

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITOREO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CLÍNICA LA
ESTANCIA

ALEXANDER NARVÁEZ RODRÍGUEZ

POPAYÁN
UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
2010

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
MONITOREO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CLÍNICA LA
ESTANCIA

ALEXANDER NARVAEZ RODRIGUEZ

TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR
POR EL TÍTULO DE INGENIERO FÍSICO

DIRECTOR
ING. DIEGO BRAVO

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
2010

NOTA DE ACEPTACIÓN:

FIRMAS DEL JURADO

ING MARTHA

POPAYÁN, ()

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es dedicado con todo mi amor y cariño.....

A ti dios por darme la vida, la fe, la fortaleza, la salud y la esperanza para terminar este trabajo.

A mi pequeña sarita que es el angelito de mi vida, mi inspiración, motivación y mi razón de existir, y quien me prestó el tiempo que le pertenecía para terminar mi trabajo. A mi esposa con todo mi corazón, que es el pilar principal, mi concejera, mi apoyo, que con sacrificios y amor forma parte fundamental de este capítulo en mi vida gracias.

A mis padres con mucho mucho cariño y amor, por ser el instrumento de dios para mi vida, gracias por todos los excelentes valores y principios, gracias por enseñarme a luchar por mis metas, gracias por sus consejos y apoyos, gracias por la interminable paciencia, gracias... porque hoy, se ve reflejado todo su esfuerzo y dedicatoria, porque mi triunfo es de ustedes. los quiero.

A mi mejor Amiga, mi hermana y compañera que me a apoyado en momentos difíciles y que siempre está conmigo gracias por traer lindas energías a la familia. En especial mi sobrinito que me lleva a mi niñez y me alegra el corazón.

A mis abuelas mis tíos mis primos Quisiera nombrarlos a todos, en general a toda mi familia por el amor y cariño que siempre me han brindado.

A mis amigos que son como mis hermanos que hemos madurado juntos, conforme vamos creciendo y que siempre me han escuchado y apoyado, en especial a "P² MAC" pero sobre todo gracias por hacerme pasar momentos tan inolvidables.

De todo corazón agradezco al Señor Jorge Gómez gerente de la empresa Clínica la Estancia y al Departamento de Ingeniería Clínica e Infraestructura por permitirme realizar el trabajo y compartir con esta familia. A las ingenieras Yazmín Imbachi y Marta Salazar por todo el apoyo y confianza brindado.

ALEX

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de diversas tecnologías de sensores de corriente	14
Figura 3. Contador Tradicional	31
Figura 4. Bobina Rogowski.....	36
Figura 5. Consumo de Energía eléctrica de los últimos meses en la Clínica la Estancia	41
Figura 6. Grupos participantes del proyecto interno de La Clinica la Estancia	44
Figura 7. Fuente de energía de alimentación de tarjeta principal	48
Figura 8. Esquema general del sistema	49
Figura 9. Sensores de corriente y de voltaje acondicionados al nodo.	51
Figura 10. Sensor de corriente eléctrica empleado	52
Figura 11. Grafico correspondiente a los datos experimentales del sensor de corriente entregados por el fabricante.....	52
Figura 12. Circuito para la caracterización del sensor de corriente	53
Figura 13. Grafico correspondiente a los datos experimentales de la tabla 3.....	54
Figura 14. Relación obtenida de los datos de la caracterización del sensor de corriente	56
Figura 15 Sensor de voltaje empleado	57
Figura 16. Relación obtenida de los datos de la caracterización del sensor de voltaje.	58
Figura 17. Sistema de montaje de sensores de corriente y voltaje.....	59
Figura 18. Diagrama de divisor de voltaje e imágenes de la tarjeta implementada	60

Figura 19. Circuito de ajuste de la corriente	62
Figura 20. Diagrama de desfase entre las señales de voltaje y de corriente.....	63
Figura 21. Circuito de Amplificador para cruce por cero	64
Figura 22. Integrado LM 324N.....	64
Figura 23. Diagrama del algoritmo implementado en el PIC	67
Figura 244. Esquema general del protocolo de comunicación.....	69
Figura 25. Circuito etapa de transmisión	70
Figura 26. Circuito de etapa de recepción.....	71
Figura 27. Diagrama de algoritmo implementado en labview	71
Figura 28. Rutina de la señal de tiempo de desfase.....	73
Figura 29. Interfaz grafica en LabView para la adquisición de datos variables eléctricas.....	76
Figura 30. Perfil de voltaje en banco de sangre clínica la estancia	80
Figura 31. Perfil de corriente en banco de sangre clínica la estancia	83
Figura 32. Factores de potencia en banco de sangre clínica la estancia.....	85
Figura 33. Grafica de Potencia Aparente Vs tiempo.....	88
Figura 34. Grafica Potencia Reactiva Vs Tiempo	88
Figura 35. Grafica Potencia activa Vs tiempo	89

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de diversas tecnologías de sensores de corriente.....	37
Tabla 2. Relación de beneficios, intereses y expectativas del proyecto para las partes Involucradas.	45
Tabla 3. Datos de la caracterización del sensor con una carga de 98.7 ohmios	54
Tabla 4. Datos de caracterización del sensor de corriente con una carga de 99.6 ohmios	55
Tabla 5. Datos de caracterización del sensor de voltaje	57
Tabla 6. Datos de Voltaje en las tres fases y su valor total.....	79
Tabla 7. Datos de corriente de las tres fases y el total	82
Tabla 8. Datos de factor de potencia obtenidos por el sistema	84
Tabla 9. Datos de potencia (Aparente, Reactiva, Activa) obtenidos por el sistema.....	87

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se enmarca en el ámbito ingenieril de control y desarrollo electrónico, diseñando un sistema en calidad de prototipo capaz de monitorear el consumo de energía en tiempo real de una forma mas confiable y precisa. Además de contribuir a la Clínica la Estancia en el estudio de la modernización de la subestación eléctrica.

A través de los tiempos el hombre se ha valido de múltiples servicios que le han proporcionado confort a su subsistencia, tal es el caso de la energía eléctrica que ha tenido un PAPEL preponderante en el DESARROLLO de la SOCIEDAD porque permite el avance de la tecnología en la vida moderna, y a su vez ésta ofrece equipos cada vez más sofisticados demandando mayor cantidad de energía.

Estos adelantos han hecho que el consumo de energía eléctrica en las grandes ciudades haya tenido un aumento paulatino en los últimos años, caracterizándose principalmente en que la sociedad moderna es creciente y altamente tecnificada y continúa en la búsqueda de la comodidad, el desarrollo y el crecimiento en todos los aspectos: La ciencia, las medicinas, el trabajo, el hogar, etc. Esto se constituye en un factor bastante preocupante hoy en día, ya que es vital para la sociedad moderna, porque representa la sangre que hace mover los brazos de la tecnología y el desarrollo del mundo. Y es donde se debe poner de manifiesto la necesidad de reflexionar y pensar en no malgastar el uso de la energía eléctrica.

La Energía eléctrica debe apostar a un criterio de integración, disminución de costos, mejoramiento de las condiciones y calidad de vida para las comunidades, garantizar a estas el acceso e inclusión de nuevas tecnologías para evolucionar como una sociedad del conocimiento y la información, y contribuir al mejoramiento de los procesos en el sector productivo, agroambiental, salud, educación, transporte y telecomunicaciones; con el objetivo de mejorar la competitividad Regional y acceder con mayor eficacia a los mercados del orden nacional e internacional con mayores oportunidades para el desarrollo cultural, económico y social¹.

Teniendo en cuenta que los costos de energía son uno de los mayores gastos de administración en los negocios, surge la necesidad de tener un sistema que compare el consumo real con el reportado por la empresa prestadora del servicio en cada factura y de esta manera detectar fallas a tiempo de los medidores para evitar pagos innecesarios.

El primer paso para llevar a cabo un programa de uso racional de energía eléctrica es conocer variables físicas que la afectan e identificar dentro de las instalaciones de una planta física los nodos de mayor consumo. En ocasiones no conocer el comportamiento del sistema eléctrico impide detectar una falla, cuando esta se presenta en los dispositivos eléctricos (electrodomésticos, equipos médicos, etc.).

La Clínica la Estancia de la ciudad de Popayán es una institución que presta los servicios de salud a la comunidad de la región, el compromiso con el cuidado y la

¹ AYALA, U.; MILLAN, J.. "La sostenibilidad de las reformas del sector eléctrico en América Latina – Las reformas en Colombia". *Banco Interamericano de Desarrollo*, Mayo. (2002).

| ² Portafolio de Servicios de La Clínica La Estancia 2007

recuperación de la salud de sus usuarios ha garantizado el cumplimiento de los derechos y deberes, ha propiciado el desarrollo del conocimiento científico, la vocación de servicio, la docencia y la investigación². La satisfacción de los clientes de manera integral, es una política de calidad que lo han hecho cumplir pausadamente, contando con personal competente, tecnología e infraestructura adecuada, pero este logro ha generado en la Clínica un alto consumo de energía eléctrica debido al gran número de equipos médicos y administrativos que esta nueva institución maneja en una sola planta física.

El área de mantenimiento es un ente interno de la institución que ha sido formado como un canal de comunicación y como soporte técnico e ingenieril para las áreas de: urgencias adultos y pediátrica, cirugía, Consulta externa, Imagenología, laboratorio, hospitalización adultos y pediátrico, hematología, uci adultos, uci neonatos, área administración, lavandería y equipos apoyo. Además, tiene como objetivos principales generar planes de mantenimiento preventivo y correctivo con un excelente equipo humano que garantiza la confiabilidad de sus desarrollos profesionales³.

Crear el prototipo del sistema de monitoreo dentro de la institución, dio lugar a un análisis específico del comportamiento de la energía eléctrica en un sector de estudio; esto se convirtió en una herramienta indispensable y un aporte para la ejecución del propósito que tiene la clínica la estancia en la construcción y modernización de la subestación eléctrica.

³ Manual Interno de La Clínica la Estancia 2007

La estructura de este documento en capítulos viene dada por: un capítulo dedicado a la Energía, variable de estudio del proyecto, donde se detalla su origen, las variables físicas que la rodean y las diferentes formas medibles que se utilizan en la actualidad.

Un segundo capítulo, para información del consumo de energía de la Clínica la Estancia y la factibilidad técnica y financiera del proyecto

En el capítulo tercero se describe el sistema de monitoreo de energía eléctrica implementado en la Clínica la estancia.

En el capítulo cuarto se analizan los resultados obtenidos en el proyecto. Finalmente se hacen algunas recomendaciones y se detallan las conclusiones del proyecto en el capítulo 5.

1. ENERGÍA ELÉCTRICA

Cada vez que se acciona un interruptor, se cierra un circuito eléctrico y se genera el movimiento de electrones a través del cable conductor. Las cargas que se desplazan forman parte de los átomos de la sustancia del cable, que suele ser metálica, ya que los metales—al disponer de mayor cantidad de electrones libres que otras sustancias— son los mejores conductores de la electricidad. La mayor parte de la energía eléctrica que se consume en la vida diaria proviene de la red eléctrica tomada de los enchufes, a través de los que llega la energía suministrada por las compañías eléctricas a los distintos aparatos eléctricos — lavadoras, radio, televisor, equipos médicos etcétera— que se desea utilizar, mediante las correspondientes transformaciones.⁴

La energía eléctrica es un fenómeno físico originado por cargas eléctricas estáticas o en movimiento y por su interacción, cuando una carga se encuentra en reposo produce fuerzas sobre otras situadas en su entorno, si la carga se desplaza produce también fuerzas magnéticas. Esta se manifiesta como corriente eléctrica, que es el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable

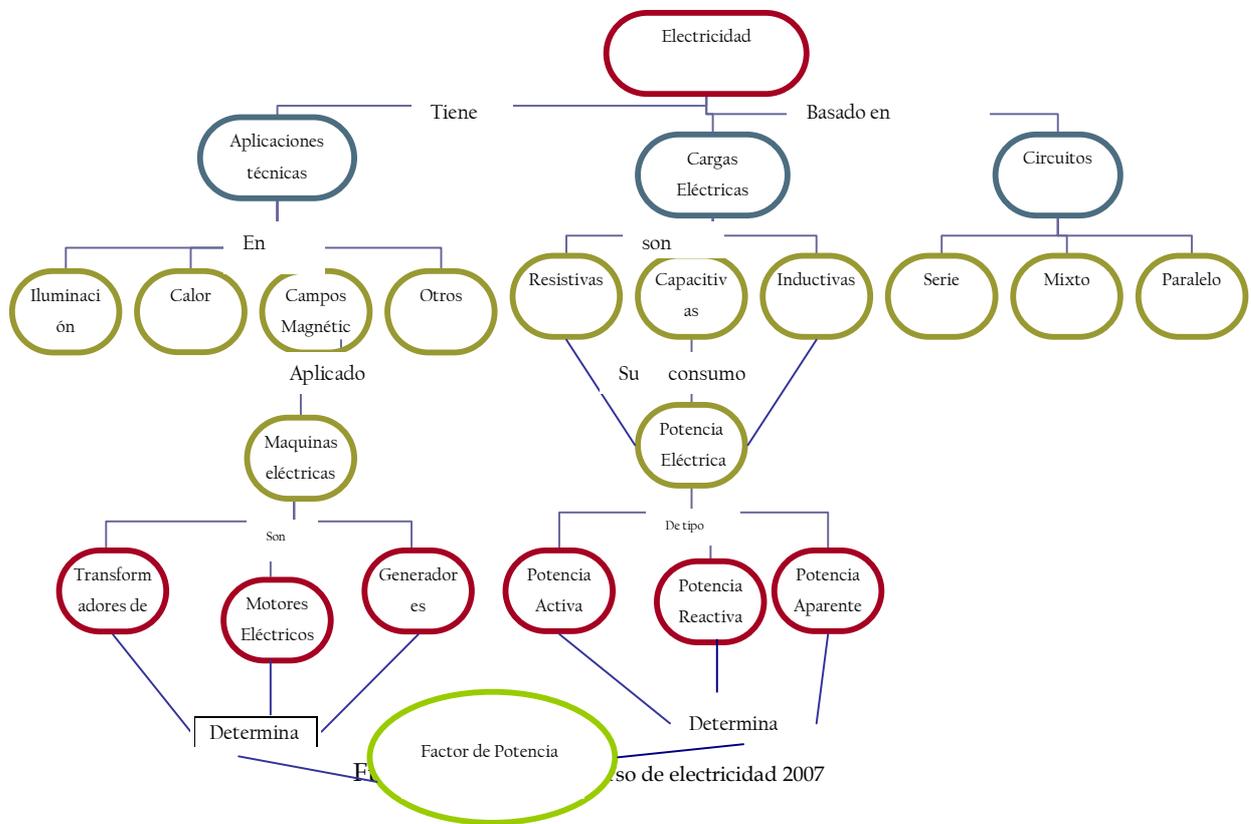
⁴ “Diferentes conceptos y teoría sobre la energía eléctrica”, disponibles en http://es.wikipedia.org/wiki/energia_electrica

conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos.

La energía eléctrica se lleva a cabo mediante técnicas muy diferentes. Las que suministran las mayores cantidades y potencias de electricidad aprovechan un movimiento rotatorio para generar corriente continua en una dinamo o corriente alterna en un alternador. El movimiento rotatorio resulta a su vez de una fuente de energía mecánica directa, como puede ser la corriente de un salto de agua o la producida por el viento, o de un ciclo termodinámico.

En el siguiente esquema (Figura 1) se describe en forma general las bases de la electricidad y sus aplicaciones. Dentro de las ramas mas importantes esta las aplicaciones técnicas, las cargas eléctricas y estas se basan en circuitos. En este proyecto se describen el proceso sobre las cargas eléctricas.

Figura 1. Comparación de diversas tecnologías de sensores de corriente



1.1. APLICACIONES TÉCNICAS

En el campo de la electricidad se derivan ciertas aplicaciones técnicas, como se muestra en la figura. Estas han sido de gran importancia para el desarrollo del proyecto ya que de ellas se derivan las maquinas eléctricas quienes son objeto de estudio para la implementación de este sistema. Se describirán a continuación para

tener una idea básica y clara de los conceptos técnicos que se manejan alrededor de ellas.

1.1.1. Iluminación.

La iluminación de los ambientes interiores como el de las Clínicas o centros de salud, tiene por objeto satisfacer las necesidades de crear un ambiente de trabajo seguro haciendo que los peligros sean claramente visibles, ayudar a realizar tareas visuales facilitando la visión de todos los detalles y crear ambientes visuales apropiados variando el énfasis de iluminación dado a los objetos y superficies existentes dentro del ambiente interior⁵.

La introducción de controles de iluminación automáticos, junto con la atenuación de altas frecuencias en las lámparas fluorescentes, ha permitido proporcionar a los ambientes interiores una combinación controlada de luz natural y luz artificial. A ello se añade la reducción de los costos energéticos. Sin embargo se debe medir su consumo para tener un control adecuado de esta aplicación.

1.1.2. Calor.

En física, el calor se define como *una energía en tránsito* entre dos cuerpos a distinta temperatura puestos en contacto directo a través de una pared diatérmica. El

⁵ Tutorial curso virtual: Electricidad. SENA VIRTUAL 2007

cuerpo a mayor temperatura se enfría, y el otro se calienta, hasta que ambos alcanzan una temperatura final igual, de equilibrio térmico. Este fenómeno se puede observar en diferentes equipos eléctricos usados en la Clínica la Estancia, lo que genera un gasto de energía por tanto un consumo de ella por la cual se debe regular constantemente. Generalmente, el calor es una forma de energía asociada al movimiento de los átomos, moléculas y otras partículas que forman la materia. El calor puede ser generado por reacciones químicas (como en la combustión), nucleares (como en la fusión nuclear de los átomos de hidrógeno que tienen lugar en el interior del sol), disipación electromagnética (como en los hornos de microondas) o por disipación mecánica (fricción). Su concepto está ligado al principio cero de la termodinámica, según el cual dos cuerpos en contacto intercambian energía hasta que su temperatura se equilibra.

1.1.3. CAMPO MAGNÉTICO.

El campo magnético es una región del espacio en la que una carga eléctrica puntual que, desplazándose a una velocidad \vec{v} , sufre una fuerza perpendicular y proporcional a la velocidad y a una propiedad del campo, llamada inducción magnética, en ese punto.

La existencia de un campo magnético se pone en evidencia por la propiedad localizada en el espacio de orientar un magnetómetro (laminilla de acero imantado que puede girar libremente). La aguja de una brújula, que pone en evidencia la

existencia del campo magnético terrestre, puede ser considerada un magnetómetro.

Del campo magnético depende en gran medida la creación de las máquinas eléctricas, a continuación se describe este ítem, según esquema y la clasificación de ellas⁶.

Maquinas Eléctricas

Una máquina eléctrica es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en otra energía, o bien, en energía eléctrica pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético. Se clasifican en tres grandes grupos: generadores, motores y transformadores.

Los generadores transforman energía mecánica en eléctrica, y lo inverso sucede en los motores. El motor se puede clasificar en motor de corriente continua o motor de corriente alterna. Los transformadores y convertidores conservan la forma de la energía pero transforman sus características.

Una máquina eléctrica tiene un circuito magnético y dos circuitos eléctricos. Normalmente uno de los circuitos eléctricos se llama excitación, porque al ser recorrido por una corriente eléctrica produce las amperevueltas necesarias para crear el flujo establecido en el conjunto de la máquina.

⁶ http://www.hiru.com/es/fisika/fisika_03000.html

Debido a que en el proyecto se tiene como eje principal el funcionamiento de un transformador de voltaje para obtener el parámetro físico indispensable para del sistema, se describirá en el siguiente ítem su funcionamiento.

Transformadores de Voltaje

Se denomina transformador a una máquina electromagnética que permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal, esto es, sin pérdidas, es igual a la que se obtiene a la salida.

Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc. Si suponemos un equipo ideal y consideramos, simplificando, la potencia como el producto del voltaje o tensión por la intensidad, ésta debe permanecer constante (ya que la potencia a la entrada tiene que ser igual a la potencia a la salida).

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios según correspondan a la tensión alta o baja, respectivamente. También existen transformadores con más devanados, en este caso puede existir un devanado "terciario", de menor tensión que el secundario.

Esta particularidad tiene su utilidad para el transporte de energía eléctrica a larga distancia, al poder efectuarse el transporte a altas tensiones y pequeñas intensidades y por tanto pequeñas pérdidas. Así, si el número de espiras (vueltas) del secundario es 100 veces mayor que el del primario, si aplicamos una tensión alterna de 230 Voltios en el primario, obtendremos 23000 Voltios en el secundario (una relación 100 veces superior, como lo es la relación de espiras). A la relación entre el número de vueltas o espiras del primario y las del secundario se le llama relación de vueltas del transformador o relación de transformación.

Ahora bien, como la potencia aplicada en el primario, en caso de un transformador ideal, debe ser igual a la obtenida en el secundario, el producto de la fuerza electromotriz por la intensidad (potencia) debe ser constante, con lo que en el caso del ejemplo, si la intensidad circulante por el primario es de 10 Amperios, la del secundario será de solo 0,1 amperios (una centésima parte).

Motores Eléctricos

Un motor es una máquina capaz de transformar la energía almacenada en combustibles, baterías u otras fuentes en energía mecánica capaz de realizar un trabajo. En los automóviles este efecto es una fuerza que produce el movimiento del vehículo.

En los aerogeneradores, las centrales hidroeléctricas o los reactores nuclear es

también se transforma algún tipo de energía en otro. Sin embargo, la palabra *motor* se reserva para los casos en los cuales el resultado inmediato es energía mecánica.

Generadores

Un generador eléctrico es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrico entre dos de sus puntos, llamados polos, terminales o bornes. Los generadores eléctricos son máquinas destinadas a transformar la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si mecánicamente se produce un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generara una fuerza electromotriz (F.E.M.)

1.2. CARGAS ELÉCTRICAS⁷

El fenómeno eléctrico se explica por la existencia de una propiedad intrínseca de la materia denominada carga eléctrica. Esta cualidad existe en dos clases distintas,

⁷ Eric W. Weisstein (2007). *CHARGE* (en inglés). Consultado el 12/02/2008.

que se denominan **cargas positivas y negativas**. Las cargas eléctricas de la misma clase o signo se repelen mutuamente y las de signo distinto se atraen.

En realidad, la carga eléctrica de un cuerpo u objeto es la suma de las cargas de cada uno de sus constituyentes mínimos: moléculas, átomos y partículas elementales. Por ello se dice que la carga eléctrica está **cuantizada**. Además, las cargas se pueden mover o intercambiar, pero sin que se produzcan cambios en su cantidad total (**ley de conservación de la carga**).

La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos siendo, a su vez, generadora de ellos. La interacción entre carga y campo eléctrico es la fuente de una de las cuatro interacciones fundamentales, la interacción electromagnética.

1.2.1 CARGAS RESISTIVAS. Tales cargas son referidas como si tuvieran una resistencia eléctrica designada con la letra R y expresada en Ohm (W). Las cargas resistivas pueden encontrarse en equipos como lámparas incandescentes, planchas y estufas eléctricas, en donde la energía que requieren para funcionar es transformada en energía lumínica o energía calorífica, en cuyo caso el factor de potencia toma el valor de 1.0.

1.2.2 CARGAS CAPACITIVAS. Las cargas capacitivas se presentan en los capacitores y se caracterizan porque la corriente se haya adelantada respecto del voltaje 90 grados eléctricos

En un circuito puramente capacitivo, no existe consumo de energía aún si hay corriente circulando. Las cargas capacitivas generan potencia reactiva expresada en **volts-ampers reactivos (VAR)**.

1.2.3 *CARGAS INDUCTIVAS*. Las cargas inductivas son encontradas en cualquier lugar donde haya bobinados involucrados, por ejemplo en los equipos del tipo electromecánicos como los motores, balastos, transformadores, entre otros; además de consumir potencia activa, requieren potencia reactiva para su propio funcionamiento, por lo cual trabajan con un factor de potencia menor a 1.0. Precisamente las cargas inductivas, son el origen del bajo factor de potencia. En un circuito puramente inductivo la corriente no está en fase con el voltaje ya que va *retrasada* en 90 grados eléctricos.

Por el conocimiento y el manejo de estas tres cargas se puede identificar la causa de un alto consumo de energía que en gran parte se le atribuyen a las cargas inductivas y capacitivas ya que acumulan trabajo que al final es energía perdida. El consumo de estas cargas es lo que finalmente definen potencia eléctrica.

1.3. POTENCIA ELÉCTRICA

En un circuito eléctrico de corriente alterna se pueden llegar a encontrar tres tipos de potencias eléctricas diferentes:

- Potencia activa (**P**) (resistiva)
- Potencia reactiva (**Q**) (inductiva)
- Potencia aparente (**S**) (total)

Potencia activa o resistiva (P)

Cuando conectamos una resistencia (**R**) o carga resistiva en un circuito de corriente alterna, el trabajo útil que genera dicha carga determinará la potencia activa que tendrá que proporcionar la fuente de fuerza electromotriz (**FEM**). La potencia activa se representa por medio de la letra (**P**) y su unidad de medida es el watt (**W**).

Se encuentra aplicando la siguiente fórmula, para un circuito monofásico de corriente alterna:

$$P=V*I \text{ COS } \Phi$$

De donde:

P = Potencia de consumo eléctrico, expresada en watt (**W**)

I = Intensidad de la corriente que fluye por el circuito, en ampere (**A**)

Cos Φ = Valor del factor de potencia

(En los dispositivos que poseen solamente carga resistiva, el factor de potencia es siempre igual a "1", mientras que en los que poseen carga inductiva ese valor será siempre menor de "1").

Potencia reactiva o inductiva (Q)

Esta potencia la consumen los circuitos de corriente alterna que tienen conectadas cargas reactivas, como pueden ser motores, transformadores de voltaje y cualquier otro dispositivo similar que posea bobinas o enrollados. Esos dispositivos no sólo consumen la potencia activa que suministra la fuente de **FEM**, sino también potencia reactiva.

La potencia reactiva o inductiva no proporciona ningún tipo de trabajo útil, pero los dispositivos que poseen enrollados de alambre de cobre, requieren ese tipo de potencia para poder producir el campo magnético con el cual funcionan. La unidad de medida de la potencia reactiva es el **volt-ampere reactivo (VAR)**

La fórmula matemática es la siguiente:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

De donde:

Q = Valor de la carga reactiva o inductiva, en volt-ampere reactivo (**VAR**)

S = Valor de la potencia aparente o total, expresada en volt-ampere (**VA**)

P = Valor de la potencia activa o resistiva, expresada en watt (**W**)

Potencia aparente o total (S)

La potencia aparente (**S**), llamada también "potencia total", es el resultado de la suma geométrica de las potencias activa y reactiva. Esta potencia es la que realmente suministra una planta eléctrica cuando se encuentra funcionando al vacío, es decir, sin ningún tipo de carga conectada, mientras que la potencia que consumen las cargas conectadas al circuito eléctrico es potencia activa (**P**).

La potencia aparente se representa con la letra "**S**" y su unidad de medida es el volt-ampere (**VA**). La fórmula matemática para hallar el valor de este tipo de potencia es la siguiente:

$$S=V.I$$

Donde:

S = Potencia aparente o total, expresada en volt-ampere (**VA**)

V = Voltaje de la corriente, expresado en volt

I = Intensidad de la corriente eléctrica, expresada en ampere (**A**)

La potencia activa es la que proporciona realmente el eje de un motor eléctrico cuando le está transmitiendo su fuerza a otro dispositivo mecánico para hacerlo funcionar.

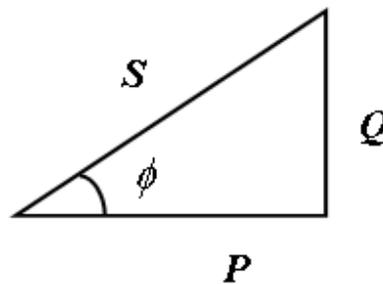
La cifra que se obtiene de la operación matemática de hallar el valor de la potencia

aparente (**S**) que desarrolla un dispositivo será siempre superior a la que corresponde a la potencia activa (**P**), porque al realizar esa operación matemática no se está tomando en cuenta el valor del factor de potencia o coseno de "fi" (**cos φ**).

1.4. FACTOR DE POTENCIA

El llamado triángulo de potencias es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de "fi" (**cos φ**) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.

Figura 2. Triangulo de Potencias



$$\text{f.d.p.} = P/S$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

$$\text{f.d.p.} = \cos \varphi$$

Como se podrá observar en el triángulo de la ilustración, el factor de potencia (**Cos** φ) representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (**P**) y la potencia aparente (**S**), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Esta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{COS}\varphi = \frac{P}{S}$$

El resultado de esta operación será "1" o un número fraccionario menor que "1" en dependencia del factor de potencia que le corresponde a cada equipo o dispositivo en específico. Ese número responde al valor de la función trigonométrica "coseno", equivalente a los grados del ángulo que se forma entre las potencias (**P**) y (**S**).

Si el número que se obtiene como resultado de la operación matemática es un decimal menor que "1" (como por ejemplo 0,95), dicho número representará el factor de potencia correspondiente al desfase en grados existente entre la intensidad de la corriente eléctrica y la tensión o voltaje en el circuito de corriente alterna.

Lo ideal sería que el resultado fuera siempre igual a "1", pues así habría una mejor optimización y aprovechamiento del consumo de energía eléctrica, o sea, habría menos pérdida de energía no aprovechada y una mayor eficiencia de trabajo en los generadores que producen esa energía.

En los circuitos de resistencia activa, el factor de potencia siempre es "1", porque como ya vimos anteriormente en ese caso no existe desfase entre la intensidad de la corriente y la tensión o voltaje. Pero en los circuitos inductivos, como ocurre con los motores, transformadores de voltaje y la mayoría de los dispositivos o aparatos que trabajan con algún tipo de enrollado o bobina, el valor del factor de potencia se muestra con una fracción decimal menor que "1" (como por ejemplo 0,8), lo que indica el retraso o desfase que produce la carga inductiva en la sinusoide correspondiente a la intensidad de la corriente con respecto a la sinusoide de la tensión o voltaje. Por tanto, un motor de corriente alterna con un factor de potencia o $\text{Cos } \Phi = 0,95$, por ejemplo, será mucho más eficiente que otro que posea un $\text{Cos } \Phi = 0,85$.

1.5. SISTEMAS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La medición de la energía eléctrica que se efectúa mediante medidores o contadores (Figura 3), resulta de interés para calcular la cantidad de energía que la compañía suministradora debe facturar a los consumidores. También se utilizan para conocer la cantidad de energía a través de las redes de distribución que no son traducidas precisamente en trabajo útil o electromecánico por la falta de compensación de cargas reactivas.

Años atrás la comercialización de la energía eléctrica se efectuaba de manera más simple porque se facturaba en función de la unidad de energía vigente (Ah, Wh, KWh), método que aun se encuentra siendo utilizado en la ciudad de Popayán. Sin

embargo con el permanente desarrollo industrial, y la consecuente búsqueda del abaratamiento de la producción, por parte de las fábricas, se ha hecho necesaria la aplicación de tarifas más complejas.

La empresa cuenta con un medidor electromecánico que factura en función de la unidad de energía vigente en la ciudad (Kwh.), el diseño de su estructura interna crea la posibilidad de que este medidor presente fallas; por tal razón se implementa el sistema de monitoreo electrónico en la Clínica la Estancia que tendrá como objetivo ser un complemento eficaz al departamento de mantenimiento en cuanto a la medida del consumo de energía eléctrica.

Uno de los factores importantes en la determinación de los costos de la energía no solo es la cantidad de maquinaria electromecánica instalada, si no también y desde el punto de vista eléctrico, el tipo de impedancia que en cada uno esta involucrada es decir si son resistivos puros, reactivas puras o combinación de ambas. Se debe tener en cuenta este factor variable ya que implica la toma de determinaciones cuando la energía reactiva es muy alta, lo que se pretende es compensarla para rebajar el costo de la factura.

Figura 3. Contador Tradicional



Fuente:

Es importante comprender que la economía de la producción de la energía eléctrica depende de su modo de utilización, y este a su vez de múltiples factores. Dichos factores dieron origen a la creación de gran variedad de medidores de energía, los cuales realizan un proceso de tarifado que obliga al consumidor a ajustar sus instalaciones y su equipamiento, como también los horarios mas convenientes de su funcionamiento, de tal manera que la compañía productora trabaje con el mayor rendimiento de sus instalaciones de distribución. De esta manera, la energía eléctrica puede ser ofrecida a menores costos.

Históricamente, la medición de energía eléctrica consumida por un determinado usuario fue y sigue siendo realizada en muchos casos, con el medidor electromecánico o instrumento electrodinámico. No obstante en la actualidad esta siendo reemplazado lentamente por dispositivos electrónicos que ofrecen mayor

seguridad, eficiencia y flexibilidad para la medición de diferentes parámetros, y no solamente de energía. Estos equipos poseen memoria no volátil para almacenar datos referidos al comportamiento del sistema, que permiten realizar un seguimiento del mismo.

Para poder distinguir los medidores en cuanto a su propósito se los puede agrupar de la manera siguiente⁸:

- 1) Considerando el sistema de la red a través de la cual se utiliza la energía, *medidores monofásicos y trifásicos*
- 2) Considerando el tipo de receptor cuyo funcionamiento influye en la tarifa: *medidores de energía activa, reactiva o aparente.*
- 3) Considerando el horario de utilización y la máxima carga de corta duración: *medidores de tarifa múltiple y de demanda máxima*

A pesar del constante desarrollo que han tenido los medidores electromecánicos en las últimas décadas, los medidores electrónicos o de estado sólido están abarcando el mercado porque no solo realizan la misma función que los anteriores, si no que no cuentan con partes móviles o electromecánicas, evitando el error por desgastes y deformaciones. Tienen más prestaciones porque miden energía activa, reactiva y aparente, la demanda máxima, doble y multi tarifa. Miden la tensión de línea, la corriente que está circulando, el factor de potencia, y otras características de la red, que determinan un parámetro global denominado calidad de la energía.

Actualmente hay gran variedad de ese tipo de medidores, cada uno con características diferentes, que permiten cubrir prácticamente todas las necesidades en cuanto a medición paramétrica se refiere.

1.6. SENSORES DE CORRIENTE

Existen 4 tipos que se diferencian entre ellos en la forma que tienen de detectar la corriente eléctrica, puesto que ésta en cada tipo de sensores tiene una función distinta.

1.6.1. INDUCTIVOS. Transformadores de corriente. Consta de un núcleo magnético, con un bobinado en el secundario, por donde se hace pasar el cable del que se quiere medir la corriente induciendo así una corriente en el núcleo que se manifiesta como una tensión en el secundario, ésta tensión es Proporcional a la corriente que circula por el cable. Los transformadores de corriente proporcionan además de la medida un aislamiento galvánico.

1.6.2. RESISTIVOS SHUNT. Se hace pasar la corriente por una resistencia y como la caída de tensión entre sus extremos es proporcional a ésta, podemos detectar variaciones de la misma mirando si se producen variaciones en la tensión. Las resistencias “shunt” proporcionan una medición precisa y directa de la corriente, pero no ofrecen ningún aislamiento galvánico. La aplicación típica de un shunt es para medir la corriente en la red eléctrica para calcular la potencia o para analizar la calidad de la red. También se utilizan para sensar la corriente en Un sistema de

control de motor por variación de frecuencia. Es importante seleccionar una resistencia “shunt” apropiada de sensor de corriente; debe tener un valor muy bajo de resistencia para minimizar la disipación de potencia, un valor bajo de inductancia y una tolerancia razonablemente pequeña para mantener una precisión global en el circuito.

Aunque al bajar el valor de la resistencia sensor de corriente, disminuye la disipación de potencia, también disminuye el voltaje de salida a fondo de escala aplicado⁹. Si la resistencia sensor es demasiado pequeña, el "offset" de entrada se puede hacer porcentualmente grande a fondo de escala. Estas dos consideraciones contradictorias tienen, por lo tanto, que ser sopesadas unas contra las otras en la selección de la resistencia apropiada para cada aplicación particular.

En general, hay que seleccionar el valor más bajo de la resistencia para que no impacte substancialmente a la precisión global del circuito. Localizada la resistencia sensor y colocando un amplificador operacional cerca de la misma, ayudará también a minimizar las interferencias electromagnéticas y mantener la precisión del circuito.

1.6.3. SENSOR DE EFECTO HALL. El efecto Hall consiste en la aparición de un CAMPO ELÉCTRICO en un conductor. Cuando es atravesado por un CAMPO MAGNÉTICO. A este campo eléctrico se le llama **campo Hall**. Este efecto fue descubierto en 1879 por el físico estadounidense EDWIN HERBERT HALL. Cuando por un material conductor o semiconductor, circula una corriente eléctrica, y estando este mismo material en el seno de un campo magnético, se comprueba que aparece una fuerza magnética en los portadores de carga que los reagrupa dentro del material, esto es,

los portadores de carga se desvían y agrupan a un lado del material conductor o semiconductor, apareciendo así un campo eléctrico perpendicular al campo magnético y al propio campo eléctrico generado por la batería. Este campo eléctrico es el denominado campo Hall (EH), y ligado a él aparece la tensión Hall, que se puede medir mediante el voltímetro.

Existen dos tipos principales de sensores de Efecto Hall, anillo abierto (open-loop) y anillo cerrado (closed-loop)¹⁰. El segundo ofrece mejor precisión y rangos dinámicos más amplios pero a un costo mayor, y la mayoría de los sensores de Efecto Hall que se encuentran en medidores de energía usan el diseño anillo abierto para lograr costos más bajos. El sensor de Efecto Hall tiene una excelente respuesta a la frecuencia y está capacitado para medir corrientes muy altas. Sin embargo, las desventajas incluyen un resultado con alta deriva por temperatura y la necesidad de circuitos externos de control. Estos, adicionados al relativo alto costo, hacen de los sensores de Efecto Hall algo raro comparados con los Transformadores de Corriente TC.

1.6.4 BOBINA ROGOWSKI. Un modelo sencillo de la bobina Rogowski es un inductor con inductancia mutua con la corriente primaria

Figura 4. Bobina Rogowski



La salida de voltaje de la bobina depende solamente de los cambios en la corriente primaria. Cuando se conecta a un circuito integrado con integrador digital incluido en el chip, hacer un medidor con una bobina Rogowski es tan sencillo como usar sensores de corriente como el TC o el shunt. La bobina con núcleo de aire no tiene histéresis, saturación, o problemas de no linealidad. Además, tiene una capacidad extraordinaria para manejar altas corrientes donde el límite superior teórico de la bobina es el voltaje de ruptura (breakdown) del mismo aire.

Dado que la salida de la bobina Rogowski es proporcional a la derivada del tiempo de la corriente, es necesario usar un integrador para convertirlo al formato $i(t)$. En el dominio de frecuencia, esto es equivalente a una atenuación de -20 dB/dec y un cambio constante de fase de -90° ¹¹. El beneficio adicional de la implementación digital es la mayor estabilidad durante los cambios en el tiempo y fenómenos ambientales. Esto es muy importante en las aplicaciones de medición de energía dadas las condiciones de operación hostiles durante la larga vida operacional del medidor.

Finalmente, los resultados experimentales de laboratorio según tabla 1, muestran una comparación amplia de las diversas tecnologías de los sensores de corriente según sus principales características.

Tabla 1. Comparación de diversas tecnologías de sensores de corriente

Tecnología del Sensor	Shunt de corriente	Transformador de Corriente	Sensor de Efecto Hall	Bobina Rogowski
costo	Muy bajo	Medio	Alto	Bajo
Linealidad en el rango de la medición	muy buena	buena	pobre	Muy buena
Capacidad de Medición de alta corriente	Muy Pobre	Buena	Buena	Muy buena
Consumo de Potencia Problema de saturación de Corriente DC	Alto no	Bajo si	Medio si	Bajo no
Variación de la salida con respecto a la Temperatura	Medio	Bajo	Alto	Muy Bajo
Problemas Offset de DC	Si	No	Si	No
Problema de Saturación e histeresis	No	Si	Si	No

Transformador De Corriente. El transformador de corriente (TC) usa el principio de un transformador para convertir la alta corriente primaria a una corriente secundaria más pequeña. El TC es común entre los medidores de energía de estado sólido de alta corriente. Es un aparato pasivo que no necesita circuitos adicionales de control. Adicionalmente, el TC puede medir corrientes muy altas y consumir poca potencia. Sin embargo, el material ferrítico usado en el núcleo se puede saturar cuando la corriente primaria es muy alta o cuando hay un componente

importante de DC en la corriente. Una vez magnetizado, el núcleo contendrá histéresis y su precisión se degradará a menos que éste se desmagnetice de nuevo.

2. PERFIL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CLÍNICA LA ESTANCIA

En la actualidad las organizaciones que son consumidoras de energía pueden desear ahorrar para reducir costos energéticos y promover sostenibilidad económica, política y ambiental. Las industrias y el sector comercial pueden aumentar su eficacia y maximizar así su beneficio, optimizando la cantidad de energía consumida, los productos y servicios finales obtenidos. Para poder lograrlo se debe implementar diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad.

Clínica la Estancia S.A es una clínica de tercer nivel apuntando a ser de cuarto para el año 2010, es de tipo privada ubicada en la ciudad de Popayán Cauca y está en continuo crecimiento y adquisición tecnológica, tendencia que previsiblemente hará aumentar el consumo de energía. Por la necesidad de incorporar una solución al problema y garantizar que la misma ofrezca un servicio óptimo con una minimización de costos, se debe crear estrategias oportunas, eficientes y eficaces para asegurar la continuidad del servicio eléctrico de una manera satisfactoria y beneficiosa. Es por eso que a través de este proyecto se plantearon algunas

soluciones tecnológicas, tomando como base los aportes Ingenieriles de la empresa en estudio y la empresa suministradora de energía, para las posibles mejoras de la infraestructura eléctrica.

En la empresa el suministro de energía es provisional y el consumo en costo de facturación es significativamente alto acompañado de riesgo eléctrico, riesgo en variación de voltajes para equipos médicos y en general, pueden ocasionar perdida de activos afectando la calidad para la atención del paciente y generando riesgo al cliente interno.

La adquisición de nuevos equipos electrónicos, mecánicos e industriales que requiere La Clínica La Estancia, en ocasiones deben funcionar con altos niveles de voltaje, esta característica es un factor principal para que se produzca un aumento considerable en el costo de este servicio. De igual manera, existe un mal uso del recurso eléctrico lo que implica que no toda la energía esta convirtiéndose en trabajo es decir, en energía útil y se presume la presencia de cortos circuitos en donde la energía se consume en forma de calor, que son de difícil y oportuna detección.

Se identifica que las principales cargas son las lavadoras, compresores, aires acondicionados, motobombas, equipos médicos, un equipo de resonancia magnética, computadores, iluminación, neveras, entre otros. El transformador de 30 KVa de 13200/453-262 V solo es para alimentar un equipo de resonancia magnética, el cableado para las motobombas no tiene ningún tipo de canalización o tubería para protegerlo de daños. En el último año los cobros por póliza fueron

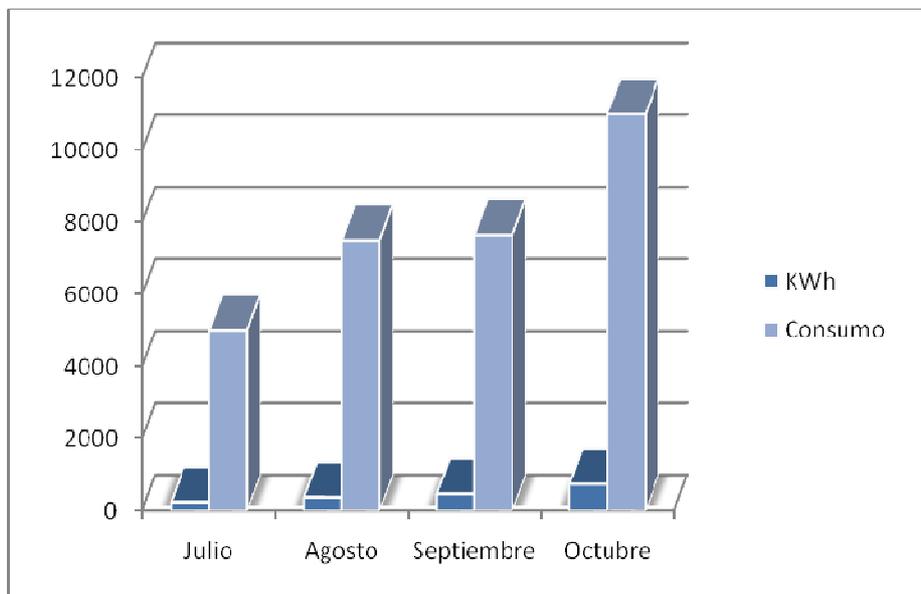
de casi 100 millones de pesos por fluctuaciones de la red que quemaron tarjetas electrónicas de equipo médicos.

Una ventaja de la infraestructura de la clínica se debe a que utiliza colores claros en las paredes y los techos, así se aprovecha mejor la iluminación natural. En varias oficinas, inclusive en cuartos vacíos se detectó que se dejan luces encendidas. En algunas partes de la clínica como en Sala Partos se utilizan bombillos fluorescentes compactos, en otras como Unidad de Cuidado Intensivo usan bombillos comunes (“incandescentes”) que sólo convierten en luz un 5% de la energía eléctrica que consumen, el 95% restante lo transforman en calor.

No es necesario que los equipos electrónicos estén en funcionamiento todo el tiempo (la computadora, por ejemplo). Existen equipos que con el solo hecho de estar conectados a la corriente consumen energía, aunque estén apagados, en el caso de televisores, equipos de sonido y otros equipos que utilizan control remoto; que al estar apagados siguen consumiendo alrededor de un tercio de la energía que usan cuando están encendidos. Lo mismo sucede con los cargadores de teléfonos celulares, se deben desconectar cuando estén apagados.

En el siguiente gráfico (figura 5) se puede observar los últimos seis consumos o facturas generadas por la empresa eléctrica sobre el gasto energético de La Clínica La Estancia y el aumento que este ha venido presentando.

Figura 5. Consumo de Energía eléctrica de los últimos meses en la Clínica la Estancia



Hoy en día se encuentra tendida la acometida principal de manera subterránea desde el poste de derivación de la red pública hasta la subestación, en espera de ser interconectada, la red va en ducto PVC de 3", con cable monopolar XLPE N° 2 AWG de 15 KV.

Teniendo en cuenta estas descripciones anteriores de los problemas y beneficios de la Clínica la estancia ha permitido el desarrollo de un sistema que garantice un uso mas eficiente y racional de energía dentro de la empresa, que se vea además reflejado en la disminución de los gastos relacionados con el uso de energía eléctrica.

2.1. MEJORAMIENTO TECNOLÓGICO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA Y CONTROL DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Actualmente Centrales Eléctricas del Cauca, CEC, es la empresa encargada del suministro de energía en el Departamento del Cauca, que tiene como una de sus políticas realizar campañas de uso eficiente de energía en diferentes empresas.

Esta empresa, realizó una visita de inspección en la Clínica para desarrollar el proyecto de uso racional y eficiente de energía, basado en normas como NTC 2050 (Código eléctrico Colombiano), RETIE; IEEE519 entre otros y encontró falencias de tipo técnicas que influyen en la buena ejecución de este.

En el año 2009, la Clínica la Estancia hace un esfuerzo económico que en el momento asciende a la suma de Ciento cincuenta millones de pesos (\$ 150.000.000), para implementar de manera urgente la instalación y puesta en marcha de la Subestación Eléctrica referente al montaje de celdas de mediana tensión y baja tensión. Se deben tener en cuenta materiales, equipos, mano de obra y servicios necesarios a fin de que las instalaciones se ejecuten en total acuerdo con las normas del Código Eléctrico Nacional.

Mediante el estudio de ahorro de energía se identificaron los ejes centrales que participan y a su vez se benefician de este proyecto. El Análisis del balance de energía logro identificar oportunidades de reducción del consumo de energía evaluando la relación costo-beneficio de las áreas identificadas. A si mismo, el

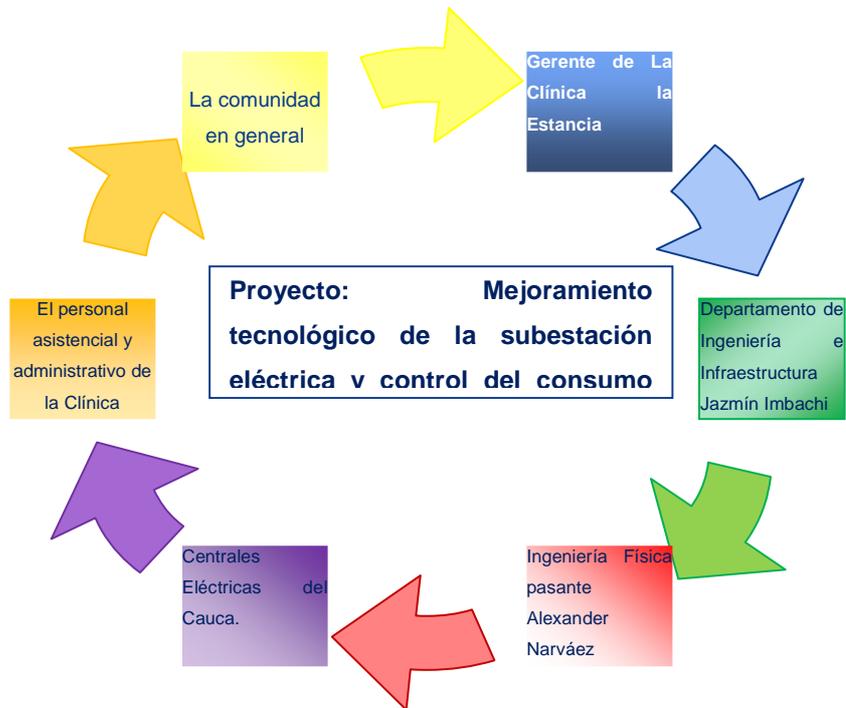
impacto en el consumo de energía de cada área en el contexto específico (equipos, iluminación) y en el contexto global (promedio del tiempo de uso).

Por último, la priorización en la implementación cuyo objetivo es el ahorro de energía, es de la siguiente manera:

- **Mejoras Operativas:** a Cargo del área de mantenimiento con la ejecución de proyectos menores que son alcanzables con el hardware disponible o requieren una baja inversión. Generalmente son mejoras en las prácticas operativas. El propósito de comparar los valores registrados en la operación respecto de estos objetivos es medir que tan bien se está operando un equipo con las limitaciones propias de la condición del mismo.
- **Mejora de facilidades:** que se toman como referencia tomando en cuenta las mejoras tecnológicas disponibles en el mercado. Para alcanzar estos objetivos es necesario hacer inversiones de cierta magnitud. El propósito de comparar los valores registrados en la operación respecto de estos objetivos es evaluar la conveniencia de realizar una mejora tecnológica y cuánto son los débitos por no tener un equipo de última tecnología.

Teniendo en cuenta estos dos ítems anteriores, se definieron los grupos destinatarios (tabla 2) y su representación por el personal nombrado en la figura 6 que se encargan de llevar a cabalidad el objetivo de mejorar tecnológicamente la subestación eléctrica y de controlar el consumo de energía eléctrica.

Figura 6. Grupos participantes del proyecto interno de La Clínica la Estancia



Fuente: Propiedad del trabajo de grado.

La gerencia debe facilitar el recurso para implementar el sistema en la Subestación eléctrica de Clínica la Estancia y disponer de un presupuesto para cambio de luminarias y posteriormente cambiar poco a poco la tecnología obsoleta. Los coordinadores y jefes de sección, son los directos responsables de la implementación, desarrollo y cumplimiento de la realización de campañas de concientización y sustitución tecnológica en busca de la eficiencia energética. Centrales eléctricas del Cauca, es la empresa que apoya en el marco de la normatividad legal para el suministro de energía y en el manejo de acciones que contribuyan a la eficiencia energética de la empresa.

La Universidad del Cauca con su programa de Ingeniería Física, mediante el trabajo de grado en modalidad de pasantía, incursiono dentro de este objetivo con el proyecto Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo de energía a modo de prototipo permitiendo conocer el comportamiento de las cargas en un punto de medición. Con esta información fue factible determinar que en diferentes áreas esta la oportunidad para el mejor aprovechamiento de la energía eléctrica y se hace indispensable y de mayor conveniencia realizar una mejora tecnológica.

Tabla 2. Relación de beneficios, intereses y expectativas del proyecto para las partes Involucradas.

GRUPOS DESTINATARIOS	BENEFICIOS	INTERESES O EXPECTATIVAS
Dirección General , Grupo administrativo, Departamento de Ingeniería y mantenimiento Clínica la Estancia	Ahorro de costos por uso indiscriminado de energía Ajuste a normatividad y mayor aceptación social.	Cumplimiento de un objetivo institucional → Crear conciencia socio-ambiental, minimizando el impacto de los procesos sobre el entorno, asumiendo una actitud socialmente responsable. Disminución de riesgos de tipo eléctrico para la comunidad. Construcción y modernización de la subestación eléctrica Colaboradores motivados y satisfechos.
Comunidad y personal asistencial.	Reducción de riesgo eléctrico. Disponibilidad de un ambiente de trabajo más sano.	Tranquilidad en la vida cotidiana. y una mejor atención.
Centrales Eléctricas del Cauca.	Reducción o eliminación de conflictos legales. Cumplimiento a los objetivos trazados para cumplir con normas eléctricas que acrediten el servicio.	Cumplimiento a objetivos y proyectos de mejora
Universidad del Cauca Departamento de Ingeniería Física	Análisis del balance de energía para identificar oportunidades de reducción del consumo de energía.	Ser soporte técnico e ingenieril en la investigación y desarrollo de proyectos y dar un punto de vista para la modernización de la Subestación eléctrica Identificación del impacto en el consumo de energía

Alrededor de un problema, como el uso de energía en la empresa se lleva a cabo este proyecto con un conjunto de personas que tienen un mismo objetivo. Dentro de este se desarrolla una gran inversión tecnológica que busca la detección de condiciones anormales de operación, el mejoramiento de factor de carga, la facturación interna de energía, el uso de energía en periodos y el uso eficiente de energía.

3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

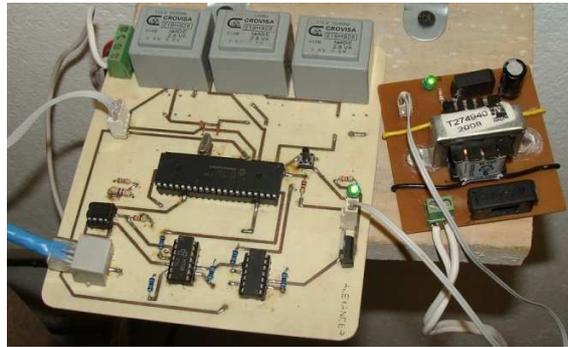
En este capítulo se describe el diseño e implementación del sistema de monitoreo de energía eléctrica en calidad de prototipo aplicado directamente en el área de banco de sangre determinando el comportamiento de esta mediante el cálculo de variables eléctricas.

Las primeras pruebas se realizaron en el área de Ingeniería e Infraestructura con cargas activas y reactivas con rangos no mayores a 10 Amperios. Luego se procedió a instalar el prototipo en la subestación eléctrica de la empresa en donde se realizaron pruebas de ensayo y error para un nodo, hasta considerar que el dispositivo este en óptimo funcionamiento.

Las etapas electrónicas se hicieron en forma independiente, previendo una posible falla en cualquier dispositivo electrónico y así poder sustituirlo de manera fácil, sin que este afecte los demás componentes, teniendo en cuenta que solo los transformadores de corriente y voltaje son los únicos dispositivos que no se encuentran en el mercado local, pero que al igual, son de fácil adquisición.

Inicialmente, para la tarjeta principal se diseño e implemento una fuente de energía de 9 voltios (figura 7) la cual alimenta el regulador interno que se encuentra en la tarjeta principal para generar los 5 voltios de alimentación para los integrados.

Figura 7. Fuente de energía de alimentación de tarjeta principal



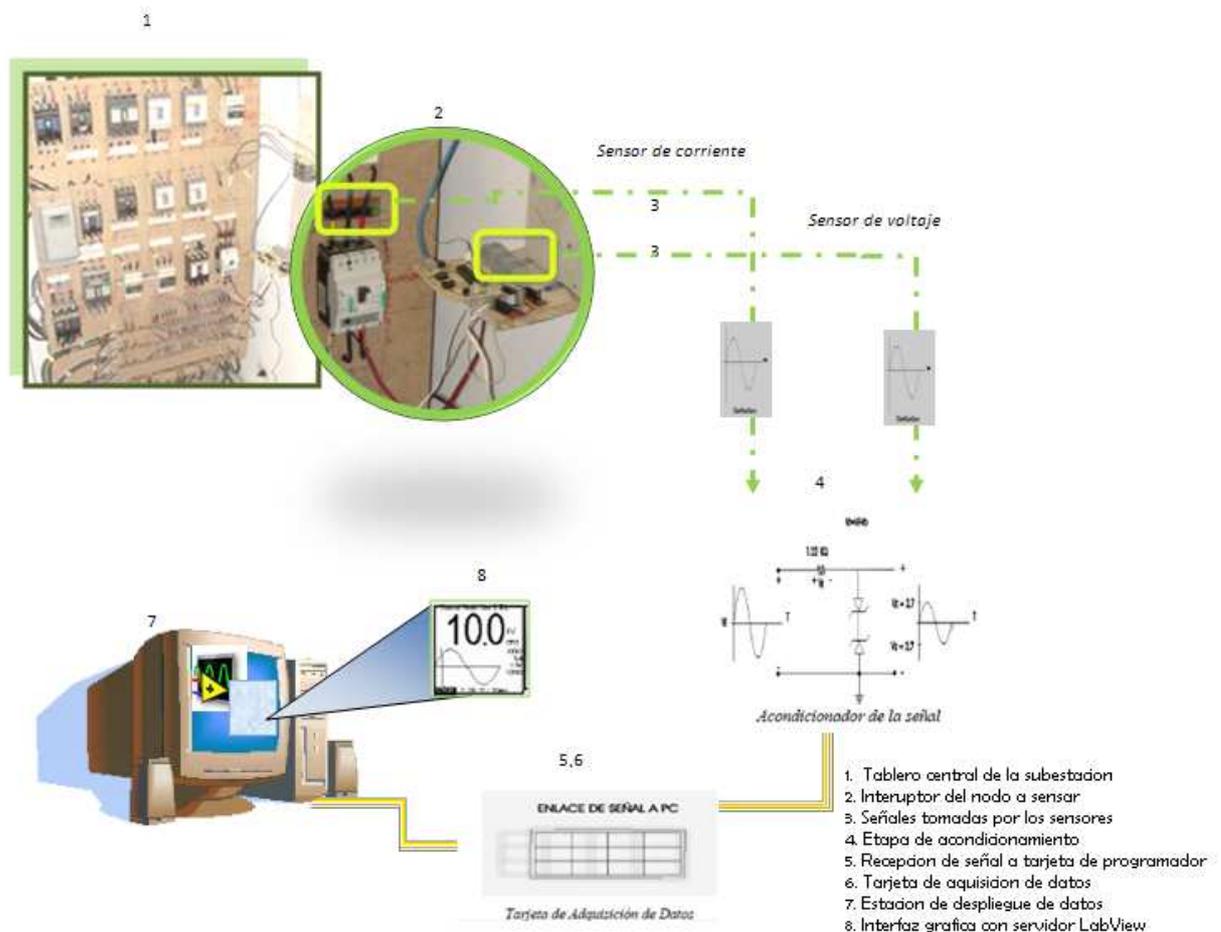
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

En la figura 8 se describe el sistema de monitoreo de energía eléctrica implementado en la clínica la estancia en calidad de prototipo, aplicado directamente a un área donde permita reconocer y detectar las variables eléctricas para su posterior estudio.

La subestación eléctrica de Clínica la Estancia ubicada en el sótano del edificio tiene un tablero central (1) donde están todos los breakers con sus respectivas acometidas eléctricas trifásicas para cada área, desde este punto se toman las señales de corriente y voltaje del nodo escogido (2) que como se menciono anteriormente corresponde al totalizador eléctrico del área del banco de sangre. Una vez sensadas las variables (3) continúa la etapa de acondicionamiento de señal (4) que tiene como finalidad tratar las señales físicas según su naturaleza. En esta sección mediante etapas de amplificación y muestreo se genera la señal deseada

que va a ser tomada por el PIC 18F452 (5) que ha sido programado para muestrear y enviar las señales que puedan caracterizar el estado de las variables eléctricas.

Figura 8. Esquema general del sistema



De esta manera, la salida del Pic, pasa a la siguiente etapa por medio del protocolo de comunicación RS485. La estación de monitoreo, que se ubico en el área de Ingeniería Clínica e Infraestructura de la Clínica la Estancia, está compuesto por el modulo o tarjeta (6) quien además de recibir datos también los transfiere por el protocolo RS232 a un PC (7) donde se trabaja una interfaz con el usuario

desarrollada mediante el Software de National Instruments; LabVIEW (8). Por lo cual, el sistema diseñado cuenta con un panel frontal, en la pantalla de la PC, que indica el comportamiento de la energía eléctrica, desplegando variables eléctricas, como son: voltaje, corriente; potencia activa, reactiva y factor de potencia.

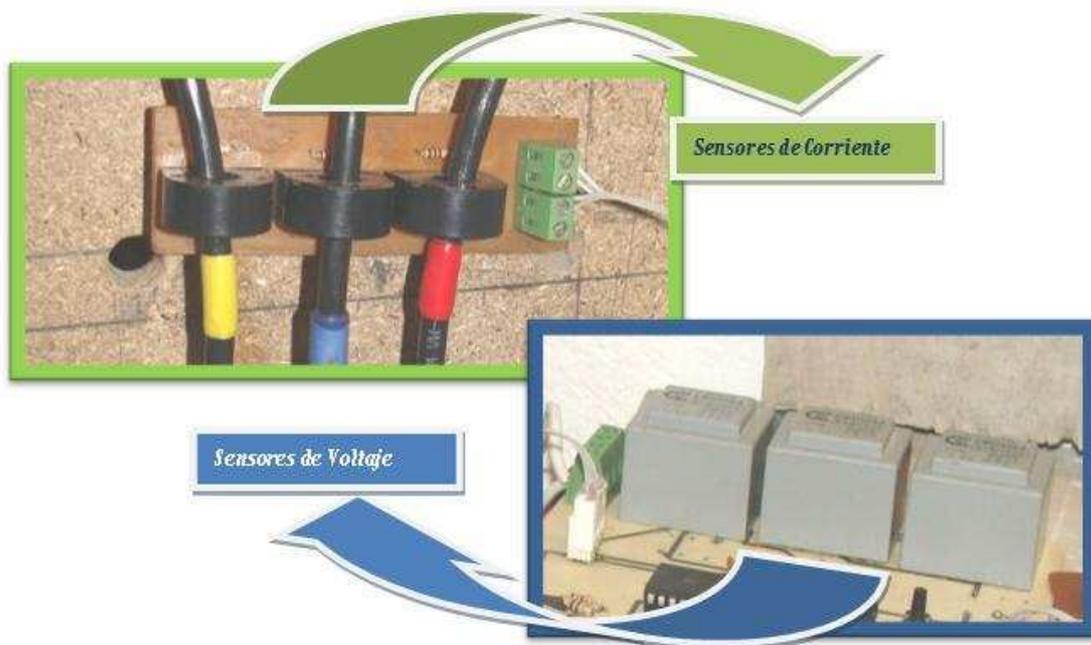
Teniendo en cuenta la disponibilidad de recurso, de equipos y horarios de servicio el área de estudio que se eligió para la implementación del sistema de monitoreo fue el Banco de Sangre de la Clínica la estancia es un área que se caracteriza por tener equipos médicos e industriales de alto costo y alta complejidad. Dentro de ellos se encuentran: Equipos de laboratorio Clínico, Refrigeradores, Aire acondicionado, centrifugas, hornos de secado, compresores etc (ver anexo 1). Estos equipos representan un promedio de cargas eléctricas; es decir, cargas resistivas, inductivas y capacitivas; que son fundamentales para alcanzar y presentar la máxima utilidad del sistema de monitoreo eléctrico. A diferencia de otras áreas de la Clínica donde predominan un solo tipo de carga.

De igual manera, el sistema es una ayuda para dar un valor aproximado del consumo del área con el fin de presentar un cobro justo por arrendo. Además, tener un análisis del incremento o desnivel del consumo que se este presentado, como por ejemplo una sobrecarga en algunas de las fases (nivelación de cargas), algún corto eléctrico o una posible fuga o pérdida de energía.

3.2. ADQUISICION DE SEÑALES ELECTRICAS.

El sistema de adquisición de las señales eléctricas está compuesto por tres sensores de corriente y tres de voltaje (figura 9), acondicionados a la acometida del área en estudio ubicado en el tablero principal de la subestación eléctrica de la Clínica.

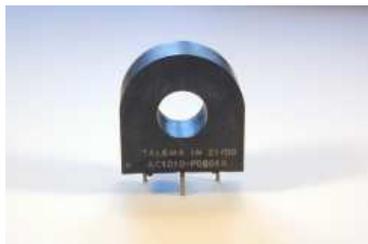
Figura 9. Sensores de corriente y de voltaje acondicionados al nodo.



El sensor de corriente es un transformador de marca *TALEMA modelo AC1005* de bajo costo (ver figura 10) trabaja a frecuencias de 50-60 Hz, maneja una corriente primaria de 5A y 60 A máx, tiene una relación de 1000:1, es decir que por cada 1000 mA que entran el sensor entrega 1 mA de salida, esta es la transformación que realiza el sensor.

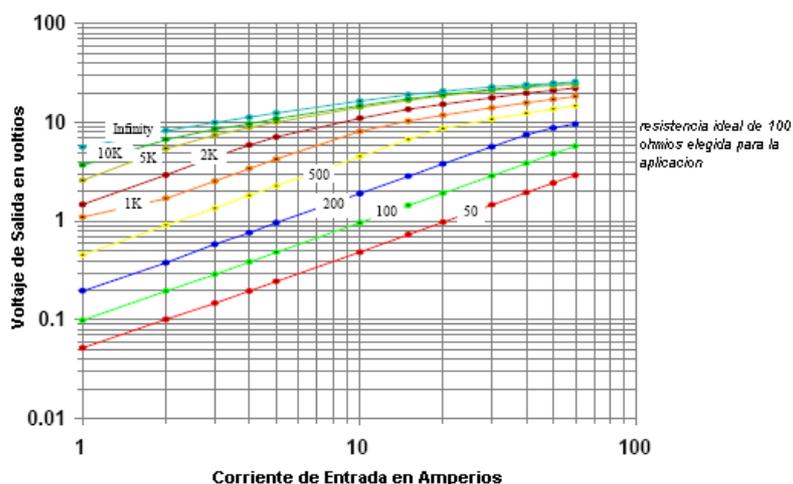
En esta aplicación manejaremos corrientes max de 20-30A, lo cual nos garantiza un apropiado funcionamiento del sensor. En el anexo 2 se dan las especificaciones mecánicas, ambientales y las graficas de caracterización del sensor.

Figura 10. Sensor de corriente eléctrica empleado



Con el fin de verificar la funcionalidad del sensor y la caracterización entregada por el fabricante (figura 11) para acondicionarlo a los valores de voltaje y corriente máximos, se hicieron pruebas comparando las graficas teórica y experimental de Voltaje de Salida Vs Corriente de entrada con cargas aproximadas de 100 ohmios esta resistencia se escogió cumpliendo con la idealización del sensor y buscando trabajar dentro de un rango en el cual no se modificara el voltaje de entrada al pic.

Figura 11. Grafico correspondiente a los datos experimentales del sensor de corriente entregados por el fabricante



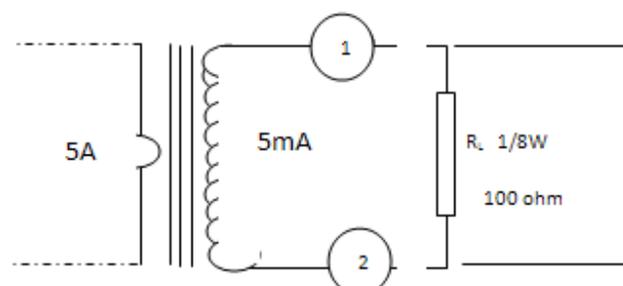
El procedimiento consistió en implementar el circuito de la (figura 12). dado por el fabricante, utilizando dos resistencias de carga con valores de 98.7 y 99.6 ohmios y tomar los datos correspondientes a cada una de las resistencias, como se muestra en las tablas 3 y 4 respectivamente, para luego graficarlos (ver figura 13-14),compararlos y obtener las resistencias que se utilizaron en la implementación.

Para la verificación de la corriente de entrada al sensor, se utilizo una pinza voltiamperimetrica marca V&A instruments modelo VA 311 con autorango y con una capacidad de 1000 amperios, la cual se ubico en el cable principal que atraviesa el sensor. Figura12.

Figura 12. Pinza Voltiamperimetrica utilizada para la verificación de datos



Figura 12. Circuito para la caracterización del sensor de corriente



Fuente. Ficha técnica del sensor anexo 2

Tabla 3. Datos de la caracterización del sensor con una carga de 98.7 ohmios

RESISTENCIA DE CARGA (ohmios)	CORRIENTE EN PRIMARIO (A)	VOLTAJE DE SALIDA EXPERIMENTAL (mV)	VOLTAJE DE SALIDA IDEAL (mV)
98.7	0.82	0.08	0.082
	1.44	0.13	0.14
	4.2	0.32	0.42
	5.06	0.48	0.5
	5.68	0.55	0.56
	6.31	0.6	0.63
	7.69	0.73	0.76
	8.37	0.8	0.83
	8.63	0.74	0.86
	8.9	0.85	0.89
	9.34	0.9	0.93
	11.5	1.03	1.15
	12.05	1.15	1.2
	14.67	1.4	1.4

Figura 13. Grafico correspondiente a los datos experimentales de la tabla 3

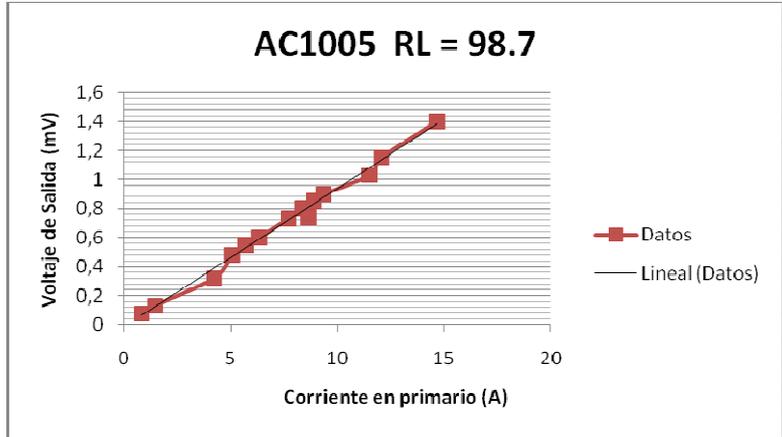
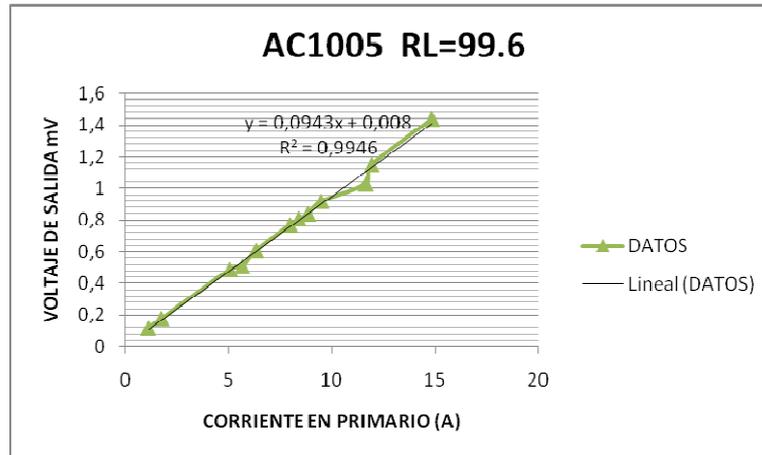


Tabla 4. Datos de caracterización del sensor de corriente con una carga de 99.6 ohmios

RESISTENCIA DE CARGA RL (ohmios)	CORRIENTE EN PRIMARIO (A)	VOLTAJE DE SALIDA EXPERIMENTAL (mV)	VOLTAJE DE SALIDA IDEAL (mV)
99.6	1.11	0.12	0.082
	1.75	0.18	0.14
	5.06	0.49	0.42
	5.67	0.51	0.5
	6.33	0.61	0.56
	7.97	0.77	0.63
	8.4	0.81	0.76
	8.85	0.84	0.83
	9.48	0.92	0.86
	11.64	1.03	0.89
	11.93	1.15	0.93
	14.84	1.44	1.15

Figura 14. Relación obtenida de los datos de la caracterización del sensor de corriente



Trabajando con la resistencia 98,7 Ω de los datos respectivos se graficó con el programa origin y se linealizó la curva obteniendo la función de transferencia que se presenta en la ecuación 1, en la que se expresa la corriente de salida del sistema en función del voltaje que se está midiendo.

$$I = 10,42V + 0,207 \quad (1)$$

Al comparar con la gráfica entregada por el fabricante se observa una aproximación a la linealidad ideal del sensor de corriente a una resistencia aproximada de 100 ohmios por tanto es viable y seguro la caracterización entregada por el fabricante. También se demuestra que las resistencias que se trabajaron en la implementación son ideales para la aplicación.

El sensor de voltaje es un transformador de voltaje marca CROVISA modelo T40/E TRANSFORMADOR ENCAPSULADO (figura 15), trabaja con frecuencia de 50-60

hz, 2.8 VA de potencia, maneja un voltaje en primario de 230 o 115v y entrega 6v a la salida. En el anexo 3 se dan las especificaciones mecánicas, técnicas y ambientales del sensor de voltaje.

Figura 15 Sensor de voltaje empleado



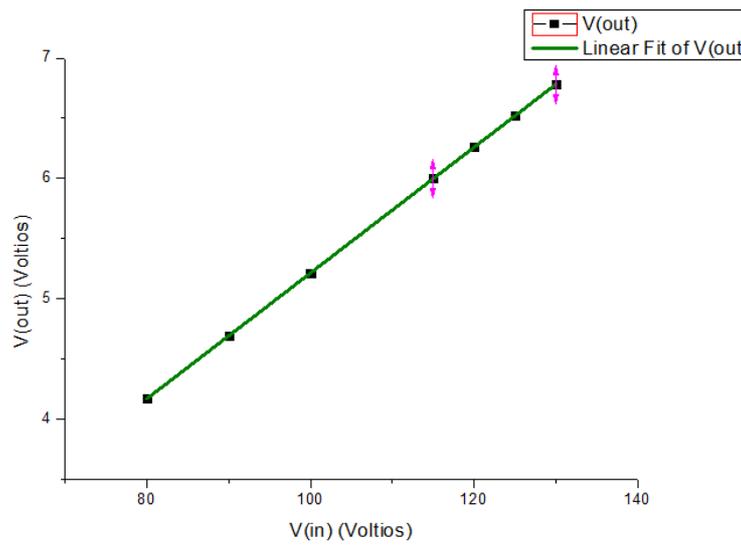
La caracterización del sensor se realizó registrando varios datos de entrada y salida de voltaje, alimentando el sensor con una fuente de voltaje variable, los valores de voltaje que se registran están por encima y por debajo del ideal.

En la tabla 5 se muestran los datos obtenidos, y su respectiva grafica en la figura 16

Tabla 5. Datos de caracterización del sensor de voltaje

VOLTAJE DE ENTRADA (V)	VOLTAJE DE SALIDA (V)
115	6
120	6.26
125	6.52
80	4.17
90	4.69
100	5.21
130	6.78

Figura 16. Relación obtenida de los datos de la caracterización del sensor de voltaje.



A partir de la linealización de la grafica 16 obtenemos la función de transferencia que se representa en la ecuación..

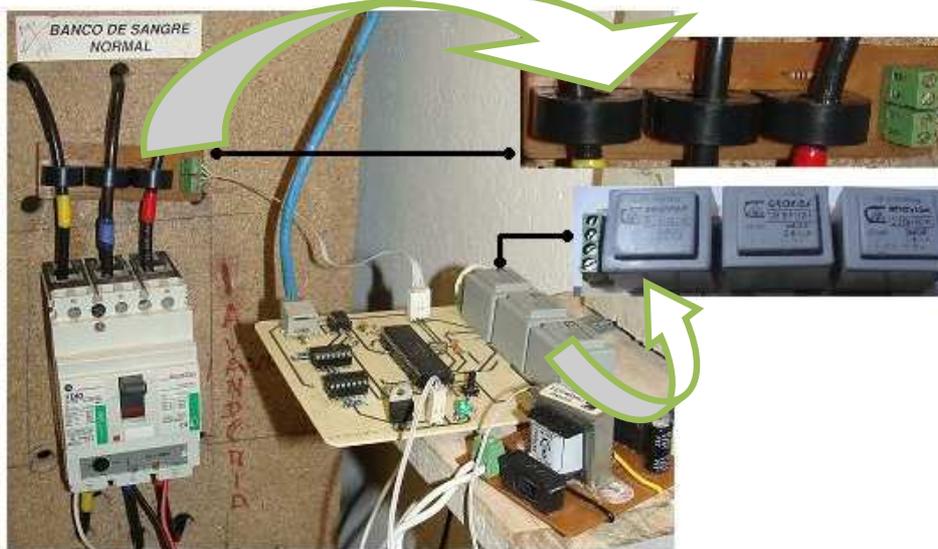
$$V = -0,012V + 0,052 \quad (2)$$

Se verifica una proporcionalidad entre los datos, lo que demuestra que el sensor se encuentra en óptimo funcionamiento y es apto para analizar picos de bajo y alto voltaje que se presentan constantemente en el sistema eléctrico de estudio, que son de gran importancia para el desempeño de los equipos.

Una vez ejecutada la caracterización de los dos sensores, se ubican en la tarjeta y en el tablero principal de la subestación, teniendo en cuenta que el sistema eléctrico

que tiene la clínica es trifásico, por tanto se monta un sensor de corriente y otro de voltaje por cada fase. La implementación de ellos se muestra en la figura 17, nótese que la tarjeta de los sensores de corriente se ubico en la parte superior del totalizador con el fin de registrar toda la información de la corriente eléctrica que se esté suministrando al área de estudio. Una vez censada la corriente es transmitida por medio de una correa a la tarjeta principal del sistema. Por otro lado el sensor de voltaje esta incluido en la tarjeta principal ubicada en la parte inferior del tablero, la señal es recibida por un conector de 4 entradas, 3 para las fases y una para el neutro, conectadas respectivamente a los sensores.

Figura 17. Sistema de montaje de sensores de corriente y voltaje



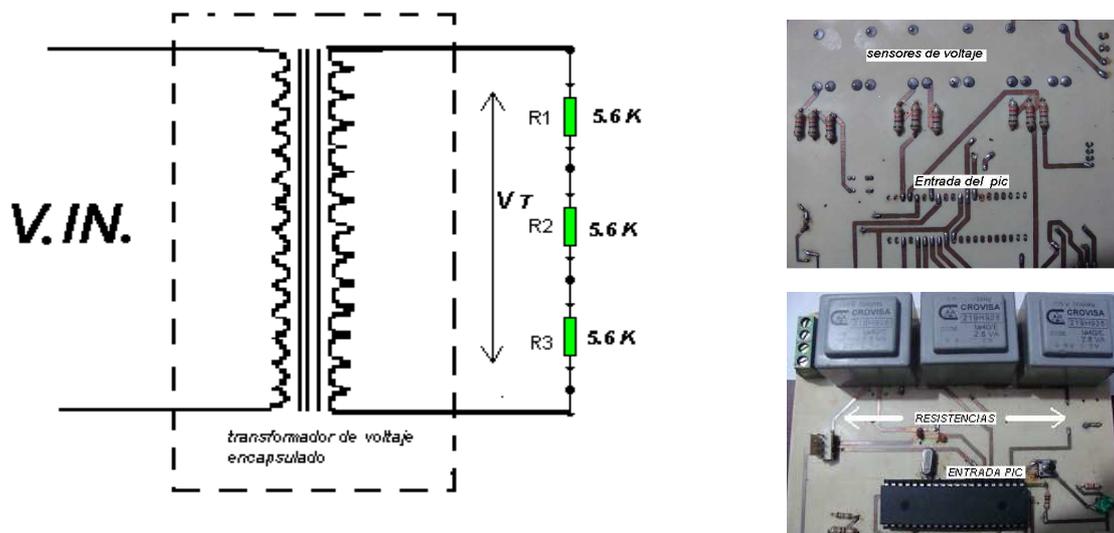
3.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL.

La función de esta etapa es ajustar, amplificar y adaptar las señales a la entrada del PIC que se usa. A continuación se explica el acondicionamiento para las señales de voltaje y de corriente, y el ajuste de las dos señales como una única señal.

- **Disminución de voltaje, por divisor de voltaje**

La señal que recibe el circuito integrado, se debe adecuar según los parámetros de restricción de corriente y de voltaje que tenga el PIC, además de eliminar corrientes parasitas. De esta manera se diseñó e implementó el circuito de la figura 18 de modo que estén incluidas tanto las señales de pico de voltaje y las que están dentro del parámetro ideal. Es decir, que si en un instante determinado ocurre una subida de voltaje mayor de 115V el sensor pueda capturar esta señal y el sistema pueda analizarla.

Figura 18. Diagrama de divisor de voltaje e imágenes de la tarjeta implementada



Así, el voltaje de referencia para el Pic es el de la resistencia R3, siendo la tercera parte del voltaje total y garantizando que el voltaje de entrada pueda ser analizado.

3.2.1. AJUSTE DE LA CORRIENTE

Con el fin de acondicionar el voltaje de entrada al pic de la señal emitida por los sensores de corriente, se implementa el circuito de la figura 19 que además de cumplir con la idealización del sensor, este trabaja dentro del rango que no altera el voltaje de entrada al pic. El sensor de corriente usado para la aplicación maneja una relación de corriente 1000:1, de aquí tenemos:

$$I_1 : I_2 \cdot 1000 \quad (3)$$

Despejando I_2 obtenemos:

$$I_2 : \frac{I_1}{1000} \quad (4)$$

Por otro lado tenemos que el voltaje de entrada al pic es:

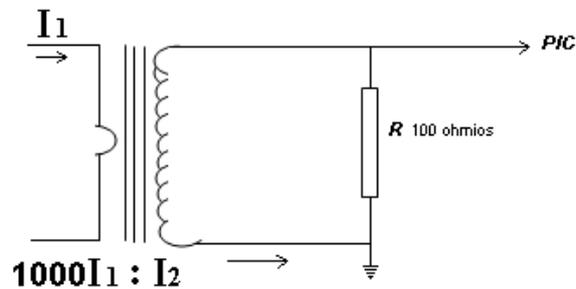
$$V_{pic} : I_2 R \quad (5)$$

Entonces, remplazando la ecuación (4) en (5) se tiene:

$$V_{pic} : \frac{I_1 R}{1000} (6)$$

Donde R , es la resistencia seleccionada.

Figura 19. Circuito de ajuste de la corriente



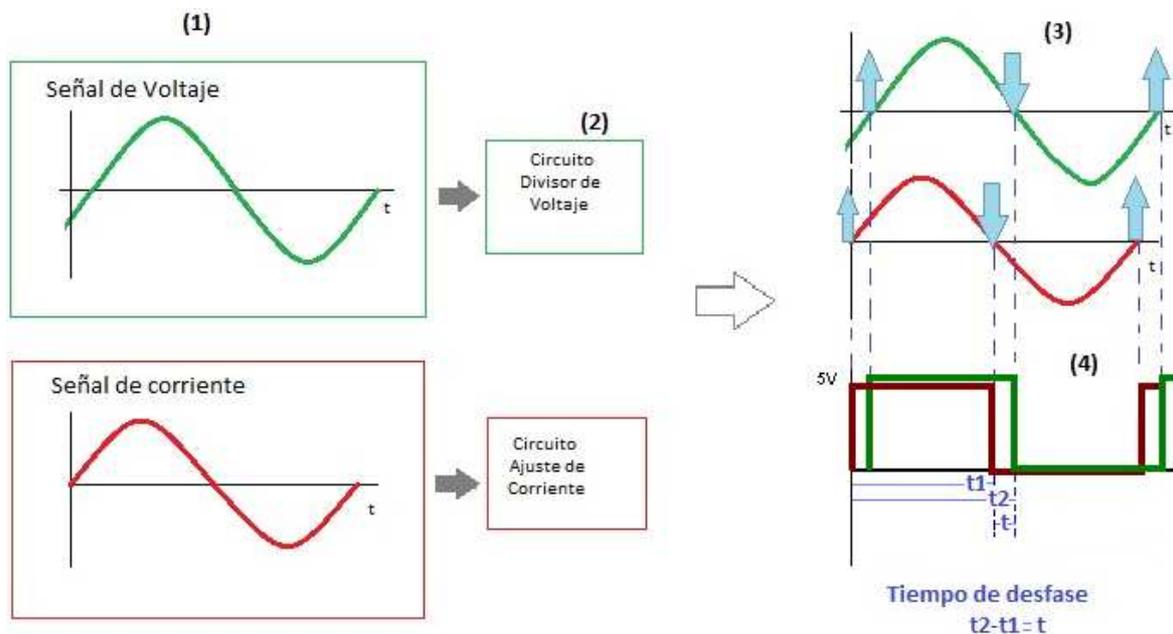
En este punto se tienen las señales de voltaje y corriente acondicionadas para el circuito controlador.

3.3.2 CRUCE POR CERO

Por último, esta la determinación en tiempo real del ángulo de desfase entre la corriente y el voltaje teniendo en cuenta que la frecuencia suministrada natural del sistema eléctrico es de 60 Hz. De manera grafica se observa en la figura 20, las dos ondas de voltaje y de corriente (1), las cuales pasan por la etapa de acondicionamiento (2) donde los valores de la amplitud se ajustan a la necesidad

del sistema como se explico anteriormente. Posteriormente se observa el desfase entre las señales (3) y como se introduce una señal cuadrada (4) donde podemos observar los flancos ascendentes y descendentes que me entrega el circuito, para identificar el cruce de las dos señales por cero.

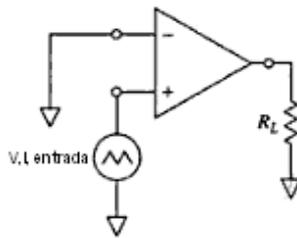
Figura 20. Diagrama de desfase entre las señales de voltaje y de corriente.



El tratamiento de las señales para la identificación de los flancos ascendente y descendente se hizo implementando el circuito de la figura 21, con un amplificador comparador no inversor polarizado con +5 y 0 voltios, de igual frecuencia a la señal de entrada. La polaridad de la onda cuadrada indica si la señal de entrada V o I está arriba o abajo del voltaje de referencia cero, determinando el flanco descendente o ascendente que detecta el momento exacto en que las ondas cruzan por cero, tomando el mismo sentido de flanco para los

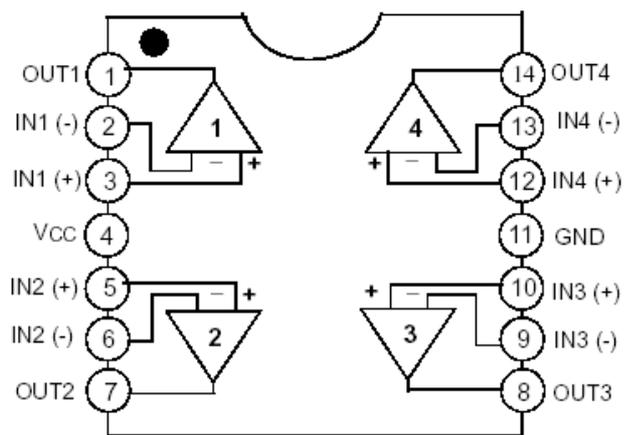
dos señales. Una vez detectados los flancos, la señal es enviada al pic donde en procedimientos posteriores se calcula el tiempo de desfase entre las dos ondas.

Figura 21. Circuito de Amplificador para cruce por cero



Para una mejor distribución de los amplificadores operacionales en la tarjeta principal se utilizaron 2 integrados LM324 (figura 22) el cual dentro de su encapsulado maneja 4 amplificadores internos para un total de 8 amplificadores de los cuales se implementaron 6, 3 para la corriente y 3 para el voltaje.

Figura 22. Integrado LM 324N



Con este ítem, se da por terminado el tratamiento de las señales y la obtención de las variables de estudio para los resultados del proyecto. A continuación se describe el software implementado para el prototipo del proyecto.

3.3. ARQUITECTURA DEL SISTEMA DESARROLLADO (PIC)

Después de acondicionar y obtener las variables de estudio la señal es llevada al microcontrolador donde se realiza una conversión de analógica a digital; la conversión analógica digital es realizada con una resolución de 10 bits, programando con voltajes de referencia iguales a los de polarización del microcontrolador, de cero voltios y cinco voltios. En el microcontrolador se trabaja la función de transferencia de voltaje a bits. la función de transferencia es la mostrada en la ecuación.

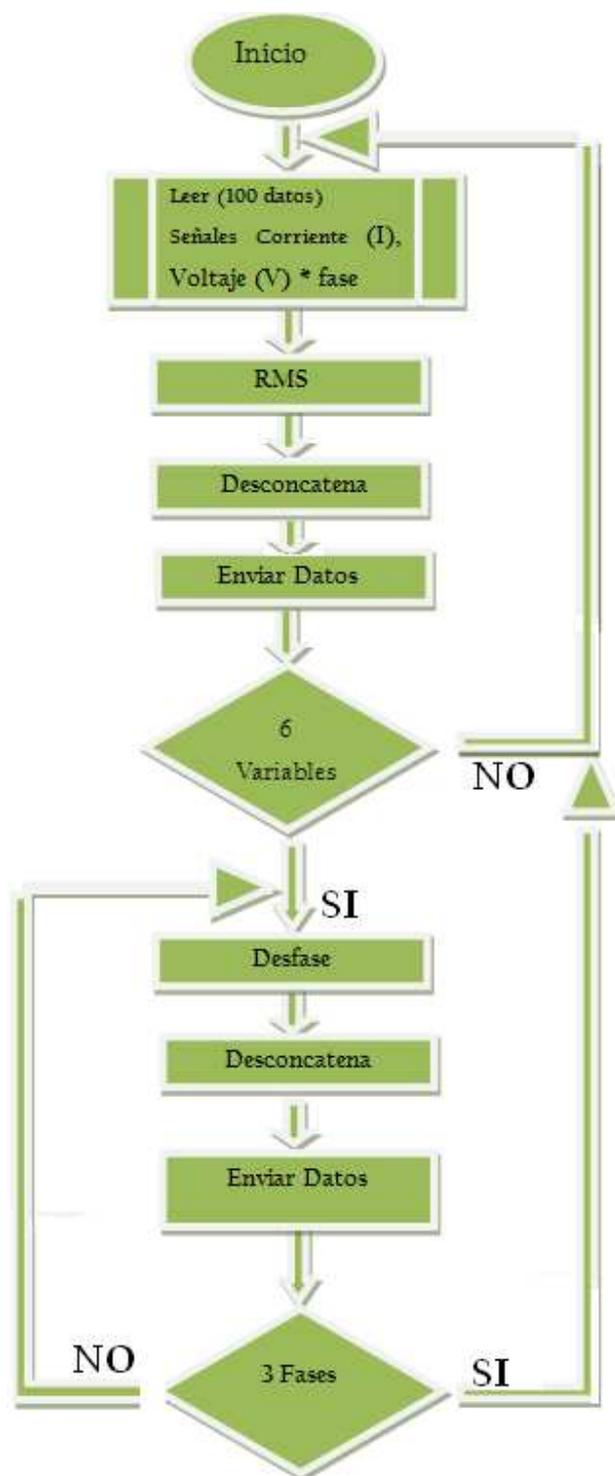
$$V_0 = \frac{dato * (V_{cc} - V_{ss})}{2^n} \quad (7)$$

Donde V_0 : voltaje que esta llegando al puerto analógico, $dato$: es el número resultado de la conversión, V_{cc} : voltaje de polarización positiva del microcontrolador, V_{ss} : Voltaje de polarización negativa del microcontrolador, n : numero de bits que utiliza el microcontrolador para la conversión analógica digital.

Para el sistema de conversión se uso el PIC 18F452 que cumple con la secuencia que se muestra en la figura 23. La cual nos muestra gráficamente los pasos del algoritmo que se desarrollo en el microcontrolador representando el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de la conversión y envío.

Se empieza con la configuración inicial del pic, Una vez configurado se leen los datos de voltaje y corriente de cada fase posteriormente se calculan los datos RMS para después desconcatenarlos, guardarlos y ser enviados a labview. De modo que se envía el identificador del sensor, dos paquetes de 8 bits que contienen el valor del sensor, y un paquete con una puntuación para finalizar la trama, este ciclo se realiza hasta que se hayan entregado los 6 datos 3 de voltaje y 3 de corriente, Con los 6 datos obtenidos de cada fase se da comienzo al procedimiento de desfase, primero realizamos el muestreo para luego desconcatenar y de igual forma enviarlos a labview. este ciclo se realiza hasta que las tres fases se hayan entregado.

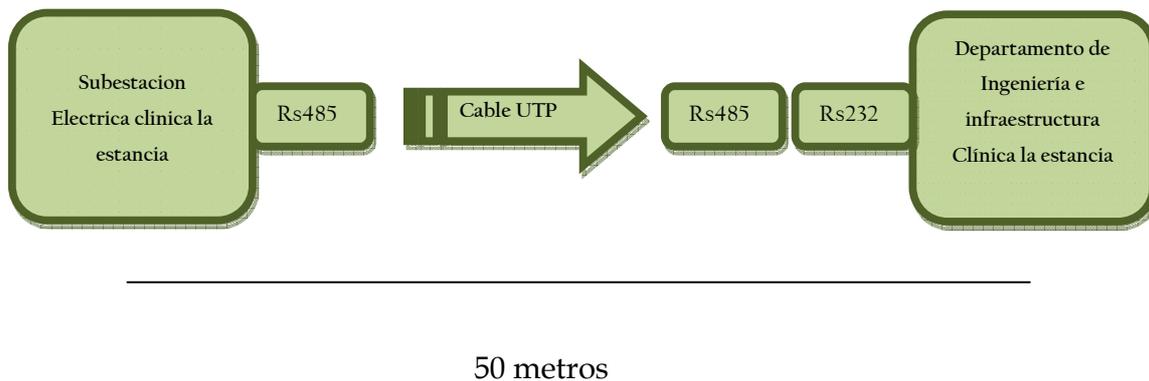
Figura 23. Diagrama del algoritmo implementado en el PIC



3.4. TRANSMISION Y ADQUISICION DE DATOS AL COMPUTADOR

Después de la salida del microcontrolador, continua la siguiente etapa que es la transmisión y la adquisición de los datos a la estación de monitoreo, que se ubica en el área de Ingeniería Clínica e Infraestructura de la Clínica la Estancia aproximadamente a 50 metros de distancia del punto de sensado (subestación eléctrica). figura 24.

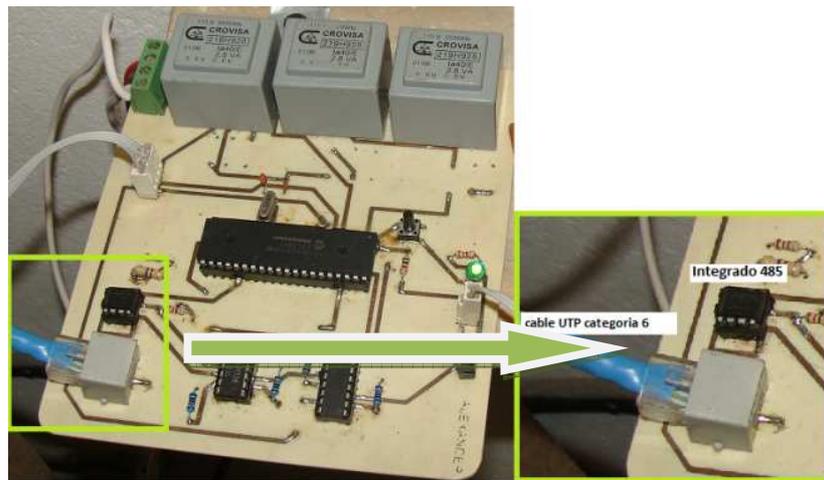
Figura 244. Esquema general del protocolo de comunicación



Debido a las características y necesidades del sistema el protocolo de comunicación que se implemento es el RS485-RS232 el cual esta compuesto por dos etapas una etapa de transmisión y otra de recepción. La etapa de transmisión, esta ubicada en la tarjeta principal (figura 25) para lo cual se utilizo el integrado MAX485 en modo de transmisión el cual tiene la funcionalidad de recibir los datos del pic y enviarlos

a la tarjeta de recepción, por medio de un cable UTP categoría 6 azul de comunicaciones marca simmons.

Figura 25. Circuito etapa de transmisión



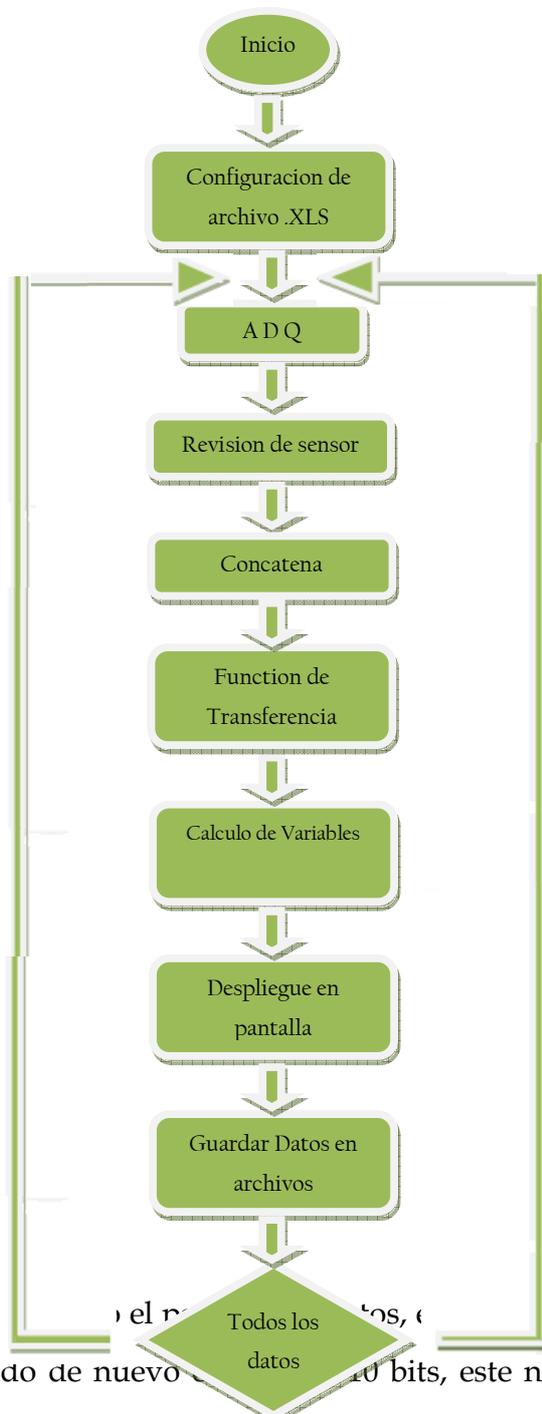
La tarjeta de recepción figura 26. se encuentra ubicada en el área de Ingeniería Clínica e Infraestructura de la Clínica la Estancia la tarjeta consta de un integrado MAX485 el cual en modo de recepción es el encargado de recibir y comunicar los datos convirtiéndolos en voltajes adecuados al integrado MAX232 el cual por comunicación serial transmite los datos al computador

Figura 26. Circuito de etapa de recepción.



Una vez procesada la señal en el computador, se requiere de un despliegue gráfico de monitorización. El software de adquisición y despliegue de información fue desarrollado en la Universidad del Cauca. Está basado en los lenguajes de programación LabVIEW y la rutina de programación implementada es la siguiente (figura 27).

Figura 277. Diagrama de algoritmo implementado en labview



En el computador es el número de bits, este número se le aplica una función de transferencia, que incluye la conversión del dato, el cual es de voltaje a

variable eléctrica, posteriormente se realiza el cálculo de variables y se muestra el dato guardándolo en un archivo xls.

En el cálculo de variables, la secuencia implementada para la señal de tiempo de desfase entre las ondas de corriente y voltaje enviado por el LM324 se obtuvo de la siguiente manera:

1. Encontrar el ángulo de desfase de las dos ondas usando la siguiente fórmula:

$$\alpha = ft(180^\circ)$$

Donde f es la frecuencia (60Hz), que equivale a un recorrido periódico de 180 grados y t es el tiempo de desfase.

2. Encontrar el coseno de ese ángulo α , que es la definición del factor de potencia FP, explicado anteriormente:

$$FP = \cos \alpha$$

La rutina implementada se describe en el gráfico siguiente (figura 28) y como variable de salida se tiene el Factor de Potencia que es enviado a la plataforma Labview.

Figura 28. Rutina de la señal de tiempo de desfase



Para la función de transferencia se realizó lo siguiente:

- 1- Reemplazar los valores particulares en la ecuación (7) :

$$V_0 = \frac{\text{dato} * 5000(mV)}{1024} \quad (8)$$

- 2- Unir las ecuaciones (1),(2) y (8) para obtener las funciones de transferencia, mostrada en las ecuaciones 9 y 10.

- 3- Aplicar al dato recibido por el computador.

Para corriente

$$I = \text{dato} * 50,87 + 0,207 \quad (9)$$

Para voltaje

$$V = \text{dato} * -0,058 + 0,052 \quad (10)$$

Finalmente se tiene el despliegue grafico del proceso como se muestra en la figura 29.

Figura 29. Interfaz grafica en LabView para la adquisición de datos variables eléctricas



La pantalla consiste en cinco recuadros que muestran el comportamiento de las variables eléctricas, los dos primeros son el comportamiento de la grafica del voltaje y corriente total respectivamente, los otros tres despliegan el comportamiento de la corriente por cada fase, corriente fase a, corriente fase b y corriente fase c.

En la parte superior aparecen los medidores, donde se ven los tres datos que miden el voltaje de cada fase, voltaje fase a, voltaje fase b, voltaje fase c.

Existen dos medidores que despliegan el desfase que hay entre la señal de voltaje y de corriente y otro que muestra el factor de potencia, y finalmente están los tres medidores de potencia, potencia activa, potencia reactiva y aparente.

4. RESULTADO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA DE MONITOREO

Una vez desplegados los datos en labview, son guardados en formato .xls donde a partir de tablas y graficas son presentados y estudiados. Es así como los resultados que se presentan en este capítulo, son los arrojados por el sistema, con el fin de observar y analizar el comportamiento de la energía eléctrica.

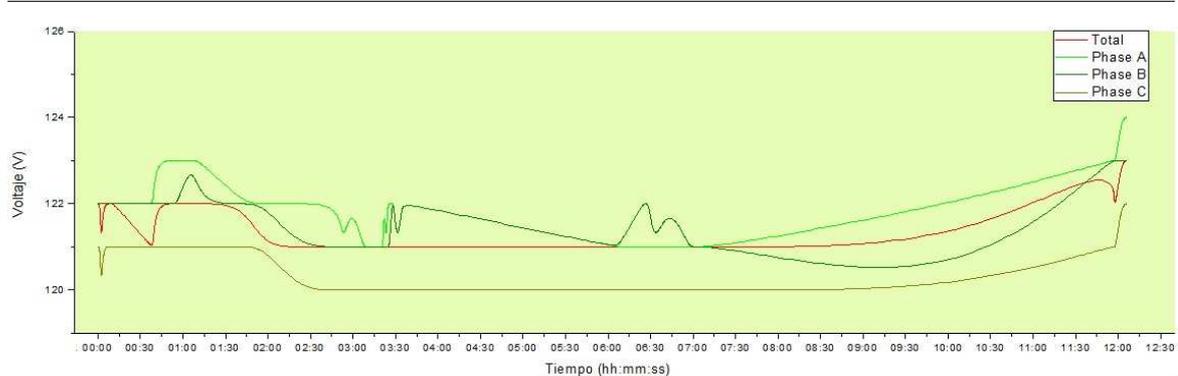
La toma de datos se realizo en un tiempo determinado, de forma esporádica debido a la disponibilidad y políticas de la empresa. De los cuales se seleccionaron los más representativos.

En la siguiente tabla No 6 se presentan los datos de voltaje tomados por el sistema del día 26 de mayo de 2009 un día normal de trabajo en el área de banco de sangre desde las 8 de la mañana hasta las 8 de la noche, con una carga máxima donde se encuentran en funcionamiento la mayoría los equipos mostrados. Se puede observar en el anexo 4 diferentes graficas de las variables en otros instantes de tiempo. El tiempo de muestreo de los datos es de aproximadamente 30 segundos lo que equivale a unos 1400 datos de los cuales se realizo un filtro escogiendo desde la hora de inicio los datos más representativos y significativos. Mostrando los voltajes de cada fase monitoreados por el sistema y su respectiva grafica.

Tabla 6. Datos de Voltaje en las tres fases y su valor total

Tiempo hh:mm:ss	Voltaje V			06:24:39	121	121	122	120
	Horas	Total	Phase A	Phase B	Phase C			
00:00:00	122	122	122	06:32:33	121	121	121	120
00:01:39	122	122	122	06:42:53	121	121	122	120
00:02:27	121	122	122	06:57:20	121	121	121	120
00:03:49	122	122	122	06:58:52	121	121	121	120
00:08:13	122	122	122	07:20:18	121	121	121	120
00:09:38	122	122	122	10:04:50	121	122	120	120
00:11:18	122	122	122	11:55:32	123	123	123	121
00:38:03	121	122	122	11:57:12	122	123	123	121
00:38:46	121	122	122	11:58:17	122	123	123	121
00:41:07	122	123	122	12:02:33	123	124	123	122
00:53:23	122	123	122	12:06:37	123	124	123	122
00:56:04	122	123	122	121				
01:06:21	122	123	123	121				
01:12:37	122	123	122	121				
01:41:44	122	122	122	121				
01:57:35	121	122	122	121				
02:21:12	121	122	121	120				
02:50:42	121	122	121	120				
02:52:38	121	121	121	120				
02:58:47	121	122	121	120				
03:07:17	121	121	121	120				
03:09:22	121	121	121	120				
03:10:40	121	121	121	120				
03:19:53	121	121	121	120				
03:20:25	121	121	121	120				
03:21:12	121	121	121	120				
03:22:11	121	122	121	120				
03:23:29	121	121	121	120				
03:24:31	121	122	121	120				
03:25:51	121	122	121	120				
03:27:33	121	122	122	120				
03:28:49	121	122	122	120				
03:31:23	121	121	121	120				
03:34:40	121	122	122	120				
03:36:56	121	122	122	120				
06:06:01	121	121	121	120				
06:07:05	121	121	121	120				

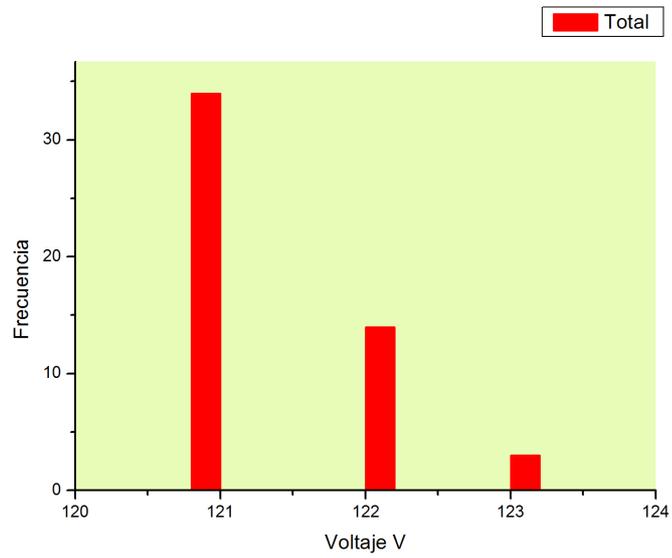
Figura 30. Perfil de voltaje en banco de sangre clínica la estancia



En la figura 30 podemos ver la grafica de los datos de voltaje, se puede ver el comportamiento del voltaje en cada fase, los picos reflejan el cambio constante del voltaje se puede observar como el voltaje varia entre 1 y 2 voltios especialmente en las fases B y C. posiblemente debido al tipo de carga que esté conectado en ese momento.

Para analizar la dispersión y centralización de los datos obtenidos por el sistema se realizo un histograma ver figura 31, donde se observa la acumulación masiva de los datos alrededor de un valor, lo que indica que el valor medio es de 121.3 y una desviación estándar (σ) de 0.60261, Por tanto el voltaje real es: $121.3 \pm 1,205$ tomando para la incertidumbre un valor de 2σ garantizando una probabilidad del 95%.

Figura 31. Histograma de voltaje

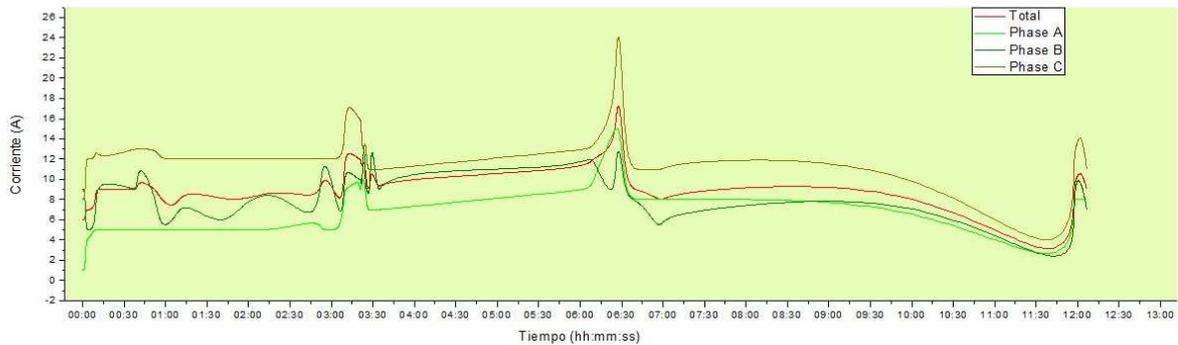


En la siguiente tabla se muestra los datos de corriente tomados por el sistema donde podemos ver las corrientes que se manejan por cada fase.

Tabla 7. Datos de corriente de las tres fases y el total

Tiempo hh:mm:ss	Corriente			03:28:49	12	8	11	19
	Total	Phase A	Phase B					
00:00:00	12	8	15	03:31:23	11	8	8	18
00:01:39	11	8	12	03:34:40	12	9	8	18
00:02:27	11	8	12	03:36:56	12	9	8	18
00:03:49	11	8	12	06:06:01	15	15	8	21
00:08:13	11	8	9	06:07:05	14	15	7	19
00:09:38	11	8	9	06:24:39	14	15	13	15
00:11:18	11	8	12	06:26:04	14	15	8	19
00:38:03	10	8	9	06:29:09	14	15	8	18
00:38:46	10	8	9	06:32:33	16	14	10	22
00:41:07	11	8	11	06:42:53	11	14	7	14
00:53:23	12	8	15	06:57:20	13	9	10	19
00:56:04	11	8	12	06:58:52	15	9	13	23
01:06:21	11	8	12	07:20:18	11	9	10	14
01:12:37	10	8	9	10:04:50	11	9	10	14
01:41:44	9	8	9	11:55:32	10	5	13	12
01:57:35	9	8	9	11:57:12	9	5	10	12
02:21:12	11	8	12	11:58:17	8	5	10	9
02:50:42	11	8	12	12:02:33	7	5	7	9
02:52:38	11	8	12	12:06:37	8	5	10	8
02:52:38	11	8	12					
02:58:47	12	8	15					
03:07:17	12	8	15					
03:09:22	11	8	12					
03:10:40	11	8	12					
03:19:53	11	8	7					
03:20:25	11	8	7					
03:21:12	11	8	7					
03:22:11	11	8	7					
03:23:29	12	8	10					
03:24:31	13	8	13					
03:25:51	12	8	10					
03:27:33	13	8	13					

Figura 32. Perfil de corriente en banco de sangre clínica la estancia



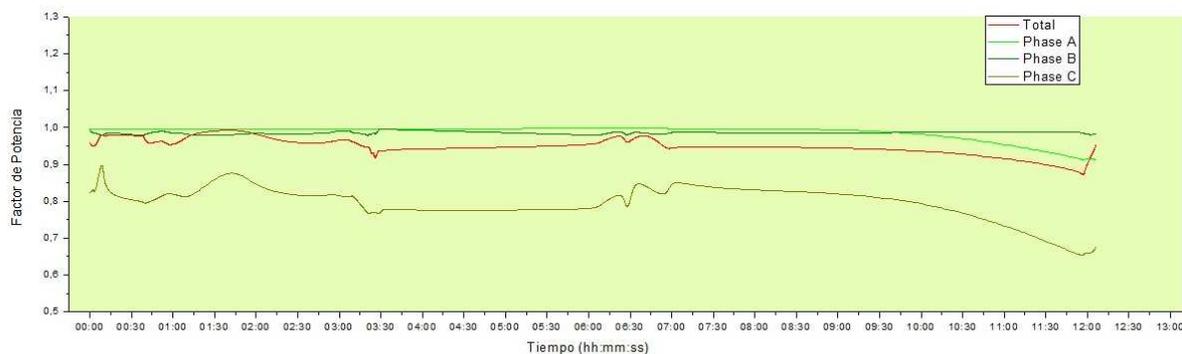
En esta grafica (Figura 32) podemos ver el comportamiento de la corriente eléctrica en el transcurso del día por cada fase, como nota importante se visualiza un incremento en la fase C, donde en las horas de la tarde se observa un incremento de hasta 23 amperios, revisando la distribución de conexión de los equipos se encontró que uno de los equipos que consume mayor corriente esta conectado en esta fase como es el aire acondicionado. De igual forma se puede ver que la carga no se encuentra distribuida, es decir que la corriente no es la misma en cada fase, se ve claro que la fase que maneja menos corriente es la fase A y la de mayor corriente es la fase B, esto nos permite distribuir mejor la carga y avisar en el area para distribuir mejor los equipo y asi equilibrar las cargas evitando fallas eléctricas, también podemos analizar que los picos que se presentan en el horario 03:00-03:30 y 06:30 son debido posiblemente al arranque equipos clínicos que manejan un tipo de carga inductiva o capacitiva.

La tabla 8 se muestra los datos de factor de potencia total y por cada fase obtenidos por el sistema

Tabla 8. Datos de factor de potencia obtenidos por el sistema

Tiempo hh:mm:ss		Factor de Potencia		
Horas	Factor de Potencia	Phase A	Phase B	Phase C
				03:34:40
				03:36:56
				06:06:01
				06:07:05
				06:24:39
				06:26:04
				06:29:09
				06:32:33
				06:42:53
				06:57:20
				06:58:52
				07:20:18
				10:04:50
				11:55:32
				11:57:12
				11:58:17
				12:02:33
				12:06:37
00:00:00	0,958	0,996	0,992	0,824
00:01:39	0,949	0,996	0,986	0,828
00:02:27	0,951	0,996	0,986	0,835
00:03:49	0,948	0,996	0,986	0,815
00:08:13	0,985	0,996	0,979	0,913
00:09:38	0,977	0,997	0,979	0,884
00:11:18	0,979	0,996	0,988	0,812
00:38:03	0,978	0,995	0,978	0,801
00:38:46	0,978	0,995	0,978	0,794
00:41:07	0,951	0,995	0,984	0,794
00:53:23	0,969	0,995	0,992	0,816
00:56:04	0,948	0,996	0,985	0,823
01:06:21	0,962	0,995	0,986	0,813
01:12:37	0,985	0,995	0,978	0,807
01:41:44	0,996	0,995	0,979	0,9
01:57:35	0,986	0,997	0,986	0,843
02:21:12	0,957	0,996	0,98	0,816
02:50:42	0,959	0,997	0,985	0,813
02:52:38	0,96	0,995	0,985	0,82
02:58:47	0,966	0,995	0,991	0,816
03:07:17	0,967	0,995	0,992	0,809
03:09:22	0,961	0,997	0,987	0,816
03:10:40	0,961	0,996	0,985	0,811
03:19:53	0,943	0,997	0,982	0,771
03:20:25	0,949	0,996	0,976	0,766
03:21:12	0,944	0,997	0,982	0,769
03:22:11	0,943	0,995	0,981	0,765
03:23:29	0,925	0,995	0,98	0,771
03:24:31	0,936	0,997	0,989	0,767
03:25:51	0,91	0,996	0,98	0,77
03:27:33	0,935	0,996	0,988	0,766
03:28:49	0,937	0,997	0,997	0,765
03:31:23	0,935	0,994	0,994	0,777

Figura 33. Factores de potencia en banco de sangre clínica la estancia



Como se menciono en capítulos anteriores, el valor ideal del factor de potencia es 1, para garantizar que toda la energía consumida por los aparatos se transforma en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Este efecto se identifica claramente en el grafico (figura 33), en la figura 32 la fase A tiene un valor de corriente casi constante y así mismo el factor de potencia esta cercano uno; caso contrario es para la fase C, que presenta un alto consumo de corriente por tanto se tiene un retraso de la intensidad de corriente con respecto a la tensión, lo que indica la presencia de cargas inductivas. De igual forma que la grafica de corriente, esta grafica permite apreciar que el factor de potencia en las fases A y B son buenos están por encima del valor adecuado mientras que en la fase C es malo produciendo un mayor consumo de energía, convirtiéndose en una herramienta de advertencia.

Una posible explicación al comportamiento de las factores de potencia en las fases se debe a las cargas que se manejan en cada una de ellas, es decir que en la fases A y B predominan cargas resistivas donde están conectadas la mayoría de los equipo

resistivos como monitores televisores equipos clínicos sin motor, alumbrado etc y las cargas inductivas como el aire acondicionado, equipos médicos centrifugas ventiladores etc se encuentran conectados a la fase C.

Ahora bien, las cargas inductivas requieren potencia reactiva para su funcionamiento. En la siguiente tabla y grafica se puede apreciar el incremento del consumo en momentos del dia y apreciar comportamiento de las potencias activa, aparente y reactiva.

Tabla 9. Datos de potencia (Aparente, Reactiva, Activa) obtenidos por el sistema

Total	KVA			Total	KVar			Total	kW		
	Fase A	Fase B	fase c		Fase A	Fase B	Fase C		fase A	Fase B	Fase C
4	1	2	1	1	0	0	1	4	1	2	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
3	1	1	2	1	0	0	1	3	1	1	1
3	1	1	2	1	0	0	1	3	1	1	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	2	2	1	0	0	1	4	1	2	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	2	2	1	0	0	1	4	1	2	1
3	1	1	2	1	0	0	1	3	1	1	1
3	1	1	1	1	0	0	1	3	1	1	1
3	1	1	1	1	0	0	1	3	1	1	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	2	2	1	0	0	1	4	1	2	1
4	1	2	2	1	0	0	1	4	1	2	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1

4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	2	0	0	1	4	1	1	2
5	1	2	2	2	0	0	1	4	1	2	2
4	1	1	2	2	0	0	1	4	1	1	2
4	1	2	2	2	0	0	1	4	1	2	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	2
5	2	1	3	2	0	0	2	5	2	1	2
5	2	1	2	1	0	0	1	4	2	1	2
5	2	2	2	1	0	0	1	5	2	2	1
5	2	1	2	1	0	0	1	4	2	1	2
5	2	1	2	1	0	0	1	4	2	1	2
5	2	1	3	1	0	0	1	5	2	1	2
4	2	1	2	1	0	0	1	4	2	1	1
4	1	1	2	2	0	0	1	4	1	1	2
5	1	2	3	2	0	0	1	5	1	2	2
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	1	2	1	0	0	1	4	1	1	1
4	1	2	2	2	0	0	1	3	1	2	1
3	1	1	1	2	0	0	1	3	1	1	1
3	1	1	1	1	0	0	1	3	1	1	1
2	1	1	1	1	0	0	1	2	1	1	1
3	1	1	1	1	0	0	1	2	1	1	1

Figura 34. Grafica de Potencia Aparente Vs tiempo

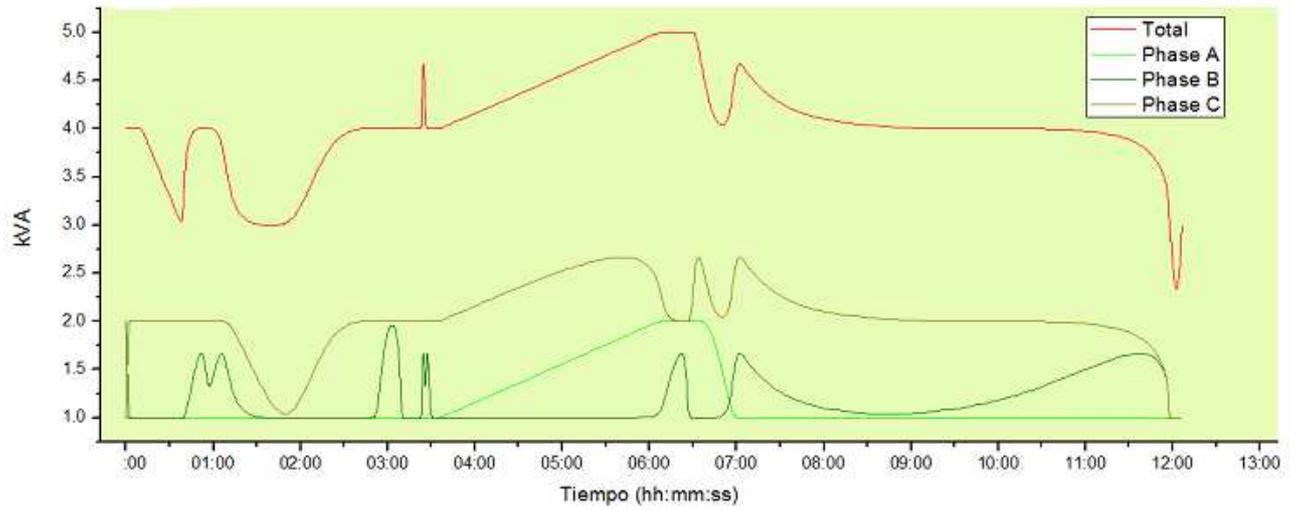


Figura 35. Grafica Potencia Reactiva Vs Tiempo

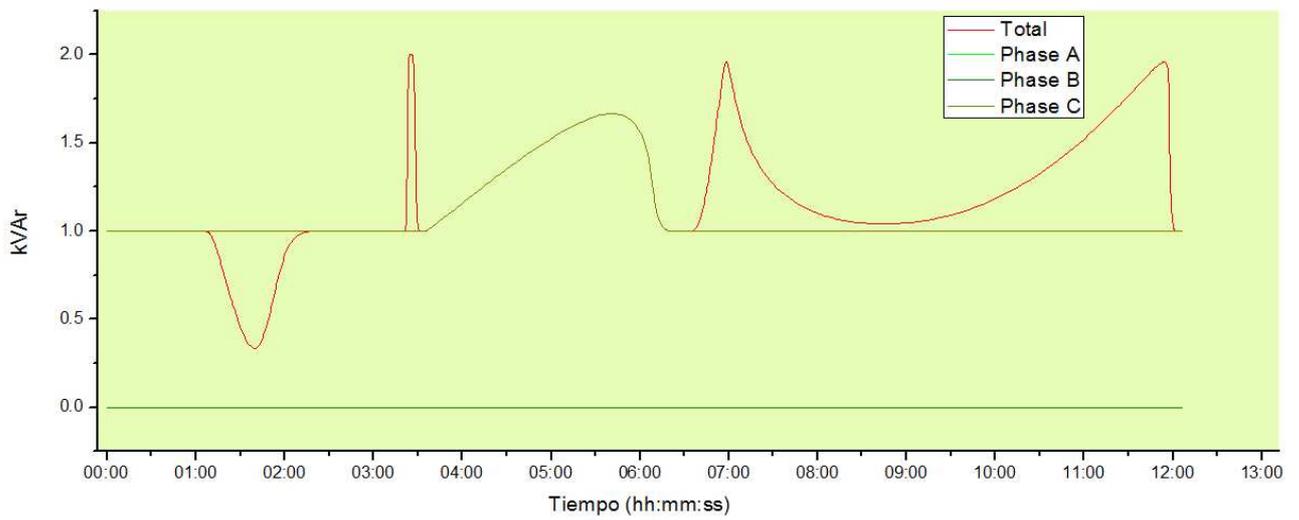
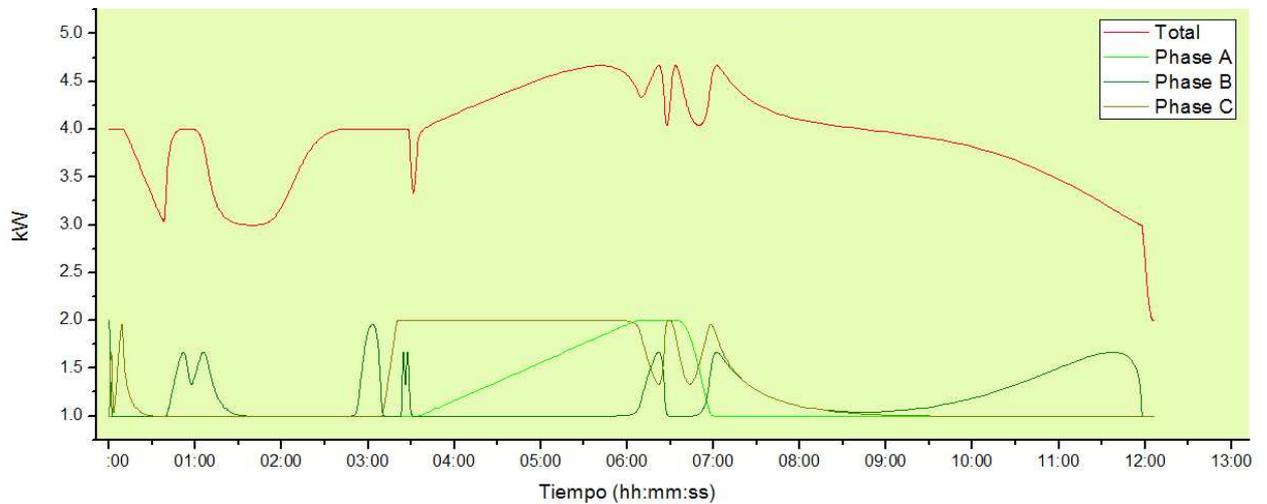


Figura 36. Grafica Potencia activa Vs tiempo



Como podemos ver en la grafica (figura 36) la potencia activa es la potencia que más se consume en la unidad, se puede apreciar un consumo de hasta 5 Kw distribuidos en las 3 fases, nótese que el mayor consumo se presenta en la fase 3 que como se explicaba en párrafos anteriores se deba a que en esta fase se encuentra la mayor carga inductiva, mientras que las otras fases se encenran las cargas resistivas, de igual forma se puede apreciar en la potencia aparente y reactiva. Esto lo podemos ver mejor En La grafica de la potencia reactiva donde nos muestra que en las fases 1 y 2 no hay potencia reactiva solo se consume en la fase 3 .Podemos apreciar como en las horas de la tarde se produce un incremento en el consumo por causa de que se encuentra en la hora pico y comenzando la noche se observa el bajo consumo debido a la disminución de trabajo en el área.

5. CONCLUSIONES

Al inicio del proyecto la clínica solo realizaba medidas de voltaje y corriente por medio de un voltíamperímetro de manera manual, la implementación de este prototipo fue parte importante porque generó datos automáticos y constantes de las variables. Los requerimientos de precisión de lectura del sistema son bajos, ya que este equipo no piensa ser un equipo de medición al nivel de los medidores electrónicos que se encuentran en el mercado, sino que se diseñó en modo de prototipo buscando demostrar la importancia del monitoreo a distancia de las variables eléctricas presentando un estudio de la viabilidad de la modernización de la subestación eléctrica.

El proyecto ayudó como estudio de viabilidad en la adquisición de una modernización de la subestación eléctrica mostrando la necesidad y la importancia de contar con un sistema de monitoreo de este tipo, donde se pueda ver el comportamiento de las variables eléctricas garantizando un uso más eficiente y racional de energía dentro de la empresa, que se vea además reflejado en la disminución de los gastos relacionados con el uso y la calidad de energía eléctrica.

Con este trabajo se logró el diseño y la implementación de un sistema con capacidad de monitoreo de diferentes variables eléctricas entre ellas corriente, voltaje, factor de potencia, y potencias eléctricas (activa, reactiva, aparente). Además se logró que el sistema usara un software especializado en diseño instrumental con herramientas en

programación grafica desarrollado con los requerimientos y objetivos especificados desde su planeación

Los márgenes de error del sistema son acumulativos es decir un error en la lectura de corriente y voltaje se vera reflejado en el error de la lectura de valores de potencia este problema no puede ser resuelto , debido a que dichas señales de corriente y voltaje son utilizados para calcular los valores de potencias de manera directa.

Los sensores de corriente y de voltaje utilizados dieron respuestas exactas al ser comparados con los valores dados por medidores mas complejos.

Se identificaron en instantes subidas de voltaje de hasta 124 voltios, sin embargo por los datos tomados y con un análisis estadístico se da un valor medio de voltaje con su respectiva desviación, este voltaje es apropiado para las cargas de la unidad.

Se identifico y se corroboro que la clínica la estancia tiene problemas por el bajo factor de potencia que se ve reflejado en mayor consumo de corriente, aumento de las perdidas e incremento de las caídas de tensión de los conductores, sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución e incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente.

En el área de banco de Sangre existe un gran número de motores, la presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado, una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, son causa de la presencia de un factor de potencia bajo en la fase C de igual forma se ve la presencia de la potencia reactiva en esta fase.

El sistema de monitoreo de variables eléctricas en una red trifásica es difícil de manejar ya que las señales sinusoidales se ven alteradas por las interferencias de ondas electromagnéticas que generan los equipos utilizados en el banco de Sangre, se hace necesario entonces de un equipo mas robusto que logre identificar los valores de corriente y de voltaje de un perfil real de las señales de onda.

Se podría recomendar la implementación de una estrategia de control para disminuir la carga en horarios no hábiles, es decir franjas donde el consumo va ser mayor para obtener una mejor distribución de corrientes en las fases.

BIBLIOGRAFIA

¹ AYALA, U.; MILLAN, J.. “La sostenibilidad de las reformas del sector eléctrico en América Latina - Las reformas en Colombia”. *Banco Interamericano de Desarrollo*, Mayo. (2002).

² Portafolio de Servicios de La Clínica La Estancia 2007

Diferentes conceptos y teoría sobre la energía eléctrica”, disponibles en http://es.wikipedia.org/wiki/energia_electrica

HTTP://WWW.HIRU.COM/ES/FISIKA/FISIKA_03000.HTML

MIRALLES J; ZUBIAURRE J. **ELECTRICISTA DE MANTENIMIENTO. Año 2010.**
ISBN: 9788496960381.

SANZ J; “INSTALACIONES ELÉCTRICAS. Soluciones a problemas en Baja y Alta Tensión.” Año 2009 (3ª edición).

GARCIA J. “ELECTROTECNIA”. Año 2009 (10ª edición ampliada y actualizada)

DURÁN J; GAMIZ, J. AUTOMATISMOS ELÉCTRICOS E INDUSTRIALES. Año 2009

RASHID H; "ELECTRONICA DE POTENCIA: Circuitos Dispositivos y Aplicaciones" 2da. Edición Año 1995

PALACIOS E; REMIRO F. "MICROCONTROLADOR PIC16F84: Desarrollo de proyectos" Año 2004

PALLAS A; " SENSORES ACONDICIONADORES DE SEÑAL" Cuarta Edicion, Año 2009.

COUGHLIN R; "Amplificadores Operacionales y Circuitos Lineales Integrales" Quinta Edicion, Año 2009.

Anexol. Inventario de equipos Médicos e Industriales de Banco de Sangre

INVENTARIO DE EQUIPOS BIOMEDICOS



BANCO DE SANGRE DEL CAUCA S.A.
NIT. 8170007641-7.
CODIGO NACIONAL 19001-2

COD. MTO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	NIVEL DE RIESGO	UBICACIÓN FISICA
001	Centrífuga	Clay Adams	NR	NU077054	Ila (Moderado)	Inmunohematología
002	Refrigerador	Blood bank	NR	426540	I (Bajo)	Deposito
003	Congelador	INDUFRIAL	R134A	TP1415YS	I (Bajo)	Deposito
004	Refrigerador	HACERB	NR	NR	I (Bajo)	Inmunohematología
005	Microcentrífuga	HETTICH	2020	6525	Ila (Moderado)	Inmunohematología
006	Centrífuga refrigerada	Heraus	5000	NR	Ila (Moderado)	Procesamiento de hemoderivados
007	Balanza mecánica	Ohaus	NR	AA60700	I (Bajo)	Procesamiento de hemoderivados
008	Balanza mecánica	Ohaus	NR	NR	I (Bajo)	Procesamiento de hemoderivados
009	Balanza mecánica	Camry	NR	700	I (Bajo)	Procesamiento de hemoderivados
0010	Agitador de mazini	Clay Adams	Yankee	114101	Ila (Moderado)	Infecciosas
0011	Baño serológico	INDULAB	O10C	NR	I (Bajo)	Inmunohematología
0012	Serofuga	Clay Adams	O541	1279108	Ila (Moderado)	Inmunohematología
0013	Pipeta automática	Bio-HIT	50-200	AT02921	I (Bajo)	Inmunohematología
0014	Pipeta automática	Bio-HIT	5_50	6001888	I (Bajo)	Inmunohematología
0015	Pipeta automática	Bio-HIT	20-200	HU27686	I (Bajo)	Inmunohematología
0016	Pipeta automática	Bio-HIT	1-5ml	AT20888	I (Bajo)	Inmunohematología
0017	Refrigerador	HARRYS	HL12V4BBABA	N180-155095	I (Bajo)	Deposito

Ing. Karené Muñoz Salazar

INVENTARIO DE EQUIPOS BIOMEDICOS



BANCO DE SANGRE DEL CAUCA S.A.
 NIT. 8170007641-7.
 CODIGO NACIONAL 19001-2

COD. MTO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	NIVEL DE RIESGO	UBICACIÓN FISICA
0033	Centrifuga de tarjetas	DIAMED-ID	12S II	1002761	Ila (Moderado)	Inmunohematología
0034	Centrifuga de microplacas	DIAMED-ID	MP-2	9000090067	Ila (Moderado)	Inmunohematología
0035	Incubadora de tarjetas	DIAMED-ID THERMO SCIENTIFIC	37-SI	1003599	Ila (Moderado)	Inmunohematología
0036	Pipeta Electronica Multicanal	NOVUS	NOVUS	NA-05699	I (Bajo)	Inmunohematología
0037	Pipeta Electronica Monocanal	DIAMED-ID	EP-3	8119018	I (Bajo)	Inmunohematología
0038	Camilla ginecologica				I (Bajo)	Flebotomia
TOTAL DE EQUIPOS BIOMEDICOS INCLUIDOS EN EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						38
TOTAL CARPETAS EQUIPOS BIOMEDICOS						1

Mag. Karol Muñoz Salazar

INVENTARIO DE EQUIPOS BIOMEDICOS



BANCO DE SANGRE DEL CAUCA S.A.

NIT. 8170007641-7.

CODIGO NACIONAL 19001-2

COD. MTO	NOMBRE DEL EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE	NIVEL DE RIESGO	UBICACIÓN FISICA
0018	Refrigerador	SANYO	MPR-214F	70408082	I (Bajo)	Despacho
0019	Tensiómetro aneroides	ALPK-2		295547	I (Bajo)	Valoración de donantes
0020	Tensiómetro aneroides	RIESTER			I (Bajo)	Campaña
0021	Negatoscopio				Ila (Moderado)	Inmunohematología
0022	Termometro digital # 1				I (Bajo)	Inmunohematología
0023	Termometro digital # 2				I (Bajo)	Depósito
0024	Termometro digital # 3				I (Bajo)	Depósito
0025	Fonendoscopio	ALPK-2			I (Bajo)	Valoración de donantes
0026	Fonendoscopio				I (Bajo)	Campaña
0027	Extractor de plasma	FENWAL	BM-1	4558	I (Bajo)	Procesamiento de hemoderivados
0028	Sellador de tubos	BPL MEDICAL	SE6008	62061	Ila (Moderado)	Procesamiento de hemoderivados
0029	Best 2000			1DXB-0524	Ila (Moderado)	Infecciosas
0030	Compolab HB	FRESENIUS	902908	7CY80235	Ila (Moderado)	Campaña
0031	Componat G4	HEMOCARE	902821/3009	6CEA0659	Ila (Moderado)	Procesamiento de hemoderivados
0032	Compresor de aire	PUMA	MA-5600	171371	Ila (Moderado)	Procesamiento de hemoderivados

Ing. Karmit Muñoz Salazar

Anexo2. Especificaciones Técnicas del sensor de corriente



AC1005 • 5 Amp Current Transformer

Low Cost 50/60Hz Current Transformers

Applications

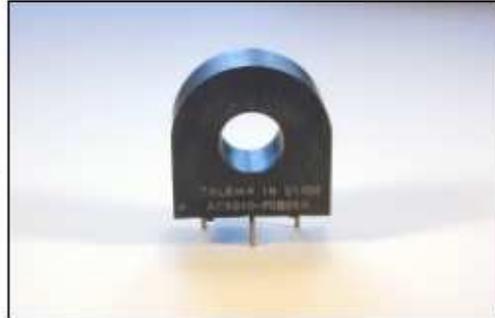
- Sensing Overload Current
- Ground fault detection
- Metering
- Analog to Digital Circuits

Electrical Specifications @ 20°C ambient

Electrical Specifications	
Primary Current	5A nom., 60A max.
Turns Ratio	1000:1 nominal
Volt per Amp Ratio at 5A for 100 ohm load	0.100 V/A
Volt per Amp Ratio at 0.5A for 100 ohm load	0.096 V/A
DC Resistance at 20°C	41.8 ohms
Dielectric Withstanding Voltage (Hi-pot)	4KVrms

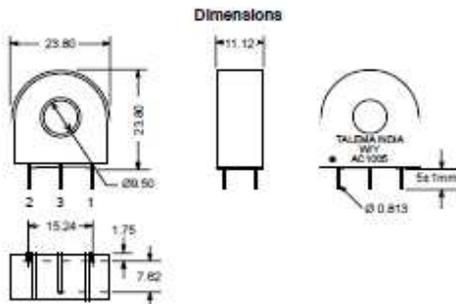
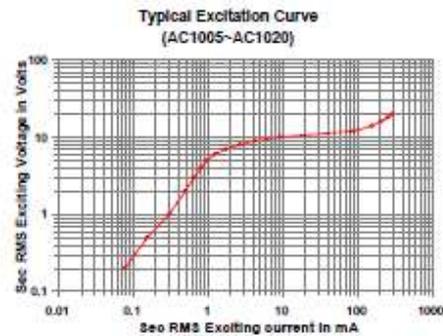
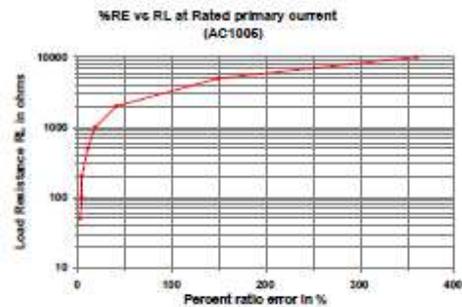
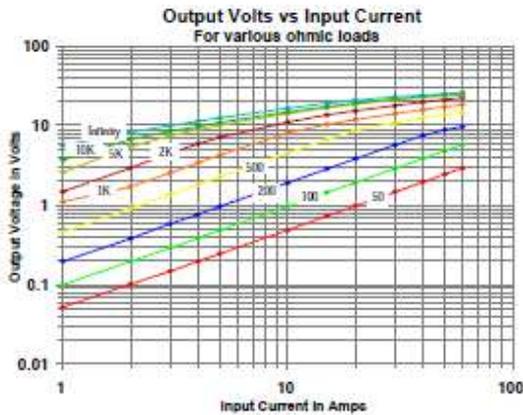
Mechanical Specifications

Case	Polycarbonate
Encapsulant	Epoxy
Flammability	Conforms to UL94-V0
Terminals	Pins \varnothing 0.80mm
Marking	TALEMA Date Code (W/Y) AC1005, Dot at start pin
Approximate Weight	15.3 grams
Tolerance	\pm 0.2mm



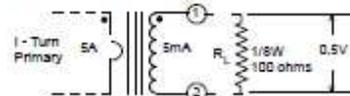
Environmental Specifications

Storage Temperature	-55° to +130°C
Insulation Resistance	100 megohms min.



Notes:

- 1) Unless requested, the terminating resistor and the one-turn primary are not supplied
- 2) Pin 3: Normally for mechanical support only but will be used on center tapped designs



Germany: Int.+4989-841 00-0 • Ireland: Int.+35 375-48 666 • Czech Rep: Int.+420 19-744 9303 • India: Int.+91 427-341 950
<http://www.talema-nuvotem.com>

CT5/AC.1005 05-00

Anexo 3. Especificaciones Técnicas de Sensor de voltaje

CROVISA TRANSFORMADORES ENCAPSULADOS T40/E

T40/E ENCAPSULATED TRANSFORMERS

Características técnicas generales

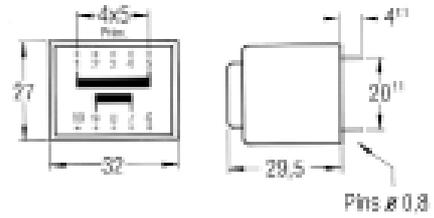
- Aislamiento mayor de 5 MW, 500 VDC.
- Rigidez dieléctrica > 4,5 KVAC – 1 min.
- Transformador de seguridad Clase II.
- Calculados para temperatura ambiente de 40° C / 70° C.
 - Materiales de clase térmica superior a clase E (120° C).
 - Primario 230 ó 115 V ± 10% 50-60 Hz.
 - Tolerancia tensiones secundarios ± 5% para no cortocircuitables y ±10% para los cortocircuitables.
 - Posibilidad de protección mediante fusible térmico o disyuntor.
 - Excelente soldabilidad con baño de ola o en cualquier otro sistema.
 - Si se requiere se pueden suministrar en montaje horizontal con 2 ó 4 puntos de fijación, o bien vertical.

406928

Datos técnicos: 2,8VA - 6V - 0,466A

Peso: 0,113 Kg

6 V 2,8 VA



Anexo 4. Datos y Graficas de Variables eléctricas en Banco de sangre obtenidos por el sistema de diferentes fechas y horas

Fecha y Hora	Tiempo hh:m m:ss	Voltaje				Corriente				Factor de Potencia				
		Horas	V			A			Tot al	Phas e A	Phas e B	Phas e C		
			Tot al	Phas e A	Phas e B	Phas e C	Tot al	Phas e A					Phas e B	Phas e C
04/05/2009	5:41:36	0:00:00	119	120	119	118	11	9	11	13	0,983	0,996	0,99	0,792
	5:43:12	0:01:36	119	120	119	118	10	9	8	13	0,979	0,996	0,982	0,798
	5:46:35	0:04:59	119	120	119	118	11	9	11	15	0,905	0,997	0,986	0,778
	5:48:01	0:06:25	119	120	119	118	11	9	11	14	0,949	0,997	0,983	0,779
	5:50:16	0:08:40	119	120	119	118	12	9	11	14	0,905	0,997	0,998	0,778
	5:53:47	0:12:11	119	120	119	118	10	9	6	14	0,978	0,997	0,878	0,78
	6:04:01	0:22:25	119	120	119	118	12	9	7	20	0,911	0,997	0,856	0,818
	6:09:46	0:28:10	119	120	119	118	16	9	17	22	0,943	0,995	0,841	0,943
	6:16:55	0:35:19	119	120	119	118	11	9	10	13	0,979	0,998	0,995	0,788
	6:19:20	0:37:44	119	120	119	118	10	9	7	13	0,976	0,996	0,988	0,786
	6:20:02	0:38:26	119	120	119	118	10	9	7	13	0,976	0,996	0,987	0,789

6:24: 29	0:42:5 3	11 9	120	119	118	10	9	7	13	0,9 75	0,997	0,988	0,801
6:38: 48	0:57:1 2	11 9	120	119	118	10	9	7	14	0,9 69	0,996	0,981	0,753
6:41: 29	0:59:5 3	11 9	120	119	118	10	9	7	13	0,9 69	0,995	0,98	0,744
6:45: 50	1:04:1 4	11 9	120	119	118	10	9	7	13	0,9 69	0,995	0,981	0,737
6:52: 19	1:10:4 3	11 9	120	119	118	9	9	7	12	0,9 74	0,995	0,981	0,748
6:53: 35	1:11:5 9	11 9	120	119	118	10	9	10	12	0,9 51	0,997	0,985	0,744
7:03: 24	1:21:4 8	11 9	120	119	118	9	9	7	12	0,9 77	0,995	0,98	0,751
7:05: 55	1:24:1 9	11 9	120	119	118	9	9	7	12	0,9 76	0,995	0,979	0,745
7:12: 47	1:31:1 1	11 9	120	119	118	9	9	7	12	0,9 77	0,994	0,98	0,746
7:20: 05	1:38:2 9	12 0	121	120	118	20	9	26	24	0,9 55	0,997	0,881	0,974

