

Levantamiento de Planos y Estudio de Cargabilidad del Sistema Eléctrico de la UPB

Camilo Andrés GIRALDO, Juan David OSSA+*

**Universidad Pontificia Bolivariana
juandavid.ossa@alfa.upb.edu.co*

Resumen: En este proyecto se pretende realizar un levantamiento de información del sistema eléctrico de la UPB desde la frontera comercial hasta los gabinetes principales de cada subestación, un estudio de cargabilidad de todos los transformadores y un rediseño de la frontera comercial. Dicho proyecto busca obtener una información actualizada y observar las falencias técnicas y no técnicas del sistema eléctrico de la UPB. *Copyright © UPB 2015.*

Palabras clave: Levantamiento de información, cargabilidad, frontera comercial.

Abstract: Throughout this project is pretended to make a gathering of the electrical system UPB information from the cross-border trade to the principal electrical cabinets of the substation, the chargeable study of all the transformers and a cross-border trade redesign. It is sought for a clear and accurate information, observing the falls that is been incurring, so take the measures in the less time possible. *Copyright © UPB 2015.*

Keywords: Gathering information, chargeable study, cross-border trade.

1. INTRODUCCIÓN

En la UPB se está llevando a cabo un megaproyecto a largo plazo como es la construcción de la micro-red inteligente, que pretende integrar nueve subsistemas básicos gestionables centralmente, para el uso racional y eficiente de los recursos energéticos, a través de energías renovables.

Durante este proyecto se han encontrado falencias en la parte técnica como en lo documental, debido a la construcción de bloques nuevos y remodelación de algunos bloques existentes. Además la documentación existente del sistema eléctrico de la UPB se encuentra muy desactualizada y los planos existentes no se encuentran digitalizados.

Por lo tanto, para suplir mencionadas falencias, se requiere realizar un estudio y un levantamiento de datos al sistema eléctrico actual. Para esto se necesita hacer un análisis del comportamiento de la red, digitalizar y actualizar los planos de la universidad en AutoCAD [1], además de verificar el satisfactorio cumplimiento de las normas técnicas de la actualidad.

Para realizar un correcto sistema de gestión de la demanda se necesita centralizar el consumo eléctrico que se encuentra separado por bloques y unificarlo en un centro de control.

Este sistema de lectura remota admitiría visualizar el comportamiento y el consumo de la red eléctrica en tiempo real, permitiendo trazar una curva de demanda y observar los tiempos de

mayor consumo tanto en cada subestación como el de la universidad completa.

En las subestaciones se instalaron analizadores de redes eléctricas para registrar la carga que tienen asociados los transformadores de cada subestación, pretendiendo realizar un análisis de las pérdidas técnicas y así, presentar un reporte con sugerencias significativas que ayuden a mejorar la red del sistema eléctrico de la UPB.

Debido que la Universidad es un cliente no regulado, perteneciendo al mercado de energía mayorista, tiene como obligación cumplir todas las normas del nuevo código de medida, por lo cual la Universidad se ve en la necesidad de realizar un rediseño de la frontera comercial para no incurrir en fallas de frontera y poder seguir perteneciendo a este tipo de mercado.

2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

Para realizar un levantamiento de información, se hizo un recorrido por todas las subestaciones eléctricas y la red de distribución del campus universitario, incluyendo la subestación ubicada en la sede de medicina. Con este recorrido, se logró elaborar un diagrama unifilar de cada subestación, el cual se puede visualizar en el anexo 1 en el programa AutoCad. Asimismo, se pudo observar que falencias técnicas presentaba cada una de las subestaciones. En la Tabla 1 y en la Tabla 2 se pueden observar las inconformidades presentadas en cada una de las subestaciones. En la Tabla 3 y la Tabla 4 se observan las inconformidades en la red de distribución.

Tabla 1. Cumplimiento de normas técnicas en subestaciones [2][3]

| Subestación Normas | Subestación | | | | | | | |
|--|-------------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------------|----------------------|
| | B. Administrativo | B. Biblioteca | B. Polideportivo | B. Parqueaderos | B. 7 Ascensores | B. 7 Cútic | B. 8 Transformadores | B.8 Cuarto eléctrico |
| Almacenamiento de materiales ajenos a la instalación eléctrica | C | C | C | NC | NC | C | NC | NC |
| Espacios de trabajo | C | C | C | C | C | NC | NC | NC |
| Señalización Subestación | NC | NC | NC | C | NC | C | NC | NC |
| Zonas de acceso | NC | NC | C | C | NC | C | NC | NC |
| Apertura puerta de acceso | NC | NC | NC | C | NC | NC | NC | NC |
| Iluminación de emergencia | NC | NC | NC | C | NC | NC | NC | NC |
| Cruce de ductos ajenos a la instalación eléctrica | NC | C | C | C | C | C | C | C |
| Señalización conductores | NC | NC | NC | C | NC | C | NC | NC |
| Seguridad contra incendios | NC | NC | NC | C | NC | NC | C | C |
| DPS | NC | NC | NC | C | NC | C | NC | --- |
| Medidor | P | P | NP | NP | NP | P | NP | --- |

C: Cumple / NC: No Cumple / NA: No Aplica / P: Posee / NP: No Posee

Tabla 2. Cumplimiento de normas técnicas en subestaciones [2][3]

| Subestación Normas | Subestación | | | | | | |
|--|-------------|------|-------|-------|--------------|---------|----------|
| | B. 8 Aires | B. 9 | B. 11 | B. 12 | Bachillerato | Garajes | Medicina |
| Almacenamiento de materiales ajenos a la instalación eléctrica | NC | NC | NC | NC | C | NC | NA |
| Espacios de trabajo | C | C | NC | C | NC | C | C |
| Señalización Subestación | NC | C | C | NC | NC | NC | C |
| Zonas de acceso | C | C | NC | NC | NC | NC | NA |
| Apertura puerta de acceso | NC | C | NC | NC | NC | NC | NA |
| Iluminación de emergencia | NC | C | NC | NC | NC | NC | NC |
| Cruce de ductos ajenos a la instalación eléctrica | C | C | C | C | C | C | NA |
| Señalización conductores | C | C | NC | NC | NC | NC | C |
| Seguridad contra incendios | NC | C | NC | NC | NC | NC | NA |
| DPS | --- | | C | C | NC | NC | C |
| Medidor | P | NP | P | P | P | P | P |

C: Cumple / NC: No Cumple / NA: No Aplica / P: Posee / NP: No Posee

Tabla 3. Cumplimiento de normas técnicas red de media tensión [2][3]

| Normas | Subestación | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|----------------|--------------------------|-----------|------|--------------|
| | B. Administrativo | Poste Gloria B.11 | Poste frente B.11 | B. Parquaderos | Poste cafetería primaria | Bloque 10 | B.11 | Bachillerato |
| Símbolo de Riesgo Eléctrico | NC | C | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
| Correcta instalación DPS | C | NC | NA | NC | NA | C | NC | NC |
| Distancia mínimas de seguridad | NC | C | NC | NC | C | NC | NC | C |
| Señalización de conductores | NC | NC | NC | NC | NC | C | NC | NC |
| Marcación bajantes | NC | NC | NA | NC | NA | NC | NC | NC |
| Conexión equipotencial elementos metálicos | NC | NC | C | NC | NC | NC | NC | NC |
| Se evidencia deterioro en los postes que comprometen las condiciones mecánicas. | NA | NP | NP | NP | NP | NP | NP | NP |

C: Cumple / NC: No Cumple / NA: No Aplica / P: Posee / NP: No Posee

Tabla 4. Cumplimiento de normas técnicas red de media tensión [2][3]

| Normas | Subestación | | |
|---|-------------|---------|----------|
| | B. 12 | Garajes | Medicina |
| símbolo de Riesgo Eléctrico | NC | NC | NC |
| Correcta instalación DPS | NC | NC | NC |
| Distancia mínimas de seguridad | C | C | NC |
| Señalización de conductores | NC | NC | NC |
| Marcación bajantes | NC | NC | NC |
| Conexión equipotencial elementos metálicos | NC | NC | NC |
| Se evidencia deterioro en los postes que comprometen las condiciones mecánicas. | NP | NP | NP |

C: Cumple / NC: No Cumple / NA: No Aplica / P: Posee / NP: No Posee

3. REDISEÑO DE LA FRONTERA COMERCIAL [4]

3.1. Frontera Comercial Actual

Con el fin de cumplir la normatividad vigente que rige a las fronteras comerciales tanto nuevas como en funcionamiento, se

realizó una inspección de la frontera comercial de la Universidad Pontificia Bolivariana con base en el nuevo código de medida CREG 038 de 2014 decretado por el ministerio de minas y energía.

La frontera comercial de la Universidad Pontificia Bolivariana actualmente posee un medidor Landis ZMD405CT44000 con especificaciones técnicas, CL 0.5s para medida de potencia activa y CL 1 para medida de potencia reactiva [5], también posee CT's y PT's tipo exterior instalados en poste. Debido a lo antiguo y a la altura en que se encuentra estos elementos es muy difícil la lectura de la placa.

3.2. Selección de punto de medición, especificaciones del medidor eléctrico y transformadores de corriente y tensión

El tipo de punto de medición se selecciona según el consumo o transferencia de energía por la frontera comercial, o por la capacidad instalada. Dicha selección se hace con base a la Tabla 5 tomada del nuevo código de medida, resolución CREG 038 de 2014.[4]

En el caso de la UPB el tipo de punto de medición es el 2.

Tabla 5. Selección de puntos de medición

| Tipo de puntos de medición | Consumo o transferencia de energía, C, [MWh-mes] | Capacidad Instalada, CI [MVA] |
|----------------------------|--|-------------------------------|
| 1 | $C \geq 15.000$ | $CI \geq 30$ |
| 2 | $15.000 > C \geq 500$ | $30 > CI \geq 1$ |

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

Resolución CREG 038 de 2014

De acuerdo al tipo de punto de medición encontrado, para este caso el 2, se especifica la clase de contador eléctrico y el tipo de transformadores de corriente y de tensión que se deben instalar en la frontera comercial.

Según la Tabla 6, extraída de la resolución CREG 038, se selecciona el valor de exactitud de los dispositivos de medida.

Tabla 6. Requisitos de exactitud para medidores y transformadores de medida

| Tipo de puntos de medición | Índice de clase para medidores de energía activa | Índice de clase para medidores de energía reactiva | Clase de exactitud para transformadores de corriente | Clase de exactitud para transformadores de tensión |
|----------------------------|--|--|--|--|
| 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 | | |

Resolución CREG 038 de 2014

Para este caso la frontera comercial de la Universidad Pontificia Bolivariana debe contar con un medidor eléctrico de respaldo, el

cual debe tener las mismas señales de tensión y de corriente y las mismas especificaciones del contador eléctrico principal.

El medidor que actualmente posee la frontera comercial cumple con las especificaciones técnicas que exige la norma. Dado el caso que los CT's y PT's no cumplan con las especificaciones aquí mencionadas, se deberán reemplazar, por elementos que cumplan tanto las especificaciones técnicas como con certificado de conformidad de productos expedido por una entidad acreditada por la ONAC.

Después de realizar el rediseño de la frontera comercial según lo establecido por el nuevo código de medida se recomienda instalar los dispositivos presentados en la Tabla 7. En el anexo 8 se puede observar una comparación entre la frontera comercial existente y la frontera comercial rediseñada.

Tabla 7. Equipos recomendados en el rediseño de la frontera comercial

| Equipo | Marca | Referencia | Modelo |
|----------------------------|-------|------------|-----------|
| Medidor Bidireccional | Itrón | SL7000 | SL762B |
| Transformador de corriente | RITZ | GIFS | GIFS 17,5 |
| Transformador de potencial | RITZ | VZF | VZF 17,5 |

Itrón [5] – Ritz [6]

4. METODOLOGÍA PARA TRANSMITIR DE MANERA REMOTA LA MEDIDA DE CADA SUBESTACIÓN

Con el proyecto de la micro-red en la Universidad Pontificia Bolivariana y con el fin de llevar una buena gestión, control y trazabilidad del consumo energético, se realizó un recorrido por las subestaciones para evidenciar cuales subestaciones no poseían medidores de energía eléctrica, y recomendar la instalación de medidores con puerto de comunicación en cada una de estas con el fin de que estos consumos puedan ser transmitidos al centro de control, para llevar a cabo análisis y toma de decisiones en tiempo real, además de mitigar las pérdidas no técnicas por errores humanos .

Según la metodología propuesta en el anexo 6, inicialmente se debe realizar una inspección física a cada subestación con el fin de comprobar que subestaciones poseen medidor; luego se define las mínimas especificaciones técnicas requeridas que deben cumplir estos medidores, como poseer puerto de comunicación además de la función de graficar una curva diaria de demanda. A continuación se realiza una comparación de las especificaciones técnicas necesarias con los medidores existentes en cada subestación con el fin de verificar cuales cumplen con éstas. Después de tener todo definido, se adquiere el medidor que se ajuste a las especificaciones técnicas y se define el protocolo de comunicación que se quiere emplear, en este caso ETHERNET. Por último se debe instalar un puerto de red desde un cuarto de cableado cercano a cada subestación por medio de cable UTP/STP cat 6A con el fin de realizar la medición de manera remota.

De acuerdo a los requerimientos que tiene el centro de control para centralizar la medida, y con el apoyo de la empresa Laumayer se recomienda instalar un multímetro digital referencia DMG800 que mide valores máximos y mínimos de tensión, corriente, frecuencia, potencia, factor de potencia, asimetría de corriente y tensión, distorsión armónica en corriente y tensión, función de promedios, contador de horas parciales y totales, análisis de armónicos de voltaje y corriente hasta el orden 31°, medidas en valor eficaz-RMS, Contadores de energía activa, reactiva parcial y total; tiene la posibilidad de expandirse hasta en cuatro módulos, puerto de comunicaciones RS232, RS485, USB, comunicaciones Ethernet y profibus, este dispositivo posee una función gráfico TREND la cual permite seleccionar una variable eléctrica como tensión, potencia activa, potencia reactiva o potencia aparente y realiza un gráfico de las medidas realizadas las últimas 24 horas [7].

5. ANALISIS DE CARGABILIDAD DE TRANSFORMADORES

En las subestaciones de la Universidad Pontificia Bolivariana se instaló un analizador de redes con el fin de registrar la carga que tienen asociados cada uno de los transformadores. El equipo registró los datos por un periodo de 24 horas, con un tiempo de muestreo de 30 segundos. Este procedimiento se hizo en días de semana hábiles, ya que en estos días la universidad presenta un mayor consumo de energía.

A partir de la gráfica potencia (kVA) vs tiempo (h) entregada por el analizador de redes, se observa el mayor promedio de demanda

y se considera como un valor típico. Con este valor se calcula el porcentaje de carga que tiene cada transformador con la expresión

$$C = \frac{P_d}{P_n} * 100\%, \quad (1)$$

donde C , P_n y P_d representan, respectivamente, el porcentaje de carga, la potencia nominal y la potencia de demanda del transformador.

En la Tabla 8 se especifica la potencia nominal de cada transformador y la capacidad instalada en cada uno de estos.

Tabla 8. Capacidad instalada Transformadores UPB

| Subestación | Potencia Nominal [kVA] | Capacidad instalada [kVA] | Factor de potencia | Capacidad instalada [kW] ⁽¹⁾ | Capacidad instalada [%] |
|------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|---|-------------------------|
| Bloque Administrativo | 400 | 99 | 0,93 | 92,07 | 25 |
| Bloque 12 | 75 | 40 | 0,99 | 39,6 | 53 |
| Bloque Biblioteca | 350 | 106 | 0,97 | 102,82 | 30 |
| Bloque Polideportivo | 75 | 25 | 0,99 | 24,75 | 33 |
| Bloque 7, Ctic | 225 | 60 | 0,98 | 58,8 | 27 |
| Bloque 7, Ascensores | 45 | 21 | 0,81 | 17,01 | 47 |
| Bloque Parquaderos | 300 | 104 | 1,00 | 104 | 35 |
| Bloque 8, CPA | 112.5 | 52 | 0,99 | 51,48 | 46 |
| Bloque 8, Laboratorios | 110 | 59 | 0,97 | 57,23 | 54 |
| Bloque 8 | 150 | 4 | 0,91 | 3,64 | 3 |
| Bloque 8, AA | 300 | 31 | 0,82 | 25,42 | 10 |
| Bloque 9, AA | 225 | 55 | 0,97 | 53,35 | 24 |

| Subestación | Potencia Nominal [kVA] | Capacidad instalada [kVA] | Factor de potencia | Capacidad instalada [kW] ⁽¹⁾ | Capacidad instalada [%] |
|--------------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|---|-------------------------|
| Bloque 9, Tablero general | 400 | 82 | 0,99 | 81,18 | 21 |
| Bloque 10 | 45 | 36 | 0,92 | 33,12 | 80 |
| Bloque Ingeniería | 86 | 111 | 0,98 | 108,78 | 129 |
| Bloque Ingeniería | 45 | 16 | 0,94 | 15,04 | 36 |
| Bachillerato | 225 | 149 | 0,98 | 146,02 | 66 |
| Garajes | 150 | 78 | 0,97 | 75,66 | 52 |
| Bloque Medicina ⁽¹⁾ | 75 | 39 | 0,98 | 38,22 | 52 |

Nota:
 (1): La potencia nominal del transformador del bloque de medicina se asume con la relación de transformación de los TC's debido que la placa no se alcanza a detallar

La Figura 1 se obtiene a partir de la Tabla 8 en la cual se evidencia que más de la mitad de los transformadores instalados en la Universidad se encuentran sobredimensionados. Sólo un 17 % de los transformadores poseen una demanda mayor al 60% de su capacidad nominal. Cabe resaltar que para ésta gráfica no se tuvo en cuenta el transformador del bloque de medicina debido que la capacidad nominal de éste se asume con la relación de transformación de los CT's, ya que la placa no se logra visualizar.

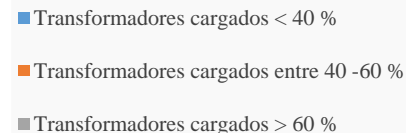
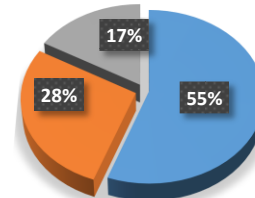


Figura 1. Porcentaje de cargabilidad de transformadores

Este sobredimensionamiento de los transformadores genera pérdidas técnicas, que conllevan a pérdidas económicas. Por lo dicho anteriormente, se recomienda revisar el procedimiento que se está llevando a cabo en la Universidad para elegir la capacidad nominal de los transformadores que se instalan.

Asimismo se recomienda retirar de funcionamiento el transformador de 150 kVA del Bloque 8, debido que está cargado no más al 3% y esto genera grandes pérdidas. También, cabe resaltar que el transformador de 86 kVA del Bloque de ingenierías presenta sobrecargas hasta el 140 % en ciertos periodos de tiempo del día analizado, por lo que se sugiere cambiar dicho transformador por uno de mayor capacidad.

6. METODOLOGÍA PARA CALCULAR LA CARGABILIDAD DE LOS TRANSFORMADORES Y LAS PÉRDIDAS TÉCNICAS Y NO TÉCNICAS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LA UPB

En la metodología propuesta en el anexo 7 se pretende dar una explicación de cómo calcular la cargabilidad de los transformadores además de las pérdidas técnicas y no técnicas de la red de la UPB.

Primero se debe instalar un analizador de redes para registrar el consumo de potencia en cada subestación por un periodo de siete días, tiempo prudente para sacar una tendencia de consumo en una instalación. Posteriormente con los datos recopilados se realiza la curva de demanda de potencia (kVA) vs tiempo (h) y se calcula el mayor valor de potencia promedio. Con ésta información se calcula el porcentaje de carga de cada transformador con la fórmula (1). Si el porcentaje de cargabilidad registrado en cada transformador es menor al 60% se recomienda instalar un transformador de menor capacidad, debido que las pérdidas en el cobre y en el hierro se convierten en un factor representativo económicamente. En cambio si el porcentaje es mayor se recomienda dejar documentado el valor reportado para tener una trazabilidad de dicha medida.

Las pérdidas en un sistema eléctrico se dividen en dos, técnicas y no técnicas. Las pérdidas técnicas más significativas son las pérdidas en el cobre y en el hierro que se presentan en los transformadores y las pérdidas por distancia que se presentan en los conductores. Las pérdidas no técnicas hacen referencia a

conexiones fraudulentas, errores humanos en la lectura de los medidores y la falta de medición y control. Para tratar de mitigar las pérdidas no técnicas se recomienda instalar equipos de medición en todas las subestaciones.

En la Tabla 9 y Tabla 10 se observan las pérdidas en carga y en vacío típicas de los transformadores con refrigeración en aceite y seco.

Tabla 9. Pérdidas típicas en carga y en vacío de transformadores refrigerados en aceite

| Potencia Nominal [kVA] | Pérdidas en carga [kW] | Pérdidas en vacío [kW] |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 30 | 0.515 | 0.135 |
| 45 | 0.71 | 0.18 |
| 75 | 1.09 | 0.265 |
| 86 | 1.21 | 0.289 |
| 110 | 1.506 | 0.357 |
| 112.5 | 1.54 | 0.365 |
| 150 | 1.96 | 0.45 |
| 225 | 2.89 | 0.615 |
| 300 | 3.675 | 0.765 |
| 350 | 4.139 | 0.814 |
| 400 | 4.73 | 0.93 |

NTC 819 [8]

Tabla 10. Pérdidas típicas en carga y en vacío de transformadores con refrigeración natural

| Potencia Nominal [kVA] | Pérdidas en carga [kW] | Pérdidas en vacío [kW] |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| 30 | 0.652 | 0.26 |
| 45 | 0.934 | 0.3 |
| 75 | 1.444 | 0.4 |
| 112.5 | 2.041 | 0.55 |
| 150 | 2.579 | 0.675 |
| 225 | 3.583 | 0.9 |
| 300 | 4.561 | 1.12 |
| 350 | 5.19 | 1.24 |
| 400 | 5.82 | 1.36 |
| 500 | 6.949 | 1.6 |
| 630 | 8.35 | 1.87 |
| 750 | 9.61 | 2.04 |

Transformadores Suntec [9]

Con el porcentaje de carga y el valor de las pérdidas técnicas típicas de los transformadores, se calcula las pérdidas totales a partir de la expresión

$$P_T = C^2 * P_C + P_o, \quad (2)$$

donde P_T , C , P_C , P_o , representan las pérdidas totales, el porcentaje de carga, las pérdidas en carga y las pérdidas en vacío respectivamente.

En la Tabla 11 se aprecia las pérdidas en kW de cada uno de los transformadores de la Universidad Pontificia Bolivariana

Tabla 11. Pérdidas técnicas de los transformadores

| Transformador | Cargabilidad [%] | Pérdidas en carga [kW] | Pérdidas en vacío [kW] | Pérdidas totales [kW] |
|---------------------------|------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| Bloque Administrativo | 25% | 4,73 | 0,93 | 1,220 |
| Bloque 12 | 53% | 1,09 | 0,265 | 0,575 |
| Bloque Biblioteca | 30% | 5,19 | 1,24 | 1,716 |
| Bloque Polideportivo | 33% | 1,09 | 0,265 | 0,386 |
| Bloque 7, Ctic | 27% | 3,583 | 0,9 | 1,155 |
| Bloque 7, Ascensores | 47% | 0,71 | 0,18 | 0,335 |
| Bloque Parqueaderos | 35% | 4,561 | 1,12 | 1,668 |
| Bloque 8, CPA | 46% | 1,54 | 0,365 | 0,694 |
| Bloque 8, Laboratorios | 54% | 1,506 | 0,357 | 0,790 |
| Bloque 8 | 3% | 1,96 | 0,45 | 0,451 |
| Bloque 8, AA | 10% | 3,675 | 0,765 | 0,804 |
| Bloque 9, AA | 24% | 2,89 | 0,615 | 0,788 |
| Bloque 9, Tablero general | 21% | 5,82 | 1,36 | 1,605 |
| Bloque 10 | 80% | 0,71 | 0,18 | 0,634 |
| Bloque Ingeniería | 129% | 1,21 | 0,289 | 2,305 |

| Transformador | Cargabilidad [%] | Pérdidas en carga [kW] | Pérdidas en vacío [kW] | Pérdidas totales [kW] |
|----------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| Bloque Ingeniería | 36% | 0,71 | 0,18 | 0,270 |
| Bachillerato | 66% | 2,89 | 0,615 | 1,882 |
| Garajes | 52% | 1,96 | 0,45 | 0,980 |
| Bloque Medicina | 52% | 1,09 | 0,265 | 0,560 |

7. CONCLUSIONES

Se desarrolló de manera exitosa el levantamiento de información del sistema eléctrico de la Universidad Pontificia Bolivariana, actualizando y digitalizando los diagramas unifilares de cada subestación. Además se realizó un esquema en Google Earth de la red de distribución del campus universitario, observando la ubicación de las subestaciones como el recorrido de la red de distribución.

En el recorrido realizado por el campus universitario se logró realizar una inspección del estado en que se encontraban las subestaciones y la red de distribución, revisando que normas técnicas se estaban cumpliendo y en cuales se estaban incurriendo en una falla. Se pudo evidenciar que la mayoría de subestaciones están incumpliendo normas técnicas que pueden ser corregidas muy fácilmente y que no requieren de costos elevados, como la marcación y señalización con los avisos correspondientes de las celdas de transformación, los tableros eléctricos y las puertas de acceso. También la marcación de los conductores y las protecciones eléctricas. Asimismo se deben instalar lámparas de emergencia en cada subestación y colocar un extintor en las mismas.

En la frontera comercial se debe instalar un medidor eléctrico de respaldo que cumpla las mismas características del medidor principal para que la frontera no sea declarada en falla. Además se deben revisar las especificaciones de los transformadores de potencia y de corriente para poder saber si cumplen con el nuevo

código de medida. En caso de no cumplir, se deben cambiar para que la frontera no se declare en falla.

Debido a que la UPB se encuentra implementando FNCER para autogenerar energía eléctrica y suplir su propio consumo, y en un futuro inyectar los excedentes de esta a la red de EPM, se puede acoger a varios beneficios que otorga el gobierno ya sean fiscales o financieros para la implementación de este tipo de proyectos.

Se están presentando pérdidas no técnicas por errores humanos, debido a que la mayoría de subestaciones no poseen medidores de energía con los cuales se pueda realizar un control del consumo energético por subestación.

Luego de analizar la cargabilidad de los transformadores se pudo evidenciar que la mayoría de transformadores se encuentran sobredimensionados, por lo cual se sugiere revisar el procedimiento que se está llevando a cabo en la Universidad para escoger la capacidad nominal de los transformadores que se van a instalar, ya que esto conlleva a gastos innecesarios.

Cabe resaltar que el transformador de 86 kVA del bloque de ingenierías llega a presentar una sobrecarga del 140 % a ciertas horas del día. Por lo dicho anteriormente, se recomienda hacer un cambio de este transformador por uno de mayor capacidad o realizar un análisis si esta sobrecarga se genera cuando está en uso el laboratorio de máquinas los cuales poseen elementos no lineales como los variadores de velocidad que generan armónicos y pueden sobrecargar el transformador.

REFERENCIAS

- [1] Software de Diseño y dibujo arquitectónico y de ingeniería AutoCAD-autodesk
<http://www.autodesk.com/education/free-software/autocad>
- [2] Ministerio de minas y energia de la Republica de Colombia-
Reglamento tecnico de instalaciones electricas RETIE-resolucion No9. 0708 agosto 30 (2013)
<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/712360/Anexo+General+del+RETIE+2013.pdf>.
- [3] Subgerencia redes de distribucion, Normas tecnicas de energia-
Empresas Publicas de Medellin EPM
<http://www.epm.com.co/site/proveedoresycontratistas/Proveedoresycontratistas/Centrodedocumentos/Normast%C3%A9nicas/Energ%C3%ADa.aspx#1-242>.
- [4] Ministerio de minaa y energia, Comision de regulacion de energia y gas nuevo codigo de medida. Resolucion CREG 038 20 de marzo (2014)
- [5] Itron medidores industriales de alta precision ACE SL7000 contador registrador según reglamento de punto de medida
[ww.itron.com/local/Spain%20Product%20Portfolio/ACE%20SL7000%20tipo%20762-EL-ES-04.14.pdf](http://www.itron.com/local/Spain%20Product%20Portfolio/ACE%20SL7000%20tipo%20762-EL-ES-04.14.pdf)
- [6] RITZ instrument transformer-un especialista lider mundial
<http://www.ritz-international.com/index.php?id=481>
- [7] LovatoElectric multimetros digitales y analizadores de redes serie DMG con grafico retroiluminado pantalla de LCD
http://www.lovatoelectric.com/Download/PD62GB06_09.pdf
- [8] Norma tecnica Colombiana NTC 819. Transformadores trifasicos autorefrigerados y sumergidos en liquido. corriente sin carga, perdidas y tension de cortocircuito
<http://www.wmsas.co/documentos/Normas%20sector%20electrico/Transformadores/NTC819.PDF>
- [9] Transformadores suntec. Trasnformadores secos tipo seco abierto serie 15, 34,5KV clase H
http://www.suntec.com.co/~suntec8/sites/default/files/documentos/catalogo_transformadores_secos_abiertos_15_-_34.5_kv.pdf.

AUTORES



Camilo Andrés, GIRALDO ORTIZ, nacido en Medellín, Colombia; Bachiller académico (Colegio Corazonista de Medellín, 2007); egresado próximo a graduarse del programa de Ing. Eléctrica (UPB, 2016), actualmente labora como auxiliar de ingeniería en el área de estudios eléctricos en HVM ingenieros Ltda.



Juan David, OSSA HOYOS, nacido en Medellín, Colombia; Bachiller académico (Colegio San Jose de La Salle, 2006); egresado próximo a graduarse del programa de Ing. Eléctrica (UPB, 2016), actualmente labora como ingeniero de soporte en las áreas de energía y cableado estructurado en la empresa Consorcio Internacional de Soluciones Integrales S.A.S.