

**SISTEMA DE GESTIÓN Y AUDITORIA DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LA
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

ALVAREZ SILVA ANDRES FELIPE

BEDOYA ZAPATA STIVEN ANDRES

HENAO VALENCIA FRANCISCO JAVIER

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERIA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2017

**SISTEMA DE GESTIÓN Y AUDITORIA DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LA
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO**

ALVAREZ SILVA ANDRES FELIPE

BEDOYA ZAPATA STIVEN ANDRES

HENAO VALENCIA FRANCISCO JAVIER

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Electricista

Asesor

Carlos Mario Moreno

Ingeniero Electricista

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERIA ELÉCTRICA

MEDELLÍN

2017

CONTENIDO

	Pág.
1. Planteamiento del problema	1
1.1 Descripción	1
1.2 Formulación	1
2. Justificación	2
3. Objetivos	3
3.1 General	3
3.2 Específicos	3
4. Marco teórico.....	4
4.1. Analizador de red.....	4
4.2. Equipo de medida	5
4.2.1 Tipos de medida	5
4.3 Sistema de gestión y auditoria	7
4.3.1 Sistema de gestión.....	7
4.4.2 Sistemas de auditoria.....	9
4.5. Fuentes de energía convencionales	10
4.3 Fuentes de energía no convencionales	10
4.5. Calidad de la energía.....	11
4.5.1 Estandares de calidad	12
5. Metodología	13
5.1. Tipo de Proyecto	13
5.2. Método	13
5.4. Instrumentos de recolección de información	15
5.4.1 Fuentes primarias	15
5.4.2 Fuentes secundarias.....	15
6. Resultados	16
6.1. Instalación de analizadores.....	16
6.1.1 Hardware	16

6.1.2 Software	19
6.1.3 Resumen de resultados	20
6.1.4 Análisis de desbalance de corrientes	22
6.2 Parametrización de los analizadores de red.....	23
6.3 Creación de la pantalla HMI.	24
7. Conclusiones	28
8. Recomendaciones	29
9. Referencias bibliográficas.....	30
10. Anexos	31

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Analizador de red Siemens	05
<i>Figura 2.</i> Equipos de Medida	06
<i>Figura 3.</i> Transformador de Corriente.....	19
<i>Figura 4.</i> Gestion de Energia.....	19
<i>Figura 5.</i> Calidad de la Energia.....	19
<i>Figura 6.</i> Analizador de red Lovato DMG600	19
<i>Figura 7.</i> Caja Metalica	19
<i>Figura 8.</i> Pinza de Corriente de Nucleo Partido.....	19
<i>Figura 9.</i> Conectores de Tension.....	19
<i>Figura 10.</i> Gráficas del software Labview	19
<i>Figura 11.</i> Diagrama del software Labview	20

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Analizadores</i>	18
Tabla 2. <i>Transformador Museo 45 KVA</i>	20
Tabla 3. <i>Transformador Cancha 45 KVA</i>	221
Tabla 4. <i>Resumen de resultados transformador de 45 kVA Museo</i>	221
Tabla 5. <i>Desbalance de corrientes</i>	22
Tabla 6. <i>Normas de referencia</i>	24

Lista de Anexos

Anexo 1. Gráfica de tensiones	332
Anexo 2. Gráfica de corrientes	33
Anexo 3. Gráfica de Potencias.....	34
Anexo 4. Gráfica de potencia aparente	35
Anexo 5. Gráfica de desbalance de corriente	36
Anexo 6. Gráficas de energía	37
Anexo 7. Gráfica de factor de potencia	38

Resumen

SISTEMA DE GESTIÓN Y AUDITORIA DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LA INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

ALVAREZ SILVA ANDRES FELIPE

BEDOYA ZAPATA STIVEN ANDRES

HENAO VALENCIA FRANCISCO JAVIER

Este trabajo está dirigido a proponer un sistema de monitoreo para el diagnóstico de los transformadores de potencia de la institución universitaria Pascual Bravo.

La institución, no cuenta con la información precisa que permita el desarrollo eficiente de cada uno de sus transformadores de potencia, y que a su vez permita visualizar a través de una interfaz humano-máquina (HMI) la interacción de futuros profesionales con el ánimo de implementar nuevos sistemas de fuentes de energía no convencionales.

Con este proyecto, se pretende obtener datos tabulados y estadísticos que permitan conocer el comportamiento de las variables eléctricas de los transformadores de potencia de la institución. Con la información obtenida será posible perfilar cada transformador y determinar procesos que permitan la optimización del sistema aplicando las normas de calidad de la energía, aplicación de URE y proyectos de fuentes no convencionales. Esto se transfiere en una reducción de costos por consumo de energía eléctrica por parte del comercializador.

Palabras Claves: monitoreo, transformadores de potencia, interfaz, variables eléctricas, optimización, calidad de la energía.

Abstract

SYSTEM OF MANAGEMENT AND AUDIT OF ENERGY EFFICIENCY IN THE INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

ALVAREZ SILVA ANDRES FELIPE

BEDOYA ZAPATA STIVEN ANDRES

HENAO VALENCIA FRANCISCO JAVIER

This work is aimed at proposing a monitoring system for the diagnosis of the power transformers of the institución universitaria Pascual Bravo.

The institution does not have the precise information that allows the efficient development of each of its power transformers, and that in turn allows the visualization through a human-machine interface (HMI) the interaction of future professionals with the aim of implement new non-conventional energy source systems.

With this project, we intend to obtain tabulated and statistical data that allow to know the behavior of the electrical variables of the power transformers of the institution.

With the information obtained it will be possible to profile each transformer and determine processes that allow the optimization of the system applying the standards of energy quality, application of ERUs and projects from unconventional sources. This is transferred in a reduction of costs by consumption of electrical energy by the marketer.

Keywords: monitoring, power transformers, interface, electrical variables, optimization, quality of energy.

Glosario

Biomasa: es cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos.

Calidad de la Energía: es un término utilizado para referirse al estándar de calidad que debe tener el suministro de corriente alterna en las instalaciones eléctricas, en términos de: Tensión o voltaje constante. Forma de onda sinusoidal. Frecuencia constante.

Energía eólica: es la energía que puede obtenerse de las corrientes de viento.

Energía Solar: es la energía que puede obtenerse de las corrientes de viento.

Eficiencia Energética: es el uso eficiente de la energía, de esta manera optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía utilizando lo mismo o menos para producir más bienes y servicios.

Geotérmica: es la energía que puede obtenerse de las corrientes de viento.

Instrumentos de medida: es un aparato que se usa para comparar magnitudes físicas mediante un proceso de medición. Después de los dos puntos se deja un espacio y la letra se escribe en minúscula, excepto si es un nombre propio

Introducción

La energía eléctrica, con la expedición de las leyes 142 y 143 de 1994, ha vivido cambios trascendentales encaminados a fomentar la competencia en el mercado, tales como la desintegración vertical y la separación de actividades. La producción, la seguridad, el confort, entre otros factores asociados con la calidad de vida dependen de la energía eléctrica. En relación al año 2015, la demanda del país ascendió a 56.148 GWh, registrando un crecimiento del 2,69%, respecto al año inmediatamente anterior. Igualmente, se registró un crecimiento del 1,50%, entre la demanda anual del año 2013, que fue del orden de 53.870 GWh y la del año 2014 que correspondió a 54.679 GWh. (UPME, 2014)

Durante el periodo comprendido entre 2013 y 2015, el Consumo Residencial tuvo un crecimiento del 32,01%, a una tasa promedio anual de 2,55% y el Consumo No Residencial registró un crecimiento del 21,85%, a una tasa promedio anual de 1,81%, para este mismo lapso. Específicamente para el año 2013, el Consumo Residencial representó el 41,14% del Consumo Total y el No Residencial el 58,86%. El Consumo total en el año 2013 fue de 46.358 GWh. El Consumo Total Nacional creció en el período un 25,84%, a un promedio anual de 2,1%. (UPME, 2014)

la participación de los servicios públicos incrementó en un 2,2% en el 2004 a 6,1% en el 2013. Particularmente, se destaca la participación del sector de energía eléctrica respecto a los demás sectores, aumentándose en casi tres veces su participación en el PIB del 1,3% en el 2004 a 3,7% en 2013. (UPME, 2014)

Por ello y con el fin de conocer el estado, la operación y los consumos de las instalaciones eléctricas, se realiza el monitoreo de parámetros eléctricos en circuitos alimentadores y derivados, utilizando analizadores de redes eléctricas. Los cuales actualmente tienen un promedio del 1% en su margen de error. El servicio de monitoreo es aplicable a cualquier circuito alimentador o derivado en alta y baja tensión, con el fin de detectar problemas de

regulación, desbalanceo, bajo factor de potencia, armónicas, así como conocer la demanda y consumo de energía. (SERVELEC, 2016)

Para verificar el correcto funcionamiento de un equipo eléctrico es necesario adaptar instrumentos de medida como sistemas de adquisición de datos que permiten el monitoreo de las variables relacionadas. Estas variables eléctricas son: la corriente continua CC, la corriente alterna CA, la intensidad de corriente DC, la intensidad de corriente AC y la potencia. El resultado de la medición de la potencia AC se considera como el valor real, donde el rango máximo es de 6000 vatios. (ELECTRIC, 1999)

Los dispositivos de carga eléctrica, como motores, luminarias, computadores, aparatos de audio y video, entre otros, están diseñados para trabajar en óptimas condiciones a un nivel de tensión fijo, las fluctuaciones en los niveles de tensión perturbarán el correcto funcionamiento de los elementos de carga, pudiendo llegar incluso a sufrir daños graves. Por esta razón es conveniente controlar que los niveles de tensión se mantengan en un rango determinado. (GODOFREDO, 2012)

Anteriormente, la calidad de la energía se limitaba a la continuidad (disponibilidad), En Colombia, el número de interrupciones al año en el servicio de energía eléctrica por usuario es de 47, uno de los más altos con respecto a otros países. Se asegura que la calidad del servicio se ha deteriorado de 1998 al 2015 en una forma alarmante, a tal punto que hoy, en un universo de 12 millones de usuarios, hay por lo menos 2 millones de usuarios que tienen más de un corte diario y de más de 1 hora de duración. Según las cifras de la Súper servicios, en todo el país los hogares pasaron a tener 20 horas de cortes al año en promedio en el 2011 a 35 horas en el 2015, lo que significó un aumento del 75 por ciento en 4 años, mientras que el número de interrupciones fue de 47 el año pasado, de 45 en el 2014, 43 en el 2012 y 29 en el 2011. (tiempo, 2016)

hoy en día, la calidad de la energía se analiza no sólo por la continuidad, sino también por la conformidad con ciertas características. En este escenario, las empresas de transmisión y

distribución tienen que invertir en sistemas de control y equipos cada vez más sofisticados y costosos para garantizar la fiabilidad, calidad y seguridad en el funcionamiento de sus sistemas, estas inversiones deben realizarse con el objetivo de más bajo costo posible, para maximizar los beneficios. Es sobre esta premisa (coste mínimo) que se formula el método de asignación óptima de los sistemas de monitoreo. (Felicio, Venancio Amaral, Laguna Silva, Rezende Saldanha, & Magalhães Silva, 2016).

El país dispone de un complejo sistema de suministro de energía en diferentes formas y para diferentes usos finales en los diversos sectores de la economía como son el residencial, comercial, industrial y transporte. La capacidad efectiva neta del SIN al finalizar el 2016 fue 16,594.52 MW. Al comparar la capacidad con la registrada en 2015 se observa un crecimiento en 174.5 MW, equivalentes al 1,06%. Este aumento obedece principalmente al incremento de la capacidad efectiva neta de la central hidroeléctrica Guavio (50 MW) y del cogenerador Ingenio Risaralda (9.5 MW), a la entrada en operación de las centrales hidroeléctricas Morro Azul 19.9 MW, Tunjita 19.7 MW, Guavio Menor 9.9 MW, Magallo 5.7 MW, Porce III Menor 1.8 MW, Coello 1.2 MW, El Cocuyo 0.7 MW y La Frisolera 0.47 MW, del cogenerador Ingenio Manuelita 3.5 MW, de las centrales de generación térmica Tequendama Biogas 2.25 MW, Termobolivar 9.7 MW y Doña Juana 1.7 MW, de los autogeneradores Argos Cartagena 9.9 MW, Argos Yumbo 9.9 MW, Reficar Cartagena 9.9 MW, Unibol 1.1 MW y Yaguarito 1.6 MW, , así como a la actualización de las capacidades efectivas netas asociadas a los combustibles principales que respaldan las obligaciones de energía firme para la vigencia diciembre 1 de 2016 a noviembre 30 de 2017 para el cargo por confiabilidad. (isa, 2013)

Los usos finales de la energía son: Iluminación, climatización, fuerza motriz, acondicionamiento de espacios, transporte, calor de proceso, informática, comunicaciones, entre otros. (CORPOEMA, 2010).

El agotamiento de las fuentes tradicionales de energía (combustibles fósiles) ha puesto a la mayoría de países del mundo a encontrar soluciones en energías alternativas. Colombia tiene un gran potencial en la generación de este tipo de energías por su posición geográfica y ya

está trabajando en ello. (Antioquia, 2017). Para esto, Colombia ha impulsado la ley 1715 de mayo de 2014 que promueve el uso de fuentes no convencionales de energía: “La finalidad de la presente ley es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable.” (Colombia una potencia en energías alternativas, 2010)

Enertolima (Empresa prestadora del servicio de energía del Tolima) tiene 12 unidades automatizadas, que son vigiladas, desde Ibagué, con un sistema **SCADA** Acrónimo de Supervisory Control and Data Acquisition en inglés (Supervisión, Control y Adquisición de Datos en español), al que se han integrado señales para monitoreo y operación de otros equipos instalados en redes y subestaciones de todo el departamento del Tolima. Por su parte, EPM, en la construcción de la subestación de transformación llamada 500/230kV, que tiene a cargo en el proyecto Nueva Esperanza, utiliza tecnología de punta y será automatizada y encapsulada. El beneficio será prestar el mismo servicio en menor espacio. Ambientalmente amigable y optimizará la operación de esta. (Codensa, 2015)

La institución universitaria Pascual Bravo cuenta con una medida principal instalada en media tensión, por lo tanto, no tenía la información precisa y necesaria sobre el comportamiento de sus transformadores de potencia. En este trabajo se describe el diseño y puesta a punto del sistema para la medición de las variables asociadas a los transformadores de la institución. (Francisco Henao, 2017) La introducción debe ofrecer al lector una idea general de lo que los autores realizaron en el proceso de construcción de su proyecto.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

La energía eléctrica representa el principal insumo que mueve al mundo industrial; sin ella, nuestras empresas se detendrían y las economías enteras entrarían en crisis. Por eso es vital saber administrarla.

Actualmente, el estudio de la calidad de la energía eléctrica ha adquirido mucha importancia y tal vez la razón más importante es la búsqueda del aumento de productividad y competitividad de las empresas. Asimismo, porque existe una interrelación entre calidad de la energía eléctrica, la eficiencia y la productividad. (sistemas de informacion de eficiencia energetica y energias alternativas, 2008)

En Colombia la producción de energía primaria proviene de la hidroelectricidad, por la abundancia de agua en la mayoría de zonas del país, y en un segundo lugar de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), cuyas reservas ya se están agotando. (Colombia una potencia en energias alterntivas, 2010)

Los transformadores de potencia son los elementos más costosos en una subestación. El sistema de monitoreo en línea de diferentes variables, brinda utilidad de supervisión del transformador permitiendo incrementar su vida útil, mejorar las actividades de mantenimiento y evitar daños catastróficos. (Ingenieria eléctrica explicada, 2009)

1.2 Formulación

¿Cómo optimizar el uso de la energía teniendo datos tabulados que permitan realizar cálculos matemáticos por parte de futuros profesionales?

2. Justificación

El sistema de monitoreo de eficiencia energética mediante analizadores de red y comunicados de manera inalámbrica con protocolo Modbus RTU, es un sistema eficiente que permite obtener datos en tiempo real y que a su vez son almacenados para su posterior análisis.

Con este sistema se logrará evidenciar el comportamiento de las variables eléctricas por parte de los transformadores de potencia de la institución. Esto a su vez permitirá que se potencialice la experticia de los futuros profesionales quienes estarán en la capacidad de hallar soluciones a las novedades que se vayan presentando en las estaciones de monitoreo.

También es una forma de verificar y controlar el consumo de energía de la institución.

Teniendo así la oportunidad de comprobar los valores facturados por el comercializador de energía.

3. Objetivos

3.1 General

Diagnosticar el comportamiento de las variables eléctricas de los transformadores de potencia de la institución universitaria pascual bravo, a través de estaciones de monitoreo.

3.2 Específicos

Instalar 3 analizadores de red en las acometidas de baja tensión de los transformadores de potencia que no cuentan con sistema de monitoreo.

Parametrizar los analizadores de red con los datos que se van a monitorear de acuerdo a los equipos de medida ya existentes.

Crear la pantalla HMI para visualizar en tiempo real los datos obtenidos.

4. Marco teórico

4.1. Analizador de red

Estos equipos son analizadores de elevadas precisiones. Diseñados para ser utilizados de forma muy sencilla en cualquier instalación y para que su uso sea totalmente adaptable a cualquier tipo de medida requerida. Disponen de una memoria interna donde se guardan todos los parámetros deseados, totalmente programables.

Además, un mismo analizador puede contener varios softwares, cuyas aplicaciones vayan destinadas a distintos tipos de análisis.

Existe una gran variedad de analizadores los cuales exportan o muestran los parámetros eléctricos directa o indirectamente a través de displaye y transmiten por comunicaciones todas las magnitudes eléctricas medidas y/o calculadas.

Algunos analizadores son expandibles o modulares, pudiendo dotarlos de funciones adicionales asociables a cualquier parámetro eléctrico medido o calculado. (Parámetros-S). (Pallas, 2006)

Figura 1. Analizador de red Siemens



Fuente extraída de:

<http://www.inerin.com/infraestructuras/distribucion-y-proteccion-baja-tension/analizadores-de-redes/siemens/7km2112-0ba00-3aa0-siemens-sentron.html>

4.2. Equipo de medida

El buen funcionamiento de un organismo, una maquina etc. Dependen en gran medida del funcionamiento combinado de los distintos elementos que lo constituyen; si uno de ellos no realiza correctamente su función, se desencadena el mal funcionamiento de todo el sistema y en sectores industriales el paro de la producción. (Slideshare, 1998)

4.2.1 Tipos de medida: Existen tres formas diferentes de medir el consumo de energía de una instalación. Esto depende del nivel de tensión y la demanda de la instalación. También influyen otros aspectos de tipo comercial.

Medida directa: El buen funcionamiento de un organismo, una máquina etd. Dependen en gran medida del funcionamiento combinado de los distintos elementos que lo constituyen; si uno de ellos no realiza correctamente su función, se desencadena el mal funcionamiento de todo el sistema y en sectores industriales el paro de la producción. (Slideshare, 1998)

Medida semi-derecta: La medida que además del medidor requiere transformadores de corriente de baja tensión (TC). Esto porque la carga de la instalación demanda una corriente que supera la capacidad del medidor de directa (120 A). El transformador de corriente envía una señal de corriente al medidor reducida n veces (dependiendo de la relación de transformación). Estos medidores reciben las señales de tensión y de corriente por separado. Las señales de tensión se toman desde el barraje directamente. (ELECTRIC, 1999)

Medida indirecta: La medida que se utiliza para media, alta y extra alta tensión. Se utiliza el mismo medidor que para medición semi-derecta. Esta medida requiere transformadores de corriente más robustos adicionalmente transformadores de potencial (TP) que reducen la señal de tensión a 120 V para que pueda ingresar al medidor. (ELECTRIC, 1999)

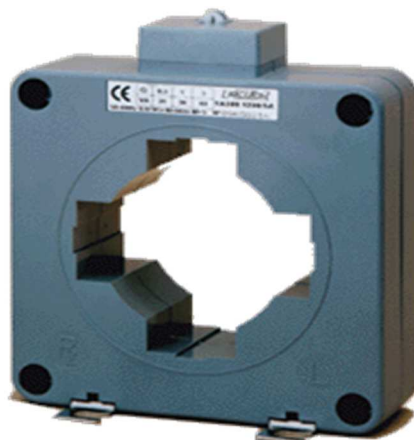
Figura 2. equipos de medida



Fuente extraída de:
<https://ingenieriaelectronica.org/mediciones-electricas/>

Transformadores de corriente: Un transformador de corriente utiliza el campo magnético de una corriente alterna a través de un circuito para inducir una corriente proporcional en un segundo circuito. Las funciones principales de un transformador de corriente son: medir la corriente, aumentarla o disminuirla (a menudo, esto último) y transmitir corriente a los controladores del sistema protector. (Srl, 2014)

Figura 3. Transformador de corriente



Fuente extraída de:

<http://patricioconcha.ubb.cl/transformadores/tipos.htm>

4.3 Sistema de gestión y auditoría

Las mejoras en la eficiencia como la adopción de muchas medidas de eficiencia energética representan un aumento del rendimiento de los procesos industriales debido a los costos económicos relacionados e Impactos.

La auditoría energética, una herramienta bien conocida para analizar el flujo de energía y evaluar las oportunidades de ahorro, uno de los pasos de una iniciativa de eficiencia energética.

4.3.1 Sistema de gestión: La sociedad actual necesita, para mantener su nivel de vida y de confort, un alto consumo energético. Por tanto, el reto consiste en buscar el desarrollo sostenible, manteniendo el nivel de actividad, de transformación y de progreso, pero ajustando las necesidades a los recursos existentes y evitando el derroche energético. (Martinez, 2012)

Los “modelos de gestión energética” en Colombia, se han desarrollado espontáneamente o tomando como referencia modelos externos. Se han limitado fundamentalmente a los siguientes aspectos: diagnósticos de eficiencia energética, monitoreo de indicadores energéticos, sustitución de fuentes primarias para el suministro de energía, cambios tecnológicos, y gestión de negociación y contratación de energéticos primarios. (Martinez, 2012)

Aplicaciones a un sistema de gestión: En Colombia existen antecedentes de elaboración de modelos de gestión energética para el sector productivo que han sido aplicados en las empresas. Los más representativos han sido:

- Modelo de control del consumo energético.
- Guía de buenas prácticas para el uso racional de la energía para el sector de las pequeñas y medianas empresas
- Modelo de mejora continua de la eficiencia energética
- Modelo de gestión integral de la eficiencia energética en ambientes competitivos

El análisis de los modelos de gestión aplicados en Colombia, y el trabajo de caracterización energética realizado entre los años 2001 y 2005 en 60 empresas de Barranquilla, permiten afirmar que un modelo de gestión energética, para que sea efectivo, debe de considerar el nivel de desarrollo del sector donde va a ser aplicado. (Antioquia, 2017)

Ure (Uso racional de la energía): Es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible.

La eficiencia energética se reconoce como una estrategia clave para hacer frente a tres desafíos relacionados con la energía: el cambio climático, la seguridad energética y el desarrollo económico, al menor costo para la sociedad. En los últimos años de la recesión económica, adquirió aún más relevancia en los países desarrollados, ya que existe más que nunca la necesidad de desvincular la recuperación económica y el crecimiento del consumo de energía. Sin embargo, a pesar de este reconocimiento formal, la eficiencia energética sigue siendo la característica menos comprendida y la más olvidada de la política energética global. (igac, 2001)

Uso eficiente de la energía: La utilización de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier

actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad, vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables. (igac, 2001)

4.4.2 Sistemas de auditoria: Un aspecto esencial para poder estudiar cualquier red eléctrica es el de disponer de instrumentos capaces de medir y registrar los principales parámetros de la misma. En efecto la medida es necesaria para que el operador conozca el estado del sistema eléctrico, para poder controlar la calidad del suministro, para cuantificar la energía consumida, para controlar las puntas de consumo, conocer si ha habido interrupciones y cuando se han producido, entre otros. (igac, 2001)

Aplicaciones de un sistema de auditoria: A nivel mundial con la aparición de los dispositivos electrónico inteligentes (IEDs) ha surgido la tendencia de automatizar las subestaciones eléctricas.

La IEC 61850 se ha convertido en la base para la implementación de subestaciones eléctricas automatizadas, y permitir la protección, el control y el equipo de medición de diferentes fabricantes a trabajar en la misma red Ethernet. Dependiendo de la disponibilidad requerida para cada subestación, diferentes esquemas y protocolos de protección que se adopten para las redes Ethernet, que aumentan la disponibilidad del sistema. Actualmente se utiliza el protocolo RTSP (Protocolo de árbol de expansión rápida de la plaza), sin embargo, para subestaciones con más conexión de la bahía, es necesario el uso de nuevos esquemas de protección que disminuyen e incluso eliminar los períodos de indisponibilidad. En el caso de un fallo en un segmento de la red, los protocolos de PRP (Parallel Redundancy Protocol) y el HSR (High-disponibilidad sin fisuras redundancia) entrará en juego. En este trabajo se ofrece una introducción a la norma IEC 61850, y un análisis de los protocolos de protección para redes LAN que utilizan para las conexiones del IED y los interruptores: RSTP, PRP y la ISS, y sus respectivas comparaciones, concluyendo criterios de selección de uno u otro en función del diseño de la subestación. (Zurita & Rodríguez, s.f.)

SCADA: Es un sistema basado en computadoras que permite supervisar y controlar a distancia una instalación de cualquier tipo. A diferencia de los Sistemas de Control Distribuido, capaces de realizar las acciones de control en forma automática, el lazo de control es generalmente cerrado por el operador. Hoy en día es fácil hallar un sistema **SCADA** realizando labores de control automático en cualquiera de sus niveles, aunque su labor principal sea de supervisión y control por parte del operador.

4.5. Fuentes de energía convencionales

Son fuentes convencionales de energía aquellas utilizadas de forma intensiva y ampliamente comercializadas en el país.

En Colombia la producción de energía primaria proviene de la hidroelectricidad, por la abundancia de agua en la mayoría de zonas del país, y en un segundo lugar de los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón), cuyas reservas ya se están agotando.

4.3 Fuentes de energía no convencionales

Las energías alternativas o renovables son las que se aprovechan directamente de recursos considerados inagotables como el sol, el viento, los cuerpos de agua, la vegetación o el calor interior de la tierra.⁸

La finalidad de la ley 1715 de mayo de 2014 es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional.

Igualmente, tiene por objeto establecer líneas de acción para el cumplimiento de compromisos asumidos por Colombia en materia de energías renovables, gestión eficiente de la energía y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, tales como aquellos adquiridos a través

de la aprobación del estatuto de la Agenda Internacional de Energías Renovables mediante la Ley 1665 de 2013.

Figura 4. Gestión Energética



Fuente extraída de:

<http://ipyc.net/sistemas-de-gestion/medioambiente/iso-50001-gestion-energetica.html>

4.5. Calidad de la energía

La calidad de la energía eléctrica puede definirse como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico.

A si mismo se ha determinado que uno de los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía eléctrica en las empresas es la calidad de esta, pues influye en la eficiencia de los equipos eléctricos que la usan.

4.5.1 Estándares de calidad: No existe hasta el momento una definición completamente aceptada del término calidad del suministro eléctrico o calidad de la energía eléctrica (“power quality”), siendo los estándares internacionales más empleados los siguientes:

- El estándar IEC 61000-4-30 define power quality como las “características de la electricidad en un punto dado de una red de energía eléctrica, evaluadas con relación a un conjunto de parámetros técnicos de referencia”.
- El estándar IEEE 1159-1995 define la calidad de la energía eléctrica como “una gran variedad de fenómenos electromagnéticos que caracterizan la tensión y la corriente en un instante dado y en un punto determinado de la red eléctrica”.

Figura 5. Calidad de la Energía



Fuente extraída de:

<http://iplinks.com.mx/servicios/calidad-de-energia>

5. Metodología

5.1. Tipo de Proyecto

Explicativo. Buscan encontrar las razones o causas que ocasionan ciertos fenómenos. Su objetivo último es explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da éste. Su realización supone el ánimo de contribuir al desarrollo del conocimiento científico

5.2. Método

Para la instalación de los equipos analizadores de red o estaciones de monitoreo, se enviaron a fabricar 2 cajas metálicas de 50(*altura*)x30(*ancho*)x20(*fondo*) cm.

En una de estas se instaló un analizador de red con todas sus conexiones y en la otra caja se instalaron dos (2) analizadores de red, cada uno con sus conexiones independientes.

Las cajas constan de una puerta con chapa de seguridad. En la puerta se realizaron las perforaciones para que los analizadores quedaran expuestos y se pudieran visualizar los datos del display.

En la parte inferior se hicieron las perforaciones necesarias para instalar los adaptadores tipo hembra para la conexión/desconexión de los cables de tensión y de corriente, así también para el neutro y la puesta a tierra, es decir, 4 terminales para las tres (3) fases, neutro y tierra. Debajo de estas perforaciones, otras tres (3) para las señales de corrientes con conector hembra tipo plug de 3,5mm.

Para los cables de tensión se utilizaron pinzas tipo caimán para 100 Amperios en uno de sus extremos, en el otro extremo se instaló la terminal tipo banana para ajustar con el adaptador instalado en la caja metálica. Así mismo con los cables de neutro y de puesta a tierra.

Para los cables de corriente se suministraron Transformadores de núcleo partido con relación 100/5A. Estos tienen conexión plug de 3,5mm que conectan con las terminales instaladas en la caja metálica.

Teniendo los equipos completamente armados y listos para usar, se procedió con la programación de los analizadores de red. Los mismos deben estar acorde al sistema de donde serán instalados. Se configuró el tipo de red que en el caso de la institución todos los sistemas son trifásico en conexión estrella, es decir, 3F 4H. Adicionalmente la relación de las tensiones que se configuró fue 5 a 5 por defecto. Esto porque en los niveles de tensión que siempre serán instalados estos equipos es en baja tensión, es decir, no podrían ser conectados a tensiones superiores a 600 V.

Para las corrientes, fue necesario programar los analizadores acordes a los transformadores de corriente que en este caso son de 100 a 5 Amperios, es decir, la corriente primaria se configuró en 100 A y la corriente secundaria se configuró en 5 A. De esta forma el display muestra las corrientes reales en su display.

Para el caso de la estación de monitoreo que aloja dos analizadores de red, fue necesario configurar su periférico para que al momento de ser consultados por el software se pudiera identificar cada uno de estos. En el menú se seleccionó la opción “periférico” y se asignó un número diferente para cada analizador, uno de los analizadores conservo su identidad inicial 01 y el segundo analizador con identidad 02, de esta manera se puede identificar cada uno de ellos.

Una vez se configuraron los equipos se procedió a crear la interfaz HMI para interactuar con la información suministrada por las estaciones de monitoreo.

Esta pantalla se creó con el software LabVIEW acrónimo de laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench en inglés, que nos permitió crear botones y una pantalla dinámica, fácil de interpretar por los futuros profesionales con el fin de realizar gráficos acordes a sus necesidades.

El software se maneja de forma portable y quedó instalado de manera permanente en el computador del profesor quien estuvo asesorando este proyecto.

5.4. Instrumentos de recolección de información

5.4.1 Fuentes primarias: Encuestas, observación directa y entrevistas

5.4.2 Fuentes secundarias: Libros técnicos, revistas técnicas, catálogos, periódicos e internet

6. Resultados

6.1. Instalación de analizadores

6.1.1 Hardware

Debido a las directrices de la institución de no instalar los equipos analizadores de red de manera permanente, fue necesario la ubicación de los equipos en cajas metálicas portátiles de manera que pudieran ser instalados y retirados por personal de la institución capacitado para la conexión y desconexión de las señales de tensión y corriente, así como la puesta a tierra.

Figura 6. Analizador de red Lovato DMG600



Fuente: extraída de

https://www.google.com.co/search?biw=1366&bih=662&tbm=isch&sa=1&q=analizador+de+red+lovato+dmg+600&oq=analizador+de+red+lovato+dmg+600&gs_l=psy-ab.3...352754.360156.0.360972.32.29.0.0.0.0.302.3801.0j16j5j1.22.0....0...1.1.64.psy-ab..10.13.2600...0j0i67k1j0i24k1.0._EMOwsxCcXk#imgsrc=KgAy-V7wQCcHLM:

El hecho de tener los equipos de manera portátil brinda una mayor eficiencia del uso de los mismos puesto que ha permitido ahorro en la compra de otros equipos y ahorros en cuanto a los mantenimientos que conllevaría alojar de manera permanente estos equipos en las subestaciones eléctricas de la institución. Cosa que traería consigo la necesidad de realizar suspensión del

servicio por periodos cortos con una periodicidad semestral que podría ocasionar daños en enclavamientos como seccionadores bajo carga o cajas primarias en puntos de conexión.

Figura 7. Caja metálica



Fuente: Foto tomada por Andres Felipe Álvarez Silva

Figura 8. Pinza de corriente de núcleo partido



Fuente: Foto tomada por Andres Felipe Álvarez Silva

Figura 9. Conectores de tensión



Fuente: Foto tomada por Andres Felipe Álvarez Silva

Al tenerlos armados y listos para instalarlos, se hicieron pruebas en los bloques que se mencionan a continuación:

Tabla 1.

Analizadores

Bloque	Transformador (kVA)	Ubicación	Tipo de Medida	Protección Principal	Transformadores de Corriente
Museo	45	Poste	Semi-Directa	3x125A	150/5
Cancha	45	Poste	Semi-Directa	3x150A	150/5

Fuente: Andres Felipe Álvarez Silva

En el esquema que se presenta a continuación se muestra el diagrama unifilar de la forma en la que se conectaron las estaciones de monitoreo:

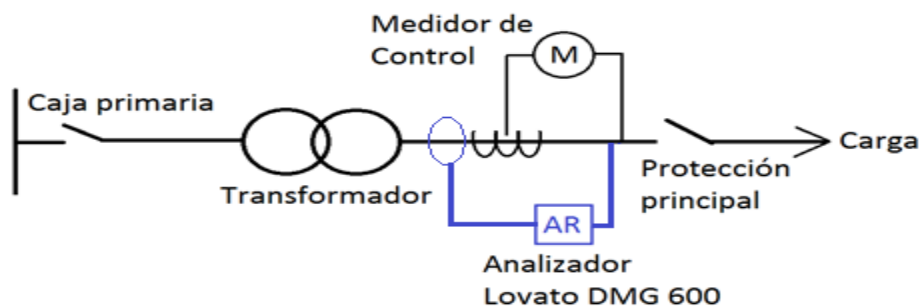


Figura 2. Diagrama unifilar del sistema de medición

Fuente: extraída de

https://www.google.com.co/search?safe=active&biw=1920&bih=949&tbm=isch&sa=1&q=Diagrama+unifilar+del+sistema+de+medici%C3%B3n.&oq=Diagrama+unifilar+del+sistema+de+medici%C3%B3n.&gs_l=psy-ab.3...434880.434880.0.436400.1.1.0.0.0.453.453.4-1.1.0....0...1.1.64.psy-ab..0.0.0....0.yGpHww074MY

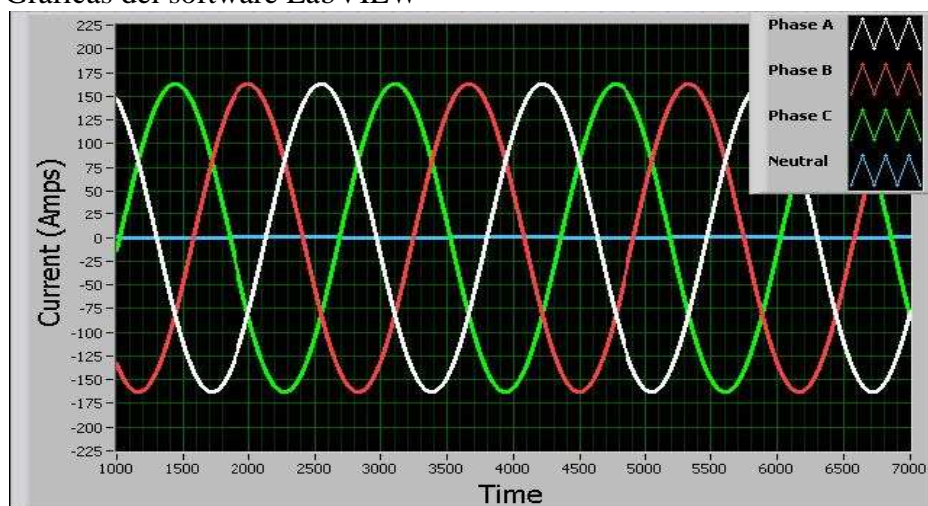
Al tener 2 sistemas de medición en el mismo punto nos permitió hacer comparaciones en cuanto a consumos de energía. Esta información permitió verificar incluso el estado de calibración de los medidores instalados por la institución, que a su vez nunca habían sido intervenidos para calcular los consumos de energía de los transformadores de potencia a los cuales pertenecen. Esto teniendo presente la precisión de cada equipo (medidor – analizador), siendo más preciso en sus registros el analizador de red.

Teniendo esta información, los futuros profesionales podrán compara teniendo como base las normas de referencia que aplique a cada variable eléctrica, así se pueden ajustar las condiciones de modo que se reflejen ahorros significativos para la institución y que estos a su vez puedan ser invertidos en fuentes no convencionales.

6.1.2 Software

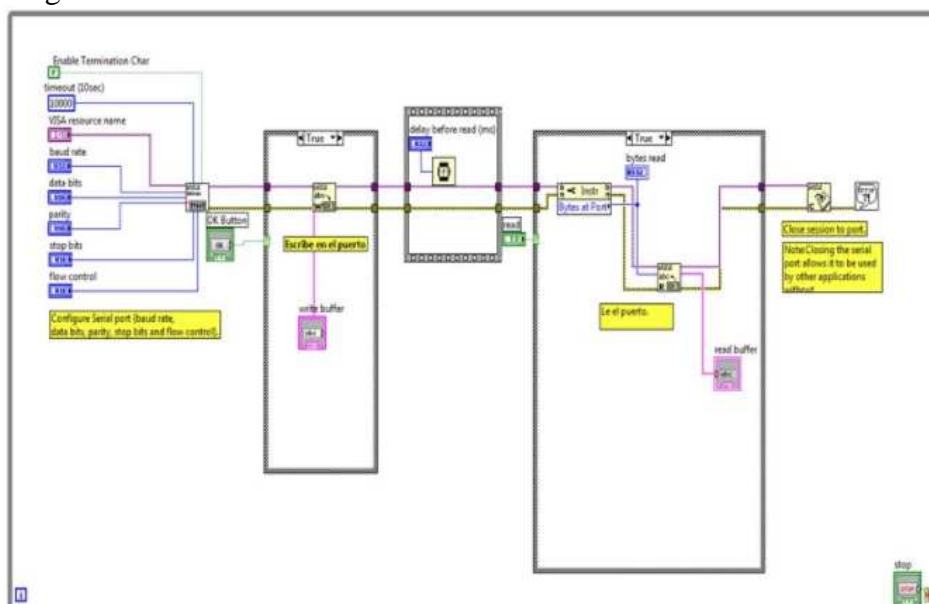
Con el software LabVIEW, se logró crear una interfaz gráfica de fácil aplicación e interpretación. Con esta se logró graficar curvas de las variables eléctricas, esto para identificar posibles conexiones de paneles solares para suministro de energía fotovoltaica o de la fuente eólica.

Figura 10. Gráficas del software LabVIEW



Fuente: Foto tomada por Andres Felipe Álvarez Silva

Figura 11. Diagrama del software LabVIEW



Fuente: Foto tomada por Andres Felipe Álvarez Silva

Otra aplicación que nos permitió realizar pequeños informes de calidad fue la posibilidad de tabular los datos almacenados y exportados a libro de Excel, la cual nos permitió visualizar la información por medio de tablas, diagramas de barras, fórmulas matemáticas para realizar un entregable que evidencia el consumo de energía de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

6.1.3 Resumen de resultados

En los siguientes cuadros se pueden observar las desviaciones de tensión correspondientes a cada medidor de la institución en el punto de medición:

Tabla 2.

Transformador Museo 45 KVA.

TRANSFORMADOR MUSEO 45 KVA										
Equipo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia6	Dia7	Dia8	Dia9	Dia10
Medidor (KWh)	131,5	115,8	109,7	133,2	125,8	112,2	100,9	138,1	122,5	117,4
Analizador de Red (KWh)	130,27	114,9	108,8	132,3	124,8	111,4	100	137,2	121,7	116,5
Desviación %	0,94%	0,78%	0,83%	0,68%	0,80%	0,72%	0,90%	0,66%	0,66%	0,77%

Fuente: Andres Felipe Álvarez Silva

Tabla 3.

Transformador Cancha 45 KVA

TRANSFORMADOR CANCHA 45 KVA										
Equipo	Dia1	Dia2	Dia3	Dia4	Dia5	Dia6	Dia7	Dia8	Dia9	Dia10
Medidor (KWh)	79	85	88,2	78,5	95	68,7	70,3	81	83,4	90,1
Analizador de Red (KWh)	78,2	84,1	81,4	77,7	94	66,9	69,1	80,2	82,2	89,3
Desviación %	1,02%	1,07%	8,35%	1,03%	1,06%	2,69%	1,74%	1,00%	1,46%	0,90%

Fuente: Andres Felipe Álvarez Silva

Tabla 4.

Resumen de resultados transformador de 45 kVA Museo

Medidas	L1	L2	L3
Corriente máxima (A)	85.42	88.18	52.47
Tensión máxima de Fase (V)	132.61	134.15	133.89
Tensión mínima de Fase (V)	123.73	125.21	124.89
Desviación superior de tensión de fase (%)	2.01%	3.19%	2.99%
Desviación inferior de tensión de fase (%)	-4.82%	-3.68%	-3.93%
F.P promedio	0.94		

Fuente: Andres Felipe Álvarez Silva

La variación máxima de tensión se presentó en la fase L2, con respecto a la tensión nominal, esta variación es del 0.60% tal como se muestra en la Tabla 5. Esta variación no representa riesgo de daño para equipos electrónicos.

6.1.4 Análisis de desbalance de corrientes

Tabla 5.

Desbalance de corrientes

CORRIENTE EN FASES			
	L1	L2	L3
MÁXIMO	85.42	88.18	52.47
PROMEDIO	81.27	71.52	41.77
MINIMO	76.36	61.70	11.12
DESBALANCE MINIMO	0.01%	0.18%	0.01%
DESBALANCE PROMEDIO	15.06%	16.22%	30.99%
DESBALANCE MAXIMO	33.62%	34.64%	68.26%
DESBALANCE PROMEDIO		31.14%	

Fuente: Andres Felipe Álvarez Silva

El máximo desbalance de corriente durante el tiempo de registro se presentó en la fase L3 y fue del 68.26%, tal como se muestra en la Tabla 6.

Estado de Carga. Para la instalación eléctrica perteneciente a la SUBESTACION, los kVA estimados en uso por esta instalación son los siguientes:

Para la instalación eléctrica, según su carga los kVA estimados en uso por esta instalación eléctrica son de 39.05 kVA.

El valor se toma de acuerdo al barrido de lecturas de demanda con carga sostenida.

Análisis de frecuencia. Durante el periodo de medición no se presentaron desviaciones superiores (+1%) e inferiores (-1%), teniendo en cuenta la frecuencia nominal de la red (60 Hz). Dichas desviaciones no resultan perjudiciales para equipos de tolerancia normal o crítica.

6.2 Parametrización de los analizadores de red.

Los analizadores Lovato DMG 600 se parametrizaron para tomar los datos de las variables eléctricas siguientes:

- Voltajes entre fases
- Voltajes de fase
- Corriente Fase-Neutro
- Potencia Activa
- Potencia Reactiva
- Potencia Aparente
- Factor de potencia
- Frecuencia
- Distorsión Armónica de tensión L-L
- Distorsión Armónica de tensión L-N
- Distorsión Armónica de corriente
- Contadores de Energía
- Contador Horario

La parametrización de los equipos se hizo con ayuda del manual del analizador de red.

Con la tecla MENU permite entrar o salir de los distintos menús de visualización y configuración. Las flechas permiten desplazarse por las páginas de video, seleccionar las opciones disponibles en pantalla y modificar la configuración(aumentar/disminuir).

Algunas medidas puede que no se muestren, esto depende de la configuración y del sistema, por ejemplo, si está programado para utilizarse con un sistema sin neutro, las medidas relacionadas con el neutro no se van a mostrar.

Para establecer los límites (valores máximos y mínimos) tuvimos en cuenta las normas de referencia que son las que se muestran a continuación:

Tabla 6.
Normas de referencia

PARAMETRO	NORMA DE REFERENCIA
Tensión nominal acordada entre el OR y el usuario en el punto de conexión común	CREG 025 DE 1995 y NTC 1340
Frecuencia	NTC 5001
Desbalance de Tensión al interior de la instalación	IEEE Std 1159-1995 y ANSI C50,41,4,2
Desbalance de tensión en el punto de conexión común	NTC 5001
Desbalance de corriente al interior de la instalación	IEEE Std 446-1995
Desbalance de corriente en el punto de conexión común	NTC 5001 y IEEE Std 446-1995
Contenido de armónicos de tensión y corriente en las fronteras comerciales	Guía IEEE 519-1992
THD de corriente en transformadores	ANSI/IEEE C57,12,00
Factor de potencia	CREG 025-1995
Prácticas recomendadas para el monitoreo de la calidad de potencia	IEEE 1159
Instalación Eléctrica	RETIE y NTC 2050

Fuente: Diseño de Stiven Andres Bedoya Zapata

6.3 Creación de la Interfaz Gráfica-HMI.

La energía eléctrica es el principal insumo de una instalación, por ello es de vital importancia tener un control preciso y adecuado que permita optimizar su uso. Todo esto se traduce en términos económicos importantes para la instalación.

Aproximadamente el 55% de la energía eléctrica producida es consumida por los sectores comercial e industrial. Por lo tanto, el buen uso de la energía eléctrica le permite, a su empresa, ser cada vez más competitiva, en una economía que tiende a la globalización, así el ahorro de energía es una alternativa viable para reducir costos de operación y mejorar los niveles de competitividad dentro del mundo industrial.

En su momento el abundante recurso energético no renovable (carbón y petróleo) hizo adquirir en su uso hábitos erróneos difíciles de corregir, provocando así en una primera instancia una utilización ineficiente de la energía. Esto fue llevando con el tiempo a un uso irracional, por lo que hoy en día esta manera de comportarnos nos conduce a un cuello de botella en el aprovechamiento integral de las distintas fuentes de energía. (consecuencias del uso no racional de la energía. Cap 7, 2011)

El agotamiento de las fuentes tradicionales de energía (combustibles fósiles) ha puesto a la mayoría de países del mundo a encontrar soluciones en energías alternativas. Colombia tiene un gran potencial en la generación de este tipo de energías por su posición geográfica y ya está trabajando en ello.

Por ello, el gobierno pretende impulsar el uso de energías alternativas con la ley 1715 del 13 de mayo de 2014. La finalidad de esta ley es establecer el marco legal y los instrumentos para la promoción del aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable, lo mismo que para el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía, la eficiencia energética y la respuesta de la demanda, en el marco de la política energética nacional. (UPME, 2014)

Adicionalmente, Con el fin de conocer el estado y la operación de las instalaciones eléctricas, se realiza el monitoreo de parámetros eléctricos en circuitos alimentadores y derivados. (SERVELEC, 2016)

La gran barrera que encontramos en la institución universitaria, es no contar con la información adecuada que nos permita planificar, gestionar y controlar de manera autónoma el uso de nuestros recursos y potencializar nuestra experticia, enfocando todo hacia la implementación de un sistema de gestión energético sencillo, a nuestro alcance y con resultados concretos y medibles.

Con las nuevas opciones inteligentes, podemos aplicar los beneficios de la transformación Smart Grid, logrando la participación del consumidor, proporcionando el monitoreo y el control necesario para gestionar automáticamente su propia carga y seleccionar diferentes fuentes de energías alternativas, como respuesta a señales de precios y opciones del mercado disponibles que le permita actuar de forma eficiente, sostenible, rentable y segura.

Las empresas de energía modernizan sus subestaciones para ofrecer a Colombia un mejor sistema eléctrico nacional.

Por ejemplo, Enertolima tiene 12 unidades automatizadas, que son vigiladas, desde Ibagué, con un sistema SCADA, al que se han integrado señales para monitoreo y operación de otros equipos instalados en redes y subestaciones de todo el departamento del Tolima.

Epsa (Empresa de Energía del Pacífico S.A.) realiza la modernización de sus equipos, utilizando nuevas tecnologías bajo la Norma IEC 61850, que mejorará el control y la protección. Esto permitirá intercambiar información entre los dispositivos electrónicos inteligentes (IED) de las subestaciones, por lo que se está reemplazando el cableado de control y protección por fibra óptica.

Con este plan, Epsa logrará tener mayor y mejor información en tiempo real de las anomalías del sistema de distribución; capacidad de reacción más rápida y disminuir los desplazamientos de técnicos, teniendo acceso virtual de los dispositivos.

Por su parte, EPM, en la construcción de la subestación de transformación llamada 500/230kV, que tiene a cargo en el proyecto Nueva Esperanza, utiliza tecnología de punta y será automatizada y encapsulada. El beneficio será prestar el mismo servicio en menor espacio. (La automatización se está tomando las subestaciones, 2015)

En este proyecto, se instaló un sistema de monitoreo con equipos analizadores de red en las subestaciones eléctricas que hay actualmente en la institución universitaria Pascual Bravo. A

través de un sistema tipo SCADA se enlazaron estos equipos analizadores y se recopiló la información de variables eléctricas.

Los datos registrados permitieron determinar el estado actual de los sistemas de potencia de cada una de las subestaciones eléctricas de la institución universitaria, esto a su vez presentó una oportunidad a la mejora, desde el punto de vista energético y económico, permitiendo la interacción de otros estudiantes en niveles inferiores de la carrera ingeniería eléctrica.

7. Conclusiones

Al construir estaciones de monitoreo portátiles, permite no incurrir en gastos de mantenimiento lo cual a su vez implica interrupción del servicio de energía para ello. De esta manera los equipos pueden ser retirados en cualquier momento por personal calificado según normatividad vigente.

Al monitorear las variables eléctricas se pudo determinar la calidad en el suministro de energía eléctrica por parte del operador de red EEPPM lo cual permite realizar las reclamaciones pertinentes.

Al registrar automáticamente los parámetros eléctricos se permitió el ahorro en los tiempos permitiendo que el personal de mantenimiento de la institución realice otras tareas. Además, ayudó a conocer el rendimiento y la eficiencia de los transformadores de potencia.

Al analizar el **Estado de Carga** de los transformadores de potencia se pudo obtener datos precisos para la instalación de posibles nuevas cargas sin sobrepasar la capacidad de los mismos.

La HMI permitió el registro de los parámetros eléctricos en una base de datos y generar reportes de calidad y Estado de Carga por horas o días. Las bases de datos permiten tener un histórico de parámetros que a su vez permite realizar cálculos necesarios para la instalación de fuentes no convencionales de energía eléctrica basados en la ley 1715.

El monitoreo permite identificar con rapidez cualquier tipo de falla que pueda existir y la ubicación exacta de la misma, de esta forma se reducen los tiempos de mantenimiento y por lo tanto se incrementa la eficiencia de los transformadores de potencia.

8. Recomendaciones

Realizar un *check list* de la herramienta necesaria previo a la instalación de los equipos.

Realizar una inspección previa en la cual se logre dimensionar los transformadores de corriente necesarios para cada uno de los puntos. En esta inspección se debe tener presente detalles como el diámetro interno de las ventanas de los transformadores para evitar reprocesos y demoras en la instalación. Adicionalmente se requiere estar atento al sentido en el que circula la corriente en la acometida para saber posteriormente cuales son las señales que debe ir desde el transformador hasta el analizador.

Capacitar al personal de mantenimiento en la manipulación de los equipos instalados. Adicionalmente en la programación de los analizadores.

Para un manejo adecuado de la seguridad de la HMI es recomendable cambiar las contraseñas cada cierto periodo de tiempo.

Solicitar la revisión del estado de calibración del medidor de energía principal.

Revisar de acuerdo al CCU del comercializador de energía si las desviaciones de los medidores se encuentran dentro del rango

9. Referencias bibliográficas

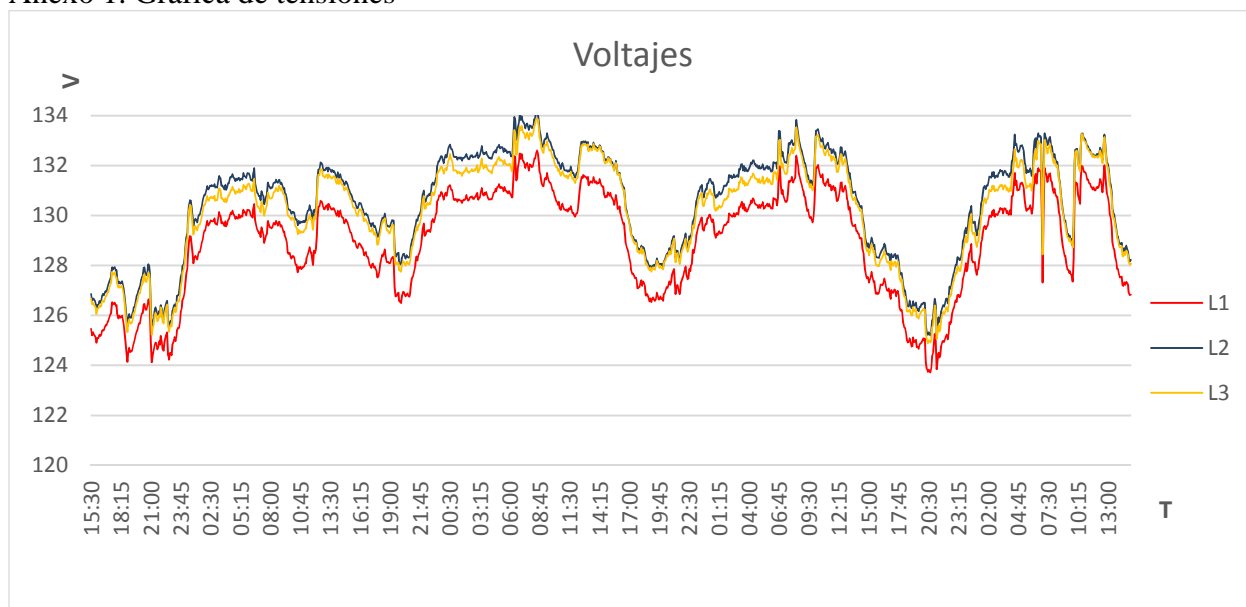
- Colombia una potencia en energias alterntivas.* (2010). Obtenido de Ministerio de educacion nacional: <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>
- consecuencias del uso no racional de la energia. Cap 7.* (2011). Obtenido de www.iapg.org.ar/sectores/olimpiadas/certamenes/listados/2011/Usocapitulo7-8.pdf
- ELECTRIC, S.* (1999). Obtenido de <http://www.um.es/docencia/mmc/pdf/telesquemario.pdf>
- GODOFREDO, I.* (29 de 06 de 2012). Obtenido de <http://www.instalacionesgodofredo.es/blog/electricidad/elementos-de-proteccion-en-instalaciones-electricas.html>
- igac.* (2001). Obtenido de http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/LEY6972001.pdf
- Ingenieria eléctrica explicada.* (2009). Obtenido de Monitoreo en linea de transformadores de potencia: <http://ingenieriaelectricaplicada.blogspot.com.co/2009/12/monitoreo-en-linea-de-transformadores.html>
- La automatizacion se está tomando las subestaciones.* (2015). Obtenido de <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/automatizacion-tomando-subestaciones-30988>
- Maquinarias agrícolas.* (27 de 9 de 2017). Motor diesel. Obtenido de <http://maquinariasagricolas.blogspot.com.co/>
- Martinez, F. J.* (2012). *EFICIENCIA ENERGETICA EN EDIFICIOS. PARANINFO.*
- Pallas, R.* (2006). Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=pMfgL_SimNQC&pg=PA278&dq=analizador+d+e+red&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=analizador%20de%20red&f=false
- SERVELEC.* (2016). *Asistencia tecnica prado, SA de CV.* Obtenido de <http://www.servelec.mx/monitoreo-de-parametros-electricos.html>
- sistemas de informacion de eficiencia energetica y energias alternativas.* (2008). Obtenido de [si3ea: http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf](http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Docs/calidad.pdf)
- Slideshare.* (1998). Obtenido de <https://es.slideshare.net/l0svengadores/instrumentos-de-medicin-elctrica-41834937>

Srl, E. (2014). Obtenido de http://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/26anuario_baja_calidad_2.pdf

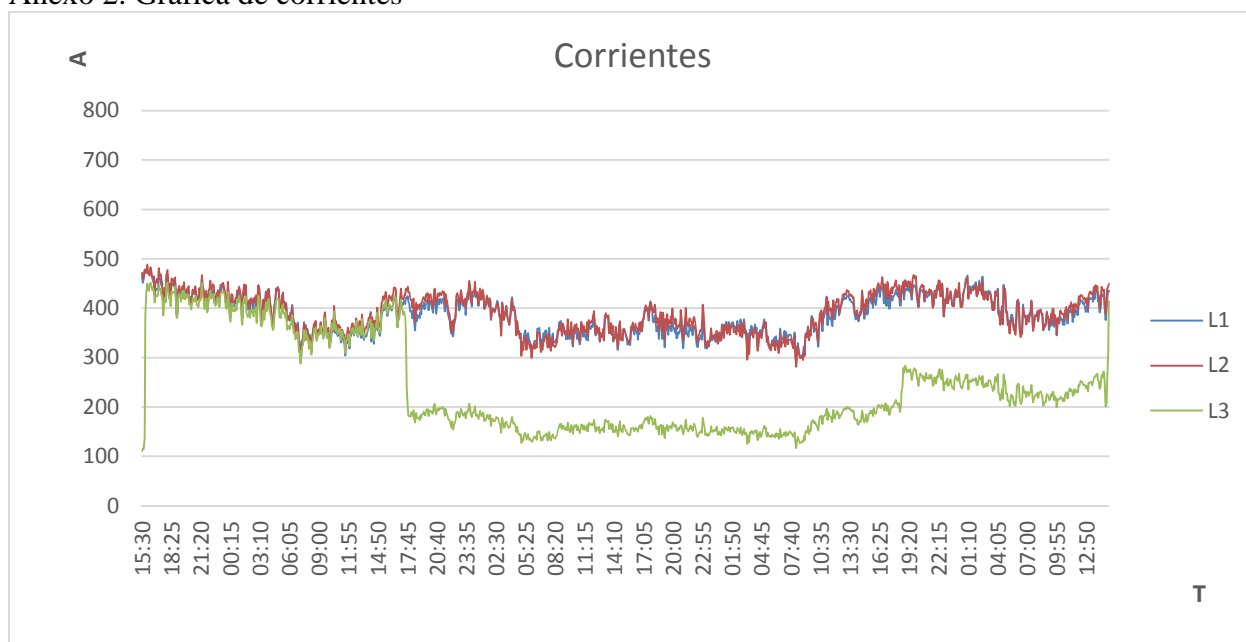
UPME. (mayo de 2014). Obtenido de http://www.upme.gov.co/Normatividad/Nacional/2014/LEY_1715_2014.pdf

10. Anexos

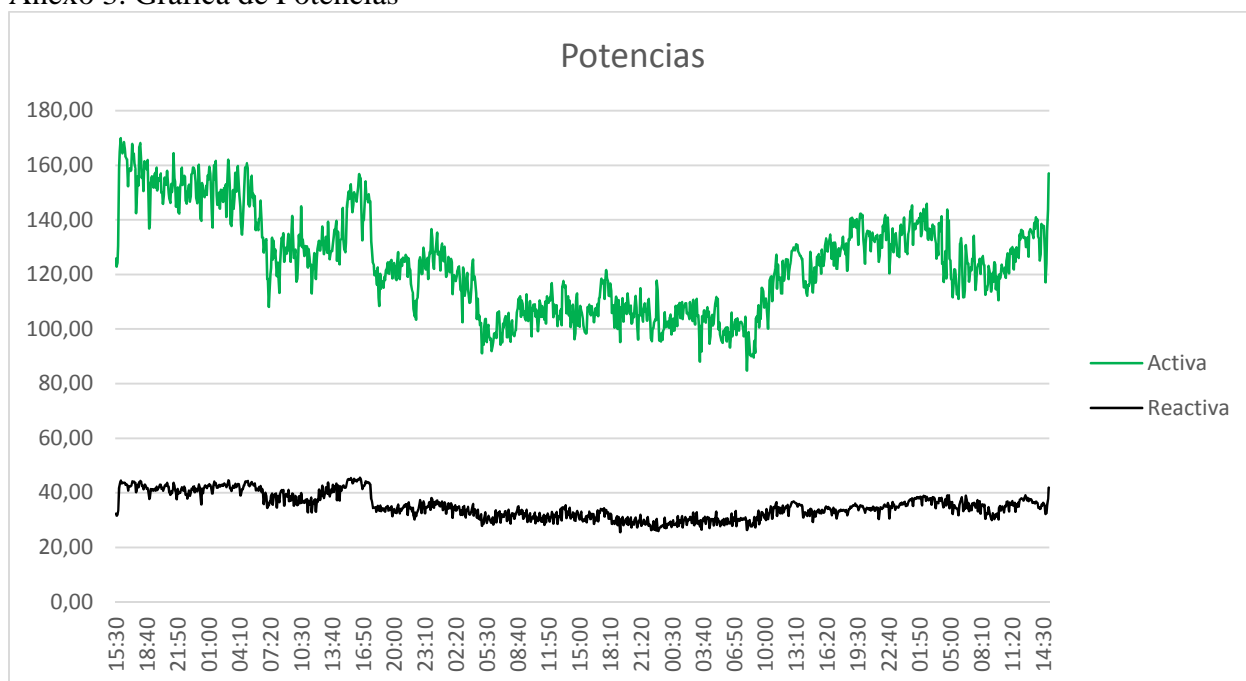
Anexo 1. Gráfica de tensiones



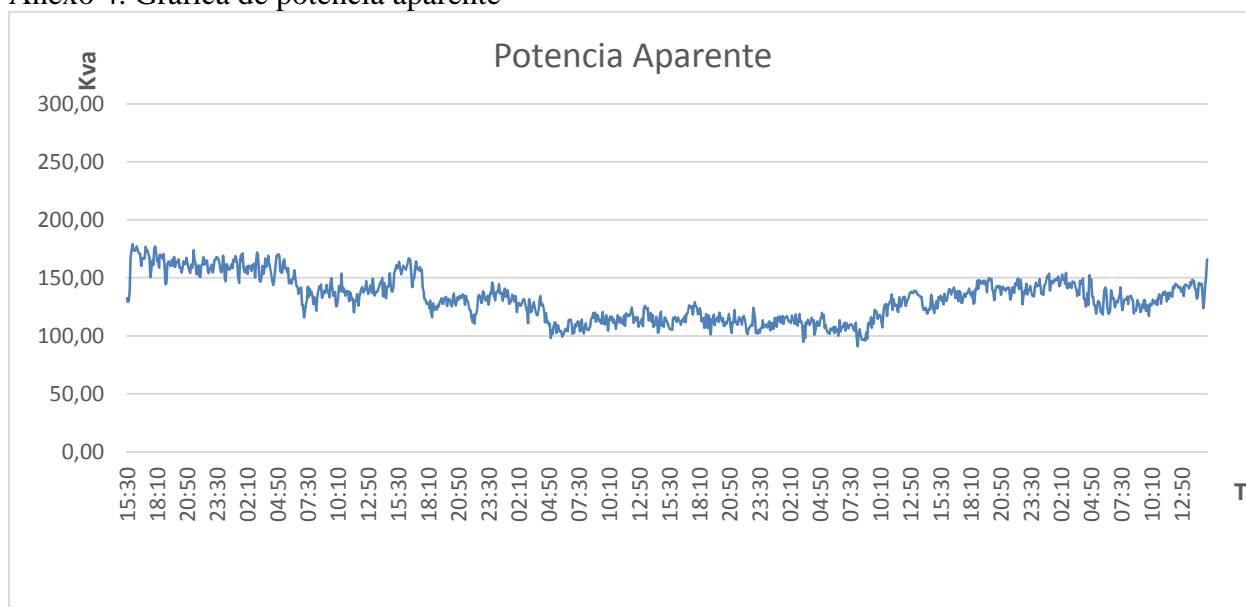
Anexo 2. Gráfica de corrientes



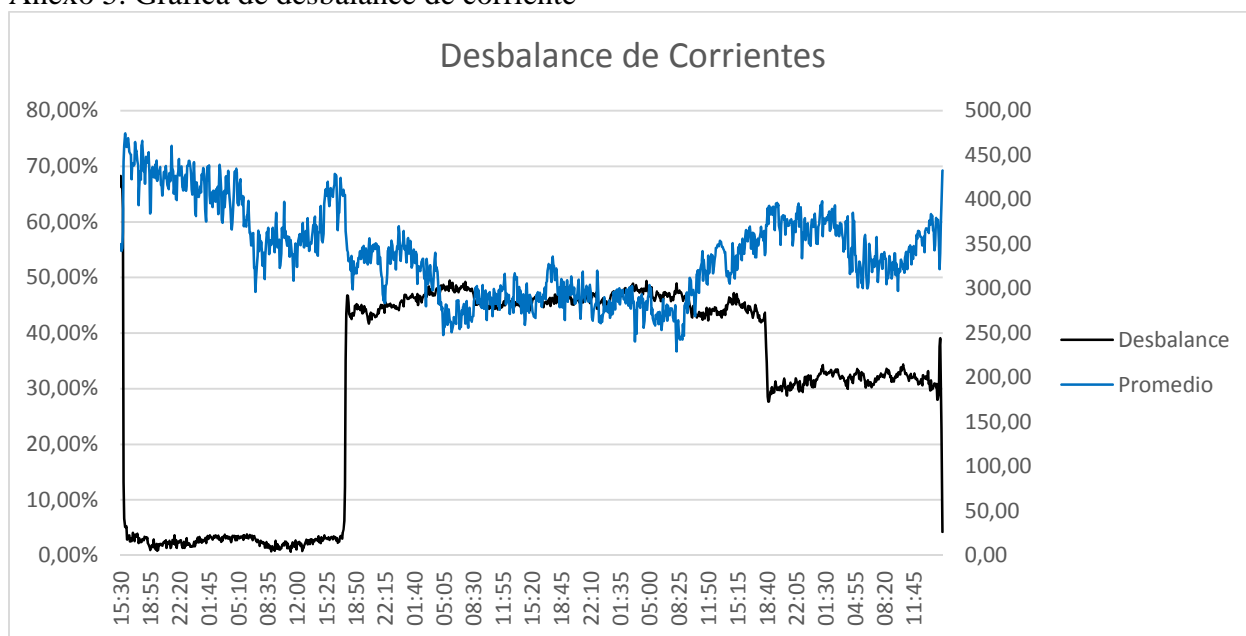
Anexo 3. Gráfica de Potencias



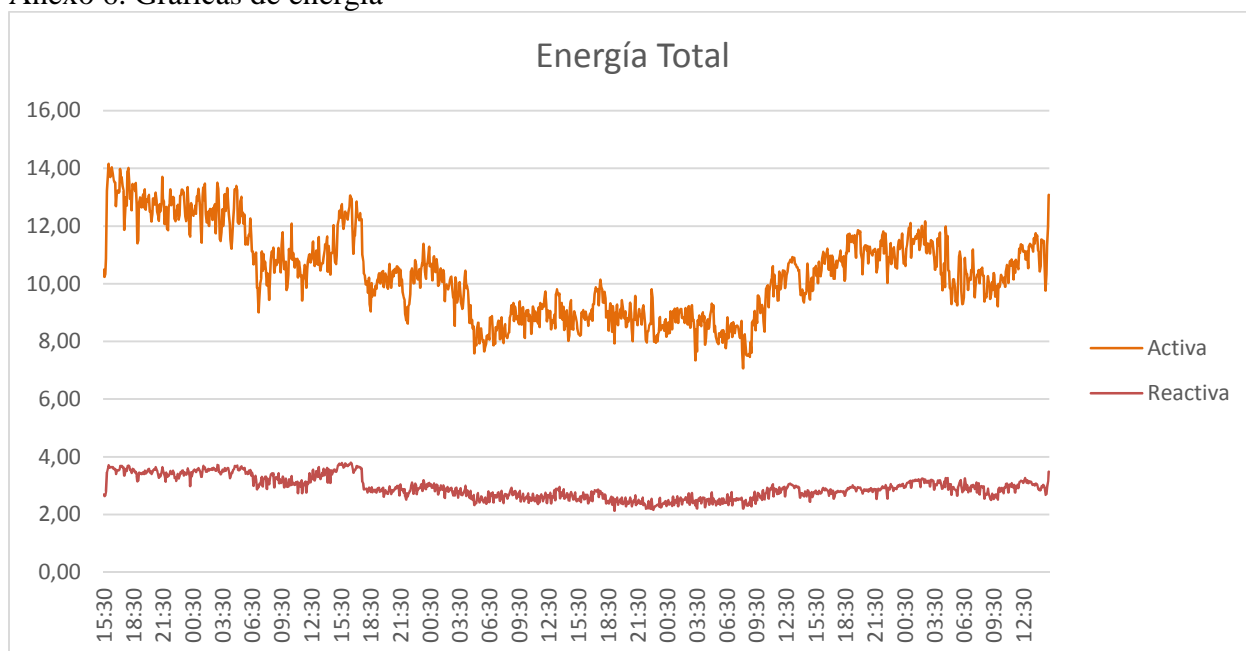
Anexo 4. Gráfica de potencia aparente



Anexo 5. Gráfica de desbalance de corriente



Anexo 6. Gráficas de energía



Anexo 7. Gráfica de factor de potencia

