

# **UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**



## **TESIS**

**“SISTEMA REMOTO QUE LECTURA EL CONSUMO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DOMICILIARIA, PARA MEJORAR LA EXACTITUD EN SU  
REGISTRO Y FACTURACIÓN, CHUPACA – 2015”**

**PRESENTADA POR LA BACHILLER:  
MALENA, PAREDES BASTIDAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2016**

## **ASESOR**

**Dr. Bartolomé Sáenz Loayza**

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo está dedicado a Dios por acompañarme a lo largo de mi carrera profesional, permitiendo alcanzar cada una de las metas que me propuse.*

*A mis padres, quienes se esforzaron durante todos estos años para que yo pueda culminar mi carrera, por ser mí apoyo incondicional, por su cariño, su comprensión, su generosidad y nobleza.*

La autora.

## **AGRADECIMIENTO**

*Mis agradecimientos a los Directores; quienes a lo largo de todo el desarrollo de esta investigación supieron aconsejarme, ganándose de esta manera mi admiración.*

*A mis padres, que dieron todo de sí en provecho mío; por el ejemplo de valor, de constancia, perseverancia y de lucha que me han demostrado a lo largo de la vida.*

*A los docentes de la Universidad Alas Peruanas, que contribuyeron en mi formación profesional.*

*Así mismo, mi agradecimiento a todos aquellos amigos o familiares que, de una u otra forma, hicieron posible se realice este proyecto.*

La autora.

# ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
ÍNDICE .....	v
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPITULO I.....	1
PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO .....	1
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	1
1.2. Delimitaciones y definición del problema .....	7
1.2.1. Delimitaciones.....	7
1.2.2. Definición del problema.....	8
1.3. Formulación del problema .....	8
1.3.1. Problema general.....	8
1.3.2. Problemas específicos .....	9
1.4. Objetivo de la investigación .....	9
1.4.1. Objetivo general.....	9
1.4.2. Objetivos específicos .....	9
1.5. Hipótesis de la investigación.....	9
1.5.1. Hipótesis general .....	9
1.5.2. Hipótesis específicos .....	9
1.6. Variables e indicadores.....	10
1.6.1. Variable independiente .....	10
1.6.2. Variable dependiente .....	10
1.7. Justificación e importancia de la investigación.....	11

1.7.1.	Justificación de la investigación .....	11
1.7.2.	Importancia de la investigación .....	11
1.8.	Limitaciones de la investigación.....	12
1.8.1.	Limitación teórica .....	12
1.8.2.	Limitación metodológica.....	12
1.9.	Tipo y nivel de investigación .....	12
1.9.1.	Tipo de investigación .....	12
1.9.2.	Nivel de investigación .....	12
1.10.	Método y diseño de la investigación .....	13
1.10.1.	Método de la investigación.....	13
1.10.2.	Diseño de la investigación.....	14
1.11.	Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos.....	14
1.11.1.	Técnicas .....	14
1.11.2.	Instrumentos .....	15
1.11.3.	Fuentes.....	15
1.12.	Cobertura de estudio .....	15
1.12.1.	Población .....	15
1.12.2.	Muestra.....	16
CAPITULO II.....		17
MARCO TEÓRICO .....		17
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	17
2.1.1.	Medidor de energía eléctrica monofásico domiciliaria .....	20
2.1.2.	Comunicaciones inalámbricas.....	24
2.1.3.	Estándar de comunicaciones IrDA .....	35
2.1.4.	Introducción al puerto USB .....	38
2.1.5.	Módulo de radiofrecuencia con NRF24L01 .....	40
2.1.6.	Microcontrolador PIC18F2550.....	43
CAPITULO III.....		52

MATERIALES Y MÉTODOS .....	52
3.1. Ubicación del área de estudio .....	52
3.1.1. Límites .....	52
3.1.2. Coordenadas geográficas .....	52
3.2. Materiales y métodos .....	52
3.2.1. Materiales y métodos para la estación central .....	56
3.2.2. Materiales y métodos para el módulo del medidor remoto .....	69
3.2.3. Prototipo final del sistema .....	75
CAPITULO IV .....	78
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	78
4.1. Presentación de resultados .....	78
4.2. Análisis de Resultados .....	85
4.3. Prueba de hipótesis .....	85
CONCLUSIONES .....	104
RECOMENDACIONES .....	105
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	106
ANEXO A .....	108
ANEXO B .....	112
ANEXO C .....	114
ANEXO D .....	118
ANEXO E .....	119
GLOSARIO DE TÉRMINOS .....	120

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1.1: Totalidad de reclamos y reclamos fundados, año 2011 .....	4
Tabla N° 1.2: Totalidad de reclamos y reclamos fundados, año 2012 .....	5
Tabla N° 1.3: Total, de atención a reclamos en el año 2014 .....	6
Tabla N° 1.4: Reclamos en la Provincia de Chupaca en el año 2014 .....	6
Tabla N° 1.5: Encuesta a los usuarios barrio Buenos Aires.....	7
Tabla N° 1.6: Definición Operativa de las variables e indicadores .....	10
Tabla N° 1.7: Se muestra las técnicas e instrumentos a utilizar .....	15
Tabla N° 1.8: Muestra los valores que toma Z y E. ....	16
Tabla N° 2.1: Especificaciones técnicas del medidor de energía A102C.....	23
Tabla N° 4.1: Resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el medidor 1 .....	80
Tabla N° 4.2: Resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el medidor 2.....	81
Tabla N° 4.3: Resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el medidor 3.....	82
Tabla N° 4.4: Resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el medidor 4.....	83
Tabla N° 4.5: Procesamiento de datos para la variable independiente: Consumo de energía eléctrica .....	84
Tabla N° 4.6: Resultados luego del procesamiento de los datos de la variable independiente: Consumo de energía eléctrica. ....	84
Tabla N° 4.7: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023694 .....	86
Tabla N° 4.8: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023694 (continuación1) .....	87
Tabla N° 4.9: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023694 (continuación2) .....	88
Tabla N° 4.10: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023694 (continuación3) .....	89
Tabla N° 4.11: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023736 .....	90
Tabla N° 4.12: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023736 (continuación1) .....	91
Tabla N° 4.13: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023736 (continuación2) .....	92



Tabla N° 4.14: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023736 (continuación3) .....	93
Tabla N° 4.15: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023574 .....	94
Tabla N° 4.16: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023574 (continuación1) .....	95
Tabla N° 4.17: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023574 (continuación2) .....	96
Tabla N° 4.18: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023574 (continuación3) .....	97
Tabla N° 4.19: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023656 .....	98
Tabla N° 4.20: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023656 (continuación1) .....	99
Tabla N° 4.21: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023656 (continuación2) .....	100
Tabla N° 4.22: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023656 (continuación3) .....	101
Tabla N° 4.23: Resultados del experimento de adquisición del consumo .....	102

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pagina
Gráfico N° 1.1: Historial de la atención a denuncias y pedidos de los usuarios.....	2
Gráfico N° 1.2: Cantidad y porcentaje de atención a denuncias y pedidos .....	3
Gráfico N° 1.3: Esquema general de la metodología de investigación .....	14
Gráfico N° 2.1: Aspecto físico del medidor A102C monofásico de Elster .....	22
Gráfico N° 2.2: Diagrama de bloques de un sistema de comunicación .....	26
Gráfico N° 2.3: Cobertura y estándares de las redes inalámbricas .....	29
Gráfico N° 2.4: Se muestran las diversas modulaciones digitales.....	33
Gráfico N° 2.5: Enlace punto a punto .....	34
Gráfico N° 2.6: Enlace punto a multipunto .....	35
Gráfico N° 2.7: Estructura en capas del estándar IrDA .....	35
Gráfico N° 2.8: Diferencia de formatos UART e IR en IrDA .....	37
Gráfico N° 2.9: Aspecto físico de NRF24L01+ .....	41
Gráfico N° 2.10: Aspecto físico de NRF24L01+ con amplificador .....	42
Gráfico N° 2.11: Configuración de pines del microcontrolador PIC18F2550 .....	44
Gráfico N° 2.12: Arquitectura del microcontrolador PIC18F2550 .....	45
Gráfico N° 2.13: Memoria de programa del PIC18F2550.....	47
Gráfico N° 2.14: Memoria de datos del PIC18F2550 .....	49
Gráfico N° 2.15: Registros de función especial de la memoria de datos .....	51
Gráfico N° 3.1: Diagrama de bloques general del sistema diseñado.....	53
Gráfico N° 3.2: Esquema general del sistema que fue diseñado e implementado .....	55
Gráfico N° 3.3: Diagrama de bloques de la estación central .....	57
Gráfico N° 3.4: Panel frontal del programa EnerSoft desarrollado en LabVIEW 2014.....	59
Gráfico N° 3.5: Ventana de información del usuario .....	60
Gráfico N° 3.6: Icono solicitud de datos, con su respectivo indicador .....	60
Gráfico N° 3.7: VI de conformación de datos y VI USB.....	61
Gráfico N° 3.8: Diagrama de bloques del programa EnerSoft.....	62
Gráfico N° 3.9: Circuito electrónico de la estación central con la interface USB.....	64
Gráfico N° 3.10: Icono solicitud de datos, con su respectivo indicador .....	65
Gráfico N° 3.11: Diagrama de flujo del circuito de la estación central .....	67
Gráfico N° 3.12: Diagrama de bloques del módulo medidor remoto.....	70
Gráfico N° 3.13: Circuito electrónico del medidor remoto, con el NRF24L01+ .....	72

Gráfico N° 3.14:	Diagrama de flujo del programa para el circuito medidor remoto .....	73
Gráfico N° 3.15:	Circuito electrónico de la fuente del medidor remoto .....	75
Gráfico N° 3.16:	Estación central implementado.....	76
Gráfico N° 3.17:	Medidor remoto implementado .....	77
Gráfico N° 3.18:	Montaje de medidores .....	77
Gráfico N° 4.1:	Selección del usuario y envío de solicitud.....	79
Gráfico N° 4.2:	La curva gaussiana, que muestra el valor crítico .....	103

## RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “SISTEMA REMOTO QUE LECTURA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA, PARA MEJORAR LA EXACTITUD EN SU REGISTRO Y FACTURACIÓN, CHUPACA – 2015”; surge, debido a los diversos problemas, observados durante la realización de las actividades que involucra el procedimiento de toma de lecturas del consumo de energía eléctrica, en las poblaciones urbanas y rurales; entre las que destaca el desplazamiento al lugar de medición, el clamor de los usuarios expresada en la gran cantidad de reclamos y pedidos, a las entidades correspondientes como OSINERGMIN y a la empresa Electrocentro S.A. prestadora del servicio; sobre la incorrecta toma de lectura en los medidores de energía eléctrica del usuario y su cobro excesivo. Lo cual plantea el siguiente problema: ¿Cómo realizar un sistema de medición remota del consumo de energía eléctrica domiciliaria para aumentar el número de facturaciones correctas?

El propósito es realizar la medición remota del consumo de energía eléctrica domiciliaria; el cual consiste en obtener, almacenar y transmitir la medición del consumo de energía de los medidores electrónicos instalados en los domicilios, a una estación central; en forma fácil, rápida y precisa para su facturación correcta.

El prototipo implementado consta de dos partes: La primera corresponde al módulo de la estación central, el cual a través del programa EnerSoft desarrollado en LabVIEW 2014 se encarga de solicitar los datos remotamente que corresponde al consumo de energía eléctrica domiciliaria, recibirlos y procesarlos; basado en el microcontrolador PIC18F2550 con interface USB para comunicarse con una laptop. La segunda corresponde al módulo del medidor remoto; gobernado por el microcontrolador PIC18F2550, el cual realiza la lectura de los datos del medidor digital por el puerto IrDA, obteniendo el consumo de energía eléctrica actual acumulado en KWh; lo guarda en su memoria EEPROM interno y la transmite al ser solicitado.

En la investigación se realizaron las siguientes fases de diseño: Determinar la tecnología para la medición y comunicación, así como la tecnología de comunicación inalámbrica para el enlace entre el módulo de la estación central y el modulo del medidor remoto. Se determinó que, para la medida y comunicación, la tecnología de lógica programada que utiliza el microcontrolador PIC18F2550 es la adecuada y que la tecnología de RF con el módulo NRF24L01 con modulación GFSK, frecuencia de 2.4 GHz y comunicación SPI, permite el enlace entre la estación central y el módulo del medidor remoto a una distancia de 150 m. Además, se realizaron los programas para los microcontroladores utilizando el compiler PCWHD CCS 5.015 y fueron programados con el grabador PicKit 3, para luego

implementar el prototipo final tras diversas pruebas en las cuales se corrigieron los errores que se presentaron.

El tipo de investigación es tecnológica, utiliza el método específico experimental, en la muestra que son los medidores electrónicos de los usuarios.

A la variable independiente: Consumo de energía eléctrica; se le realizaron 100 pruebas experimentales (25 pruebas de 4 ítems) y para la variable dependiente; se realizaron 20 experimentos de 154 pruebas para cada medidor.

Para la prueba de hipótesis se utilizó la “t” de Student, demostrando que la medición remota del consumo de energía eléctrica produce un error menor que 1%.

Palabras claves: irDA, Osinerming, USB, GFSK, SPI, PicKit 3.

## ABSTRACT

The research paper entitled "SYSTEM REMOTE READING ELECTRIC ENERGY CONSUMPTION DOMICILIARIA TO IMPROVE ACCURACY IN YOUR REGISTRATION AND BILLING Chupaca - 2015"; It arises due to various problems, observed during the conduct of activities involving the process of taking readings of electricity consumption in urban and rural populations; among which the displacement of the measurement site, the clamor of users expressed in the large number of claims and orders, to appropriate entities as OSINERGMIN and the company Electrocentro S.A. service provider; on the incorrect taking reading electricity meters user and overcharge. Which raises the following problem: How to perform a remote measurement system home consumption power to increase the number of correct billing?

The purpose is to perform remote measurement of electricity consumption home; which consists of obtaining, storing and transmitting the measurement of energy consumption of electronic meters installed in homes, to a central station; easy, fast and accurate for proper billing.

The prototype implemented consists of two parts: The first is the module of the central station, which through ENERSOFT program developed in LabVIEW 2014 is responsible for requesting data remotely corresponding to the consumption of home electric power, receive and process; based on PIC18F2550 microcontroller with USB interface to communicate with a laptop. The second corresponds to the remote meter module; PIC18F2550 governed by the microcontroller, which performs the reading of data by the digital meter IrDA port, obtaining current consumption in KWh electricity accumulated; stores it in its internal EEPROM memory and transmits it to be applied.

The following design stages were performed: Determine the technology for measurement and communication and wireless communication technology for the link between the module from the central station and the remote meter module. It was determined that for measurement and communication technology programmed logic that uses the microcontroller PIC18F2550 is right and RF technology with the module NRF24L01 with GFSK modulation frequency of 2.4 GHz and SPI communication allows the link between the station Central and remote meter module at a distance of 150 m. In addition, programs for microcontrollers were performed using PCWHD CCS Compiler and 5.015 were programmed with the recorder PICKit 3, to then implement the final prototype after several tests in which the errors were corrected presented.

The research is technology, uses the specific experimental method in the sample are electronic gauges users.

The independent variable: Electricity consumption; 100 were performed experimental tests (25 tests 4 items) and the dependent variable; experiments 154 20 tests were performed for each meter.

We were used the "t" Student test for the hypothesis, showing that the remote measurement of electricity consumption produces less than 1% error.

Keywords: IrDA, Osinerming, USB, GFSK, SPI, PicKit 3.

## INTRODUCCIÓN

El suministro de energía eléctrica es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad. Su precio es un factor decisivo de la competitividad de buena parte de nuestra economía. En nuestro país, las empresas eléctricas ofrecen el servicio de energía eléctrica para los hogares en su mayoría a través de medidores electromecánicos y a otros abonados con modernos medidores digitales con o sin puerto de comunicación IrDA.

El presente trabajo tiene el propósito de poner al alcance de los estudiantes, información sobre el medidor electrónico, módulo de RF NRF24L01, microcontrolador de Microchip de la gama alta PIC18F2550; así como sus herramientas de hardware y software que permitan la comprensión y el desarrollo de aplicaciones. El sistema diseñado es esencialmente, un sistema digital basado en microprocesador, que utiliza el microcontrolador PIC18F2550. Fue desarrollado en varias etapas: La primera, fue la recopilación de información, una labor ardua; obteniéndose información de los libros comprados y principalmente de Internet. En la segunda etapa, se procedió al estudio y análisis de la información recopilada. La mayor parte de esta información está contenida en los capítulos 1, 2, y 3; así como también en los anexos de la presente tesis. La tercera etapa consistió en el diseño, rediseño y simulación a nivel hardware de los esquemas electrónicos del circuito de transmisión y del circuito de recepción. En la última etapa podemos señalar la toma de datos cuando se realizaron las pruebas a la variable independiente y dependiente, y la elaboración de la tesis.

En el capítulo I; se realiza el planteamiento del problema, los objetivos, y la justificación de la investigación, se describe las razones por las cuales se desarrolló el presente estudio.

En el capítulo II; se presentan las evidencias más importantes o antecedentes relacionados con la presente investigación en el ámbito internacional y nacional, motivo por el cual la tesis tiene bases sólidas. Además, se presenta la revisión bibliográfica y las fuentes como base para el desarrollo del software.

En el capítulo III se describe el ámbito de la investigación, población, muestra; así como el procesamiento de la información, en este capítulo se describe como se llegan a determinar las medidas de consumo de energía eléctrica, las condiciones de operación, que serán utilizadas como parámetros para el software.

Finalmente, en el capítulo IV se describe detalladamente el funcionamiento y los resultados experimentales obtenidos directamente de los datos almacenados en el programa EnerSoft, con las condiciones de operación determinadas en el capítulo III.

La autora.



# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Con el crecimiento de las ciudades, la empresa eléctrica Electrocentro S.A. prestadora del servicio en la región central de nuestro país, se ha visto en la necesidad de expandir su servicio en las áreas urbanas y rurales para poder cubrir las necesidades que la población demanda; por lo que se torna difícil el control del consumo de energía eléctrica debido a la gran cantidad de usuarios.

Para solucionar este problema existe un control del consumo de energía eléctrica, que realizan los empleados de la empresa, quienes toman las lecturas de los medidores de forma rudimentaria en cada domicilio.

Este sistema no soluciona totalmente el problema dado que la medición del consumo de energía eléctrica es manual, lo cual genera problemas como:

- El registro erróneo de la lectura del medidor debido a fallas humanas.
- La ausencia de personas en los domicilios que deriva en el no registro de las lecturas de los medidores.
- El difícil acceso de los empleados a los domicilios especialmente en las zonas rurales que en muchos casos no registran las lecturas de los medidores.

A continuación, se presenta diversos documentos que evidencian el problema que genera la medición del consumo de energía eléctrica de manera manual, en los diversos reclamos realizados.

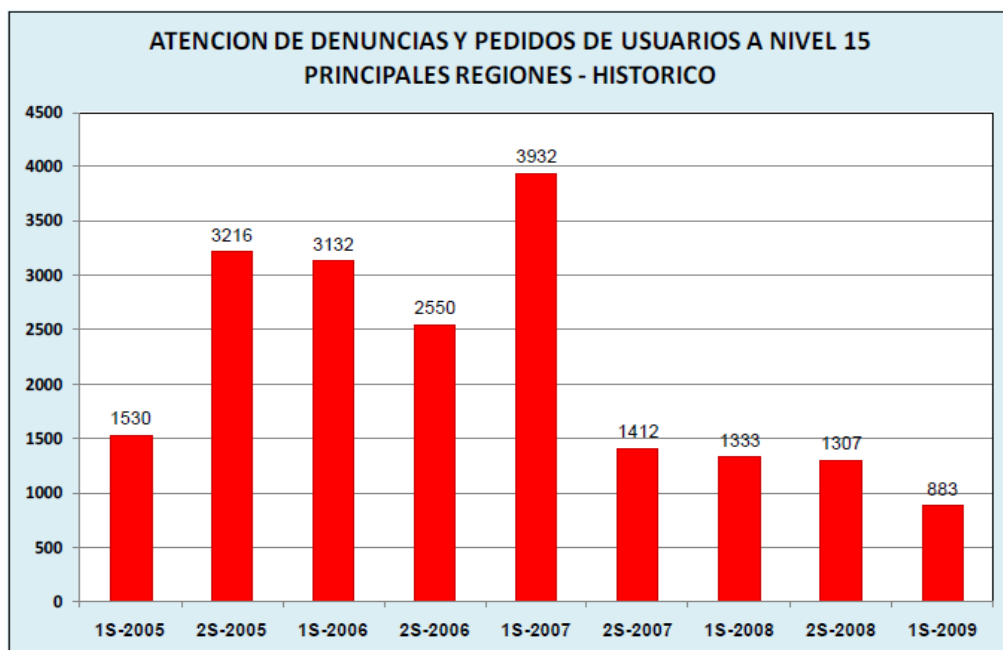
**Según el documento de trabajo N° 24-GFE, denominado SUPERVISIÓN REGIONAL DE ELECTRICIDAD EN EL PERÚ Periodo 1998-2009. OSINERGMIN.** En lo que corresponde a RESULTADOS; señala que desde el año 2005, se empezaron a llevar estadísticas de la gestión descentralizada de la supervisión regional de electricidad, en las 15 principales

regiones del país: Arequipa, Ancash, Ayacucho, Cajamarca, Chiclayo, Cusco, **Junín**, Huánuco, Ica, Iquitos, La Libertad, Piura, Ucayali, Puno y Tacna.

**Según resultados a nivel de las 15 principales regiones (Periodo 1er. Semestre 2005–1er Semestre 2009). Sobre atención de denuncias y pedidos de usuarios (Individuales o colectivas).** Señala que la supervisión regional de electricidad efectuada por los supervisores regionales de electricidad, en el periodo citado, ha permitido atender directamente en la zona, 19295 denuncias y pedidos de usuarios, canalizándolas debidamente.

En el gráfico N° 1.1, se muestra el histórico de denuncias y pedidos de usuarios (individuales o colectivas), atendidos por la supervisión regional de electricidad, en las 15 principales regiones, en el periodo comprendido entre el primer semestre del 2005 al primer semestre del 2009.

Grafico N° 1.1: Historial de la atención a denuncias y pedidos de los usuarios



Fuente: (Osinermin, 2010)

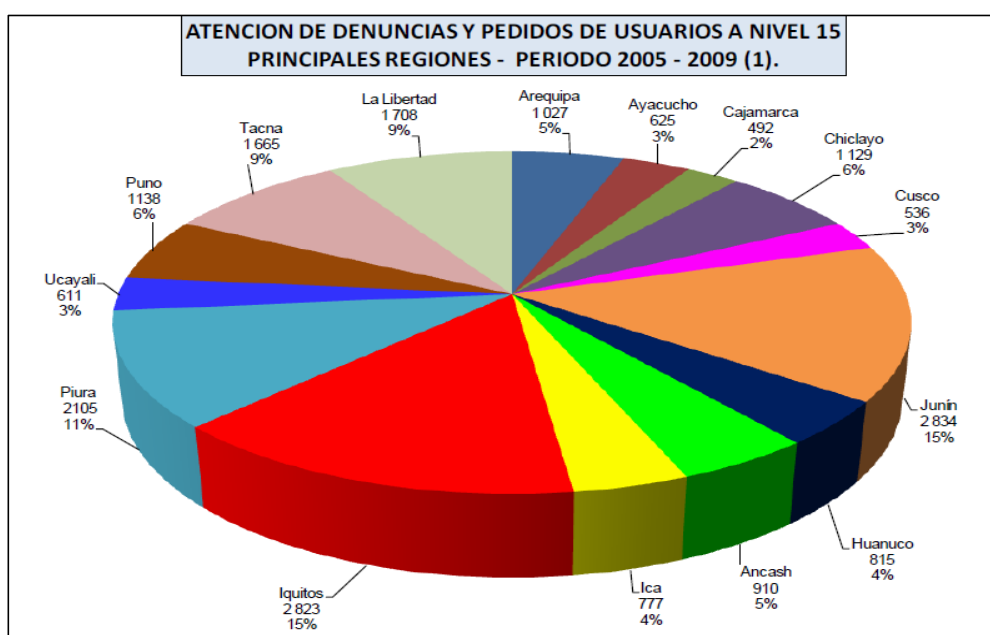
En el gráfico N° 1.2, se muestra la cantidad y porcentaje de denuncias y pedidos de usuarios (individuales o colectivas), atendidos por la supervisión regional de electricidad, en las 15 principales regiones, durante el mismo periodo.

Las principales denuncias y pedidos, que fueron recibidos en orden de prioridad se refirieron a los siguientes temas:

- No recepcionar las denuncias o reclamos presentados por los usuarios.
- Excesos en la facturación.

- Demora en la tramitación de suministros o su modificación.
- Mala atención en las oficinas comerciales.
- Incumplimiento de plazos en denuncias de AP.
- Demora en la reconexión de suministro interrumpido.
- Cobros indebidos (Recupero, comisiones, intereses etc.).
- Contraste de medidor sin previo aviso.
- Compensación por mala calidad del servicio.

Grafico N° 1.2: Cantidad y porcentaje de atención a denuncias y pedidos



Fuente: (Osinermin, 2010)

### **ELECTROCENTRO S.A. MEMORIA ANUAL 2011** (Electrocentro-distriluz, 2012)

Señala que se mejoró sustancialmente el servicio de atención a los clientes. Los periodos de atención de solicitudes de nuevos suministros, así como de reconexiones del servicio derivados de cortes por morosidad, fueron inferiores a los límites fijados por la NTCSE.

Se registró un total de 7621 reclamos obteniendo un índice de reclamos de 11.4 por cada 10000 clientes, cifra relativamente bajo en proporción al grado de crecimiento de los clientes. La integración del sistema comercial, cuenta con un servicio de Call Center Serviluz, nexa permanente con los clientes en todas las unidades de negocio.

Al concluir el año 2011 Electrocentro S.A. contaba con 573357 clientes atendidos, con un crecimiento del 7.52% ó 40079 clientes más respecto al año anterior de 533278 clientes.

Tabla N° 1.1: Totalidad de reclamos y reclamos fundados, año 2011

MES	TOTAL RECLAMOS	RECLAMOS FUNDADOS	No. CLIENTES	INDICE RECLAMOS x CADA 10 000 CLIENTES	INDICE RECLAMOS FUNDADOS x CADA 10 000 CLIENTES
ENERO	532	137	536,026	9.92	2.56
FEBRERO	375	151	537,804	6.97	2.81
MARZO	453	371	540,370	8.38	6.87
ABRIL	366	218	542,929	6.74	4.02
MAYO	566	250	546,620	10.35	4.57
JUNIO	570	151	549,863	10.37	2.75
JULIO	717	172	553,667	12.95	3.11
AGOSTO	668	264	557,665	11.98	4.73
SETIEMBRE	855	352	564,644	15.14	6.23
OCTUBRE	836	269	568,062	14.72	4.74
NOVIEMBRE	906	200	571,569	15.85	3.50
DICIEMBRE	777	695	573,357	13.55	12.12
<b>TOTAL</b>	<b>7621</b>	<b>3230</b>	<b>573,357</b>		
<b>PROMEDIO</b>	<b>635</b>	<b>269</b>	<b>553,699</b>	<b>11.47</b>	<b>4.86</b>

Fuente: (Electrocentro-distriluz, 2012)

En su **MEMORIA ANUAL 2012, ELECTROCENTRO S.A.** (Electrocentro-distriluz, Memoria\_2012, 2013). En las paginas 48-49 que corresponde al servicio comercial; señala que en el año 2012 los periodos de atención de solicitudes de nuevos suministros y las reconexiones del servicio derivadas de cortes por morosidad fueron inferiores a los límites fijados por la Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos (NTCSE). También se registraron 12061 reclamos, los que representan un índice de 17.13 por cada 10000 clientes, resultado relativamente bajo en proporción al grado de crecimiento de nuestros clientes. Disminuir ese indicador es un gran desafío.

Gracias a la integración de su sistema comercial contamos con el servicio Call Center Serviluz, que constituye un enlace permanente con los clientes de todas las Unidades de Negocio de Electrocentro S.A. El accionar coordinado y oportuno de los equipos técnicos y comerciales permite resolver de manera rápida los requerimientos y necesidades de los clientes.

**ELECTROCENTRO S.A. MEMORIA ANUAL 2014** (Electrocentro-distriluz, Memoria\_Elcto, 2015); Señala que se registraron 22460 reclamos, los que representan un índice de 27.56 por cada 10000 clientes; este incremento se debe a la mayor información que disponen los clientes y usuarios sobre sus derechos, fomentados sobre todo por las campañas del organismo

regulador. Los reclamos fundados representan 3.92; resultado relativamente bajo en proporción al grado de crecimiento de nuestros clientes.

Tabla N° 1.2: Totalidad de reclamos y reclamos fundados, año 2012

Mes	2012				
	Reclamos	Reclamos fundados	Número de clientes	Índice de reclamos por cada 10 mil clientes	Índice de reclamos fundados por cada 10 mil clientes
Enero	789	342	574,759	13.73	5.95
Febrero	1,091	350	577,679	18.89	6.06
Marzo	1,521	782	579,109	26.26	13.50
Abril	1,088	278	580,189	18.75	4.79
Mayo	999	344	581,910	17.17	5.91
Junio	935	273	584,995	15.98	4.67
Julio	827	262	587,401	14.08	4.46
Agosto	958	242	590,799	16.22	4.10
Septiembre	1,088	249	593,460	18.33	4.20
Octubre	1,109	295	594,988	18.64	4.96
Noviembre	900	185	599,377	15.02	3.09
Diciembre	756	265	602,793	12.54	4.40
<b>Total</b>	<b>12,061</b>	<b>3,867</b>	<b>602,793</b>		
<b>Promedio</b>	<b>1,005</b>	<b>322</b>		<b>17.13</b>	<b>5.51</b>

Fuente: (Electrocentro-distriluz, Memoria\_2012, 2013)

En el año 2014 se ha reducido el porcentaje de reclamos fundados de 25.32% del año 2013 a 14.22%. Sin embargo, los reclamos fundados por cobros excesivos de consumo de energía eléctrica, fue de 2941 y en el año 2013 fue de 2483, lo que significa que aún se tiene problemas, sobre todo en las zonas rurales por falta de una correcta toma de lectura del consumo de energía eléctrica.

El distrito de Chupaca se encuentra dentro del ámbito de la prestadora de servicio de energía eléctrica Electrocentro S.A.

Los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca que tienen el servicio de energía eléctrica de la prestadora Electrocentro S.A., no están ajenos a los reclamos por consumo excesivo, el cual no corresponde a su consumo real. Debido a que este lugar se encuentra en la zona urbano-rural alejado de la ciudad; sucede, que en algunos casos el lectorista no llega a realizar la toma de lectura correspondiente, asignando valores de consumo de energía eléctrica, anteriores o promedios que no corresponde.

Tabla N° 1.3: Total, de atención a reclamos en el año 2014

MES	2014				
	RECLAMOS	RECLAMOS FUNDADOS	NÚMERO DE CUENTES	INDICE DE RECLAMOS x Cada 10 000 Clientes	INDICE DE RECLAMOS FUNDADOS x Cada 10 000 Clientes
Enero	3,101	548	641,099	48.37	8.55
Febrero	2,114	350	643,006	32.88	5.44
Marzo	1,633	331	645,097	25.31	5.13
Abril	1,801	208	647,220	27.83	3.21
Mayo	2,298	278	650,136	35.35	4.28
Junio	2,179	239	652,170	33.41	3.66
Julio	1,871	289	655,055	28.56	4.41
Agosto	1,726	208	659,409	26.17	3.15
Setiembre	1,646	230	664,688	24.76	3.46
Octubre	1,453	210	668,388	21.74	3.14
Noviembre	1,342	182	671,887	19.97	2.71
Diciembre	1,296	121	679,142	19.08	1.78
<b>TOTAL</b>	<b>22,460</b>	<b>3,194</b>	<b>679,142</b>		
<b>Promedio</b>	<b>1,872</b>	<b>266</b>		<b>27.56</b>	<b>3.92</b>

Fuente: (Electrocentro-distriluz, Memoria\_Elcto, 2015)

La provincia de Chupaca donde se realiza el estudio no es ajena a los reclamos de la mala facturación en los costos de consumo de energía eléctrica, según un análisis de reclamos del año 2014 en la oficina de Electrocentro S.A. la provincia de Chupaca reporto una cantidad de reclamos como se observa en la tabla N° 1.4.

Tabla N° 1.4: Reclamos en la Provincia de Chupaca en el año 2014

ELECTROCENTRO S.A CHUPACA/CHUPACA 2014					
MES	TOTAL RECLAMOS	RECLAMOS FUNDADOS	N° DE CUENTES	INDICE RECLAMOS x CADA 1000 CUENTES	INDICE RECLAMOS FUNDADOS x1000 CUENTES
Enero	189	152	15,121	12.50	10.05
Febrero	127	91	15,202	8.35	5.99
Marzo	258	123	15,310	16.85	8.03
Abril	59	32	15,369	3.84	2.08
Mayo	96	57	15,397	6.23	3.70
Junio	125	89	15,450	8.09	5.76
Julio	187	102	15,479	12.08	6.59
Agosto	157	83	15,486	10.14	5.36
Setiembre	107	79	15,501	6.90	5.10
Octubre	117	85	15,520	7.54	5.48
Noviembre	218	154	15,587	13.99	9.88
Diciembre	198	129	15,592	12.70	8.27
<b>TOTAL</b>	<b>1838</b>	<b>1176</b>	<b>15,592</b>		
<b>PROMEDIO</b>	<b>153</b>	<b>98</b>	<b>15418</b>	<b>9.93</b>	<b>6.36</b>

Fuente: Electrocentro S.A. archivo oficina Chupaca

Es importante poner en evidencia los problemas que aquejan a la población, en este caso a los usuarios del barrio Buenos Aires de la Provincia de Chupaca, la información detallada de los reclamos no especifica la empresa prestadora del servicio eléctrico y la confidencialidad de los mismos por parte de la empresa hacen del estudio un obstáculo inicial, pero sabiendo eso hice una pequeña encuesta lo cual sirve de evidencia de los problemas suscitados en ya mencionado lugar y es como se detalla en la tabla N°1.5.

Tabla N° 1.5: Encuesta a los usuarios barrio Buenos Aires

ANÁLISIS DE ENCUESTA BARRIO BUENOS AIRES NOVIEMBRE 2015													
USUARIO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RECLAMO	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0
USUARIO	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
RECLAMO	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	
N° USUARIOS	25							RECLAMO		1			
RECLAMOS	14							NO RECLAMO		0			
%	56												

Fuente: Propia de la investigadora

## 1.2. Delimitaciones y definición del problema

### 1.2.1. Delimitaciones

#### A. Delimitación espacial

El lugar donde se desarrolla la investigación es el barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en la capital de la provincia de Chupaca, Departamento de Junín, ubicado a 3260 m.s.n.m. con una población aproximada de 21952 (INEI, 2015). Se realizó la lectura y procesamiento de los valores de consumo de energía eléctrica domiciliar; utilizando el enlace de radio frecuencia con el módulo NRF24L01 para la comunicación entre una estación central y los medidores electrónicos de los domicilios.

#### B. Delimitación temporal

El proceso de investigación comprende su caracterización, el diseño y construcción del sistema, el cual se ha venido desarrollando desde el mes de julio del año 2015 y termina con la obtención y análisis de datos experimentales en el mes de marzo del año 2016 es decir abarca un periodo de 9 meses. La adquisición propiamente dicha de los datos se realizó en los 2 últimos meses.

### C. Delimitación social

La investigación consiste en la lectura remota y procesamiento de los valores de consumo de energía eléctrica domiciliaria monofásico de los usuarios del barrio Buenos Aires, que tienen instalados medidores digitales de la prestadora de servicio Electrocentro S.A. En esta investigación no se considera el nivel socioeconómico del usuario.

#### 1.2.2. Definición del problema

Debido a las diversas problemáticas observadas durante la realización de las actividades que involucra el procedimiento de toma de lecturas del consumo de energía eléctrica, en las poblaciones urbanas y rurales; entre las que destaca el desplazamiento al lugar de medición, el clamor de los usuarios expresada en la gran cantidad de reclamos y pedidos; realizadas a las entidades correspondientes como Osinergmin y a la misma empresa prestadora del servicio Electrocentro S.A.; el cual se evidencia en las diversas memorias anuales de los años 2009, 2011, 2012, 2013 y 2014, sobre reclamos por excesos de consumo (facturación elevada), debido a la mala toma de lectura de los medidores de los usuarios. Así, mismo debido a los tiempos prolongados destinados a esta actividad por parte de los trabajadores, para el caso de lugares alejados en donde no llegan a realizar la lectura, asignando valores de consumo no reales.

Por lo señalado se evidencia la necesidad de desarrollar un módulo electrónico que sustituya al empleado, el cual es un sistema remoto de lectura; que a través de un programa con interface USB, microcontroladores PIC18F2550 y módulos de radio frecuencia (RF) NRF24L01; realice la identificación del usuario, lectura, almacena y transmita el consumo de energía eléctrica domiciliaria; para mejorar la exactitud en su registro y facturación. De lo señalado se formulan las siguientes interrogantes:

### 1.3. Formulación del problema

#### 1.3.1. Problema general

¿Qué sistema de comunicación electrónico, permite mejorar la exactitud que lectura el consumo de energía eléctrica domiciliaria a mayor del 99% su registro y facturación de los medidores de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015?



### 1.3.2. Problemas específicos

- ¿Qué software y hardware requiere el módulo remoto para realizar la lectura de consumo de la energía eléctrica de los medidores electrónicos de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015?
- ¿Qué software y hardware requiere el módulo de la estación central, para que envíe la señal de orden de lectura, reciba, almacene, procese y registra los datos del consumo de energía eléctrica y muestra la facturación virtual de cada usuario?

## 1.4. Objetivo de la investigación

### 1.4.1. Objetivo general

Diseñar un sistema remoto que lectura el consumo de energía eléctrica domiciliaria y mejorar la exactitud a mayor del 99% su registro y facturación de los medidores electrónicos de usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.

### 1.4.2. Objetivos específicos

- Desarrollar y describir el software y el hardware del módulo remoto que realiza la lectura del consumo de energía eléctrica de los medidores electrónicos de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.
- Desarrollar y describir el software y el hardware de la estación central para que envíe la señal de orden de lectura, reciba, almacene, procese y registra los datos del consumo de energía eléctrica y muestra la facturación virtual.

## 1.5. Hipótesis de la investigación

### 1.5.1. Hipótesis general

El sistema electrónico de comunicación remoto mejora la exactitud que lectura el consumo de la energía eléctrica a mayor de 99% en su registro y facturación de los medidores los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.

### 1.5.2. Hipótesis específicos

- El software EnerSoft y el hardware RF NRF24L01 y el PIC18F2550 desarrollados garantizan la lectura del consumo de energía eléctrica de los medidores electrónicos de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.

- El software y el hardware, diseñados en la estación central son similares al módulo remoto, permiten enviar la orden de lectura, almacenar los datos recibidos del consumo de energía eléctrica, procesar, registrar y mostrar la facturación virtual de cada usuario del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.

## 1.6. Variables e indicadores

### 1.6.1. Variable independiente

X1: Consumo de energía eléctrica.

### 1.6.2. Variable dependiente

Y: Exactitud en el registro y facturación de la energía eléctrica.

### Indicadores

Para la selección y representación por variables se requiere definir operativamente a estas, con sus respectivos indicadores y unidades de medida, lo cual se presenta en la tabla N° 1.4.

Tabla N° 1.6: Definición Operativa de las variables e indicadores

Variables	Dimensiones	Indicador	Unidad de medida
<p>V. independiente:  <b>Consumo de energía eléctrica.</b>            Los aparatos eléctricos cuando están funcionando generan un consumo de energía eléctrica en función de la potencia que tengan y del tiempo que estén en funcionamiento. El consumo de energía eléctrica se contabiliza mediante un contador de energía. El kilovatio hora (KWh) es la unidad de energía en la que se factura normalmente el consumo doméstico o industrial de electricidad.</p>	<p>Circuito del módulo RF.</p> <p>PIC 18F2550</p>	<p>Recibe la señal transmitida</p> <p>Recepción de una trama de 8 bytes.</p> <p>Compara número de usuario</p>	<p>SI/NO</p> <p>SI/NO</p>
<p>V. dependiente:  <b>Exactitud en el registro y facturación de la energía eléctrica.</b>            Los KWh consumidos en el periodo indicado en la factura, se multiplican por el precio que la comercializadora ha acordado por kilovatio y nos da el Importe total del coste de esa energía consumida.</p>	<p>Costo por el consumo de KWh, costo fijo, impuestos y otros.</p> <p>Registro exacto en la base de datos.</p>	<p>Recibos de consumo.</p> <p>Identificación, valores de consumo en la base de datos.</p>	<p>KWh.</p> <p>S/.</p>

Fuente: Propia de la investigadora

## 1.7. Justificación e importancia de la investigación

### 1.7.1. Justificación de la investigación

Esta investigación utilizara tecnología electrónica de lógica programada para la lectura y procesamiento de los valores de consumo de energía eléctrica domiciliaria; utilizando el enlace inalámbrico para la comunicación entre una estación central y los medidores electrónicos de los domicilios. La medida del consumo de energía eléctrica realizado por el medidor electrónico es adquirida a través del protocolo IrDA que posee el medidor, sin ninguna intervención humana. Las mediciones remotas del consumo de energía eléctrica serán mostradas en un programa desarrollado en LabVIEW 2014 con una base de datos, utilizando comunicación inalámbrica de RF a través de la interface USB de la laptop.

Debido a que el sistema de lectura remota del consumo de energía eléctrica, se realiza sin requerir la intervención de un trabajador, su aplicación resulta en un menor costo y una mayor fiabilidad al obtener los datos de cada usuario.

### 1.7.2. Importancia de la investigación

La necesidad de reducir la cantidad de reclamos por consumo excesivo realizado por los usuarios, no corresponde a su consumo real; que se sienten afectados en su economía y la pérdida de tiempo que demanda todo el proceso de reclamación. Los reclamos se deben a las diversas problemáticas observadas durante la realización de las actividades que involucra el procedimiento de toma de lecturas del consumo de energía eléctrica, en las poblaciones urbanas y rurales como: El registro erróneo de la lectura del medidor debido a fallas humanas, la ausencia de personas en los domicilios que deriva en el no registro de las lecturas de los medidores, El difícil acceso a los domicilios especialmente en las zonas rurales, sucede, que en algunos casos el lectorista no llega a realizar la toma de lectura correspondiente, asignando valores de consumo de energía eléctrica, anteriores o promedios que no corresponde.

Por esta problemática, surge la necesidad de desarrollar un sistema de medición remota del consumo de energía eléctrica, el cual consiste en obtener, almacenar y transmitir la lectura del consumo de energía eléctrica de los medidores electrónicos instalados en los domicilios, a un punto central; en forma fácil, rápida y precisa; agilizando el procesamiento de la información correspondiente, mediante la aplicación de los conocimientos y técnicas del área de electrónica, telecomunicaciones e informática.

## 1.8. Limitaciones de la investigación

### 1.8.1. Limitación teórica

El proceso de lectura remoto del consumo de energía eléctrica domiciliaria, es un proceso en el cual no se considera los tiempos de retardo de transmisión y recepción de los datos, que se presenta desde la lectura hasta que llega a la estación central, pasando por las antenas, los circuitos electrónicos; es decir el tiempo utilizado en todo el proceso de comunicación a través de radio frecuencia, las investigaciones a nivel internacional constituyen propuestas sin considerar la problemática presentada en el retardo de comunicación de datos, lo que constituye una limitación teórica para el presente trabajo de investigación. También no se considera las posibles interferencias, para el caso en que coincidan las frecuencias con otros sistemas de comunicación.

### 1.8.2. Limitación metodológica

Dentro de las limitaciones metodológicas de la investigación, debido a que hay usuarios que cuentan con medidores digitales y medidores electromecánicos que no cuentan con un puerto de comunicación IrDA. Solo consideramos a los usuarios que cuentan con medidores digitales con puerto de comunicación IrDA para la lectura remota del consumo de energía eléctrica domiciliaria.

## 1.9. Tipo y nivel de investigación

### 1.9.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo tecnológica-aplicada (Espinoza, 2014), porque se aplica los recursos tecnológicos y de conocimientos existentes dentro del campo de la ingeniería electrónica, telecomunicaciones, de software, además una serie de dispositivos hardware y software como parte de un sistema de lectura remota inalámbrico del consumo de energía eléctrica en el distrito de Chupaca.

### 1.9.2. Nivel de investigación

Se desarrolló el nivel de investigación explicativo. Los estudios explicativos están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales. Van más allá de la descripción y la correlación.

Se explica el proceso de lectura remota del consumo, utilizando un programa desarrollado en LabVIEW 2014 y el hardware constituido por los PIC18F2550, y los módulos de RF NRF24L01. La lectura de datos que corresponde al consumo de energía eléctrica domiciliaria, se realiza por el puerto IrDA de los medidores digitales y un receptor IR controlado por uC.

## 1.10. Método y diseño de la investigación

### 1.10.1. Método de la investigación

Se tendrá en consideración el método científico como método general. El método científico según Van Dalen (1986) citado por (Carrasco, 2008) “es el modo ordenado de proceder para el conocimiento de la verdad, en el ámbito de determinada disciplina científica”. El método de investigación científico es un procedimiento de actuación general que se sigue en el conocimiento científico; por lo tanto, el procedimiento científico se concreta en un conjunto de fases o etapas.

El método específico es experimental porque es el proceso de investigación que genera las condiciones necesarias y suficientes para la lectura del consumo de energía eléctrica domiciliaria, mediante tecnología de RF.

Metodología de diseño:

Dentro del contexto del planteamiento del problema y los antecedentes, para la investigación se utilizarán tres elementos metodológicos: fundamento teórico, desarrollo del hardware y desarrollo del firmware, como se muestra en el gráfico N° 1.3.

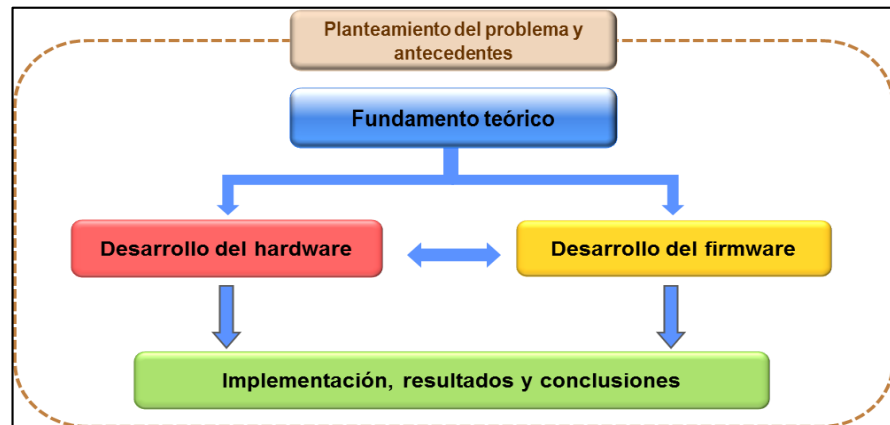
El fundamento teórico se basó en la recopilación de información de conceptos y esquemas sobre el medidor de energía eléctrica monofásico domiciliaria, optándose por los medidores de energía eléctrica digital (Medidor A102C), incluyendo información actual e ilustrativa del puerto IrDA, que permite que los registros del medidor sean leídos electrónicamente; así como también información técnica del microcontrolador PIC18F2550, puerto USB, modelo estructural de un sistema automatizado, comunicaciones inalámbricas (en la que se destacan: modos de transmisión, red inalámbrica, modulación digital y tipos de conexiones) y el estándar de comunicaciones IrDA.

Para el desarrollo del firmware se utilizaron dos lenguajes de programación: LabVIEW 2014, en el cual se realizó el aplicativo que se ejecuta en la laptop, y el lenguaje C de CCS para realizar la programación de los microcontroladores, con el cual se edita, compila, depura, simula y se genera los archivos para la grabación de los microcontroladores del circuito de la estación central y el módulo remoto.

Para el desarrollo del hardware, son tres los principales componentes del sistema: microcontroladores PIC18F2550 y PIC16F628A, módulos de RF con modulación y demodulación GFSK (basado en el chip NRF24L01+), los circuitos de adaptación para la lectura con estándar IrDA y los medidores electrónicos. También, se realizará el

diseño y simulación de los esquemas de los circuitos electrónicos y de las tarjetas de circuito impreso, utilizando el software CAD Proteus Design Suite 8.2.

Grafico N° 1.3: Esquema general de la metodología de investigación



Fuente: Propia de la autora

### 1.10.2. Diseño de la investigación

En la investigación se ha utilizado el diseño experimental, como diseño específico es pre experimental con pre y post test de un solo grupo, según (Oseda, D., Chenet, M., Hurtado, D., Chavez, A., Patiño, A., y Oseda, M., 2015), para proporcionar la máxima cantidad de información pertinente al problema bajo investigación.

$$M \quad O_1 \ O_2 \ \dots \ O_{25} \ O_{26} \quad X \quad O_{27} \ O_{28} \ \dots \ O_{51} \ O_{52}$$

Dónde:

M = Es la muestra de investigación.

$O_1 \ O_2 \ \dots \ O_{25} \ O_{26}$  = Medición a la variable dependiente antes del experimento.

X = Experimento (variable independiente)

$O_{27} \ O_{28} \ \dots \ O_{51} \ O_{52}$  = Medición a la variable dependiente después del experimento.

## 1.11. Técnicas, instrumentos y fuentes de recolección de datos

### 1.11.1. Técnicas

Se evidenciará el estudio con el registro de datos en tiempo real sobre la lectura remota del consumo de energía eléctrica que será guardada en una base de datos que incluye: Número de usuario, lectura actual, lectura anterior, hora, fecha y facturación. Las acciones de lectura de los datos se efectuarán según la necesidad de los experimentos.

Se usarán las técnicas e instrumentos que se señalan en la tabla N°1.5.

### 1.11.2. Instrumentos

Para la lectura en tiempo real del consumo de energía eléctrica que es nuestra variable independiente se realizará a través del protocolo IrDA, desde de transmisor de IR del medidor digital instalado en la vivienda del usuario, posteriormente se almacena toda la información en una base de datos del software desarrollado en LabVIEW 2014, esto permitirá recolectar de manera automatizada la información. Se utilizará el medidor A102C.

Tabla N° 1.7: Se muestra las técnicas e instrumentos a utilizar

Técnicas	Aplicación
Observación	Tablas Fichas Fotos de actividades Encuestas
Análisis documental	Memorias anuales Informes de organismos gubernamentales Tesis anteriores Base de datos: Medidas energía
Experimentación	Esquemas de circuitos electrónicos y simulación con Proteus ISIS Diagrama de flujo del programa Simulación de circuitos eléctricos Pruebas: Ensayo error

Fuente: Propia de la autora

### 1.11.3. Fuentes

Para el análisis de datos, los cálculos y la elaboración del informe final de la tesis, se tomaron como referencia datos históricos de sus memorias anuales de Electrocentro S.A., sobre reclamos por consumo excesivo; tomo de lectura y recibos anteriores de usuarios del barrio de Buenos Aires e Informes de trabajo del Organismo de supervisión (OSINERGMIN). La información fue obtenida directamente o vía Internet. También se utilizará como referencia las tesis internacionales y nacionales; además revistas, manuales de los módulos, manuales de los dispositivos electrónicos y manuales de los equipos.

## 1.12. Cobertura de estudio

### 1.12.1. Población

El universo de datos o población de estudio está constituido por todos los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca, que cuentan con el servicio de energía

eléctrica domiciliaria con medidores digitales y comunicación IrDA, los cuales son 78; entonces es una población finita.

### 1.12.2. Muestra

El tamaño de la muestra, para una población finita, se establece de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2(p)(1-p)N}{(N-1)E^2 + Z^2(p)(1-p)}$$

Dónde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confianza o coeficiente de confianza.

E = Error absoluto o error permitido.

p = Proporción de unidades que poseen el atributo de interés en la población.

El barrio de Buenos Aires tiene 78 usuarios que cuentan con medidores digitales. Con los valores tomados para un nivel de confianza del 95% y un error del 5%, se reemplaza en la ecuación anterior, obtenemos el siguiente resultado:

$$n = \frac{(1.96)^2 (0.5) (1 - 0.5) (78)}{(78 - 1) (0.05)^2 + (1.96)^2 (0.5) (1 - 0.5)}$$

$$n = \frac{74.9112}{2.18854} \quad , \quad n = 25.9621$$

Tabla N° 1.8: Muestra los valores que toma Z y E.

Los valores Z más utilizados y sus niveles de confianza son:							
Z	1,15	1,28	1,44	1,65	1,96	2	2,58
Nivel de confianza	75%	80%	85%	90%	95%	95,5%	99%
Error (E)	25%	20%	15%	10%	5%	4,5%	1%

Fuente: (Bejarano, Mormontoy, & Tipacti, 2006)

Entonces el número de muestras se puede aproximar a 26 usuarios.

Para la investigación se usarán solo cuatro medidores digitales con comunicación IrDA usuarios del barrio Buenos Aires. Debido a que existe semejanza en el proceso de lectura a los medidores y la lectura remota del consumo, su registro y facturación, el resultado se puede generalizar.



## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Como parte de la investigación preliminar en bibliotecas digitales, se ubicó un conjunto de tesis conteniendo aspectos sobre lectura del consumo de energía eléctrica.

**Espinoza, H. (2007).** *En su tesis: “SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA”*; ha realizado la medición remota de la energía eléctrica a un punto central, la medición consiste en obtener, almacenar y transmitir la medida del consumo de energía eléctrica de los medidores electromecánicos instalados en los domicilios.

*El sistema está conformado principalmente por 4 módulos: Medidor; que utiliza un medidor electromecánico, sensor óptico HOA1406, el PIC16F84, LM567 y transformador de acoplamiento de impedancias. El concentrador de datos de medición; utilizo el transformador de acoplamiento de impedancias, LM567, MAX232, PIC16C65A, módem de la marca Sensa IC01043, equipo de radiocomunicación MOTOROLA GM300; y la estación central, que utiliza: Una PC con un aplicativo, un equipo de radiocomunicación MOTOROLA GM300 y otro módem Sensa IC01043A.*

*El concentrador de datos es el encargado de almacenar la información de todos los medidores conectados a la misma red de suministro eléctrico de baja tensión, y posteriormente envía los datos a la estación central.*

En esta investigación resaltamos una red de multipunto a punto los cuales esta interconectado los medidores a una central que nos proporciona una forma esencial de comunicación.

**Castro, C., & Castro, E. (2012).** *De la tesis “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DIGITAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y VISUALIZACIÓN DEL COSTO EQUIVALENTE”*; se utilizó lo referente a la medición del consumo de energía eléctrica, que se realiza a través de un prototipo electrónico, que a su vez brinda la posibilidad de visualizar el costo por cada KWh consumido. Monitoriza

el gasto de energía de los aparatos eléctricos que se encuentran dentro de un hogar, permite conocer realmente la cantidad de KWh que cada uno disipa, para diferentes instantes de uso y condiciones de funcionamiento.

Se resalta la inclusión del circuito integrado de propósito específico ADE7953, clave para la obtención digital de los diferentes valores de tensión, corriente y potencia activa. El procesamiento de los datos es realizado por el microcontrolador MC9S08JM60, donde por medio de diferentes sentencias de programación, se leen y adecúan los registros provenientes del ADE7953, y se visualizan los datos de interés en una pantalla de cristal líquido.

El prototipo realizado es manipulado por medio de un teclado touch, guarda las mediciones en una memoria SD, y además las transmite inalámbricamente por medio de los módulos Xbee o por cable al puerto USB de cualquier computador, donde las mediciones son mostradas en una interfaz elaborada en LabVIEW.

En esta investigación me ayudo en la comunicación entre es hardware y software en este caso la interacción con la plataforma de LabVIEW.

**Mollocana, G., & Rubio, M. (2009). En su tesis titulado “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE MEDICIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA MEDIANTE TRANSMISIÓN INALÁMBRICA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”;** trata sobre la lectura del consumo de energía eléctrica domiciliaria de los usuarios de Latacunga, utilizando los módulos de RF (inalámbrico), como el transmisor TWS-434 y el receptor RWS-434 que ofrecen mucha confiabilidad en el envío y recepción de datos a cortas y medianas distancias con una comunicación unidireccional (half duplex).

Las señales son adaptadas de acuerdo a las necesidades del diseño, es así que se acondicionó un medidor electromecánico monofásico modelo M8C categoría 8899C05G87 con la utilización de un optoacoplador para medir la cantidad de KWh. Así, mismo utilizo el protocolo I2C en la comunicación entre el PIC y los otros dispositivos utilizados, tales como la memoria externa y el reloj de tiempo real. Para la comunicación de los módulos de RF y el PIC utilizó el protocolo RS-232 y la comunicación entre la PC y el PIC es por el puerto USB. Un aplicativo fue desarrollado en LabVIEW 8.6, el cual permite recibir los datos, procesarlos y realizar una facturación del consumo de energía eléctrica y generar una base de datos para cada usuario.

En esta investigación enfatiza el protocolo de comunicación RS-232 que utiliza el pic lo cual utilizo en el desarrollo de la investigación.

**Aguayo, O., & Almadie, V. (2008). En su tesis: “PROTOTIPO DE SISTEMA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA INALÁMBRICO BASADO EN EL PROTOCOLO ZIGBEE”;**

desarrolla un sistema de medición de energía eléctrica inalámbrico, que se basó principalmente en el uso de microcontroladores, ordenadores y sobre todo el protocolo ZIGBEE que es un estándar de comunicaciones inalámbricas, se trata de módulos integrados e inteligentes, mediante los cuales es posible operar en redes 802.15.4 y Zigbee; en base a que en la actualidad, tecnológicamente han cambiado muchas cosas, a hora se puede ver la protección que hay en los cables de alta tensión, los que son encargados de transportar le energía eléctrica a cada hogar.

En esta investigación hace referencia el uso de una comunicación inalámbrica basado en protocolo ZIGBEE es importante conocer este protocolo como otros para ver el mejor que se adapte a mi sistema.

**Valencia, V., & Michelena, J. (2007).** *En su tesis: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE EQUIPOS MÓVILES CON TECNOLOGÍA BLUETOOTH”*; describe una aplicación de telemetría para medidores analógicos del consumo de energía eléctrica, adquiere los registros del consumo mediante una Pocket PC y lo guarda en una base de datos.

El prototipo desarrollado necesita dos componentes específicos que son: la PDA y un sistema microprocesado. La PDA contiene una aplicación que se comunica vía Bluetooth (MÓDULO BLUETOOTH KC-21) con el sistema de adquisición de datos, para pedir las diferentes lecturas del consumo de energía eléctrica; en cambio, el sistema microprocesado contiene un microcontrolador AT39C51, que es el encargado de verificar el enlace bluetooth, tomar los datos del consumo, almacenarlo, mostrar el consumo en un LCD y guardarlo en una eeprom (I2C). Las dos partes pueden funcionar de forma dependiente, y por seguridad la aplicación envía códigos predeterminados, evitando que dispositivos no autorizados, puedan manejar el prototipo. Se utilizó lo referente al sistema microprocesado en nuestra investigación.

Esta investigación basada en comunicación Bluetooth hay dificultades en cuanto a distancia por ello seria mejor utilizar un enlace mejor el cual nos de la distancia que necesitamos con otro tipo de comunicación inalámbrica.

**Ordinola, M. (2009).** *En su tesis titulado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS COMUNIDADES CAMPESINAS”*; diseña un sistema de control que puede ser empleado en la serranía de nuestro país, de modo que cada vivienda puede realizar un consumo dentro de un rango permitido. Se plantea este hecho debido a que en el año 2009 las comunidades campesinas contaban con generadores eléctricos como fuente de energía, los cuales alimentan a todas las viviendas de la comunidad.

*Sin embargo, no se cuenta con algún tipo de control acerca del consumo que se pueda realizar de esta energía limitada, por lo que frecuentemente se tienen consumos excesivos de parte de alguna vivienda, quedando muy poca energía restante para otras viviendas.*

*En las investigaciones consideradas como antecedentes, coinciden que para realizar un sistema remoto para la lectura de medidores del consumo de energía eléctrica es posible el empleo de redes de comunicación, podemos aprovechar esta infraestructura para diversas aplicaciones, las investigaciones también ayudaron en la adaptación al sistema de RF, la utilización de módulos de comunicación. Para la adquisición y el proceso de los datos adquiridos por IrDA se utilizan microcontroladores. La lectura del medidor realizado por el sistema se observa en una PC con el programa LabVIEW.*

## Marco conceptual

### 2.1.1. Medidor de energía eléctrica monofásico domiciliar

Según (Enriquez, 2008) señala que, “la energía y la potencia son dos conceptos diferentes. La potencia es una cantidad instantánea, en cambio, la energía depende del tiempo durante el cual la potencia es aplicada. La energía eléctrica es la integral de la potencia activa con respecto al tiempo. Esta integral de potencia es la energía entregada a un circuito, durante el intervalo sobre el cual la integración se extiende, y la unidad en la cual se mide es usualmente el Kilowatts-hora. Para medir la energía es necesario utilizar un aparato que mida la potencia utilizada sobre un periodo definido llamado Watthorímetro”.

**Definición:** El medidor eléctrico, medidor de consumo eléctrico o contador eléctrico, es un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico, siendo esta la aplicación usual. Existen medidores electromecánicos y electrónicos.

**Consumo de energía:** La energía eléctrica que se utiliza para realizar un trabajo se cuantifica a partir de la cantidad de potencia activa empleada multiplicada por el tiempo en que se aplica.

Joule = potencia x unidad de tiempo = watts x segundo

$$\text{KWh} = \left( \frac{P}{1000} \right) * \left( \frac{t}{3600} \right)$$

Dónde:

KWh: Es la energía en kilowatts-hora

P: Es la potencia en watts

t: El tiempo en segundo

### **Clasificación de los medidores**

- **De acuerdo con su construcción**

**Medidores de inducción (Electromecánicos):** Es un medidor en el cual las corrientes en las bobinas fijas reaccionan con las inducidas en un elemento móvil, generalmente un disco, haciéndolo mover.

El principio de funcionamiento es muy similar al de los motores de inducción y se basa en la teoría de la relación de corriente eléctrica con los campos magnéticos.

**Medidores estáticos (Electrónicos):** Medidores en los cuales la corriente y la tensión actúan sobre elementos de estado sólido (electrónicos) para producir pulsos de salida y cuya frecuencia es proporcional a los watts-hora. Están contruidos con dispositivos electrónicos, generalmente son de mayor precisión que los electromagnéticos.

- **De acuerdo con la energía que miden**

**Medidores de energía activa:** Mide el consumo de energía activa en kilowatts-hora.

**Medidores de energía reactiva:** Mide el consumo de energía reactiva en Kilovar-hora.

La energía reactiva se mide con medidores electrónicos que miden tanto la energía activa como la energía reactiva.

- **De acuerdo con la exactitud**

Según la norma NTC 2288 y 2148, los medidores se dividen en 3 clases: 0.5, 1 y 2.

**Medidores clase 2:** Es la clasificación básica e incluye los medidores monofásicos y trifásicos para medir energía activa de hogares, oficinas, locales comerciales y pequeñas industrias con cargas < de 55 KW.

El índice de clase 0,5, 1, y 2 significa los límites de error porcentual admisible para todos los valores de corriente entre el 10% nominal y la corriente máxima con un factor de potencia igual a uno.

### Medidor de energía eléctrica digital (Medidor A102C)

El medidor A102C (Elster Medidores S.A, 2012) ofrece las ventajas de la medición electrónica de vanguardia, con medición en clase 1 para energía activa y clase 2 para energía reactiva (opcional), registrador siempre positivo y herramientas antifraude. La lectura automática de medidores (AMR) es posible a través de la salida de pulsos. Incluye un puerto de comunicaciones IrDA, unidireccional. El puerto IrDA permite que los registros del medidor sean leídos electrónicamente utilizando dispositivos portátiles, eliminando de esta forma la posibilidad de errores de lectura. Todos los datos de seguridad están disponibles a través del puerto IrDA.

Gráfico N° 2.1: Aspecto físico del medidor A102C monofásico de Elster



Fuente: (Elster Medidores S.A, 2012)

Tabla N° 2.1: Especificaciones técnicas del medidor de energía A102C

<b>Especificaciones Técnicas</b>		
<b>Precisión</b>	Energía activa 1.0%	Energía reactiva (opcional) 2.0%
<b>Rango de Corriente</b>	5(60)A	
<b>Tensión Nominal</b>	220V	
<b>Display</b>	LCD, caracteres de 9,5mm x 3,5mm	
<b>Número de Dígitos</b>	Cinco (5) enteros y un (1) decimal	
<b>Frecuencia</b>	60Hz	
<b>Sistema de conexión</b>	1 fase, 2 hilos	
<b>Temperatura</b>	Rango de operación -20°C +55°C	Rango de almacenamiento -20°C +85°C
<b>Consumo Propio</b>	Circuito voltimétrico 0.66W, 8.5VA (capacitivo)	Circuito amperimétrico 0.015VA a In para DIN 5(60)A
	Test realizado	Resultado
	Rigidez dieléctrica	4kV RMS 50Hz
	Resistencia al impulso	12kV 1.2/50 µs – 500 ohms
<b>Corriente de Arranque</b>	0.004Ib	
<b>Salida de Pulsos</b>	Opcional, cumple IEC 62053-31	
<b>Peso</b>	340 gramos	
<b>Grado de Protección</b>	IP 53	
<b>Constante</b>	1,000 imp/kWh	
<b>Dimensiones</b>	Ancho x Alto x Profundidad = 125 x 135 x 45 mm.	
<b>País de Fabricación</b>	Argentina	

Fuente: (Elster Medidores S.A, 2012)

#### Detalles técnicos

- Medición de energía activa (KWh) y de energía reactiva\* (KVarh).
- Gran exactitud a lo largo de toda la curva.
- Clase 1 en energía activa según IEC 62053-21 y clase 2 en energía reactiva según IEC62053-23\*.
- Led para contraste.
- Indicador de flujo inverso en pantalla.
- Diseño compacto.
- Tapa antifraude para sellado permanente.
- 20 años de vida útil.
- Grado de protección IP53.
- Siempre positivo.
- Dígitos de gran tamaño.
- Salida de pulsos\*.

- Mayor protección contra sobretensiones: Varistor de 510 V RMS Max.
- Salida IrDA para transmisión de datos de facturación, seguridad y estado del sistema.
- Reinicio del registro del medidor\*\*.  
 \* Características opcionales no actualizables.  
 \*\* Posible sólo en las oficinas de Elster.

## 2.1.2. Comunicaciones inalámbricas

### A. Telecomunicaciones

El término telecomunicación fue definido por primera vez en la reunión conjunta de la XIII Conferencia de la UTI (Unión Telegráfica Internacional) y la III de la URI (Unión Radiotelegráfica Internacional) que se realizó en Madrid el 3 de septiembre de 1932. La definición aprobada del término fue: "Telecomunicación es toda transmisión, emisión o recepción, de signos, señales, escritos, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza por hilo, radioelectricidad, medios ópticos u otros sistemas electromagnéticos".

En el libro sistemas de comunicaciones electrónicas (Wayne, 2004), detalla que, "El objetivo fundamental de un sistema electrónico de comunicaciones, es transferir información de un lugar a otro. Las comunicaciones electrónicas son la transmisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares, mediante circuitos electrónicos. La fuente original de información puede estar en forma analógica (continua), como por ejemplo la voz humana o la música, o en forma digital (discreta), como por ejemplo los números codificados binariamente o los códigos alfanuméricos. Sin embargo, todas las formas de información se deben convertir a energía electromagnética antes de ser propagadas a través de un sistema electrónico de comunicaciones".

También señala que, "Los sistemas electrónicos modernos de comunicación incluyen los de cable metálico, por microondas y los satelitales, así como los sistemas de fibra óptica".

**Briceño Márquez, José (2005:261)** menciona a los principios de la transmisión de información, "*... como el proceso mediante el cual se transfiere información desde un punto en el espacio y en el tiempo, denominado fuente de información, hasta otro punto denominado destino de la información, con el mínimo de pérdidas o perturbaciones*".



**Mollocana, G., & Rubio, M. (2009)** define telecomunicaciones, como todo procedimiento que permite a un usuario hacer llegar a uno o varios usuarios determinados (telefonía) o eventuales (radio, televisión), información de cualquier naturaleza (documento escrito, impreso, imagen fija o en movimiento, videos, voz, música, señales visibles, señales audibles, señales de mandos mecánicos, etc.), empleando para dicho procedimiento, cualquier sistema electromagnético para su transmisión y/o recepción (transmisión eléctrica por hilos, radioeléctrica, óptica, o una combinación de estos diversos sistemas). Así también menciona que un sistema de telecomunicaciones es el conjunto de equipos y enlaces tanto físicos como electromagnéticos, utilizables para la prestación de un determinado servicio de telecomunicaciones.

**Ordinola, M. (2009)** Menciona el siguiente concepto para telecomunicación, (del prefijo griego *tele*, "distancia" o "lejos", "comunicación a distancia") es una técnica, que consistente en transmitir un mensaje de un punto a otro, normalmente con el atributo típico adicional de ser bidireccional. El término *telecomunicación* cubre todas las formas de comunicación a distancia, incluyendo radio, telegrafía, televisión, telefonía, transmisión de datos e interconexión de ordenadores a nivel de enlace. Telecomunicaciones, es toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, datos, imágenes, voz, sonidos o información de cualquier naturaleza que se efectúa a través de cables, radioelectricidad, medios ópticos, físicos u otros sistemas electromagnéticos.

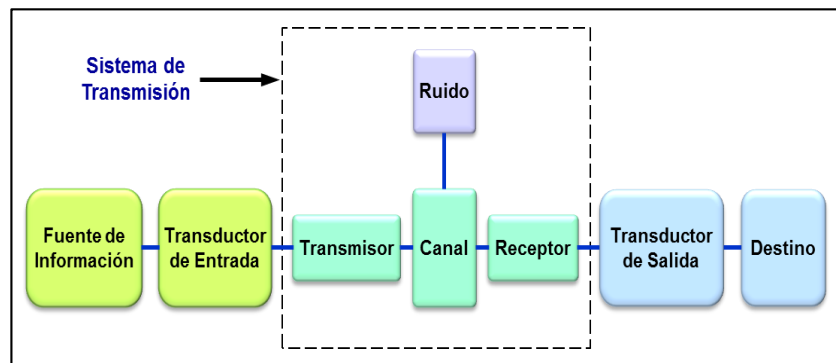
#### B. Modelo de un sistema de transmisión de información

En cualquier sistema de comunicación se transmite información desde un origen o fuente a un destino por medio de un canal. Por lo general, la información de la fuente no está en una forma, que tenga la capacidad de viajar a través de un canal, por tal razón se utiliza un dispositivo llamado transmisor en un extremo y un receptor en el otro. Y los elementos son: fuente, transmisor, canal, receptor y destino.

Para **Lathi B. P. (1994:172)**, un sistema de comunicación consta de los siguientes componentes: fuente, transmisor, canal, receptor y destinatario.

Para **Briceño Márquez, José (2005:261-264)**, el componente de un sistema completo de transmisión de información se puede representar como se muestra en el gráfico N° 2.2.

Gráfico N° 2.2: Diagrama de bloques de un sistema de comunicación



Fuente: Principios de las comunicaciones. Briceño Márquez, José

Fuente de información: La información o inteligencia a transmitir se origina en la fuente de información. Esta información se materializa como un conjunto (que sin perder generalidad supondremos finito y discreto) de  $n$  símbolos o mensajes distintos e independientes cuyo significado es conocido en el destino del sistema. La fuente de información así definida se denomina “fuente discreta sin memoria”. Hay muchas clases de fuentes de información, incluyendo personas y máquinas, de manera que los símbolos o mensajes pueden tomar una gran variedad de formas: una secuencia de símbolos discretos o letras, una magnitud que varía en el tiempo, etc.; pero cualquiera que sea el mensaje, el propósito del sistema de comunicación es el de proporcionar una réplica más o menos exacta del mismo en el destino.

Transductor de entrada: El mensaje que produce la fuente no es de naturaleza eléctrica y, por lo tanto, es necesaria la presencia de un “transductor” o “codificador” que convierta el mensaje en una “señal”. Esta última es una magnitud eléctrica variable en el tiempo (corrientes o voltajes) compatible con el tipo particular de sistema de transmisión que se emplee. Nótese entonces la diferencia entre información, mensaje y señal: información es la inteligencia o significado que se va a transmitir; es una entidad intangible. Mensaje es la materialización de la información en una cantidad mensurable: el mensaje es el soporte de la información. Señal es la magnitud eléctrica que resulta de la transformación de una magnitud no eléctrica portadora de información en una magnitud eléctrica variable en el tiempo. A este respecto, el número de elementos del conjunto de las señales de salida del transductor debe ser igual al número de elementos del conjunto de símbolos o mensajes de la fuente de información. La

señal de salida del transductor se conoce también con el nombre de “señal mensaje”.

El transductor de salida o “descodificador”, efectúa la operación inversa del transductor de entrada; es decir, reconvierte las señales eléctricas recibidas en los símbolos o mensajes correspondientes, los cuales son presentados al destinatario para su interpretación.

Transmisor: Aunque no deja de ser frecuente encontrar el transductor de entrada acoplado directamente al canal, como sucede, por ejemplo, en telefonía, generalmente es necesario “modular” una señal sinusoidal con la señal del transductor de entrada, sobre todo para transmisión a gran distancia. La “modulación” es la variación sistemática de alguna característica de la señal portadora, en concordancia con la modulante.

Canal: El canal de transmisión es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor. Puede ser un par de conductores, un cable coaxial, una fibra óptica o sencillamente el espacio libre en el cual la señal se propaga en forma de una onda electromagnética. Al propagarse a través del canal, la señal transmitida se distorsiona debido a las no linealidades y/o las imperfecciones en la respuesta de frecuencia del canal. Otras fuentes de degradación son el “ruido” y la “interferencia” que recoge la señal a su paso por el canal.

Ruido: El término “ruido” se utiliza comúnmente para denominar aquellas señales que perturban la transmisión y procesamiento de señales en los sistemas de comunicación y sobre las cuales no se tiene un control completo. El ruido que afecta a un sistema de comunicación se clasifica en categorías dependiendo de su origen. Cuando el ruido proviene de los componentes del sistema tales como resistencias, tubos al vacío y dispositivos de estado sólido, se conoce como “ruido interno”. La segunda categoría de ruido resulta de fuentes externas al sistema de comunicación e incluye el ruido atmosférico, extraterrestre y el producido por el hombre; es el “ruido externo”.

Receptor: El objetivo del receptor es el de extraer la señal deseada a partir de la señal degradada transmitida por el canal. Como las señales recibidas en general son débiles y plagadas de ruido, una primera operación del receptor es la amplificación y filtrado de dichas señales para poderlas procesar. Pero la operación fundamental del receptor es la “demodulación” o “detección”, que es el proceso inverso de la modulación en el transmisor. Debido a la degradación de la

señal recibida, el receptor no puede reconstruir exactamente la señal original, aunque el tipo de degradación que resulta depende del sistema de modulación utilizado.

Ancho de banda y potencia de transmisión: En los sistemas de transmisión existen dos parámetros de gran importancia: el ancho de banda del canal y la potencia transmitida. Los sistemas de comunicación deben diseñarse entonces para utilizar estos dos recursos en la forma más eficiente posible. En general, es difícil optimizar ambos recursos simultáneamente, pues en la mayoría de los canales de comunicación, son “limitados en potencia” o “limitados en ancho de banda”. Por ejemplo, los canales telefónicos son limitados en ancho de banda, mientras que un canal de microondas lo es en potencia. La meta ideal en el diseño de un sistema de comunicación es transmitir la información a la máxima velocidad con el mínimo de potencia y ancho de banda. La utilización óptima y eficiente de estos recursos es el principal objetivo en el diseño.

#### C. Modos de transmisión

**Wayne Tomasi y otros (1996:09) [6]**, detallan que en los sistemas de comunicaciones electrónicas existen cuatro modos de transmisión: en una dirección (Simplex), en ambas direcciones pero solo uno a la vez (Half-Duplex), o en ambas direcciones al mismo tiempo (Full-Duplex) y en ambas direcciones al mismo tiempo pero con diferentes estaciones (Full/Full-Duplex).

Simplex (SX): Las transmisiones pueden ocurrir sólo en una dirección, solo para recibir o solo para transmitir.

Half-Duplex (HDX): Las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo, llamados también sistemas con alternativa de dos sentidos.

Full-Duplex (FDX): Las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones al mismo tiempo, también se les denomina líneas simultaneas de doble sentido, dúplex o de ambos sentidos; una estación puede transmitir y recibir simultáneamente; pero la estación que está transmitiendo también debe ser la que esté recibiendo.

Full/Full-Duplex (F/FDX): Para este caso es posible transmitir y recibir simultáneamente, pero no necesariamente entre las dos estaciones, es decir una estación puede transmitir a una segunda estación y recibir de una tercera estación

al mismo tiempo. Las transmisiones full/full dúplex se utilizan exclusivamente con circuitos de comunicaciones de datos.

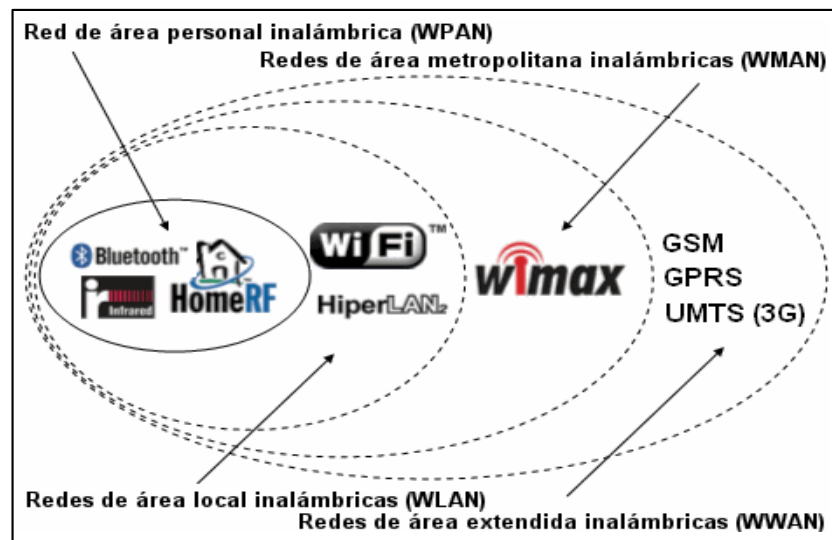
#### D. Red inalámbrica

El término red inalámbrica (Wireless network) (Kioskea, 2014), es un término que se utiliza en informática para designar la conexión, sin necesidad de una conexión física (cables), ésta se da por medio de ondas electromagnéticas. La transmisión y la recepción se realizan a través de los puertos.

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

En la actualidad las redes inalámbricas son una de las tecnologías más prometedoras, que se detallan en el gráfico N° 2.3.

Gráfico N° 2.3: Cobertura y estándares de las redes inalámbricas



Fuente: (Kioskea, 2014)

Existen dos categorías de las redes inalámbricas; la primera para larga distancia: estas son utilizadas para distancias grandes como puede ser otra ciudad u otro país, y el segundo corta distancia: son utilizadas para un mismo edificio o en varios edificios cercanos no muy alejados.

Según su cobertura, se pueden clasificar en diferentes tipos:

Redes inalámbricas de área personal (WPAN): Una red inalámbrica de área personal (WPAN) incluye redes inalámbricas de corto alcance que abarcan un

área de algunas decenas de metros. Este tipo de red se usa generalmente para conectar dispositivos periféricos (por ejemplo, impresoras, teléfonos móviles y electrodomésticos) o un asistente personal digital (PDA) a un ordenador sin conexión por cables. Las tecnologías para las WPAN son:

La tecnología principal WPAN es **Bluetooth**, lanzado por Ericsson en 1994. Ofrece una velocidad máxima de 1 Mbps con un alcance máximo de unos treinta metros. La tecnología Bluetooth, también conocida como IEEE 802.15.1, tiene la ventaja de tener un bajo consumo de energía, algo que resulta ideal para usarla en periféricos de pequeño tamaño.

**HomeRF** (Home Radio Frequency), lanzada en 1998 por HomeRF Working Group (que incluye a los fabricantes Compaq, HP, Intel, Siemens, Motorola y Microsoft, entre otros) ofrece una velocidad máxima de 10 Mbps con un alcance de 50 a 100 metros sin amplificador. A pesar de estar respaldado por Intel, el estándar HomeRF se abandonó en enero de 2003, en gran medida porque los fabricantes de procesadores empezaron a usar la tecnología Wi-Fi en placa (tecnología Centrino, que incluía un microprocesador y un adaptador Wi-Fi en un solo componente).

La tecnología **Zigbee** (también conocida como IEEE 802.15.4), se puede utilizar para conectar dispositivos en forma inalámbrica a un coste muy bajo y con bajo consumo de energía. Resulta particularmente adecuada porque se integra directamente en pequeños aparatos electrónicos (como, por ejemplo, electrodomésticos, sistemas estéreos y juguetes). Zigbee funciona en la banda de frecuencia de 2.4 GHz y en 16 canales, y puede alcanzar una velocidad de transferencia de hasta 250 Kbps con un alcance máximo de unos 100 metros.

Por último, las conexiones infrarrojas (**IR**) se pueden utilizar para crear conexiones inalámbricas en un radio de unos pocos metros, con velocidades que puedan alcanzar unos pocos megabits por segundo. Esta tecnología se usa ampliamente en aparatos electrónicos del hogar (como los controles remotos), pero puede sufrir interferencias debidas a las ondas de luz. La IrDA (Infrared Data Association), creada en 1995, tiene más de 150 empresas miembros.

Wireless Local Area Network (WLAN): En las redes de área local podemos encontrar tecnologías inalámbricas basadas en HIPERLAN (del inglés, High Performance Radio LAN), un estándar del grupo ETSI, o tecnologías basadas en Wi-Fi, que siguen el estándar IEEE 802.11 con diferentes variantes.

Wireless Metropolitan Area Network (WMAN): Para redes de área metropolitana se encuentran tecnologías basadas en WiMAX (Worldwide interoperability for microwave access), es decir, Interoperabilidad Mundial para Acceso con Microondas), un estándar de comunicación inalámbrica basado en la norma IEEE 802.16. WiMAX es un protocolo parecido a Wi-Fi, pero con más cobertura y ancho de banda. También podemos encontrar otros sistemas de comunicación como LMDS (Local multipoint distribution service).

Wireless Wide Area Network (WWAN): Una WWAN difiere de una WLAN (Wireless local area network) en que usa tecnologías de red celular de comunicaciones móviles como WiMAX (aunque se aplica mejor a Redes WMAN), UMTS (Universal mobile telecommunications system), GPRS, EDGE, CDMA2000, GSM, CDPD, Mobitex, HSPA y 3G para transferir los datos. También incluye LMDS y Wi-Fi autónoma para conectar a Internet.

#### E. Modulación digital

La Modulación (Departamento de ingeniería eléctrica-UNS, 2010), engloba el conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda portadora, típicamente una onda sinusoidal. Se entiende por modulación a la alteración de alguna o varias características de una señal que se denomina portadora, en función de otra señal conocida como moduladora (La información). La modulación surge por la necesidad de transmitir señales que, previamente modificadas (moduladas), adquieran propiedades más convenientes para su propagación por el medio de comunicación utilizado. La modulación facilita las transmisiones reduciendo considerablemente el tamaño de antenas y transformadores, reduce el nivel de ruido e interferencias a excepción de las modulaciones por amplitud, permite la multiplexación de varias señales en un mismo medio al utilizar multiplexación por división de frecuencias y reduce los niveles de potencia necesarios para su tratamiento y propagación.

Toda señal se caracteriza en un instante determinado por su frecuencia, amplitud y fase, son estos parámetros los que se pueden variar para transmitir información. Existen tres tipos de modulación básicas, en amplitud, en frecuencia y en fase.

Para el caso de transmisiones digitales, las modulaciones más utilizadas son:

ASK (Modulación en amplitud. Amplitud Shift Keying): La modulación ASK es un caso particular de la modulación en amplitud (AM). En este tipo de modulación, la

portadora ve modificada su amplitud en función de la señal a transmitir. Ver gráfico N° 2.4.

La modulación ASK tiene un coste relativamente bajo, el circuito modulador y demodulador son sencillos, y requiere un ancho de banda reducido en comparación con otros métodos, lo que permite tener muchas señales en un mismo canal.

FSK (Modulación en frecuencia. Frequency Shift Keying): La modulación FSK es un caso particular de la modulación FM. La señal portadora modifica su frecuencia en función de la señal a transmitir, como se observa en el gráfico N° 2.4.

La Modulación FSK no depende de la amplitud, ya que la información está en la frecuencia, por lo que se obtiene inmunidad ante perturbaciones que puedan modificar la envolvente, pero tiene el problema de que requiere un gran ancho de banda. Se utiliza normalmente en enlaces asincronos y es el sistema ideal para transmisiones a baja velocidad.

PSK (Modulación en fase. Phase Shift Keying): La modulación PSK es una modulación en fase. Aquí la portadora ve modificada su fase en función de la señal a transmitir. Ver gráfico N° 2.4.

Es el tipo de modulación más eficiente para transmitir datos binarios en presencia de ruido y es ideal para comunicaciones síncronas. El inconveniente se presenta en el diseño muy complejo de los circuitos moduladores y demoduladores.

QAM (Modulación de amplitud en cuadratura. Quadrature Amplitude Modulation): Es una técnica que transporta dos señales independientes, mediante la modulación de una señal portadora, tanto en amplitud como en fase. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasada en  $90^\circ$ . La señal QAM está compuesta por la suma lineal de dos señales previamente moduladas en doble banda lateral con portadora suprimida.

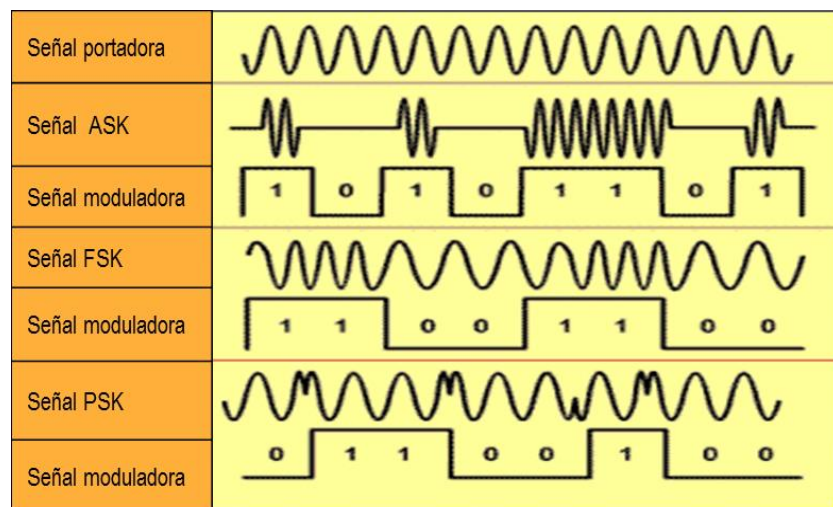
GFSK (Modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana. Gaussian Frequency Shift Keying): Es un tipo de modulación donde un "1" lógico es representado mediante una desviación positiva (incremento) de la frecuencia de la onda portadora, y un 0 mediante una desviación negativa (decremento) de la misma.

MSK (Modulación por desplazamiento mínimo. Minimum Shift Keying): Es un tipo demodulación por desplazamiento de frecuencia de fase continua. Al igual que OQPSK, MSK está codificado con bits alternantes entre los componentes de



cuadratura, con el componente Q retrasado por la mitad del periodo de símbolo. Sin embargo, en lugar de los pulsos cuadrados que utiliza QPSK, MSK codifica cada bit como una media senoide, resultando una señal de envolvente constante, lo que reduce los problemas causados por la distorsión no lineal. Además de ser relacionada a OQPSK, MSK; también puede ser vista como modulación por desplazamiento de frecuencia de fase continua (CPFSK) con una separación de frecuencias de la mitad de la tasa de bits.

Gráfico N° 2.4: Se muestran las diversas modulaciones digitales



Fuente: (Departamento de ingeniería eléctrica-UNS, 2010)

En MSK, la diferencia entre la frecuencia superior y la inferior es idéntica a la mitad de la tasa de bits. En consecuencia, las formas de onda utilizadas para representar un 0 y un 1 difieren en exactamente la mitad de un período de la señal portadora. Por lo tanto, la desviación máxima de frecuencia es 0.25 veces la frecuencia máxima de modulación. Como resultado, el índice de modulación es 0.5. Este es el índice de modulación FSK más pequeño que se puede elegir de tal manera que las formas de onda para 0 y 1 sean ortogonales. Una variante de MSK llamada GMSK se utiliza en el estándar de telefonía móvil GSM.

#### F. Tipos de conexiones

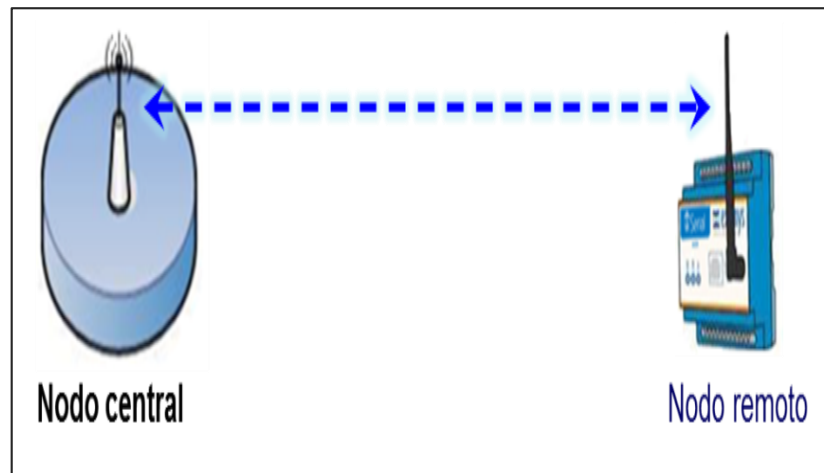
Según (CIKA, 2010), se trata de abstracciones que nos permiten observar el flujo de información sin necesidad de estar considerando constantemente las características del medio y todos los demás elementos involucrados. Cuando nos referimos a una determinada conexión, podemos utilizarla para representar la

forma de conexionado y el flujo físico de los datos, como por ejemplo: punto a punto y punto a multipunto.

Punto a punto: Cuando hablamos de un enlace punto a punto, nos referimos a uno en el cual toda la comunicación se produce entre dos nodos, y sólo entre éstos, como se observa en el gráfico N° 2.5.

Una comunicación punto a punto half-duplex requiere de una conexión que una ambos nodos; una comunicación punto a punto full-duplex requiere de una conexión en ambos nodos, o alguna forma de que dos señales puedan viajar al mismo tiempo en sentidos diferentes por el mismo medio de comunicación, como por ejemplo modular cada una de ellas con diferente frecuencia portadora.

Gráfico N° 2.5: Enlace punto a punto



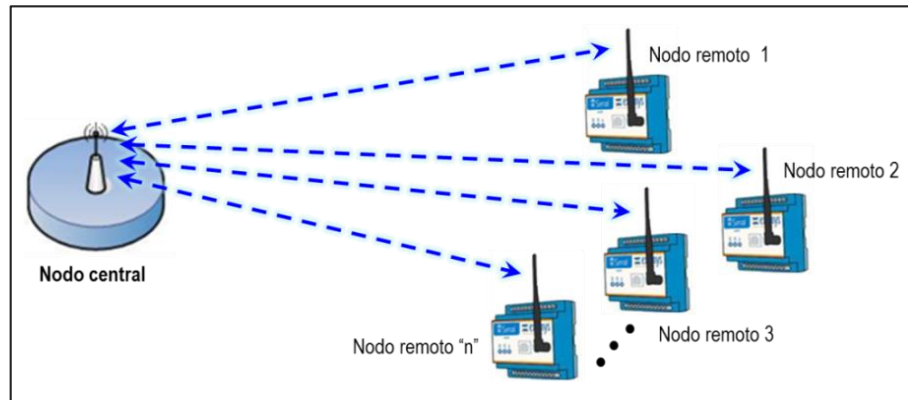
Fuente: (CIKA, 2010)

Punto a multipunto: En un enlace punto a multipunto, existe un nodo central que se comunica con varios otros puntos remotos, como se observa en el gráfico N° 2.6. Generalmente esto implica que la comunicación es solamente entre el nodo central y los remotos, y de éstos hacia el central; no existe comunicación entre los remotos.

Este enlace por lo general implica una comunicación half-duplex, aunque existen casos en que se utiliza una conexión del punto central a todos los remotos y otra compartida por los remotos, por lo que es posible que la central y un remoto hablen a la vez.

Una conferencia puede ser considerada una comunicación punto a multipunto ya que existe solo un orador (transmisor) y múltiples asistentes (receptor).

Gráfico N° 2.6: Enlace punto a multipunto



Fuente: (CIKA, 2010)

### 2.1.3. Estándar de comunicaciones IrDA

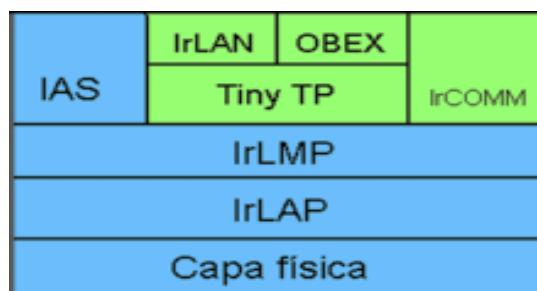
Infrared Data Association (IrDA) (Myslík, 2014): Define un estándar físico en la forma de transmisión y recepción de datos por rayos infrarrojo. IrDA se crea en 1993 entre HP, IBM, Sharp y otros.

Esta tecnología está basada en rayos luminosos que se mueven en el espectro infrarrojo. Los estándares IrDA soportan una amplia gama de dispositivos eléctricos, informáticos y de comunicaciones, permite la comunicación bidireccional entre dos extremos a velocidades que oscilan entre los 9600 bps y los 4 Mbps.

Estructura: En IrDA se define una organización en capas, como se observa en el gráfico N° 2.7.

Además, cualquier dispositivo que quiera obtener la conformidad de IrDA ha de cumplir los protocolos obligatorios (azul), no obstante puede omitir alguno o todos los protocolos opcionales (verde). Esta diferenciación permite a los desarrolladores optar por diseños más ligeros y menos costosos, pudiendo también adecuarse a requerimientos más exigentes sin que sea necesario salirse del estándar IrDA.

Gráfico N° 2.7: Estructura en capas del estándar IrDA



Fuente: (Myslík, 2014)

#### Características:

- Adaptación compatible con futuros estándares.
- Cono de ángulo estrecho de 30°.
- Opera en una distancia de 0 a 1 metro.
- Conexión universal sin cables.
- Comunicación punto a punto.
- Soporta un amplio conjunto de plataformas de hardware y software.

#### Capas IrDA

1. Capa física IrPHY (Physical Signaling Layer): Establece la distancia máxima, la velocidad de transmisión y el modo en el que se transmite la información. Su segmentación provee servicios de transmisión y recepción para paquetes individuales.

La capa más baja de la plataforma IrDA presenta las siguientes especificaciones: Rango (Estándar: 1 metro; baja-energía a baja-energía: 0.2 metros; Estándar a baja-energía: 0.3 metros). Ángulo (cónico mínimo +- 15°). Velocidad (2.4 kbit/s a 16 Mbit/s). Modulado (Banda Base, sin portadora).

Los transceptores (transmisor-receptor) de IrDA se comunican con pulsos infrarrojos en un cono con medio ángulo de mínimo 15 grados. Las especificaciones de IrPHY requieren un mínimo de irradiación para que la señal pueda ser visible a un metro de distancia, de igual manera requiere que no se exceda un máximo de irradiación para no abrumar un receptor con brillo cuando viene un dispositivo cerca. En el mercado hay dispositivos que no alcanzan un metro, mientras otros pueden alcanzar varios metros, también existen dispositivos que no toleran proximidad extrema. La distancia típica para las comunicaciones IrDA es de 5 a 60 centímetros de separación entre los transceptores, en el medio del cono.

La comunicación IrDA funciona en modo half duplex debido a que su receptor es cegado por la luz de su transmisor, así la comunicación full duplex no es factible. Dos dispositivos simulan conexión full duplex invirtiendo la comunicación rápidamente.

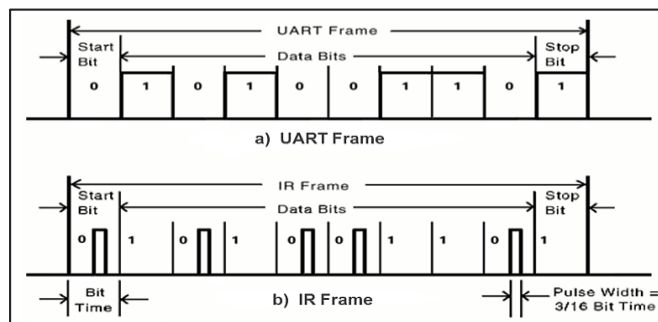
IrPHY se compone de tres especificaciones físicas: SIR (Infrarrojo serial), MIR (Infrarrojo medio) y FIR (Infrarrojo rápido). La diferencia de los formatos de envío de datos UART e IR se muestra en el gráfico N° 2.8.

SIR cubre las velocidades de transmisión soportadas por el puerto RS232 (9600 bps, 19.2 Kbps, 38.4 Kbps, 57.6 Kbps y 115.2 Kbps); dado que el denominador común más bajo para todos los dispositivos es 9600 bps el descubrimiento y la negociación se realizan a esta velocidad.

MIR es un término no oficial utilizado para referirse a las velocidades de transmisión de 57.6 Kbps a 115.2 Kbps. FIR es visto como un término obsoleto por la especificación IrDA, pero no obstante es comúnmente usado para denotar las velocidades de transmisión de 4 Mbps.

2. IrLAP (Infrared Link Access Protocol) IrLAP: Facilita la conexión y la comunicación entre dispositivos. Se utiliza para el descubrimiento de dispositivos dentro del rango y el establecimiento de conexiones confiables entre ellos. Es la segunda capa de la especificación IrDA, entre IrPHY e IrLMP y representa la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI.

Gráfico N° 2.8: Diferencia de formatos UART e IR en IrDA



Fuente: (Myslík, 2014)

Sus especificaciones más importantes son: Control de acceso, establecimiento de una conexión bidireccional confiable, negociación de los roles primario/secundario de los dispositivos. En IrLAP la comunicación de los dispositivos se divide en dispositivos primarios y uno o más dispositivos secundarios. El dispositivo primario controla a los secundarios. Al dispositivo secundario se le permite enviar sólo si el primario se lo solicita. Las conexiones IrLAP están etiquetadas por el par de las direcciones (32-bits) de los dispositivos envueltos en la conexión.

3. IrLMP (Link Management Protocol): Permite la multiplexación de la capa IrLAP.
4. IAS (Information Access Service): Actúa como unas páginas amarillas para un dispositivo. Todas las funcionalidades y aplicativos disponibles para las conexiones de entrada deben estar en nulo. Se implemente en aplicaciones de cliente servidor.

5. Tiny TP: Mejora la conexión y la transmisión de datos respecto a IrLAP.
6. IrOBEX: Diseñado para permitir a sistemas de todo tamaño y tipo intercambiar comandos de una manera estandarizada.
7. IrCOMM: Para adaptar IrDA al método de funcionamiento de los puertos serie y paralelo.
8. IrLan: Permite establecer conexiones entre ordenadores portátiles y LANs de oficina.

#### 2.1.4. Introducción al puerto USB

Según (Axelson, 2009), USB es una especificación de las empresas Compaq, Intel, Microsoft y NEC, que describe un canal serie que soporta una gran variedad de periféricos de media y baja velocidad, con soporte integral para transferencias en tiempo real (isócronas) como voz, audio y vídeo comprimido; y que permite mezclar dispositivos y aplicaciones isócronas y asíncronas. Por lo tanto, entre los dispositivos USB más característicos se pueden citar teclados, ratones, joysticks, tabletas gráficas, monitores, módems, impresoras, escáneres, CD-ROMs, dispositivos de audio (como micrófonos o altavoces digitales), cámaras digitales y otros dispositivos multimedia.

La versión 1.1 (La que soporta el PIC18F2550) establece:

- Un acceso al bus gestionado directamente por el Controlador USB, para permitir transferencias isócronas y eliminar los tiempos de arbitración.
- Una velocidad de 12 Mbps (Full Speed o FS) y un subcanal de 1,5 Mbps (Low Speed o LS) para los dispositivos más lentos, como ratones y joysticks. La coexistencia en un mismo sistema de dispositivos FS y LS se maneja mediante conmutación automática y dinámica de velocidad entre unas transferencias y otras.
- Una conectividad excepcional, ya que puede manejar hasta 127 dispositivos simultáneamente que se pueden conectar y desconectar en caliente, sin tener que reiniciar el sistema.
- Una configuración automática de dispositivos, que elimina la necesidad de realizar configuraciones manuales por medio de puentes.
- La coexistencia de dispositivos isócronos y asíncronos. Los dispositivos isócronos se atienden en función del ancho de banda y latencia requeridos, y los asíncronos se atienden durante el tiempo restante no consumido por los dispositivos isócronos.

- Una distribución de alimentación desde el controlador USB, que permite la conexión tanto de dispositivos alimentados desde el bus como autoalimentados.
- Una arquitectura fácilmente escalable para permitir la existencia de varios controladores USB en un sistema.

### **Protocolo USB**

El protocolo de nivel físico se basa en tokens (testigos). El controlador USB transmite tokens que incluyen la dirección del dispositivo destino, y el dispositivo que detecta su dirección en el token responde y lleva a cabo la transferencia de datos con el controlador. De esta manera, el controlador USB maneja la parte más compleja del protocolo, generando los tokens de transferencias de datos a 12 Mbps o a 1,5 Mbps, y controlando la conexión lógica entre el sistema y las funciones internas de cada dispositivo. El controlador USB también maneja el consumo en el bus a través de las funciones suspender/continuar, por medio de las cuales controla los modos reposo/activo de los dispositivos. Esta arquitectura permite el diseño de dispositivos extremadamente simples y de bajo costo.

USB divide el tiempo en espacios de 1ms denominados tramas, durante las cuales se llevan a cabo las comunicaciones a través de transacciones, las cuales se componen a su vez de paquetes. Las transacciones se componen de 3 fases: Token, dato y validación (Handshake):

- La fase de token se compone de un paquete, enviado por el controlador USB, y está presente en toda transacción. Contiene los campos:
  - PID (identifica el tipo de paquete). Todos los PIDs van protegidos por bits redundantes.
  - Dirección del elemento destino (7 bits de dispositivo + 4 bits de elemento interno al dispositivo), y CRC5.
- La fase de datos (opcional) se compone de los paquetes de datos que se transfieren entre el controlador USB y el dispositivo. Cada paquete se compone de los campos PID, Datos, y CRC16.
- La fase de validación (opcional) se usa para indicar el resultado de la transacción. Se compone sólo de un campo PID.

Adicionalmente, el controlador USB indica el principio de cada trama y la transmisión hacia dispositivos LS mediante tokens especiales.

## **Tipos de transferencia de datos**

USB soporta 4 tipos de transferencias de datos:

- Sincrona: Este tipo proporciona un método de transferencia para cantidades de datos grandes (hasta 923 bytes) con la entrega puntual asegurada; sin embargo, la integridad de los datos no se asegura. Es bueno en aplicaciones donde los datos son pequeños.
- Bulk: Este método de transferencia permite grandes cantidades de datos que se transferirán asegurando la integridad de los datos; sin embargo, la puntualidad de la entrega no se asegura.
- Interrupción: Este tipo de transferencia prevé la entrega puntual asegurada para bloques pequeños de datos, se asegura su integridad.
- Control: Para configurar y control de dispositivos, y el manejo del bus.

El PIC18F2550 soporta la transferencia interruptiva (mouse, teclado y cualquier dispositivo HID) y transferencias tipo bulk (paquetes) en dispositivos como por ejemplo osciloscopios USB.

### 2.1.5. Módulo de radiofrecuencia con NRF24L01

El módulo de RF (Geekfactory, 2014), se presenta en dos versiones; la primera versión está basado en el chip NRF24L01+, con una interfaz inalámbrica de bajo costo, baja potencia y alta velocidad. La segunda versión incluye un amplificador de potencia de RF, un amplificador de bajo ruido para enlaces de radio a medianas distancias y una antena.

El transceptor opera en la banda de 2.4 GHz y tiene una gran cantidad de características, además de su bajo costo, que lo posicionan como una excelente alternativa a sistemas de radio propietarios, como Bluetooth, Wifi o Zigbee (Xbee).

Estos módulos de radio vienen con el circuito integrado NRF24L01+ que provee las mismas características que su antecesor NRF24L01 pero con buffers, sensibilidad y tasas de transferencia mejoradas. Además, soporta el mismo juego de comandos, permitiendo su uso en sistemas diseñados para el chip anterior. El módulo se puede conectar a cualquier microcontrolador gracias a que utiliza un bus de datos estándar SPI. Las entradas digitales del Módulo de radiofrecuencia NRF24L01+ son tolerantes a 5 volts, por lo que puede conectarse directamente a los pines SPI del





Gráfico N° 2.10: Aspecto físico de NRF24L01+ con amplificador



Fuente: (Geekfactory, 2014)

#### Características del módulo de RF con NRF24L01+ con amplificador

- Interfaz SPI con cualquier microcontrolador
- Mínimo número de componentes externos
- Modulación y demodulación GFSK
- Antena externa con conector SMA (Incluida)
- Revisión de integridad de datos mediante CRC
- Rango de 150 m en condiciones óptimas, 10-50 m en interiores.
- Tasa de transferencia a 100 m: 250 Kbps
- Tasa de transferencia desde 250 Kbps hasta 2 Mbps
- Retransmisión automática de paquetes
- FIFOs de transmisión y recepción de 32 bytes
- Entradas tolerantes a 5V

- Canal de transmisión seleccionable por software: 2400 a 2525 MHz
- Pins disponibles: VCC, CE, CSN, SCK, MOSI, MISO, IRQ, GND

#### 2.1.6. Microcontrolador PIC18F2550

##### **Introducción** (García, 2008)

Microchip ha lanzado varias gamas de PIC con elevadas prestaciones, los PIC18, los PIC24 y los dsPIC. Con la gama alta, Microchip mantiene la arquitectura básica que tan buenos resultados ha obtenido con la gama baja, media y además reduce sus limitaciones. Los PIC18F2550 tienen una arquitectura RISC avanzada Harvard con 16 bits de bus de programa y 8 bits de bus de datos. El gráfico N° 2.11 muestra su configuración de pines.

##### **Principales características**

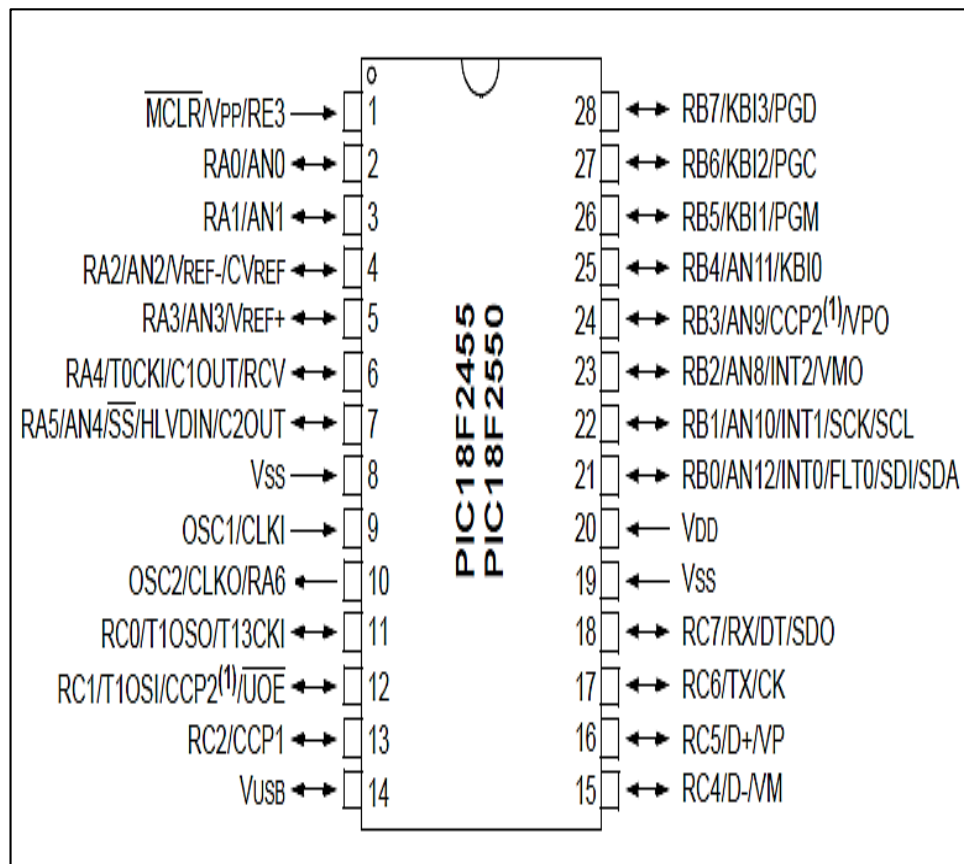
- Arquitectura RISC avanzada, hardware de 16 bits con 8 bits de datos.
- Hasta 64KB de memoria de programa y 77 instrucciones.
- Multiplicador Hardware 8x8.
- Hasta 3968 bytes de RAM y 1KBytes de EEPROM.
- Frecuencia máxima de reloj 48 MHz.
- Pila de 32 niveles.
- Múltiples fuentes de interrupción.
- Periférico de comunicación serial EUSART.
- Bus serie universal USB.
- Temporizadores: TMR0, TMR1, TMR2 y TMR3.
- Módulos Captura/Comparación/PWM (CCP).
- Módulo mejorado de CAPTURA/COMPARACIÓN/PWM (ECCP).
- Módulo convertidor de 10-bit analógico digital (A/D).

##### **Arquitectura**

En el gráfico N° 2.12 se muestra la arquitectura del microcontrolador PIC18F2550, el cual dispone de buses diferentes para el acceso a la memoria de programa y a la memoria de datos (arquitectura Harvard):

- Bus de la memoria de programa: 21 líneas de dirección y 16/8 líneas de datos (16 líneas para instrucciones / 8 líneas para datos).
- Bus de la memoria de datos: 12 líneas de dirección y 8 líneas de datos.

Gráfico N° 2.11: Configuración de pines del microcontrolador PIC18F2550



Fuente: (García, 2008)

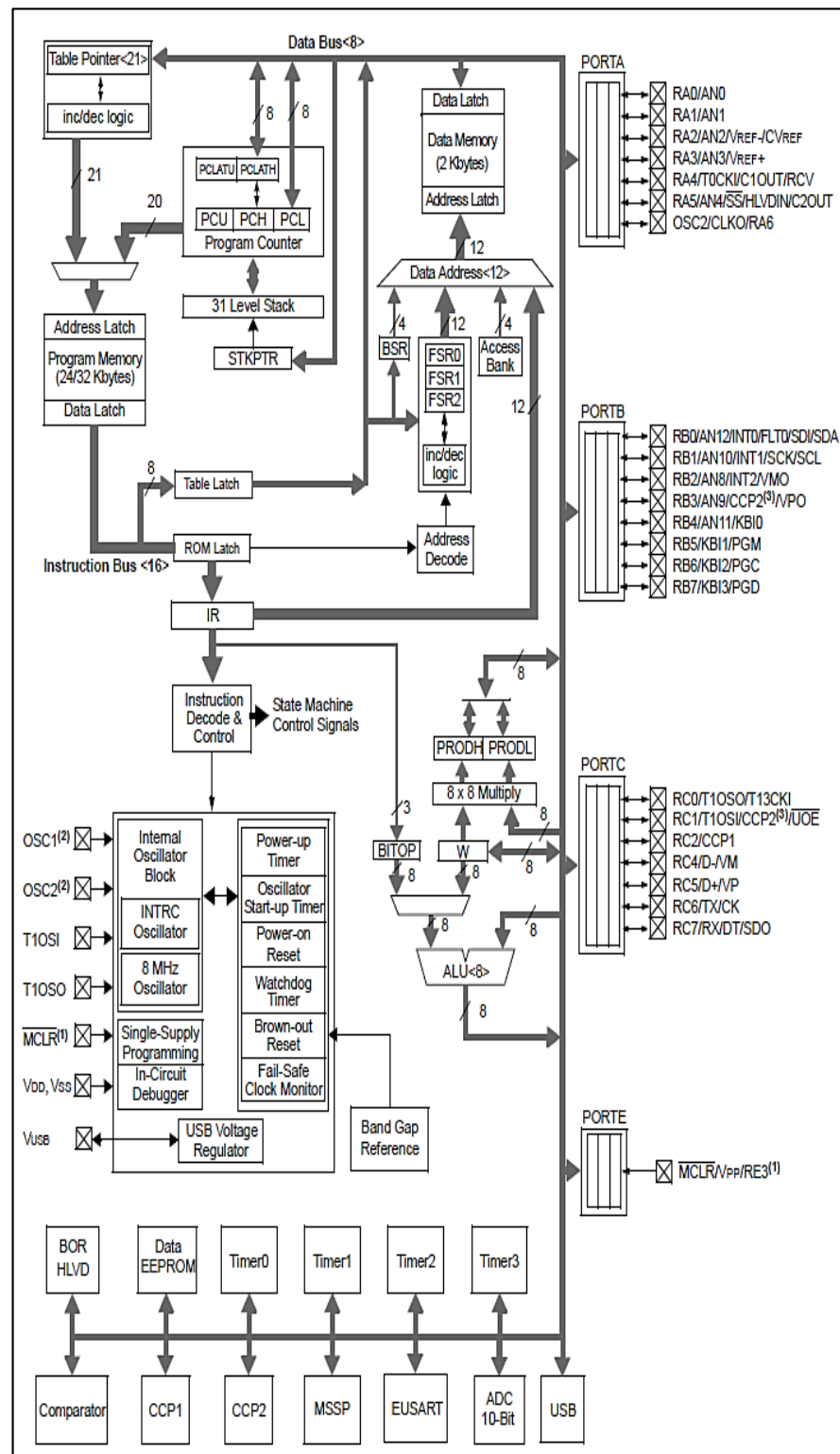
Esto permite acceder simultáneamente a la memoria de programa y a la memoria de datos. Es decir, se puede ejecutar una instrucción (lo que por lo general requiere acceso a la memoria de datos) mientras se lee de la memoria de programa la siguiente instrucción (proceso pipeline).

### Organización de la memoria

El PIC18F2550 dispone de las siguientes memorias:

- Memoria de programa: Memoria FLASH interna de 32.768 bytes:
  - Almacena instrucciones y constantes/datos.
  - Puede ser escrita/leída mediante un programador externo o durante la ejecución del programa mediante unos punteros.
- Memoria RAM de datos: Memoria SRAM interna de 1.536 bytes en la que están incluidos los registros de función especial:
  - Almacena datos de forma temporal durante la ejecución del programa. Puede ser escrita/leída en tiempo de ejecución mediante diversas instrucciones.

Gráfico N° 2.12: Arquitectura del microcontrolador PIC18F2550



Fuente: (García, 2008)

- Memoria EEPROM de datos: Memoria no volátil de 256 bytes.
  - Almacena datos que se deben conservar aun en ausencia de tensión de alimentación.

- Puede ser escrita/leída en tiempo de ejecución a través de registros.
- Pila: Bloque de 31 palabras de 21 bits.
  - Almacena la dirección de la instrucción que debe ser ejecutada después de una interrupción o subrutina.
- Memoria de configuración: Memoria en la que se incluyen los bits de configuración (12 bytes de memoria flash) y los registros de identificación (2 bytes de memoria de sólo lectura).

Esto permite acceder simultáneamente a la memoria de programa y a la memoria de datos. Es decir, se puede ejecutar una instrucción (lo que por lo general requiere acceso a la memoria de datos) mientras se lee de la memoria de programa la siguiente instrucción (proceso pipeline).

### **Memoria de programa**

El PIC18F2550 posee una capacidad máxima de memoria de programa de 2M x 16 bits (1FFFFFFH-000000H), de los cuales solo se encuentra disponible 32.768 x 16 bits (7FFFFH-00000H), como se ve en gráfico N° 2.13.

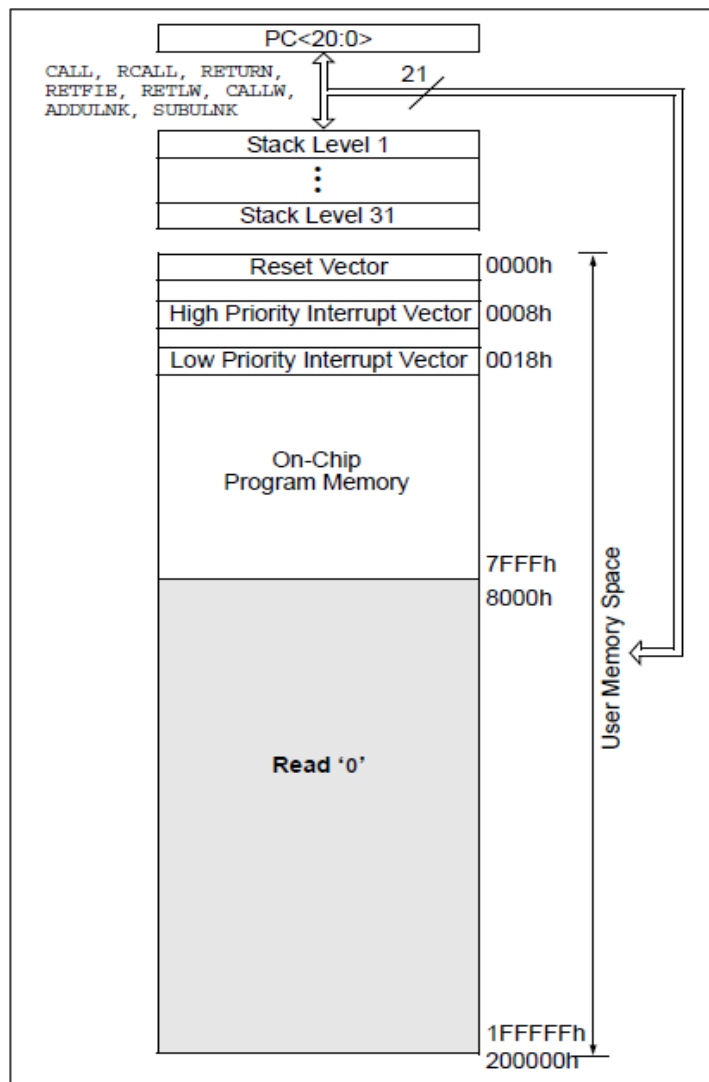
Las instrucciones ocupan 2 bytes (excepto las instrucciones CALL, MOVFF, GOTO y LSR que ocupan 4). Por lo tanto, la memoria de programa puede almacenar hasta 16.384 instrucciones.

Primero se almacena la parte baja de la instrucción y luego la parte alta (para las instrucciones de 4 bytes primero los bytes menos significativos y luego los más significativos). Las instrucciones siempre empiezan en direcciones pares. La operación de lectura en la posición de memoria por encima de 7FFFFH da '0' como resultado (equivalente a la instrucción NOP).

Direcciones especiales de la memoria de programa:

- La vectorización del Reset es 0000H.
- La vectorización de las interrupciones de alta prioridad ocupa la dirección de la memoria de programa: 0008H.
- La vectorización de las interrupciones de baja prioridad ocupa la dirección de la memoria de programa: 0018H.

Gráfico N° 2.13: Memoria de programa del PIC18F2550



Fuente: (García, 2008)

La memoria de programa puede ser leída, borrada y escrita durante la ejecución del programa. La operación que se utiliza normalmente en tiempo de ejecución es la de lectura de tablas o datos almacenados en programa.

**Contador de programa:** El PC (contador de programa) tiene 21 bits (PCU, PCH y PCL). El bit menos significativo del PC apunta a BYTES, no a WORDs, por lo que es "0". El PC se incrementa de dos en dos. Se dispone de los correspondientes registros auxiliares PCLATU y PCLATH para actuar de forma combinada con el PC cuando éste se escribe o se lee.

**Memoria de configuración:** Se trata de un bloque de memoria situado a partir de la posición 30000H de la memoria de programa (más allá de la zona de memoria de programa de usuario). En esta memoria de configuración se incluyen:

- Bits de configuración: contenidos en 12 bytes de memoria flash permiten la configuración de algunas opciones del PIC como:
  - Opciones del oscilador.
  - Opciones de reset.
  - Opciones del Watchdog.
  - Opciones de la circuitería de depuración y programación.
  - Opciones de protección contra escritura de la memoria de programa y de la memoria EEPROM de datos.

Estos bits se configuran generalmente durante la programación C, o pueden ser leídos y modificados durante la ejecución del programa.

- Registros de identificación: se trata de dos registros situados en las direcciones 3FFFFEH y 3FFFFFH que contienen información del modelo y revisión del dispositivo. Son registros de sólo lectura y no pueden ser modificados por el usuario.

**Pila:** La Pila es un bloque de memoria RAM independiente de 31 palabras de 21 bits y un puntero de 5 bits, que sirve para almacenar temporalmente el valor del PC cuando se produce una llamada a una subrutina o interrupción. El "Top Of Stack" es accesible se puede leer y escribir (será conveniente quitar previamente las interrupciones). El puntero de pila (contenido en el registro STKPTR) es un contador de 5 bits que indica la posición actual del final de pila. El contenido del final de pila es accesible mediante los registros TOSU, TOSH, TQSL.

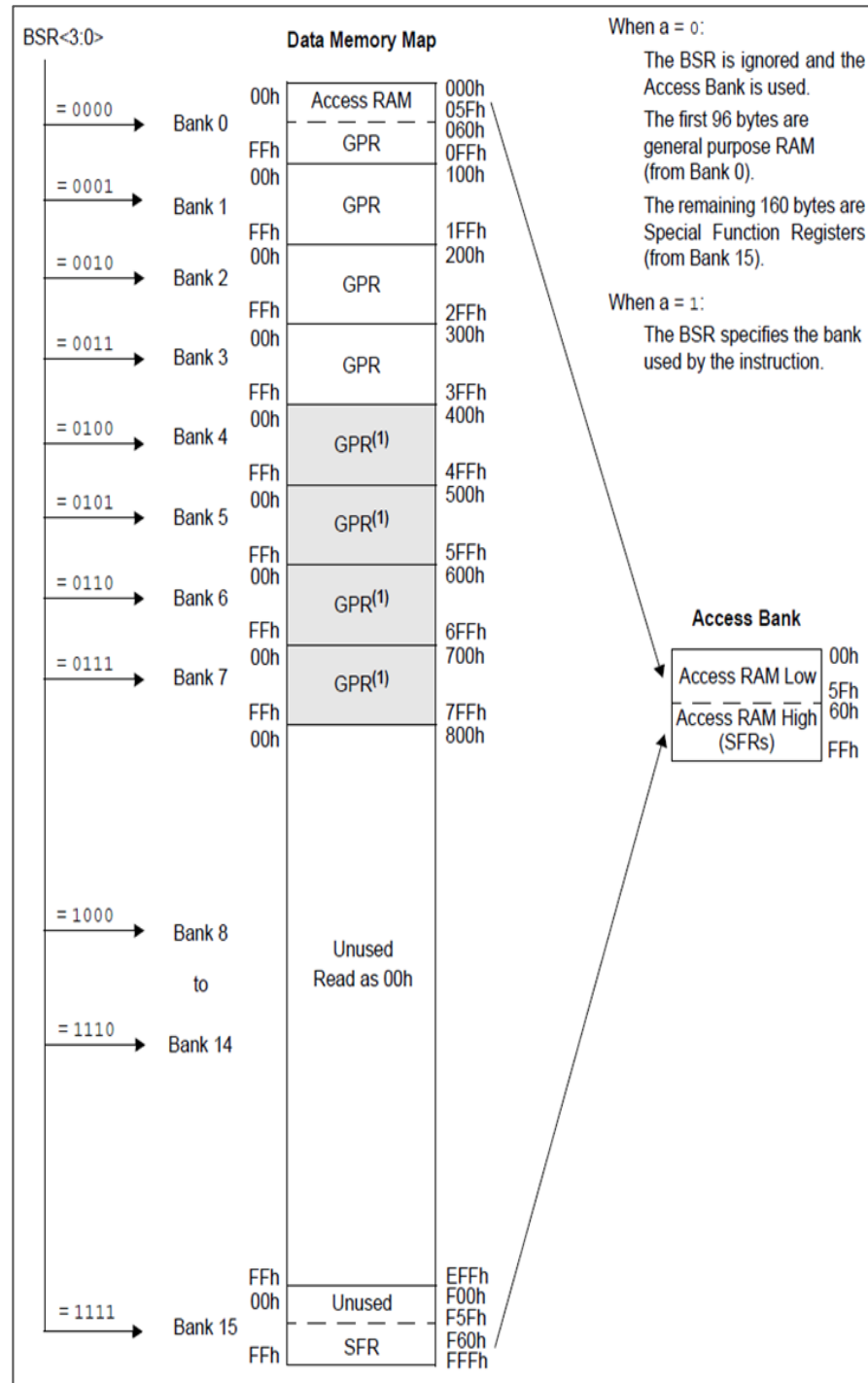
Cuando se procesa una interrupción o se ejecutan las instrucciones CALL o RCALL (el PC está apuntando a la siguiente instrucción) se incrementa el STKPTR y se almacena el valor del PC en el final de pila. Cuando se ejecutan las instrucciones RETURN, RETLW o RETFIE se copia en el PC el valor almacenado en la cima de pila y se decrementa el STKPTR.

### **Memoria de datos**

Los PIC18 tienen hasta un total de 4 KB agrupados en 16 bancos, con 256 bytes cada uno. Como en el resto de las gamas, existen los registros de propósito general GPR y los registros especiales SFR; éstos últimos se sitúan en la zona más alta (desde F00h hasta FFFh). El PIC18F2550 dispone una RAM de datos 1.536 bytes (6 bancos de 256 bytes). Además dispone de 126 bytes dedicados a los registros de función especial (SFRs) situados en la parte alta del banco 15 que muestra en el gráfico N° 2.14.



Gráfico N° 2.14: Memoria de datos del PIC18F2550



Fuente: (García, 2008)

Para acceder a un byte de la RAM de datos primero se debe seleccionar el banco al que pertenece el byte mediante el registro de selección de banco (BSR) y, a continuación, direccionar el byte dentro del banco. Además existe una modalidad de acceso rápido a las 126 posiciones de la parte baja del banco 0 y a los 126 bytes de SFR.

La memoria RAM de datos se compone de registros de propósito general (GPRs), los cuales pueden ser utilizados por el usuario y de registros de función especial (SFRs), con los cuales se puede monitorizar/controlar el funcionamiento de la CPU y de las unidades funcionales del PIC. En el PIC18F2550 se sitúa en el bloque de memoria de 0xF60 a 0xFFFF, como se observa en el gráfico N° 2.15. Se distinguen dos conjuntos de SFRs:

- SFRs asociados con el núcleo del PIC: CPU: WREG, STATUS, BSR, etc.; Interrupciones: INTCON, PIE1, PIR1, IPRI, etc.; Reset: RCON.
- SFRs asociados con las modalidades funcionales: Timers: TOCON, TMR1H, TMR1L, TICQN, etc.; Convertidor ADC: ADRESH, ADRESL, ADCON0, ADCON1, etc.; EUSART: TXREG, TXSTA, RCSTA, etc.; CCP: CCPRIH, CCPRI1, CCPICON, etc. y MSSP: SSPSTAT, SSPDATA, SSPCFG, etc. Puertos de E/S: TRISA, PORTA, TRISB, PORTB, TRISC, PORTC, etc.

**Memoria EEPROM:** El PIC18F2550 dispone una memoria EEPROM de datos de 256 bytes. Al ser una memoria no volátil, los datos almacenados en ella se mantienen en ausencia de tensión de alimentación. El acceso a esta memoria se realiza mediante los SFRs: EECON1, EECON2, EEDATA y EEADR. Esta memoria permite hasta 1.000.000 de ciclos de borrado/escritura. Se puede leer/escribir de forma individual en cada una de las 256 posiciones de memoria. La duración de un ciclo completo de borrado/escritura de un byte en la memoria EEPROM es de unos 4 ms.

**Modos de direccionamiento:** El modo de direccionamiento es la forma en la que se obtienen los datos a ser utilizados en la instrucción. Existen 4 modos de direccionamiento: inherente, literal, directo e indirecto.

- Modo de direccionamiento inherente: En este modo, o bien la instrucción no tiene operando o bien el operando viene especificado en el propio código de operación de la instrucción.
- Modo de direccionamiento literal: En este modo, el valor del operando viene indicado de forma explícita en la instrucción.
- Modo de direccionamiento directo: La dirección en la que se encuentra el valor del operando viene indicada de forma explícita en la instrucción.

- Modo de direccionamiento indirecto: en este modo, la dirección de memoria en la que se encuentra el dato viene especificado en uno de los registros FSR0, FSR1 y FSR2.

Gráfico N° 2.15: Registros de función especial de la memoria de datos

Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name	Address	Name
FFFh	TOSU	FDfH	INDF2 <sup>(1)</sup>	FBFh	CCPR1H	F9Fh	IPR1	F7Fh	UEP15
FFEh	TOSH	FDEh	POSTINC2 <sup>(1)</sup>	FBEh	CCPR1L	F9Eh	PIR1	F7Eh	UEP14
FFDh	TOSL	FDDh	POSTDEC2 <sup>(1)</sup>	FBDh	CCP1CON	F9Dh	PIE1	F7Dh	UEP13
FFCh	STKPTR	FDCh	PREINC2 <sup>(1)</sup>	FBCh	CCPR2H	F9Ch	__ <sup>(2)</sup>	F7Ch	UEP12
FFBh	PCLATU	FDBh	PLUSW2 <sup>(1)</sup>	FBHh	CCPR2L	F9Bh	OSCTUNE	F7Bh	UEP11
FFAh	PCLATH	FDAh	FSR2H	FBAh	CCP2CON	F9Ah	__ <sup>(2)</sup>	F7Ah	UEP10
FF9h	PCL	FD9h	FSR2L	FB9h	__ <sup>(2)</sup>	F99h	__ <sup>(2)</sup>	F79h	UEP9
FF8h	TBLPTRU	FD8h	STATUS	FB8h	BAUDCON	F98h	__ <sup>(2)</sup>	F78h	UEP8
FF7h	TBLPTRH	FD7h	TMR0H	FB7h	ECCP1DEL	F97h	__ <sup>(2)</sup>	F77h	UEP7
FF6h	TBLPTRL	FD6h	TMR0L	FB6h	ECCP1AS	F96h	TRISE <sup>(3)</sup>	F76h	UEP6
FF5h	TABLAT	FD5h	TOCON	FB5h	CVRCON	F95h	TRISD <sup>(3)</sup>	F75h	UEP5
FF4h	PRODH	FD4h	__ <sup>(2)</sup>	FB4h	CMCON	F94h	TRISC	F74h	UEP4
FF3h	PRODL	FD3h	OSCCON	FB3h	TMR3H	F93h	TRISB	F73h	UEP3
FF2h	INTCON	FD2h	HLVDCON	FB2h	TMR3L	F92h	TRISA	F72h	UEP2
FF1h	INTCON2	FD1h	WDTCON	FB1h	T3CON	F91h	__ <sup>(2)</sup>	F71h	UEP1
FF0h	INTCON3	FD0h	RCON	FB0h	SPBRGH	F90h	__ <sup>(2)</sup>	F70h	UEP0
FEFh	INDF0 <sup>(1)</sup>	FCFh	TMR1H	FAFh	SPBRG	F8Fh	__ <sup>(2)</sup>	F6Fh	UCFG
FEEh	POSTINC0 <sup>(1)</sup>	FCEh	TMR1L	FAEh	RCREG	F8Eh	__ <sup>(2)</sup>	F6Eh	UADDR
FEDh	POSTDEC0 <sup>(1)</sup>	FCDh	T1CON	FADh	TXREG	F8Dh	LATE <sup>(3)</sup>	F6Dh	UCON
FECh	PREINC0 <sup>(1)</sup>	FCCh	TMR2	FACH	TXSTA	F8Ch	LATD <sup>(3)</sup>	F6Ch	USTAT
FEBh	PLUSW0 <sup>(1)</sup>	FCBh	PR2	FABh	RCSTA	F8Bh	LATC	F6Bh	UEIE
FEAh	FSR0H	FCAh	T2CON	FAAh	__ <sup>(2)</sup>	F8Ah	LATB	F6Ah	UEIR
FE9h	FSR0L	FC9h	SSPBUF	FA9h	EEADR	F89h	LATA	F69h	UIE
FE8h	WREG	FC8h	SSPADD	FA8h	EEDATA	F88h	__ <sup>(2)</sup>	F68h	UIR
FE7h	INDF1 <sup>(1)</sup>	FC7h	SSPSTAT	FA7h	EECON2 <sup>(1)</sup>	F87h	__ <sup>(2)</sup>	F67h	UFRMH
FE6h	POSTINC1 <sup>(1)</sup>	FC6h	SSPCON1	FA6h	EECON1	F86h	__ <sup>(2)</sup>	F66h	UFRML
FE5h	POSTDEC1 <sup>(1)</sup>	FC5h	SSPCON2	FA5h	__ <sup>(2)</sup>	F85h	__ <sup>(2)</sup>	F65h	SPPCON <sup>(3)</sup>
FE4h	PREINC1 <sup>(1)</sup>	FC4h	ADRESH	FA4h	__ <sup>(2)</sup>	F84h	PORTE	F64h	SPPEPS <sup>(3)</sup>
FE3h	PLUSW1 <sup>(1)</sup>	FC3h	ADRESL	FA3h	__ <sup>(2)</sup>	F83h	PORTD <sup>(3)</sup>	F63h	SPPCFG <sup>(3)</sup>
FE2h	FSR1H	FC2h	ADCON0	FA2h	IPR2	F82h	PORTC	F62h	SPPDATA <sup>(3)</sup>
FE1h	FSR1L	FC1h	ADCON1	FA1h	PIR2	F81h	PORTB	F61h	__ <sup>(2)</sup>
FE0h	BSR	FC0h	ADCON2	FA0h	PIE2	F80h	PORTA	F60h	__ <sup>(2)</sup>

Fuente: (García, 2008)

## **CAPITULO III**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### 3.1. Ubicación del área de estudio

La muestra de estudio está constituida por 26 usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca, que cuentan con el servicio de energía eléctrica domiciliaria con medidores digitales y comunicación IrDA.

De esta muestra solo se tomaron cuatro usuarios cuyos medidores tienen los siguientes códigos: 68023694, 68023736, 68023574, 68023656.

##### 3.1.1. Límites

Norte : Provincia de Sicaya.  
Sur : Distrito de San Juan de Yscos y Huamancaca Chico.  
Este : Distrito de Ahuac.  
Oeste : Distrito de El Tambo.

##### 3.1.2. Coordenadas geográficas

Latitud Sur : 12.0533°  
Longitud Oeste : 75.2845°  
Altitud : 3247 m.s.n.m

#### 3.2. Materiales y métodos

Dentro de los materiales y métodos empleados para el estudio realizado, se procede describir los materiales. El sistema implementado es esencialmente, un sistema digital basado en microcontrolador orientado a la medición remota.

La investigación se focaliza en la medición remota por RF del consumo de energía eléctrica domiciliaria; el cual consiste en obtener, almacenar y transmitir la medición del consumo de energía eléctrica de los medidores electrónicos instalados en los domicilios, a una estación central; en forma rápida, fácil y precisa para la facturación correspondiente.

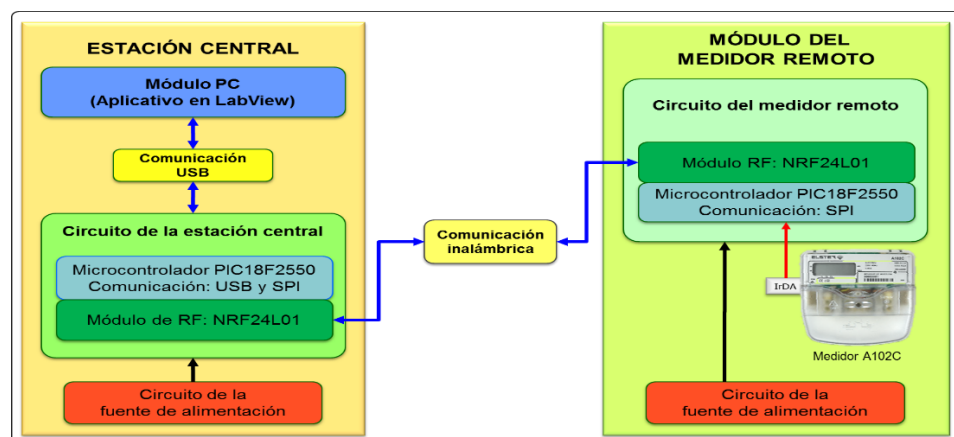
El sistema consta de dos partes: La primera corresponde a la estación central, el cual a través del programa EnerSoft desarrollado en LabVIEW 2014, se encarga de solicitar los datos remotamente, recepcionarlos y procesarlos; basado en el microcontrolador PIC18F2550 con interface USB para comunicarse con la laptop. La segunda, módulos del medidor remoto; gobernado por el microcontrolador PIC18F2550, realiza la lectura de cada medidor digital por el puerto IrDA, obteniendo el consumo de energía eléctrica actual en KWh, la guarda y la transmite al ser solicitado.

Para la comunicación inalámbrica se utilizaron los módulos de RF NRF24L01 a la frecuencia de 2.4 GHz y comunicación SPI, que permite el enlace entre la estación central y el módulo del medidor remoto.

La norma **IEEE 802.11** no ha desarrollado todavía en profundidad la tecnología de infrarrojos y solo menciona las características principales de la misma, a saber: Transmisión infrarroja difusa. El receptor y el transmisor no tienen que ser dirigidos uno contra el otro y no necesitan una línea de vista (line-of-sight) limpia, rango de unos 10 metros, Solo en edificios, 1 y 2 Mbps de transmisión, 16-PPM y 4-PPM. 850 a 950 nanómetros, de rango (Frente al 850 a 900 nm, que establece el IrDA). También indica que el IrDA ha estado desarrollando estándares para conexiones basadas en infrarrojo.

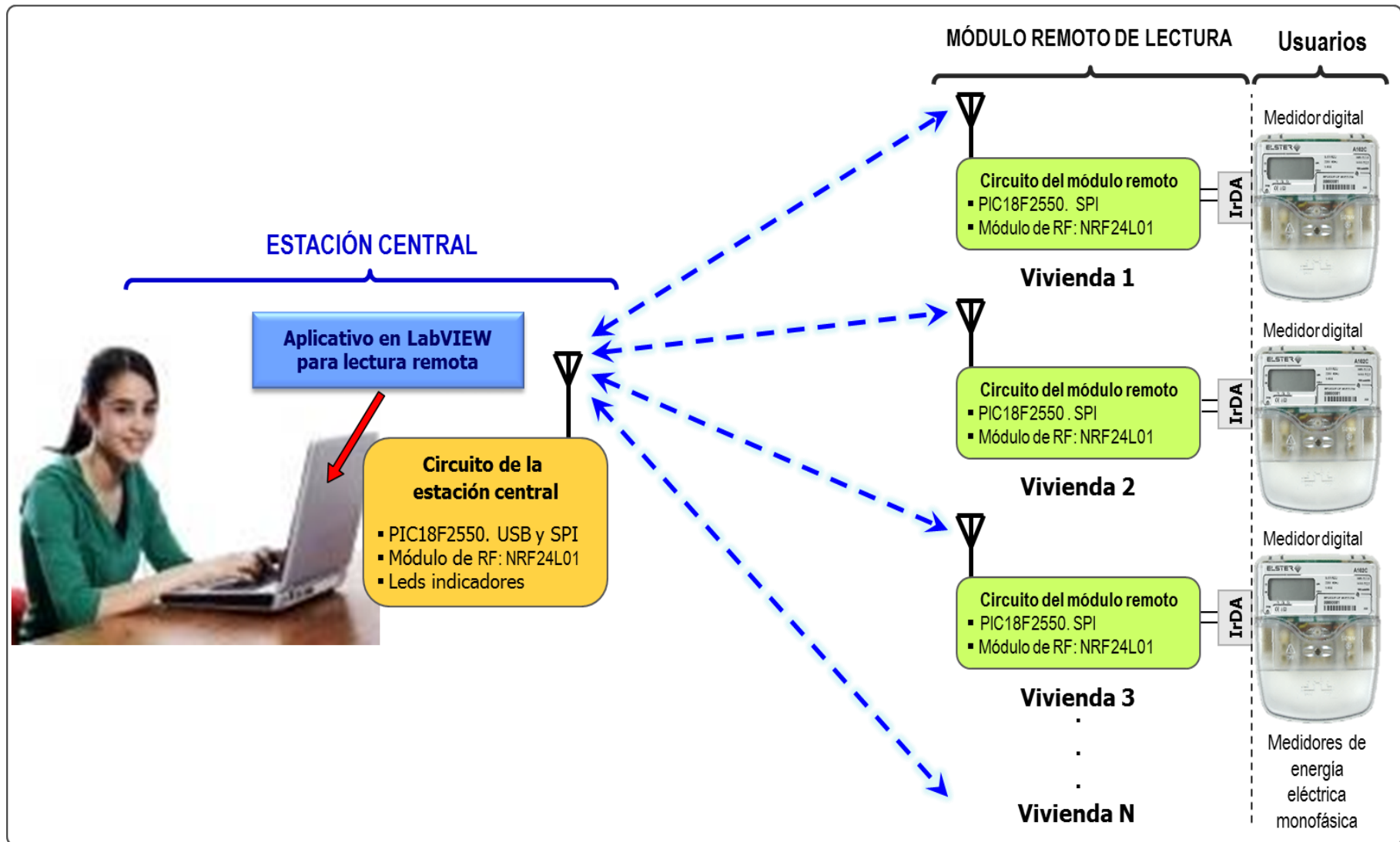
El gráfico N° 3.1 muestra el diagrama de bloques general de la investigación titulado: **“SISTEMA REMOTO QUE LECTURA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA, PARA MEJORAR LA EXACTITUD EN SU REGISTRO Y FACTURACIÓN, CHUPACA – 2015”**, y el gráfico N° 3.2 muestra el esquema general, destacando la estación central y el módulo del medidor remoto, para los diversos usuarios; con sus respectivas fuentes de alimentación.

Gráfico N° 3.1: Diagrama de bloques general del sistema diseñado



Fuente: Propia de la investigadora

Gráfico N° 3.2: Esquema general del sistema que fue diseñado e implementado



Fuente: Propia de la investigadora

### 3.2.1. Materiales y métodos para la estación central

#### **ESTACIÓN CENTRAL**

Es la encargada de solicitar la lectura que corresponde al consumo de energía eléctrica domiciliaria, de recibir el consumo acumulado, de procesarlo, mostrarlo gráficamente y manejar la base de datos de los medidores, a través del programa EnerSoft, por interface USB, como se ve en la gráfica N° 3.3.

La estación central está conformada por:

##### A. Módulo PC

En la PC se ejecuta el programa EnerSoft, teniendo como tarea solicitar, recibir y procesar la información de los medidores utilizando una base de datos, bajo la plataforma de Windows.

##### **EnerSoft**

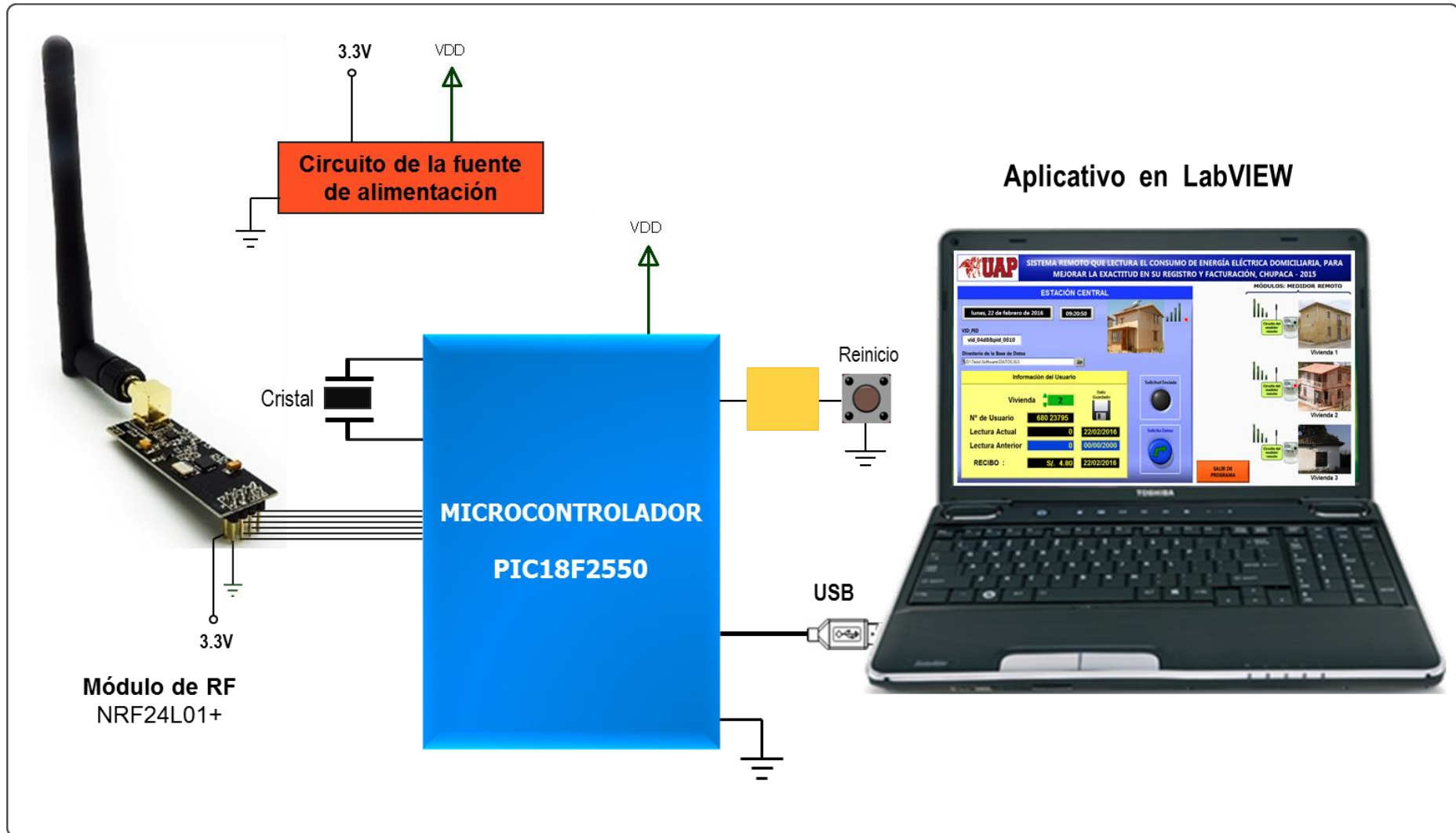
Es un programa desarrollado en LabVIEW 2014 de la compañía National Instruments. LabVIEW es un lenguaje de programación cuyo entorno de desarrollo es gráfico, flexible y modular en su totalidad, diferente a la programación mediante comandos tipo texto, sistemas empleados en los lenguajes de programación de alto nivel tradicionales como Assembler, Pascal, Basic, etc.

Un instrumento virtual o Virtual Instrument (VI), es un módulo software que simula el panel frontal de un instrumento real de medición de variables físicas y apoyándose en elementos hardware accesible por el ordenador (tarjetas de adquisición de datos, instrumentos accesibles vía USB, GPIB, RS-232, RS-485, etc.) realiza una serie de medidas como si se tratase de un instrumento real.

Es así que cuando se ejecuta un programa que funciona como instrumento virtual o VI (Virtual Instrument), el usuario ve en la pantalla de su ordenador un panel cuya función es idéntica a la de un instrumento físico, facilitando la visualización y el control del aparato. A partir de los datos reflejados en el panel frontal el VI debe de actuar recogiendo o generando señales como lo haría su homólogo físico.

A continuación, se presenta el diagrama de bloques de la estación central que va ser operada por medio de una PC

Gráfico N° 3.3: Diagrama de bloques de la estación central



Fuente: Propia de la investigadora



Los programas de LabVIEW son llamados Instrumentos Virtuales (VIS). Los VIS tienen tres partes principales: el Panel Frontal donde se encuentra la parte externa o interfaz hombre maquina (HMI) del programa, el Diagrama de Bloques donde está la parte lógica o código fuente del programa y el Icono/Conector que es como la huella digital que identifica al programa.

Al abrir un VI en blanco se crean automáticamente dos ventanas una de ellas se conoce como el panel frontal del VI. La otra ventana se conoce como Diagrama de Bloques en donde se ha de programar la parte lógica o código del VI.

El panel Frontal y el diagrama de bloques están constituidos por una colección de objetos gráficos que son los elementos programables de LabVIEW. El panel frontal contiene varios tipos de controles e indicadores que facilitan la visualización de resultados y el reconocimiento rápido de los componentes del VI, pueden usarse una serie de herramientas prediseñadas así como también usted mismo puede diseñar sus propios indicadores dentro de algunas opciones un poco más avanzadas de acuerdo a la naturaleza de aplicación del instrumento virtual, una aplicación puede ser el diseño alarmas con leds animados con diseño gráfico en 2D y 3D desde programas como Corel Draw, AutoCad, Autodesk 3D MAX, etc, a los cuales además se les puede adicionar archivos de audio con el objeto de hacer más interactiva la aplicación.

El gráfico N° 3.4 muestra el panel frontal del programa EnerSoft, el cual presenta lo siguiente:

*Fecha y hora:* el cual se actualiza automáticamente al ejecutar el programa, mostrando la fecha y hora actual.

*Numeración VIP&PID:* Aquí se selecciona el VIP&PID del puerto USB, proporcionado por Microchip el cual permite comunicar el modulo PC con el modulo transmisor/receptor de RF, utilizando el método de transferencia Bulk.

*Directorio de la base de datos:* Dirección en donde se encuentra el archivo de la base de datos.

*Información del usuario:* Inicialmente se elige el número de vivienda, que elige el usuario. En el gráfico 3.5, se muestra la información respecto al número (código) de usuario, consumo acumulado (lectura actual y lectura anterior), sus respectivas fechas de lectura e importe (facturación).

Gráfico N° 3.4: Panel frontal del programa EnerSoft desarrollado en LabVIEW 2014



## SISTEMA REMOTO QUE LECTURA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA, PARA MEJORAR LA EXACTITUD EN SU REGISTRO Y FACTURACIÓN, CHUPACA - 2015

### ESTACIÓN CENTRAL

lunes, 22 de febrero de 2016

09:20:50

VID\_PID

vid\_04d8&pid\_0010

Directorio de la Base de Datos

D:\Tesis\Software\DATOS.XLS

#### Información del Usuario

Vivienda	2	Dato Guardado
N° de Usuario	680 23795	
Lectura Actual	0	22/02/2016
Lectura Anterior	0	00/00/2000
RECIBO :	S/. 4.80	22/02/2016

Solicitud Enviada

Solicita Datos

↻

### MÓDULOS: MEDIDOR REMOTO





**Vivienda 1**





**Vivienda 2**



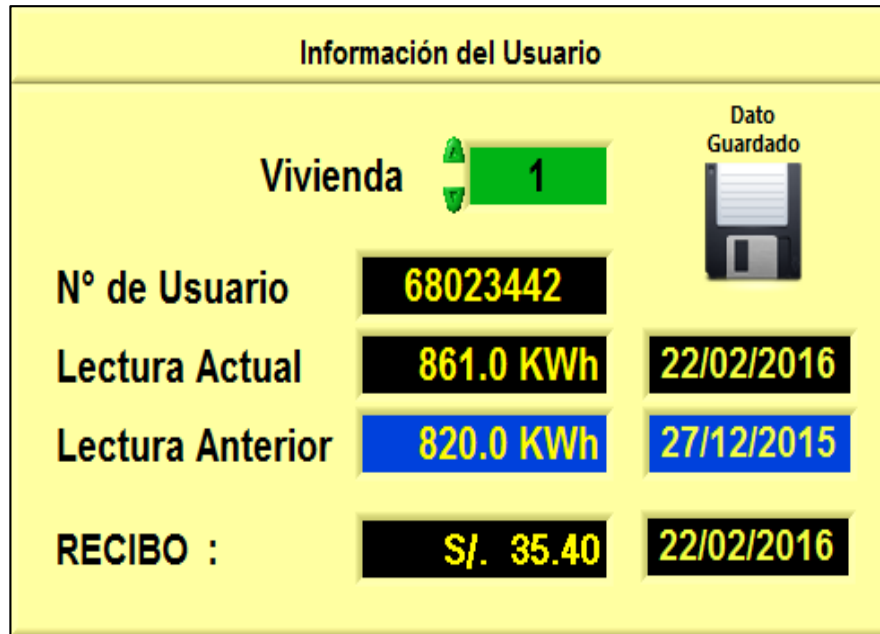


**Vivienda 3**

SALIR DE PROGRAMA

Fuente: Propia de la investigadora

Gráfico N° 3.5: Ventana de información del usuario



Fuente: Propia de la investigadora

*Icono solicita datos:* Al hacer clic se envía la orden que solicita datos sobre el consumo de energía al medidor, considerando el número de usuario. En el gráfico N° 3.6, se muestra su respectivo indicador.

Gráfico N° 3.6: Icono solicitud de datos, con su respectivo indicador



Fuente: Propia de la investigadora

*Módulos del medidor remoto:* Muestra la conexión del medidor de energía eléctrica con la estación central con los indicadores led.

*Icono salir de programa:* Al hacer clic en el icono, se termina de ejecutar el aplicativo.

El diagrama de bloques del programa EnerSoft, muestra lo siguiente:

*Vivienda:* VI de control en el cual se fija el número de vivienda.

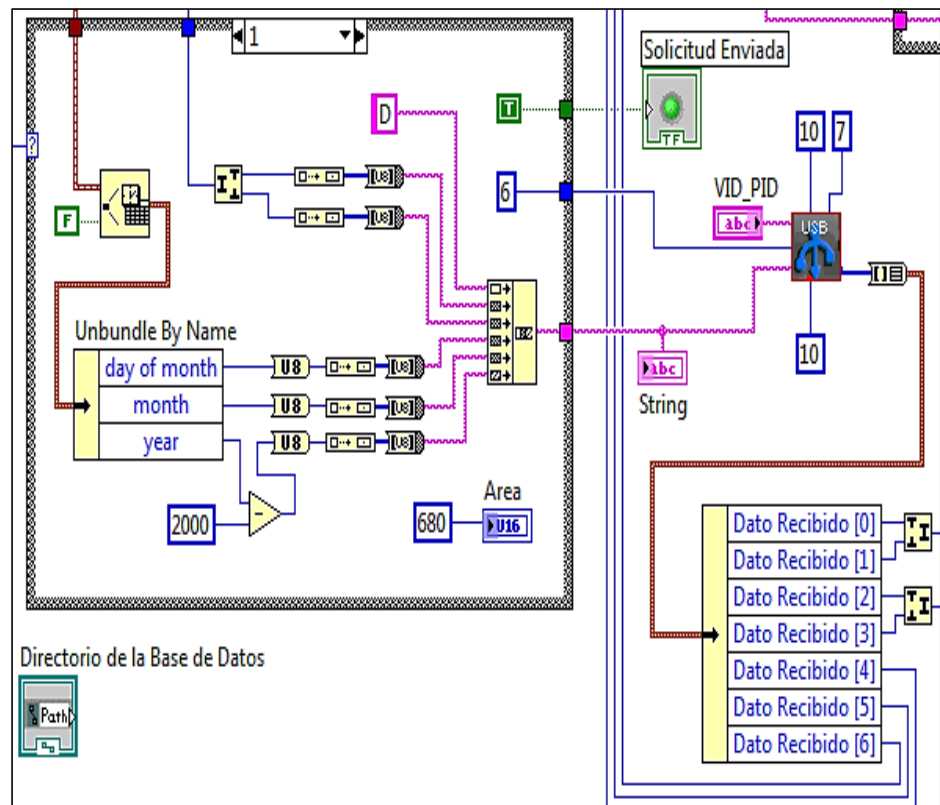
*N° de usuario:* VI indicador donde se observa el número del usuario.

*Lectura actual:* VI que muestra la lectura actual del consumo.

*Lectura anterior:* VI que muestra la lectura anterior del consumo.

El gráfico N° 3.7 muestra el diagrama de conformación de los datos a ser transmitidos en una solicitud y los 7 bytes recibidos que corresponde a la lectura actual, lectura anterior y fecha, y el VI correspondiente a la interface USB para la conexión con la PC.

Gráfico N° 3.7: VI de conformación de datos y VI USB



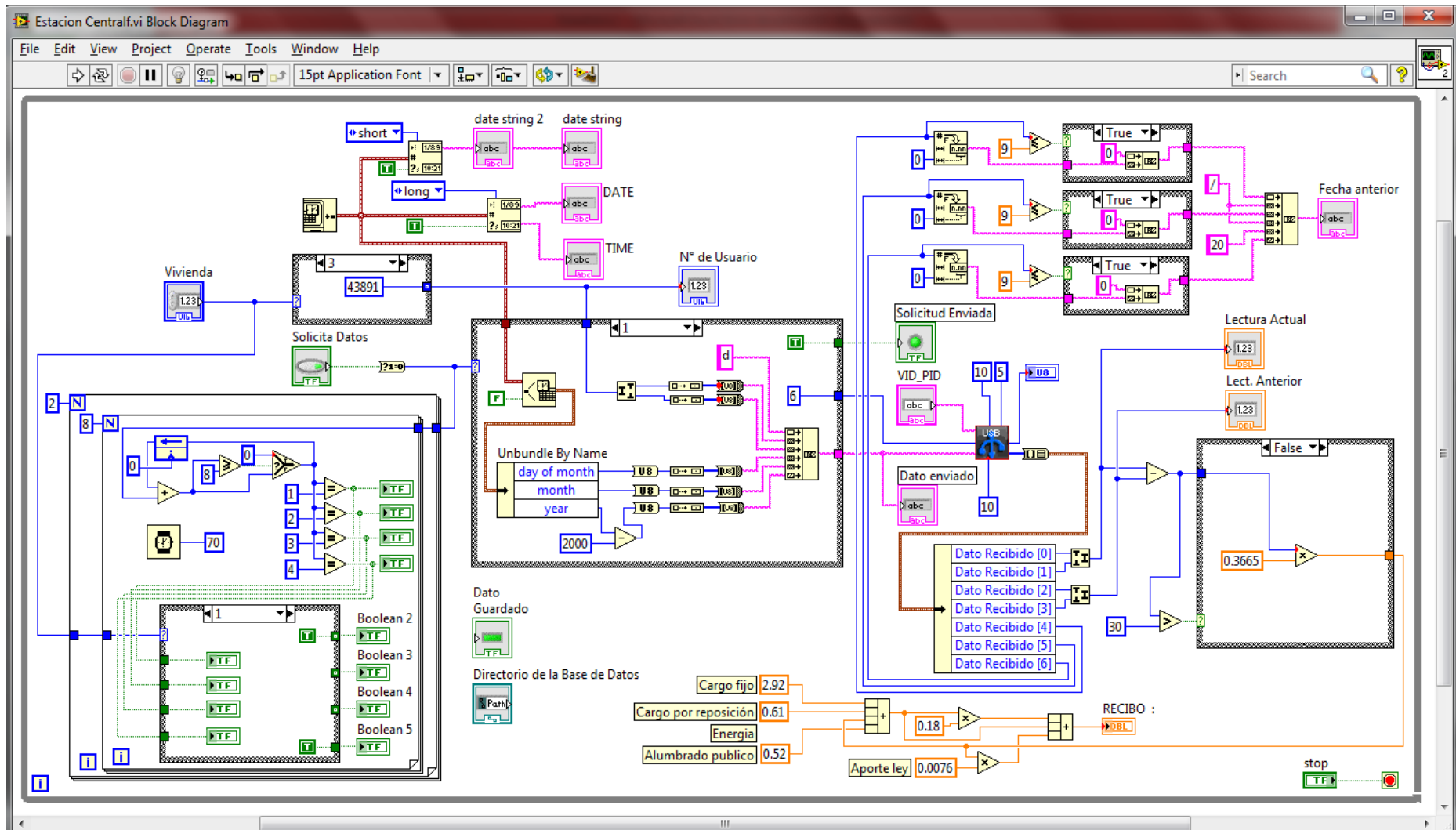
Fuente: Propia de la investigadora

El gráfico N° 3.8 muestra el diagrama de bloques de EnerSoft.

## B. Comunicación alámbrica

Se utilizó como medio de comunicación alámbrica para conectar la laptop con el módulo transmisor, un cable adecuado para el puerto USB. El puerto USB (Universal Serial Bus) permite conectar una amplia variedad de periféricos fácilmente a computadoras, sin reiniciar ni volver a configurar.

Gráfico N° 3.8: Diagrama de bloques del programa EnerSoft



Fuente: Propia de la investigadora

### C. Circuito de la estación central

Puesto que los módulos de RF no se pueden conectar directamente con la laptop, se implementó el **circuito de la estación central**, que conecta los módulos de RF NRF24L01 con el **módulo PC** basado en la comunicación USB, debido a que en la actualidad las laptops cuentan con este puerto, que permiten una conexión sencilla y universal. El circuito utiliza el microcontrolador PIC18F2550 que por un lado permite la conexión con el módulo PC a través del puerto USB y por el otro, permite la conexión via SPI con el NRF24L01 a nivel TTL (0 y 5 V D.C.). En el gráfico N° 3.9 se muestra el circuito electrónico de la estación central, el cual se configura automáticamente tan pronto como se conecta a la laptop, a través del puerto USB del PIC18F2550 (Implementado en el chip) y el respectivo programa grabado.

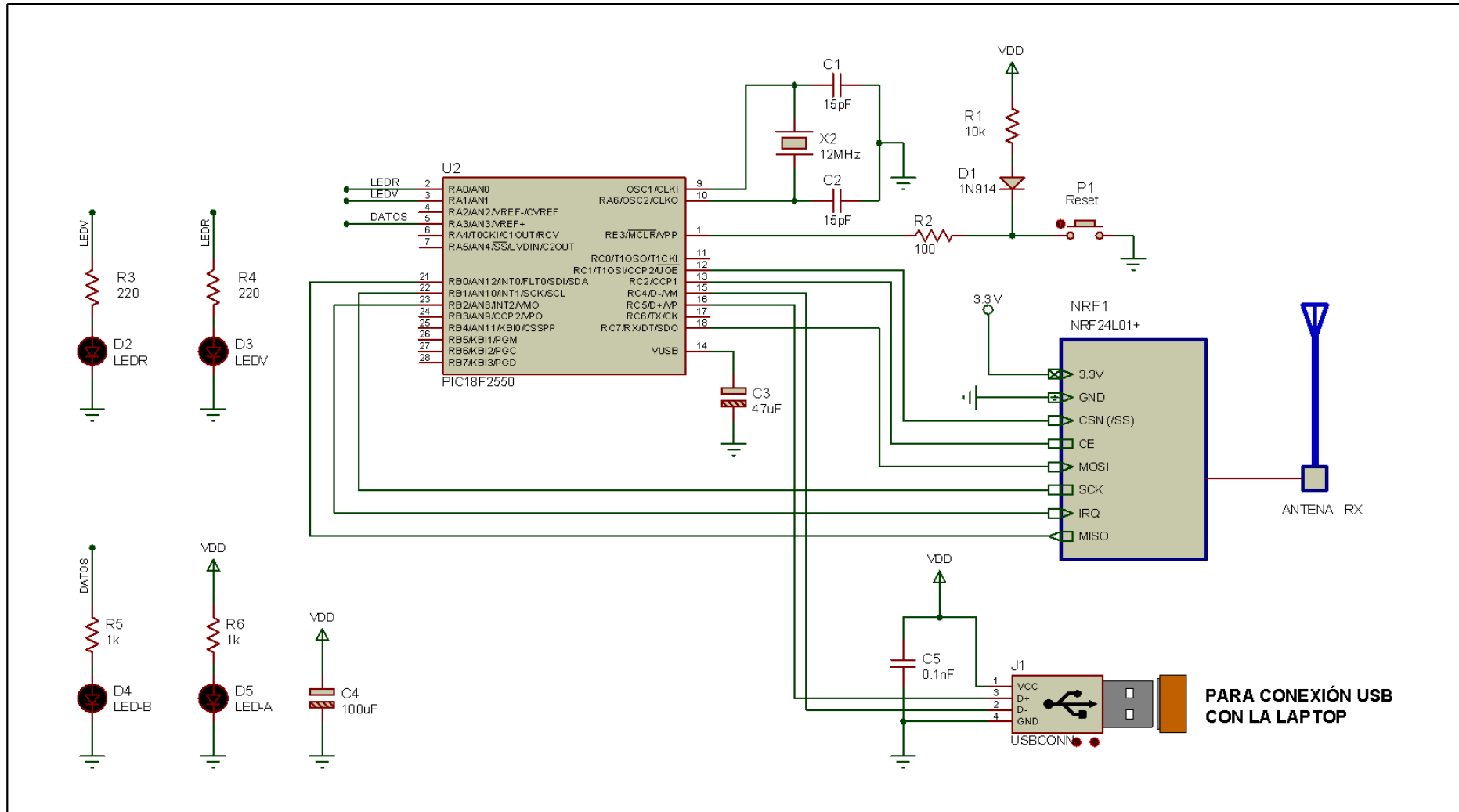
Para transmitir la orden de solicitud de datos; se hace clic en el icono del panel frontal del programa EnerSoft, la orden se codifica enviando "D" seguido de 4 bytes que corresponde al número del usuario del medidor monofásico y 3 bytes de la fecha actual; que por el puerto USB de la laptop se pasa al PIC18F2550, que se encarga enviarlo en formato SPI módulo de RF NRF24L01, quien internamente realiza una modulación digital GFSK, y lo envía hacia la antena, desde la antena viaja en el espacio libre a través de ondas electromagnéticas tipo TEM espaciales omnidireccionalmente hasta la antena receptora.

#### **Módulo de RF NRF24L01+**

La conexión y comunicación entre PIC18 y nRF24L01 se lleva a cabo por el bus SPI (Serial Peripheral Interface), además de otras dos señales (como se verá más adelante, los bits CE e IRQ). Las características principales del SPI son:

- El SPI es un estándar de comunicación en serie y síncrono, lo que quiere decir que paralelamente a la línea de datos (comunicación en serie) existe también una línea de reloj que marca los tiempos de transmisión, cambio de valor y muestreo.
- El SPI es un protocolo de comunicación que trabaja en modo full dúplex, por lo que no sólo existe una línea de datos unidireccional, sino que son dos las líneas unidireccionales de datos: una de entrada y otra de salida.

Gráfico N° 3.9: Circuito electrónico de la estación central con la interface USB

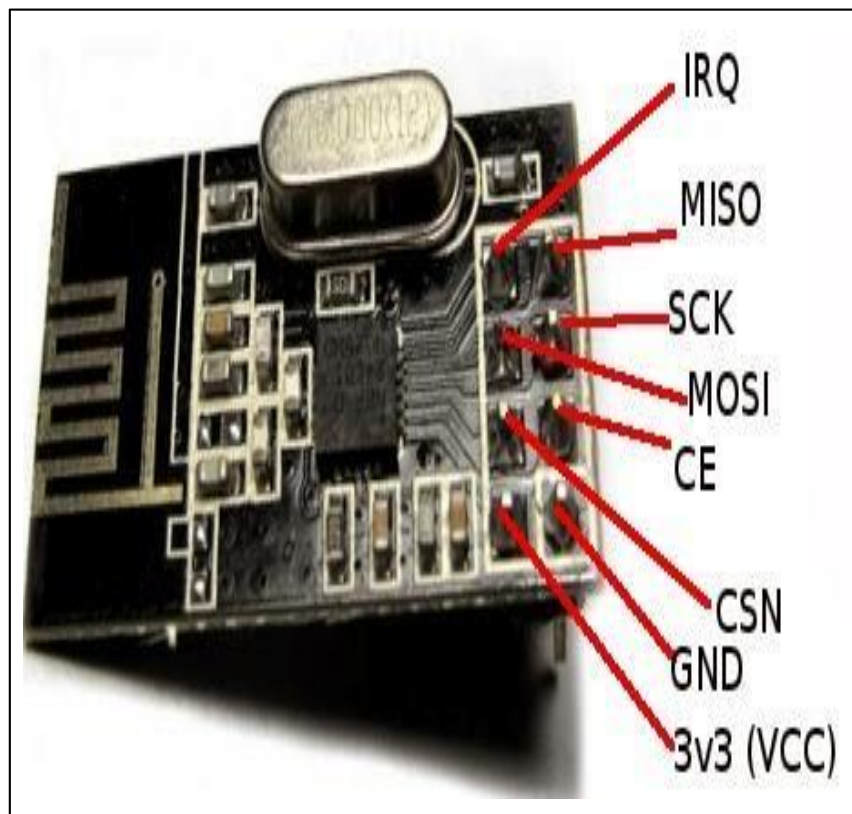


Fuente: Propia de la investigadora

- El estándar SPI está contemplado para comunicar 2 o más dispositivos, pero siempre existirá uno que sea el de mayor relevancia que el resto; esto es, Maestro y Esclavo o esclavos. La tarea principal del dispositivo maestro es la de generar la señal de reloj (señal SCLK) a una frecuencia adecuada para todos los dispositivos, y además, si la comunicación se configura para ello, habilitar o deshabilitar cada dispositivo esclavo.
- El SPI, necesita cómo mínimo de 3 líneas, aunque normalmente son 4 líneas (4 cables de conexión):
  - El SCK (Serial Clock)
  - El MOSI (Master Output, Slave Input)
  - El MISO (Master Input, Slave Output)
  - El CSN (Slave Select)

En el gráfico N° 3.10 muestra el aspecto físico y la disposición de pines del módulo NRF24L01+. Este módulo se ha conectado al PIC18F2550 del circuito de la estación central.

Gráfico N° 3.10: Icono solicitud de datos, con su respectivo indicador



Fuente: Propia de la investigadora



## **Programación del microcontrolador PIC18F2550**

El proceso de programación del microcontrolador se realizó en tres etapas:

1. Edición del programa, depuración y compilación.
2. Simulación del programa con Proteus Design Suite 8.2.
3. Grabación del microcontrolador PIC.

Se utilizó el lenguaje de programación Compiler C de CCS Inc., el cual cuenta con un entorno de desarrollo integral (IDE), el código de máquina fue grabado en el microcontrolador mediante el grabador PicKit 3.

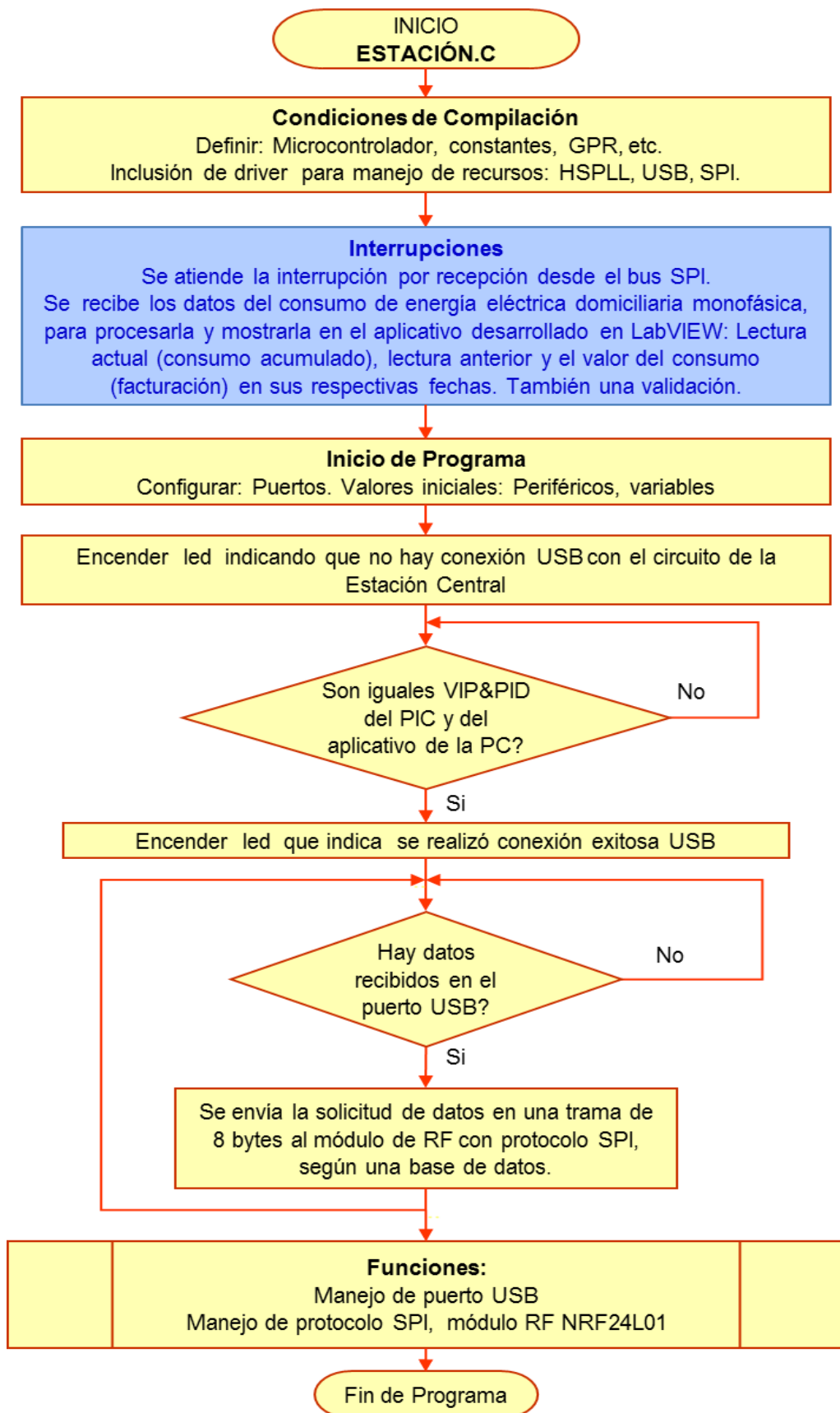
Teniendo en consideración que el objetivo de la estación central es solicitar los datos remotamente que corresponde al consumo de energía eléctrica domiciliaria, recepcionarlos y procesarlos con una base de datos; se sigue el diagrama de flujo para el programa del microcontrolador PIC18F2550, según se muestra en la gráfica N° 3.11. El circuito de la estación central debe realizar las tareas siguientes:

- Comunicación USB con el módulo PC (laptop).
- Recibir la trama de 8 bytes sobre la solicitud de datos desde el puerto USB de la laptop.
- Transmitir la trama de los 8 bytes respecto a la orden de solicitud de requerimiento de datos del consumo, al módulo RF NRF24L01+.
- Recibir 8 bytes del consumo de energía eléctrica actual acumulado.

Los recursos y puertos de E/S utilizados en la programación del PIC18F2550 son:

- USB: RC4, RC5 Transmisión/Recepción de datos.
- VUSB: Generador de voltaje para USB.
- Indicadores E/S: RA0 (Indicador de transmisión) y RB6/RB7 (Indicador de conexión al USB).
- SPI: RC7, RB0, RB1 y otros.
- Reset: RE3, para reiniciar el programa.
- Reloj: OSC1, OSC2: Reloj del sistema, cristal de 12MHz.
- Fuente: VDD (5 V) y GND.

Gráfico N° 3.11: Diagrama de flujo del circuito de la estación central



Fuente: Propia de la investigadora

#### D. Circuito de la fuente de alimentación de la estación central

El circuito de la estación central utiliza la fuente de alimentación de 5 V D.C. y 3.3 V D.C. con una corriente adecuada para su funcionamiento.

#### E. La programación de la ESTACIÓN.C en CSS es como se presenta:

```
// INICIO DE PROGRAMA \\
//*****\\
//Inicio del programa principal

void main()
{
  setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
  setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
  setup_timer_1(T1_DISABLED);
  setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);

  //Inicia y configura LCD
  lcd_init();
  lcd_putc("\fComunicacion SPI");
  delay_ms(500);

  //Inicia y configura módulo (CANAL,DIREC_RX,DIREC_ATX)
  CONFIG_NRF24L01();

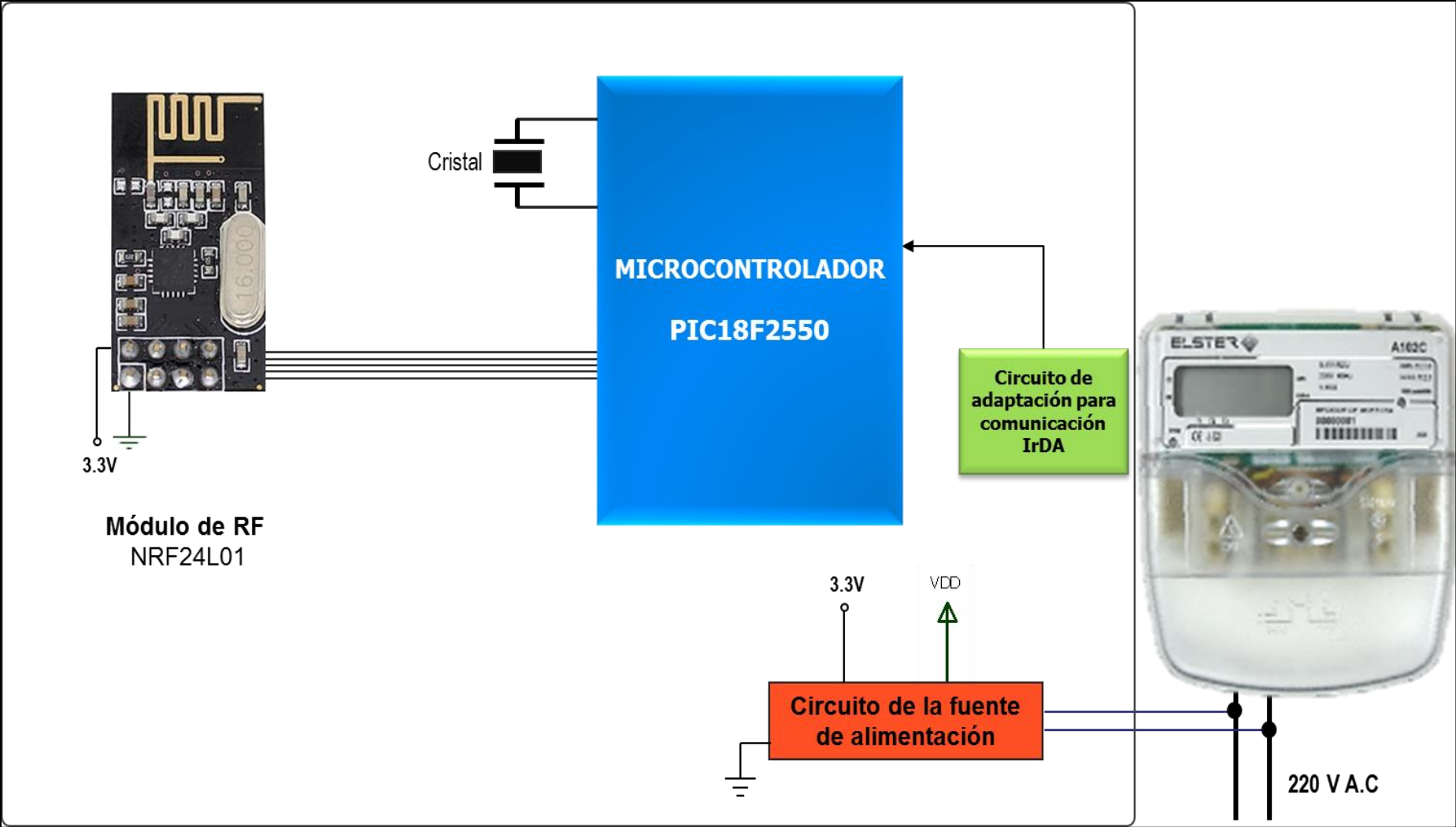
  OFF(LEDV); //Apagamos led Verde
  ON(LEDV); //Encendemos led Rojo
  usb_init(); //Inicializamos el USB
  usb_task(); //Habilita periferico usb e interrupciones
  usb_wait_for_enumeration(); //PicUSB sea configurado por
  host delay_ms(50)
  ON(LEDV); //Encendemos led verde
  OFF(LEDV); //Apagamos led Rojo

  while(TRUE)
  {
    {
      TRANSMITE[0]='d';
      TRANSMITE[1]=remite[1]; //Nusu0
      TRANSMITE[2]=remite[2]; //Nusu1
      TRANSMITE[3]=remite[3]; //Dia_ACT
      TRANSMITE[4]=remite[4]; //Mes_ACT
      TRANSMITE[5]=remite[5]; //Year_ACT
      printf(lcd_putc, "\f%u,%u,%u,%u\n%u,%X"

TRANSMITE[0],TRANSMITE[1],TRANSMITE[2],TRANSMITE[3],TRANSM
ITE[4],TRANSMITE[5]);
      ACK=TXDATOS_NRF24L01();
      for (i=1;i<8;i++)
      {output_toggle(PIN_C0);
      delay_ms(100);}
      output_low(PIN_C0);
      }
      //RX_PW0
      output_low(CSN);
      spi_write(0x0A);
      a=spi_read(0);
      output_high(CSN);
      ON(LEDV);
      printf(lcd_putc, "\f%u,%u,%u,%u\n%u,%u,%u,%X"
```



Gráfico N° 3.12: Diagrama de bloques del módulo medidor remoto



Fuente: Propia de la investigadora

Encargado de recibir la orden de solicitud de datos desde la estación central; recibe el carácter "D" seguido de 4 bytes del número de usuario y 3 bytes de fecha (día/mes/año); lee vía protocolo IrDA el consumo acumulado del medidor, el cual lo envía con el carácter "w" seguido de 3 bytes que corresponde al consumo de energía eléctrica domiciliaria en KWh; envía el OK de recepción. Basado en esto, se implementó el circuito que se muestra en el gráfico N° 3.13.

### **Programación del microcontrolador PIC18F2550**

El proceso de programación del microcontrolador se realizó en tres etapas:

1. Edición del programa, depuración y compilación.
2. Simulación del programa con Proteus Design Suite 8.2.
3. Grabación del microcontrolador PIC.

El diagrama de flujo del programa para el PIC se muestra en el gráfico N° 14, teniendo como objetivo de recibir los datos desde el módulo de RF, que son atender la solicitud de la estación central, leer el consumo del medidor electrónico y transmitirlo seguido de la validación de recepción.

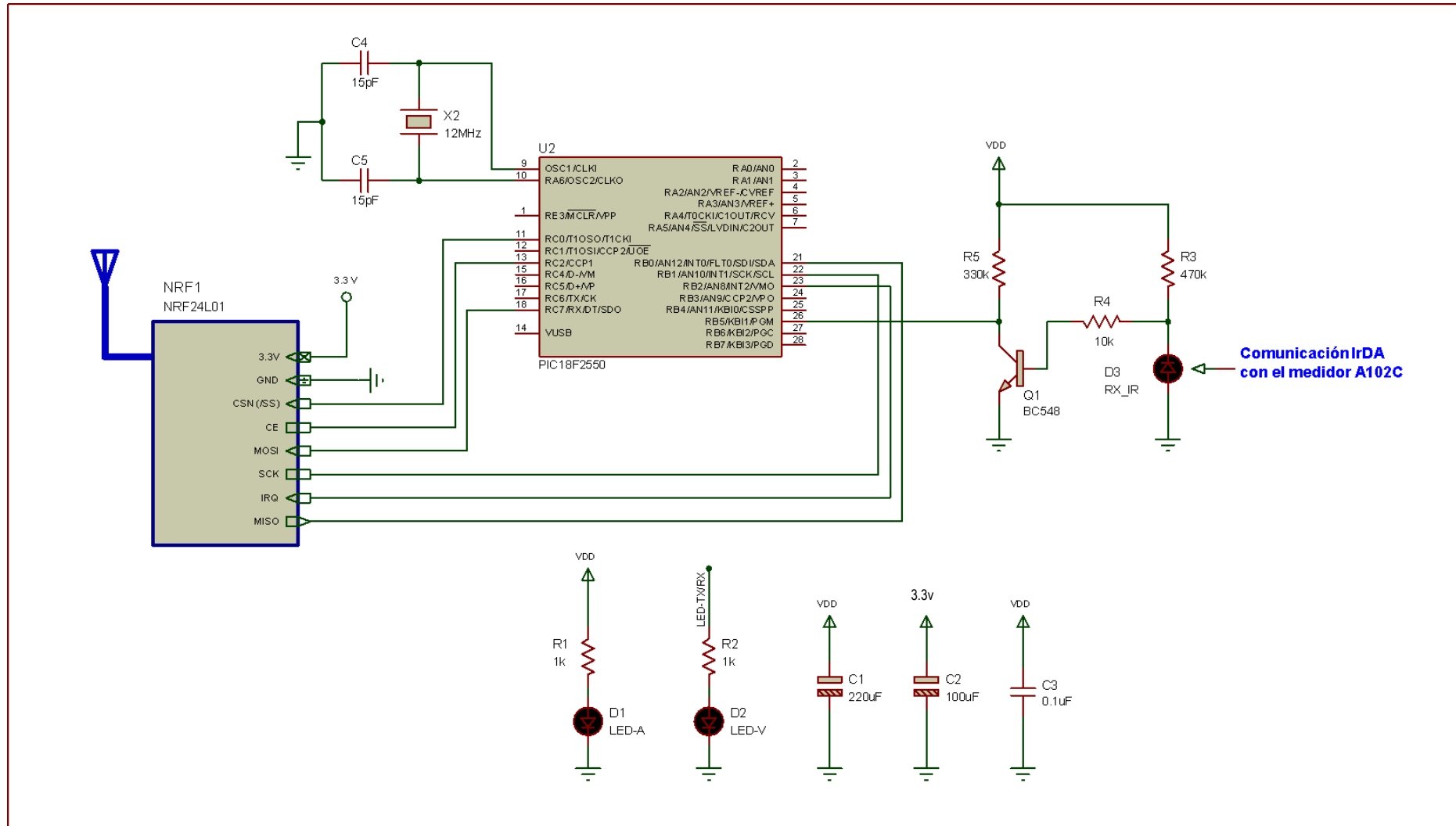
El programa del microcontrolador PIC18F2550 para el circuito del medidor remoto debe realizar las tareas siguientes:

- El módulo receptor de RF en su antena recibe la señal transmitida desde el circuito de la estación central, luego lo demodula en GFSK, y el PIC18F2550 recibe una trama de 8 bytes: El primer byte es el carácter "D", los cuatro bytes siguientes corresponden al número del usuario y los 3 bytes restantes a la fecha actual.
- Compara el número de usuario y si es igual, lee el consumo de energía eléctrica del medidor monofásico vía protocolo IrDA.
- Transmite a la estación central: el carácter "w" seguido de 3 bytes leído del consumo de energía eléctrica acumulado, para luego validar la recepción de datos.

Los recursos utilizados y la distribución de pines, para la programación del PIC18F2550 son:

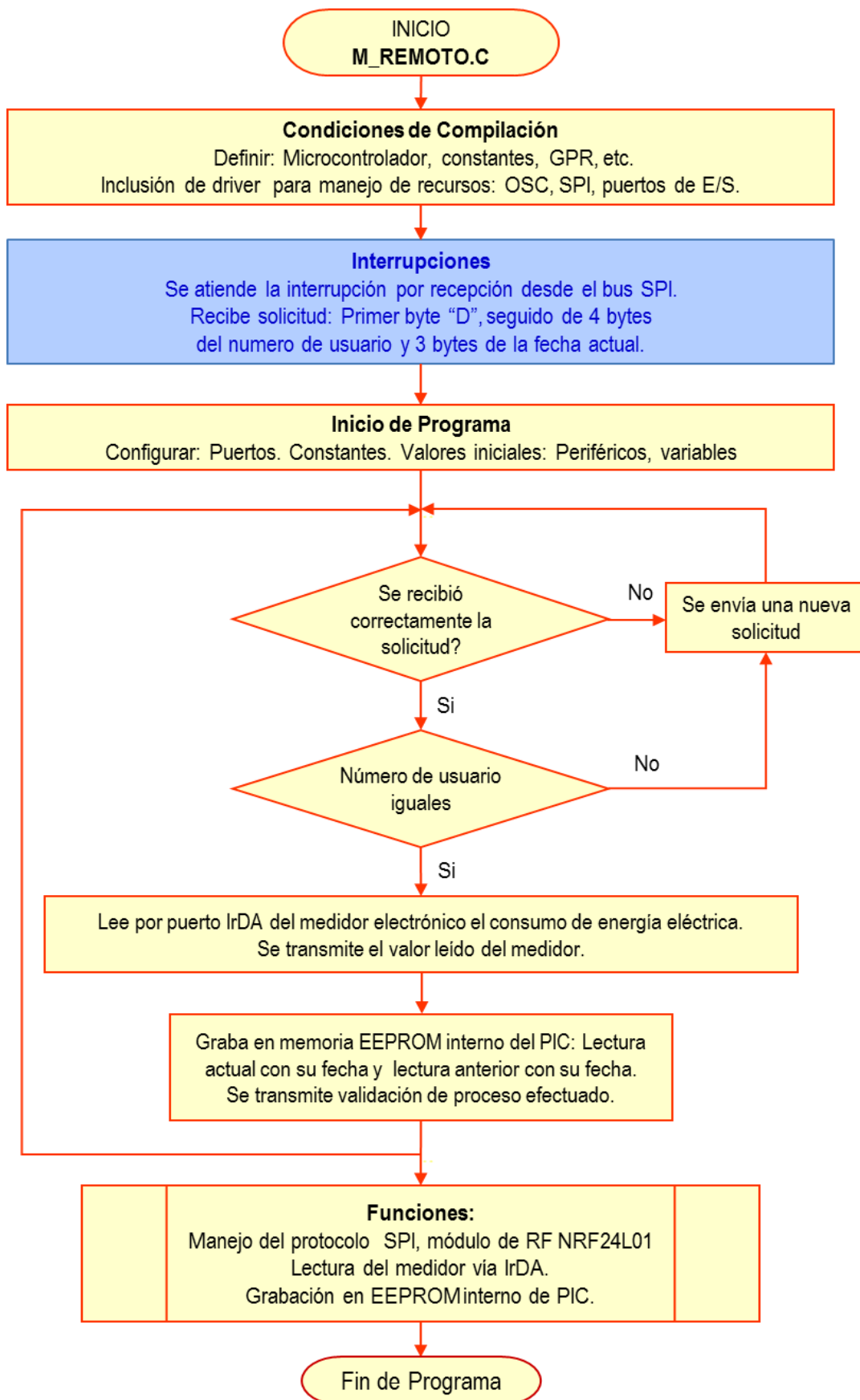
- Data de puerto IrDA: RB3 para adquisición de datos del medidor electrónico.
- MCLR: RE3, no se utiliza reset.

Gráfico N° 3.13: Circuito electrónico del medidor remoto, con el NRF24L01+



Fuente: Propia de la investigadora

Gráfico N° 3.14: Diagrama de flujo del programa para el circuito medidor remoto



Fuente: Propia de la investigadora



- Led\_RF: RA0, led indicador de Tx/Rx por RF.
- SPI: RC7, RB0, RB1 y otros.
- Fuente: VDD (5 V) y GND.

La programación del M\_REMOTO.C en CSS es como se presenta:

```
//Programa principal
void main()
{
  setup_adc_ports(NO_ANALOGS);
  setup_adc(ADC_OFF);
  setup_spi(SPI_SS_DISABLED);
  setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);
  setup_timer_1(T1_DISABLED);
  setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
  setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
  setup_vref(FALSE);
  set_tris_a(0b000000); //Todo el puerto A como salida
  output_a(0); //Inicialmente a cero

  //Inicia y configura LCD
  lcd_init();
  lcd_putc("\fComunicacion SPI");
  delay_ms(500);

  //Inicia y configura módulo (CANAL,DIREC_RX,DIREC_ATX)
  CONFIG_NRF24L01();

  while(TRUE)
  {
    output_high(pin_C0);
    delay_ms(250);
    output_low(pin_C0);
    delay_ms(250);

    //RX_PW0
    output_low(CSN);
    spi_write(0x0A);
    a=spi_read(0);
    output_high(CSN);

    lcd_putc("\fRecibiendo datos");
    printf(lcd_putc, "\f%u,%u,%u,%u\n%u,%u,%X"
RECIBE[0],RECIBE[1],RECIBE[2],RECIBE[3],RECIBE[4],RECIBE[5],a)
;

    OK_SOLI=RECIBE[0];
    Nusu0_R=RECIBE[1];
    Nusu1_R=RECIBE[2];
    Dia_ACT=RECIBE[3];
    Mes_ACT=RECIBE[4];
    Year_ACT=RECIBE[5];
    delay_ms(1000);

    lcd_putc("\fTransmite datos");
    TRANSMITE[0]=teste[0]++;

```

```

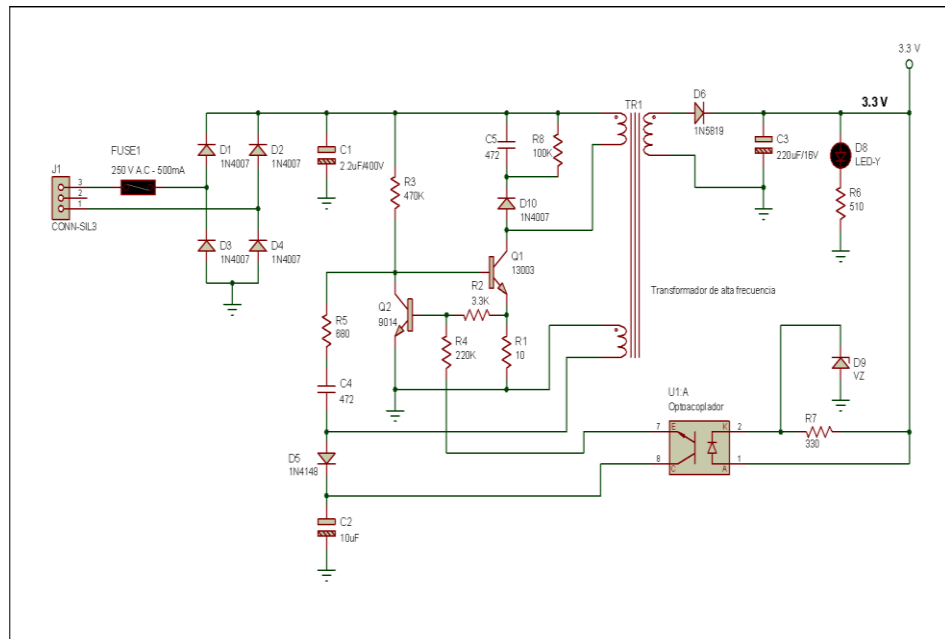
TRANSMITE [1]=teste [1]++;
TRANSMITE [2]=teste [2]++;
TRANSMITE [3]=teste [3]++;
TRANSMITE [4]=teste [4]++;
TRANSMITE [5]=teste [5]++;
TRANSMITE [6]=teste [6]++;
ACK=TXDATOS_NRF24L01 ();
delay_ms (1000);
}
}

```

### Circuito de la fuente de alimentación

El circuito de la fuente de alimentación que se muestra en el gráfico N° 3.15, es la encargada de alimentar el circuito del medidor remoto. Es una fuente tipo conmutación, que puede entregar 5 V D.C. a 2A y 3.3 V D.C. a 2A, que es suficiente para todo el circuito.

Gráfico N° 3.15: Circuito electrónico de la fuente del medidor remoto



Fuente: Propia de la investigadora

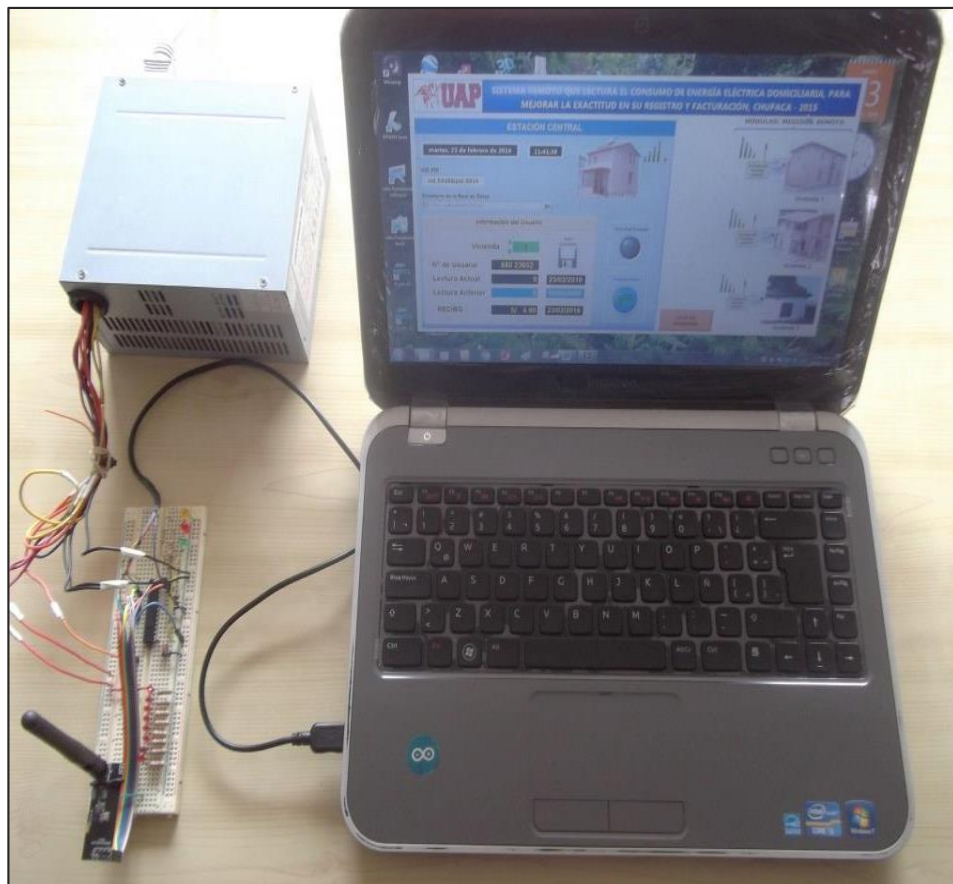
### 3.2.3. Prototipo final del sistema

El prototipo final se obtuvo luego de corregir diversos errores, a través de muchas pruebas previas, realizando diversas correcciones tanto en el circuito de la estación central y los circuitos del medidor remoto (hardware), así como en los programas (firmware) de los microcontroladores y el programa EnerSoft desarrollado en LabVIEW 2014; primero en la simulación y luego en la implementación en protoboard con los diversos dispositivos electrónicos, módulos de RF, microcontroladores PIC y circuito de adecuación para el medidor, hasta lograr que funcione adecuadamente.

El prototipo implementado que se utilizó para realizar las pruebas del sistema; está conformado por la estación central, que se muestra en el gráfico N° 3.16 y el módulo de medición remoto que se observa en el gráfico N° 3.17.

Para el funcionamiento del prototipo final: En el lado remoto, se conectan los módulos del medidor remoto a los cuatro medidores digitales de energía domiciliar, orientando adecuadamente el sensor de infrarrojo a su puerto IrDA, luego se energizan.

Gráfico N° 3.16: Estación central implementado



Fuente: Propia de la investigadora

En el otro lado, a la laptop se conecta el circuito de la estación central a través del puerto USB, se energiza y se encuentra lista para ejecutar el programa EnerSoft. Luego de ejecutar el programa EnerSoft, para iniciar la lectura remota a los medidores se elige al medidor, seleccionando la vivienda en el icono correspondiente, para luego haciendo clic en el icono **solicitud de datos** se transmite la solicitud desde el módulo de RF NRF24L01 de la estación central al módulo receptor de RF NRF24L01 del medidor remoto, que responde transmitiendo el valor del consumo acumulado, a la estación central y luego se pasa a la laptop.

Gráfico N° 3.17: Medidor remoto implementado



Fuente: Propia de la investigadora

Gráfico N° 3.18: Montaje de medidores



Fuente: Propia de la investigadora

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### 4.1. Presentación de resultados

Contando con los prototipos finales de la investigación titulado “**SISTEMA REMOTO QUE LECTURA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA, PARA MEJORAR LA EXACTITUD EN SU REGISTRO Y FACTURACIÓN, CHUPACA – 2015**”, se realizó la instalación de hardware y software como se detalla:

Modulo del medidor remoto: Esta se instala en los hogares de los usuarios que cuentan con medidores electrónicos de energía eléctrica; en el medidor electrónico se instala un receptor óptico IR para la lectura del consumo que marca el equipo vía el protocolo IrDA, luego se energiza todo el circuito desde la red de 220 V A.C con fuentes de 5 V y 3.3 V. En el display del medidor se observa el número de usuario y el consumo de energía eléctrica acumulado a la fecha y está a la espera de la solicitud de envío de datos desde la estación central.

Estación central: Se realiza la conexión de las fuentes de 5 V y 3.3 V al circuito de la estación central y se conecta a la PC con cable USB.

Cuando se activa las fuentes de alimentación en el circuito de la estación central, se enciende primero el led rojo y luego el led verde que indica que se realizó una conexión USB exitosa con la PC. Se ejecuta el programa EnerSoft y ya se puede enviar la solicitud de adquisición de datos a cualquier modulo del medidor remoto.

El programa cuando se está ejecutando nos permite visualizar el número de usuario, lectura actual, lectura anterior y costo del consumo con sus respectivas fechas y la posibilidad de ser guardada haciendo clic en el icono “dato guardado”.

Estando en funcionamiento la estación central y los módulos del medidor remoto, se realizaron las pruebas experimentales para las variables independiente y dependiente.

#### **Procesamiento y presentación de resultados de la variable independiente**

Para la adquisición de los datos de la variable independiente se sigue de la siguiente manera:

Estando en funcionamiento todo el sistema primero se elige la vivienda por ejemplo vivienda

N° 2, luego se hace clic en el icono solicitud de datos (ver gráfico N° 4.1), se enciende el led amarillo, lo que indica que fue enviada la solicitud transmitiendo el número de usuario y la fecha actual, y se espera la recepción de los datos sobre el consumo de energía eléctrica acumulado a la fecha del usuario seleccionado, el cual es enviado por el módulo del medidor remoto.

A la variable independiente: Consumo de energía eléctrica; se le realizaron 100 pruebas experimentales (25 pruebas de 4 ítems) para cada medidor en un periodo de 8 días, solo para cuatro medidores, del 07 al 14 de diciembre del año 2015, en el horario de 9:00 a.m. a 11:00 a.m., y los datos fueron obtenidos cada 2 minutos automáticamente por el sistema expuesto.

Se observó que en las diversas pruebas realizadas se presentaron errores y no se pudieron completar; los errores fueron corregidos y se continuó con las pruebas. Los errores que se presentaron, se debió a la mala conexión de la fuente de alimentación, fijación de sensor óptico y número designado al usuario.

Los datos obtenidos en las pruebas realizadas, se muestran en las tablas N° 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. En la tabla N° 4.5 y 4.6 se muestran los resultados del procesamiento para la variable independiente.

Gráfico N° 4.1: Selección del usuario y envío de solicitud

The screenshot shows a software interface with a yellow background for the main content and a blue sidebar on the right. The main content is titled "Información del Usuario" and contains several fields and buttons. The fields are: "Vivienda" with a value of 2, "N° de Usuario" with 680 23795, "Lectura Actual" with 0 and date 22/02/2016, "Lectura Anterior" with 0 and date 00/00/2000, and "RECIBO :" with S/. 4.80 and date 22/02/2016. There is also a "Dato Guardado" icon. The sidebar contains two buttons: "Solicitud Enviada" with a yellow oval icon and "Solicita Datos" with a red oval icon containing a green arrow and the text "Tx\_Solicitud".

Información del Usuario		
Vivienda	2	Dato Guardado
N° de Usuario	680 23795	
Lectura Actual	0	22/02/2016
Lectura Anterior	0	00/00/2000
RECIBO :	S/. 4.80	22/02/2016

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.1: Resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el medidor 1

07/12/2015			Medidor digital A102C de energía eléctrica monofásico (Número de Usuario: 68023694)			
N°			1	2	3	4
Pruebas	Hora	Items	¿En el circuito del medidor remoto, el módulo de RF NRF24L01+ en su antena recibe la señal transmitida desde la estación central, luego lo demodula en GFSK y lo envía en protocolo SPI al PIC?	¿ El PIC18F2550 recepciona una trama de 8 bytes: primero el caracter "D", 4 bytes del número de usuario y 3 bytes de la fecha actual?	¿ El PIC compara el número de usuario, si son iguales, lee automáticamente el consumo de energía eléctrica vía el puerto IrDA?	¿Se transmite a la estación central: Caracter "w", seguido de 3 bytes del consumo de energía eléctrica acumulado, que fue leído por el puerto IrDA?
1	09:00:00	Si	✓			
		No				
2	09:02:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
3	09:04:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
4	09:06:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
5	09:08:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
6	09:10:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
7	09:12:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
8	09:14:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
9	09:16:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
10	09:18:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
11	09:20:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
12	09:22:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
13	09:24:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
14	09:26:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
15	09:28:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
16	09:30:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
17	09:32:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
18	09:34:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
19	09:36:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
20	09:38:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
21	09:40:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
22	09:42:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
23	09:44:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
24	09:46:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
25	09:48:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				

Fuente: Propia de la investigadora



Tabla N° 4.2: Resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el medidor 2

07/12/2015			Medidor digital A102C de energía eléctrica monofásico (Número de Usuario: 68023736)			
N°			5	6	7	8
Pruebas	Hora	Ítems	¿En el circuito del medidor remoto, el módulo de RF NRF24L01+ en su antena recibe la señal transmitida desde la estación central, luego lo demodula en GFSK y lo envía en protocolo SPI al PIC?	¿ El PIC18F2550 recepciona una trama de 8 bytes: primero el caracter "D", 4 bytes del número de usuario y 3 bytes de la fecha actual?	¿ El PIC compara el número de usuario, si son iguales, lee automáticamente el consumo de energía eléctrica vía el puerto IrDA?	¿ Se transmite a la estación central: Caracter "w", seguido de 3 bytes del consumo de energía eléctrica acumulado, que fue leído por el puerto IrDA?
		Si				
1	10:00:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
2	10:02:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
3	10:04:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
4	10:06:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
5	10:08:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
6	10:10:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
7	10:12:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
8	10:14:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
9	10:16:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
10	10:18:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
11	10:20:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
12	10:22:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
13	10:24:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
14	10:26:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
15	10:28:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
16	10:30:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
17	10:32:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
18	10:34:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
19	10:36:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
20	10:38:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
21	10:40:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
22	10:42:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
23	10:44:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
24	10:46:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
25	10:48:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				

Fuente: Propia de la investigadora



Tabla N° 4.3: Resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el medidor 3

08/12/2015			Medidor digital A102C de energía eléctrica monofásico (Número de Usuario:68023574)			
N°			9	10	11	12
Pruebas	Hora	Ítems	¿En el circuito del medidor remoto, el módulo de RF NRF24L01+ en su antena recibe la señal transmitida desde la estación central, luego lo demodula en GFSK y lo envía en protocolo SPI al PIC?	¿ El PIC18F2550 recepciona una trama de 8 bytes: primero el caracter "D", 4 bytes del número de usuario y 3 bytes de la fecha actual?	¿ El PIC compara el número de usuario, si son iguales, lee automáticamente el consumo de energía eléctrica vía el puerto IrDA?	¿Se transmite a la estación central: Caracter "w", seguido de 3 bytes del consumo de energía eléctrica acumulado, que fue leído por el puerto IrDA?
		Si				
1	09:00:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
2	09:02:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
3	09:04:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
4	09:06:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
5	09:08:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
6	09:10:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
7	09:12:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
8	09:14:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
9	09:16:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
10	09:18:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
11	09:20:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
12	09:22:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
13	09:24:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
14	09:26:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
15	09:28:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
16	09:30:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
17	09:32:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
18	09:34:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
19	09:36:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
20	09:38:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
21	09:40:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
22	09:42:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
23	09:44:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
24	09:46:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
25	09:48:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.4: Resultados obtenidos de las pruebas experimentales en el medidor 4

08/12/2015			Medidor digital A102C de energía eléctrica monofásico (Número de Usuario: 68023656)			
N°			13	14	15	16
Pruebas	Hora	Items	¿En el circuito del medidor remoto, el módulo de RF NRF24L01+ en su antena recibe la señal transmitida desde la estación central, luego lo demodula en GFSK y lo envía en protocolo SPI al PIC?	¿ El PIC18F2550 recepciona una trama de 8 bytes: primero el caracter "D", 4 bytes del número de usuario y 3 bytes de la fecha actual?	¿ El PIC compara el número de usuario, si son iguales, lee automáticamente el consumo de energía eléctrica via el puerto IrDA?	¿Se transmite a la estación central: Caracter "w", seguido de 3 bytes del consumo de energía eléctrica acumulado, que fue leído por el puerto IrDA?
1	10:00:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
2	10:02:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
3	10:04:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
4	10:06:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
5	10:08:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
6	10:10:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
7	10:12:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
8	10:14:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
9	10:16:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
10	10:18:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
11	10:20:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
12	10:22:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
13	10:24:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
14	10:26:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
15	10:28:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
16	10:30:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
17	10:32:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
18	10:34:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
19	10:36:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
20	10:38:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
21	10:40:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
22	10:42:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
23	10:44:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
24	10:46:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				
25	10:48:00	Si	✓	✓	✓	✓
		No				

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.5: Procesamiento de datos para la variable independiente: Consumo de energía eléctrica

Ítems	Pruebas																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
2	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
3	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
4	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
5	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
6	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
7	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
8	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
9	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
11	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
12	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
13	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
14	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
15	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
16	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.6: Resultados luego del procesamiento de los datos de la variable independiente: Consumo de energía eléctrica.

Resultados	Pruebas																									Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
Si	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	
No	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Promedio	0.9375	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9975
Efectividad	93.75%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	99.75%

Fuente: Propia de la investigadora

### **Procesamiento y presentación de resultados de la variable dependiente**

Para la adquisición de los datos de la variable dependiente: Exactitud en el registro y facturación de la energía eléctrica, se sigue de la siguiente manera: Estando en funcionamiento todo el sistema primero se elige la vivienda, luego se hace clic en el icono solicitud de datos, se enciende el led amarillo, lo que indica que fue enviada la solicitud transmitiendo el número de usuario y la fecha actual, y se espera la recepción de los datos sobre el consumo de energía eléctrica acumulado a la fecha del usuario seleccionado, y la facturación respectiva del consumo.

Para la variable dependiente, se realizaron 20 experimentos de 154 pruebas para cada medidor, se observó que en diversas pruebas hubo error y no se pudo completar la prueba, debido a la mala conexión y otros. Se corrigió el error y se prosiguió con las pruebas. Los datos obtenidos se muestran desde la tabla N° 4.7 a la tabla N° 4.22.

#### **4.2. Análisis de Resultados**

Para iniciar la investigación se ha aplicado la llamada pre-prueba a la variable dependiente: Exactitud en el registro y facturación de la energía eléctrica, revisando los antecedentes de los reclamos realizados por los usuarios, respecto a la mala facturación que ha realizado la empresa Electrocentro S.A. prestadora del servicio de energía eléctrica en el Barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en la provincia del mismo nombre.

Al revisar las facturas de los usuarios se presentaron 2 reclamos respecto a la mala facturación, concluyendo que se debe a un error humano, por no anotar el valor correcto del consumo, debido a que en la factura figura un valor diferente al que señala la pantalla LCD del medidor monofásico domiciliario

#### **4.3. Prueba de hipótesis**

En probabilidad y estadística, la distribución t de Student es una distribución de probabilidad que surge del problema de estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño. Normalmente menor de 30 experimentos.

Tabla N° 4.7: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023694

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023694	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
1	11/12/2015	852.1	852	852	0.00	0.00
2	11/12/2015	852.1	852	852	0.00	0.00
3	11/12/2015	852.1	852	852	0.00	0.00
4	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
5	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
6	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
7	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
8	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
9	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
10	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
11	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
12	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
13	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
14	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
15	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
16	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
17	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
18	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
19	11/12/2015	852.1	852	852	4.78	4.80
20	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
21	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
22	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
23	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
24	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
25	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
26	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
27	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
28	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
29	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
30	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
31	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
32	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
33	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
34	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
35	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
36	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
37	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
38	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80
39	11/12/2015	852.2	852	852	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.8: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023694 (continuación1)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023694	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
40	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
41	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
42	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
43	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
44	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
45	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
46	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
47	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
48	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
49	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
50	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
51	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
52	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
53	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
54	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
55	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
56	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
57	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
58	11/12/2015	852.3	852	852	4.78	4.80
59	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
60	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
61	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
62	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
63	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
64	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
65	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
66	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
67	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
68	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
69	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
70	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
71	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
72	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
73	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
74	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
75	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
76	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
77	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80
78	11/12/2015	852.4	852	852	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.9: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023694 (continuación2)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023694	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
79	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
80	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
81	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
82	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
83	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
84	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
85	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
86	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
87	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
88	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
89	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
90	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
91	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
92	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
93	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
94	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
95	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
96	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
97	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
98	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
99	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
100	11/12/2015	852.5	852	852	4.78	4.80
101	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
102	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
103	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
104	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
105	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
106	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
107	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
108	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
109	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
110	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
111	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
112	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
113	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
114	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
115	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
116	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80
117	11/12/2015	852.6	852	852	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.10: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023694 (continuación3)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023694	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
118	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
119	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
120	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
121	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
122	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
123	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
124	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
125	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
126	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
127	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
128	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
129	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
130	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
131	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
132	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
133	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
134	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
135	11/12/2015	852.7	852	852	4.78	4.80
136	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
137	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
138	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
139	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
140	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
141	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
142	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
143	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
144	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
145	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
146	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
147	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
148	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
149	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
150	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
151	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
152	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
153	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80
154	11/12/2015	852.8	852	852	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora



Tabla N° 4.11: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023736

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023736	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
1	12/12/2015	630.1	630	630	0.00	0.00
2	12/12/2015	630.1	630	630	0.00	0.00
3	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
4	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
5	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
6	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
7	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
8	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
9	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
10	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
11	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
12	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
13	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
14	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
15	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
16	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
17	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
18	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
19	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
20	12/12/2015	630.1	630	630	4.78	4.80
21	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
22	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
23	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
24	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
25	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
26	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
27	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
28	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
29	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
30	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
31	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
32	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
33	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
34	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
35	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
36	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
37	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
38	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80
39	12/12/2015	630.2	630	630	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.12: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023736 (continuación1)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023736	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
40	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
41	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
42	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
43	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
44	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
45	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
46	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
47	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
48	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
49	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
50	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
51	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
52	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
53	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
54	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
55	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
56	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
57	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
58	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
59	12/12/2015	630.3	630	630	4.78	4.80
60	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
61	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
62	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
63	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
64	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
65	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
66	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
67	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
68	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
69	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
70	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
71	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
72	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
73	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
74	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
75	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
76	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
77	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80
78	12/12/2015	630.4	630	630	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.13: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023736 (continuación2)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023736	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
79	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
80	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
81	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
82	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
83	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
84	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
85	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
86	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
87	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
88	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
89	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
90	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
91	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
92	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
93	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
94	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
95	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
96	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
97	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
98	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
99	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
100	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
101	12/12/2015	630.5	630	630	4.78	4.80
102	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
103	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
104	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
105	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
106	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
107	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
108	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
109	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
110	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
111	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
112	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
113	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
114	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
115	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
116	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80
117	12/12/2015	630.6	630	630	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.14: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023736 (continuación3)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023736	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
118	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
119	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
120	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
121	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
122	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
123	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
124	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
125	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
126	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
127	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
128	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
129	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
130	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
131	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
132	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
133	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
134	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
135	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
136	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
137	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
138	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
139	12/12/2015	630.7	630	630	4.78	4.80
140	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
141	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
142	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
143	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
144	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
145	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
146	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
147	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
148	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
149	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
150	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
151	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
152	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
153	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80
154	12/12/2015	630.8	630	630	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.15: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023574

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023574	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
1	13/12/2015	232.2	232	232	0.00	0.00
2	13/12/2015	232.2	232	232	0.00	0.00
3	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
4	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
5	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
6	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
7	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
8	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
9	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
10	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
11	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
12	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
13	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
14	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
15	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
16	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
17	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
18	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
19	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
20	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
21	13/12/2015	232.2	232	232	4.78	4.80
22	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
23	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
24	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
25	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
26	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
27	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
28	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
29	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
30	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
31	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
32	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
33	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
34	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
35	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
36	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
37	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
38	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80
39	13/12/2015	232.3	232	232	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.16: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023574 (continuación1)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023574	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
40	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
41	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
42	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
43	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
44	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
45	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
46	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
47	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
48	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
49	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
50	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
51	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
52	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
53	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
54	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
55	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
56	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
57	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
58	13/12/2015	232.4	232	232	4.78	4.80
59	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
60	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
61	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
62	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
63	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
64	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
65	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
66	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
67	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
68	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
69	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
70	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
71	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
72	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
73	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
74	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
75	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
76	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
77	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80
78	13/12/2015	232.5	232	232	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.17: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023574 (continuación2)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023574	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
79	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
80	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
81	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
82	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
83	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
84	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
85	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
86	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
87	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
88	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
89	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
90	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
91	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
92	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
93	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
94	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
95	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
96	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
97	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
98	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
99	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
100	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
101	13/12/2015	232.6	232	232	4.78	4.80
102	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
103	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
104	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
105	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
106	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
107	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
108	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
109	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
110	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
111	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
112	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
113	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
114	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
115	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
116	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80
117	13/12/2015	232.7	232	232	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.18: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023574 (continuación3)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023574	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
118	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
119	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
120	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
121	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
122	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
123	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
124	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
125	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
126	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
127	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
128	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
129	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
130	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
131	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
132	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
133	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
134	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
135	13/12/2015	232.8	232	232	4.78	4.80
136	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
137	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
138	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
139	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
140	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
141	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
142	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
143	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
144	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
145	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
146	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
147	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
148	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
149	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
150	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
151	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
152	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
153	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80
154	13/12/2015	232.9	232	232	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora



Tabla N° 4.19: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023656

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023656	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
1	14/12/2015	6399.0	6399	6399	0.00	0.00
2	14/12/2015	6399.0	6399	6399	0.00	0.00
3	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
4	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
5	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
6	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
7	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
8	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
9	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
10	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
11	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
12	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
13	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
14	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
15	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
16	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
17	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
18	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
19	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
20	14/12/2015	6399.0	6399	6399	4.78	4.80
21	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
22	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
23	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
24	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
25	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
26	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
27	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
28	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
29	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
30	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
31	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
32	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
33	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
34	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
35	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
36	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
37	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
38	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80
39	14/12/2015	6399.1	6399	6399	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.20: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023656 (continuación1)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023656	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
40	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
41	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
42	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
43	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
44	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
45	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
46	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
47	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
48	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
49	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
50	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
51	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
52	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
53	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
54	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
55	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
56	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
57	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
58	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
59	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
60	14/12/2015	6399.2	6399	6399	4.78	4.80
61	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
62	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
63	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
64	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
65	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
66	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
67	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
68	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
69	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
70	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
71	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
72	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
73	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
74	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
75	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
76	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
77	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80
78	14/12/2015	6399.3	6399	6399	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.21: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023656 (continuación2)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023656	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
79	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
80	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
81	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
82	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
83	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
84	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
85	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
86	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
87	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
88	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
89	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
90	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
91	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
92	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
93	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
94	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
95	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
96	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
97	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
98	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
99	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
100	14/12/2015	6399.4	6399	6399	4.78	4.80
101	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
102	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
103	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
104	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
105	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
106	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
107	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
108	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
109	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
110	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
111	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
112	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
113	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
114	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
115	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
116	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80
117	14/12/2015	6399.5	6399	6399	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

Tabla N° 4.22: Lecturas en una misma fecha del consumo de energía, adquiridas remotamente del medidor 68023656 (continuación3)

Prueba	Fecha	Consumo en KWh, en el medidor del usuario 68023656	Lectura actual adquirido remotamente	Lectura anterior adquirido remotamente	Facturación realizado con los datos adquiridos	Total recibo a pagar
118	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
119	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
120	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
121	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
122	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
123	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
124	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
125	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
126	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
127	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
128	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
129	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
130	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
131	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
132	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
133	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
134	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
135	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
136	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
137	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
138	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
139	14/12/2015	6399.6	6399	6399	4.78	4.80
140	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
141	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
142	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
143	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
144	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
145	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
146	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
147	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
148	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
149	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
150	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
151	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
152	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
153	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80
154	14/12/2015	6399.7	6399	6399	4.78	4.80

Fuente: Propia de la investigadora

La estadística de prueba que es:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

Donde:

$\bar{x}$  : Media de la muestra.

$\mu$  : Media de la población.

s: Desviación estándar muestral.

n: Representa el número de experimentos realizados en los 4 medidores digitales.

Para el caso de investigación se realizaron 20 experimentos de 154 pruebas con los 4 medidores.

Tabla N° 4.23: Resultados del experimento de adquisición del consumo

Experimento	Efectividad %	Experimento	Efectividad %
1	98.05	11	100.00
2	98.70	12	100.00
3	98.70	13	100.00
4	98.70	14	99.35
5	100.00	15	100.00
6	99.35	16	100.00
7	100.00	17	99.35
8	100.00	18	100.00
9	99.35	19	100.00
10	99.35	20	100.00

Media	99.55
Desviacion	0.6002

Fuente: Propia de la investigadora

Hipótesis:

H<sub>0</sub>: El sistema electrónico de comunicación remoto mejora la exactitud qué lectura el consumo de la energía eléctrica a menor de 99% en su registro y facturación de los medidores los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.

H<sub>1</sub>: El sistema electrónico de comunicación remoto mejora la exactitud qué lectura el consumo de la energía eléctrica a mayor de 99% en su registro y facturación de los medidores los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.

Sabiendo que se tiene  $\mu=99.30\%$  de efectividad de los sistemas (0.7% de error).

Como la hipótesis alterna es unilateral,  $\alpha = 0.05$ , y utilizando la tabla del anexo C de la distribución "t" de Student con  $k=20$ , los grados de libertad será:  $g.l = k-1 = 20 - 1 = 19$ ; se establece la siguiente regla de decisión:

Si:  $p < 0.05$  Se rechaza  $H_0$

Si:  $p \geq 0.05$  No se rechaza  $H_0$

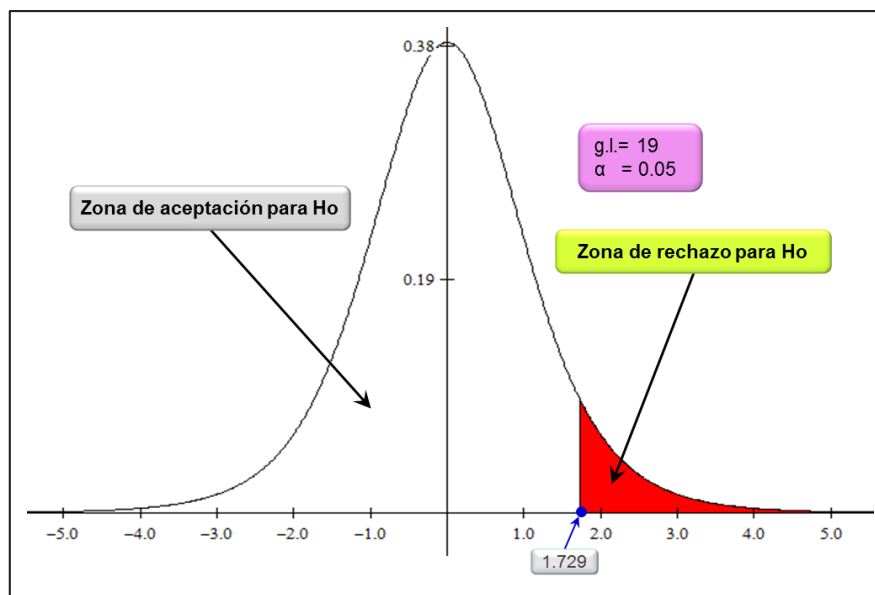
Además, se tiene la desviación estándar muestral  $s = 0.6002$ .

$$t_c = \frac{99.55 - 99.30}{0.6002/\sqrt{20}}, \quad t_c = \frac{0.25}{0.1342}$$
$$t_c = 1.8628$$

En la tabla del anexo C, se tiene que los valores de t que corresponden a la fila de 19 grados de libertad. En dicha fila determinamos entre que valores se localiza el número 1.8628 y que probabilidades le corresponde respectivamente en una prueba de una cola. Se tiene que 1.8628 está entre los valores 1.729 y 2.093 y las probabilidades que le corresponde a una prueba de una cola son de 0.05 y 0.025 respectivamente, es decir:  $0.025 < p < 0.05$ .

**Decisión estadística:** Como  $p < 0.05$  rechazamos  $H_0$ . Por lo tanto, el programa desarrollado en LabVIEW 2014 interactúa y adquiere la medida del consumo de energía eléctrica domiciliaria con una exactitud mayor al 99%, para su facturación; lo cual equivale a un error menor que 1%.

Gráfico N° 4.2: La curva gaussiana, que muestra el valor crítico



Fuente: Propia de la investigadora

## CONCLUSIONES

1. El Diseño de un sistema remoto de lectura del consumo de energía eléctrica domiciliaria mejoro la exactitud a mayor del 99% su registro y facturación de los medidores electrónicos de usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca.
2. Se desarrolló y se describió el software y el hardware del módulo remoto que realiza la lectura del consumo de energía eléctrica de los medidores electrónicos de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca, los cuales con el sistema se llegó a mejorar la exactitud en la lectura y facturación de los medidores de energía eléctrica domiciliaria. Asi como también se Desarrolló y describió el software y el hardware de la estación central para que envié la señal de orden de lectura, reciba, almacene, procese, registra los datos del consumo de energía eléctrica y muestra la facturación virtual como se observó en la contrición del sistema.
3. El circuito diseñado de la estación central a cargo del microcontrolador PIC18F2550, realizo la comunicación alámbrica USB con la laptop, la comunicación inalámbrica vía RF con modulación y demodulación ASK; con lo cual se transmite: La solicitud codificada, enviando la letra “d” seguido de 4 bytes que corresponde al número del usuario del medidor monofásico y 3 bytes de fecha actual; se recibe: el carácter “w” seguido de 3 bytes que corresponde al consumo de energía eléctrica actual acumulado y la validación de la recepción.
4. El circuito del medidor remoto diseñado, se acoplo vía infrarrojo con el medidor A102C monofásico de Elster y realizo la lectura del consumo de energía eléctrica domiciliaria, vía el protocolo SIR de IrDA; protocolo que cubre las velocidades de transmisión soportadas por el puerto RS232 y es utilizado ampliamente en la lectura del consumo de energía eléctrica y otras aplicaciones.
5. Se aplicaron pruebas de 4 ítems (en momentos diferentes) a la variable independiente: consumo de energía eléctrica; se observó que en la prueba 1 del ítem 2 hubo error en la conexión de la fuente, falla que no depende de la adquisición de la medida del consumo de energía eléctrica, pero igualmente fue considerado en el análisis; obteniéndose una exactitud del 99.75% en la medición remota.
6. Para prueba de hipótesis se utilizó la “t” de Student, en nuestra investigación pretendemos demostrar que la medición remota del consumo de energía introduce un error menor que 1%. Al realizar esta prueba se obtuvo un valor  $p [0.5, 0.70] \geq \alpha [0.05]$ , por lo cual se acepta  $H_1$ . Por lo tanto: El sistema de medición remota, adquiere la medida del consumo de energía eléctrica domiciliaria, para su facturación correcta con error dentro de rango establecido.

## RECOMENDACIONES

1. Se puede utilizar otro microcontrolador de Microchip u otro microcontrolador de otros fabricantes como Intel, Atmel, Freescale, Zilog, etc.; que tengan implementado en silicio la comunicación USB y RS232 mínimamente; además cuenten con el entorno de desarrollo integrado de fácil acceso al usuario y que sea de bajo costo.
2. Es necesario adaptar una placa impresa con los componentes de recepción y fijarlos de tal manera que no se corte la comunicación IrDA y no haya algún objeto que interfiera en la comunicación.
3. Si es posible se debe trabajar con módulos de RF (Radio frecuencia) de mejores prestaciones, los cuales pueden ser configurados y probados con su propio software, como la tecnología Zigbee de los fabricantes Xbee, Microchip, Texas Instruments, entre otros.
4. El protocolo IrDA, como un protocolo de comunicación debe ser ampliamente difundido para ser utilizado en otras aplicaciones, por su simplicidad y contar con hardware adecuado y de bajo costo en el mercado.
5. En las pruebas a realizarse, se debe tener presente para la probabilidad de no acierto ( $q$ ), todas las situaciones posibles en que no se pudieran realizar los casos ciertos; en nuestro caso, corte de energía por: mantenimiento programado, falla de subestación, deuda y corto circuito.
6. Se debe utilizar el estadístico adecuado para realizar la prueba de hipótesis.
7. Para una futura mejora del sistema en cuanto a área de cobertura se recomienda tener una estación base por sector y a su vez conectarlo con la oficina central de la empresa prestadora de servicio de electricidad de la zona.
8. Las lecturas pueden ser automáticas con una programación en el temporizador del pic, de esa forma las tomas de lecturas serían autónomas.



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Aguayo, O., & Almadie, V. (2008). *Prototipo de Sistema de Medición de Energía Eléctrica Inalámbrico Basado en el Protocolo ZIGBEE*. Quito-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.
- Axelson, J. (2009). *USB COMPLETE THE DEVELOPER'S GUIDE* (7 ed.). Madison-USA: Lakeview Research LI. C.
- Bejarano, L., Mormontoy, W., & Tipacti, C. (2006). *Muestreo e Inferencia Estadística en Ciencias de la Salud* (1 ed.). Lima-Perú: Editorial Imprenta Unión.
- Castro, C., & Castro, E. (2012). *Diseño e implementación de un prototipo portátil para la medición digital del consumo de energía eléctrica y visualización del costo equivalente*. Bucaramanga-Colombia: Universidad Industrial de Santander.
- CIKA. (2010). *Topologías punto a punto punto a multipunto*. Recuperado el 20 de mayo de 2015, de <http://www.cika.com/newsletter/archives/pp1.pdf>
- Departamento de ingeniería eléctrica-UNS. (2010). *Técnicas de modulación digital pasabanda*. Recuperado el 20 de mayo de 2015, de [http://icd2763.ingelec.uns.edu.ar/TECD\\_aux/cvii.pdf](http://icd2763.ingelec.uns.edu.ar/TECD_aux/cvii.pdf)
- Electroelectro-distriluz. (2012). *Memoria\_Elcto*. Recuperado el 10 de julio de 2015, de [http://www.distriluz.com.pe/transp/ftp/elcto/transp2/Memoria\\_Elcto.pdf](http://www.distriluz.com.pe/transp/ftp/elcto/transp2/Memoria_Elcto.pdf)
- Electrocentro-distriluz. (2013). *Memoria\_2012*. Recuperado el 10 de julio de 2015, de [http://www.distriluz.com.pe/osinerg/ftp/elcto/Transp2/Memoria\\_2012.pdf](http://www.distriluz.com.pe/osinerg/ftp/elcto/Transp2/Memoria_2012.pdf)
- Electrocentro-distriluz. (2015). *Memoria\_Elcto*. Recuperado el 20 de julio de 2015, de [http://www.distriluz.com.pe/transp/ftp/elcto/transp3/Memoria\\_Elcto.pdf](http://www.distriluz.com.pe/transp/ftp/elcto/transp3/Memoria_Elcto.pdf)
- Elster Medidores S.A. (2012). *Catalogo Elster 2012*. Recuperado el 20 de junio de 2015, de [http://www.elster.com.ar/es/downloads/catalogo\\_Elster\\_2012.pdf](http://www.elster.com.ar/es/downloads/catalogo_Elster_2012.pdf)
- Enriquez, G. (2008). *MANUAL DE EQUIPOS ELÉCTRICOS* (Primera ed.). (G. N. Editores, Ed.) México: Editorial Limusa S.A. de CV.
- Espinosa, H. (2007). *Sistema de medición remota de energía eléctrica*. Oaxaca-México: Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Espinoza, C. (2014). *Metodología de la investigación tecnológica* (Segunda ed.). Huancayo, Perú.
- García, E. (2008). *COMPILADOR C CCS Y SIMULADOR PROTEUS PARA MICROCONTROLADORES PIC*. México: Alfaomega grupo editor S.A. de C.V.
- Geekfactory. (2014). *Módulo NRF24L01 con amplificador*. Recuperado el 20 de junio de 2015, de <http://www.geekfactory.mx/tienda/radiofrecuencia/modulo-nrf24l01-con-amplificador/>

- Kioskea. (2014). *Redes inalámbricas*. Recuperado el 20 de abril de 2015, de <http://es.kioskea.net/contents/818-redes-inalambricas>
- Mollocana, G., & Rubio, M. (2009). *Diseño y construcción de un prototipo de sistema de medición del consumo de energía eléctrica domiciliar mediante transmisión inalámbrica en la ciudad de Latacunga*. Latacunga-Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército, Sede Latacunga.
- Myslík, V. (2014). *Introducción a IrDA*. Recuperado el 20 de junio de 2015, de <http://hw-server.com/introduction-irda>
- Oseda, D., Chenet, M., Hurtado, D., Chavez, A., Patiño, A., y Oseda, M. (2015). *Metodología de la Investigación* (Quinta ed) Huancayo, Perú.
- Ordinola, M. (2009). *Diseño de un sistema de control del consumo de energía eléctrica en las comunidades campesinas*. Lima-Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Osinergmin. (2010). *DocTrabajo-24-GFE*. Recuperado el 15 de junio de 2015, de <http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFE/DocTrabajo-24-GFE.pdf>
- Valencia, V., & Michilena, J. (2007). *Diseño y construcción de un prototipo de adquisición de datos del consumo de energía eléctrica mediante equipos móviles con tecnología Bluetooth*. Quito-Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Wayne, T. (2004). *SISTEMAS DE COMUNICACIONES ELECTRÓNICAS* (Cuarta ed.). México: Pearson Educación de México, S.A. de C.V.

## ANEXO A

### FOTOS DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

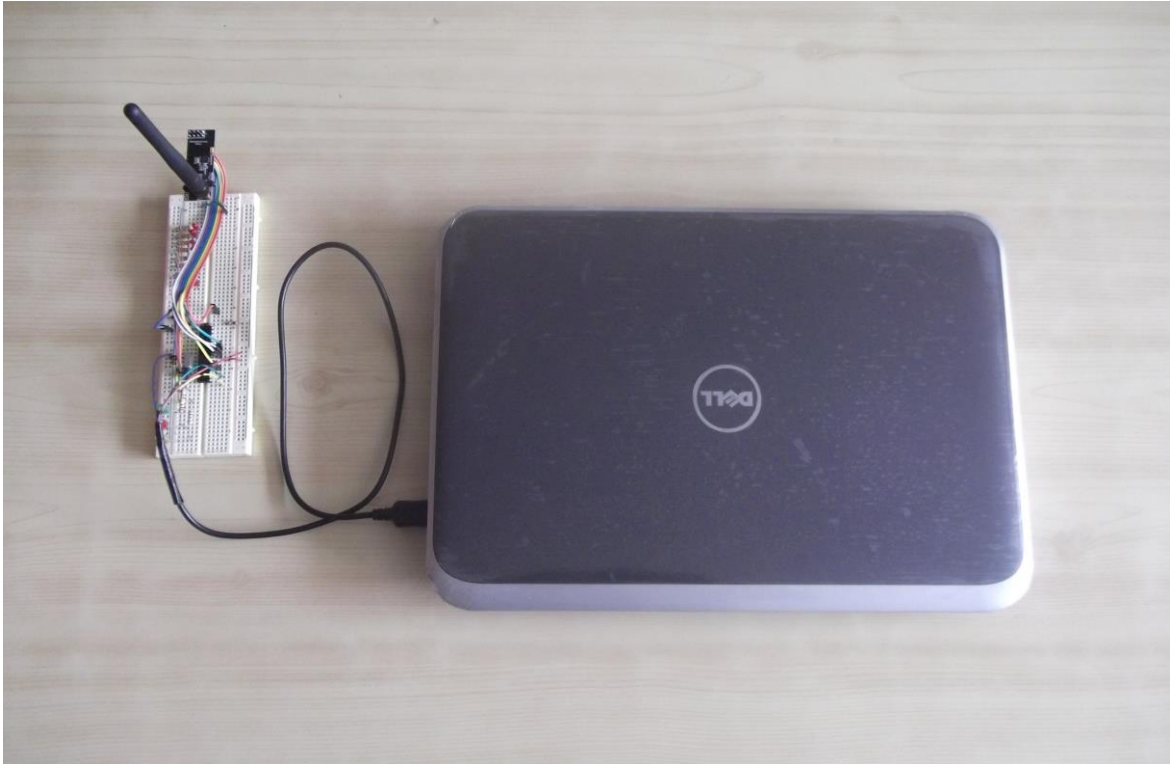


Foto 1 Elementos de la estación central



Foto 2 Elementos de los módulos del medidor remoto



Foto 3 Instalación de los medidores electrónicos por la investigadora



Foto 4 Los dos módulos del medidor remoto instalados





Foto 5 Pruebas de transmisión del consumo del medidor a la estación central

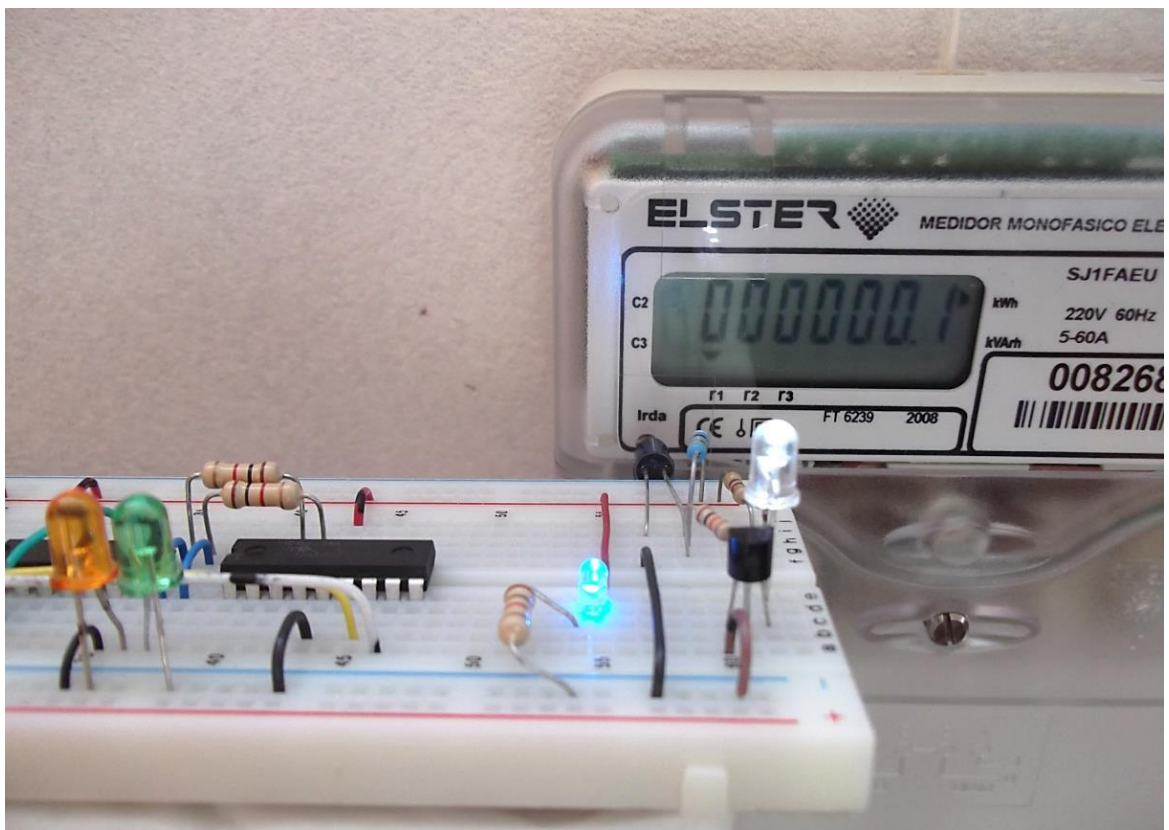


Foto 6 Realizando las pruebas de lectura del consumo por el puerto IrD



Foto 7 Pruebas con el medidor de energía eléctrica

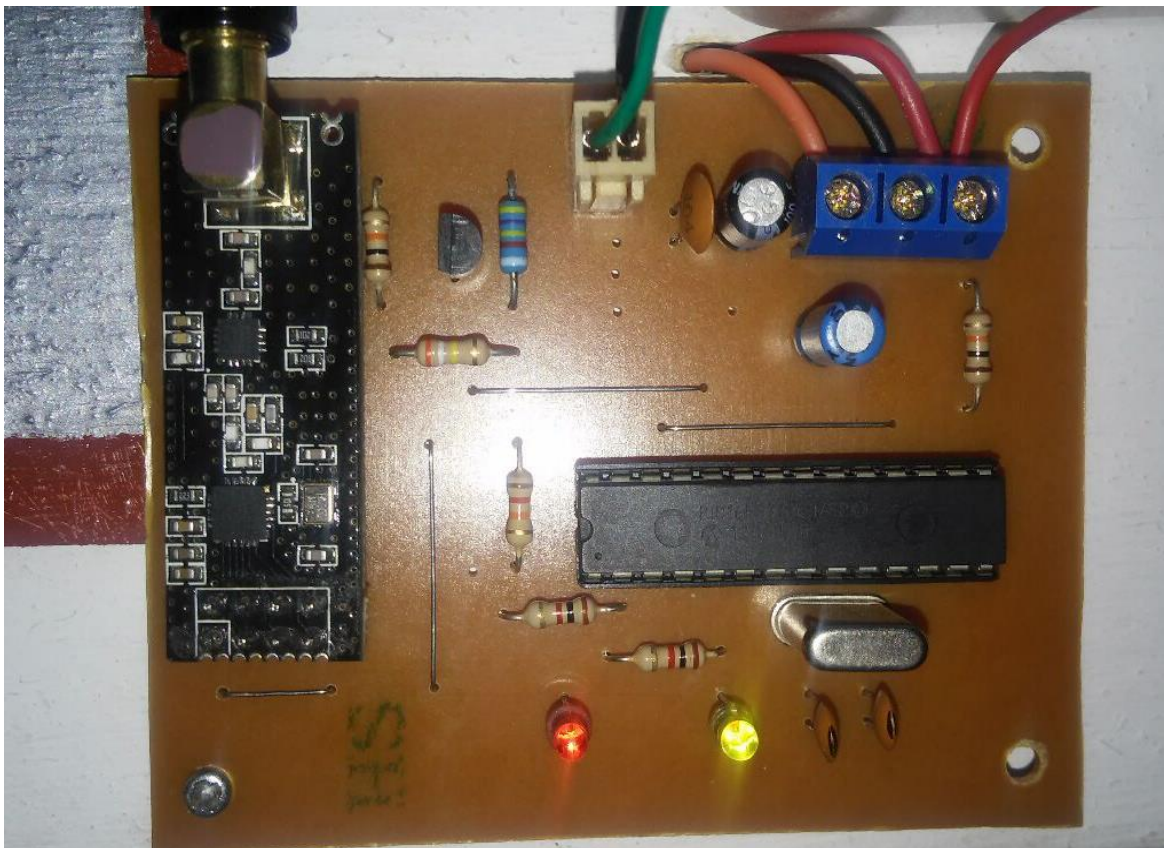


Foto 8 Placa impresa unidad de adquisición de datos



## ANEXO B

### MATRIZ CONSISTENCIA

**TESIS: “SISTEMA REMOTO QUE LECTURA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA, PARA MEJORAR LA EXACTITUD EN SU REGISTRO Y FACTURACIÓN, CHUPACA – 2015”**

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>	<b>Variable independiente</b>		<b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada-tecnológica.	<b>Observación</b>	<b>-Ficha de observación:</b> Fotos. Encuesta.
¿Qué sistema de comunicación electrónico, permite mejorar la exactitud que lectura el consumo de energía eléctrica domiciliar a mayor del 99% su registro y facturación de los medidores de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015?	Diseñar un sistema remoto que lectura el consumo de energía eléctrica domiciliar y mejorar la exactitud a mayor del 99% su registro y facturación de los medidores electrónicos de usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.	El sistema electrónico de comunicación remoto mejora la exactitud que lectura el consumo de la energía eléctrica a mayor de 99% en su registro y facturación de los medidores los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.	X1: Consumo de energía eléctrica	KWh	<b>Nivel de Investigación:</b> Explicativo.		<b>-Cámara video/fotográfica:</b> Fotos de actividades.
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicos</b>	<b>Variable dependiente</b>		<b>Diseño de la Investigación:</b> Experimental <b>Diseño específico:</b> es pre experimental con pre y post test	<b>Análisis Documental.</b>	<b>-Ficha de investigación:</b> Tesis anteriores <b>-Archivo electrónico:</b> Datos xlsx.
1 ¿Qué software y hardware requiere el módulo remoto para realizar la lectura de consumo de la energía eléctrica de los medidores electrónicos de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015?	Desarrollar y describir el software y el hardware del módulo remoto que realiza la lectura del consumo de energía eléctrica de los medidores electrónicos de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.	El software EnerSoft y el hardware RF NRF24L01 y el PIC18F2550 desarrollados garantizan la lectura del consumo de energía eléctrica de los medidores electrónicos de los usuarios del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.	Y: Exactitud en el registro y facturación de la energía eléctrica	<b>Población:</b> medidores digitales con comunicación IrDA de los usuarios.  <b>Muestra:</b> El número de muestras necesarias para el sistema es 26 medidores.	<b>M</b> O <sub>1</sub> O <sub>2</sub> ... O <sub>26</sub> X O <sub>27</sub> O <sub>28</sub> ... O <sub>52</sub> <b>M</b> = Es la muestra de investigación. <b>O<sub>1</sub> ... O<sub>26</sub></b> = Medición a la variable dependiente antes del experimento. <b>X</b> = Experimento (variable independiente) <b>O<sub>27</sub> ... O<sub>52</sub></b> = Medición a la variable dependiente después del experimento.		

2	¿Qué software y hardware requiere el módulo de la estación central, para que envíe la señal de orden de lectura, reciba, almacene, procese y registra los datos del consumo de energía eléctrica y muestra la facturación virtual de cada usuario?	Desarrollar y describir el software y el hardware de la estación central para que envíe la señal de orden de lectura, reciba, almacene, procese y registra los datos del consumo de energía eléctrica y muestra la facturación virtual.	El software y el hardware, diseñados en la estación central son similares al módulo remoto, permiten enviar la orden de lectura, almacenar los datos recibidos del consumo de energía eléctrica, procesar, registrar y mostrar la facturación virtual de cada usuario del barrio Buenos Aires del distrito de Chupaca en el año 2015.				<b>Experimental</b>	<b>-Análisis matemático:</b> cálculos para obtener la lectura del medidor. <b>-Análisis electrónico:</b> Simulación con Proteus ISIS. <b>-Criterios de diseño:</b> Diagrama de flujo del programa, esquemas de circuitos electrónicos. <b>-Prueba de ensayo-error:</b> Pruebas
---	--	---	---	--	--	--	---------------------	---



# ANEXO C

## MANUAL TÉCNICO DEL MÓDULO DE RF NRF24L01



# nRF24L01+

## Single Chip 2.4GHz Transceiver

### Preliminary Product Specification v1.0

#### Key Features

- Worldwide 2.4GHz ISM band operation
- 250kbps, 1Mbps and 2Mbps on air data rates
- Ultra low power operation
- 11.3mA TX at 0dBm output power
- 13.5mA RX at 2Mbps air data rate
- 900nA in power down
- 26µA in standby-I
- On chip voltage regulator
- 1.9 to 3.6V supply range
- Enhanced ShockBurst™
- Automatic packet handling
- Auto packet transaction handling
- 6 data pipe MultiCeiver™
- Drop-in compatibility with nRF24L01
- On-air compatible in 250kbps and 1Mbps with nRF2401A, nRF2402, nRF24E1 and nRF24E2
- Low cost BOM
- ±60ppm 16MHz crystal
- 5V tolerant inputs
- Compact 20-pin 4x4mm QFN package

#### Applications

- Wireless PC Peripherals
- Mouse, keyboards and remotes
- 3-in-1 desktop bundles
- Advanced Media center remote controls
- VoIP headsets
- Game controllers
- Sports watches and sensors
- RF remote controls for consumer electronics
- Home and commercial automation
- Ultra low power sensor networks
- Active RFID
- Asset tracking systems
- Toys

## 1 Introduction

The nRF24L01+ is a single chip 2.4GHz transceiver with an embedded baseband protocol engine (Enhanced ShockBurst™), suitable for ultra low power wireless applications. The nRF24L01+ is designed for operation in the world wide ISM frequency band at 2.400 - 2.4835GHz.

To design a radio system with the nRF24L01+, you simply need an MCU (microcontroller) and a few external passive components.

You can operate and configure the nRF24L01+ through a Serial Peripheral Interface (SPI). The register map, which is accessible through the SPI, contains all configuration registers in the nRF24L01+ and is accessible in all operation modes of the chip.

The embedded baseband protocol engine (Enhanced ShockBurst™) is based on packet communication and supports various modes from manual operation to advanced autonomous protocol operation. Internal FIFOs ensure a smooth data flow between the radio front end and the system's MCU. Enhanced ShockBurst™ reduces system cost by handling all the high speed link layer operations.

The radio front end uses GFSK modulation. It has user configurable parameters like frequency channel, output power and air data rate. nRF24L01+ supports an air data rate of 250 kbps, 1 Mbps and 2Mbps. The high air data rate combined with two power saving modes make the nRF24L01+ very suitable for ultra low power designs.

### 1.1 Features

Features of the nRF24L01+ include:

- Radio
  - ▶ Worldwide 2.4GHz ISM band operation
  - ▶ 126 RF channels
  - ▶ Common RX and TX interface
  - ▶ GFSK modulation
  - ▶ 250kbps, 1 and 2Mbps air data rate
  - ▶ 1MHz non-overlapping channel spacing at 1Mbps
  - ▶ 2MHz non-overlapping channel spacing at 2Mbps
- Transmitter
  - ▶ Programmable output power: 0, -6, -12 or -18dBm
  - ▶ 11.3mA at 0dBm output power
- Receiver
  - ▶ Fast AGC for improved dynamic range
  - ▶ Integrated channel filters
  - ▶ 13.5mA at 2Mbps
  - ▶ -82dBm sensitivity at 2Mbps
  - ▶ -85dBm sensitivity at 1Mbps
  - ▶ -94dBm sensitivity at 250kbps
- RF Synthesizer
  - ▶ Fully integrated synthesizer
  - ▶ No external loop filter, VCO varactor diode or resonator
  - ▶ Accepts low cost  $\pm 60$ ppm 16MHz crystal
- Enhanced ShockBurst™
  - ▶ 1 to 32 bytes dynamic payload length
  - ▶ Automatic packet handling
  - ▶ Auto packet transaction handling
  - ▶ 6 data pipe MultiCeiver™ for 1:6 star networks
- Power Management
  - ▶ Integrated voltage regulator
  - ▶ 1.9 to 3.6V supply range
  - ▶ Idle modes with fast start-up times for advanced power management
  - ▶ 26 $\mu$ A Standby-I mode, 900nA power down mode
  - ▶ Max 1.5ms start-up from power down mode
  - ▶ Max 130 $\mu$ s start-up from standby-I mode

## 1.2 Block diagram

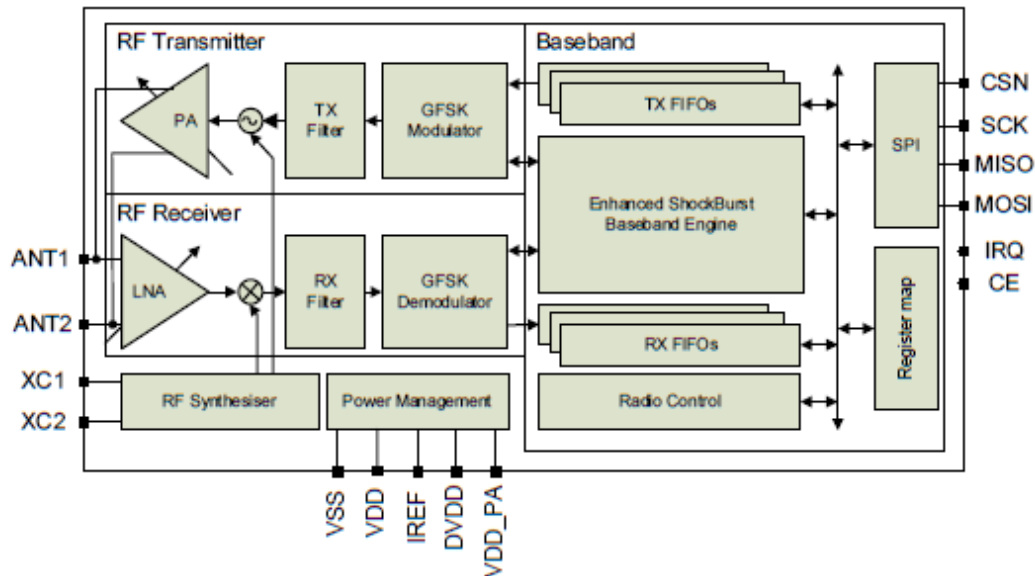


Figure 1. nRF24L01+ block diagram

## 2.2 Pin functions

Pin	Name	Pin function	Description
1	CE	Digital Input	Chip Enable Activates RX or TX mode
2	CSN	Digital Input	SPI Chip Select
3	SCK	Digital Input	SPI Clock
4	MOSI	Digital Input	SPI Slave Data Input
5	MISO	Digital Output	SPI Slave Data Output, with tri-state option
6	IRQ	Digital Output	Maskable interrupt pin. Active low
7	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
8	VSS	Power	Ground (0V)
9	XC2	Analog Output	Crystal Pin 2
10	XC1	Analog Input	Crystal Pin 1
11	VDD_PA	Power Output	Power Supply Output (+1.8V) for the internal nRF24L01+ Power Amplifier. Must be connected to ANT1 and ANT2 as shown in <a href="#">Figure 29</a> .
12	ANT1	RF	Antenna interface 1
13	ANT2	RF	Antenna interface 2
14	VSS	Power	Ground (0V)
15	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
16	IREF	Analog Input	Reference current. Connect a 22kΩ resistor to ground. See <a href="#">Figure 29</a> .
17	VSS	Power	Ground (0V)
18	VDD	Power	Power Supply (+1.9V - +3.6V DC)
19	DVDD	Power Output	Internal digital supply output for de-coupling purposes. See <a href="#">Figure 29</a> .
20	VSS	Power	Ground (0V)

Table 1. nRF24L01+ pin function

### 6.1.3.2 Standby-II mode

In standby-II mode extra dock buffers are active and more current is used compared to standby-I mode. nRF24L01+ enters standby-II mode if  $\overline{CE}$  is held high on a PTX device with an empty TX FIFO. If a new packet is uploaded to the TX FIFO, the PLL immediately starts and the packet is transmitted after the normal PLL settling delay (130 $\mu$ s).

Register values are maintained and the SPI can be activated during both standby modes. For start up times see [Table 16. on page 23](#).

### 6.1.4 RX mode

The RX mode is an active mode where the nRF24L01+ radio is used as a receiver. To enter this mode, the nRF24L01+ must have the `PWR_UP` bit, `PRIM_RX` bit and the  $\overline{CE}$  pin set high.

In RX mode the receiver demodulates the signals from the RF channel, constantly presenting the demodulated data to the baseband protocol engine. The baseband protocol engine constantly searches for a valid packet. If a valid packet is found (by a matching address and a valid CRC) the payload of the packet is presented in a vacant slot in the RX FIFOs. If the RX FIFOs are full, the received packet is discarded.

The nRF24L01+ remains in RX mode until the MCU configures it to standby-I mode or power down mode. However, if the automatic protocol features (Enhanced ShockBurst™) in the baseband protocol engine are enabled, the nRF24L01+ can enter other modes in order to execute the protocol.

In RX mode a Received Power Detector (RPD) signal is available. The RPD is a signal that is set high when a RF signal higher than -64 dBm is detected inside the receiving frequency channel. The internal RPD signal is filtered before presented to the `RPD` register. The RF signal must be present for at least 40 $\mu$ s before the `RPD` is set high. How to use the RPD is described in [Section 6.4 on page 24](#).

### 6.1.5 TX mode

The TX mode is an active mode for transmitting packets. To enter this mode, the nRF24L01+ must have the `PWR_UP` bit set high, `PRIM_RX` bit set low, a payload in the TX FIFO and a high pulse on the  $\overline{CE}$  for more than 10 $\mu$ s.

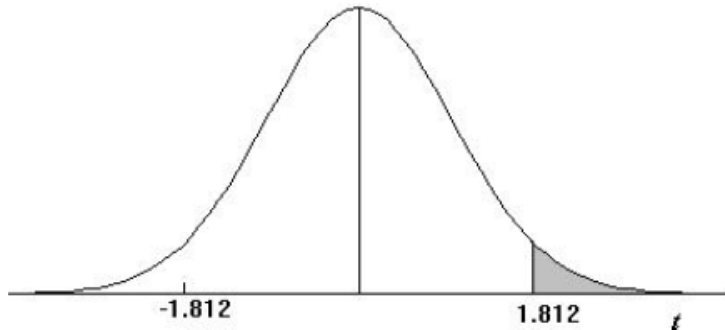
The nRF24L01+ stays in TX mode until it finishes transmitting a packet. If  $\overline{CE} = 0$ , nRF24L01+ returns to standby-I mode. If  $\overline{CE} = 1$ , the status of the TX FIFO determines the next action. If the TX FIFO is not empty the nRF24L01+ remains in TX mode and transmits the next packet. If the TX FIFO is empty the nRF24L01+ goes into standby-II mode. The nRF24L01+ transmitter PLL operates in open loop when in TX mode. It is important never to keep the nRF24L01+ in TX mode for more than 4ms at a time. If the Enhanced ShockBurst™ features are enabled, nRF24L01+ is never in TX mode longer than 4ms.



# ANEXO D

## TABLA DE DISTRIBUCIÓN T DE STUDENT

Puntos de porcentaje de la distribución t



**Ejemplo**

Para  $\phi = 10$  grados de libertad:

$$P[t > 1.812] = 0.05$$

$$P[t < -1.812] = 0.05$$

$\alpha$ r	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073
16	0,690	0,865	1,071	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	4,015
17	0,689	0,863	1,069	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,965
18	0,688	0,862	1,067	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,922
19	0,688	0,861	1,066	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,883
20	0,687	0,860	1,064	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,850
21	0,686	0,859	1,063	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,819
22	0,686	0,858	1,061	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,792
23	0,685	0,858	1,060	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,768
24	0,685	0,857	1,059	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,745
25	0,684	0,856	1,058	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,725
26	0,684	0,856	1,058	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,707
27	0,684	0,855	1,057	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,689
28	0,683	0,855	1,056	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,674
29	0,683	0,854	1,055	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,660
30	0,683	0,854	1,055	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,646
40	0,681	0,851	1,050	1,303	1,684	2,021	2,423	2,704	3,551
60	0,679	0,848	1,045	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,460
120	0,677	0,845	1,041	1,289	1,658	1,980	2,358	2,617	3,373
$\infty$	0,674	0,842	1,036	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,290

## ANEXO E

### CATÁLOGO DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN Y TESIS SUPERINTENDENCIA NACIONAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR UNIVERSITARIA "SUNEDU"

## RESUMEN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN TESIS

### I. DATOS GENERALES:

#### PRE GRADO

- **UNIVERSIDAD:** Universidad Alas Peruanas
- **CARRERA PROFESIONAL:** Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y telecomunicaciones.
- **TÍTULO DE LA TESIS:** "SISTEMA REMOTO QUE LECTURA EL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DOMICILIARIA, PARA MEJORAR LA EXACTITUD EN SU REGISTRO Y FACTURACIÓN, CHUPACA – 2015"
- **AUTOR:**
  - APELLIDOS Y NOMBRES:** Paredes Bastidas Malena.
  - DNI N°:** 45721439
- **GRADOS O TÍTULO PROFESIONAL A QUE CONDUCE:** Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones
- **AÑO DE APROBACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN:** 2016

### II. CONTENIDO DEL RESUMEN

- PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO
- MARCO TEÓRICO
- MATERIALES Y MÉTODOS
- RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFÍA

### III. ABSTRACT

- Proposal methodological
- Theoretical framework
- Materials and methods
- Results of investigation
- conclusions
- Bibliography

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**CCS** (abreviatura del Inglés, Custom Computer Service): Es una empresa conocida por su compilador para microcontroladores de Microchip, llamado CCS C.

**FSK** (modulación por desplazamiento de frecuencia, del inglés Frequency Shift Keying): Es una técnica de modulación para la transmisión digital de información utilizando dos o más frecuencias diferentes para cada símbolo. La señal moduladora solo varía entre dos valores de tensión discretos formando un tren de pulsos donde uno representa un "1" o "marca" y el otro representa el "0" o "espacio".

**GMSC** (abreviatura del Inglés, Gateway MSC).

**GMSK** (abreviatura del Inglés, Gaussian Minimum Shift Keyng).

**irDA**: Asociación de Datos Infra-rojos.

**ISI**: Son las siglas en inglés de Inter-Symbol Interference)

**ITU**: Abreviatura de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

**KWh**: Abreviatura de kilowatt-hora.

**LabVIEW** (abreviatura de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench): es una plataforma y entorno de desarrollo para diseñar sistemas, con un lenguaje de programación visual gráfico. Recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

**LAN** (significa Red de área local). Es un grupo de equipos que pertenecen a la misma organización y están conectados dentro de un área geográfica pequeña a través de una red, generalmente con la misma tecnología.

**MICROCONTROLADOR**: Circuito integrado programable que incluye un CPU, memoria de programa, memoria de datos, puertos de E/S, temporizadores, canales de comunicación, sistemas de interrupciones, sistemas de seguridad y un largo etcétera; todo en un solo chip.

**NTCSE**: Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.

**PROTEUS**: Es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por Labcenter Electronics que consta de los dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra.

**PSD**: Abreviatura del Inglés, Power Spectral Density.

**PSTN**: Red Telefónica Pública Conmutada, del Inglés Public Switched telephone.

**RF**: siglas de radio frecuencia.

**SMSC**: Abreviatura del Inglés, Short Message Service Center.

**TDMA** (abreviatura del Inglés, Time Division Multiplexing Access). Es una tecnología inalámbrica de segunda generación, que distribuye las unidades de información en ranuras alternas de tiempo, dando acceso múltiple a un número reducido de frecuencias. TDMA permite dar servicios de alta calidad de voz y datos.

**UART** (son las siglas en inglés de Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, en español: Transmisor-Receptor Asíncrono Universal): Es el dispositivo que controla los puertos y dispositivos serie. Se encuentra integrado en la placa base o en la tarjeta adaptadora del dispositivo.

**USB** (de Universal Serial Bus, abreviado comúnmente USB): Es un puerto que sirve para conectar periféricos a un ordenador. Fue creado en 1996 por siete empresas (que actualmente forman el consejo directivo): IBM, Intel, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC.