

**DISEÑO DE LOS COMPONENTES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA  
INTEGRADA A LA PLATAFORMA BMS, EN LA NUEVA SUBESTACIÓN DEL  
CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**JOSE EDUARDO ESCALANTE ESPEJO  
FREDY ALBERTO BURGOS RUEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2017**

**DISEÑO DE LOS COMPONENTES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA  
INTEGRADA A LA PLATAFORMA BMS, EN LA NUEVA SUBESTACION DEL  
CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER**

**JOSE EDUARDO ESCALANTE ESPEJO  
FREDY ALBERTO BURGOS RUEDA**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electricista**

**Director:  
MANUEL JOSÉ ORTIZ RANGEL  
MSc en Ingeniería Eléctrica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2017**

## DEDICATORIA

A Dios por brindarme la bendición de gozar de una espectacular familia que han sido la base de mi formación personal.

A mi madre María Nubía Rueda Peña que con su gran amor, arduo trabajo y apoyo incondicional logro brindar un mejor futuro para sus tres hijos. La mujer que me enseñó que en la vida nunca se va a estar solo, que siempre tendrás a una persona apoyándote. A mi padre Alcides Burgos Soto, que es ejemplo de trabajo y entrega hacia su familia, quien me demostró que cualquier problema que se tenga en la vida tiene solución, y que se tiene que poner todo de sí para resolverlo.

A mi hermano Juan Guillermo y hermana Laura Daniela que han sido un gran apoyo, que siempre están guiándome y aconsejándome en las decisiones que se deben tomar. A mi amada Carolina Paternina, quien me apoyo incondicionalmente en estos últimos semestres, mujer que me ha brindado su cariño y me ha estado animando a salir y seguir adelante.

A la familia Burgos Soto por el constante apoyo que me han brindado en los momentos difíciles, y que me han enseñado a disfrutar y gozar de las pequeñas cosas de la vida.

A la familia Rueda Peña que me han enseñado que la familia unida brinda la alegría necesaria para seguir luchando a pesar de los problemas.

A mis amigos, que me brindaron alegría en los momentos de desánimo. A mi amigo y compañero Jose Escalante con quien compartí el final de este ciclo Universitario y fue una de las personas que me animaron a terminar satisfactoriamente el presente trabajo de grado. A German Espinosa un amigo y hermano incondicional que me apoyo en gran parte de mi formación como profesional.

**FREDY ALBERTO BURGOS RUEDA**

## DEDICATORIA

A Dios, que con Él todo es posible.  
A mi Madre motor de mi vida, guerrera incansable, mujer maravillosa de carácter fuerte, el mejor ejemplo de fortaleza ante la adversidad.  
A mi “Epi” motivación para ser el mejor ejemplo de todos; por compartir tantos momentos buenos y malos, por tu incondicional apoyo.  
A mi viejita Luci por tanto apoyo, por tantos consejos.  
A mi tío Richard por ser un papá más para mí, por su mano siempre extendida, sus enseñanzas y entereza ante los retos.  
A mis viejos que me hacen falta como nada en el mundo, para ustedes.  
A mi “Pao hermosa”, a ti que me diste tu mano y tu corazón cuando más lo necesitaba.  
A mi Partner Fredy, gracias a su amistad, paciencia, trabajo arduo y apoyo incondicional fue posible alcanzar la meta, gracias de verdad.  
A mis amigos en este largo camino, amigos de incalculables vivencias que ha dejado nuestro paso por la Universidad.  
A todas las personas que me dieron su granito de arena para que esto fuese posible.  
“Que sin sabores dejan los logros cuando no puedes inflar de orgullo el pecho de tus seres amados.”

Jose Eduardo Escalante Espejo

*“La educación es lo que queda después de olvidar lo aprendido en la escuela”*

*Albert Einstein*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al ingeniero MIE. Manuel José Ortiz, director de nuestro trabajo de grado por sus conocimientos aportados, tiempo dedicado y colaboración durante el desarrollo del proyecto.

Al Dr. Gabriel Ordoñez Plata por brindarnos su colaboración durante el desarrollo del trabajo de grado.

Al Ingeniero Jorge Paternina por su tiempo y dedicación en la elaboración de la solución de comunicaciones propuesta en la tesis.

A los Ingenieros de Schneider Electric por el tiempo dedicado y asesoramiento prestado de la solución propuesta en el proyecto.

A todos los profesores por la orientación en el proceso de crecimiento intelectual y personal durante toda la carrera.

A la Universidad Industrial de Santander, alma mater y cuna del conocimiento adquiridos durante esta etapa de aprendizaje.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	15
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	18
1.1 OBJETIVO GENERAL	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
<b>2. PROBLEMA</b>	<b>20</b>
<b>3. GENERALIDADES</b>	<b>22</b>
3.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UIS.	23
<b>4. MARCO TEÓRICO.</b>	<b>25</b>
4.1 MARCO LEGAL, REGLAMENTARIO Y NORMATIVO	25
4.1.1 Marco normativo	25
4.1.2 Marco reglamentario	29
4.1.3 Marco Legal	31
4.2 VISIÓN INSTITUCIONAL.	33
4.3 CONCEPTOS Y ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA.	36
4.4 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA.	37
4.4.1 Vehículo eléctrico.	38
4.4.2 Domótica e inmótica.	40
4.4.3 Energía solar y paneles fotovoltaicos.	42

<b>5. METODOLOGÍA</b>	47
5.1 INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO ACTUALES.	47
5.2 DISEÑO DE LOS COMPONENTES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA.	53
5.2.1 Celdas modulares	53
5.2.2 Power Monitoring Expert (PME)	54
5.2.3 Control de cambios de diseño.	56
5.2.4 Ajustes de ingeniería.	59
5.2.5 Selección de medidores.	61
5.2.6 Servicios auxiliares de la subestación principal.	65
5.2.7 Integración con el PME	66
5.3 AJUSTE PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.	67
<b>6. OBSERVACIONES</b>	73
<b>7. CONCLUSIONES</b>	74
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	76
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	77
<b>ANEXOS</b>	82

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Red de MT existente en el diseño actual de la UIS. ....	23
Figura 2. Evolución de la capacidad instalada y la potencia máxima del país (1995 - 2015). ....	25
Figura 3. Consumo per cápita de los países del mundo (kWh per cápita) - 2013..	26
Figura 4. Evolución del consumo de energía eléctrica de algunos departamentos del SIN GWh/Año 2012 -2015.....	27
Figura 5. Modelo de sistema de gestión. ....	36
Figura 6. Mitsubishi iMiEV. ....	40
Figura 7. Campos de acción de la domótica. ....	41
Figura 8. Laboratorio de energía solar de EPSA. ....	43
Figura 9. Parámetros por región para la gestión energética. ....	44
Figura 10. Ciclo para la gestión energética.....	45
Figura 11. Tren de celdas de 17,5 kV. ....	49
Figura 12. Celda PREMSET. ....	54
Figura 13. Arquitectura de comunicación.....	67
Figura 14. Sistema Eléctrico Proyectado de la UIS. ....	71

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Pasos para la implementación del SGIE.....	35
Tabla 2. Demanda instalada. ....	48
Tabla 3. Descripción del diseño actual. ....	50
Tabla 4. Funciones del PME.....	56
Tabla 5. Descripción de ajustes relevantes. ....	57
Tabla 6. Clasificación puntos de medición.....	60
Tabla 7. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida...60	60
Tabla 8. Selección de Medidores de Energía. ....	63
Tabla 9. Medidores de Energía Seleccionados. ....	63
Tabla 10. Presupuesto de Inversión. ....	69

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A CONFIGURACIÓN DE CELDAS AGUAS DEBAJO DE LOS TRASFORMADORES DE 4MVA	82
ANEXO B. ACTAS	83
ANEXO C. CUADRO DE CONSUMO	84
ANEXO D. FORMATOS	85

## RESUMEN

**TÍTULO:** DISEÑO DE LOS COMPONENTES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA INTEGRADA A LA PLATAFORMA BMS, EN LA NUEVA SUBESTACIÓN DEL CAMPUS PRINCIPAL DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER.

**AUTORES:** JOSE EDUARDO ESCALANTE ESPEJO  
FREDY ALBERTO BURGOS RUEDA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Comunicación, monitorización, analizador, subestación, Protocolo, Automatización, celda.

### DESCRIPCION:

La gestión energética es necesaria para obtener resultados de ahorro energético por medio de la integración de equipos en cualquier sistema eléctrico que contribuya a los procesos requeridos por una edificación. Para el acoplamiento de estos componentes de gestión es necesario realizarlos por medio de un software compatible.

En la búsqueda de la seguridad y el confort de las personas, además del uso adecuado de la electricidad, se han originado avances tecnológicos que han contribuido al mejoramiento en la calidad del suministro de la energía eléctrica. La Universidad Industrial de Santander (UIS), ha adoptado un sistema de automatización denominado BMS (Building Management System o Sistema de Automatización de Edificios), sistema que pretende lograr un considerable ahorro en el consumo energético y el uso racional de la energía a través de una edificación sostenible, este servidor mejora el suministro eléctrico con la integración de equipos que tengan la capacidad de monitorización, gestión y comunicación.

El presente proyecto busca integrar dispositivos que brinden confiabilidad con la integración de equipos de medida y protección, facilitando la recopilación de información que permitan tomar decisiones ante una falla en el sistema eléctrico de la UIS. Contiene la actualización de precios, además de la integración de las actividades necesarias para la debida instalación y puesta en marcha de todos los componentes necesarios en la ejecución del presente proyecto.

---

\* Proyecto de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, Director: Manuel José Ortiz R. Codirector: Gabriel Ordoñez Plata

## ABSTRACT

**TITLE:** DESIGN OF COMPONENTS FOR INTEGRATED ENERGY TO BMS PLATFORM IN THE NEW SUBSTATION MAIN CAMPUS OF THE UNIVERSITY OF SANTANDER INDUSTRIAL .

**AUTHORS:** JOSE EDUARDO ESCALANTE ESPEJO  
FREDY ALBERTO BURGOS RUEDA\*\*

**KEYWORDS:** communication, monitoring, analyzer, substation Protocol, Automation, cell.

### DESCRIPTION:

Energy management is necessary to obtain energy saving results through the integration of equipment in any electrical system that contributes to the processes required by a building. For the coupling of these management components it is necessary to realize them by means of a compatible software.

In the search for the safety and comfort of people, in addition to the proper use of electricity, technological advances have originated that have contributed to the improvement in the quality of the electric power supply. The Industrial University of Santander (UIS) has adopted an automation system called BMS (Building Management System), a system that aims to achieve considerable savings in energy consumption and the rational use of energy through A sustainable building, this server improves the electrical supply with the integration of equipment that has the capacity of monitoring, management and communication.

The present project seeks to integrate devices that provide reliability with the integration of measurement and protection equipment, facilitating the collection of information that allows decision making to a failure in the UIS electrical system. It contains the price update, in addition to the integration of the necessary activities for the proper installation and start-up of all the necessary components in the execution of the present project.

---

\* Undergraduate Dissertation

\*\* Faculty of Physical-Mechanical Engineering, School of Electrical, Electronics and Telecommunications Engineering, Director: José Manuel Ortiz R. Codirector: Gabriel Ordoñez Plata

## INTRODUCCIÓN

Para reducir el costo de la energía eléctrica y el impacto sobre el medio ambiente, es necesario controlar los parámetros de uso y las emisiones contaminantes. Una adecuada integración de equipos así como el "hardware" y el "software" para gestión energética pueden proveer opciones de control capaces de reducir el consumo energético y las emisiones de CO<sup>2</sup> en un porcentaje considerable.

Para mejorar la operación, supervisión, seguridad y mantenimiento en las redes de media tensión, así como las interrupciones no programadas, debido a los cortes del sistema eléctrico o fallas eléctricas, se requiere adoptar soluciones de control, protección y medición con supervisión local o remota, transferencia automática de cargas en media tensión, que cumplan con el objetivo de asegurar una alta disponibilidad de las instalaciones, logrando mejoras en la eficiencia y la seguridad.

La UIS cuenta con equipos monitorizables<sup>1</sup> en las distintas instalaciones del campus central, los cuales pueden utilizarse para supervisar el consumo de energía. Una forma de mejorar la eficiencia energética es por medio de la instalación de dispositivos de ahorro energético. La integración de estos equipos inteligentes con dispositivos de acceso a Internet y Ethernet por medio de la red del sistema de comunicaciones, proporcionan el acceso a los datos que a su vez permite tener la información de dichos dispositivos facilitando la gestión del mantenimiento y la configuración del sistema de manera local y remota.

---

<sup>1</sup> PEDROZA NIÑO, Paula OSORIO VEGA, Katerin "Diseño de la arquitectura de comunicaciones y de la integración de los equipos monitorizables existentes en el sistema de la sede principal de la UIS al sistema de automatización BMS adoptado por la institución", Proyecto de grado.

El BMS instalado actualmente en el campus central de la UIS proporciona la posibilidad de incorporar la monitorización de los equipos eléctricos instalados en la institución. Su diseño requiere de algunas consideraciones a los protocolos estándares de comunicaciones, equipos electrónicos, software, hardware, además de medios de comunicación aptos para la integración al sistema de monitoreo de energía.

Los protocolos facilitan el intercambio de datos en tiempo real entre los componentes del sistema, como son controladores y dispositivos de campo, garantizando una comunicación robusta para el sistema. La troncal de comunicación (Ethernet), se comunica con todos los dispositivos, a través de una serie de protocolos estándares.

De esta manera el presente trabajo de investigación pretende recopilar la información necesaria sobre los equipos existentes en el sistema eléctrico de media tensión de la UIS, incluyendo los componentes previstos en el nuevo diseño de la subestación principal, además de identificar la característica operativa de las cargas alimentadas desde la subestación principal, para aplicar criterios de confiabilidad de las instalaciones prioritarias, esto con el fin de identificar las áreas críticas donde sea necesaria la instalación de componentes que propicien la reducción del consumo energético, y a su vez identificar los nuevos componentes de monitorización a incluir en el nuevo diseño del sistema eléctrico principal de media y baja tensión interconectado a la nueva subestación de la universidad.

Por último se propone la incorporación de equipos de protección y control de potencia con opción de monitorización y gestión que puedan brindar seguridad y confiabilidad al sistema eléctrico de la UIS además de garantizar el uso racional de la energía en las edificaciones. Este trabajo hace parte de los primeros proyectos en Colombia en los que se involucra el uso de celdas con la capacidad de monitorización de las variables eléctricas del sistema, adicionalmente cuentan con

la posibilidad de integrar los equipos a un sistema de comunicación capaz de gestionar y optimizar el suministro de energía eléctrica.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- ❖ Definir y cuantificar los equipos susceptibles de monitorización de variables eléctricas y estados de operación de las subestaciones de energía existentes en el sistema eléctrico de media tensión de las edificaciones según el diseño de la nueva subestación de energía para la sede principal de la UIS, con el propósito de proveer opciones de control por medio de la integración de los equipos, hardware y software de gestión energética compatible con la plataforma BMS existente en la institución para optimizar el uso racional y eficiente del consumo energético.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ❖ Identificar los componentes del sistema eléctrico de media y baja tensión incluidos en el rediseño de la subestación principal de la UIS con el propósito de caracterizar los componentes de medición y control de los seccionadores gestionables para proveer un sistema de gestión compatible con el software del sistema BMS adoptado por la institución.
- ❖ Diseñar el sistema de gestión energética necesario para establecer un adecuado control sobre las variables eléctricas que garanticen mejoras en la eficiencia de los componentes del sistema eléctrico principal de media y baja tensión interconectado a la nueva subestación. Adicionalmente incluir métodos y alternativas que mejoren la calidad de energía eléctrica y permitan el

acoplamiento de futuras cargas a la red de comunicación establecida en la institución.

- ❖ Cuantificar el costo requerido de los equipos, y demás materiales necesarios para la integración de los componentes existentes a la nueva red de comunicación que permita el flujo de información de los componentes monitorizados de la subestación.

## 2. PROBLEMA

El sistema eléctrico de media tensión de la sede principal de la UIS ha venido evolucionando desde el momento de su construcción en la medida del crecimiento de las necesidades que las cargas conectadas a este requieren, pero muchas veces sin la planeación o modificaciones adecuadas.

Los 18 edificios conectados a la red de media tensión (MT) cuentan con una distribución no segmentada, la falta de una instalación ordenada reduce la capacidad de gestionar de una manera eficaz y eficiente la energía eléctrica, los equipos de medida por circuito que tengan la capacidad de enlazar al sistema de comunicación BAS se hacen necesarios para lograr ahorros considerables en los consumos energéticos, además de la integración de los subsistemas (control de iluminación, control de aire acondicionado, CCTV, control de acceso, seguridad y control, detección de incendios) a las edificaciones a fin de obtener condiciones óptimas para el desarrollo de las labores propias de la Universidad.

Existe una escasa información en la naturaleza del consumo (medición de potencia activa, reactiva, armónicos, tensiones, corrientes), causada por la falta de componentes que controlen y midan las variables eléctricas, sumado a ello la universidad cuenta con una infraestructura desactualizada con respecto a la oferta tecnológica disponible y al marco reglamentario vigente. Como resultado de esta necesidad de ajuste y actualización técnica, la división de planta física ha venido realizando los diseños de una nueva subestación con una expectativa de demanda futura acorde con los lineamientos de los dispositivos de protección y control de potencia modernos y con capacidad de monitorizar y gestionar los flujos energéticos en las diferentes subestaciones.

Otro aspecto importante es la confiabilidad que el sistema eléctrico de la UIS tiene ante posibles contingencias de las cuales la división de planta física no cuenta con ningún registro. En caso de presentarse alguna falla o corte inesperado de energía no es posible gestionar el sistema de tal manera que se pueda retomar el servicio para las cargas más significativas de la universidad, esto por la falta de una adecuada automatización en el sistema eléctrico de media tensión y los pocos equipos de medida en las subestaciones, por lo que se hace necesario optimizar el servicio de energía utilizando los componentes para la gestión energética integrada a la plataforma BMS presente en la UIS.

La factibilidad en gestionar el sistema para periodos de mantenimiento es otro punto importante y necesario de destacar como problemática en el sistema eléctrico de la UIS. Se tiene un sistema poco flexible con una distribución inadecuada de los circuitos (ver figura 1), lo que causa dificultad en la ejecución de los procesos de mantenimiento preventivo, en pocas palabras la UIS cuenta con instalaciones que no permiten respaldar el sistema eléctrico frente a contingencias y/o mantenimientos.

### **3. GENERALIDADES**

Este proyecto de grado tiene como finalidad proponer un sistema de gestión energética a través de la red de media tensión presente en el sistema eléctrico de la UIS, para ello se hace necesario la inclusión de celdas y equipos con capacidad de monitorización y gestión de la energía en la nueva subestación eléctrica de la Universidad, con el fin de tener un adecuado control sobre las variables eléctricas que puedan generar algún tipo de consumo innecesario en el suministro eléctrico.

Se realizaron visitas a siete (7) cuartos técnicos en el campus central con el fin de actualizar la información existente del sistema eléctrico de la UIS. En el recorrido por las subestaciones de cada edificio de la universidad se encontraron celdas de paso y seccionamiento, plantas eléctricas, transformadores de distintas capacidades, sistemas de transferencia automáticos, analizadores de redes, interruptores automáticos y demás elementos propios del sistema eléctrico.

Para obtener las bases y realizar este proyecto de grado, se recolectó información de las tesis de caracterización de años anteriores, de igual forma se realizó una lectura crítica de las normas, reglamentos y leyes que fomentan la integración de la gestión energética a cualquier proyecto que se quiera realizar así como a los diferentes proyectos que ya se han ejecutado y que vienen prestando un servicio de suministro energético a las instituciones.

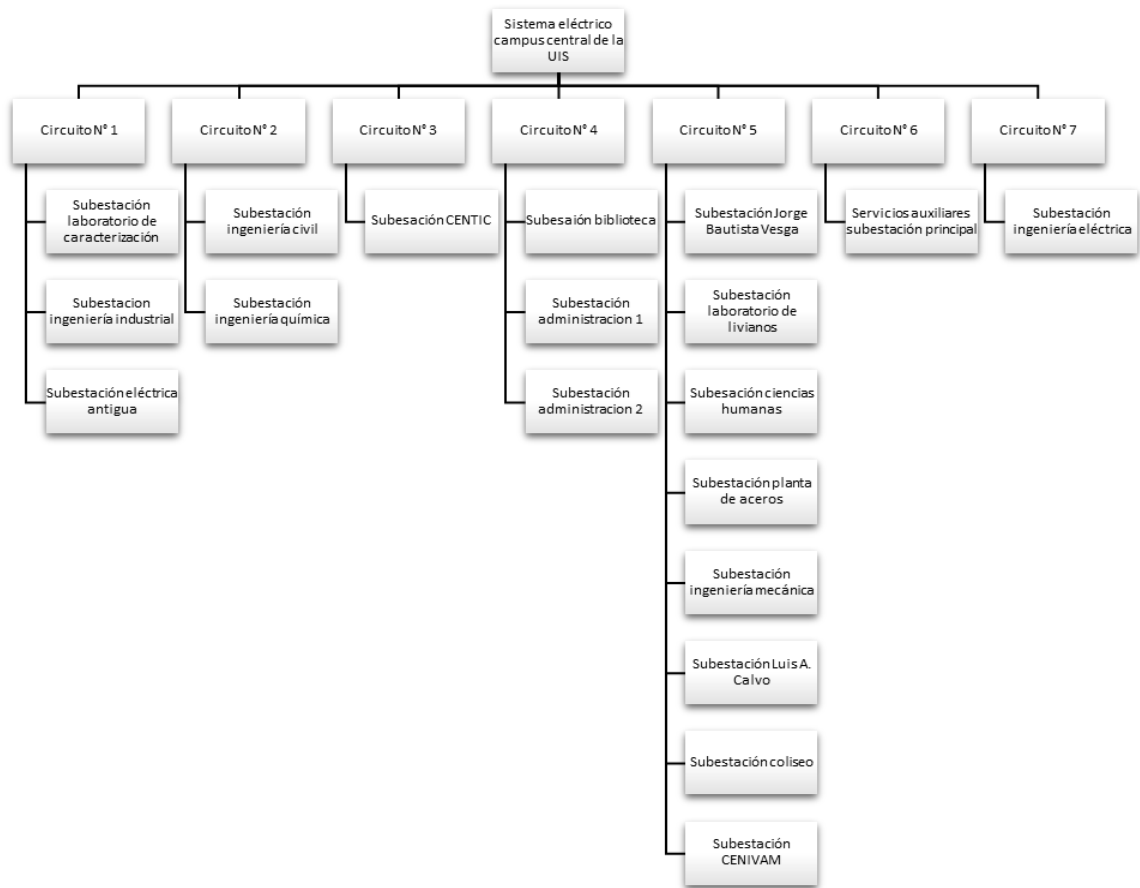
Los grandes consumidores de energía, como las empresas privadas, las instituciones de educación media y superior, grandes centros comerciales, hospitales y demás compañías que generen un consumo excesivo de energía eléctrica, deben fomentar y acoger la eficiencia energética para observar los

resultados desde distintas ópticas como la parte económica, social, ambiental y tecnológica.

### 3.1 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LA UIS.

Como se indicó anteriormente, el sistema eléctrico de la universidad se encuentra en gran parte desordenado, los circuitos no están debidamente segmentados para individualizar y visualizar el consumo por cada uno de sus edificios, esto con el fin de llevar un seguimiento en la toma de decisiones cuando se presente alguna contingencia o falla en el sistema eléctrico.

**Figura 1. Red de MT existente en el diseño actual de la UIS.**



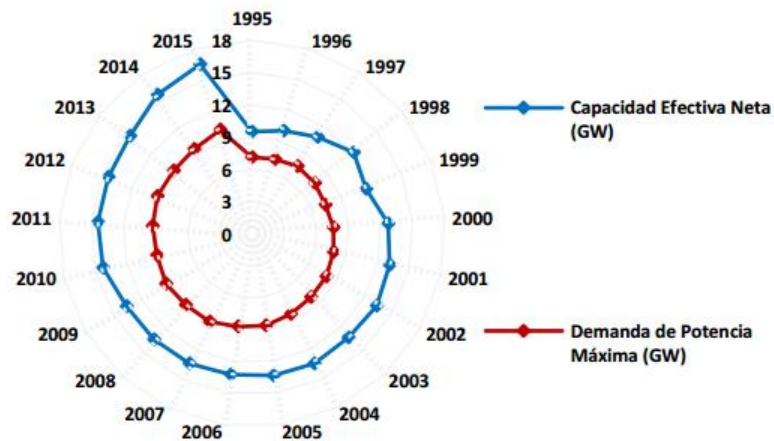
En la figura 1 se puede observar que las edificaciones tienen una conexión tipo cascada, provocando que el sistema sea susceptible ante cualquier falla; Por ejemplo, si se requiere un mantenimiento o presenta una falla en cualquier edificación alimentada por un ramal que se derive de algún circuito principal, las demás edificaciones conectadas al mismo circuito principal se verán afectadas, adicionalmente se observa que la organización del sistema eléctrico de la UIS no permite realizar un seguimiento del consumo energético de cada subestación.

## 4. MARCO TEÓRICO.

### 4.1 MARCO LEGAL, REGLAMENTARIO Y NORMATIVO

**4.1.1 Marco normativo** El aumento en el consumo de energía eléctrica en la actualidad ha llevado a establecer una serie de normas y reglamentos, con el fin de proteger la vida humana, animal y vegetal de los riesgos que se pueden presentar debido a la electricidad, con base en el adecuado funcionamiento de las instalaciones, la calidad de los productos, la compatibilidad de los equipos y su adecuada utilización y mantenimiento.

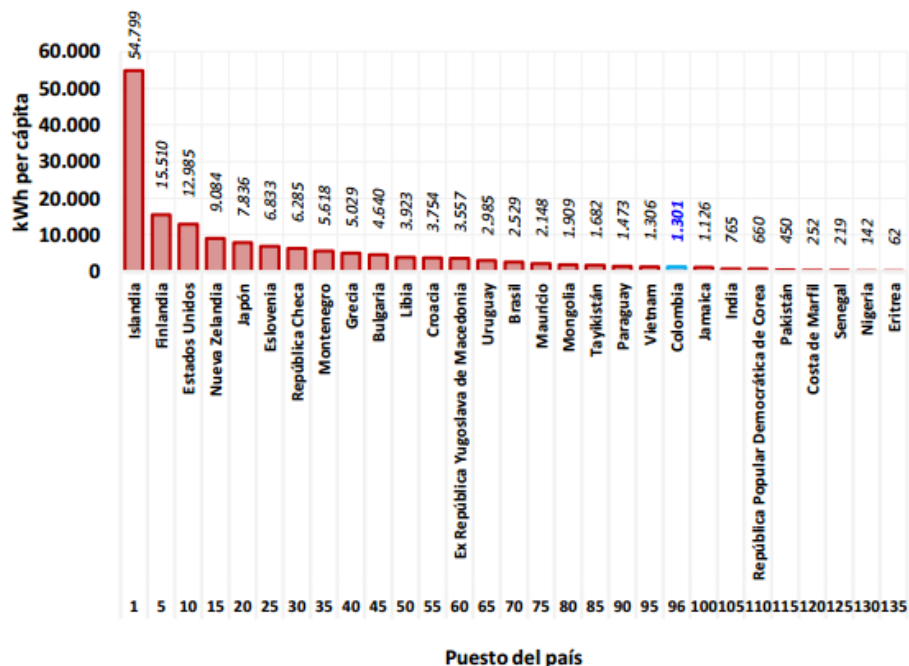
**Figura 2. Evolución de la capacidad instalada y la potencia máxima del país (1995 - 2015).**



Fuente: UPME, Base de datos XM 2016.

En la figura 2 se observa el paralelo entre la capacidad instalada y la demanda máxima del país desde el año 1995 hasta 2015.

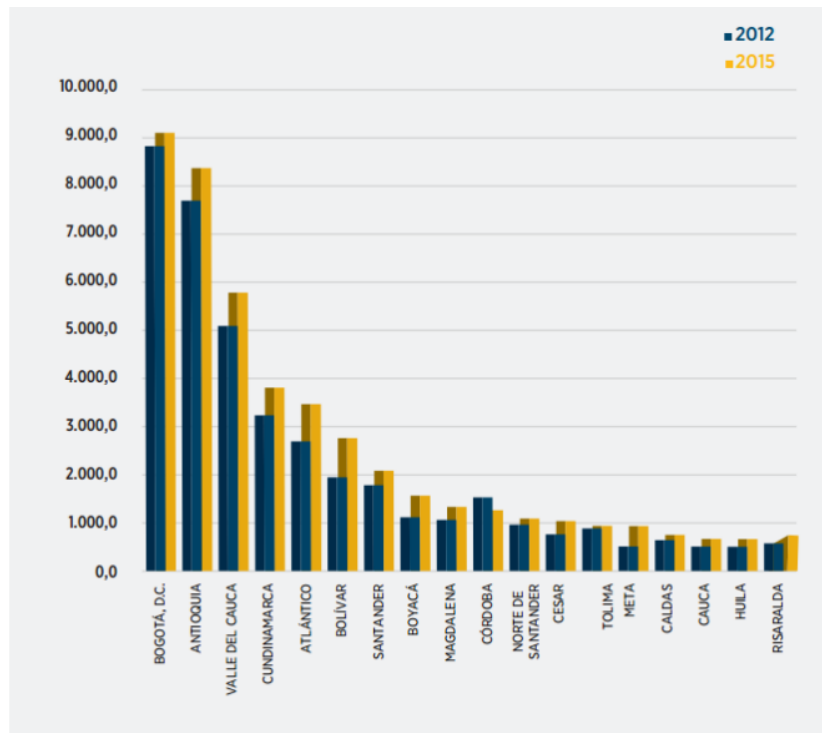
**Figura 3. Consumo per cápita de los países del mundo (kWh per cápita) - 2013.**



Fuente:: UPME, Base de datos: Banco mundial, XM y DANE, 2016.

El consumo de energía eléctrica en kWh por países a nivel mundial se observa en la figura 3, se resalta que Colombia ocupa el puesto número 96 con 1.301 kWh estando cercano en consumo a países como Vietnam (1.306 kWh) y Argelia (1.277 kWh).

**Figura 4. Evolución del consumo de energía eléctrica de algunos departamentos del SIN GWh/Año 2012 -2015.**



Fuente: SUI, SIN, Preliminar agosto, UPME

En la figura 4. Muestra el incremento en el consumo de energía eléctrica de algunos departamentos de Colombia, entre ellos el departamento de Santander muestra un incremento aproximado del 15% entre los años 2012 y 2015.

➤ **NORMA NTC-ISO 50001 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA.**

“La NTC-ISO 50001 fue ratificada por el ICONTEC el 30 de noviembre de 2011 y proporciona una metodología para gestionar eficientemente la energía en las empresas, como parte de sus sistemas de gestión. La norma se basa en la metodología PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) y orienta sobre los siguientes puntos:

- Desarrollo de una política institucional para administrar eficientemente la energía.
- Fijación de metas y objetivos para cumplir con la política creada.
- Utilización en la empresa los datos obtenidos, para entender y tomar decisiones sobre el uso y consumo de energía.
- Medir los resultados.
- Revisar la eficacia y el impacto que genera la política de gestión energética.
- Mejorar continuamente la forma como gestiona la energía”.<sup>2</sup>

➤ NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 2050

“El objeto principal de la NTC 2050 es el salvaguardar las personas y los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad; contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación segura, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad.

Este código está hecho para que resulte adecuada su utilización por organismos que tengan jurisdicción legal sobre las instalaciones eléctricas y para ser aplicado por personal autorizado. Esta norma puede exigir nuevos productos, construcciones o materiales que quizá no estén disponibles en el momento de adopción del mismo. En tal caso, la autoridad con jurisdicción puede autorizar el uso de productos, construcciones o materiales que cumplan con los objetivos equivalentes de seguridad”.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> ALVAREZ ALVAREZ, C. A. SERNA ALZATE,” F. J. Normatividad Sobre Eficiencia Energética y Edificaciones Verdes”,CIDET, Medellín, Colombia, Noviembre 2012.

<sup>3</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES Norma Técnica Colombiana, NTC 2050.

#### **4.1.2 Marco reglamentario**

➤ **REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PÚBLICO (RETILAP)**

“Por medio de esta resolución se expide el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP, el cual tiene como principal objetivo garantizar los niveles y calidades de la energía lumínica requerida para la ejecución de las diversas actividades, previniendo, minimizando o eliminando los riesgos originados por la instalación y uso de sistemas de iluminación.

En la sección 210.3 se refiere acerca del Uso Racional y Eficiente de la Energía ya sea en el sector residencial, comercial e industrial y al uso eficiente en el alumbrado exterior y público. Se tratan temas sobre la utilización de ciertos materiales que ayuden a la disminución de la iluminación artificial, así como técnicas de mantenimiento, instalación de ciertos elementos de control que permitan un ahorro energético en las diferentes instalaciones y finalmente recomendaciones para un uso eficiente de las luminarias”.<sup>4</sup>

➤ **REGLAMENTO DE ETIQUETADO DE APARATOS DE USO FINAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y GAS COMBUSTIBLE (RETIQ)**

“El RETIQ fue expedido este 18 de septiembre del 2015 por el Ministro de Minas y Energía, Tomás González Estrada, este será obligatorio a partir del 31 de Agosto de 2016.

El presente Reglamento Técnico tiene por objeto establecer medidas tendientes a fomentar el Uso Racional y Eficiente de la Energía - URE, en productos que usan

---

<sup>4</sup> Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

Energía Eléctrica y Gas Combustible, mediante el establecimiento y uso obligatorio de etiquetas que informen sobre el desempeño de los equipos en términos de consumo energético e indicadores de eficiencia”.<sup>5</sup>

➤ REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE)

“El objeto fundamental de este reglamento es establecer las medidas tendientes a garantizar la seguridad de las personas, de la vida tanto animal como vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico. Sin perjuicio del cumplimiento de las reglamentaciones civiles, mecánicas y fabricación de equipos.

Es un instrumento técnico-legal para Colombia que permite garantizar que las instalaciones, equipos y productos usados en la generación, transmisión, transformación, distribución y utilización de la energía eléctrica, cumplan con la protección de la vida y la salud humana, la protección de la vida animal y vegetal, la preservación del medio ambiente, y la prevención de prácticas que puedan inducir a error al usuario. Igualmente este reglamento propicia el uso racional y eficiente de la energía”.<sup>6</sup>

➤ NUEVO CÓDIGO DE MEDIDA (RESOLUCIÓN CREG 038 DE 2014)

“Establece las condiciones técnicas y procedimientos que se aplican a la medición de energía, esta normatividad se orienta a:

- Definir las características técnicas que deben cumplir los sistemas de medición para que el registro de los flujos de energía se realice bajo condiciones que

---

<sup>5</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Anexo general, “Reglamento Técnico de etiquetado (RETIQ)”, Colombia, 18 de Septiembre, 2015.

<sup>6</sup> MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas”, Resolución No. 90708 de Agosto 30 de 2013.

permitan determinar adecuadamente las transacciones entre los agentes que participan en el mercado de Energía.

- Establecer los requerimientos que deben cumplir los componentes del sistema de medición en relación con la exactitud, certificación de conformidad del producto, instalación, pruebas, calibración, operación, mantenimiento y protección del mismo.
- Determinar las responsabilidades de los agentes y usuarios en el proceso de medición de energía eléctrica.
- Indicar los parámetros para la realización de verificaciones que certifiquen la conformidad con lo establecido en esta resolución”.<sup>7</sup>

#### **4.1.3 Marco Legal**

##### ➤ LEY 697 DE 2001

“La ley 697 de 2001, declara que el uso racional y eficiente de la energía es un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, con el fin de garantizar un suministro energético, pleno y oportuno, competitividad en la economía nacional, protección al consumidor y promoción de la fuentes no convencionales de energía. También se establecen lineamientos y políticas, estrategias y herramientas, mediante la creación del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencional –PROURE, para fomentar la divulgación y promoción del uso racional y eficiente de la energía”.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS, CREG, Resolución 038 de 2014

<sup>8</sup> COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA Ley 697 (Octubre 3 de 2001) Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Bogotá D. C. 2001 [en línea] disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>

➤ DECRETO 3683 DEL 2003

“Mediante el presente decreto se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea la Comisión Intersectorial de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencional – CIURE como una instancia de apoyo y asesoría al Ministerio de Minas y Energía en la toma de decisiones sobre la materia.

El objetivo del decreto es reglamentar el uso racional y eficiente de la energía, de tal manera que se tenga la mayor eficiencia energética para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de mercado energético colombiano, la protección al consumidor y la promoción de fuentes no convencionales de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre el medio ambiente y los recursos naturales renovables”.<sup>9</sup>

➤ DECRETO 2501 DE 2007 (PROMOCIÓN URE)

“Este decreto propicia el Uso Racional y Eficiente de la Energía, mediante la expedición de reglamentos técnicos orientados al etiquetado de eficiencia energética para equipos de uso final de energía eléctrica y al mejoramiento de la eficiencia energética en viviendas, alumbrado público, instalaciones de iluminación y sistemas de semaforización asignando a los Ministerios de Minas y Energía, de Comercio, Industria y Turismo, de Ambiente y Desarrollo Sostenible y de Vivienda Ciudad y Territorio”.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> COLOMBIA, PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA Decreto 3683 (Diciembre 19 de 2003) Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión Intersectorial Bogotá D. C. 2003 [en línea] disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=11032>

<sup>10</sup> COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA Decreto 2501 (julio 4 de 2007) Por medio del cual se dictan disposiciones para promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica. Bogotá D. C. 2007 [en línea] disponible en: [http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto\\_2501\\_2007.htm](http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_2501_2007.htm)

➤ LEY 1715 DE 2014

“En el artículo 26, capítulo 5 de la presente ley promociona la gestión eficiente de la energía dicho artículo cita: “En desarrollo del Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, PROURE, diseñado por el Ministerio de Minas y Energía. Según lo dispuesto en la Ley 697 de 2001, el Plan de Acción Indicativo 2010-2015 para desarrollar el PROURE adoptado por el Ministerio de Minas y Energía a través de la resolución 18-0919 de 2010, Y en cumplimiento de las finalidades y principios establecidos en la presente ley, el Ministerio de Minas y Energía, conjuntamente con el Ministerios de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Hacienda y Crédito Público deberán desarrollar una serie de instrumentos técnicos, jurídicos, económico-financieros, de planificación y de información, entre los que deberán contemplarse:

- a. Plan de acción indicativo para el desarrollo del PROURE;
- b. Reglamentaciones técnicas;
- c. Sistemas de etiquetado e información al consumidor sobre la eficiencia energética de los procesos, instalaciones y productos y sobre el consumo energético de los productos manufacturados;
- d. Campañas de información y concientización”<sup>11</sup>.

## 4.2 VISIÓN INSTITUCIONAL.

La UIS ha estado en busca de la implementación de alternativas de eficiencia energética.

---

<sup>11</sup> COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA Ley 1715 (mayo 13 de 2014) Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Bogotá D. C. 2014 [en línea] disponible en: [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)

El diseño del sistema eléctrico de la sede UIS Bucarica, cuenta con la inclusión de: un transformador, celdas de seccionamiento y medida, tablero general de distribución de baja tensión y los alimentadores por piso, con el criterio de redes segmentadas por ambientes institucionales y oficinas privadas para incorporar un sistema de telemida (hardware y software) y un escenario de gestión para cuantificar de manera individual los consumo de energía eléctrica.

A nivel de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T), se puede resaltar el aporte a la gestión energética con la elaboración de la caracterización de los edificios de la UIS por medio de trabajos de grado aplicando la metodología del Sistema de Gestión Integral de la Energía (SGIE), basado en unas etapas específicas de decisiones, instalación y seguimiento del sistema, ya establecido y sugerido con unos tiempos promedios mínimos de duración de cada etapa. El SGIE permite la identificación de las áreas críticas de consumo, para posteriormente proponer alternativas tecnológicas (iluminación led, sensores de presencia y temperatura, entre otras), asimismo la inclusión de campañas que incentiven el uso racional de la energía. Por medio de diagramas de Pareto se pueden establecer líneas meta con las cuales se pueden establecer unos valores de consumo esperado.

Dentro de la instalación del SGIE (ver tabla 1), se realiza la identificación de los planos del sistema eléctrico existente de cada edificación, un censo de cargas y un análisis entre la facturación del servicio de energía con los datos arrojados por el equipo analizador de redes y campañas de concientización del uso racional de la energía eléctrica a todos los usuarios de la institución.

**Tabla 1. Pasos para la implementación del SGIE.<sup>12</sup>**

<b>Etapas</b>	<b>Actividades</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Objetivo</b>
Decisión Estratégica	Caracterización Energética de la Empresa	2 meses	Potencial rentabilidad del SGIE. Asignación de recursos.
	Compromiso de la Alta Dirección		
	Alineación de Estrategias		
	Definición y Conformación de la Estructura Técnica y Organizacional		
Instalación del SGIE en la Empresa	Establecimiento de los Indicadores del Sistema de Gestión	5 meses	Crear la estructura organizativa, las bases técnicas, preparar e involucrar al personal, identificar los programas, documentar el SGIE y verificar la capacidad de la empresa para ejecutar el SGIE.
	Identificación de las Variables de Control por Centros de Costo		
	Definición de los Sistemas de Monitoreo		
	Diagnóstico Energético		
	La vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva		
	Plan de Medidas de Uso Eficiente de la Energía		
	Actualización y Validación de la Gestión Organizacional del SGIE		
	Preparación del Personal		
	Elaboración de la Documentación del SGIE		
	Auditoría Interna al SGIE		
	Operación del Sistema de Gestión Integral de la Energía en la Empresa		
Seguimiento y evaluación de buenas prácticas de operación, mantenimiento, producción y coordinación			
Implementación de Programas y Proyectos de Mejora			
Implementación del Plan de Entrenamiento y Evaluación del personal			
Chequeos de gerencia			
Ajustes del sistema de gestión			
Evaluación de resultados			

Los pasos mencionados en la tabla 1, fueron tomados como hoja de ruta para los trabajos de grado de las caracterizaciones de los edificios de la UIS.

La división de planta física de la UIS se encuentra proyectada y encaminada a que en el año 2018 sea reconocida por la sociedad estudiantil como una comunidad universitaria comprometida y consciente de su responsabilidad con el medio ambiente, además está proyectada a implementar estrategias para la actualización de la infraestructura física dando cumplimiento a los requisitos legales e institucionales garantizando la prestación de servicios de las instalaciones de la universidad a los usuarios para la realización de las actividades académicas y financieras. Asimismo está dentro de sus objetivos optimizar el consumo de servicios públicos, creando una cultura de ahorro en la comunidad universitaria.<sup>13</sup>

<sup>12</sup> Guía para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía.

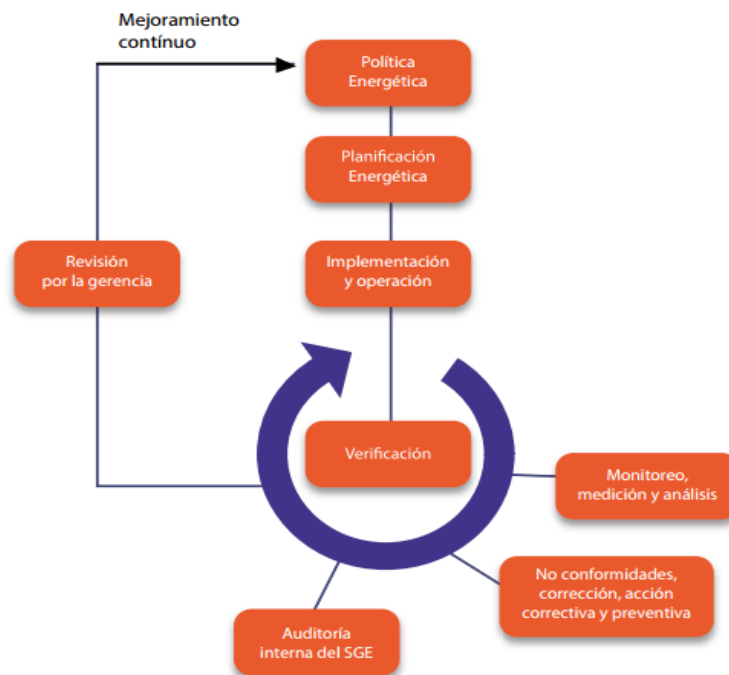
<sup>13</sup> División de Planta Física, Universidad Industrial de Santander, <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/plantaFisica/presentacion.jsp>

### 4.3 CONCEPTOS Y ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA.

El principal referente de la gestión energética es la norma ISO 50001, esta norma tiene como objetivo permitir a las organizaciones establecer modelos de sistemas necesarios para mejorar el desempeño energético incluyendo eficiencia, uso y consumo de la energía.

La eficiencia energética tiene dentro de sí actividades modulares para su aplicación basada en el modelo de ISO de sistemas de gestión, que permite una organización, definir una estructura ya probada para lograr una mejora continua en su desempeño energético.

**Figura 5. Modelo de sistema de gestión.**



Fuente: AGENCIA CHILENA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, Guía de implementación de Sistema de Gestión de la Energía Basada en ISO 50001

El modelo de sistema de gestión de la figura 5, tiene como propósito seguir una serie de pasos que son útiles para tomar una referencia en la implementación de un modelo de ahorro energético de un proceso, como por ejemplo, el suministro de energía eléctrica en una edificación.

En la fase **Planificar**, se enfoca en comprender el comportamiento energético de la organización, para establecer objetivos y pasos a seguir en búsqueda de la mejora del desempeño energético.

**Hacer**, en esta etapa se requiere encontrar los procesos y procedimientos que orienten a controlar y mejorar el desempeño energético.

En la fase **Verificar**, se realizan monitoreo y mediciones de procesos, tomando como base los objetivos, políticas y características operacionales decisivas planteadas en las etapas anteriores, realizando además reportes sobre los resultados.

**Actuar**, es la fase clave para la toma de decisiones que aporten mejoramiento continuo al desempeño energético, teniendo como punto de referencia los resultados obtenidos.

#### **4.4 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA.**

La gran demanda de energía de las grandes fábricas, el uso excesivo de energía eléctrica en los hogares, la explotación minera, la generación eléctrica a partir de energías convencionales con combustibles fósiles y nucleares, el aumento en el parque automotor, producen un incremento en la contaminación ambiental a nivel mundial.

Un claro ejemplo de una región altamente afectada por estos factores es China, debido a su enorme crecimiento industrial en los últimos tiempos y a su gran población, la nube de smog que cubre sus ciudades en invierno principalmente es demasiado espesa, producida por la alta demanda de energía eléctrica en sus hogares para abastecer sus sistemas de calefacción, sumado a esto su sistema de generación eléctrica principalmente está alimentado por centrales térmicas a base de carbón.

Debido a esto el hombre ha estado en búsqueda del desarrollo de nuevas tecnologías limpias, que disminuyan en gran porcentaje el nivel de emisiones generadas, y reducir el impacto ambiental que genera el desarrollo industrial. A continuación se mencionarán algunas de las alternativas tecnológicas más conocidas.

**4.4.1 Vehículo eléctrico.** Su utilización presenta ventajas desde el punto de vista ambiental, puesto que permite reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

El vehículo eléctrico está compuesto por 5 componentes principales; el **cargador**, éste recibe la alimentación de corriente alterna proveniente directamente de la red transformándola en corriente continua y alimenta la batería principal. La **batería** de litio-ion almacena la energía que proviene del cargador en DC y además sirve de medio de alimentación de energía para el vehículo. El **convertidor** transforma la corriente continua de una mayor tensión de la batería principal en corriente continua de baja tensión para proveer de energía los servicios auxiliares del automóvil. Los **inversores** son los encargados de transformar la corriente continua en corriente alterna para la alimentación del motor. Por último el **motor** es el encargado de transformar la energía eléctrica proveniente de la batería principal a energía mecánica y dé como resultado el desplazamiento del automóvil.

En la actualidad en el país esta tecnología goza de algunos beneficios arancelarios como el beneficio del 5% del IVA<sup>14</sup> y la exclusión de pico y placa, aun así el cupo para el ingreso de estos automóviles es limitado, en 2013 el Ministerio de Industria y Comercio expidió el decreto 2909 por medio del cual se estableció que durante tres años se permitiría la importación de 750 vehículos eléctricos y 750 híbridos anuales con una ventaja arancelaria.

Sin embargo según datos del Ministerio en 2014 solo se utilizaron 52 de los cupos disponibles para vehículos eléctricos, las principales razones para que esto ocurriera es el elevado costo de estos autos, la falta de más incentivos tributarios que estimulen a una persona a comprarlo y la falta de una infraestructura de recarga.

Algunas de las marcas productoras de estos automóviles ya están cimentando la comercialización a gran escala en el país, algunos de los modelos y unidades que más se comercializaron en 2015 son:

- 3 BYD E6 – 43 unidades (taxis)
- 4 Mitsubishi iMiEV – 35 unidades (por contrato con Codensa)
- 5 BMW i3 – 25 unidades
- 6 Renault Kangoo Z.E. – 19 unidades (para empresas)
- 7 Nissan LEAF – 4 unidades (corporativas)

---

<sup>14</sup> REVISTA DINERO, Reforma tributaria impulsaría la masificación de vehículos eléctricos: Andemos [en línea] disponible en: <http://www.dinero.com/pais/articulo/reforma-tributaria-beneficia-vehiculos-electricos/240481>

**Figura 6. Mitsubishi iMiEV.**



Fuente: Mitsubishi Motors.

**4.4.2 Domótica e inmótica.** La domótica es la reunión de varias herramientas destinadas a la gestión técnica y automática de una vivienda que pueden estar conectadas entre sí a redes de comunicación, ya sean exteriores o interiores que brindan el control de la gestión en las distintas instalaciones del hogar, controlando el sistema de iluminación, sistema de climatización, el sistema de control de accesos, y control sobre electrodomésticos en general. Toda la información que se maneje del sistema de gestión del hogar la puede visualizar a través de un sistema de interacción con el usuario para que de forma remota tenga la opción de controlar y visualizar la información del hogar.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> QUINTANA, B.A. PEREIRA V.R. y VEGA., C. N. “El factor para dignificar espacios de vivienda social se encuentra en la Domótica”, Artículo de Investigación, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia, 2015

**Figura 7. Campos de acción de la domótica**



Fuente: Casas Restauradas. Domótica [en línea] Disponible en: <http://www.casasrestauradas.com/wp-content/uploads/2012/10/domotica1.jpg>

Gracias a la acción de la domótica en los hogares se obtienen considerables ahorros energéticos y una gestión técnica de la vivienda. Las mismas prestaciones y servicios pero en aplicación a grandes edificios se conoce como Inmótica.

A nivel nacional, existen varias empresas que prestan servicios de adaptación y diseño demótico.

Los servicios más significativos ofrecidos por estas empresas son:

- Casas inteligentes y construcciones asociadas.
- Seguridad.
- Control de audio y video.
- Automatización de dispositivos de iluminación.
- Control de temperatura y climatización.
- Diseño de interfaces.
- Automatización de cortinas, fuentes, chimeneas, puertas, control remoto y monitoreo por celular y/o computadores.
- La adaptabilidad y flexibilidad con otros dispositivos electrónicos.

- Robótica sanitaria para el ahorro de agua.
- Sistemas de seguridad o video portero.
- Uso de Bluetooth.
- Regulación de instalaciones y dispositivos para ahorro energético.
- Implementación de sistemas de energías renovables.
- Mantenimiento.
- Riego automatizado.
- Control de incendios.

**4.4.3 Energía solar y paneles fotovoltaicos.** La energía solar es una fuente de energía que como todas tiene ventajas y desventajas para su aprovechamiento, dentro de las ventajas respecto a otras fuentes de energía se encuentran, su aprovechamiento y uso libre de contaminación, además de su naturaleza inagotable y de su característica renovable. Entre las dificultades en su aprovechamiento se encuentran: la característica de intermitencia en su origen dados propiamente por el día y la noche y adicional a esto su baja densidad de potencia. Es por esto que se hace necesario transformarla en otro tipo de energía para su almacenamiento y posterior uso.

Unos de los ejemplos de aprovechamiento de la energía solar son las grandes obras de ingeniería a nivel mundial como el estadio del dragón en Kaohsiung en Taiwán, que cuenta para su servicio de suministro eléctrico con 8.844 paneles solares con los que no solo satisface su propia demanda sino que adicionalmente brinda el 80 por ciento de consumo a la comunidad cercana. Igualmente el edificio arco solar construido por la empresa Sanyo en inmediaciones de Tokio con la cifra de 5.000 paneles, o la Ivanpah Solar Electric en California, siendo la planta solar más grande del planeta con un área de 13 km<sup>2</sup> y 350.000 espejos, capaces de generar 392 MW.

**Figura 8. Laboratorio de energía solar de EPSA.**



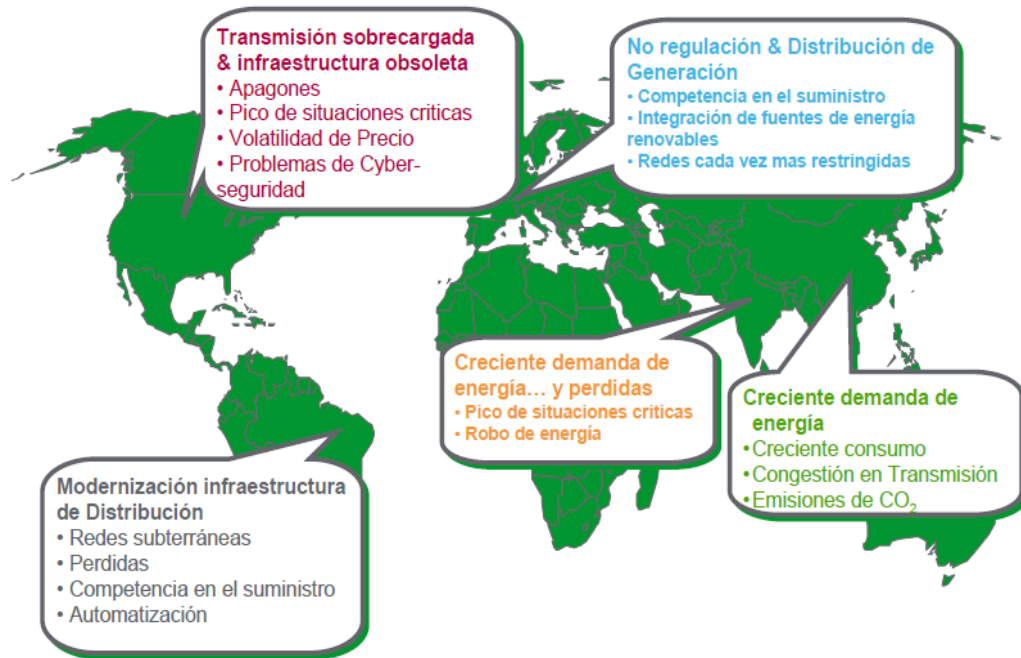
Fuente: Empresa de Energía del Pacífico S.A.

Colombia por su parte ya desde años atrás ha estado incursionando en la utilización de la energía solar, en la década de los 80, se construyeron unidades residenciales en Ciudad Salitre y Ciudad Tunal en Bogotá, y Villa Valle de Aburrá en Medellín.

En la actualidad la empresa de Energía del Pacífico (EPSA) hizo una inversión de 1.240 millones de pesos en la construcción del laboratorio de energía solar más grande del país como se observa en la figura 5, ubicado en las cercanías de la compañía en el municipio de Yumbo, que se encuentra conectado a su red eléctrica y abastece hasta un 5 por ciento de la demanda. Otros de los ejemplos destacados son el Colegio Distrital Ramón Jimeno que se encuentra en Bogotá, funcionando de forma autónoma y generando cerca de 21.620 kW. EPM también se encuentra dentro de las empresas que incursionan dentro de la generación de energía eléctrica a partir de energía solar, trabajando en conjunto con el Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las zonas no Interconectadas (IPSE), proporcionando energía a cerca de 580 personas en las veredas de Caucasia y Cáceres.

Abordando el tema de ahorro energético, desde la óptica de la gestión y automatización de redes eléctricas, es necesario la incursión de nuevas tecnologías que faciliten la supervisión y control de éstas.

**Figura 9. Parámetros por región para la gestión energética.**

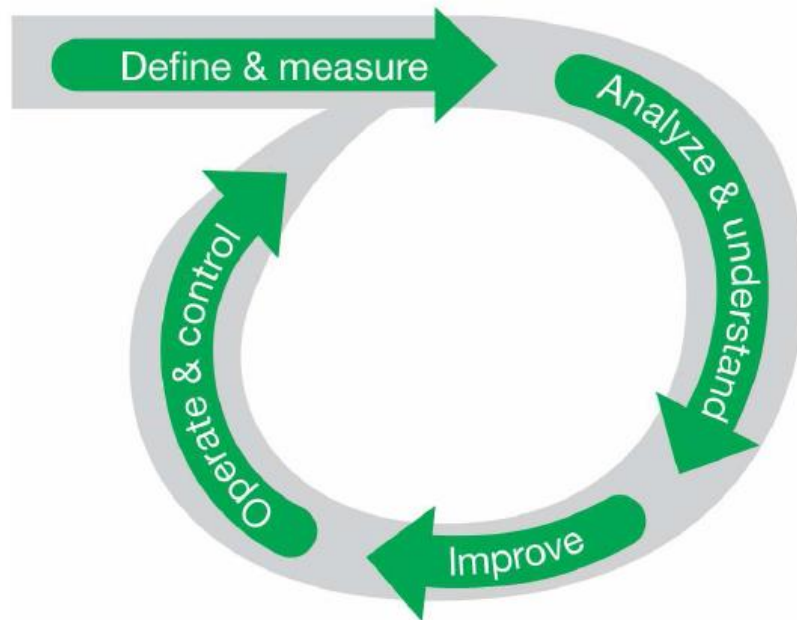


Fuente: Schneider Electric.

Como se muestra en la figura 9 en la región de América Latina es necesaria la modernización de la infraestructura de distribución, llevándola a redes subterráneas, proporcionando control y supervisión de las pérdidas en el sistema, competencia en el suministro de energía eléctrica y la automatización de la red.

A continuación se indicara más información sobre gestión energética en redes de media tensión, con la finalidad de analizar minuciosamente el problema de pérdidas, desconocimiento de la naturaleza del consumo, gestión de cargas, seguridad y confiabilidad de un sistema eléctrico de media tensión.

**Figura 10. Ciclo para la gestión energética.**



Fuente: Schneider Electric.

Como se ilustra en la figura 7, el ciclo para la gestión energética tiene cuatro componentes claros, los cuales serán mencionados a continuación.

➤ **Definir y Medir:**

Hay que definir las variables que se quieren medir, especificar de qué forma se desea realizar la medición y en qué punto del sistema eléctrico se quiere tomar la medición. Además de los aspectos mencionados, se requiere una clara comprensión del consumo energético actual, un pronóstico preciso para identificar el consumo excesivo y datos de tiempo de inactividad y producción necesarios para predecir con exactitud.

➤ **Analizar y Comprender**

Los datos del sistema eléctrico deben ser recolectados para un análisis detallado de las causas en las anomalías, como picos de energía, consumo excesivo y fallas inesperadas en el sistema eléctrico. Tener un banco de datos confiable permite

que los administradores tomen decisiones que estén alineadas a los objetivos trazados por el consumidor.

➤ **Mejorar**

Una solución energética debe apoyar una evaluación comparativa del consumo de energía, realizada en varios puntos del sistema eléctrico; obtener datos confiables, validados y oportunos son imprescindibles para la realización de reportes y unas adecuadas mejoras. Los circuitos deben estar segmentados según el consumidor de energía.

➤ **Operar y Controlar**

Se requiere tener información precisa para realizar en tiempo real acciones correctivas y seguimiento de los resultados de la acción tomada. Para la mejora continua es necesario tener procesos automatizados para almacenar y visualizar los datos, gestionar cargas, localizar fallas y actuar de forma adecuada a éstas.

## 5. METODOLOGÍA

El desarrollo de este capítulo comprende la descripción de la infraestructura eléctrica actual en el sistema de media tensión de la UIS, seguido de las nuevas modificaciones sugeridas para el presente diseño de la subestación principal del campus central.

Seguidamente se presenta una solución de diseño e inclusión de los componentes necesarios de “hardware” y “software”, que permita obtener un sistema con la capacidad de gestión y monitorización de las variables eléctricas del sistema eléctrico de la universidad.

Por último y teniendo en cuenta la solución escogida se planteara el presupuesto de inversión necesario para el diseño propuesto.

### 5.1 INFRAESTRUCTURA Y DISEÑO ACTUALES.

Actualmente, el sistema eléctrico de la UIS alimenta las edificaciones desde una red de MT de 13.200 kV, en el que se encuentran distintos tipos de subestaciones eléctricas en un rango de potencias eléctricas que van de 75 kVA hasta 600 kVA.

Para realizar el diseño fue necesaria la recopilación de información, basada en planos, extracción de datos de tesis de caracterizaciones, diseño de subestaciones<sup>16</sup> y levantamientos del sistema eléctrico de la UIS, como visitas de

---

<sup>16</sup> BLANCO, A.N. RUEDA ORTIZ, L. A. “Diseño de la subestación eléctrica del edificio Administración I bajo los lineamientos del reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE.”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2011.

campo a las subestaciones de la institución, con la finalidad de establecer bases de trabajo para el rediseño. A continuación en la tabla 2 se muestran potencias, relaciones de transformación y clase de las distintas subestaciones existentes.

**Tabla 2. Demanda instalada.**

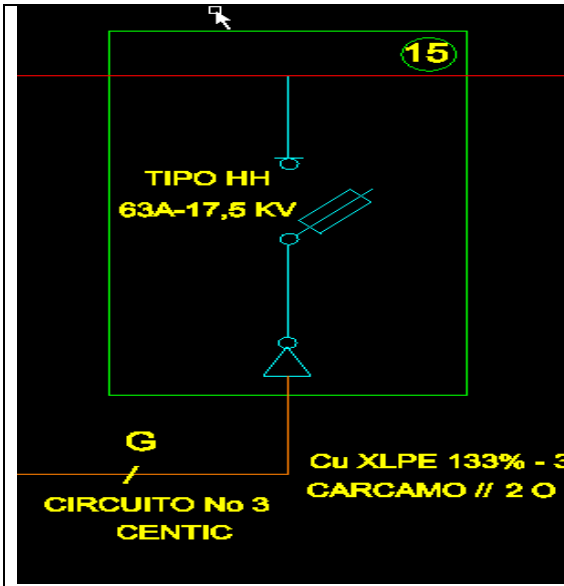
No	SUBESTACIÓN	CLASE	kVA	RELACIÓN TRF [V]
1	Lab. de Caracterización	Jardín	225	13200/(214-124)
2	Ing Industrial	Capsulada	300	13200/(440-254)
		Capsulada	225	13200/(220-127)
3	Eléctrica Antigua	Capsulada	300	13200/(216-125)
5	Ingeniería Civil	A la vista	315	13200/(220-127)
6	Ingeniería Química	A la vista	225	13200/(228-132)
7	CENTIC	Capsulada	500	13200/(228-132)
		Capsulada	500	13200/(216-125)
8	Biblioteca	Capsulada	315	11400/(208-120)
		Capsulada	315	11400/(440-254)
9	Administración	A la vista	75	13200/(220-127)
		A la vista	200	11400/(208-120)
10	Administración 2	Capsulada	300	13200/(220-127)
4	Jorge Bautista Vesga	Jardín	150	13200/(214-124)
11	Laboratorio de Livianos	A la vista	400	13200/(208-120)
12	Ciencias Humanas	Jardín	400	13200/(215-124)
13	Planta de Aceros	A la vista	200	11400/(208-120)
14	Ingeniería Mecánica	A la vista	160	13200/(231-133)
15	Auditorio Luis A. Calvo	A la vista	100	13200/(220-127)
		A la vista	150	11400/(440-254)
17	Coliseo	Jardín	400	13200/(214-124)
18	CENIVAM	Aérea	75	13200/(220-127)
19	Ingeniería Eléctrica	Capsulada	600	13200/(220-127)

En el diseño actual, se proyecta una subestación principal de MT con relación de transformación de 34.500 V a 13.200 V dotada con 2 transformadores de 4 MVA

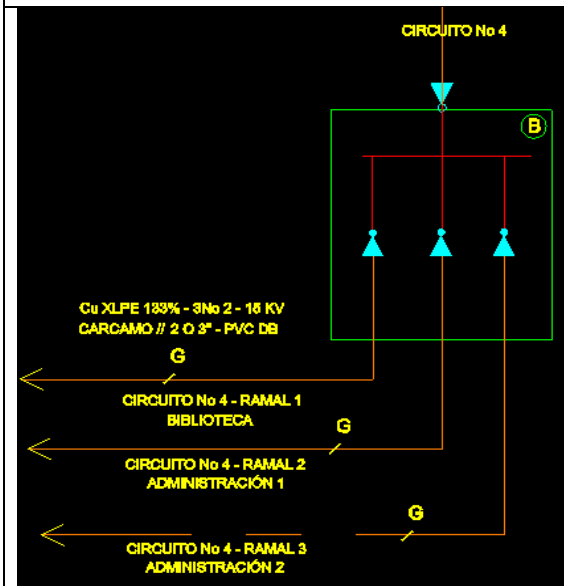


**Tabla 3. Descripción del diseño actual.**

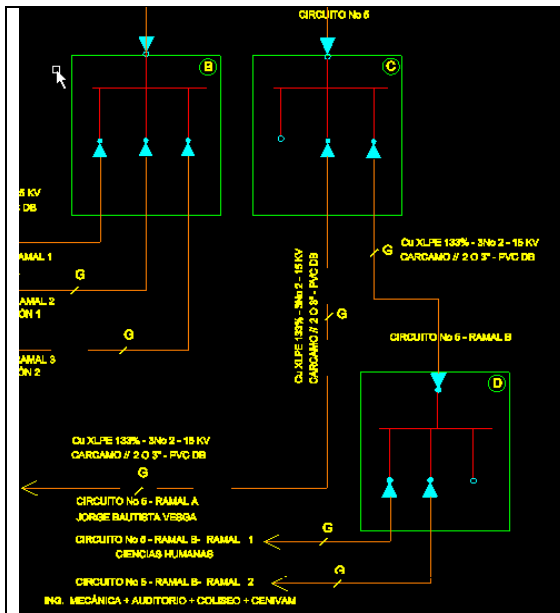
	<p><b>Circuito N°1</b></p> <p>Se conecta a un barraje cuatro vías del que se desprenden dos circuitos ramales que alimentan las subestaciones de los edificios, Álvaro Beltrán Pinzón e Ingeniería Industrial y el segundo circuito ramal se conecta con la subestación de Ingeniería Eléctrica.</p>
	<p><b>Circuito N°2</b></p> <p>Desde la celda de 13.2 kV se conecta el circuito dos, destinado al abastecimiento eléctrico de las subestaciones de Ingeniería Química e Ingeniería Civil.</p>



Circuito N°3  
Dedicado al suministro de energía eléctrica al edificio CENTIC.

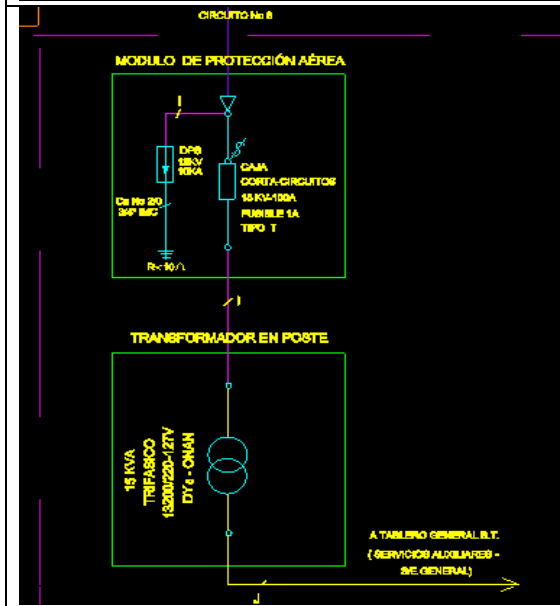


Circuito N°4  
Llega al barraje cuatro vías del que se conectan 3 circuitos ramales que alimentan a las subestaciones: Biblioteca, administración 1 y administración 2 respectivamente.



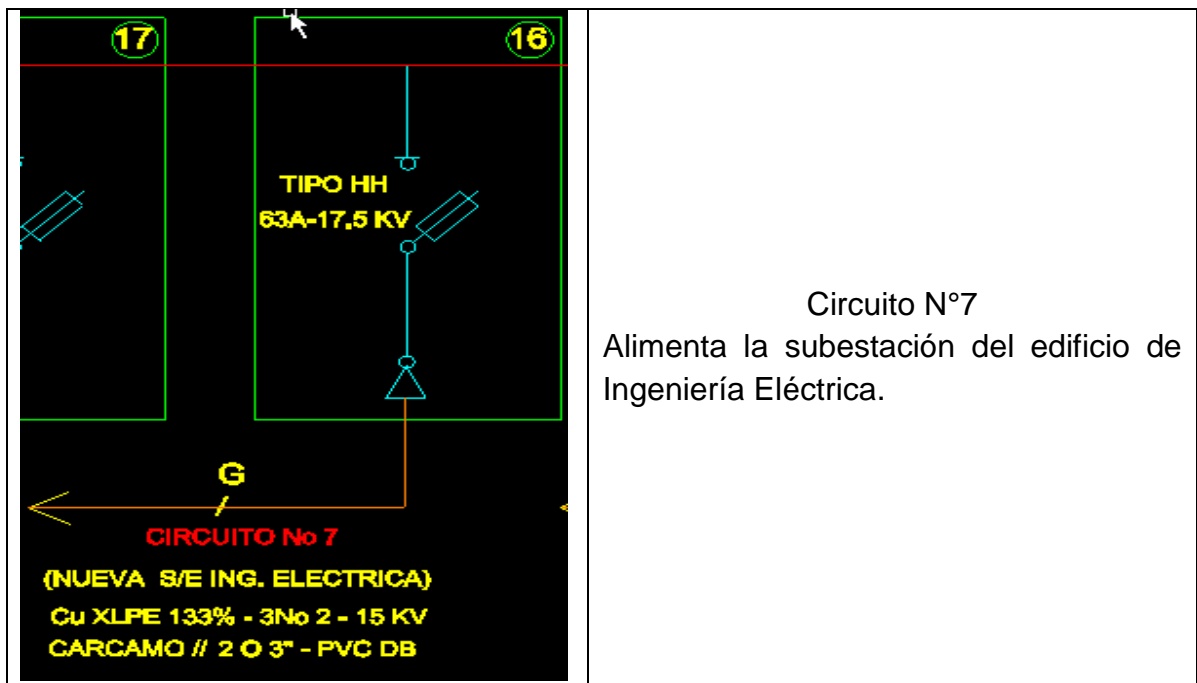
**Circuito N°5**

Se conecta al primer barraje cuatro vías del que salen dos circuitos ramales que van, uno a la subestación del edificio Jorge Bautista Vesga y a otro barraje cuatro vías del que se desprenden dos circuitos ramales; el ramal 1 se dirige a la subestación de Ciencias Humanas y el ramal 2 a las subestaciones de Mecánica, Luis A. Calvo, Coliseo y CENIVAM.



**Circuito N°6**

Destinado a la alimentación de la subestación aérea de servicios auxiliares de la subestación principal.



## 5.2 DISEÑO DE LOS COMPONENTES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA.

Para la gestión energética del sistema eléctrico de media tensión de la UIS, es necesario individualizar el consumo de los edificios, por lo cual fue preciso elaborar la segmentación de los circuitos que alimentan cada una de las subestaciones de la institución, para esto fue necesario modificar las rutas de la red interna de MT, además replantear los equipos necesarios para el suministro y prescindir de los barrajes de MT.

Se incorpora en el diseño una subestación tipo interior para los servicios auxiliares y un sistema de respaldo energético para el control de los dispositivos de potencia.

**5.2.1 Celdas modulares.** De acuerdo a las alternativas tecnológicas disponibles por parte de proveedores locales que garanticen el servicio de posventa, se contempló en el ajuste de diseño reemplazar las celdas de media tensión por celdas modulares con recubrimiento electrostático ya que permite integrar distintos

dispositivos que faciliten la protección, medición y análisis de la energía, por esto la celda brinda alta compatibilidad a soluciones basadas en Smart Grid (Redes Inteligentes)<sup>18</sup>, gracias a características propias como: automatización del alimentador, gestión de cargas, así como sistemas de transferencias automáticos.

**Figura 12. Celda PREMSET.**



Fuente: Schneider Electric.

**5.2.2 Power Monitoring Expert (PME).**<sup>19</sup> Este software de capacidad de gestión y herramientas de análisis de la información de los medidores de dicados al registro de consumos y demás variables (ver tabla 7) en las celdas principales ubicadas en la subestación principal, para la visualización en el centro de gestión energética a ubicar en las instalaciones de la división de Planta Física de la UIS por medio de una computadora.

<sup>18</sup> Una red inteligente es aquella que puede integrar de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella, de tal forma que se asegure un sistema energético sostenible y eficiente, con bajas pérdidas y altos niveles de calidad y seguridad de suministro.

<sup>19</sup> SCHNEIDER ELECTRIC.

Se selecciona el PME como software de integración del sistema eléctrico de la UIS por:

- Su compatibilidad con protocolos de comunicación como Modbus, OPC, DNP y XML.
- Compatibilidad con el software de los equipos de protección y medida previstos en las celdas modulares de la subestación principal.
- La UIS cuenta con una plataforma de gestión de edificios BMS compatible con el software además de pertenecer al mismo proveedor (Schneider Electric).

La información que se recopila mediante los dispositivos de campo como medidores y pasarelas de comunicación, y su posterior análisis por medio del PME le permite al personal reducir los gastos relacionados con la energía (ver tabla 4), evitar tiempos de inactividad y optimizar el funcionamiento de los equipos.

El PME adicionalmente permite analizar la calidad y fiabilidad de la energía, dependiendo de la programación del software y los parámetros de variables eléctricas asociados a los medidores seleccionados, programar alarmas para advertir fallas del sistema eléctrico como sobretensiones, sobrecorrientes, hundimientos de tensión, entre otros. El software permite automatizar toda la instalación para que actúe frente a una falla y proteja el sistema, ya que actúa como una interfaz unificada en todas las instalaciones eléctricas; dentro de sus funciones podemos encontrar:

**Tabla 4. Funciones del PME.**

Funciones del Software PME
<ul style="list-style-type: none"><li>• Almacenar de forma ordenada los datos de un grupo de medidores interconectados al sistema.</li><li>• Seguimiento en tiempo real del consumo de las variables almacenadas.</li><li>• Análisis de tensiones, corrientes, potencias, calidad de energía y eventos propios del sistema, dependiendo de la referencia del medidor seleccionado (ver tabla 9).</li><li>• Permite programar distintas formas de alarmas, dependiendo de la prioridad del evento que pueda acontecer y a su vez realizar acciones.</li><li>• Permite comparar historiales de consumo y asociarlos a un valor económico.</li><li>• Generación de reportes programables para una ejecución rápida.</li><li>• Calidad de suministro energético.</li><li>• Flexibilidad con dispositivos de otros proveedores, que trabajen el protocolo de comunicaciones Modbus.</li><li>• La información suministrada y las acciones realizadas sobre el software son limitadas de acuerdo al nivel de seguridad que tenga cada perfil de usuario.</li></ul>

Al utilizar Modbus como protocolo de comunicación abre la posibilidad a futuro de seguir integrando nuevos dispositivos debido a que la mayoría de los medidores de energía ofrecen como mínimo este protocolo.<sup>20</sup>

**5.2.3 Control de cambios de diseño.** Modificaciones sugeridas en los planos de diseño de la nueva subestación de la universidad industrial de Santander (Caseta y equipos).

---

<sup>20</sup> PEDROZA NIÑO Paula, OSORIO VEGA Katerin, “Diseño de la arquitectura de comunicaciones y de la integración de los equipos monitorizables existentes en el sistema de la sede principal de la UIS al sistema de automatización BMS adoptado por la institución”, Proyecto de grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2014.

**Tabla 5. Descripción de ajustes relevantes.**

Localización de ajuste	Descripción
Módulo de celdas 36 kV.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambio de las celdas de seccionamiento, por celdas que incluyen seccionamiento, interruptor y relés de protección.</li> <li>• Según el código de medida (CREG 038 de 2014) se debe contar con una sola cuenta para tarifación por lo tanto se cambiaron las dos celdas de medida GBC del diseño actual, por una sola celda que contara con dos tipos de puntos de medición (un medidor principal y uno de respaldo).</li> <li>• Se incluyó un reconectador de 38 kV. Es un requisito del operador de red incluirlo, debido a las 8 MVA de potencia que suman los dos transformadores, esto con el fin de proteger el sistema de alimentación externo (red 34.5 KV ESSA) si ocurre una falla en el sistema eléctrico interno de la UIS.</li> </ul>
Celdas de 13.2 kV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se sugiere el cambio de las celdas de remonte y la celda de protección con interruptor en SF6 ubicada aguas abajo del transformador por un conjunto de celdas modulares configuradas para aumentar la confiabilidad y seguridad en el suministro de energía a las edificaciones. (Anexo A.)</li> </ul>
Celdas de 13.2 kV (alimentación de subestaciones)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para tener un control adecuado sobre las variables eléctricas de cada subestación se sugiere cambiar el módulo de celdas convencionales de la subestación principal por las celdas modulares, además se hace necesario incluir celda por edificación, es decir que cada acometida será alimentada de manera independiente desde la subestación principal.</li> <li>• Se sugiere incluir celdas de reserva equipadas para futuras ampliaciones como las subestaciones de: Bienestar Profesoral, escenarios deportivos y UIS salud.</li> </ul>

Localización de ajuste	Descripción
Barrajes de MT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se sugiere eliminar los barrajes 4 vías existentes en el diseño actual, en cambio se sugiere segmentar los circuitos de media tensión para que sean alimentados desde el tren de celdas previsto en la subestación principal.</li> </ul> <p><b>Barajes eliminados en el rediseño:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Barraje 4 vías del circuito 1 en el diseño actual que alimenta al laboratorio de caracterización, ingeniería industrial y al edificio de alta tensión.</li> <li>• Barraje 4 vías del circuito 4 en el diseño actual que alimenta a las subestaciones de biblioteca, administración 1 y administración 2.</li> <li>• Barraje 4 vías del circuito 5 en el diseño actual que alimenta al edificio de Jorge bautista Vesga, además del barraje 4 vías que se encuentra en el mismo circuito y que alimenta a las subestaciones de ciencias humanas, ingeniería mecánica, auditorio de Luis a. Calvo, coliseo y el transformador del CENIVAM.</li> <li>• Barraje que se encuentra ubicado en el edificio de administración 1 y que viene del edificio de biblioteca, este barraje alimenta a las subestaciones de administración 1 y 2.</li> </ul>
Alimentación de servicios auxiliares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se sugiere el cambio de subestación tipo poste a subestación tipo encapsulada.</li> <li>• Adición de sistema de respaldo energético a subestación de servicios auxiliares, (planta de emergencia).</li> <li>• Adición de sistema de transferencia automática para alimentación de servicios auxiliares.</li> <li>• Se sugiere cambiar el transformador de servicios auxiliares de 15 kVA por un transformador de 30 kVA, con el objetivo de prever futuras ampliaciones.</li> </ul>
Módulo de transferencia subestación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se sugirió la eliminación del sistema de transferencia de red aérea a red subterránea y alimentar la subestación de CENIVAM</li> </ul>

Localización de ajuste	Descripción
CENIVAM	directamente por el circuito n° 4 (rediseño) de la red de media tensión subterránea proveniente de la subestación principal.

Un breve resumen de la información de los cambios en el diseño de la subestación general de la UIS se puede visualizar en la tabla 4, la información adicional y con un detalle más minucioso se encuentra en los anexos digitales<sup>21</sup> de este documento.

**5.2.4 Ajustes de ingeniería.** Para realizar los cambios necesarios en el diseño actual, fue necesario hacer un estudio previo sobre la viabilidad del diseño, seguido de los cálculos y estudios de la factibilidad para una futura implementación.

La segmentación de los circuitos precisó realizar la adición de más cableado, el dimensionamiento y la ubicación de cajas de inspección, el ajuste de las cantidades y dimensiones de la ductería. Aguas debajo de los transformadores de 4 MVA se incluyeron celdas modulares de Schneider Electric de 13.2 kV, adicionalmente la forma de medición en la frontera se cambió, puesto que en el diseño inicial la medición se hacía por medio de dos medidores, embebidos en dos celdas diferentes, uno para cada transformador, debido a que el nuevo código de medida resolución 038 de 2014 de la CREG<sup>22</sup>, establece que de acuerdo a la capacidad instalada de la UIS, clasifica en 2, en tipos de punto de medición, además debe contar con un medidor de respaldo con las mismas características técnicas del principal, por estos requerimientos que se visualizan en las tablas 5 y 6, se incorpora al diseño, el cambio de la medición por dos medidores embebidos en una celda GBC-B, sugiriendo que sean de referencia SL762B de Actaris, un

---

<sup>21</sup> Anexos digitales, “modificaciones de diseño”

<sup>22</sup> CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas.

medidor clase 0,5S y protocolo de comunicaciones IEC 870-5-102 para clientes tipo 2 o similar.

**Tabla 6. Clasificación puntos de medición.**

<b>Tipo de puntos de medición</b>	<b>Consumo o transferencia de energía, C, [MWh-mes]</b>	<b>Capacidad Instalada, CI, [MVA]</b>
1	$C \geq 15.000$	$CI \geq 30$
2	$15.000 > C \geq 500$	$30 > CI \geq 1$
3	$500 > C \geq 50$	$1 > CI \geq 0,1$
4	$50 > C \geq 5$	$0,1 > CI \geq 0,01$
5	$C < 5$	$CI < 0,01$

Fuente: CREG.

**Tabla 7. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida.**

<b>Tipo de puntos de medición</b>	<b>Índice de clase para medidores de energía activa</b>	<b>Índice de clase para medidores de energía reactiva</b>	<b>Clase de exactitud para transformadores de corriente</b>	<b>Clase de exactitud para transformadores de tensión</b>
1	0,2 S	2	0,2 S	0,2
2 y 3	0,5 S	2	0,5 S	0,5
4	1	2	0,5	0,5
5	1 ó 2	2 ó 3	--	--

Fuente: CREG.

Se sugirió el cambio de seccionador con operador baja carga IM, por una celda de protección con interruptor, ya que es necesario tener la capacidad de realizar acciones por medio de relés que pueden ser integrados al sistema de gestión energética propuesto (PME).

Por medio de una serie de celdas, equipos de protección, relés y además de un software de gestión energética, se puede obtener una distribución eficiente de la energía. Por tal motivo la configuración de celdas sugeridas aguas abajo del transformador es el siguiente:

El tren de celdas, que recibe el cableado proveniente de los transformadores de 4 MVA, está compuesto por: dos (2) celdas de protección y seccionamiento con relé, para el corte de suministro de la energía de las edificaciones, dos celdas de remonte para la alimentación de las subestaciones, y adicionalmente una celda que permite unir los dos barrajes para suministrar energía a todos las edificaciones en caso de mantenimiento o contingencias ligadas a uno de los transformadores, de esta manera se brinda confiabilidad al sistema eléctrico de la universidad.

Sumado a esto se segmentaron todos los circuitos de la red de media tensión para mejorar la calidad en el suministro de energía eléctrica y con el fin de tener un adecuado control sobre las variables eléctricas de cada edificación, ocasionando el incremento del número de celdas que se encargan del suministro de energía a las subestaciones conectadas al sistema eléctrico de la UIS. De esta manera, facilita la recopilación de la información que finalmente permite tomar decisiones si se detecta algún tipo de anomalía en el sistema a través de los medidores de energía y relés de protección, por ejemplo, un consumo elevado de energía, generación de armónicos, aumento de corrientes sobre una fase, cortocircuitos, sobretensiones, hundimientos de tensión, entre otros.

**5.2.5 Selección de medidores.** En el sistema eléctrico de la UIS, están conectadas subestaciones que contienen cargas de distintas características, en algunos de los edificios se cuenta con equipos de mayor sensibilidad que en otros; el funcionamiento de algunos de los edificios puede ser de mayor prioridad para la institución.

Los medidores de energía propuestos se clasificaron teniendo en cuenta el tipo de carga instalada, y el tipo de puerto de comunicaciones compatibles con el protocolo Modbus TCP/IP o Modbus RTU este último necesita la inclusión de pasarelas de comunicación.

De manera general, las subestaciones de la universidad se pueden clasificar en tres grandes grupos de la siguiente manera:

- Categoría 1: En este grupo se situaron las edificaciones que cuentan con un número considerable de usuarios, gran número de equipos de cómputo, labores administrativas o académicas de manera general para toda la población universitaria.
- Categoría 2: Se clasificó de acuerdo a las edificaciones que cuentan con equipos de laboratorio en su interior y que pueden llegar a ser sensibles a cualquier falla en el sistema o mala calidad en el suministro de energía.
- Categoría 3: Se sugirió optar por la selección de edificaciones pertenecientes a este grupo, las que estén conformadas por aulas, oficinas pequeñas y áreas comunes, donde no se hace necesario tener una medición detallada de las variables eléctricas del sistema.

En la tabla 7 se puede observar la clasificación de los edificios de manera general y la selección de la clase de medidor que se sugirió para el nuevo diseño. En la tabla se menciona el caso en particular del edificio CENTIC, que por su alto contenido de cargas no lineales inductivas contiene gran distorsión armónica y requiere un analizador de redes que contenga la capacidad de medirlas.



**Tabla 8. Selección de Medidores de Energía.**


subestacion	Potencia ( kVA )	clasificacion			Medidores en celdas de MT		
		categoria 1	categoria 2	categoria 3	Clase 1	Clase 2	Clase 3
Lab. de caracterización	225					METSEPM 5110	
Ingeniería Industrial	300						
	225						PM 200
Eléctrica Antigua	300					METSEPM 5110	
Ingeniería Civil	300					METSEPM 5110	
Ingeniería Química	225					METSEPM 5110	
CENTIC	500				METSEPM 5560 *		
	500						
Biblioteca	315						
	315				METSEPM 5340		
Administración 1	75						
	200				METSEPM 5340		
Administración 2	300				METSEPM 5340		
Jorge Bautista Vesga	630					METSEPM 5110	
Laboratorio de livianos	500					METSEPM 5110	
Ciencias Humanas	400						PM 200
Planta de Aceros	200					METSEPM 5110	
Ingeniería Mecánica	160						PM 200
Luis A. Calvo	150						
	150				METSEPM 5340		
Coliseo	400						PM 200
CENVAM	150					METSEPM 5110	
Ingeniería Eléctrica	600						PM 200
La Perla, Bienestar universitario, Bienestar profesoral	275					METSEPM 5110 **	
Escenarios Deportivos ( Canchas Multiples)	75						PM 200
Servicios Auxiliares Subestación Principal.	30					METSEPM 5110	

En la tabla 9 se pueden observar las características de los medidores seleccionados de acuerdo a los criterios anteriormente mencionados.

**Tabla 9. Medidores de Energía Seleccionados.**

MIDORES DE ENERGÍA SELECCIONADOS			
REFERENCIA	MEDIDOR	CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
PM 210		<b>Medidor Multifuncional PM210 - Clase 1 según IEC62053-21</b> Medidor de energía multifuncional básico. Alimentación aux. (100 a 415	kWh, kVARh, kVAh, kW/kVAR/kVA/FP (Por fase y

MEDIDORES DE ENERGÍA SELECCIONADOS			
REFERENCIA	MEDIDOR	CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
		VAC Ln / 125 a 250 VDC). Puerto RS485 modbus RTU.	total), V&I (Por fase y promedio)
METSEPM5110		<b>Medidor multifuncional PM5110 - Clase 0,5S según IEC62053-22</b> Medidor de energía bidireccional, 33 alarmas + 1 SD kWh. Demanda, demanda máxima - predictiva, THD / TDD, armónicos individuales 15 Avo, % desbalance VLn, VLI, I. Almacenamiento máx/mín. Alimentación aux. (100 a 277 VAC Ln / 125 a 250 VDC). Puerto RS485 modbus RTU.	kWh, kVARh, kVAh, kW/kVAR/kVA/FP (Por fase y total), V&I (Por fase y promedio)
METSEPM5340		<b>Medidor multifuncional PM5340 - Clase 0,5S según IEC62053-22</b> Medidor de energía bidireccional - multitarifa, 35 alarmas + 2 ED / 2 SD + 2 reles + puerto RS485 modbus RTU, máx. & min., demanda, demanda máxima - predictiva, THD / TDD, armónicos individuales 31 Avo, % desbalance VLn, VLI, I. almacenamiento histórico de kWh - kVAh y eventos. Memoria 256 kB. Alimentación aux. (100 a 277 VAC Ln / 125 a 250 VDC). + puerto ethernet modbus TCP	kWh, kVARh, kVAh, kW/kVAR/kVA/FP (Por fase y total), V&I (Por fase y promedio)

MEDIDORES DE ENERGÍA SELECCIONADOS			
REFERENCIA	MEDIDOR	CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
METSEPM5560		<p>Medidor multifuncional PM5560 - Clase 0,2S según IEC62053-22 - 2 puertos ethernet (Daisy Chain)</p> <p>Medidor de energía bidireccional - multitarifa, 52 alarmas + 4 ED / 2 SD + puerto RS485 modbus RTU, máx. &amp; min., demanda, demanda máxima - predictiva, THD / TDD, armónicos individuales 63 Avo, % desbalance VLn, VLI, I, medición In. Almacenamiento histórico de kWh - kVAh y eventos. Memoria 1.1 MB. Alimentación aux. (100 a 480 VAC Ln / 125 a 250 VDC).</p>	<p>kWh, kVARh, kVAh, kW/kVAR/kVA/FP (Por fase y total), V&amp;I (Por fase y promedio)</p>

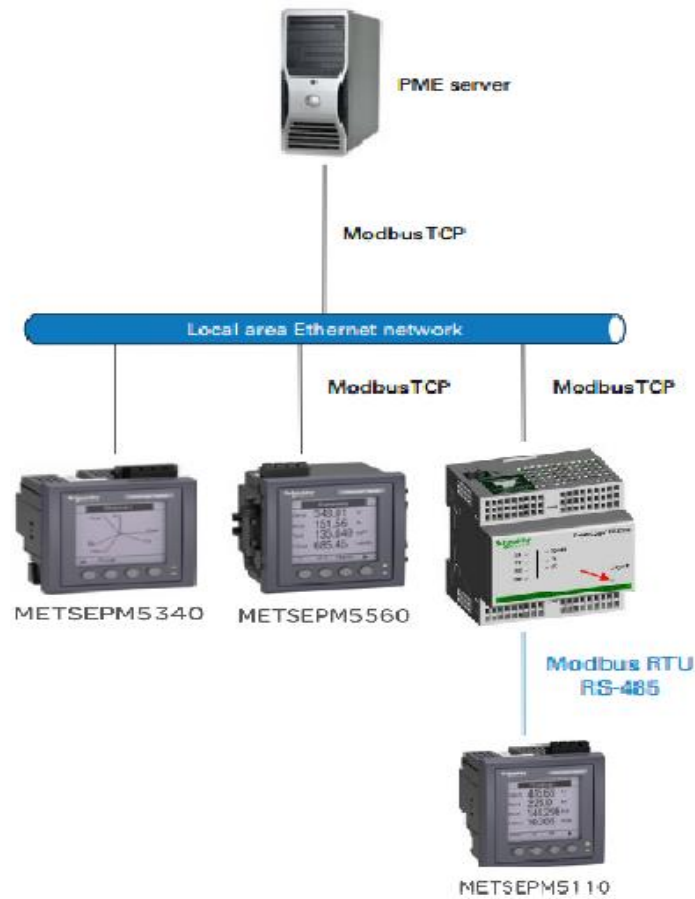
**5.2.6 Servicios auxiliares de la subestación principal.** La confiabilidad del sistema y la continuidad en el suministro de energía se aumentan cuando se disponen de varias fuentes de alimentación como plantas de generación de emergencia y sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS), por tal razón se sugirió en el diseño la inclusión de una planta de 40 KW y una UPS de 6 a 10 KVA.

La planta de emergencia se dispone para alimentar las cargas de mayores consumos como iluminación, sistemas contra incendio, sistemas de seguridad, etc, así como las fuentes para los sistemas de corriente continua. Estos últimos se encargan de alimentar los sistemas secundarios de la subestación: protección, control, medida y comunicaciones dispuestas, en este caso asegura el suministro de los componentes de la celda PREMSET.

**5.2.7 Integración con el PME** Todos los medidores y relés que se incluyeron en el diseño son compatibles con el software PME, puesto que trabajan con protocolo de comunicaciones Modbus TCP/IP facilitando su conexión, ya que con la instalación de un rack de comunicaciones en la subestación principal y su conexión con la red de comunicaciones existente en la UIS, se puede situar el puesto de trabajo en la subestación principal y con la ayuda de las respectivas licencias de los usuarios se puede observar la información desde cualquier punto de la universidad que esté conectado a el sistema de comunicaciones, o por vía WI-FI. Para la implementación de este proyecto se sugiere que el puesto de trabajo se encuentre en las instalaciones de la división de Planta Física de la UIS.

Para integrar los medidores con el PME, es necesario que se comuniquen bajo protocolo Modbus TCP/IP por una conexión Ethernet. Los medidores propuestos o existentes que no tengan integrado el protocolo podrán ser comunicados bajo Modbus RTU con conexión RS-485 a una pasarela EGX 300; esto es posible visualizarlo en la figura 13.

**Figura 13. Arquitectura de comunicación.**



Fuente: EATON.

### **5.3 AJUSTE PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.**

Para los costos de la incorporación de los componentes para la gestión energética se tuvieron en cuenta catálogos y cotizaciones suministradas por empresas dedicadas a la venta de equipos y accesorios eléctricos.

En el presupuesto se tuvo en cuenta el costo de la implementación de las acometidas de 34.5 kV que inician en el punto de conexión de la ESSA fuera del

campus; hasta el remonte del cableado a unas celdas de 36 kV incluidas en el diseño de la nueva subestación principal de la UIS.

Una vez en el edificio de la subestación principal; se consideró el costo de los cárcamos necesarios que transportan el cableado para alimentar los transformadores de 4 MVA, además de los accesorios necesarios para distribuir las acometidas hacia las celdas propuestas de 15 kV de la gama PREMSET. Se incluyó el valor de la cotización suministrada por Fundival y Cía. Ltda. Para la elaboración de un piso falso con estructura de acero que permita el paso del cableado de las celdas de 15 kV, hasta los circuitos de cada edificación.

Para la alimentación de los circuitos de servicios auxiliares se tuvo en cuenta la instalación de una planta eléctrica de emergencia de 40 kW cotizada con la empresa Tryenergy, los demás equipos como transformadores, UPS, cableado, tableros de baja tensión, ductería, cajas de inspección, entre otros materiales y componentes, se relacionaron con los precios de catálogos de empresas dedicadas al suministro de componentes eléctricos.

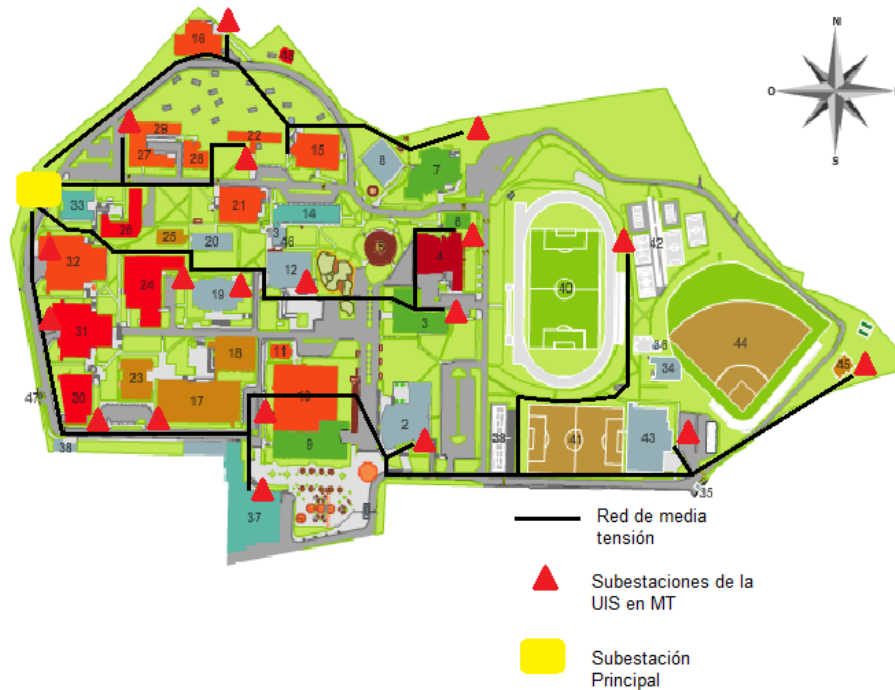
**Tabla 10. Presupuesto de Inversión.**

FORMULARIO DE CANTIDADES Y PRECIOS UNITARIOS					2 de Febrero de 2017	
OBRA: DISEÑO DE LOS COMPONENTES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA DE LA NUEVA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE LA UIS					CONTRATO	
ITEM	TIPO	DESCRIPCIÓN	UND	VALOR UNITARIO	CANT	SUBTOTAL
1.00		<b>SUBESTACIÓN PRINCIPAL UIS 34.5 kV</b>				
1.10	T	<b>RED DE MEDIA TENSIÓN AÉREA 34.5 kV</b>				
1.1.1	C	Poste de concreto de 14 m * 750 kg	un	2,037,201.00	1	2,037,201.00
1.1.2	C	Conductor 3 No 2/0 ACSR	ml	53,988.00	15	809,820.00
1.1.3	C	Estructura de retención tipo 514 / 34,5 kV	un	815,699.00	2	1,631,398.00
1.1.4	C	Estructura de protección trifásica 34,5 kV	un	3,466,337.00	1	3,466,337.00
1.1.5	C	Bajante metálico IMC 2X4"	un	1,399,178.00	1	1,399,178.00
1.1.6	C	Cimentación en concreto 2500 PSI	m3	643,486.00	2	1,286,972.00
1.1.7	C	Bajante de puesta a tierra en cable de Cu 2/0 AWG	un	1,183,429.00	1	1,183,429.00
1.20	T	<b>MODULO DE MEDIDA Y PROTECCION 34.5 kV</b>				
1.2.1	C	Celda remonte entrada por cable y salida por barra GAM-1+ DPS, 36kV	un	18,725,358.00	1	18,725,358.00
1.2.2	C	Celda de protección + seccionador DM1-A, Tensión 36 kV	un	137,402,467.00	2	274,804,934.00
1.2.3	C	Celda de medida de tres elementos GBC - B, Tensión 36 kV	un	71,820,277.00	1	71,820,277.00
1.2.4	C	Cable Cu 3X1/0 AWG XLPE 35 kV monopolar con aislamiento al 133%	ml	236,327.00	20	4,726,540.00
1.2.5	C	Terminal premoldeado tipo interior 35 kV	un	2,196,517.00	4	8,786,068.00
1.30	T	<b>MODULO DE TRANSFORMACIÓN 34.5 / 13.2 kV</b>				
1.3.1	C	Transformador seco, trifásico 4 MVA - 34500 / 13200 V - Dyn 5 - Tipo F	un	346,098,602.00	2	692,197,204.00
1.3.2	C	Ducto portacable tipo malla 40cms x 5,4 cms	ml	138,016.00	6	828,096.00
1.40	T	<b>MODULO DE PROTECCION SECCIONAMIENTO Y MEDIDA 13.2KV</b>				
1.4.1	C	Celda de medida y seccionamiento D06 PREMSET tipo 1	un	106,052,980.00	1	106,052,980.00
1.4.2	C	Celda de medida y seccionamiento D06 PREMSET tipo 2	un	104,562,800.00	4	418,251,200.00
1.4.3	C	Celda de medida y seccionamiento D06 PREMSET tipo 3	un	103,634,800.00	10	1,036,348,000.00
1.4.4	C	Celda de medida y seccionamiento D06 PREMSET tipo 4	un	103,661,200.00	6	621,967,200.00
1.4.5	C	Terminal premoldeado tipo interior 15 kV	un	801,311.00	21	16,827,531.00
1.4.6	C	Cable Cu 3X2/0 AWG XLPE 15 kV 133%	ml	180,087.00	33	5,942,871.00
1.50	T	<b>MALLA A TIERRA</b>				
1.5.1	C	Malla de puesta a tierra	un	19,988,964.00	1	19,988,964.00
1.60	T	<b>RED DE MEDIA TENSIÓN SUBTERRÁNEA 34.5 kV</b>				
1.6.1	C	Canalización en tubo PVC 2X4" tipo pesado	ml	59,608.00	97	5,781,976.00
1.6.2	C	Caja de inspección MT 1.5X1.5X1.8 mts vehicular	un	1,244,570.00	6	7,467,420.00
1.6.3	C	Cable Cu 3X1/0 AWG XLPE 35 kV monopolar con aislamiento al 133%	ml	236,327.00	163	38,521,301.00
1.6.4	C	Terminal premoldeado tipo exterior 35 kV	un	1,793,951.00	1	1,793,951.00
1.70	T	<b>CORTE, DEMOLICION Y REPARACIONES</b>				
1.7.1	C	Reparcho de pavimento asfáltico	m2	231,073.00	34	7,856,482.00
1.7.2	C	Resane de andén en concreto de 2500 PSI y e=10 cm	m2	120,767.00	700	84,536,900.00
1.7.3	C	Resane de piso en tableta	m2	101,840.00	28	2,851,520.00
1.7.4	C	Retiro de escombros	m3	24,060.00	136	3,272,160.00
1.80	T	<b>ALUMBRADO EXTERIOR E INTERIOR DE LA S/E</b>				
1.8.1	C	Salida luz común	un	55,381.00	9	498,429.00
1.8.2	C	Canalización en tubo PVC 4 x 1" Tipo pesado	ml	471,181.00	15	7,067,715.00
1.8.3	C	Caja de inspección 0.6 X 0.6 X 0.82 metros eléctrica o telecomunicaciones	un	608,160.00	4	2,432,640.00
1.8.4	C	Cable telefónico 10 pares barrera contra humedad	ml	7,357.00	30	220,710.00
1.8.5	C	Toma monofásico doble	un	74,286.00	7	520,002.00
1.8.6	C	Toma bifilar	un	152,659.00	2	305,318.00
1.8.7	C	Luminaria Fluorescente 2*32W, tipo T5 -120V	un	195,706.00	9	1,761,354.00
1.8.8	C	Luminaria de sodio de 70 W - 220 V	un	522,866.00	7	3,660,202.00
1.8.9	C	Tablero de distribución de 18 puestos trifásico con totalizador de 50 A	un	1,249,191.00	1	1,249,191.00
1.8.10	C	Acometida de baja tensión 3#6THW + 1#8 THW + 1#8T + PVC 2X1"	ml	29,560.00	20	591,200.00
1.8.11	C	Strip telefónico 10 pares	un	104,780.00	1	104,780.00
1.8.12	C	Toma telefónica	un	62,498.00	4	249,992.00

FORMULARIO DE CANTIDADES Y PRECIOS UNITARIOS						2 de Febrero de 2017	
OBRA: DISEÑO DE LOS COMPONENTES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA DE LA NUEVA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE LA UIS						CONTRATO	
ITEM	TIPO	DESCRIPCIÓN	UND	VALOR UNITARIO	CANT	SUBTOTAL	
1.90	T	<b>PLANTA ELÉCTRICA DE EMERGENCIA SERVICIOS AUXILIARES</b>					
1.9.1	C	Instalación y puesta en marcha de la planta de emergencia	und	47,860,811.00	1	47,860,811.00	
1.11	T	<b>Montaje piso falso [servicios auxiliares]</b>					
1.11.1	C	Suministro e instalación de piso falso en acero de alta resistencia	m2	397,828.00	91	36,202,348.00	
1.12	T	<b>BANDEJA PORTACABLE CELDAS 13.2KV</b>					
1.12.1	C	Bandeja portacable de 60 cm	ml	106,378.00	80	8,510,240.00	
1.13	T	<b>RECONECTADOR POSTE P-1 34.5 KV</b>					
1.13.1	C	Reconector 36 KV	und	73,838,837.00	1	73,838,837.00	
1.14	T	<b>TRANSFORMADOR SERVICIOS AUXILIARES</b>					
1.14.1	C	Transformador trifásico ONAN 30 kVA, 13200 /220 - 127 V	und	4,899,998.00	1	4,899,998.00	
			un		1		
1.15	T	<b>Módulo de Transferencia 13,2 kv</b>					
1.15.1	C	Tren de celdas para maniobras en 13.2 kv	un	463,154,439.00	1	463,154,439.00	
1-st		<b>Subtotal</b>				<b>4,114,291,474.00</b>	
2.00		<b>ACOMETIDAS CIRCUITOS</b>					
2.10	T	<b>ACOMETIDAS CIRCUITO 1</b>					
2.1.1	C	Canalización en tubo PVC 4X4" tipo pesado	ml	84,834.00	34	2,884,356.00	
2.1.2	C	Canalización en tubo PVC 3X4" tipo pesado	ml	72,358.00	700	50,650,600.00	
2.1.3	C	Canalización en tubo PVC 2X4" tipo pesado	ml	59,764.00	28	1,673,392.00	
2.1.4	C	Caja de inspección MT 1X1X1.2 mts vehicular	un	1,257,216.00	136	170,981,376.00	
2.1.5	C	Caja de inspección MT 0.6X0.6X0.6 mts vehicular	un	629,489.00	5	3,147,445.00	
2.1.6	C	Cable Cu 3X2 AWG XLPE 15 kv 133%	ml	95,687.00	998	95,524,332.00	
2.1.7	C	Terminal premoldeado tipo Interior 15KV	jgo	801,264.00	9	7,211,376.00	
2.1.8	C	Desmante Cable Cu 3X2 AWG XLPE 15 kv monopolar	ml	14,511.00	7	101,577.00	
2.20	T	<b>ACOMETIDAS CIRCUITO 2</b>					
2.2.1	C	Canalización en tubo PVC 4X4" tipo pesado	ml	84,834.00	115	9,762,697.00	
2.2.2	C	Canalización en tubo PVC 2X4" tipo pesado	ml	59,881.00	187	11,197,747.00	
2.2.3	C	Caja de inspección MT 1X1X1.2 mts vehicular	un	1,257,216.00	6	7,543,296.00	
2.2.4	C	Caja de inspección MT 0.6X0.6X0.6 mts vehicular	un	629,489.00	8	5,035,912.00	
2.2.5	C	Cable Cu 3X2 AWG XLPE 15 kv 133%	ml	100,644.00	4	402,576.00	
2.2.6	C	Terminal premoldeado tipo Interior 15KV	jgo	801,264.00	2	1,602,528.00	
2.30	T	<b>ACOMETIDAS CIRCUITO 3</b>					
2.3.1	C	Canalización en tubo PVC 4X4" tipo pesado	ml	84,834.00	25	2,120,850.00	
2.3.2	C	Canalización en tubo PVC 3X4" tipo pesado	ml	72,358.00	147	10,636,626.00	
2.3.3	C	Canalización en tubo PVC 2X4" tipo pesado	ml	59,881.00	135	8,083,935.00	
2.3.4	C	Canalización en tubo PVC 6X4" tipo pesado	ml	109,787.00	136	14,931,032.00	
2.3.5	C	Canalización en tubo PVC 5X4" tipo pesado	ml	97,311.00	113	10,996,143.00	
2.3.6	C	Caja de inspección MT 1.3X1.6X1.2 mts vehicular	un	1,495,880.00	2	2,991,760.00	
2.3.7	C	Caja de inspección MT 1X1X1.2 mts vehicular	un	1,257,216.00	6	7,543,296.00	
2.3.8	C	Caja de inspección MT 0.6X0.6X0.6 mts vehicular	un	629,489.00	4	2,517,956.00	
2.3.9	C	Cable Cu 3X2 AWG XLPE 15 kv 133%	ml	103,007.00	1,660	170,991,620.00	
2.3.11	C	Terminal premoldeado tipo Interior 15KV	jgo	801,264.00	5	4,006,320.00	
2.3.12	C	Desmante Cable Cu 3X2 AWG XLPE 15 kv monopolar	ml	14,511.00	6	87,066.00	
2.40	T	<b>ACOMETIDAS CIRCUITO 4</b>					
2.4.1	C	Canalización en tubo PVC 4X4" tipo pesado	ml	84,834.00	450	38,175,300.00	
2.4.2	C	Canalización en tubo PVC 3X4" tipo pesado	ml	72,358.00	98	7,091,084.00	
2.4.3	C	Canalización en tubo PVC 2X4" tipo pesado	ml	59,281.00	550	32,604,550.00	
2.4.4	C	Canalización en tubo PVC 6X4" tipo pesado	ml	109,787.00	274	30,081,638.00	
2.4.5	C	Canalización en tubo PVC 5X4" tipo pesado	ml	83,279.00	388	32,312,252.00	
2.4.6	C	Caja de inspección MT 1.3X1.6X1.2 mts vehicular	un	498,685.00	41	20,446,085.00	
2.4.7	C	Caja de inspección MT 1X1X1.2 mts vehicular	un	1,257,216.00	25	31,430,400.00	
2.4.8	C	Caja de inspección MT 0.6X0.6X0.6 mts vehicular	un	629,489.00	23	14,478,247.00	
2.4.9	C	Cable Cu 3X2 AWG XLPE 15 kv 133%	ml	100,644.00	4,957	498,892,308.00	
2.4.11	C	Terminal premoldeado tipo Interior 15KV	jgo	801,264.00	10	8,012,640.00	
2.4.12	C	Desmante Cable Cu 3X2 AWG XLPE 15 kv monopolar	un	14,511.00	9	130,599.00	

FORMULARIO DE CANTIDADES Y PRECIOS UNITARIOS					2 de Febrero de 2017	
OBRA: DISEÑO DE LOS COMPONENTES PARA LA GESTIÓN ENERGÉTICA DE LA NUEVA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA DE LA UIS					CONTRATO	
ITEM	TIPO	DESCRIPCION	UND	VALOR UNITARIO	CANT	SUBTOTAL
2-st		Subtotal				1,316,280,917.00
4.00		LEGALIZACION DE TRAMITES				
4.10	T	TRAMITES LEGALIZACIÓN				
4.1.1	C	Tramites de legalización ante el operador de red	un	5,021,647.00	1	5,021,647.00
4.1.2	C	Certificación RETIE	un	8,919,247.00	1	8,919,247.00
4.1.3	C	Planos eléctricos finales	un	1,149,775.00	1	1,149,775.00
4-st		Subtotal				15,090,669.00
5.00		INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA PME				
5.10	T	INTEGRACIÓN PME				
5.1.1	C	Bus de comunicaciones	ml	139,083.00	30	4,172,490.00
5.1.2	C	Pasarela de comunicaciones	un	3,355,259.00	1	3,355,259.00
5.1.3	C	Licencia de equipos de medida	un	1,038,150.00	21	21,801,150.00
5.1.4	C	Estacion de trabajo, base de datos y software PME	glb	20,044,055.00	1	20,044,055.00
5-st		Subtotal				49,372,954.00
<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>						<b>5,495,036,014.00</b>
A.I.U ( 25% )						<b>1,373,759,004.00</b>
<b>VALOR TOTAL</b>						<b>6,868,795,018.00</b>
IVA (19% SOBRE UTILIDAD)						<b>31,321,705.00</b>
<b>SUBTOTAL</b>						<b>6,900,116,723.00</b>

Figura 14. Sistema Eléctrico Proyectoado de la UIS.



Fuente: Modificada UIS

Como se muestra en la figura 10, se forman 4 grandes circuitos que suministran la energía eléctrica por medio de la red de MT de la universidad, estas acometidas se alimentan de manera independiente por medio de celdas seccionadas con relé de protección. El costo de la implementación del módulo de celdas de 15 kV y 36 kV, y adicionalmente el cableado necesario para la interconexión de todo el sistema y la ductería necesaria se describen a continuación.

## 6. OBSERVACIONES

- La cotización de los equipos necesarios para la medida, protección y comunicación de las celdas, además de las licencias necesarias para el suministro de los componentes de gestión energética fueron suministrados por la empresa Schneider Electric.
- Es necesario resaltar que la información base del presente proyecto se tomó del diseño denominado “diseño subestación eléctrico general campus universitario central”, diseñado por el ingeniero Jairo Gómez Tapias.
- La selección de los medidores se ajustó a la clasificación de las subestaciones de las edificaciones de la UIS, fundamentadas en los trabajos de grado en los que se caracterizaron la mayoría de los edificios de la universidad.
- Cabe resaltar que en la fase presupuestal se consideraron las cotizaciones suministradas por algunos proveedores, y en otros materiales se tomó el precio de los catálogos encontrados en las páginas de la internet.
- No se realizaron la totalidad de las visitas a los cuartos técnicos de las subestaciones, debido a que la División de planta física no disponía del personal ni del tiempo para culminar la etapa de reconocimiento.

## 7. CONCLUSIONES

- Para la integración de la red eléctrica de media tensión de la UIS con el sistema de gestión de energía PME, es necesaria la segmentación de los circuitos que alimentan las subestaciones secundarias con el fin de obtener una supervisión, y análisis de las variables eléctricas de cada edificio conectado a la red de MT, facilitando la toma de decisiones frente a cualquier contingencia.
- El proceso de inclusión de las celdas con capacidad de medida y control ofrece confiabilidad al sistema eléctrico de la UIS, esto debido a las características de operación que pueden realizar estos dispositivos; con la correcta integración del software PME y realizando una correcta programación es posible que el sistema actúe ante una eventualidad ocurrida en el sistema de forma automática.
- La integración del “software” de gestión de energía PME a los equipos de medida y protección brindan seguridad al sistema eléctrico de la Universidad; los relés dispuestos en las celdas actúan según sea la necesidad que requiera el sistema, es decir que por medio de una programación previa en el “software”, y dependiendo de la eventualidad ocurrida, el relé envía alertas o actúa directamente abriendo un interruptor si la falla es peligrosa para los equipos del sistema.
- Este sistema permite realizar un seguimiento en tiempo real de las variables eléctricas del sistema, analizar la calidad de la energía, y además generar reportes que pueden facilitar la toma de decisiones, ya sea por una

contingencia o por un consumo excesivo de la energía eléctrica, lo que evita tiempos de inactividad y a su vez optimiza el funcionamiento de los equipos.

- La implementación de los componentes para la gestión eficiente de energía en la nueva subestación eléctrica de la UIS fomenta en la comunidad universitaria alternativas que minimicen el consumo y contribuyan al ahorro energético.
- La segmentación de los circuitos facilita la supervisión de las subestaciones, pero es necesario caracterizar las cargas de cada edificación, por tal motivo el tipo de analizador de red que se sugiere, debe ser acorde a las variables eléctricas que se quieran medir o controlar.

## 8. RECOMENDACIONES

- Se sugiere que para una debida implementación es necesario realizar un estudio más riguroso acerca de las designaciones de las rutas para la red proyectada de media tensión.
- Se recomienda realizar la segmentación de los circuitos en baja tensión de cada edificio, para que el sistema eléctrico en su totalidad sea más robusto.
- Se sugiere la instalación de equipos de medida y protección en el lado de baja tensión, que tengan la capacidad de supervisar y gestionar de manera individual la energía eléctrica de cada circuito aguas abajo del transformador, esto con el fin de llegar a tener un sistema más flexible a la hora de evaluar cualquier tipo de contingencia.
- En el momento de incorporar equipos de medida se sugiere que el nuevo dispositivo cuente con un puerto de comunicaciones; además que utilice protocolo Modbus basado en la arquitectura de comunicaciones TCP/IP, compatible con el sistema de gestión de energía PME.
- Se sugiere realizar un mantenimiento y adecuación de las subestaciones secundarias de la universidad, además de la inclusión de celdas de protección en el momento de contemplar la ejecución del proyecto.

## BIBLIOGRAFÍA

AFRICANO RODRÍGUEZ, I. V. CASTILLO MANTILLA, L. T. “Caracterización energética del edificio Biblioteca (campus central de la Universidad Industrial de Santander) aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE).”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2015.

ALVAREZ ALVAREZ, C. A. SERNA ALZATE,” F. J. Normatividad Sobre Eficiencia Energética y Edificaciones Verdes”,CIDET, Medellín, Colombia, Noviembre 2012.

ARENAS SALGADO, E. F. GONZÁLEZ NAVARRO, A. R. “Caracterización del edificio de Ingeniería Industrial aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE).”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2014.

BLANCO, A.N. RUEDA ORTIZ, L. A. “Diseño de la subestación eléctrica del edificio Administración I bajo los lineamientos del reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE.”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2011.

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA Ley 1715 (mayo 13 de 2014) Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional. Bogotá D. C. 2014 [en línea] disponible en:  
[http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_1715\\_2014.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1715_2014.html)

COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA Ley 697 (Octubre 3 de 2001) Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Bogotá D. C.

2001 [en línea] disponible en:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4449>

COLOMBIA, MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA Decreto 2501 (julio 4 de 2007)  
Por medio del cual se dictan disposiciones para promover prácticas con fines de  
uso racional y eficiente de energía eléctrica. Bogotá D. C. 2007 [en línea]  
disponible en:  
[http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto\\_2501\\_2007.htm](http://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_2501_2007.htm)

COLOMBIA, PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA Decreto 3683 (Diciembre 19 de  
2003) Por el cual se reglamenta la Ley 697 de 2001 y se crea una Comisión  
Intersectorial Bogotá D. C. 2003 [en línea] disponible en:  
<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=11032>

COMISIÓN DE REGULACIÓN DE ENERGÍA Y GAS, CREG, Resolución 038 de  
2014

CREG., “Nuevo código de medida”, Resolución 038 de 2014, Mayo 14, 2016.

CREG: Comisión de Regulación de Energía y Gas.

DELGADO CRUZ, D. A. RODRÍGUEZ CARVAJAL, J. O SARMIENTO AMADO. L.  
R. “Caracterización energética del edificio Camilo Torres de la Universidad  
Industrial de Santander aplicando la metodología del sistema de gestión integral de  
la energía (SGIE).”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2015.

ELECTRIFICADORA DE SANTANDER ESSA, Tarifa ESSA [en línea] disponible  
en:  
[https://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Tarifas/tarifas%202014/Tarifa\\_ESSA\\_201406.pdf](https://www.essa.com.co/site/Portals/14/Docs/Tarifas/tarifas%202014/Tarifa_ESSA_201406.pdf)

FIGUEROA REY, D. L. MONSALVE VERA, D. Y. “Caracterización del edificio Virginia Gutiérrez Pineda (Facultad de Ciencias Humanas-UIS) aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE).”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2015.

Guía para la implementación del Sistema de Gestión Integral de la Energía.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES  
Norma Técnica Colombiana, NTC 2050.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES  
Norma Técnica Colombiana, NTC 2050, 1998-11-25.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIONES  
Norma Técnica Colombiana, NTC 2205, 2004-09-29.

MEJÍA VILLEGAS S.A., “Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión”, Segunda Edición, p. 25.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA “Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas”, Resolución No. 90708 de Agosto 30 de 2013.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, ANEXO GENERAL, “Reglamento Técnico de etiquetado (RETIQ)”, Colombia, 18 de Septiembre, 2015.

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, Anexo general, “Reglamento Técnico de etiquetado (RETIQ)”, Colombia, 18 de Septiembre, 2015.

MUÑOZ CARDOZO, J. P. L. FONSECA SERRANO, C. A. MORALES PADILLA., D. “Caracterización de los edificios Roberto Serpa Flórez y Morfopatología,

aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE).”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2016.

OTERO QUECHO, J. L. PEDROZO CELIS, J. H. “Caracterización de instalaciones eléctricas y cargas del edificio de ingeniería eléctrica de la Universidad Industrial de Santander.”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2015.

PEDROZA NIÑO Paula, OSORIO VEGA Katerin, “Diseño de la arquitectura de comunicaciones y de la integración de los equipos monitorizables existentes en el sistema de la sede principal de la UIS al sistema de automatización BMS adoptado por la institución”, Proyecto de grado, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia, 2014.

PUNTES MARÍN, A. F. JONES ROJAS, J. C. “Caracterización del centro de tecnologías de información y comunicación (CENTIC) aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE).”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2014.

QUINTANA, B.A. PEREIRA V.R. y VEGA., C. N. “El factor para dignificar espacios de vivienda social se encuentra en la Domótica”, Artículo de Investigación, Universidad Católica de Pereira, Pereira, Colombia, 2015

Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP).

REVISTA DINERO, Reforma tributaria impulsaría la masificación de vehículos eléctricos: Andemos [en línea] disponible en: <http://www.dinero.com/pais/articulo/reforma-tributaria-beneficia-vehiculos-electricos/240481>

RODRÍGUEZ HINCAPIÉ, A. C. “Caracterización del edificio de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE).”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2016.

SALDAÑA RODRÍGUEZ, C. C. PRECIADO NORE, E. L. “Caracterización energética de los edificios Álvaro Beltrán Pinzón y laboratorio hidráulica de la Universidad Industrial de Santander aplicando la metodología del sistema de gestión integral de la energía (SGIE).”, UIS, Bucaramanga, Colombia, 2016.

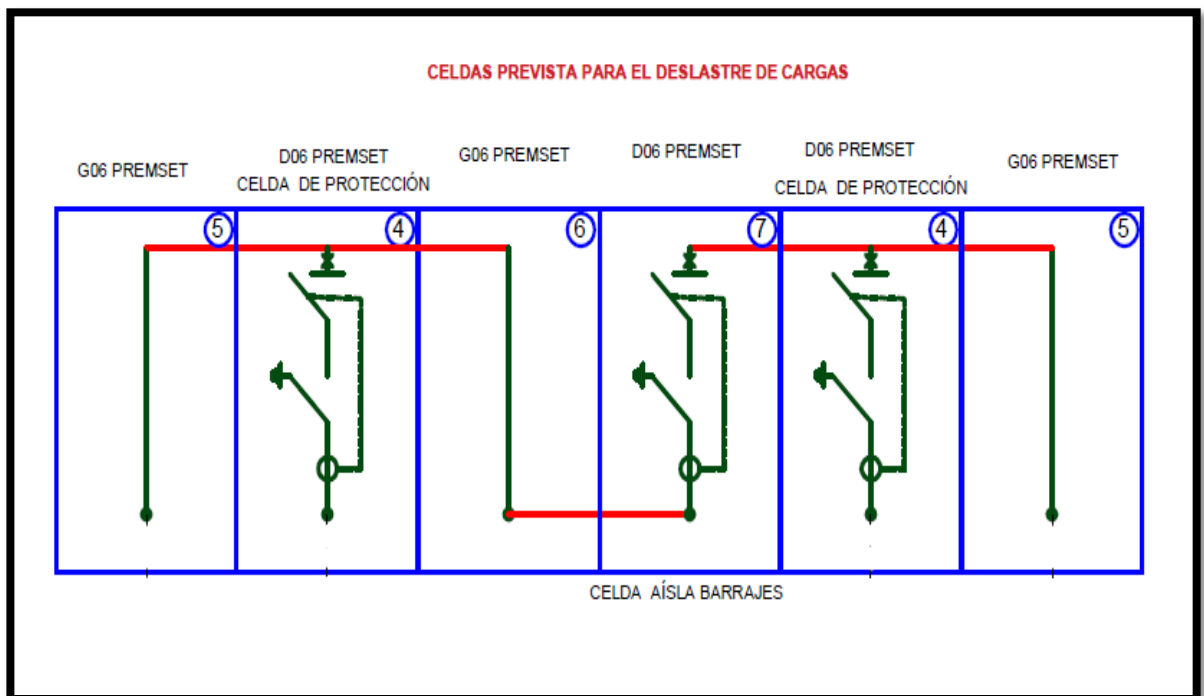
SCHNEIDER ELECTRIC, “Gestión total de la energía con EcoStruxure”, Mayo. 2012.

SCHNEIDER ELECTRIC. [en línea] disponible en: “[http://download.schneider-electric.com/files?p\\_Reference=7EN02-0357-00&p\\_EnDocType=User%20guide&p\\_File\\_Id=3576096109&p\\_File\\_Name=7EN02-0357-00.pdf](http://download.schneider-electric.com/files?p_Reference=7EN02-0357-00&p_EnDocType=User%20guide&p_File_Id=3576096109&p_File_Name=7EN02-0357-00.pdf).”

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, División de Planta Física, [en línea] disponible en: <https://www.uis.edu.co/webUIS/es/administracion/plantaFisica/presentacion.jsp>



## ANEXOS

### ANEXO A CONFIGURACIÓN DE CELDAS AGUAS DEBAJO DE LOS TRASFORMADORES DE 4MVA



## ANEXO B. ACTAS

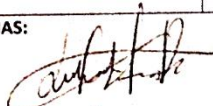


### ACTA TÉCNICA DE REUNIONES

		<b>FORMATO</b> ACTA TECNICA DE REUNIONES	<b>FECHA DE VERSION:</b> 23/01/2017
---	---	---	--

**ACTA DE REUNIONES N° 1**

DEPENDENCIAS: FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS  
 ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES

<b>TIPO DE REUNIÓN:</b>	Técnica
<b>FECHA:</b>	23 de Enero de 2017
<b>LUGAR:</b>	UIS sede Bucarica
<b>HORA DE INICIO:</b>	8:30 A.M.
<b>HORA DE TERMINACIÓN:</b>	10:00 A.M.
<b>ASISTENTES:</b>	Ingenieros Schneider Electric, Ingenieros de Diseño

<b>TEMA:</b> Asesoramiento Técnico Solución Propuesta.		
<b>ASPECTOS TRATADOS:</b> Detalles técnicos, presupuesto de diseño		
<b>RESPONSABLE:</b>		
<b>COMPROMISOS:</b> Entrega de cotización de solución propuesta		
<b>FECHA PROXIMA REUNION:</b>	<b>HORA:</b>	<b>LUGAR:</b>
<b>FIRMAS:</b>		
 Luis Anaya Ing. Prescripción de ventas Schneider	 Jorge Paternina Ing. de Diseño	 Manuel Ortiz Director

## ANEXO C. CUADRO DE CONSUMO

### CONSUMO DE ENERGÍA EDIFICIOS UIS

EDIFICIOS	ENERGIA CONSUMIDA PROMEDIO MENSUAL [kW/h]						TOTAL [kW/h]
	Refrigeracion Congelación / hornos eléctricos/equipos de laboratorio	Equipos de oficina	Sistemas de aire acondicionado	Iluminacion	Motores	Otros	
ÁLVARO BELTRÁN PINZÓN	948,6	2151,26	2702,4	2541,45	3119,48	24,12	11487,31
LABORATORIO DE HIDRÁULICA	-----	428,784	633,6	628,128	214,4	11,52	1916,432
BIBLIOTECA	-----	6893,602	24630,036	16882,416	1469,760	1452,720	51328,534
BIENESTAR UNIVERSITARIO	455,3424	429,1	217,01437	208,472	205	67,574	1580,50277
CAMILO TORRES	22238,92	16244,9	26716,86	13369	596,286	6615,204	85781,17
CENTIC	-----	38800,08	44371,68	14514,19	-----	-----	97685,95
INGENIERIA ELECTRICA	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
CIENCIAS HUMANAS	-----	4714,70	13952,35	10044,99	3405,80	2472,16	34590
INGENIERIA INDUSTRIAL	-----	8884,544	75886,56	9984,66	-----	6579,1365	101334,9005
INGENIERIA QUIMICA	1308,84	3132,37	13198,33	2561,80	-----	3736,8	23938,14
ROBERTO SERPA (FACULTAD DE SALUD)	-----	4736,368	5092,864	3930,336	-----	233,280	13992,848
MORFOPATOLOGÍA (FACULTA DE SALUD)	-----	4962,384	8879,403	1703,808	2244	10910,784	28700,379

## ANEXO D. FORMATOS

### FORMATO DE VISITAS TÉCNICAS

INFORMACIÓN GENERAL															
FECHA	MES	DÍA	AÑO	HORA	LUGAR:	DESDE:	HASTA:								
ESTUDIANTES						ACOMPAÑANTES									
José Eduardo Escalante Espejo															
Fredy Alberto Burgos Rueda															
SUMINISTRO ELÉCTRICO PRINCIPAL															
ALIMENTACIÓN EN MEDIA TENSIÓN						ALIMENTACIÓN EN BAJA TENSIÓN									
AÉREA :			SUBTERRANEA :			AÉREA :			SUBTERRANEA :						
ALIMENTACIÓN DIRECTA:						PUNTO DE ALIMENTACIÓN (Punto de inicio de la acometida):									
TREN DE CELDAS	C. REMONTE														
	C. SECCIONAMIENTO:														
	C. MEDIDA:														
OBSERVACIONES:															
DATOS DEL EQUIPO TRANSFORMADOR															
POTENCIA NOMINAL (KVA) :			N° DE FASES:		NIVELES DE TENSIÓN (VOLTIOS)			PRIMARIO :		SEGUNDARIO:		TIPO:			
OBSERVACIONES:															
TABLERO GENERAL DE BAJA TENSIÓN															
CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL (A) :				NUMERO PROTECCIONES EN TOTAL:				CUENTA CON MEDIDOR :							
OBSERVACIONES:															
PUNTOS DE MONITORIZACIÓN EXISTENTES															
PUNTO # 1		REFERENCIA :		PROVEEDOR:		UBICACIÓN :									
PUNTO # 2		REFERENCIA :		PROVEEDOR:		UBICACIÓN :									
PUNTO # 3		REFERENCIA :		PROVEEDOR:		UBICACIÓN :									
PUNTO # 4		REFERENCIA :		PROVEEDOR:		UBICACIÓN :									
OBSERVACIONES:															
FIRMAS															
<table border="1" style="width: 100%; height: 40px; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> </table>															

## FORMATO DE VISITAS TÉCNICAS

INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA	MES	DÍA	AÑO	LUGAR:			
				HORA :	DESDE:	HASTA :	
<b>DIMENSIONES DEL CUARTO TÉCNICO</b>							
BOSQUEJO Y DIMENSIONES DEL CUARTO:							