistema de comunicación de datos para los aviones no tripulados UAV durante las misiones de vuelo en el Centro de Investigación y Desarrollo de la FAE*. Ambato.
- Forero, A. (2 de 5 de 2013). Klout, La influencia que viene. *El diarioofénix*.
- Graf, R. F. (1999). *Modern Dictionary of Electronics*. USA: Newnes.
- Groth, D., & Skandier, T. (2005). *Guía del estudio de redes*. Sybex.
- Gutierrez, A. (s.f.). Obtenido de <http://windowsespanol.about.com/RedesYDispositivos/a/Red-inalambrica.htm>
- Herreros, M. C. (2011). *La radio en la convergencia multimedia*. Madrid: Gedisa.
- Jose Manuel Huidobro Moya, J. M. (2006). *Redes y servicios de telecomunicaciones*. Madrid: Paraninfo.
- José Maria Hernando Rábanos, J. M. (2013). *Transmisión por radio*. Madrid: Universitaria Ramón Areces.
- José Maria Hernando, J. M. (2013). *Transmisión por radio*. Madrid: Universitaria Ramón Areces.
- Martin, C. (2003). *Wireless Access Network*. Reino Unido: Mc-Grawn Hill.
- Martínez, M. d. (2015). *Radio y nuevas narrativas: de la crossradio a la transradio*. Brasil: CECS Publicaciones.
- Monsalve, C. A. (2006). *Análisis predictivo de las perspectivas de uso de identificadores por radiofrecuencia (rfid) en el Ecuador*. Ecuador.
- Moya, J. M. (2011). *Radiocomunicaciones*. España: Creaciones Copyright SL.
- MTM-TELECOM. (04 de Julio de 2012). *MTM TELECOM*. Obtenido de <http://www.mtm-telecom.com/index.php/2012-07-04-19-05-27/enlaces-inalambricos-punto-a-punto-y-punto-multipunto.html>
- MURILLO FUENTES, J. J. (2007). *FUNDAMENTOS DE RADIACIÓN Y RADIOCOMUNICACIÓN*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Peña Jiménez, P. &. (2014). *Redes sociales en la radio española*. Madrid.

- Pérez, E. H. (2001). *Introducción a las telecomunicaciones modernas*. Mexico : LIMUSA/NORIEGA.
- Smith, C., & Gervelis, C. (2003). *Wireless network performance handbook*. New York: McGraw-Hill network engineering.
- Star. (2017). *Manual de usuario* . Shenzhen Star Instrument.
- Tomasi, W. (2003). *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Arizona: Prentice Hall.
- Videla R. José, P.-O. T. (2013). *Hacia una "radio social": Interacción, proyección y repercusión de las cadenas españolas en redes sociales*. Madrid.
- William, S. (1998). *Comunicaciones y Redes de Computadores*. España: Prentice Hall.
- Zigiotto, D. M. (2008). *Las mil y una curiosidades de Buenos Aires*. Buenos Aires: Grupo Editorial Norma.