



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS
ELÉCTRICOS DE POTENCIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

AUTORES:

IBUJÉS ZAMBONINO ANDRÉS SANTIAGO

RUEDA FLORES WALTER PAÚL

TUTORA:

PhD. ILIANA GONZÁLEZ

LATACUNGA – ECUADOR

2017



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA) por cuanto, los postulantes: **Ibujés Zambonino Andrés Santiago** y **Rueda Flores Walter Paúl** con el título de Proyecto de Investigación: **“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero 2017

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Nombre: Ing. Mg. Antonio Flores
CC: 171579326-9

Lector 2

Nombre: Ing. Mg. Franklin Vásquez
CC: 171043449-7

Lector 3

Nombre: Ing. Mg. Carlos Saavedra
CC: 180224842-5



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Ibujés Zambonino Andrés Santiago** y **Rueda Flores Walter Paúl** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, siendo la **PhD. González Palau Iliana Antonia**, directora del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Ibujés Zambonino Andrés Santiago

C.I. 050356698-6

Rueda Flores Walter Paúl

C.I. 050368989-5



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, de **Ibujés Zambonino Andrés Santiago** y **Rueda Flores Walter Paúl**, de la carrera de **Ingeniería Eléctrica**, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero 2017

El Tutor

PhD. González Palau Iliana Antonia.

CI. 175707065-9

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerza de voluntad para cumplir esta meta.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional en los momentos difíciles.

A Edwin, Fausto, Angel, Santiago, Oscar y Jorge por su valiosa amistad.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas.

A mis docentes de cátedra en especial a la PhD Iliana Gonzáles y al PhD Secundino Marrero por sus consejos y apoyo incondicional.

A Paúl Rueda por ser un gran amigo y coautor de este trabajo.

A mi círculo personal por guiarme día a día y ser luz en mi vida.

Andrés ...

AGRADECIMIENTO

A mis padres Rene y Tarjelia por haberme dado la vida y por los esfuerzos que realizaron día tras día para que hoy pueda cumplir esta meta.

A mis hermanos Fabian, Mayra y William por estar a mi lado, cuidarme y enseñarme muchas cosas que me han servido hasta este momento de mi vida.

A mis compañeros de organización que me acompañaron y motivaron a no rendirme a lo largo de mi trayectoria académica.

A la PhD Iliana González, tutora de este proyecto, por su apoyo profesional y humano, antes y durante el desarrollo de este proyecto de investigación.

A las autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi por haber permitido que podamos realizar este estudio en tan prestigiosa institución y a sus docentes por transmitirnos sus conocimientos dentro y fuera de las aulas.

Paúl ...

DEDICATORIA

"El día que dejemos de luchar por los demás... ese día perderemos nuestra humanidad"

Dedico este logro a mis padres, por dejar un legado en mí y hacerme un hombre de bien con sus consejos y amor, a mi madre Gloria Zambonino por ser la fortaleza y a mi padre César Ibujés por el sacrificio incondicional.

A William, Paola y Fernanda por su confianza, apoyo y consejos.

A Elena, por ser un ejemplo de lucha y perseverancia.

A todos quienes forman parte de esta meta.

Andrés...

DEDICATORIA

A mi madre Tarjelia por todos los años de sacrificio y esfuerzo que le dedicó a mis hermanos y a mí, porque de ella aprendí valores tan importantes como: el respeto, la solidaridad, la puntualidad y la honestidad, porque era la única persona que estaba a mi lado cuando pensaba que ya todo estaba perdido, porque por ella decidí llegar a ser un profesional para que se sienta orgullosa de mi y para poder darle una mejor calidad de vida, y porque se fue de este mundo convencida de que iba a conseguir esta meta.

Paúl...

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
1. RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
AVAL DE TRADUCCIÓN	xiv
2. INFORMACIÓN GENERAL	1
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:	3
6. OBJETIVOS	4
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	4
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	5
DEMANDA ELÉCTRICA	5
9. PREGUNTAS CIENTIFICAS	22
10. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO	22
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	23
12. IMPACTOS	47
13. CONCLUSIONES	47
14. RECOMENDACIONES	49
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
16. ANEXOS	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de demanda diaria	5
Figura 2. Analizador de calidad de potencia Fluke 435 Series II.....	19
Figura 3. Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico.....	19
Figura 4. Etap 12.6.0.....	20
Figura 5. Interfaz con el usuario	21
Figura 6. Curva de demanda diaria del transformador.....	24
Figura 7. Tablero principal del bloque B.	25
Figura 8. Tablero principal del bloque A.	26
Figura 9. Curva de demanda diaria de un día típico del bloque A.....	27
Figura 10. Perfiles y desbalance de voltaje del bloque A en un día típico.....	28
Figura 11. Perfiles y desbalance de corriente del bloque A en un día típico.	29
Figura 12. Curva de demanda diaria de un día típico del bloque B.	31
Figura 13. Perfiles y desbalance de voltaje del bloque B en un día típico.	32
Figura 14. Perfiles y desbalance de corriente del bloque B en un día típico.....	33
Figura 15. Pérdidas de acuerdo a la curva de demanda diaria del transformador	36
Figura 16. Diagrama unifilar del tablero SLPB.	40
Figura 17. Diagrama unifilar del tablero BPA3.	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades de los objetivos.....	4
Tabla 2. Variaciones de voltaje admitidas respecto al voltaje nominal.....	17
Tabla 3. Componentes del tablero principal del bloque B.	26
Tabla 4. Componentes del tablero principal del bloque A.	26
Tabla 5. Resumen de las mediciones de voltaje del tablero principal del bloque A.	30
Tabla 6. Resumen de las mediciones de voltaje del tablero principal del bloque B.....	34
Tabla 7. Pérdidas en el transformador de 300KVA	35
Tabla 8. Resumen del cálculo de pérdidas del transformador en un día típico.	35
Tabla 9. Comparación de índices medidos y simulados en los tableros principales del bloque A y B.	37
Tabla 10. Comparación de resultados entre la distribución de cargas actual y propuesta del bloque A.	38
Tabla 11. Comparación de resultados entre la distribución de cargas actual y propuesta del bloque B.	38
Tabla 12. Caída de voltaje en el tablero secundario SLPB del bloque A.	41
Tabla 13. Caída de voltaje en el tablero secundario SLPB del bloque A posterior al cambio del Tap.	42
Tabla 14. Caída de voltaje en el tablero secundario BPA3 del bloque B.	44
Tabla 15. Caída de voltaje en el tablero secundario BPA3 del bloque B posterior al cambio del Tap.	45
Tabla 16. Flujo de caja de la propuesta.	46

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Mediciones del bloque A.....	1
Anexo 2. Mediciones del bloque B.....	4
Anexo 3. Diagrama unifilar de los bloques A y B de la UTC.....	7
Anexo 4. Datos de la curva de demanda diaria del bloque A.	2
Anexo 5. Datos de perfiles y desbalance de voltaje en el bloque A.	3
Anexo 6. Datos de perfiles y desbalance de corriente en el bloque A.	4
Anexo 7. Resultados del análisis de protecciones del bloque A.	5
Anexo 8. Datos de la curva de demanda diaria del bloque B.....	9
Anexo 9. Datos de perfiles y desbalance de voltaje en el bloque B.....	10
Anexo 10. Datos de perfiles y desbalance de corriente en el bloque B.	11
Anexo 11. Resultados del análisis de protecciones del Bloque B.....	12
Anexo 12. Datos de pérdidas del transformador en intervalos de 10 minutos.....	15
Anexo 13. Distribución de carga actual del bloque A.....	18
Anexo 14. Distribución de carga actual del bloque B.....	21
Anexo 15. Distribución de carga propuesta del bloque A.....	24
Anexo 16. Distribución de carga propuesta del bloque B.....	27
Anexo 17. Datos sobre las caídas de voltaje y pérdidas en los tableros secundarios del bloque A actualmente.	30
Anexo 18. Datos sobre las caídas de voltaje y pérdidas en los tableros secundarios del bloque A al aplicar el cambio de posición del Tap.....	33
Anexo 19. Datos sobre las caídas de voltaje y pérdidas en los tableros secundarios del bloque B actualmente.	36
Anexo 20. Datos sobre las caídas de voltaje y pérdidas en los tableros secundarios del bloque B al aplicar el cambio de posición del Tap.....	39
Anexo 21. Reporte ETAP de flujo desbalanceado del estado actual del bloque A y B.	42
Anexo 22. Reporte ETAP de flujo desbalanceado con la propuesta del bloque A y B.	43



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

TITULO: “DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

AUTORES:

Ibujés Zambonino Andrés Santiago

Rueda Flores Walter Paúl

1. RESUMEN

En la actualidad el déficit de planificación en la distribución de cargas, sumado al crecimiento acelerado de la demanda eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), ha originado un desbalance de carga entre las fases, encontrándose fuera de los límites establecidos por la norma 004-01 CONELEC. El presente proyecto está orientado al diagnóstico energético del sistema eléctrico en el bloque A y B. Para dar solución a este problema, se realizaron mediciones con el analizador de red Fluke 435 serie II en los tableros principales, adquiriendo las variables eléctricas de todo el sistema, y con la ayuda de los planos eléctricos se realizó un levantamiento de toda la carga instalada necesaria para la simulación de los flujos de potencia.

La simulación se efectuó con el uso del software ETAP 12.6.0 que permitió obtener los índices de caída de voltaje y corriente de cada fase. Se pudo demostrar que las nuevas cargas incorporadas al sistema se realizaron sin un estudio previo, dando como resultado un desbalance de fases lo que ocasiona una corriente por el neutro que deteriora al equipamiento y disminuye el tiempo de vida útil. El alcance del diagnóstico contempla, establecer estrategias de soluciones técnicas en las zonas críticas existentes.

Palabras clave: Desbalance de voltaje, calidad de energía, caída de voltaje.

ABSTRACT

Nowadays, the weak planning on the distribution of charges, plus the rapid growth of electricity demand at Technical University of Cotopaxi ("UTC"), has produced a load imbalance into all the phases of the University's electric system which is out of the established limits of energy regulations. This project aims to develop an energy diagnosis of the energy supply system at the "A" and "B" buildings of the Technical University of Cotopaxi. To identify problems and propose specific solutions; the first stage of this project, the current situation of the university's electric system was analyzed. Subsequently, measures in the main electrical boards were taken using the Red Fluke 435 Series II analyzer. Through this measurement process, the current electric parameters were identified, and the norms and regulations' comparison parameters were gotten from the electric data obtained. Also, based on the electrical plans provided by the University, the charge assessment was run which was used to develop the simulation and modeling.

The simulation was developed by ETAP 12.6.0 software. The simulation helped to model the electric system's configuration and also to identify the voltage and current drops and failures of each phase. The results of this simulation showed that the actual supply system is different from the described on the plans. Moreover, the charges incorporated into the system were not prepared, these findings are causing an imbalance on the phases that produces an electricity flow which goes through the neutral conductor and deteriorates the equipment and at the same time diminishes the supply system's useful life length. The significance of the diagnosis contemplates, to establish strategies for technical solutions in the current critical zones.

Keywords: voltage imbalance, energy quality, voltage drop.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: la traducción del resumen de Proyecto de investigación al idioma inglés presentando por los señores de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Facultad CIYA: **Ibujés Zambonino Andrés Santiago** con número de cedula **050356698-6** y **Rueda Flores Walter Paúl** con numero de cedula **050368989-5**, cuyo título versa **“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, lo realizo bajo mi supervisión y cumple con una correcta escritura gramatical del idioma

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero 2017

Atentamente,

Lic. Wilmer Patricio Collaguazo Vega

DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

CC: 172241757 - 1

2. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto.

Diagnostico energético del sistema de suministro eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Fecha de inicio.

11 de Abril del 2016.

Fecha de finalización.

4 de Febrero del 2017.

Lugar de ejecución.

Barrio El Ejido, Parroquia Eloy Alfaro, Provincia de Cotopaxi, Zona 3, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Facultad Académica que auspicia.

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia.

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

Equipo de Trabajo.

Tutor de titulación:

PhD. González Palau Iliana Antonia.

Coordinadores del proyecto:

Ibujés Zambonino Andrés Santiago.

Rueda Flores Walter Paúl.

Área de Conocimiento.

Sistemas Eléctricos de Potencia.

Línea de investigación.

Explotación de sistemas eléctricos.

Sub líneas de investigación de la Carrera.

Uso eficiente de la energía eléctrica.

Área de Conocimiento

Eléctrica

Suministro eléctrico y automatización industrial:

- Modelación y simulación de procesos industriales
- Automatización industrial
- Seguridad industrial y medio ambiente laboral
- Producciones más limpias
- Accionamiento automatizado
- Construcción de equipamiento tecnológico.
- Elaboración de proyectos
- Mantenimiento eléctrico
- Sistemas de iluminación
- Optimización de procesos y equipos

Explotación y diseño de sistemas eléctricos:

- Generación convencional y no convencional
- Análisis y diseño de sistemas eléctricos
- Construcción e implementación de sistemas eléctricos
- Protecciones eléctricas y fiabilidad de sistemas
- Aplicaciones de Energías alternativas.
- Uso eficiente de la energía eléctrica
- Operación, control y mantenimiento de sistemas eléctricos
- Auditoría y gestión energética
- Calidad de energía
- Compensación de energía reactiva

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad los recursos energéticos deben tener prioridad con el uso eficiente de la energía, esto hace que los sistemas eléctricos requieran diagnósticos y mantenimiento. Estos aspectos permitirán que el servicio sea continuo y confiable frente a posibles fallas en el sistema eléctrico. Los consumidores de energía eléctrica hoy en día son conscientes del uso eficiente de la energía, para mitigar aspectos técnicos y económicos, los mismos que buscan no incomodar

o disminuir la calidad de vida de las personas, se lograra mediante el buen estado de la red de suministro eléctrico y el uso correcto de equipos, maquinarias, iluminación, entre otros. El crecimiento físico de la universidad y las necesidades de la misma están directamente relacionadas al incremento de la demanda energética, lo que conlleva un aumento de pérdidas técnicas y económicas que afectan al sistema eléctrico en general. El presente diagnostico conseguirá identificar los nodos críticos que se encuentren fuera de los límites técnicos permisibles, lo que permitió modelar una configuración del sistema de suministro eléctrico acorde a las exigencias de las normativas vigentes referentes a la calidad de la energía, lo que beneficiara directamente a la población universitaria, ya que contara con un suministro que brinde todas los parámetros para el correcto funcionamiento de sus equipos. Los sistemas eléctricos trifásicos con neutro necesitan tener sus fases balanceadas para evitar corrientes de retorno por el neutro que produzca en los terminales de carga una variación de voltaje lo que significa una exposición a un daño o avería. Los factores que no cumplen con los niveles de calidad y aportan a que existan pérdidas en los sistemas eléctricos son: disminución de la vida útil de los equipos, desbalance de cargas, retorno de corriente por el neutro y caídas de voltaje. Por lo expresado anteriormente se demuestra que es factible y necesario el diagnóstico de las condiciones actuales del sistema eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para identificar los diferentes problemas eléctricos existentes, planteando soluciones adecuadas para corregirlos y así obtener una óptima calidad del servicio eléctrico.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Con el presente proyecto tanto estudiantes, docentes, empleados y trabajadores de la Universidad Técnica de Cotopaxi serán beneficiarios, al contar con calidad del suministro de energía eléctrica.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

El problema está asociado con el estado técnico de la red de suministro eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, debido al crecimiento en la demanda de energía eléctrica, producto de ello presenta desbalance entre fases, lo que genera problemas como:

- Caídas de voltaje fuera de los límites admisibles;
- Averías en equipos;
- Retorno de corriente por el neutro.

Estas condiciones limitan a que el suministro eléctrico no presente los parámetros de calidad adecuados para el buen funcionamiento de los equipos de las diferentes áreas como: laboratorios, centros de computo, oficinas administrativas y aulas que cuentan con equipos como: computadoras y smart board, los cuales son sensibles a los diferentes tipos de variaciones de voltaje que puedan suscitarse.

La sección del conductor de neutro no es adecuada en función a los niveles de carga actual, por lo que no presentan condiciones de protección para los equipos y las personas.

Se puede definir que el problema es: desbalance de las fases, variaciones de voltaje, sección inadecuada del conductor de neutro y sobrecarga en el transformador.

6. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar el estado actual del sistema eléctrico de los bloques A y B de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de mediciones, para proponer soluciones técnicas que mitiguen los problemas detectados.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar las mediciones necesarias de voltaje y corriente en los tableros principales del bloque A y del bloque B.
- Modelar los circuitos correspondientes para identificar la ubicación de los problemas eléctricos existentes mediante el uso del software ETAP 12.6.0
- Presentar una propuesta que cumpla los parámetros de la regulación 004/01 CONELEC y su evaluación técnica económica.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades de los objetivos

Objetivo	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Realizar las mediciones necesarias de voltaje y corriente en los tableros del bloque A y B.	Instalar el analizador de carga en el lado de bajo voltaje y en los nodos más representativos.	Obtener las mediciones correspondientes para el diagnóstico.	Tablas y figuras.

Modelar los circuitos correspondientes para identificar la ubicación de los problemas eléctricos existentes mediante el uso del software ETAP 12.6.0.	Modelar el diseño eléctrico en el software ETAP 12.6.0.	Tener modelado la carga de la Universidad Técnica de Cotopaxi.	Simulación en el software ETAP 12.6.0.
Presentar una propuesta que cumpla los parámetros de la regulación 004/01 CONELEC y su evaluación técnica económica.	Modelar una configuración del sistema que cumpla con los parámetros de la regulación 004/01 CONELEC.	Contar con una reconfiguración que sea ejecutable tanto técnica como económicamente.	Simulación en el software ETAP 12.6.0

Fuente. Coordinadores del proyecto

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

DEMANDA ELÉCTRICA

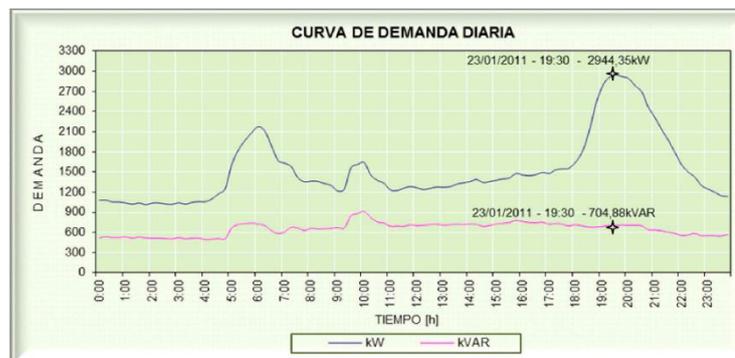
Es la cantidad de potencia que un consumidor utiliza en cualquier momento (variable en el tiempo). “La demanda de una instalación eléctrica en los terminales receptores, tomada como un valor medio en un intervalo determinado”(Castaño, 2004).

La demanda viene expresada en KVA, KW, KVAR, A, se necesita indicar un intervalo de demanda en un periodo de tiempo, dicha variación crea una curva de carga.

Curva de carga o demanda

Es la variación de la demanda en función del tiempo, representada en un gráfico, los periodos de tiempo pueden ser diario, semanal, mensual, anual y la carga no será igual para cada periodo, como se observa en la **figura 1**.

Figura 1. Curva de demanda diaria



Fuente (Byron, 2012)

Demanda promedio

Se define como “La relación entre el consumo de energía del usuario durante un intervalo dado y el mismo intervalo”(Campoverde & Sánchez, 2012). Se calcula mediante:

$$D_p = \frac{\text{Energía consumida en el tiempo (KWh)}}{\text{Tiempo (h)}} \quad \text{Ecuación 1}$$

La demanda es constante en el periodo establecido, establece la energía que requiere la curva de carga para el mismo periodo de tiempo.

Demanda máxima

Es el máximo consumo registrado en un periodo de tiempo de potencia eléctrica, “Es esta demanda máxima la que ofrece mayor interés ya que aquí es donde se presenta la máxima caída de voltaje en el sistema y por lo tanto cuando se presenta las mayores pérdidas de energía y potencia”(Castaño, 2004)

Demanda diversificada

“Es la demanda simultanea de un grupo de equipos o suscriptores. La demanda máxima diversificada es normalmente menor que la suma de las demandas máximas individuales”(Pilamunga, 2009)

Factor de utilización

Se define como “La razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema (capacidad instalada) en un intervalo de tiempo”(Campoverde & Sánchez, 2012). Se calcula mediante:

$$F_u = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Capacidad instalada}} = \frac{D_M}{PI} \quad \text{Ecuación 2}$$

El factor de utilización nos proporciona la fracción de la capacidad del sistema utilizado en el periodo de tiempo especificado, indicando la máxima utilización de la instalación o el equipo.

Factor de diversidad

Se define como “La sumatoria de las demandas máximas individuales y la demanda máxima del conjunto o grupo de usuarios (llamada también demanda máxima coincidente)”(Campoverde & Sánchez, 2012)

$$F_{div} = \frac{\text{Suma de demandas máximas individuales}}{\text{Demanda máxima coincidente}} = \frac{1}{F_{coin}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Este parámetro es utilizado en el diseño técnico económico de los sistemas de distribución, permite economizar y no sobredimensionar las redes proyectadas, es utilizado en los distintos niveles del sistema.

Factor de demanda

“El factor de demanda es la razón entre la demanda máxima y la carga total instalada. El factor de demanda indica el grado al cual la carga instalada funciona simultáneamente”(Campoverde & Sánchez, 2012)

Generalmente el factor de demanda es menor que 1, cuando todos los aparatos están consumiendo su potencia nominal se considera que el factor es 1.

$$F_D = \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{Carga instalada}} = \frac{D_M}{C_I} \leq 1 \quad \text{Ecuación 4}$$

Factor de simultaneidad

“Es una cantidad menor o igual a la unidad que se obtiene como el recíproco del factor de diversidad. Es el factor que indica la operación de los equipos al mismo instante”(Basantes & Lalaleo, 2015)

$$\text{Factor de simultaneidad} = \frac{1}{\text{Factor de diversidad}} \quad \text{Ecuación 5}$$

Factor de carga

“Se define como la razón entre la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado y la demanda máxima observada en el mismo intervalo de tiempo”(Campoverde & Sánchez, 2012)

Se expresa como:

$$F_C = \frac{\text{Demanda promedio}}{\text{Demanda máxima}} = \frac{D_P}{D_M} \quad 0 < F_C \leq 1 \quad \text{Ecuación 6}$$

Considerando, el valor instantáneo, para el valor de demanda máxima.

TRANSFORMADORES

“El transformador es un dispositivo estático de tipo electromagnético que tiene dos o más devanados acoplados por un campo magnético mutuo (núcleo)”(Balbuena, 2013)

El transformador transfiere la energía eléctrica de forma magnética de un circuito a otro, es decir lo hace por inducción, obteniendo fenómenos que producen pérdidas de energía.

Selección de la potencia de los transformadores.

“Las normas para transformadores cuando hablan de potencia nominal, se refieren a una potencia que es el producto de la corriente por el voltaje en vacío. La potencia nominal es por lo tanto una potencia aparente” (Campos et al., 2007)

Esta potencia es la misma para el devanado primario o el devanado secundario.

La potencia aparente que puede soportar el transformador en funcionamiento continuo sin sobrepasar los límites de calentamiento es:

$$S_N = \sqrt{3V_N * I_N} \quad \text{Ecuación 7}$$

Como el transformador no siempre funciona bajo condiciones nominales, entonces se debe establecer el índice de carga C:

$$C = \frac{I_1}{I_{N1}} = \frac{I_2}{I_{N2}} \quad \text{Ecuación 8}$$

Este índice de carga se relaciona con las pérdidas en el transformador.

Si $C < 1$ El transformador funciona descargado.

Si $C > 1$ El transformador estará funcionando sobrecargado.

Cargabilidad del transformador

En los sistemas eléctricos los transformadores tienen un papel fundamental en el funcionamiento de los mismos, siendo importante gestionar de manera eficiente la cargabilidad del mismo. “El dimensionamiento de los transformadores de una red deberá buscar alcanzar el mayor compromiso técnico y económico, para ello será necesario analizar detenidamente las cargas que deberá asumir un transformador”(Yébenes, 2009).

Las condiciones de funcionamiento del equipo debe estar prevista para condiciones nominales o sobrecargas sin deteriorarse, de darse un deterioro cuantificar el daño para una planificación adecuada para sus correctivos o mantenimiento anticipado.

$$\%Cargabilidad = \frac{S_{medida} (KVA)}{S_{transformador} (KVA)} * 100 \quad \text{Ecuación 9}$$

Efectos de sobrecarga

“La aplicación de cargas que exceden el nivel de las especificaciones, implica cierto grado de riesgo. A continuación detallamos las áreas de riesgo para tomar en consideración cuando se carga transformadores de potencia por encima del nivel especificado de placa”(Cajamarca & Sigua, 2010).

- Al operar a una alta temperatura se originará una reducción en la resistencia mecánica tanto del aislamiento del conductor como de la estructura. Dichos efectos son más preocupantes durante los períodos de sobre corriente.
- La expansión térmica de conductores, materiales aislantes, o partes estructurales a altas temperaturas puede producir deformaciones permanentes que favorecen a la creación de fallas mecánicas o dieléctricas.
- La presión acumulada en los bushings, para corrientes sobre el nivel especificado pueden dar como consecuencia el filtrado/goteo de empaquetaduras, pérdida de aceite, y posteriormente una falla dieléctrica.
- El aumento de resistencia en los puntos de contacto de los taps, es consecuencia de la acumulación de productos resultado de la degradación del aceite.
- Cuando la temperatura en la parte superior del aceite excede los 105 °C (de acuerdo con IEEE Std.C57.12.00-1993), existe el riesgo de que la expansión del aceite sea mayor que la capacidad contenedora del tanque y puede tener como resultado una presión que ocasione que entre en operación el dispositivo de desahogo de presión expulsando al aceite.

PÉRDIDAS EN EL TRANSFORMADOR

Los transformadores a pesar de ser máquinas muy eficientes presentan pérdidas en el cobre y en el hierro como se detallan a continuación.

Pérdidas en el cobre.

La potencia activa es un dato que se encuentra en la placa del transformador y también es proporcionado por el fabricante al realizarse un ensayo decortocircuito.

“En el ensayo de cortocircuito se conecta el transformador a tensión nominal, cortocircuitando el secundario. Se mide en este ensayo la potencia consumida en el transformador en estas condiciones”(“1.3.5. Pérdidas en un transformador,” n.d.) estas se calculan con la siguiente ecuación:

$$D_{RL-1} = \left(\frac{D_{pi} * \cos \phi_{max}}{D_{pmax} * \cos \phi_i} \right)^2 D_{RLMAX} \quad \text{Ecuación 10}$$

Pérdidas en el hierro.

“Estas pérdidas dependen del flujo magnético, el flujo solo varía con la tensión y ésta suele ser constante. Quiere esto decir que las pérdidas en el hierro son constantes ya sea en vacío o en carga nominal.” (“1.3.5. Pérdidas en un transformador,” n.d.). Con el ensayo de vacío se obtiene la corriente en vacío, en el que se cuantifica la potencia absorbida y el voltaje aplicado, para el caso de Ecuador rige la norma NTE INEN 2115 (NORMALIZACIÓN, 2004), del año 2004 que nos proporciona un valor de 758W para transformadores de 300KVA.

Factor de carga de pérdidas.

El cálculo del factor de carga de pérdida F_{cp} se efectúa a través de “una relación empírica de uso generalizado en los estudios de planificación de redes de distribución, dada por la ecuación 11, la cual permite determinar el F_{cp} cuando el factor de carga F_c del alimentador bajo análisis es conocido” (Fata, Bonavita, Albanese, & Pascual, 2010).

$$F_{cp} = 0.7x(F_c)^2 + 0.3x(F_c) \quad \text{Ecuación 11}$$

SELECCIÓN DEL CALIBRE DE UN CONDUCTOR ELÉCTRICO

Para tener una transmisión eficiente y segura de energía eléctrica depende de una correcta selección del calibre del conductor.

Los conductores deben cumplir con los siguientes requisitos:

- Capacidad de conducción de corriente.
- Límite de voltaje de aplicación.
- Máxima caída de voltaje permisible de acuerdo con el calibre del conductor y la corriente que conducirá.

Capacidad de conducción de corriente

“La capacidad de conducción de corriente de los conductores eléctricos depende de muchos factores, entre los cuales podemos mencionar los siguientes: tipo de instalación, de la temperatura de operación de los conductores seleccionados, de la longitud del circuito, etc.” (Latincasa, 2005)

La capacidad de conducción de corriente para conductores eléctricos se calcula de acuerdo con la norma de instalaciones eléctricas NOM-001-SEDE-2005

Para un sistema trifásico se aplica la siguiente ecuación:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * fp} \quad \text{Ecuación 12}$$

Caída de voltaje

“La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de voltaje o diferencia entre los voltajes en el origen y extremo de la canalización.”(TECNOLOGÍA, 2011)

Para garantizar el buen funcionamiento de los receptores alimentados al conductor, la caída de voltaje debe ser menor a los límites establecidos.

Para seleccionar un conductor, no basta únicamente con calcularlos por la corriente que circula por él, también es necesario que la caída de voltaje no sea muy alta, las normas técnicas para instalaciones eléctricas recomiendan que la máxima caída de voltaje (desde los alimentación hasta la carga), no deben exceder al 5%, de los cuales 3 % se permite a los circuitos derivados (del tablero o interruptor a la salida para utilización) y el otro 2 % se permite al alimentador (de la alimentación al tablero principal). Para las instalaciones industriales y residenciales el máximo permitido de caída de voltaje, es el: 2%.

“Una caída de voltaje excesiva conduce a resultados indeseables, debido a que el voltaje en la carga se reduce.”(Mindiola, 2012) Por ejemplo: en las lámparas incandescentes se reduce notablemente el nivel de iluminación, en las lámparas fluorescentes, se tienen problemas, como dificultad para arrancar, parpadeo, calentamiento de los balastos, etc.

Se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta v = \frac{2 * \sqrt{3} * L * I}{V * S} \quad \text{Ecuación 13}$$

PÉRDIDAS DE ENERGÍA

Las pérdidas físicas de energía en las redes de distribución se da en los conductores de los circuitos primarios y secundarios y en los devanados y núcleos de los transformadores de distribución.

La demanda pico del sistema condiciona el dimensionamiento de la capacidad de las instalaciones de generación, transformación y transmisión. “El valor económico de las pérdidas de potencia depende de la coincidencia entre el pico de la carga considerada y el pico de la demanda total del sistema” (Castaño, 2004). Se utiliza la carga que fluya a través de ellos a la hora pico del sistema.

Usualmente, la proyección de la demanda es para las condiciones pico por lo que en función de la corriente máxima se debe efectuar los cálculos de pérdidas.

En el caso de conductores y devanados de transformadores, las pérdidas son proporcionales al cuadrado de la corriente.

Potencia pérdida en un conductor

Un conductor al tener circulación de corriente, produce una pérdida de potencia, que es igual al producto de su resistencia por el cuadrado de la intensidad de corriente que circula por él.

$$P_p = R * I^2 \quad \text{Ecuación 14}$$

FACTOR DE POTENCIA

Se define como “ La relación entre la potencia activa (W, KW o MW) y la potencia aparente (VA, KVA, MVA), determina en el sistema o en uno de sus componentes” (Castaño, 2004)

$$\cos \phi = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}} \quad \text{Ecuación 15}$$

Para efectos de evaluación de calidad si en el 5% o más del periodo evaluado el valor del factor de potencia es inferior a los límites, el consumidor incumple el índice de calidad, su valor mínimo es de 0,92

Problemas por bajo factor de potencia

- Mayor consumo de corriente.
- Aumento de las pérdidas e incremento de las caídas de voltaje en los conductores.
- Sobrecarga de transformadores, generadores y líneas de distribución.
- Incremento de la facturación eléctrica por mayor consumo de corriente y penalización por bajo factor de potencia.

Beneficios de un buen factor de potencia

- Disminución de las pérdidas en conductores.
- Reducción de caídas de voltaje.
- Disponibilidad de potencia en transformadores, líneas y generadores.
- Incremento de la vida útil de las instalaciones.
- Reducción de los costos de facturación eléctrica.

CALIDAD DE ENERGÍA

Introducción:

El incremento en la productividad a nivel industrial gracias a la automatización, en especial la electrónica de potencia ha generado equipos de alta capacidad, bajo rendimiento y bajo costo siendo cargas no lineales altamente sensibles a las variaciones en el suministro eléctrico, siendo perturbada por la presencia de estas cargas la energía entregada por las empresas distribuidoras, proveyendo un servicio confiable, ininterrumpido y libre de perturbaciones.

Definición

La calidad de energía se refiere a mantener la estabilidad de voltaje, frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico, ofreciendo un correcto producto eléctrico, con una confiabilidad aceptable del sistema eléctrico.

El término “Calidad de Energía Eléctrica, nombrado CEE por sus siglas en español, es utilizado para describir una combinación de características a través de las cuales el producto y el servicio del suministro eléctrico corresponden a las expectativas del cliente”(Carrera & Ordoñez, 2011)

CALIDAD DE PRODUCTO

Los aspectos de calidad del producto técnico que se controlarán son “El nivel de voltaje, perturbaciones, factor de potencia, siendo el Distribuidor responsable de efectuar las mediciones correspondientes, el procesamiento de los datos levantados, la determinación de las compensaciones que pudieran corresponder a los consumidores afectados y su pago a los mismos.”(CONELEC, 2001)

DESBALANCE DE VOLTAJE

Introducción:

Los sistemas eléctricos trifásicos cuentan con voltajes generados que son sinusoidales y en magnitudes iguales, se encuentran separados 120° entre cada fase. Sin embargo, los voltajes en el sistema eléctrico y en el punto de utilización pueden ser desbalanceados por varias razones, cuando se analizan índices de calidad de energía.

La naturaleza del desbalance de voltaje presenta magnitudes desiguales de voltajes, desviación de los ángulos entre fases y un desigual nivel de distorsión armónica entre las fases.

“La principal causa del desbalance de voltaje es la distribución desigual de cargas monofásicas, debido al cambio continuo a través de las tres fases del sistema eléctrico”.(JAMI, 2003)

Definición

Se define como la razón entre la componente de secuencia negativa y la componente de secuencia positiva, el voltaje de secuencia negativa en los sistemas de potencia es el resultado del desequilibrio de carga lo cual causa un flujo de corriente de secuencia negativa.

El desbalance de voltaje en los sistemas de potencia. “Es una ineficiencia importante que no debe subestimarse dado que las potencias involucradas son superiores a la necesaria en un sistema homólogo simétrico, particularmente si se alimentan cargas donde predominen las máquinas asincrónicas.”(De Armas, Gómez, & Pérez, 2007)

“El desbalance de voltaje es un “evento (disturbio) de estado estable y es frecuentemente encontrado cuando se analiza los índices de calidad de energía en un sistema eléctrico de distribución.”(JAMI, 2003) Este fenómeno usualmente puede ocurrir por la asimetría de las impedancias en líneas de distribución y/o transmisión, distribución desigual de las cargas en un sistema trifásico, tales como motores de inducción, convertidores de potencia, hornos eléctricos, iluminación, etc. Además en sistemas residenciales y/o comerciales por ser la mayoría de consumidores de energía eléctrica, es donde se presenta el mayor porcentaje de desbalance de voltaje, debido a la variación de las cargas y cambios continuos en la configuración de las redes eléctricas.

Definición de desbalance de voltaje según la asociación eléctrica nacional de fabricantes (NEMA)

El desbalance de voltaje es definida por la Asociación Nacional Eléctrica de Fabricantes (NEMA) en el estándar MG 1-1993, “como la relación entre la desviación máxima del voltaje promedio y el voltaje promedio de los tres voltajes” (NEMA, 2000)

$$\%LUVR = \frac{\text{desviación máxima del voltaje de línea promedio}}{\text{voltaje de línea promedio}} * 100 \quad (1) \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

%LUVR: Porcentaje de desbalance de voltaje de línea, con sus siglas en inglés “Line voltage unbalance rate (LUVR)”.

Definición de desbalance de voltaje según el instituto de ingenieros eléctricos y electrónicos (IEEE)

El Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) estándar Std. 1159, donde define al desbalance de voltaje instantáneo como:

$$\%PUVR = \frac{\text{máxima desviación del valor promedio del voltaje de fase}}{\text{voltaje de fase promedio}} * 100 \quad (2) \quad \text{Ecuación 17}$$

%PVUR: Porcentaje del desbalance de voltaje de fase, con sus siglas en inglés.(IEEE Transmission and Distribution Committee, 2009)

Definición del “factor desbalance de voltaje” según la comisión electrotécnica internacional (IEC).

La definición del desbalance de voltaje en el estándar IEC-610002-2 Ed.2, publicado el 29 de septiembre del 2000, define al desbalance de voltaje como. “La relación entre la componente de secuencia negativa del voltaje y la componente de secuencia positiva del voltaje, el porcentaje del factor de desbalance de voltaje” (IEC-610002-2 Ed.2)

(%VUF), viene dada por:

$$\%VUF = \frac{V_2}{V_1} * 100 \quad (3) \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

V_1 es la componente de secuencia positiva del voltaje.

V_2 es la componente de secuencia negativa del voltaje.

Índice de desbalance

La siguiente expresión, generalizada para todos los casos de carga, indica que el desbalance “es aproximadamente igual a la relación entre la potencia de carga, S_C y la potencia de falla trifásica en el punto de conexión (potencia de cortocircuito).”(Ecamec, 2009)

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{S_C}{S_F} \quad \text{Ecuación 19}$$

Límites admisibles para el desbalance en la red:

Mencionaremos las normativas vigentes más recocidas

- “IEC 61000-2-5 Dos clases se definen: Grado 1: $uN \leq 2\%$ y Grado 2: $uN \leq 3\%$ ” (COMMISSION, 2017)
- IEC 61000-2-12 $uN \leq 2\%$ y bajo especiales condiciones: $uN \leq 3\%$ “EN50160 $uN \leq 2\%$ y bajo especiales condiciones: $uN \leq 3\%$, correspondiente al valor percentil 95%, de un registro de 1 semana cada 10 minutos”.

Índice de calidad

$$\Delta V_k (\%) = \frac{V_k - V_n}{V_n} * 100 \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

ΔV_k : variación de voltaje, en el punto de medición, en el intervalo k de 10 minutos.

V_k : voltaje eficaz (rms) medido en cada intervalo de medición k de 10 minutos.

V_n : voltaje nominal en el punto de medición.

Medición

Para mantener los estándares de calidad las empresas distribuidoras según el art. 12 del Reglamento de Suministro de Servicio de Electricidad mantendrán registros en cada mes, en el 2% del número de consumidores servidos en AV y MV. Las mediciones serán en periodos de 10 minutos, por un tiempo mínimo de 7 días.

En el caso del presente estudio las mediciones internas se las realizarán en el lado de bajo voltaje de los transformadores, el tablero de distribución y sus nodos más representativos durante periodos de 10 minutos, por un tiempo mínimo de 7 días. (“REGULACION CONELEC No,004-01”)

Límites

El Distribuidor no cumple con el nivel de voltaje en el punto de medición respectivo, cuando durante un 5% o más del período de medición de 7 días continuos, en cada mes, el servicio lo suministra incumpliendo los límites de voltaje.

Las variaciones de voltaje admitidas con respecto al valor del voltaje nominal se señalan a continuación en la **tabla 2**:

Tabla 2. Variaciones de voltaje admitidas respecto al voltaje nominal.

	Subetapa 1	Subetapa 2
Alto Voltaje	± 7,0 %	± 5,0 %
Medio Voltaje	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Urbanas	± 10,0 %	± 8,0 %
Bajo Voltaje. Rurales	± 13,0 %	± 10,0 %

Fuente. CONELEC 004-01

Causas de los desbalances

Las asimetrías presentan dos orígenes definidos:

Como resultado de la diferencia de voltajes (en módulo o ángulo) en las fuentes generadoras trifásicas de los sistemas eléctricos (asimetría de voltajes).

Como resultado de la diferencia de corrientes (en módulo o ángulo) en los elementos de transmisión y receptores de los sistemas eléctricos (asimetría de corrientes).

“Lo más usual a nivel industrial es la presencia de una fuente de voltajes simétricos en la entrada, alimentando un sistema trifásico que se compone de receptores trifásicos y monofásicos, estos últimos no siempre uniformemente distribuidos en el sistema”(Gonzales, Borges, & León, 2012), por lo que se pueden presentar desbalances de corrientes como resultado del desbalance de cargas.

Efectos de los desbalances

“Las asimetrías en los sistemas eléctricos industriales son perjudiciales y en forma general pueden ocasionar” (León, 2001):

1. Aumento de las pérdidas de potencia y energía eléctrica activa.

2. Incremento del calentamiento de todos los elementos de la red eléctrica.
3. Aumento de las caídas de voltaje.
4. Limitación de la capacidad de los elementos del sistema eléctrico hasta llegar a los receptores.
5. Sobredimensionamiento de los elementos del sistema eléctrico.
6. Incremento de la posibilidad de averías y encarecimiento de los costos de inversión y explotación del sistema.

Adicionalmente, se pueden presentar en los receptores efectos indeseables que afectan el funcionamiento y su vida útil.

DESEQUILIBRIO DE CORRIENTE

El desequilibrio se produce “Cuando por las tres fases de un sistema trifásico no circulan las mismas intensidades, este tipo de desequilibrio provoca: sobrecalentamiento en los receptores, en cables de alimentación, protecciones, circulación de corriente por el neutro”(Pérez Miguel, Bravo de Medina, & Llorente Antón, 2004)

El desequilibrio no debe pasar del 10% según la norma UNE-EN 50160

Se calcula de la siguiente manera:

$$D(\%) = \frac{I_{m-ld.}}{ld} * 100 \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

D: Desequilibrio

I_m: Corriente máxima de las tres fases A,B,C

ld: Intensidad media de las tres fases.

ANALIZADOR DE REDES FLUKE 435

Características principales

El analizador es “un instrumento capaz de mostrar datos y formas de ondas de las señales eléctricas de voltajes, corrientes, potencias, armónicos, en forma de histogramas, gráficas fasoriales, formas de onda, espectros de armónicos, estos como parámetros principales”(Holguín & Gomez, 2010)

Figura 2. Analizador de calidad de potencia Fluke 435 Series II



Fuente Fluke

Conexiones de entrada

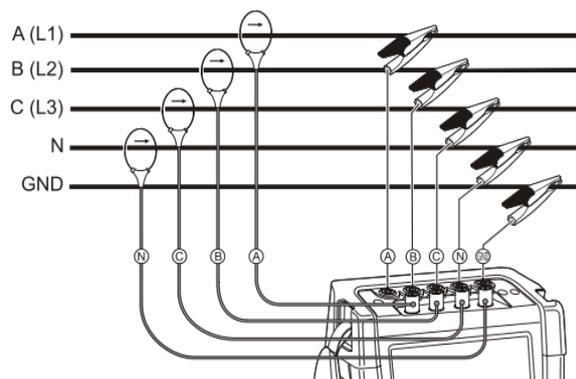
Compruebe que la configuración del analizador cumple las características del sistema en prueba y los accesorios que se utilizan. Esto aplica a:

- Configuración del cableado
- Frecuencia nominal
- Voltaje nominal
- Límites utilizados para la supervisión de la calidad de la energía eléctrica y la detección de eventos
- Propiedades de los cables de voltaje y las pinzas amperimétricas

“Siempre que sea posible, desactive los sistemas de alimentación antes de realizar las conexiones. Utilice siempre el equipo de protección personal apropiado. Evite trabajar solo”(Corporation, 2012)

En un sistema trifásico, realice las conexiones como se muestra en la **figura 3**.

Figura 3. Conexión del analizador a un sistema de distribución trifásico



Fuente. FLuke 435

SOFTWARE

El crecimiento y la innovación de la tecnología han provocado el incremento de la demanda y por ende hace que el análisis se vuelva sumamente complejo. “Por lo cual se busca realizar varios diseños y estudios detallando los efectos sobre el sistema de cada alternativa con varias suposiciones: condiciones normales y anormales de operación, cargas puntuales, años presentes y futuros de operación” (Basantes & Lalaleo, 2015).

En la actualidad para solucionar los problemas ya mencionados contamos con software como se indica en la **figura 4**, el cual permite simular el comportamiento del sistema eléctrico, logrando corregir posibles fallas que presente en el sistema.

Descripción del software ETAP 12.6.0

ETAP es la herramienta de análisis más completo para el diseño y prueba de los sistemas de energía disponibles. “Con sus módulos de simulación fuera de línea estándar, puede utilizar los datos operativos en tiempo real para el control avanzado, simulación en tiempo real, la optimización de los sistemas de gestión de energía y la deslastre de carga inteligente.”(Usuario & Operation Technology, 2014)

Figura 4. Etap 12.6.0



Fuente. ETAP

ETAP es un software de alto impacto en el rubro industrial y tiene una característica muy especial que lo distingue del resto, porque es el único que cuenta con certificación nuclear, lo cual implica que, frente a un estudio teórico, las mediciones de sus resultados son muy cercanos a la realidad, el cual permite realizar las siguientes simulaciones:

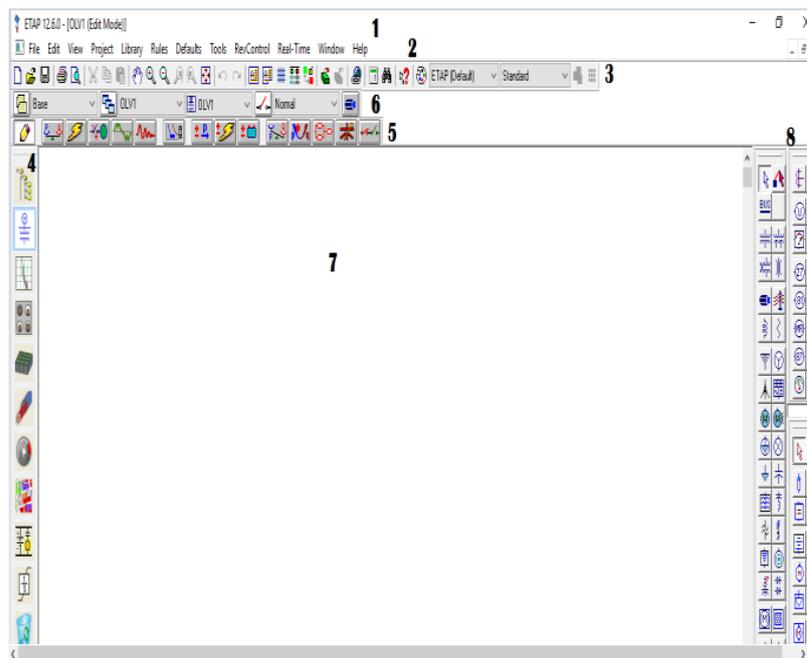
- Flujo de carga (estudio de demandas).
- Cortocircuito.

- Coordinación de protecciones.
- Armónicos.
- Estabilidad transitoria.
- Dimensionamiento de cables y transformadores.
- Malla puesta a tierra.

El software nos permitió modelar y conocer las fallas que presenta el sistema de suministro eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Interfaz del software

Figura 5. Interfaz con el usuario



Fuente. ETAP

La **figura 5** nos muestra la interfaz software-usuario que se compone de las siguientes funciones:

1. Barra de título.
2. Barra de opciones de menú.
3. Barra de herramientas.
4. Barra de herramientas del sistema.
5. Barra de herramientas de modo de uso.
6. Barra de presentación.
7. Área de trabajo.
8. Barra de símbolos.

9. PREGUNTAS CIENTIFICAS

¿Si se realiza un diagnóstico detallado de las causas que provocan el desbalance de cargas de la Universidad Técnica de Cotopaxi” se lograría una compensación de niveles de voltaje, reducción de pérdidas técnicas y un balance de cargas, con propuestas técnicas para mejorar la calidad de la energía en el sistema?

10. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Métodos de investigación

Método Inductivo – Deductivo

El método inductivo – deductivo permitirá un análisis individual de cada una de las partes que conforma el sistema eléctrico, iniciando con la recolección de los que permitirán aportar conclusiones y recomendaciones del problema investigado.

Método Analítico y Sintético.

Este método nos permitió realizar un análisis y síntesis de las mediciones realizadas con el analizador de red Fluke 435 en los tableros principales y subtableros obteniendo los parámetros eléctricos en operación , los que nos permitieron obtener los valores correspondientes para ingresar en el software de simulación ETAP 12.6.0

La simulación del sistema eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi genero los resultados que indican las partes críticas, las mismas facilitaron las acciones correctivas a ser aplicadas.

Tipos de investigación.

Investigación Bibliográfica.

El presente diagnóstico se realizó mediante una búsqueda bibliográfica, en libros, revistas científicas, páginas web, resoluciones, etc. Las cuales aportaron conocimiento valioso para presentar posibles soluciones a los problemas encontrados en el sistema eléctrico de la universidad.

Investigación Descriptiva.

Este tipo de investigación detalla las alteraciones que se produce en el sistema eléctrico de la Universidad Técnica de Cotopaxi, mediante la recolección y evaluación de datos sobre las variables del escenario a diagnosticar para determinar alternativas de mejoramiento.

Investigación Exploratoria.

Esta investigación nos permitió conocer las partes del sistema eléctrico de la universidad, verificando de manera exploratoria si esté se encuentran funcionando de manera adecuada.

Investigación de Campo.

Esta investigación nos permitió tener un contacto directo con la red del sistema eléctrico de la universidad, verificando directamente el comportamiento de los escenarios que afectan al sistema adquiriendo un amplio análisis de su funcionamiento.

Técnicas de Investigación.**Observación directa.**

Está técnica nos permitió tener el contacto directo con los tableros principales y sub tableros, identificando los lugares estratégicos para la ejecución del diagnóstico.

Modelación y Simulación.

La modelación y simulación se la desarrollará en el software ETAP 12.6.0 el mismo que nos permite realizar flujos de potencia balanceados para obtener índices de voltaje (V), corriente (A), frecuencia (Hz), potencia activa (P), potencia reactiva (Q), potencia aparente (S) y factor de potencia (fp), y también flujos de potencia desbalanceados para identificar los índices anteriormente mencionados en cada una de las fases.

El software realiza reportes que determinan el estado del sistema.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES**

En el proyecto se cumple con las mediciones necesarias para un diagnóstico energético de calidad de producto, de acuerdo a lo establecido en la Regulación CONELEC 004-01.

Las mediciones se realizaron con el analizador de redes Fluke 435 series II y se dividieron en 2 etapas, la primera etapa comprendió las mediciones del bloque B desde el 7/11/2016 hasta el 14/11/2016 y la segunda etapa comprendió las mediciones del bloque A desde el 14/11/2016 hasta el 21/11/2016 como se indica en el **anexo 1** y **anexo 2** respectivamente.

EL diagnóstico toma en cuenta:

- Desbalance de voltaje;
- Desbalance de corriente;
- Caída de voltaje;
- Pérdidas de potencia y de energía.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO

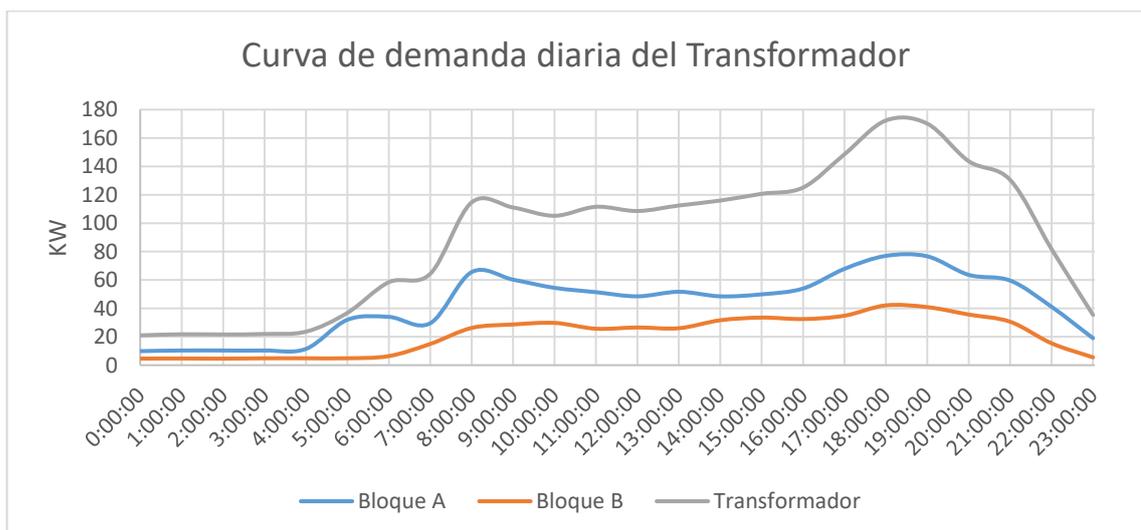
El sistema eléctrico de la UTC, es alimentado por la ELEPCO. S.A a un nivel de 13.8KV con una acometida de conductor unipolar de Cu. XLPE 3 No. 2 AWG aislado para 15KV + 1 No.2 Cu desnudo, con una distancia de 80m con cable subterráneo entre el poste el cual llega a una cámara de transformación ubicada en la planta baja del edificio de educación continua.

Características del transformador.

En la cámara se dispone de un transformador marca INATRA, número 7046 de 300 kVA de potencia, el cual proporciona una relación de transformación de 13.800 Vff en el primario a 220 Vff en el secundario, el Tap se encuentra en la 2da posición o nominal, y opera actualmente en conexión Dy5.

Curva de demanda diaria del transformador.

Figura 6. Curva de demanda diaria del transformador



Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **figura 6** se muestra que la curva de demanda diaria del transformador llega a su punto máximo a las 18:00h con un valor de 172,35 kW, de los cuales 119,11 kW corresponde al Bloque A y B, representando así entre estos edificios el 69% de la demanda máxima.

Diagrama unifilar del bloque A y del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Con la ayuda de los planos eléctricos, se realizó un levantamiento de toda la carga instalada necesaria para realizar el diagrama unifilar de los bloques A y B como se observa en el **anexo 3**.

Distribución en los tableros generales de bajo voltaje del bloque A y B.

Desde bornes del transformador ya descrito salen hacia 2 sistemas de bajo voltaje a 220Vff, denominados:

- Tablero general del bloque académico A con conductor 4/0 XLPE con una longitud de 40m tipo subterráneo;
- Tablero general del bloque académico B con conductor 4/0 XLPE con una longitud de 50m tipo subterráneo.

Datos del tablero principal del bloque B.

En la **figura 7**, se aprecia el tablero principal del bloque B compuesto por:

Figura 7. Tablero principal del bloque B.



Fuente. Coordinadores del proyecto

La **tabla 3**, presenta los componentes del tablero principal del bloque B.

Tabla 3. Componentes del tablero principal del bloque B.

Elemento	Detalle
Breaker principal	350 A.
2 conductores para cada fase	Nº 4/0 AWG TTU.
1 conductor de neutro	Nº 4/0 AWG desnudo.
1 conductor de tierra	Nº 2/0 AWG.

Fuente. Coordinadores del proyecto

Datos del tablero principal del bloque A.

En la **figura 8**, se aprecia el tablero principal del bloque A compuesto por:

Figura 8. Tablero principal del bloque A.

Fuente. Coordinadores del proyecto

La **tabla 4**, presenta los componentes del tablero principal del bloque A.

Tabla 4. Componentes del tablero principal del bloque A.

Elemento	Detalle
Breaker principal	350 A.
2 conductores para cada fase	Nº 4/0 AWG TTU.
1 conductor de neutro	Nº 4/0 AWG desnudo.
1 conductor de tierra	Nº 2/0 AWG.

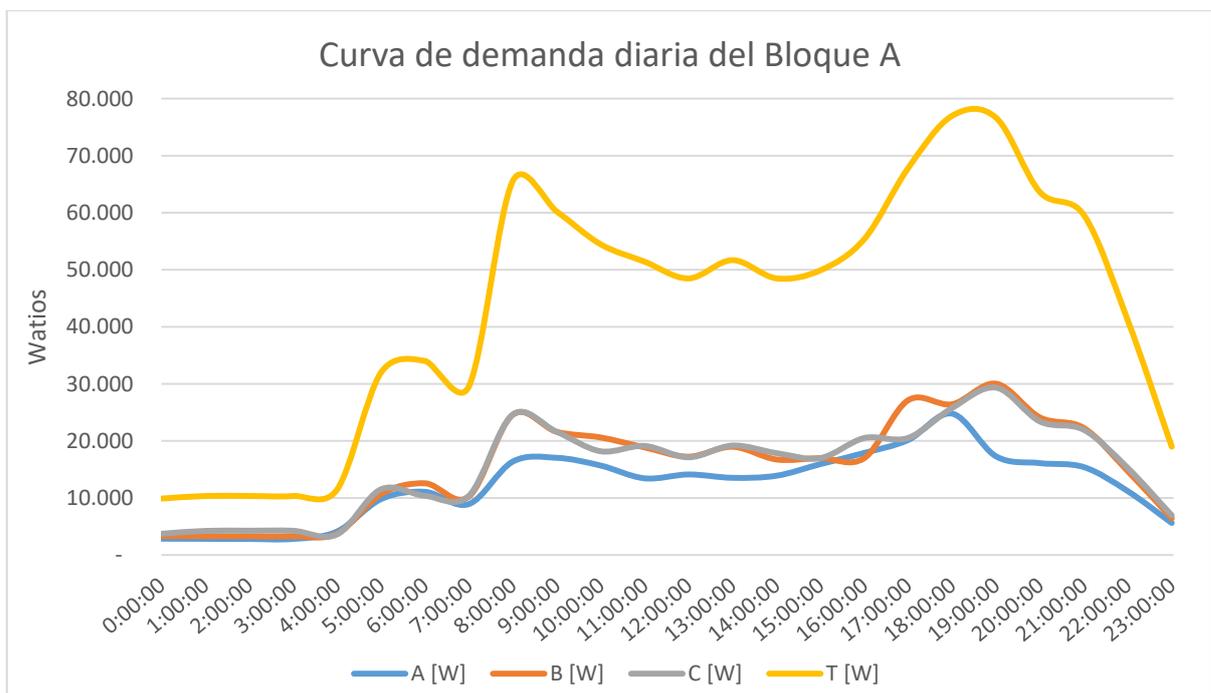
Fuente Coordinadores del proyecto

ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DEL BLOQUE A.

A continuación se realiza un análisis del estado actual del sistema eléctrico del bloque A, basado en las mediciones realizadas, con el fin de identificar si los parámetros eléctricos se encuentran dentro de los límites establecidos por la regulación CONELEC 004-01.

Curva de demanda diaria de un día típico del bloque A.

Figura 9. Curva de demanda diaria de un día típico del bloque A.



Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **figura 9**, se puede apreciar la curva de demanda diaria del bloque A, esta muestra el comportamiento de las cargas conectadas a este edificio durante un día típico, de la cual se puede concluir lo siguiente:

- La demanda mínima corresponde a la iluminación del edificio que permanece en funcionamiento tras concluir las actividades de la institución, presenta un valor de 9.887 W con un periodo de duración de 24:00 a 04:00 horas;
- Existe un incremento de 23.000 W de 04:00 h a 06:00 h, debido a las rondas que realiza el personal de guardia por este edificio;
- La demanda máxima se presenta a las 18:00 h con un valor de 76.990 W;
- La demanda promedio del sistema en el día es de 43.202 W.

Los datos completos de la curva se encuentran en el **anexo 4**.

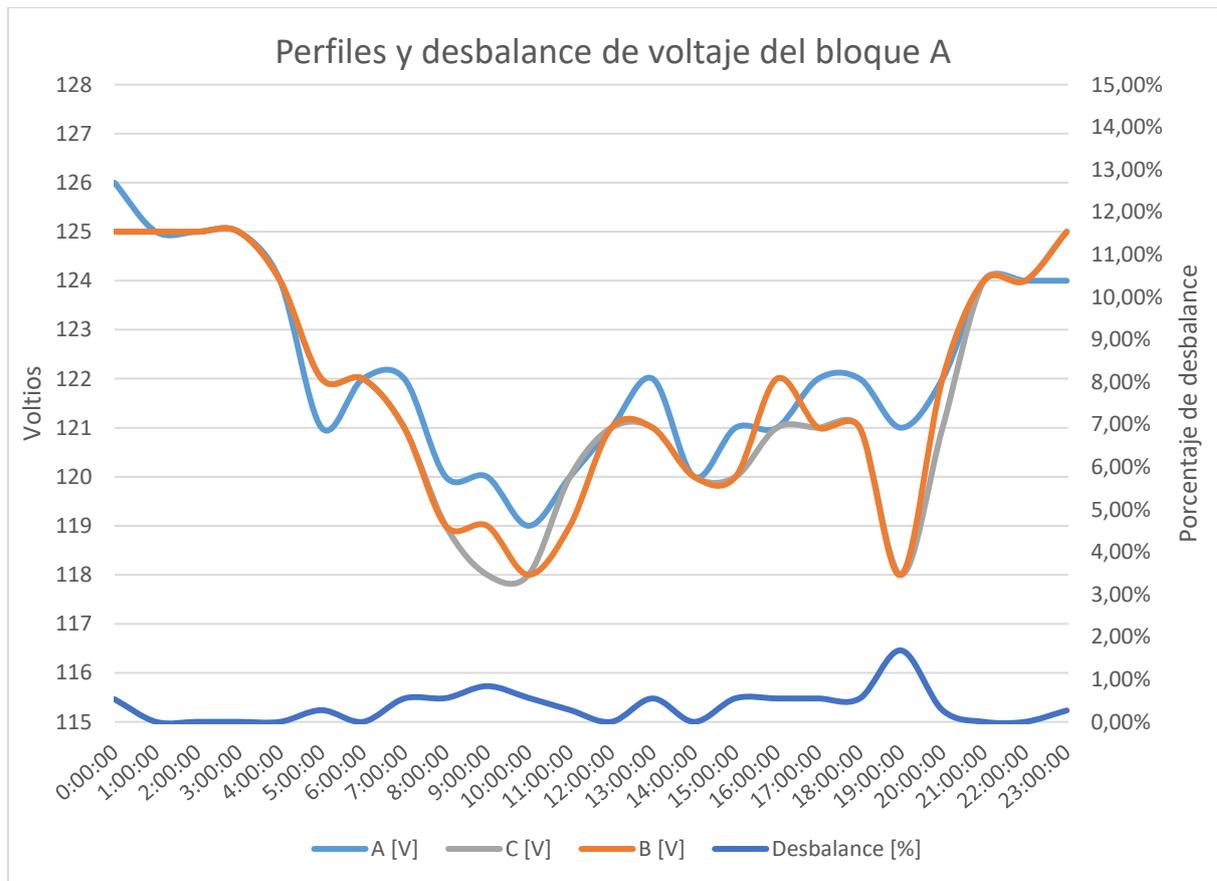
Factor de carga

De acuerdo a los datos obtenidos de la curva de demanda diaria y aplicando la **ecuación 6**, se obtuvo que el factor de carga del edificio presenta un valor de $F_c = 0,56$.

Lo que muestra que a lo largo del día la demanda no presenta grandes fluctuaciones.

Perfiles y desbalance de voltaje del tablero principal del bloque A en un día típico.

Figura 10. Perfiles y desbalance de voltaje del bloque A en un día típico.



Fuente. Coordinadores del proyecto

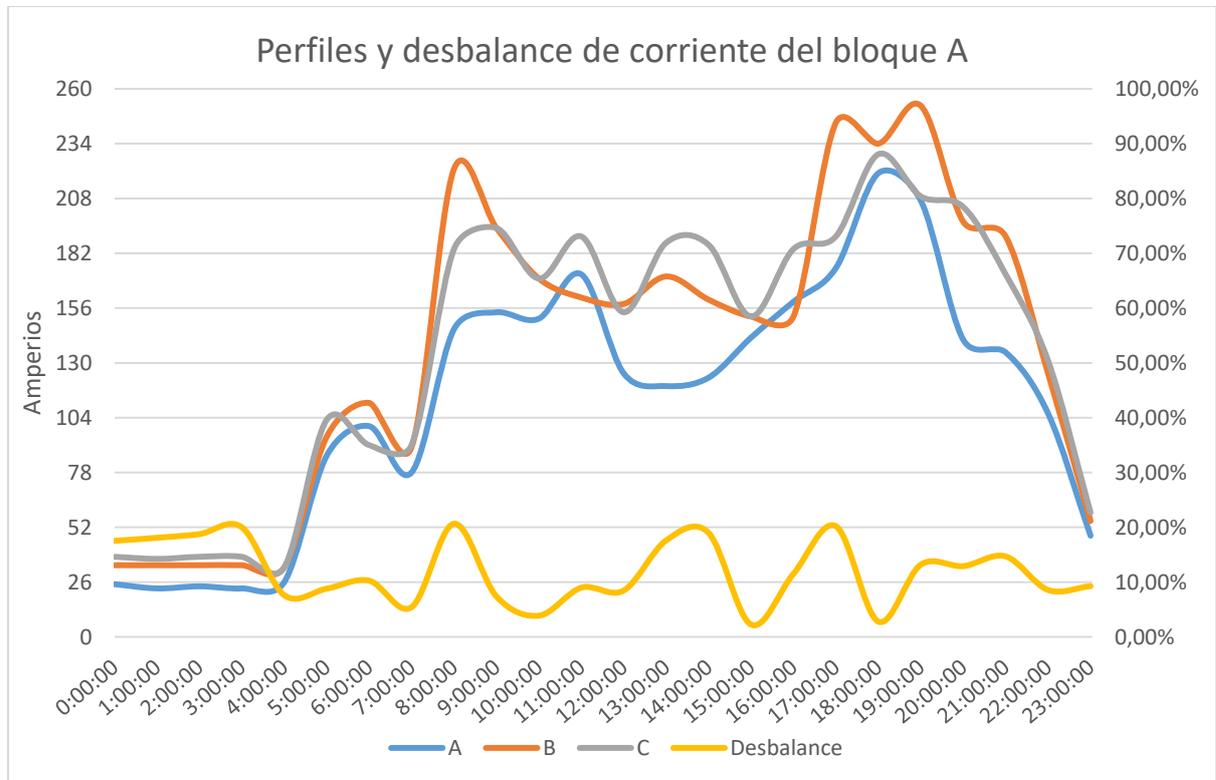
En la **figura 10**, se puede apreciar los valores de voltaje de la fase A, B y C, en las barras del tablero principal del bloque A durante un día típico.

También presenta el desbalance de voltaje en porcentaje, donde se aprecia que el valor máximo es de 1.68%, el cual se presenta en demanda máxima, por lo tanto este parámetro se encuentra dentro de los límites admisibles según la regulación CONELEC 004/01.

Los datos completos de la figura se encuentran en el **anexo 5**.

Perfiles y desbalance de corriente del tablero principal del bloque A en un día típico.

Figura 11. Perfiles y desbalance de corriente del bloque A en un día típico.



Fuente Coordinadores del proyecto

En la **figura 11**, se aprecia los perfiles de corriente de un día tipo del bloque A, donde la corriente en cada fase empieza a incrementar a partir de las 04:00 y disminuye a partir de las 23:00 horas, debido a que la demanda está directamente relacionada con las actividades del cuerpo docente, administrativo y estudiantil del edificio.

También se observa el desbalance de corriente en porcentaje que se produce a lo largo del día, presentando valores máximos de 20,65% a las 08:00 h y 20,20% a las 17:00 h, este último valor es más importante, ya que en esa hora la demanda se aproxima a su valor máximo y los efectos por desbalance afectarán a más equipos.

Los datos completos de la figura se encuentran en el **anexo 6**.

Análisis de las protecciones en el bloque A.

Las protecciones termo-magnéticas que se encuentran en el tablero principal y tableros secundarios de este bloque, están bien dimensionadas como se observa en el **anexo 7**, por lo que no se deberán tomar acciones con respecto a este parámetro.

Caída de voltaje en el tablero principal del bloque A.

Para el análisis de caída de voltaje se realizó un cuadro estadístico con los índices de voltaje de acuerdo a los siguientes escenarios que se presentan en el día:

- Demanda mínima;
- Incremento de demanda;
- Demanda media;
- Demanda máxima;
- Decremento de demanda.

Tabla 5. Resumen de las mediciones de voltaje del tablero principal del bloque A.

Escenario	HORAS		FASE	VOLTAJE (V)		
	INICIO	FIN		Máximo	Promedio	Mínimo
Demanda mínima	0:00:00	6:00:00	A	126,0	125,0	122,0
			B	126,0	124,8	121,0
			C	126,0	124,8	121,0
Incremento de demanda	6:00:00	9:00:00	A	123,0	120,7	117,0
			B	123,0	120,2	116,0
			C	123,0	120,0	116,0
Demanda media	9:00:00	14:00:00	A	124,0	120,8	118,0
			B	123,0	120,3	117,0
			C	123,0	120,5	118,0
Demanda máxima	14:00:00	20:00:00	A	123,0	121,5	119,0
			B	123,0	120,7	117,0
			C	123,0	120,3	119,0
Decremento de demanda	20:00:00	0:00:00	A	127,0	124,0	122,0
			B	126,0	124,3	122,0
			C	126,0	124,3	122,0

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 5**, se puede evidenciar que el valor medido en las barras del tablero Principal del Bloque A es de 120 V, que corresponde aproximadamente a un 95% del voltaje nominal, este valor perdura durante 16 horas, por otro lado durante las 8 horas restantes, que corresponde al decremento de carga y carga mínima, se puede evidenciar un voltaje en barras que llega aproximadamente a 124,46 que corresponde a un 98% del valor nominal.

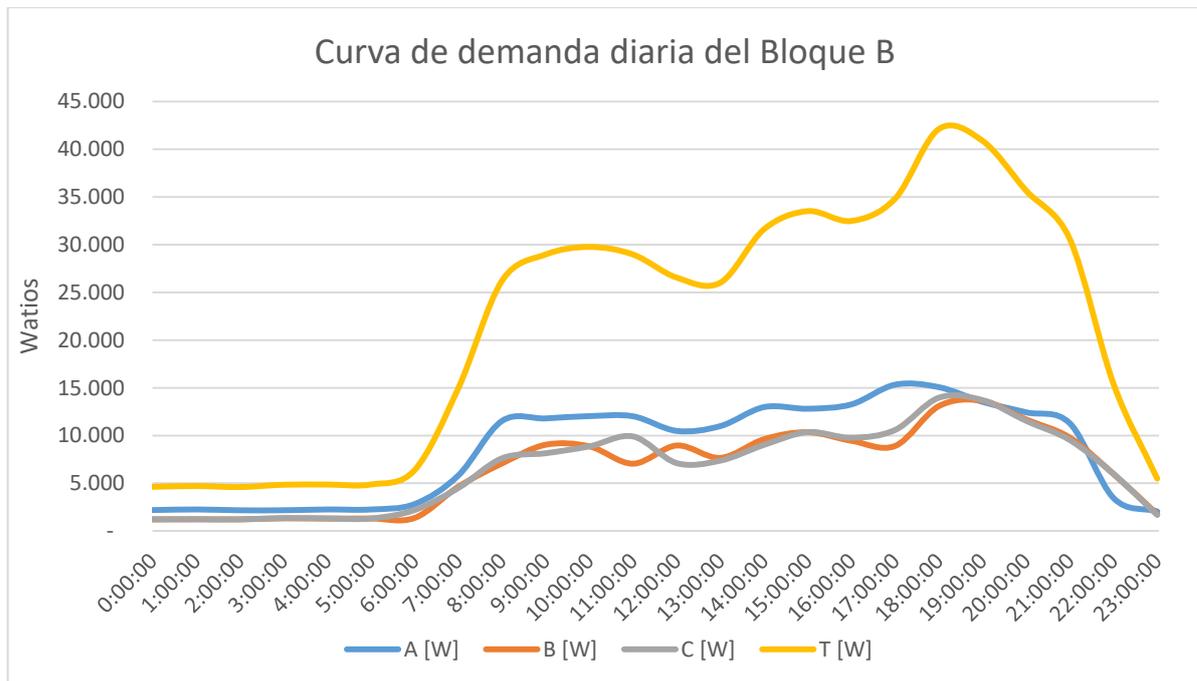
La caída de voltaje durante las horas laborables es aproximadamente del 5%, por lo cual se encuentra fuera del límite establecido por la regulación CONELEC 004/01 y considerando que este valor se presenta en el tablero principal, los tableros secundarios se verán más afectados.

ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO ACTUAL DEL BLOQUE B

A continuación se realiza un análisis del estado actual del sistema eléctrico del bloque B, basado en las mediciones realizadas, con el fin de identificar si los parámetros eléctricos se encuentran dentro de los límites establecidos por la regulación CONELEC 004-01.

Curva de demanda diaria de un día típico del bloque B.

Figura 12. Curva de demanda diaria de un día típico del bloque B.



Fuente Coordinadores del proyecto

En la **figura 12**, se puede apreciar la curva de demanda diaria del bloque B, esta muestra el comportamiento de las cargas conectadas a este edificio durante un día típico, de la cual se puede concluir lo siguiente:

- La demanda mínima corresponde a la iluminación del edificio que permanece en funcionamiento tras concluir las actividades de la institución, presenta un valor de 4.600 W con un periodo de duración de 24:00 y 06:00 horas.
- El incremento de carga empieza a las 06:00 h, hora en la cual los auxiliares de servicio empiezan su trabajo en el edificio.
- La demanda máxima se presenta a las 18:00 h con un valor de 42.118 W.
- La demanda promedio del sistema en el día es de 21.472 W.

Los datos de la curva se encuentran en el **anexo 8**.

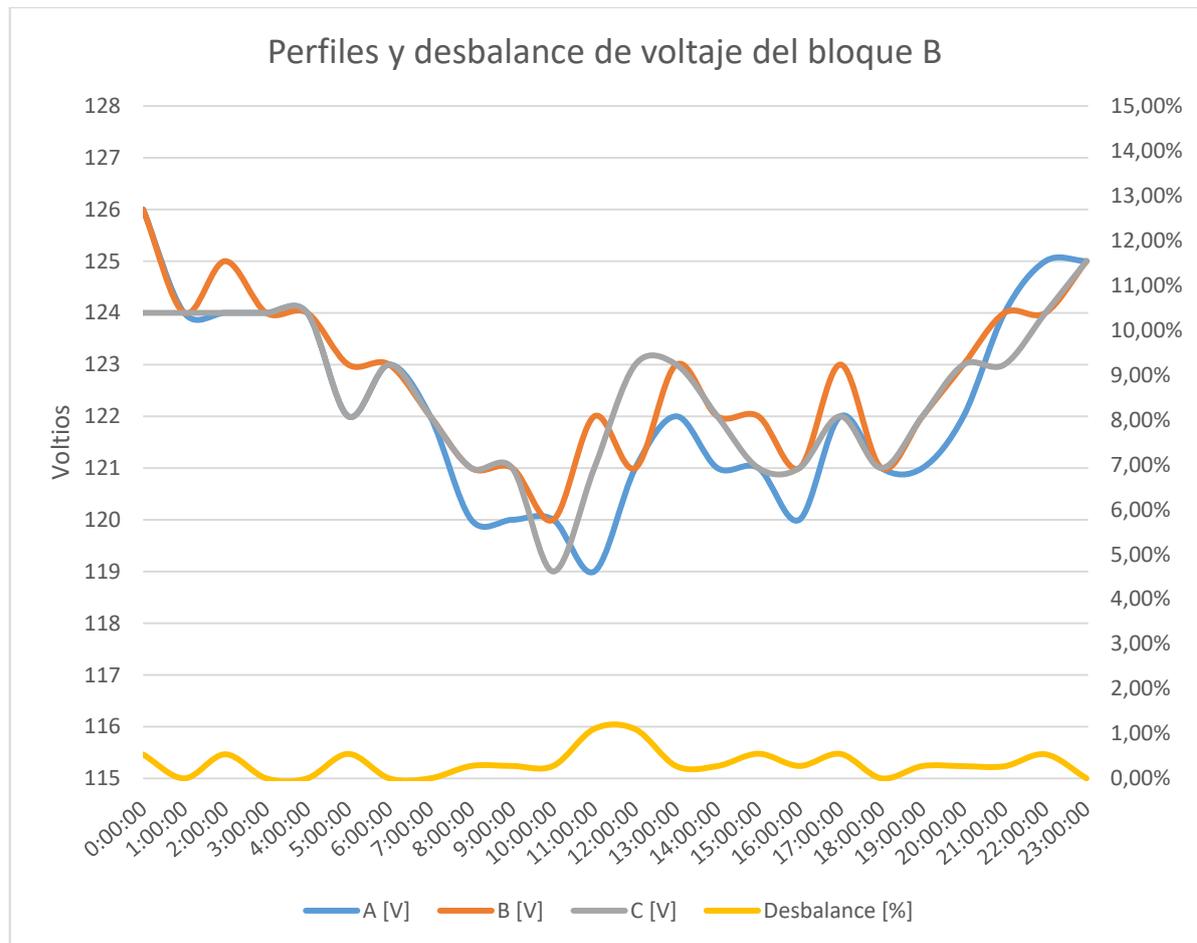
Factor de carga

De acuerdo a los datos obtenidos de la curva de demanda diaria y aplicando la **ecuación 6**, se obtuvo que el factor de carga del edificio presenta un valor de $F_c = 0,51$.

Lo que muestra que a lo largo del día la demanda no presenta grandes fluctuaciones.

Perfiles y desbalance de voltaje del tablero principal del bloque B en un día típico.

Figura 13. Perfiles y desbalance de voltaje del bloque B en un día típico.



Fuente. Coordinadores del proyecto

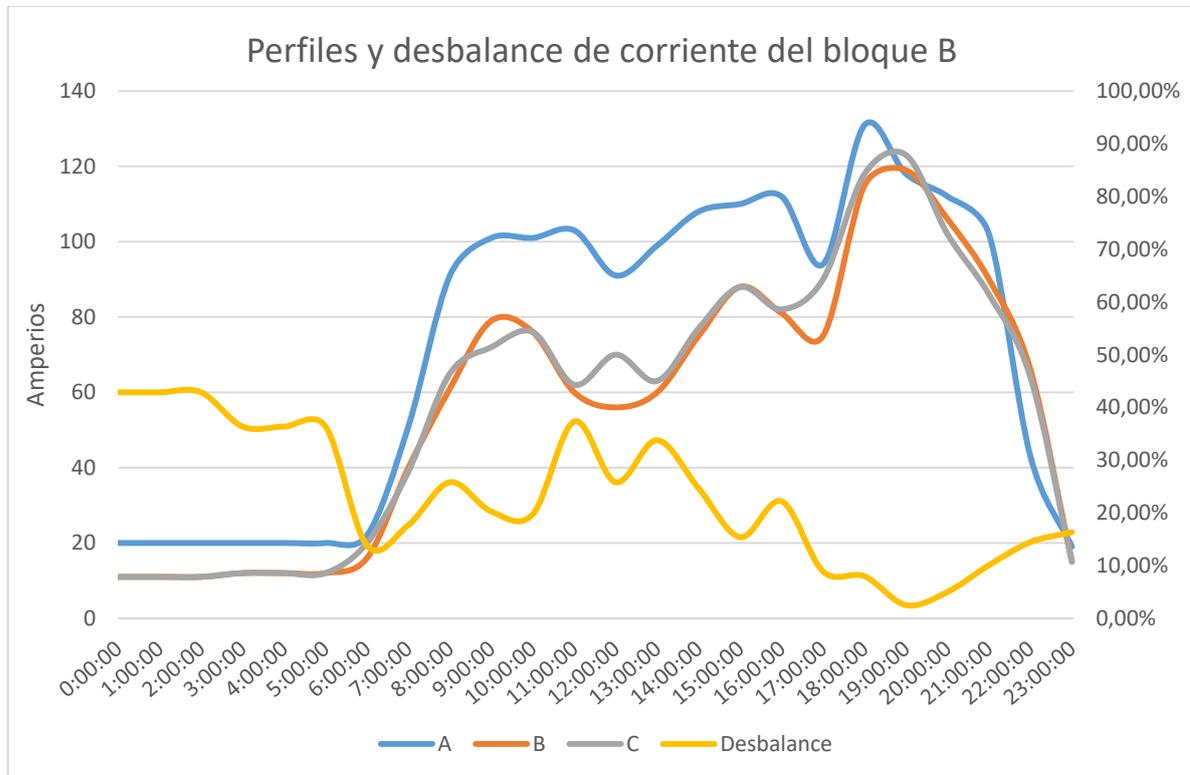
En la **figura 13**, se puede apreciar los valores de voltaje de la fase A, B y C, en las barras del tablero principal del bloque B durante un día típico.

También presenta el desbalance de voltaje en porcentaje, donde se aprecia que el valor máximo es de 1.1%, el cual se presenta en demanda media, por lo tanto este parámetro se encuentra dentro de los límites admisibles según la regulación CONELEC 004/01.

Los datos completos de la figura se encuentran en el **anexo 9**.

Perfiles y desbalance de corriente del tablero principal del bloque B en un día típico.

Figura 14. Perfiles y desbalance de corriente del bloque B en un día típico.



Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **figura 14**, se aprecia los perfiles de corriente de un día tipo del bloque B, donde la corriente en cada fase empieza a incrementar a partir de las 06:00 y disminuye a partir de las 23:00 horas, debido a que la demanda está directamente relacionada con las actividades del cuerpo docente, administrativo y estudiantil del edificio.

También se observa el desbalance de corriente en porcentaje que se produce a lo largo del día, presenta valores máximos de 42,86% a las 02:00 h y 37,33% a las 11:00 h, en esos periodos de tiempo se presenta una demanda mínima y media respectivamente, sin embargo el momento más próxima a demanda máxima es a las 17:00 h, en la cual se produce un desbalance de 8,88%.

Los datos detallados se presentan en el **anexo 10**.

Análisis de las protecciones en el bloque B.

Las protecciones termo-magnéticas que se encuentran en el tablero principal y tableros secundarios de este bloque, están bien dimensionadas como se observa en el **anexo 11**, por lo que no se deberán tomar acciones con respecto a este parámetro.

Caída de voltaje en el tablero principal del bloque B.

Para el análisis de caída de voltaje se realizó un cuadro estadístico con los índices de voltaje de acuerdo a los siguientes escenarios que se presentan en el día:

- Demanda mínima;
- Incremento de demanda;
- Demanda media;
- Demanda máxima;
- Decremento de demanda.

Tabla 6. Resumen de las mediciones de voltaje del tablero principal del bloque B.

Escenario	HORAS		FASE	VOLTAJE (V)		
	INICIO	FIN		Máximo	Promedio	Mínimo
Demanda mínima	0:00:00	6:00:00	A	127,00	123,86	120,00
			B	126,00	124,14	120,00
			C	126,00	123,57	120,00
Incremento de demanda	6:00:00	9:00:00	A	123,00	120,67	118,00
			B	124,00	121,33	118,00
			C	124,00	121,33	118,00
Demanda media	9:00:00	14:00:00	A	123,00	120,60	118,00
			B	124,00	121,60	117,00
			C	124,00	121,60	117,00
Demanda máxima	14:00:00	20:00:00	A	124,00	121,17	119,00
			B	124,00	122,00	119,00
			C	125,00	121,67	119,00
Decremento de demanda	20:00:00	0:00:00	A	126,00	124,67	123,00
			B	126,00	124,33	123,00
			C	126,00	124,00	122,00

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 6**, se puede evidenciar que el valor medido en las barras del tablero Principal del Bloque B es de 121,3 V que corresponde aproximadamente a un 95,5% del voltaje nominal, este valor perdura durante 14 horas, por otro lado durante las 10 horas restantes, que corresponde al decremento de carga y carga mínima, se puede evidenciar un voltaje en barras que llega aproximadamente a 124,1 V que corresponde al 97,7% del valor nominal.

La caída de voltaje durante las horas laborables es aproximadamente del 4,5%, por lo cual se encuentra fuera del límite establecido por la regulación CONELEC 004/01 y considerando que este valor se presenta en el tablero principal, los tableros secundarios se verán más afectados.

PÉRDIDAS EN EL TRANSFORMADOR

Para los cálculos de pérdidas de potencia se comparó los resultados obtenidos de las ecuaciones que proporciona la norma NTE INEN 2115, para transformadores mayores de 150 kVA hasta 800 kVA, con los datos proporcionados por el fabricante.

Tabla comparación entre datos de fabricante y calculados de pérdidas del cobre y perdidas en el hierro.

Tabla 7. Pérdidas en el transformador de 300KVA

Ecuación	Potencia de Pérdidas calculada [W]	Potencia de Pérdidas del fabricante [W]
$P_o = 13,27 \times P_n^{0,7093}$	758,39	758
$P_c = 10,465 \times P_n + 537$	3676,5	3677

Fuente. Coordinadores del proyecto

Se consideró los datos del fabricante por ser los reales y empleando la **ecuación 10**, se calculó en intervalos de 10 minutos las perdidas en el cobre y en el hierro, dando como resultado la tabla del **anexo 12**.

A continuación se presenta en la **tabla 8** un resumen de los resultados mencionados en intervalos de 1 hora:

Tabla 8. Resumen del cálculo de pérdidas del transformador en un día típico.

Tiempo	kW	FP	KVA	kWh en intervalo	kWh acumulado	Pérdidas Fe [kW]	Pérdidas Cu [kW]	Pérdidas totales [kW]	Pérdidas totales acumulado [kWh]
0:00:00	0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,758	0,0000	0,7580	0,7580
1:00:00	24,44	0,893	27,39	4,07	24,16	0,758	0,0307	0,7887	4,7285
2:00:00	24,15	0,891	27,11	4,03	52,57	0,758	0,0300	0,7880	4,7302
3:00:00	23,56	0,885	26,63	3,93	80,31	0,758	0,0290	0,7870	4,7224
4:00:00	23,73	0,889	25,00	3,96	107,94	0,758	0,0255	0,7835	4,7190
5:00:00	30,41	0,889	34,19	5,07	136,62	0,758	0,0478	0,8058	4,7400
6:00:00	52,00	0,912	57,00	8,67	187,74	0,758	0,1327	0,8907	5,1834
7:00:00	43,43	0,898	48,37	7,24	246,68	0,758	0,0956	0,8536	5,3105
8:00:00	82,74	0,938	88,20	13,79	319,98	0,758	0,3178	1,0758	5,8361
9:00:00	123,86	0,936	132,37	20,64	449,44	0,758	0,7159	1,4739	8,3130
10:00:00	133,27	0,948	140,54	22,21	602,93	0,758	0,8070	1,5650	9,4039
11:00:00	134,15	0,942	142,41	22,36	759,37	0,758	0,8286	1,5866	9,5130
12:00:00	121,51	0,924	131,56	20,25	906,11	0,758	0,7071	1,4651	8,9390
13:00:00	106,18	0,925	114,73	17,70	1038,57	0,758	0,5378	1,2958	8,1385
14:00:00	103,66	0,922	112,43	17,28	1158,02	0,758	0,5164	1,2744	7,5606
15:00:00	118,23	0,937	126,21	19,71	1286,51	0,758	0,6508	1,4088	8,0573

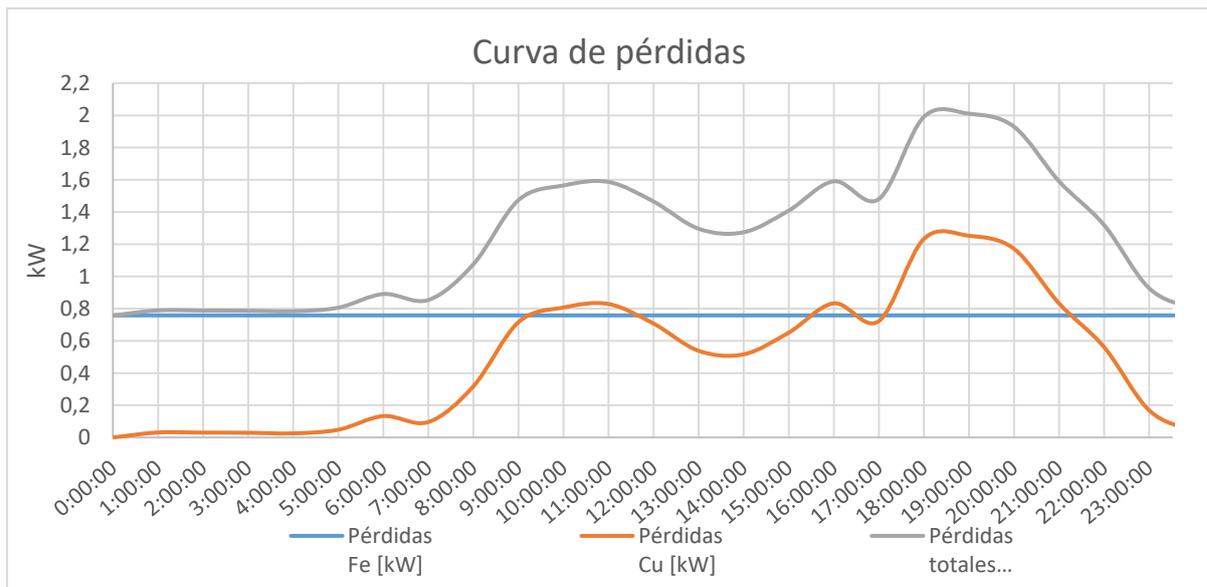
16:00:00	134,15	0,940	142,78	22,36	1431,48	0,758	0,8329	1,5909	8,9146
17:00:00	124,70	0,938	132,98	20,78	1578,26	0,758	0,7225	1,4805	8,8295
18:00:00	163,76	0,943	173,72	27,29	1749,12	0,758	1,2330	1,9910	10,8214
19:00:00	164,89	0,942	175,10	27,48	1943,95	0,758	1,2526	2,0106	12,2921
20:00:00	160,10	0,945	169,35	26,68	2133,61	0,758	1,1717	1,9297	11,7907
21:00:00	134,40	0,942	142,74	22,40	2300,91	0,758	0,8324	1,5904	10,0188
22:00:00	108,65	0,927	117,16	18,11	2444,49	0,758	0,5608	1,3188	8,6773
23:00:00	56,07	0,873	64,21	9,35	2537,01	0,758	0,1684	0,9264	6,2563
0:00:00	25,91	0,898	28,86	4,32	2580,19	0,758	0,0340	0,7920	4,9057
								TOTAL	183,1598

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 8** se muestra que la energía total perdida en el día es de 183,16 kWh, lo que representa un 7,1% de la energía total aprovechada en ese día.

Curva de potencia de pérdidas en un día tipo

Figura 15. Pérdidas de acuerdo a la curva de demanda diaria del transformador



Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **figura 15**, se puede observar que la potencia perdida en demanda máxima es de 0,68 kWh, en demanda media varía entre 0,33 y 0,37 kWh y para demanda mínima bordea los 0,1 y 0,05 kWh.

También se puede apreciar que las pérdidas en el hierro tienen un valor de 0,758KW y son constantes durante el día, ya que estas pérdidas se debe a la corriente de magnetización que necesita el transformador y son independientes de la demanda a la que esté trabajando.

Las pérdidas totales que se producen en el día, resultado de la suma entre las pérdidas en cobre y en el hierro, estas pérdidas presentan un valor de 1,991 kWh en demanda máxima.

PROPUESTA TÉCNICA Y EVALUACIÓN ECONÓMICA EN LOS BLOQUES A Y B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

La simulación se realizó con los datos medidos y la tabulación de los histogramas de frecuencia correspondientes a los tableros principales del bloque A y el bloque B de la universidad, posteriormente ingresando los valores necesarios para realizar un flujo de potencia.

El diagrama unifilar se compone de un equivalente de red que representa el alimentador de la Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi ELEPCO S.A. que alimenta a nivel de medio voltaje el transformador de 300KVA, de donde se deriva a los tableros principales, las cuales se representan mediante barras y se ingresa las cargas que tiene cada uno el reporte de la simulación.

Comparación de datos medidos y simulados del sistema.

Los valores obtenidos de las mediciones en los tableros principales de los bloques A y B, los mismos que son similares a los valores simulados, esta variación es casi despreciable, en tal virtud los valores obtenidos al realizar la simulación de las acciones propuestas serán muy parecidos a los valores que se presentarían al aplicar las mismas acciones dentro de la Universidad.

Comparación de índices de potencia medidos y simulados en el bloque A y B.

Tabla 9. Comparación de índices medidos y simulados en los tableros principales del bloque A y B.

Hora	Situación	P [kW]	Q [KVAR]	S [kVA]	FP [%]
		Bloque "A"			
18:00:00	Medición actual	76,9	27,3	82,8	94,81%
	Simulado	78,5	26,2	84,7	95,10%
Hora	Situación	Bloque "B"			
18:00:00	Medición actual	42,3	14,9	44,8	94,31%
	Simulado	42,8	15,4	45,5	94,10%

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 9**, se presenta los valores de potencia activa kW, potencia reactiva KVAR, potencia aparente KVA y Fp obtenidos de las mediciones de 7 días continuos mediante la tabulación con el histograma de frecuencias y los datos simulados en el software Etap 12.6.0, estos valores se encuentran por debajo del 2% de error, por lo cual son valores confiables.

A continuación se presentan las acciones propuestas para mitigar los problemas encontrados:

Con respecto al desequilibrio, se evidencia que este se expresa con mayor magnitud y duración en el Bloque B, a diferencia del Bloque A, esto se debe a que los circuitos de iluminación y de laboratorios no están bien distribuidos entre las fases, como se muestra en el **anexo 13** y **anexo 14**, para el bloque A y B respectivamente.

Utilizando el software ETAP 12.6.0 se utilizó la función de flujo desbalanceado, basados en la distribución del **anexo 15** y **anexo 16** para el bloque A y B se obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 10. Comparación de resultados entre la distribución de cargas actual y propuesta del bloque A.

Distribución de cargas bloque "A"	Fase	Potencia [W]	Porcentaje de carga conectado a cada fase
Actual	A	50.980	31,77%
	B	58.680	36,57%
	C	50.800	31,66%
Propuesta	A	53.480	33,33%
	B	53.180	33,14%
	C	53.800	33,53%

Fuente. Coordinadores del proyecto

De la **tabla 10**, se puede observar que existe una sobrecarga en la fase B de aproximadamente el 3%, el cual se puede distribuir entre las otras fases, de acuerdo a la propuesta presentada en el **anexo 15**, obteniendo un desbalance casi nulo.

Tabla 11. Comparación de resultados entre la distribución de cargas actual y propuesta del bloque B.

Distribución de cargas bloque "B"	Fase	Potencia [W]	Porcentaje de carga conectado a cada fase
Actual	A	46.700	41,08%
	B	32.899	28,94%
	C	34.070	29,97%
Propuesta	A	37.486	32,98%
	B	39.678	34,91%
	C	36.505	32,12%

Fuente. Coordinadores del proyecto

De la **tabla 11**, se puede observar que existe una sobrecarga en la fase A de aproximadamente el 8%, el cual se puede distribuir entre las otras fases, de acuerdo a la propuesta presentada en el **anexo 16**, reduciendo un 90% del desbalance, valor que es aceptable técnicamente.

Sobre la caída de voltaje (CV) excesiva que se presenta en los extremos de la mayoría de las cargas conectadas a las 2 edificaciones, se propone el cambio de la posición del Tap del Transformador de 300 kVA, que actualmente se encuentra en la 2da posición o nominal, el cambio propuesto es el paso a la 4ta posición, produciendo un cambio en la relación de transformación, esto producirá un incremento en el voltaje del secundario y por ende el voltaje que llegará a las barras de los tableros principales (TP) de cada bloque será más próximo al nominal.

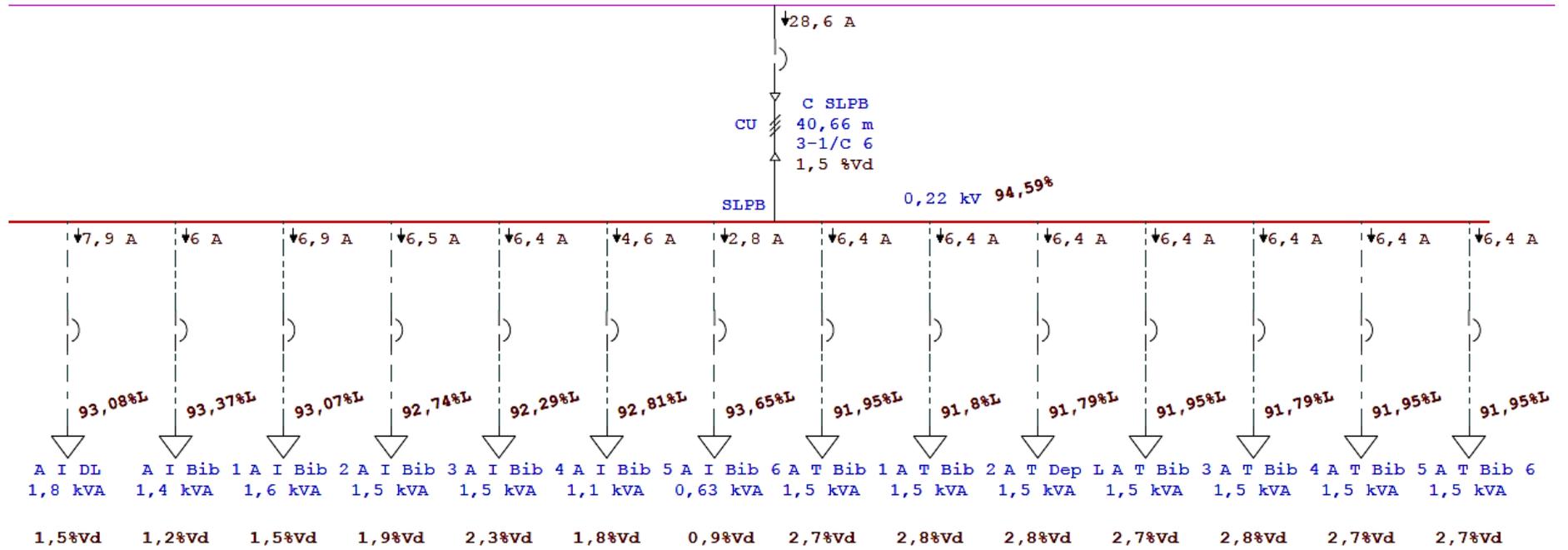
Al reducir la CV en el tramo que conecta la cámara de transformación y los TP se reducirá la CV en los extremos de las cargas.

Para evidenciar las mejoras tras el cambio propuesto del Tap se presenta la tabla de caída de voltaje del nodo más crítico y del nodo con mejores índices del bloque A y B, antes y después del cambio del Tap.

Caída de voltaje y pérdidas en los nodos críticos del bloque A y B a demanda máxima.

Para el análisis de caída de voltaje se analizó por medio de la simulación en el ETAP los nodos más crítico del bloque A y B, los resultados correspondientes a los tableros secundarios restantes del bloque A se encuentran en el **anexo 17** y para el bloque B en el **anexo 18**.

Figura 16. Diagrama unifilar del tablero SLPB.



Fuente Coordinadores del proyecto

Para el cálculo de pérdidas de la **tabla 12** y **tabla 13**, se aplicó la siguiente ecuación:

$$\text{Energía perdida} = P_{\text{pmax}} * t * (0.3 * F_c + 0.7 * F_c^2)$$

Tabla 12. Caída de voltaje en el tablero secundario SLPB del bloque A.

Tablero SLPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I DL	12	19,55	935	120,15	118,31	6,84%	13,90	123,173
I Bib 1	12	20,60	715	120,15	118,66	6,56%	8,68	76,957
I Bib 2	12	22,17	825	120,15	118,31	6,84%	12,52	110,926
I Bib 3	12	29,04	770	120,15	117,91	7,16%	14,38	127,429
I Bib 4	12	36,29	770	120,15	117,36	7,59%	18,14	160,734
I Bib 5	12	38,99	550	120,15	118,00	7,09%	9,83	87,162
I Bib 6	12	34,20	330	120,15	119,00	6,30%	3,05	27,059
T Bib 1	12	41,70	770	120,15	116,96	7,91%	20,98	185,974
T Bib 2	12	44,30	770	120,15	116,78	8,05%	22,36	198,173
T Dep L	12	44,30	770	120,15	116,76	8,06%	22,36	198,223
T Bib 3	12	41,70	770	120,15	116,96	7,91%	20,98	185,974
T Bib 4	12	44,30	770	120,15	116,76	8,06%	22,36	198,223
T Bib 5	12	41,70	770	120,15	116,96	7,91%	20,98	185,974
T Bib 6	12	41,70	770	120,15	116,96	7,91%	20,98	185,974
Total							2051,956	

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 12**, se puede evidenciar que todos los circuitos pertenecientes al tablero secundario SLPB que corresponde al área de la biblioteca, presentan valores que oscilan entre 117V y 118V, lo cual representa una caída de voltaje entre el 6% y 8%, valores muy alejados a los establecidos en la regulación CONELEC 004-01.

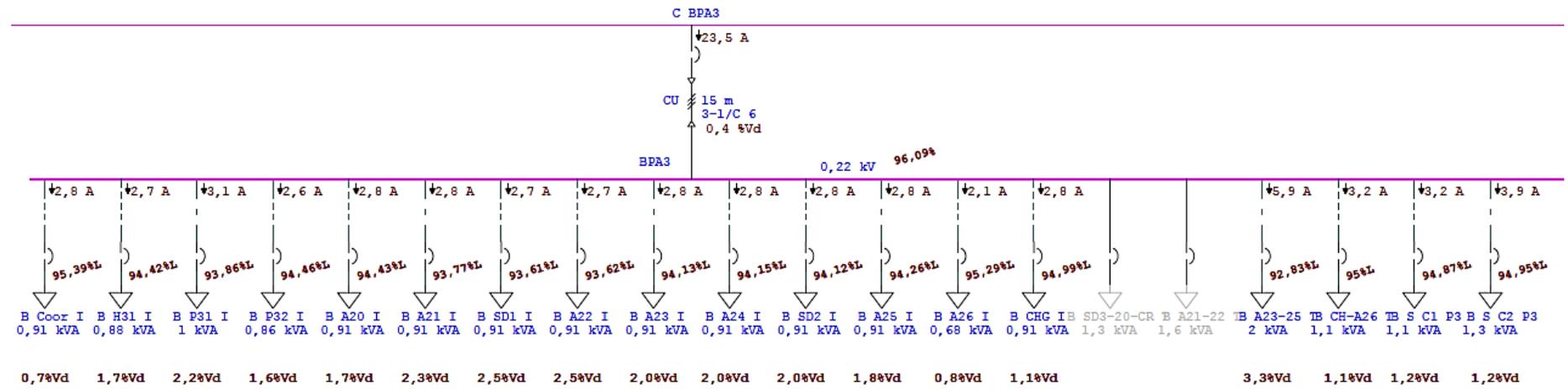
Tabla 13. Caída de voltaje en el tablero secundario SLPB del bloque A posterior al cambio del Tap.

Tablero SLPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I DL	12	19,55	935	126,65	124,61	1,88%	12,53	111,028
I Bib 1	12	20,60	715	126,65	125,00	1,57%	7,82	69,346
I Bib 2	12	22,17	825	126,65	124,61	1,88%	11,28	99,988
I Bib 3	12	29,04	770	126,65	124,17	2,23%	12,96	114,907
I Bib 4	12	36,29	770	126,65	123,56	2,71%	16,36	145,015
I Bib 5	12	38,99	550	126,65	124,27	2,15%	8,87	78,591
I Bib 6	12	34,20	330	126,65	125,39	1,27%	2,75	24,376
T Bib 1	12	41,70	770	126,65	123,11	3,06%	18,94	167,850
T Bib 2	12	44,30	770	126,65	122,91	3,22%	20,18	178,891
T Dep L	12	44,30	770	126,65	122,90	3,23%	20,19	178,939
T Bib 3	12	41,70	770	126,65	123,11	3,06%	18,94	167,850
T Bib 4	12	44,30	770	126,65	122,90	3,23%	20,19	178,939
T Bib 5	12	41,70	770	126,65	123,11	3,06%	18,94	167,850
T Bib 6	12	41,70	770	126,65	123,11	3,06%	18,94	167,850
							Total	1851,420

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 13**, se puede observar que con el cambio del tap del transformador los valores en general mejoran, a excepción de los circuitos: T Bib 2, T Dep L, T Bib 4, que presentan una caída de voltaje aproximada al 3,2%, el resto de valores se encuentran dentro de lo establecido en la regulación 004-01.

Figura. 17. Diagrama unifilar del tablero BPA3.



Fuente. Coordinadores del proyecto

Tabla 14. Caída de voltaje en el tablero secundario BPA3 del bloque B.

Tablero BPA3	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
Coor I	14	16,60	354	122,05	121,18	4,58%	2,57	22,773
H31 I	14	40,80	343	122,05	120,00	5,52%	6,04	53,568
P31 I	14	47,20	397	122,05	119,31	6,05%	9,48	84,010
P32 I	14	40,86	335	122,05	120,04	5,48%	5,75	50,949
A20 I	14	39,20	354	122,05	120,01	5,50%	6,19	54,826
A21 I	14	55,15	354	122,05	119,20	6,14%	8,82	78,183
SD1 I	14	59,17	354	122,05	119,00	6,30%	9,50	84,167
A22 I	14	58,87	354	122,05	119,02	6,29%	9,45	83,720
A23 I	14	46,60	354	122,05	119,64	5,80%	7,40	65,586
A24 I	14	46,00	354	122,05	119,67	5,77%	7,30	64,709
SD2 I	14	46,78	354	122,05	119,63	5,81%	7,43	65,850
A25 I	14	43,44	354	122,05	119,80	5,67%	6,88	60,975
A26 I	14	25,46	264	122,05	121,05	4,68%	2,20	19,506
CHG I	14	26,04	354	122,05	120,69	4,97%	4,06	36,013
A23-25 T	12	56,19	759	122,05	118,06	7,04%	26,40	233,978
CH-A26 T	12	34,42	328	122,05	120,70	4,96%	2,89	25,641
S C1 P3	8	58,87	410	122,05	120,55	5,08%	3,07	27,168
S C2 P3	12	33,36	492	122,05	120,64	5,01%	3,44	30,523
							Total	1142,144

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 14**, se puede evidenciar que todos los circuitos pertenecientes al tablero secundario BPA3 que corresponde al área de la 3ra planta alta, presentan valores que oscilan entre 118V y 120V, lo cual representa una caída de voltaje entre el 7% y 5,5%, valores muy alejados a los establecidos en la regulación CONELEC 004-01.

Tabla 15. Caída de voltaje en el tablero secundario BPA3 del bloque B posterior al cambio del Tap.

Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
BPA3								
Coor I	14	16,60	354	128,67	127,71	-0,56%	2,31	20,504
H31 I	14	40,80	343	128,67	126,39	0,48%	5,45	48,284
P31 I	14	47,20	397	128,67	125,63	1,08%	8,55	75,770
P32 I	14	40,86	335	128,67	126,44	0,44%	5,18	45,921
A20 I	14	39,20	354	128,67	126,41	0,46%	5,58	49,417
A21 I	14	55,15	354	128,67	125,51	1,17%	7,96	70,523
SD1 I	14	59,17	354	128,67	125,29	1,35%	8,57	75,935
A22 I	14	58,87	354	128,67	125,30	1,34%	8,52	75,530
A23 I	14	46,60	354	128,67	125,99	0,79%	6,67	59,136
A24 I	14	46,00	354	128,67	126,03	0,77%	6,58	58,343
SD2 I	14	46,78	354	128,67	125,98	0,80%	6,70	59,374
A25 I	14	43,44	354	128,67	126,17	0,65%	6,20	54,970
A26 I	14	25,46	264	128,67	127,57	-0,45%	1,98	17,565
CHG I	14	26,04	354	128,67	127,16	-0,13%	3,66	32,440
A23-25 T	12	56,19	759	128,67	124,24	2,18%	23,84	211,280
CH-A26 T	12	34,42	328	128,67	127,17	-0,14%	2,61	23,097
S C1 P3	8	58,87	410	128,67	127,00	0,00%	2,76	24,476
S C2 P3	12	33,36	492	128,67	127,10	-0,08%	3,10	27,496
							Total	1030,060

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 15**, se puede observar que todos los nodos han mejorado y se encuentran dentro del 3% de caída de voltaje que establece la regulación 004-01, sin embargo hay que tomar en cuenta que en algunos nodos se presentan un porcentaje pequeño por encima del nominal, el máximo se encuentra en el circuito que corresponde a la iluminación de la coordinación de profesores, con un valor de 0,56%.

Valoración técnica económica.

Una vez realizado el diagnóstico en el sistema eléctrico de la UTC, atendiendo a los objetivos planteados y al desarrollo del mismo, las medidas propuestas son solo de carácter organizativo que no requieren inversión, y son las siguientes:

- Balance de carga en las fases.
Este trabajo puede ser realizado por el equipo de mantenimiento con el que cuenta la Universidad.
- Cambio de posición del tap en el transformador
Para realizar esta acción será necesario que la empresa eléctrica distribuidora apruebe la suspensión de energía y un profesional contratado por la Universidad.
Esta propuesta se realiza para los bloques A y B, por lo que se debe realizar un estudio más amplio para las otras áreas que pertenecen a la misma, este estudio determinara si es factible el cambio de Tap para toda la universidad.

Relación beneficio costo de la propuesta:

Para el análisis del beneficio costo, que significará la implementación de las acciones propuestas anteriormente, se consideró las horas requeridas por el personal de mantenimiento de la Universidad para llevar a cabo estas acciones, obteniendo los siguientes valores.

Horas = 84.

Costo / hora = \$ 5,68.

Tabla 16. Flujo de caja de la propuesta.

	Año 0	Año 1	Año 2	Indicadores	Propuesta
Beneficios	\$ 0	\$ 482	\$ 482	VPB	\$ 836,53
Costos	\$ 477,12	\$ 0	\$ 0	VPC	\$ 477,12
Flujo neto	\$ -477,12	\$ 482	\$ 482	R B/C	1,75
Tasa	10 %			VPN	\$ 359,41

Fuente. Coordinadores del proyecto

En la **tabla 16** se muestra que con un 10% de interés, en 2 años se recuperará el valor invertido con un flujo de caja de \$ 359,41 a favor de la Universidad.

12. IMPACTOS

Los principales impactos son:

Técnico Económico

El impacto técnico económico del trabajo, está fundamentado en la reducción de la facturación de energía consumida en la planilla eléctrica, como se puede observar no fue necesario la realización de inversiones y solo se realizaron medidas organizativas en el sistema eléctrico.

Estas medidas fueron fundamentalmente:

- Balance de fases
- Bajada del Tap del transformador principal en un -5%.

Atendiendo a los índices de calidad del servicio eléctrico se logró una reducción de la caída de voltaje entre el 7 y 8% a 2 y 3%, que corresponde a la normativa 004-01 establecida por el CONELE. Esta reducción en la caída de voltaje tiene como consecuencia una ligera reducción de pérdidas técnicas en un 5,2%, esto puede significar un ahorro de energía anual de 482\$, para la planilla de la Universidad correspondiente al bloque A y B en un 3,8% se la facturación por consumo de energía anual.

Social

El impacto social es debido al mejoramiento de la calidad del servicio del elevador para el personal docente y de los estudiantes.

13. CONCLUSIONES

- En el proceso de mediciones se observó que no existe una nomenclatura definida en los tableros, por lo que es difícil identificar cada circuito, a esto se le suma la incorporación de carga sin previa planificación a breakers trifásicos que fueron diseñados previamente para una potencia menor.
- La demanda máxima en el bloque A de la UTC, en un día típico se produce a las 18:00 horas y registra un valor de 81,688 KVA, lo que representa el 27,23% de la potencia disponible del sistema, encontrando que la fase B cubre una mayor demanda con respecto a las otras fases.
- La demanda máxima en el bloque B de la UTC, en un día típico se produce a las 18:00 horas y registro un valor de 43,764 KVA, lo que representa el 14,59% de la

potencia disponible del sistema, encontrando que la fase A cubre una mayor demanda con respecto a las otras fases.

- En el bloque A identificamos que el nodo crítico está ubicado en el tablero SLPB que corresponde a la zona de la biblioteca, donde se encuentra el mayor porcentaje de caídas de voltaje teniendo valores de 116,76V, se encuentra fuera del límite con un 8,1%, esto se debe a que hay una gran cantidad de usuarios en este circuito a lo largo del día.
- En el bloque B identificamos que el nodo crítico está ubicado en el tablero BPA3 que corresponde al tercer piso alto del bloque B, donde se encuentra el mayor porcentaje de caídas de voltaje teniendo valores de 118,058V, se encuentra fuera del límite con un 7%, en este circuito se encuentra la mayor carga instalada de 28,9KW que corresponde a las salas de docentes.
- El problema de caída de voltaje dentro de las instalaciones del bloque A y B es general esto se debe a que el voltaje que llega a las barras de los tableros principales presenta valores entre el 94% y 95% del nominal mas la caída de voltaje de cada carga produce que los índices se encuentren fuera de los límites permitidos.
- Una solución para mitigar el desbalance en el bloque A es, balancear cargas de acuerdo a la distribución propuesta por cada sub tablero como se indica en el anexo 15 de los resultados obtenidos con el flujo de carga desbalanceada del software, dando como resultado una cargabilidad en la fase A del 33,33% en la fase B del 33,14% y en la fase C del 33.53%, con una reducción del 3% de la sobre carga presentada en la fase B.
- Una solución para mitigar el desbalance que existe en el bloque B es, balancear cargas de acuerdo a la distribución propuesta por cada sub tablero como se indica en el anexo 16 de los resultados obtenidos con el flujo de carga desbalanceada del software, dando como resultado una cargabilidad en la fase A del 32,98% en la fase B del 34,91% y en la fase C del 32.12%, con una reducción así el 8% de la sobre carga presentada en la fase A.
- Se propone cambiar la posición del tap, de la actual a la cuarta posición lo que producirá el suficiente incremento en el lado de bajo voltaje, para reducir las caídas de voltaje existentes, tomando en cuenta que al realizar esta acción los sobre voltajes que se produzcan en los bloques analizados no sobrepasará el 8%.

- Estas acciones de mitigación se las puede realizar con el equipo de mantenimiento de la universidad, las mismas que se planifican para un tiempo de ejecución de 11 días laborables, que representa un costo de \$ 477,12.
- Los beneficios económicos de este proyecto se recuperarán a partir del segundo año de ejecución, con un flujo económico favorable para la institución de \$ 359,41.

14. RECOMENDACIONES

- Realizar un diagnóstico eléctrico para las áreas de la institución que no se consideraron en el presente proyecto.
- Realizar desde talento humano un estudio de factibilidad para la incorporación de un profesional del área eléctrica al departamento de planificación física, con el fin de evitar a futuro los problemas analizados en este proyecto.
- Realizar un estudio de cargabilidad en el lado de bajo voltaje del transformador de 300KVA para evitar la saturación de este, considerando que la Universidad se encuentra en constante crecimiento y en el futuro se proyecta incorporar al sistema cargas muy representativas como: el teatro universitario, el bloque de Altos Estudios, entre otros.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1.3.5 Pérdidas en un transformador. (n.d.). Obtenido Febrero 17, 2017, de http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3015/html/135_prdidas_en_un_transformador.html
- Balbuena, R. (2013). *Evaluación del comportamiento de los flujos de potencia del nodo principal con la entrada del nuevo turbogenerador de 25 MW en la Empresa Ernesto Che Guevara*.
- Basantes, J., & Lalaleo, D. (2015). “Análisis de la demanda eléctrica para realizar un diagnóstico de la calidad de energía en el hospital del instituto ecuatoriano de seguridad social (iess) de la ciudad de ambato en el año 2015.” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.
- Byron, F. (2012). *Análisis técnico de la operación del alimentador nº 2 de la s/e otavalo, de la empresa eléctrica emelnorte S.A.* ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD.
- Cajamarca, A., & Sigua, X. (2010). *Cargabilidad en transformadores de potencia, incidencia en la vida útil, pérdidas de energía y condiciones operativas*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA.
- Campos, J., Lora, E., Meriño, L., Tovar, I., Navarro, A., Ciro, E., ... Castrillón, R. (2007). *Eficiencia energética en transformadores eléctricos*. Obtenido de <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/transformadores.pdf>
- Campoverde, D., & Sánchez, J. (2012). *Determinación De La Demanda En Transformadores, Para Los Servicios De La Comercialización En Base a Los Usos De Energía, En La Empresa Electrica Regional Centro Sur Para La Ciudad De Cuenca*. UNIVERSIDAD DE CUENCA FACULTAD. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/685/1/te317.pdf>
- Carrera, E., & Ordoñez, F. (2011). *Análisis de calidad de energía en TAGSA*. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL.
- Castaño, S. R. (2004). *Redes de distribución de energía* (Tercera). Manizales.
- COMMISSION, I. E. (2017). IEC TR 61000-2-5. *International electrotechnical commission*.

Obtenido de https://webstore.iec.ch/preview/info_iec61000-2-5%7Bed3.0.RLV%7Den.pdf

CONELEC. REGULACION No. CONELEC – 004/01 (2001).

Corporation, F. (2012). Fluke 434-II/435-II/437-II.

De Armas, M., Gómez, J., & Pérez, C. (2007). Análisis de un sistema de potencia desbalanceado mediante herramientas estadísticas. empleo de coeficientes complejos y modelación por redes neuronales artificiales. *UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA*, 31–38.

Ecamec, tecnología. (2009). Desbalance de Tensiones en sistemas trifásicos. Obtenido de <http://www.ecamec.com.ar/newsletter/bajarnotaa0909.pdf>

Fata, O., Bonavita, E., Albanese, A. a, & Pascual, H. O. (2010). Determinación del factor de carga de pérdidas de energía en redes eléctricas de media tensión mediante el uso de redes neuronales. *CIDEL Argentina*, 1–6.

Gonzales, A., Borges, D., & León, V. (2012). Estimación de la demanda en sistemas eléctricos de baja tensión en condiciones de desbalance.

Holguín, M., & Gomez, D. (2010). Análisis de calidad de energía eléctrica en el "Nuevo campus" de la Universidad Politécnica Salesiana. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE – GUAYAQUIL*.

IEEE Transmission and Distribution Committee. (2009). *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Std 1159-2009 (Revision of IEEE Std 1159-1995)*. <http://doi.org/10.1109/IEEESTD.2009.5154067>

JAMI, F. (2003). *DESBALANCE DE VOLTAJE. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL*.

Latincasa. (2005). Selección de Calibre de un conductor eléctrico-NOM-001-SEDE-2005. Retrieved from [http://www.latincasa.com.mx/ES/informaciontecnica/Info_tecnica/Selección de calibre en cables para construcción.pdf](http://www.latincasa.com.mx/ES/informaciontecnica/Info_tecnica/Selección_de_calibre_en_cables_para_construcción.pdf)

Mindiola, J. (2012). *Diseño eléctrico del área de emergencia y servicios anexos de un hospital de última generación proyecto*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5188/1/CD-4567.pdf>

NEMA, N. Normas NEMA MG publicación N ° 1-1998, Revisión 1 MOTORES Y

GENERADORES (2000).

NORMALIZACIÓN, I. E. DE. Transformadores de distribución nuevos trifásicos. valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de cortocircuito. Primera, 2115INEN (2004).

Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2115.2004.pdf>

Pérez Miguel, A. A., Bravo de Medina, N., & Llorente Antón, M. (2004). *La amenaza de los armónicos y sus soluciones*. Thomson-Paraninfo.

Pilamunga, J. (2009). *Análisis del factor de carga y del factor de diversidad para el diseño eléctrico de centros comerciales populares del municipio de Quito*. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

TECNOLOGÍA, M. D. C. Y. (2011). Cálculo de caídas de tensión. *MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 1–14.

Usuario, E. 12. . ® G. del, & Operation Technology, I. (2014). ETAP 12.6 Guía del Usuario. Obtenido de <http://ingenieriaelectromecanica-rfzm.blogspot.com/2016/07/guia-de-usuario-etap-126.html>

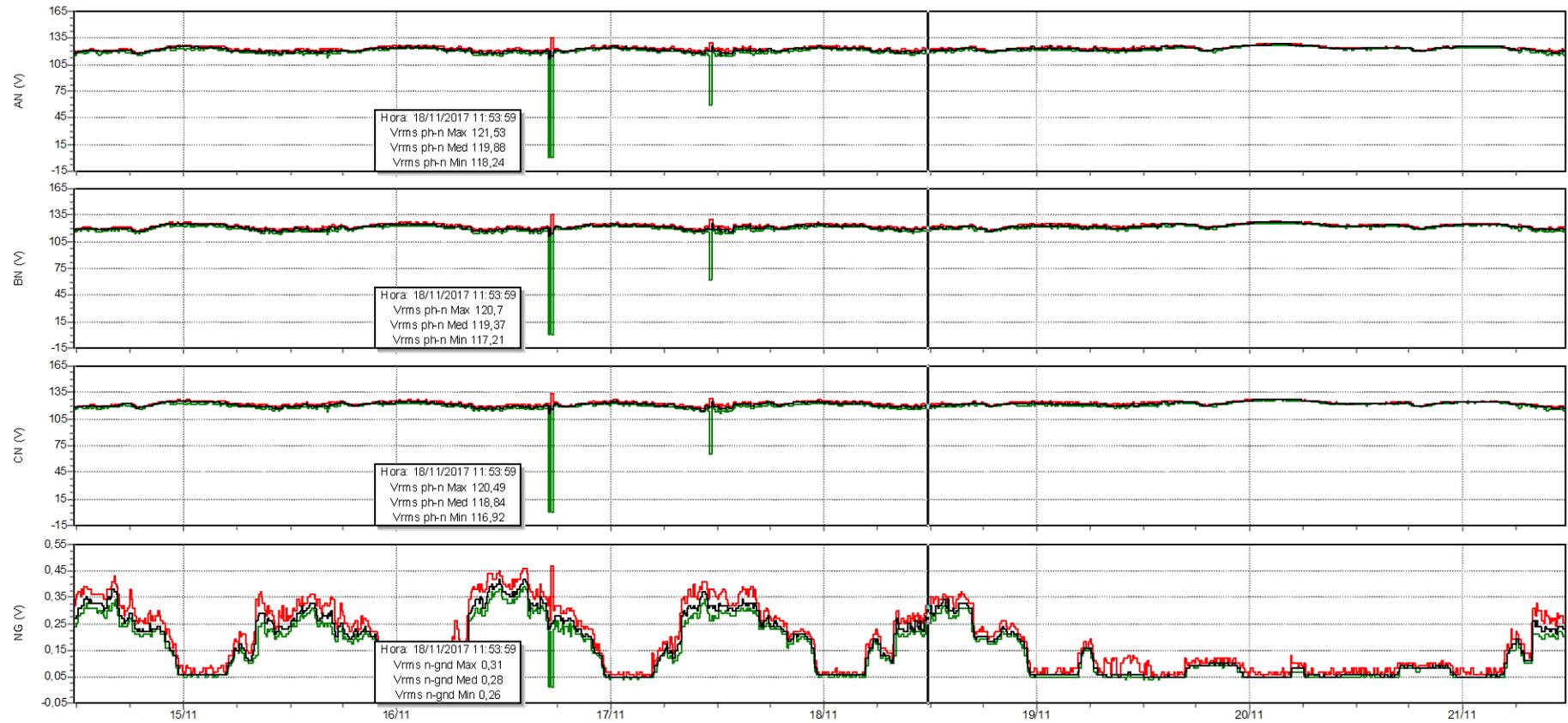
Yébenes, C. (2009). *Gestión de la cargabilidad de transformadores de potencia*. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR.

16. ANEXOS

ANEXOS

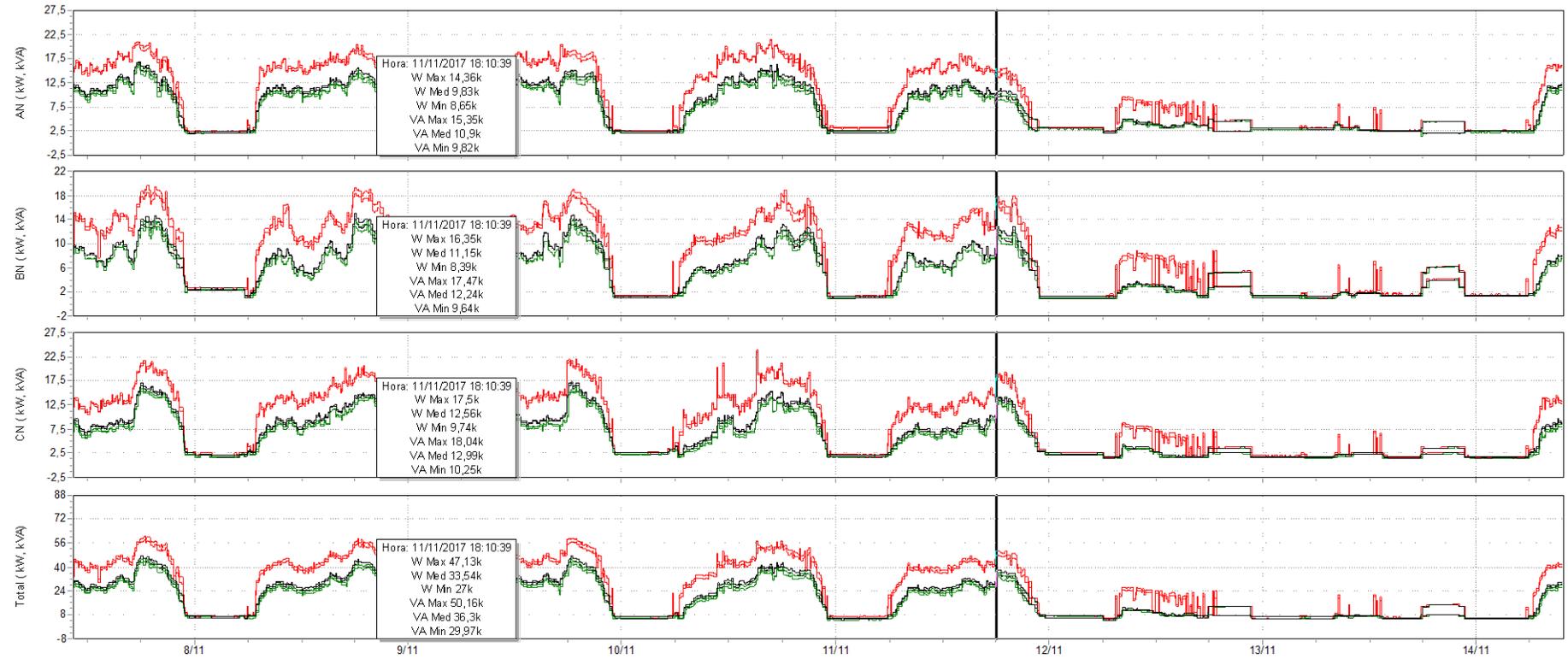
Anexo 1. Mediciones del bloque A.

Mediciones de voltaje del bloque A.



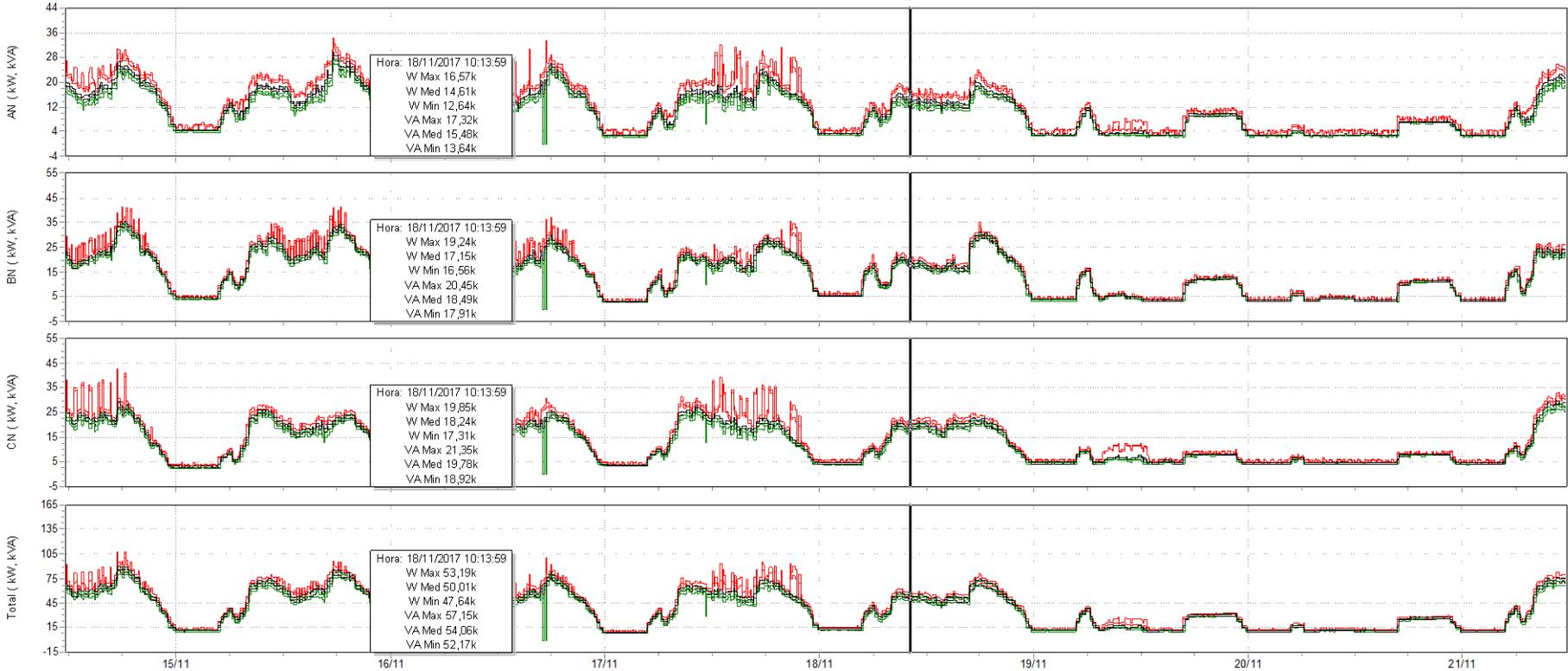
Fuente. Fluke 435.

Mediciones de corriente del bloque A.



Fuente. Fluke 435.

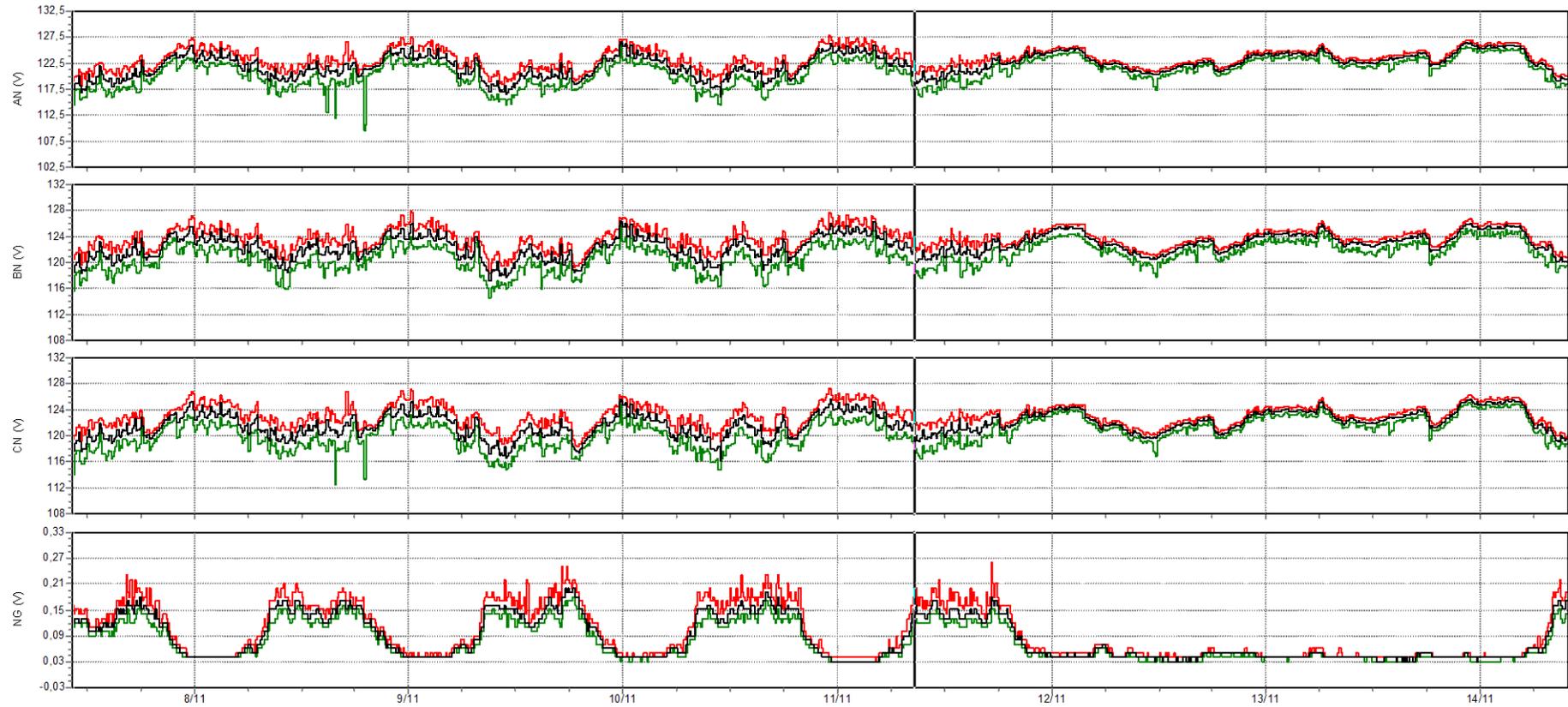
Mediciones de potencia activa y aparente del bloque A



Fuente. Fluke 435.

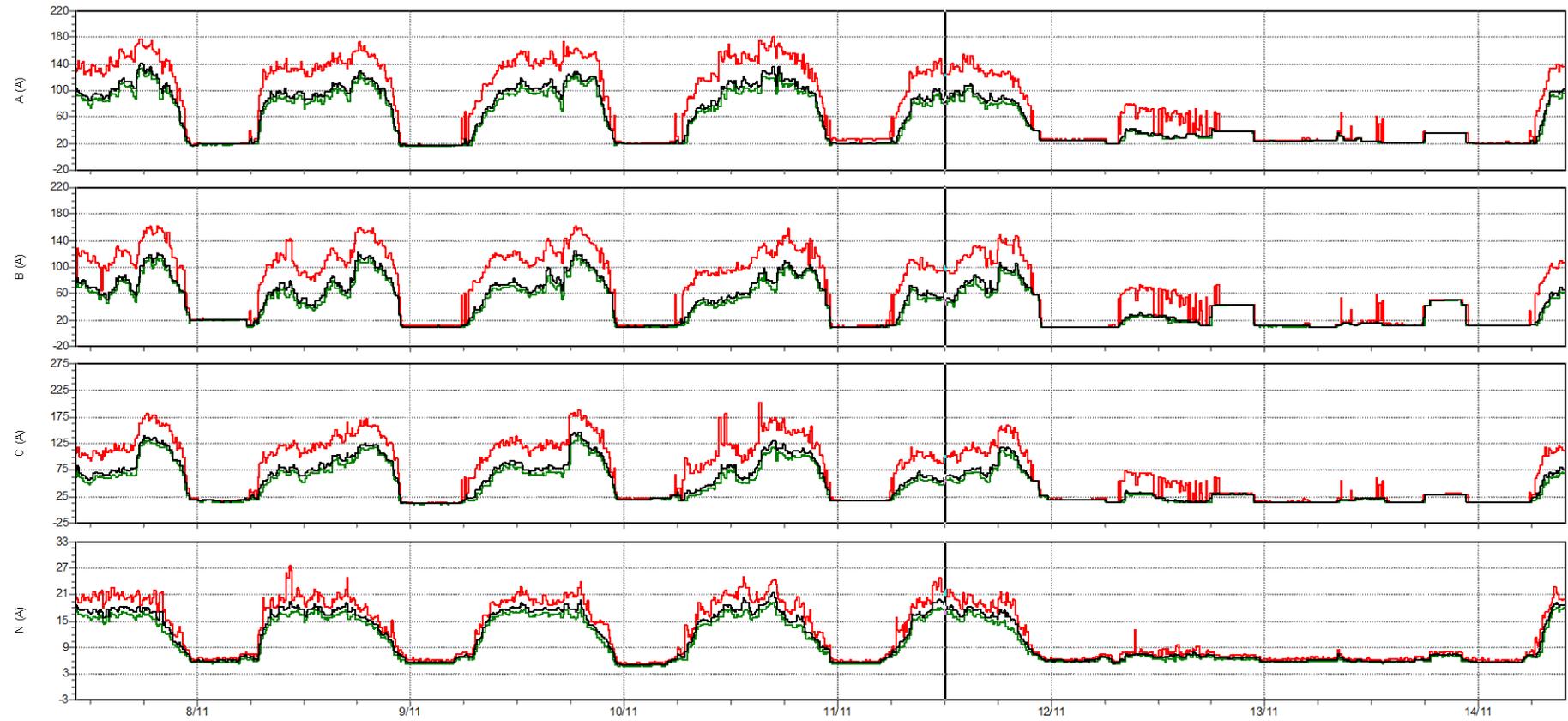
Anexo 2. Mediciones del bloque B.

Mediciones de voltaje del bloque B.



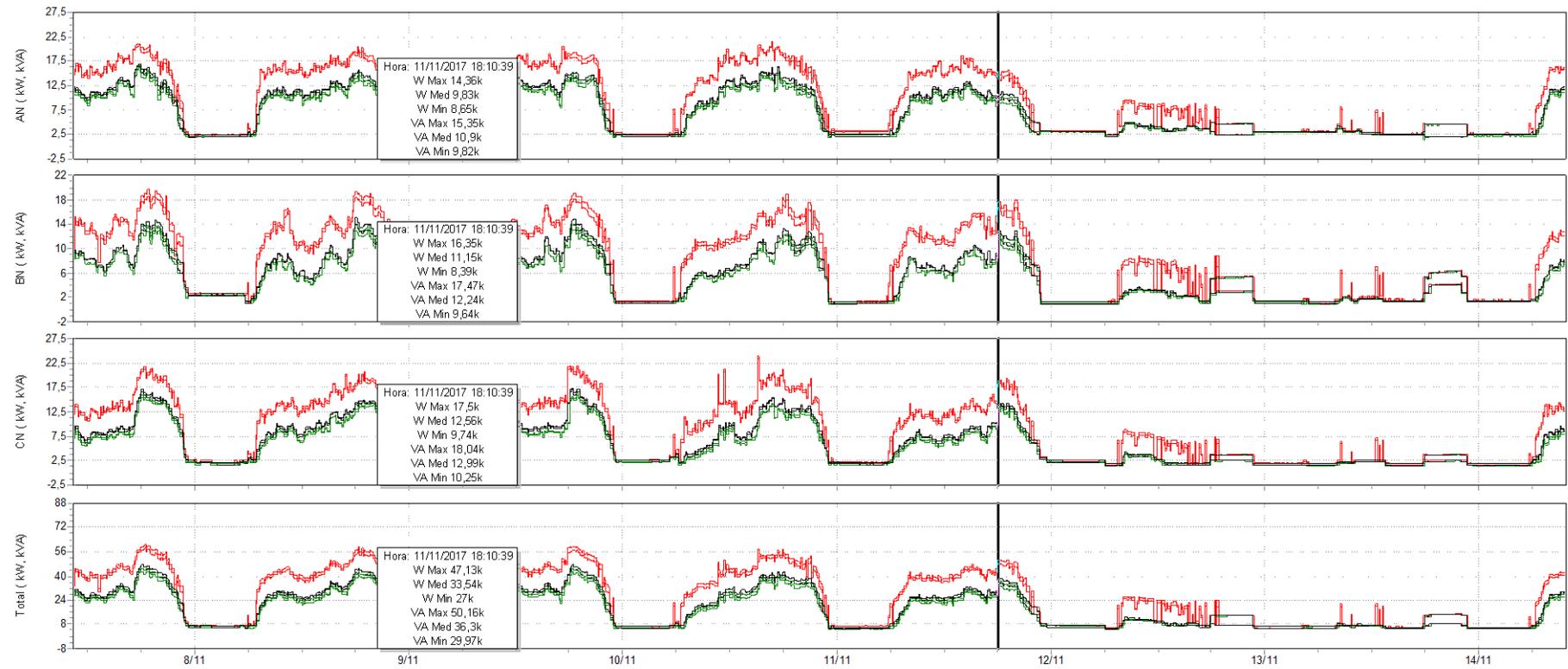
Fuente. Fluke 435.

Mediciones de corriente del bloque B.



Fuente. Fluke 435.

Mediciones de potencia activa y aparente del bloque B.



Fuente. Fluke 435.

Anexo 3. Diagrama unifilar de los bloques A y B de la UTC.

Anexo 4. Datos de la curva de demanda diaria del bloque A.

Hora	A [W]	B [W]	C [W]	T [W]
0:00:00	2.858	3.308	3.721	9.887
1:00:00	2.828	3.290	4.224	10.342
2:00:00	2.806	3.282	4.256	10.344
3:00:00	2.818	3.282	4.244	10.344
4:00:00	4.110	3.736	3.608	11.454
5:00:00	9.793	10.673	11.508	31.974
6:00:00	11.073	12.566	10.377	34.016
7:00:00	8.926	10.226	10.370	29.522
8:00:00	16.374	24.594	24.594	65.562
9:00:00	17.038	21.595	21.595	60.228
10:00:00	15.681	20.603	18.186	54.470
11:00:00	13.440	18.865	19.117	51.422
12:00:00	14.117	17.239	17.129	48.485
13:00:00	13.531	18.975	19.184	51.690
14:00:00	13.891	16.748	17.861	48.500
15:00:00	15.930	16.984	16.984	49.898
16:00:00	17.887	16.980	20.502	55.369
17:00:00	20.169	27.136	20.526	67.831
18:00:00	24.783	26.428	25.779	76.990
19:00:00	17.294	30.027	29.344	76.665
20:00:00	16.102	24.102	23.404	63.608
21:00:00	15.401	22.254	21.934	59.589
22:00:00	11.182	14.689	15.226	41.097
23:00:00	5.610	6.422	6.941	18.973

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 5. Datos de perfiles y desbalance de voltaje en el bloque A.

Estado	Hora	A [V]	B [V]	C [V]	Desbalance [%]
Demanda mínima	0:00:00	126	125	125	0,53%
	1:00:00	125	125	125	0,00%
	2:00:00	125	125	125	0,00%
	3:00:00	125	125	125	0,00%
	4:00:00	124	124	124	0,00%
Incremento de demanda	5:00:00	121	122	122	0,27%
	6:00:00	122	122	122	0,00%
	7:00:00	122	121	121	0,55%
	8:00:00	120	119	119	0,56%
	9:00:00	120	119	118	0,84%
	10:00:00	119	118	118	0,56%
Demanda media	11:00:00	120	119	120	0,28%
	12:00:00	121	121	121	0,00%
	13:00:00	122	121	121	0,55%
	14:00:00	120	120	120	0,00%
Demanda máxima	15:00:00	121	120	120	0,55%
	16:00:00	121	122	121	0,55%
	17:00:00	122	121	121	0,55%
	18:00:00	122	121	121	0,55%
	19:00:00	121	118	118	1,68%
	20:00:00	122	122	121	0,27%
Decremento de demanda	21:00:00	124	124	124	0,00%
	22:00:00	124	124	124	0,00%
	23:00:00	124	125	125	0,27%

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 6. Datos de perfiles y desbalance de corriente en el bloque A.

Estado	Hora	A [A]	B [A]	C [A]	T [A]	Desbalance [%]
Demanda mínima	0:00:00	25	34	38	97	17,53%
	1:00:00	23	34	37	94	18,09%
	2:00:00	24	34	38	96	18,75%
	3:00:00	23	34	38	95	20,00%
	4:00:00	26	33	33	92	7,61%
Incremento de demanda	5:00:00	86	95	103	284	8,80%
	6:00:00	100	111	91	302	10,26%
	7:00:00	78	90	91	259	5,41%
	8:00:00	146	222	184	552	20,65%
	9:00:00	154	194	194	542	7,38%
	10:00:00	151	170	170	491	3,87%
Demanda media	11:00:00	172	161	190	523	8,99%
	12:00:00	125	158	154	437	8,47%
	13:00:00	119	171	187	477	17,61%
	14:00:00	123	160	186	469	18,98%
Demanda máxima	15:00:00	142	152	152	446	2,24%
	16:00:00	159	152	184	495	11,52%
	17:00:00	175	244	190	609	20,20%
	18:00:00	220	234	229	683	2,78%
	19:00:00	207	252	209	668	13,17%
	20:00:00	141	197	204	542	12,92%
Decremento de demanda	21:00:00	135	190	172	497	14,69%
	22:00:00	106	125	131	362	8,56%
	23:00:00	48	55	59	162	9,26%

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 7. Resultados del análisis de protecciones del bloque A.

Tablero / Carga	Protección	Calibre	Capacidad de cable [A]	Potencia [W]	Corriente [A]
SLPB	3X100	6	75	18700	64,57
I DEP L	1X20	12	30	1700	17,61
I BIBLIO 1	1X20	12	30	1300	13,47
I BIBLIO 2	1X20	12	30	1500	15,54
I BIBLIO 3	1X20	12	30	1400	14,50
I BIBLIO 4	1X20	12	30	1400	14,50
I BIBLIO 5	1X20	12	30	1000	10,36
I BIBLIO 6	1X20	12	30	600	6,22
T BIBLIO 1	1X20	12	30	1400	14,50
T BIBLIO 2	1X20	12	30	1400	14,50
T DEP LIB	1X20	12	30	1400	14,50
T BIBLIO 1	1X20	12	30	1400	14,50
T BIBLIO 2	1X20	12	30	1400	14,50
T BIBLIO 3	1X20	12	30	1400	14,50
T BIBLIO 4	1X20	12	30	1400	14,50
ALPB	3X75	6	75	5800	20,03
I General	1X20	12	30	1100	11,40
I RECT	1X20	12	30	1100	11,40
I EXTERIOR	1X20	12	30	800	8,29
T ATEN P	1X20	12	30	1400	14,50
T RECT	1X20	12	30	1400	14,50
OIPB	3X75	6	75	15200	52,49
I SEC VR	1X20	12	30	800	8,29
I VICER	1X20	12	30	800	8,29
T SEC VR	1X20	12	30	1500	15,54
T VICE R	1X20	12	30	1500	15,54
I DIR CCHH	1X20	12	30	1600	16,58
I SEC CCHH	1X20	12	30	1600	16,58
T DIR CCHH	1X20	12	30	1400	14,50
T SEC CCHH	1X20	12	30	1400	14,50
BVPB	3X100	6	75	12300	42,47
I LAB SIS 1	1X20	12	30	800	8,29
I LAB SIS 2	1X20	12	30	800	8,29
T LAB SIS 1	1X20	12	30	1400	14,50
T LAB SIS 2	1X20	12	30	1400	14,50
T LAB SIS 3	1X20	12	30	1400	14,50
T LAB SIS 4	1X20	12	30	1400	14,50

I H0	1X20	12	30	1300	13,47
I P01	1X20	12	30	1500	15,54
I P02	1X20	12	30	900	9,32
I P03	1X20	12	30	1400	14,50
IMPB	3X75	6	75	7900	27,28
I CENTRO CF	1X20	12	30	1400	14,50
I PROCUR.	1X20	12	30	1000	10,36
I SECRE. G	1X20	12	30	1000	10,36
T CENTRO	1X20	12	30	1500	15,54
T SECRE. G.	1X20	12	30	1500	15,54
T PROCUR.	1X20	12	30	1500	15,54
APA1	3X125	6	75	21440	74,03
I A1	1X20	12	30	900	9,32
I A2	1X20	12	30	900	9,32
I A3	1X20	12	30	900	9,32
I A4	1X20	12	30	900	9,32
I A5	1X20	12	30	900	9,32
I A6	1X20	12	30	900	9,32
I A7	1X20	12	30	900	9,32
I A8	1X20	12	30	900	9,32
I A9	1X20	12	30	900	9,32
I A10	1X20	12	30	900	9,32
I H1	1X20	12	30	1300	13,47
I P11	1X20	12	30	1500	15,54
I P12	1X20	12	30	900	9,32
I P13	1X20	12	30	1400	14,50
I P14	1X20	12	30	900	9,32
T A 1-2	1X20	12	30	1500	15,54
T A 3-5	1X20	12	30	1500	15,54
T A 6-8	1X20	12	30	1500	15,54
T A 9-10	1X20	12	30	1500	15,54
SC1 1P	1X32	8	55	1000	10,36
SC2 1P	1X32	8	55	1200	12,43
APA2	3X125	6	75	21440	74,03
I A11	1X20	12	30	900	9,32
I A12	1X20	12	30	900	9,32
I A13	1X20	12	30	900	9,32
I A14	1X20	12	30	900	9,32
I A15	1X20	12	30	900	9,32
I A16	1X20	12	30	900	9,32

I A17	1X20	12	30	900	9,32
I A18	1X20	12	30	900	9,32
I A19	1X20	12	30	900	9,32
I A20	1X20	12	30	900	9,32
I H2	1X20	12	30	1300	13,47
I P21	1X20	12	30	1500	15,54
I P22	1X20	12	30	900	9,32
I P23	1X20	12	30	1400	14,50
I P24	1X20	12	30	900	9,32
T A 11-12	1X20	12	30	1500	15,54
T A 13-15	1X20	12	30	1500	15,54
T A 16-18	1X20	12	30	1500	15,54
T A 19-20	1X20	12	30	1500	15,54
SC1 2P	1X32	8	55	1000	10,36
SC2 2P	1X32	8	55	1200	12,43
APA3	3X125	6	75	22740	78,52
I A21	1X20	12	30	900	9,32
I A22	1X20	12	30	900	9,32
I A23	1X20	12	30	900	9,32
I A24	1X20	12	30	900	9,32
I A25	1X20	12	30	900	9,32
I A26	1X20	12	30	900	9,32
I A27	1X20	12	30	900	9,32
I A28	1X20	12	30	900	9,32
I A29	1X20	12	30	900	9,32
I A30	1X20	12	30	900	9,32
I H3	1X20	12	30	1200	12,43
I P31	1X20	12	30	1500	15,54
I P32	1X20	12	30	700	7,25
I P33	1X20	12	30	1500	15,54
I P34	1X20	12	30	1200	12,43
I FOYER	1X20	12	30	1200	12,43
T A 21-22	1X20	12	30	1500	15,54
T A 23-25	1X20	12	30	1500	15,54
T A 26-28	1X20	12	30	1500	15,54
T A 29-30	1X20	12	30	1500	15,54
SC1 3P	1X32	8	55	1000	10,36
SC2 3P	1X32	8	55	1200	12,43
MIPA	3X40	6	75	8500	29,35
I HALL INF.	1X20	12	30	2000	20,72

T GEN M	1X20	12	30	1500	15,54
I MULTIPLE	1X20	12	30	1200	12,43
I MULTIPLE 2	1X20	12	30	1200	12,43
I HALL SUP 1	1X20	12	30	1200	12,43
I HALL SUP 2	1X20	12	30	1400	14,50
APA4	3X125	6	75	25440	87,85
I S MULT	1X20	12	30	2000	20,72
I S CINE	1X20	12	30	900	9,32
I S DEF	1X20	12	30	900	9,32
I LAB CS	1X20	12	30	1600	16,58
I LAB PARV	1X20	12	30	1600	16,58
I LAB EB	1X20	12	30	1600	16,58
I LAB SECRE	1X20	12	30	1600	16,58
I H4	1X20	12	30	1200	12,43
I P41	1X20	12	30	1500	15,54
I P42	1X20	12	30	700	7,25
I P43	1X20	12	30	1500	15,54
I P44	1X20	12	30	1200	12,43
I FOYER	1X20	12	30	1200	12,43
APASM	1X40	12	30	1500	15,54
T LAB CS	1X20	12	30	1500	15,54
T LAB PAR	1X20	12	30	1500	15,54
T LAB EB	1X20	12	30	1500	15,54
T LAB SECRE	1X20	12	30	1500	15,54
SC1 4P	1X32	8	55	1000	10,36
SC2 4P	1X32	8	55	1200	12,43
APASM	3X40	8	55	5600	19,34
T A MULT 1	1X20	12	30	1400	14,50
T A MULT 2	1X20	12	30	1400	14,50
T A MULT 3	1X20	12	30	1400	14,50
T A MULT 4	1X20	12	30	1400	14,50

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 8. Datos de la curva de demanda diaria del bloque B.

Hora	A [W]	B [W]	C [W]	T [W]
0:00:00	2.191	1.214	1.222	4.627
1:00:00	2.254	1.228	1.226	4.708
2:00:00	2.167	1.218	1.218	4.603
3:00:00	2.170	1.332	1.342	4.844
4:00:00	2.254	1.304	1.306	4.864
5:00:00	2.251	1.308	1.308	4.867
6:00:00	2.818	1.366	2.193	6.377
7:00:00	5.815	4.634	4.506	14.955
8:00:00	11.534	7.078	7.613	26.225
9:00:00	11.794	9.034	8.147	28.975
10:00:00	12.034	8.865	8.865	29.764
11:00:00	12.018	7.051	9.904	28.973
12:00:00	10.486	8.954	7.109	26.549
13:00:00	10.992	7.661	7.374	26.027
14:00:00	12.984	9.614	9.028	31.626
15:00:00	12.807	10.352	10.360	33.519
16:00:00	13.264	9.450	9.771	32.485
17:00:00	15.331	8.913	10.587	34.831
18:00:00	15.069	13.085	13.964	42.118
19:00:00	13.531	13.644	13.712	40.887
20:00:00	12.435	11.684	11.539	35.658
21:00:00	11.275	9.778	9.527	30.580
22:00:00	3.444	5.962	5.977	15.383
23:00:00	2.048	1.762	1.674	5.484

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 9. Datos de perfiles y desbalance de voltaje en el bloque B.

Estado	Hora	A [V]	B [V]	C [V]	Desbalance [%]
Demanda mínima	0:00:00	126	126	124	0,53%
	1:00:00	124	124	124	0,00%
	2:00:00	124	125	124	0,54%
	3:00:00	124	124	124	0,00%
	4:00:00	124	124	124	0,00%
	5:00:00	122	123	122	0,54%
	6:00:00	123	123	123	0,00%
Incremento de demanda	7:00:00	122	122	122	0,00%
	8:00:00	120	121	121	0,28%
	9:00:00	120	121	121	0,28%
Demanda media	10:00:00	120	120	119	0,28%
	11:00:00	119	122	121	1,10%
	12:00:00	121	121	123	1,10%
	13:00:00	122	123	123	0,27%
	14:00:00	121	122	122	0,27%
Demanda máxima	15:00:00	121	122	121	0,55%
	16:00:00	120	121	121	0,28%
	17:00:00	122	123	122	0,54%
	18:00:00	121	121	121	0,00%
	19:00:00	121	122	122	0,27%
	20:00:00	122	123	123	0,27%
Decremento de demanda	21:00:00	124	124	123	0,27%
	22:00:00	125	124	124	0,54%
	23:00:00	125	125	125	0,00%

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 10. Datos de perfiles y desbalance de corriente en el bloque B.

Estado	Hora	A	B	C	T	Desbalance
Demanda mínima	0:00:00	20	11	11	42	42,86%
	1:00:00	20	11	11	42	42,86%
	2:00:00	20	11	11	42	42,86%
	3:00:00	20	12	12	44	36,36%
	4:00:00	20	12	12	44	36,36%
	5:00:00	20	12	12	44	36,36%
	6:00:00	22	16	20	58	13,79%
Incremento de demanda	7:00:00	51	40	39	130	17,69%
	8:00:00	91	61	65	217	25,81%
	9:00:00	101	79	72	252	20,24%
Demanda media	10:00:00	101	76	76	253	19,76%
	11:00:00	103	60	62	225	37,33%
	12:00:00	91	56	70	217	25,81%
	13:00:00	99	60	63	222	33,78%
	14:00:00	108	75	77	260	24,62%
Demanda máxima	15:00:00	110	88	88	286	15,38%
	16:00:00	112	81	82	275	22,18%
	17:00:00	94	75	90	259	8,88%
	18:00:00	131	115	118	364	7,97%
	19:00:00	118	119	123	360	2,50%
	20:00:00	112	106	102	320	5,00%
Decremento de demanda	21:00:00	102	90	86	278	10,07%
	22:00:00	43	66	64	173	14,45%
	23:00:00	19	15	15	49	16,33%

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 11. Resultados del análisis de protecciones del Bloque B.

Tablero / Carga	Protección	Calibre	Capacidad de cable [A]	Potencia [W]	Corriente [A]
BAPA	1X100	6	75.00	15000	51.80
BPBP	3X60	6	75.00	11629	40.16
H0 I	1X20	14	25.00	1023	10.60
P0-1 I	1X20	14	25.00	867	8.98
P0-2 I	1X20	14	25.00	1071	11.10
As I	1X20	14	25.00	960	9.95
FEUE - F I	1X20	14	25.00	408	4.23
FEUE - F T	1X20	12	30.00	1200	12.43
As T	1X20	12	30.00	1100	11.40
Lab 1 V	2X20	12	30.00	1000	10.36
Lab 2 V	2X20	12	30.00	1000	10.36
Lav 3 V	2X20	12	30.00	1000	10.36
Lab 4 V	2X20	12	30.00	1000	10.36
Lav 5 V	2X20	12	30.00	1000	10.36
BIPB	3X60	6	75.00	12534	43.28
Lab 5 I	1X20	14	25.00	1017	10.54
Lab 4 I	1X20	14	25.00	1017	10.54
Lab 5 T1	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 5 T2	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 5 T3	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 5 T4	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 5 T5	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 4 T1	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 4 T2	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 4 T3	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 4 T4	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 4 T5	1X20	12	30.00	1050	10.88
BCPB	3X60	6	75.00	11334	39.14
Lab 1 I	1X20	14	25.00	1017	10.54
Lab 2 I	1X20	14	25.00	1017	10.54
Lab 1 T1	1X20	12	30.00	1200	12.43
Lab 1 T2	1X20	12	30.00	1200	12.43
Lab 1 T3	1X20	12	30.00	1200	12.43
Lab 1 T4	1X20	12	30.00	1200	12.43
Lab 2 T1	1X20	12	30.00	1200	12.43
Lab 2 T2	1X20	12	30.00	1200	12.43
Lab 2 T3	1X20	12	30.00	1050	10.88
Lab 2 T4	1X20	12	30.00	1050	10.88
BLPB	3X60	6	75.00	7152	24.70
Lab 3 I2	1X20	12	30.00	1152	11.94

Lab 3 T1	1X20	12	30.00	900	9.32
Lab 3 T2	1X20	12	30.00	900	9.32
Lab 3 T3	1X20	12	30.00	900	9.32
Lab 3 T4	1X20	12	30.00	900	9.32
Lab 3 T5	1X32	12	30.00	1500	15.54
Lab 3 T6	1X20	12	30.00	900	9.32
BPA1	3X75	6	75.00	17183	59.33
H1 I	1X20	14	25.00	921	9.54
P1-1 I	1X20	14	25.00	969	10.04
P1-2 I	1X20	14	25.00	1122	11.62
A1 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A2 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A3 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A4 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A5 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A6 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A7 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A8 I	1X20	14	25.00	864	8.95
Sec C I	1X20	14	25.00	459	4.76
A1-2 T	1X20	12	30.00	1100	11.40
A3-4 T	1X20	12	30.00	800	8.29
Sec C T	1X20	12	30.00	1500	15.54
A5-6 T	1X20	12	30.00	900	9.32
A7-8 T	1X20	12	30.00	700	7.25
SC1 1P	1X32	8	55.00	800	8.29
SC2 1P	1X32	8	55.00	1000	10.36
BPA2	3X75	6	75.00	19330	66.75
H2 I	1X20	14	25.00	937	9.71
P2-1 I	1X20	14	25.00	1020	10.57
P2-2 I	1X20	14	25.00	1020	10.57
A9 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A10 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A11 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A12 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A13 I	1X20	14	25.00	960	9.95
A14 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A15 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A16 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A17 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A18 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A19 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A9-10 T	1X20	12	30.00	1000	10.36
A11-14 T	1X20	12	30.00	1200	12.43

A15-17 T	1X20	12	30.00	1353	14.02
A18-19 T	1X20	12	30.00	1000	10.36
SC1 2P	1X32	8	55.00	1000	10.36
SC2 2P	1X32	8	55.00	1200	12.43
BPA3	3X100	6	75.00	28907	99.82
COOR I	1X20	14	25.00	864	8.95
H3 I	1X20	14	25.00	837	8.67
P3-1 I	1X20	14	25.00	969	10.04
P3-2 I	1X20	14	25.00	816	8.45
A20 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A21 I	1X20	14	25.00	864	8.95
SD TC1 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A22 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A23 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A24 I	1X20	14	25.00	864	8.95
SD TC2 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A25 I	1X20	14	25.00	864	8.95
A26 I	1X20	14	25.00	645	6.68
CHG I	1X20	14	25.00	864	8.95
SD3 20 CR	1X20	12	30.00	1250	12.95
A21-22 T	1X20	12	30.00	1500	15.54
A23-25 T	1X20	12	30.00	1850	19.17
CH-A26 T	1X20	12	30.00	800	8.29
SC1 3P	1X32	8	55.00	1000	10.36
SC2 3P	1X32	8	55.00	1200	12.43
BSD1	2X50	6	75.00	4900	50.77
BSD2	2X50	6	75.00	4500	46.62
BSD1	2X50	6	75.00	4900	16.92
SD1 T1	1X32	12	30.00	900	9.32
SD1 T2	1X32	12	30.00	1000	10.36
SD1 T3	1X32	12	30.00	1000	10.36
SD1 T4	1X32	12	30.00	900	9.32
SD1 T5	1X32	12	30.00	1100	11.40
BSD2	2X50	6	75.00	4500	15.54
SD2 T1	1X32	12	30.00	1050	10.88
SD2 T2	1X32	12	30.00	1250	12.95
SD2 T3	1X32	12	30.00	1050	10.88
SD2 T4	1X32	12	30.00	1150	11.91

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 12. Datos de pérdidas del transformador en intervalos de 10 minutos.

Tiempo	kW	FP	KVA	kWh en intervalo	kWh acumulado	Pérdidas Fe [kW]	Pérdidas Cu [kW]	Pérdidas totales [kW]
0:00:00	0	0	0	0	0	0,758	0	0,758
0:10:00	24,78	0,892	27,8	4,1	4,1	0,758	0,0315	0,790
0:20:00	24,44	0,894	27,3	4,1	8,2	0,758	0,0305	0,789
0:30:00	23,81	0,891	26,7	4,0	8,1	0,758	0,0292	0,787
0:40:00	23,48	0,889	26,4	3,9	12,0	0,758	0,0285	0,787
0:50:00	24,02	0,884	27,2	4,0	16,0	0,758	0,0301	0,788
1:00:00	24,44	0,893	27,4	4,1	20,1	0,758	0,0307	0,789
1:10:00	24,02	0,891	27,0	4,0	24,1	0,758	0,0297	0,788
1:20:00	24,44	0,888	27,5	4,1	28,2	0,758	0,0309	0,789
1:30:00	24,53	0,894	27,4	4,1	32,3	0,758	0,0308	0,789
1:40:00	24,53	0,894	27,4	4,1	36,3	0,758	0,0307	0,789
1:50:00	24,32	0,896	27,2	4,1	40,4	0,758	0,0301	0,788
2:00:00	24,15	0,891	27,1	4,0	44,4	0,758	0,0300	0,788
2:10:00	23,98	0,890	26,9	4,0	48,4	0,758	0,0297	0,788
2:20:00	23,86	0,894	26,7	4,0	52,4	0,758	0,0291	0,787
2:30:00	23,73	0,892	26,6	4,0	56,4	0,758	0,0289	0,787
2:40:00	23,65	0,887	26,7	3,9	60,3	0,758	0,0290	0,787
2:50:00	23,52	0,888	26,5	3,9	64,2	0,758	0,0287	0,787
3:00:00	23,56	0,885	26,6	3,9	68,1	0,758	0,0290	0,787
3:10:00	23,86	0,886	26,9	4,0	72,1	0,758	0,0296	0,788
3:20:00	23,60	0,892	26,5	3,9	76,0	0,758	0,0286	0,787
3:30:00	23,48	0,886	26,5	3,9	80,0	0,758	0,0287	0,787
3:40:00	23,77	0,884	26,9	4,0	83,9	0,758	0,0295	0,788
3:50:00	23,77	0,890	26,7	4,0	87,9	0,758	0,0291	0,787
4:00:00	23,73	0,889	25,0	4,0	91,8	0,758	0,0255	0,784
4:10:00	23,65	0,890	26,6	3,9	95,8	0,758	0,0288	0,787
4:20:00	23,60	0,888	26,6	3,9	99,7	0,758	0,0289	0,787
4:30:00	23,52	0,889	26,5	3,9	103,6	0,758	0,0286	0,787
4:40:00	23,52	0,886	26,5	3,9	107,6	0,758	0,0288	0,787
4:50:00	23,65	0,886	26,7	3,9	111,5	0,758	0,0291	0,787
5:00:00	30,41	0,889	34,2	5,1	116,6	0,758	0,0478	0,806
5:10:00	37,17	0,900	41,3	6,2	122,8	0,758	0,0697	0,828
5:20:00	43,55	0,902	48,3	7,3	130,0	0,758	0,0952	0,853
5:30:00	45,07	0,911	49,5	7,5	137,5	0,758	0,0999	0,858
5:40:00	49,31	0,914	53,9	8,2	145,7	0,758	0,1189	0,877
5:50:00	49,22	0,912	54,0	8,2	154,0	0,758	0,1190	0,877
6:00:00	52,00	0,912	57,0	8,7	162,6	0,758	0,1327	0,891
6:10:00	57,92	0,912	63,5	9,7	172,3	0,758	0,1648	0,923
6:20:00	58,30	0,915	63,7	9,7	182,0	0,758	0,1659	0,924
6:30:00	51,11	0,913	56,0	8,5	190,5	0,758	0,1280	0,886
6:40:00	47,00	0,902	52,1	7,8	198,3	0,758	0,1109	0,869
6:50:00	43,89	0,900	48,8	7,3	205,7	0,758	0,0973	0,855
7:00:00	43,43	0,898	48,4	7,2	212,9	0,758	0,0956	0,854
7:10:00	45,74	0,901	50,8	7,6	220,5	0,758	0,1054	0,863
7:20:00	55,73	0,914	61,0	9,3	229,8	0,758	0,1518	0,910
7:30:00	69,34	0,920	75,4	11,6	241,4	0,758	0,2320	0,990
7:40:00	67,79	0,933	72,6	11,3	252,7	0,758	0,2155	0,974
7:50:00	75,05	0,931	80,6	12,5	265,2	0,758	0,2656	1,024

8:00:00	82,74	0,938	88,2	13,8	279,0	0,758	0,3178	1,076
8:10:00	90,72	0,943	96,2	15,1	294,1	0,758	0,3784	1,136
8:20:00	110,12	0,942	116,8	18,4	312,4	0,758	0,5577	1,316
8:30:00	121,97	0,945	129,1	20,3	332,8	0,758	0,6809	1,439
8:40:00	123,31	0,936	131,7	20,6	353,3	0,758	0,7084	1,466
8:50:00	124,03	0,932	133,1	20,7	374,0	0,758	0,7237	1,482
9:00:00	123,86	0,936	132,4	20,6	394,6	0,758	0,7159	1,474
9:10:00	125,37	0,938	133,7	20,9	415,5	0,758	0,7299	1,488
9:20:00	130,03	0,943	137,9	21,7	437,2	0,758	0,7770	1,535
9:30:00	137,21	0,944	145,3	22,9	460,1	0,758	0,8627	1,621
9:40:00	137,17	0,945	145,2	22,9	482,9	0,758	0,8617	1,620
9:50:00	134,02	0,947	141,5	22,3	505,3	0,758	0,8176	1,576
10:00:00	133,27	0,948	140,5	22,2	527,5	0,758	0,8070	1,565
10:10:00	132,09	0,947	139,5	22,0	549,5	0,758	0,7945	1,553
10:20:00	132,51	0,944	140,4	22,1	571,6	0,758	0,8055	1,564
10:30:00	134,61	0,945	142,5	22,4	594,0	0,758	0,8293	1,587
10:40:00	136,63	0,939	145,5	22,8	616,8	0,758	0,8654	1,623
10:50:00	135,41	0,943	143,5	22,6	639,3	0,758	0,8417	1,600
11:00:00	134,15	0,942	142,4	22,4	661,7	0,758	0,8286	1,587
11:10:00	132,30	0,939	140,8	22,1	683,8	0,758	0,8103	1,568
11:20:00	128,86	0,940	137,1	21,5	705,2	0,758	0,7679	1,526
11:30:00	121,97	0,931	131,0	20,3	725,6	0,758	0,7013	1,459
11:40:00	120,37	0,923	130,4	20,1	745,6	0,758	0,6945	1,453
11:50:00	121,25	0,920	131,8	20,2	765,8	0,758	0,7099	1,468
12:00:00	121,51	0,924	131,6	20,3	786,1	0,758	0,7071	1,465
12:10:00	119,20	0,924	129,0	19,9	805,9	0,758	0,6798	1,438
12:20:00	113,53	0,926	122,6	18,9	824,9	0,758	0,6138	1,372
12:30:00	114,03	0,931	122,5	19,0	843,9	0,758	0,6135	1,372
12:40:00	110,08	0,935	117,8	18,3	862,2	0,758	0,5668	1,325
12:50:00	110,25	0,926	119,0	18,4	880,6	0,758	0,5788	1,337
13:00:00	106,18	0,925	114,7	17,7	898,3	0,758	0,5378	1,296
13:10:00	100,97	0,922	109,5	16,8	915,1	0,758	0,4899	1,248
13:20:00	101,30	0,920	110,1	16,9	932,0	0,758	0,4954	1,253
13:30:00	99,37	0,920	108,1	16,6	948,6	0,758	0,4771	1,235
13:40:00	101,47	0,908	111,7	16,9	965,5	0,758	0,5098	1,268
13:50:00	103,78	0,916	113,3	17,3	982,8	0,758	0,5240	1,282
14:00:00	103,66	0,922	112,4	17,3	1000,0	0,758	0,5164	1,274
14:10:00	108,86	0,920	118,3	18,1	1018,2	0,758	0,5722	1,330
14:20:00	108,02	0,928	116,4	18,0	1036,2	0,758	0,5539	1,312
14:30:00	107,94	0,929	116,2	18,0	1054,2	0,758	0,5514	1,309
14:40:00	110,71	0,930	119,0	18,5	1072,6	0,758	0,5785	1,337
14:50:00	113,48	0,934	121,4	18,9	1091,6	0,758	0,6025	1,361
15:00:00	118,23	0,937	126,2	19,7	1111,3	0,758	0,6508	1,409
15:10:00	115,92	0,941	123,2	19,3	1130,6	0,758	0,6200	1,378
15:20:00	121,76	0,940	129,6	20,3	1150,9	0,758	0,6858	1,444
15:30:00	125,83	0,940	133,9	21,0	1171,8	0,758	0,7325	1,491
15:40:00	125,92	0,939	134,2	21,0	1192,8	0,758	0,7352	1,493
15:50:00	128,02	0,938	136,4	21,3	1214,2	0,758	0,7602	1,518
16:00:00	134,15	0,940	142,8	22,4	1236,5	0,758	0,8329	1,591
16:10:00	129,15	0,944	136,8	21,5	1258,0	0,758	0,7650	1,523
16:20:00	123,52	0,945	130,7	20,6	1278,6	0,758	0,6982	1,456
16:30:00	128,02	0,940	136,2	21,3	1300,0	0,758	0,7574	1,515
16:40:00	122,43	0,947	129,3	20,4	1320,4	0,758	0,6835	1,442

16:50:00	118,73	0,938	126,6	19,8	1340,2	0,758	0,6549	1,413
17:00:00	124,70	0,938	133,0	20,8	1360,9	0,758	0,7225	1,481
17:10:00	138,26	0,938	147,5	23,0	1384,0	0,758	0,8883	1,646
17:20:00	136,21	0,944	144,2	22,7	1406,7	0,758	0,8500	1,608
17:30:00	144,40	0,939	153,7	24,1	1430,8	0,758	0,9652	1,723
17:40:00	155,19	0,941	165,0	25,9	1456,6	0,758	1,1123	1,870
17:50:00	162,62	0,939	173,1	27,1	1483,7	0,758	1,2246	1,983
18:00:00	163,76	0,943	173,7	27,3	1511,0	0,758	1,2330	1,991
18:10:00	166,74	0,947	176,2	27,8	1538,8	0,758	1,2677	2,026
18:20:00	171,23	0,948	180,7	28,5	1567,3	0,758	1,3334	2,091
18:30:00	168,29	0,942	178,7	28,0	1595,4	0,758	1,3045	2,063
18:40:00	169,26	0,939	180,3	28,2	1623,6	0,758	1,3275	2,086
18:50:00	164,81	0,939	175,5	27,5	1651,1	0,758	1,2584	2,016
19:00:00	164,89	0,942	175,1	27,5	1678,6	0,758	1,2526	2,011
19:10:00	163,76	0,940	174,2	27,3	1705,9	0,758	1,2396	1,998
19:20:00	164,68	0,942	174,8	27,4	1733,3	0,758	1,2489	2,007
19:30:00	164,14	0,945	173,6	27,4	1760,7	0,758	1,2317	1,990
19:40:00	159,10	0,946	168,2	26,5	1787,2	0,758	1,1560	1,914
19:50:00	161,32	0,943	171,0	26,9	1814,1	0,758	1,1948	1,953
20:00:00	160,10	0,945	169,4	26,7	1840,7	0,758	1,1717	1,930
20:10:00	150,91	0,945	159,8	25,2	1865,9	0,758	1,0428	1,801
20:20:00	144,06	0,942	152,9	24,0	1889,9	0,758	0,9548	1,713
20:30:00	140,45	0,942	149,2	23,4	1913,3	0,758	0,9091	1,667
20:40:00	138,68	0,940	147,5	23,1	1936,4	0,758	0,8890	1,647
20:50:00	135,16	0,941	143,6	22,5	1959,0	0,758	0,8427	1,601
21:00:00	134,40	0,942	142,7	22,4	1981,4	0,758	0,8324	1,590
21:10:00	131,17	0,942	139,2	21,9	2003,2	0,758	0,7920	1,550
21:20:00	128,02	0,940	136,2	21,3	2024,5	0,758	0,7579	1,516
21:30:00	123,90	0,938	132,1	20,7	2045,2	0,758	0,7134	1,471
21:40:00	119,87	0,933	128,5	20,0	2065,2	0,758	0,6746	1,433
21:50:00	115,50	0,930	124,2	19,3	2084,4	0,758	0,6306	1,389
22:00:00	108,65	0,927	117,2	18,1	2102,5	0,758	0,5608	1,319
22:10:00	95,93	0,925	103,8	16,0	2118,5	0,758	0,4398	1,198
22:20:00	82,87	0,921	90,0	13,8	2132,3	0,758	0,3306	1,089
22:30:00	74,34	0,902	82,4	12,4	2144,7	0,758	0,2773	1,035
22:40:00	70,48	0,890	79,2	11,7	2156,5	0,758	0,2563	1,014
22:50:00	66,78	0,879	76,0	11,1	2167,6	0,758	0,2359	0,994
23:00:00	56,07	0,873	64,2	9,3	2176,9	0,758	0,1684	0,926
23:10:00	46,70	0,924	50,6	7,8	2184,7	0,758	0,1045	0,863
23:20:00	39,69	0,913	43,5	6,6	2191,3	0,758	0,0772	0,835
23:30:00	35,74	0,896	39,9	6,0	2197,3	0,758	0,0649	0,823
23:40:00	27,68	0,889	31,2	4,6	2201,9	0,758	0,0396	0,798
23:50:00	27,30	0,901	30,3	4,6	2206,5	0,758	0,0375	0,796
0:00:00	25,91	0,898	28,9	4,3	2210,8	0,758	0,0340	0,792
							TOTAL	183,160

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 13. Distribución de carga actual del bloque A.

Tablero / Circuito	Protección	A	B	C
SLPB	3X100	6500	5500	6700
I DEPL	1X20	1700	0	0
I BIBLIO 1	1X20	0	1300	0
I BIBLIO 2	1X20	0	0	1500
I BIBLIO 3	1X20	1400	0	0
I BIBLIO 4	1X20	0	1400	0
I BIBLIO 5	1X20	0	0	1000
I BIBLIO 6	1X20	600	0	0
T BIBLIO 1	1X20	0	1400	0
T BIBLIO 2	1X20	0	0	1400
T DEP LIB	1X20	1400	0	0
T BIBLIO 1	1X20	0	1400	0
T BIBLIO 2	1X20	0	0	1400
T BIBLIO 3	1X20	1400	0	0
T BIBLIO 4	1X20	0	0	1400
ALPB	3X75	0	3300	2500
I General	1X20	0	1100	0
I RECT	1X20	0	0	1100
I EXTERIOR	1X20	0	800	0
T ATEN P	1X20	0	0	1400
T RECT	1X20	0	1400	0
OIPB	3X75	800	5300	4500
I SEC VR	1X20	800	0	0
I VICER	1X20	0	800	0
T SEC VR	1X20	0	0	1500
T VICE R	1X20	0	1500	0
I DIR CCHH	1X20	0	1600	0
I SEC CCHH	1X20	0	0	1600
T DIR CCHH	1X20	0	1400	0
T SEC CCHH	1X20	0	0	1400
BVPB	3X100	4900	3700	3700
I LAB SIS 1	1X20	800	0	0
I LAB SIS 2	1X20	0	800	0
T LAB SIS 1	1X20	0	0	1400
T LAB SIS 2	1X20	1400	0	0
T LAB SIS 3	1X20	0	1400	0
T LAB SIS 4	1X20	0	0	1400
I H0	1X20	1300	0	0
I P01	1X20	0	1500	0
I P02	1X20	0	0	900
I P03	1X20	1400	0	0
IMPB	3X75	2900	2500	2500
I CENTRO CF	1X20	1400	0	0
I PROCUR.	1X20	0	1000	0
I SECRE. G	1X20	0	0	1000

T CENTRO	1X20	1500	0	0
T SECRE. G.	1X20	0	1500	0
T PROCUR.	1X20	0	0	1500
APA1	3X125	7740	8600	5100
I A1	1X20	900	0	0
I A2	1X20	0	900	0
I A3	1X20	0	0	900
I A4	1X20	900	0	0
I A5	1X20	0	900	0
I A6	1X20	0	0	900
I A7	1X20	900	0	0
I A8	1X20	0	900	0
I A9	1X20	0	0	900
I A10	1X20	900	0	0
I H1	1X20	0	1300	0
I P11	1X20	0	0	1500
I P12	1X20	900	0	0
I P13	1X20	0	1400	0
I P14	1X20	0	0	900
T A 1-2	1X20	1500	0	0
T A 3-5	1X20	0	1500	0
T A 6-8	1X20	0	1500	0
T A 9-10	1X20	1500	0	0
SC1 1P	1X32	0	200	0
SC2 1P	1X32	240	0	0
APA2	3X125	6200	8640	6600
I A11	1X20	900	0	0
I A12	1X20	0	900	0
I A13	1X20	0	0	900
I A14	1X20	900	0	0
I A15	1X20	0	900	0
I A16	1X20	0	0	900
I A17	1X20	900	0	0
I A18	1X20	0	900	0
I A19	1X20	0	0	900
I A20	1X20	900	0	0
I H2	1X20	0	1300	0
I P21	1X20	0	0	1500
I P22	1X20	900	0	0
I P23	1X20	0	1400	0
I P24	1X20	0	0	900
T A 11-12	1X20	1500	0	0
T A 13-15	1X20	0	1500	0
T A 16-18	1X20	0	0	1500
T A 19-20	1X20	0	1500	0
SC1 2P	1X32	200	0	0
SC2 2P	1X32	0	240	0

APA3	3X125	7000	8640	7100
I A21	1X20	900	0	0
I A22	1X20	0	900	0
I A23	1X20	0	0	900
I A24	1X20	900	0	0
I A25	1X20	0	900	0
I A26	1X20	0	0	900
I A27	1X20	900	0	0
I A28	1X20	0	900	0
I A29	1X20	0	0	900
I A30	1X20	900	0	0
I H3	1X20	0	1200	0
I P31	1X20	0	0	1500
I P32	1X20	700	0	0
I P33	1X20	0	1500	0
I P34	1X20	0	0	1200
I FOYER	1X20	1200	0	0
T A 21-22	1X20	0	1500	0
T A 23-25	1X20	0	0	1500
T A 26-28	1X20	1500	0	0
T A 29-30	1X20	0	1500	0
SC1 3P	1X32	0	0	200
SC2 3P	1X32	0	240	0
MIPA	3X40	3200	2700	2600
I HALL INF.	1X20	2000	0	0
T GEN M	1X20	0	1500	0
I MULTIPLE	1X20	0	0	1200
I MULTIPLE 2	1X20	1200	0	0
I HALL SUP 1	1X20	0	1200	0
I HALL SUP 2	1X20	0	0	1400
APA4	3X125	8840	8400	8200
I S MULT	1X20	2000	0	0
I S CINE	1X20	0	900	0
I S DEF	1X20	0	0	900
I LAB CS	1X20	1600	0	0
I LAB PARV	1X20	0	1600	0
I LAB EB	1X20	0	0	1600
I LAB SECRE	1X20	1600	0	0
I H4	1X20	0	1200	0
I P41	1X20	0	0	1500
I P42	1X20	700	0	0
I P43	1X20	0	1500	0
I P44	1X20	0	0	1200
I FOYER	1X20	1200	0	0
APASM	1X40	0	1500	0
T LAB CS	1X20	0	0	1500
T LAB PAR	1X20	1500	0	0

T LAB EB	1X20	0	1500	0
T LAB SECRE	1X20	0	0	1500
SC1 4P	1X32	0	200	0
SC2 4P	1X32	240	0	0
APASM	3X40	1400	1400	2800
T A MULT 1	1X20	1400	0	0
T A MULT 2	1X20	0	1400	0
T A MULT 3	1X20	0	0	1400
T A MULT 4	1X20	0	0	1400

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 14. Distribución de carga actual del bloque B.

Tablero / Circuito	Protección	A	B	C
BAPA	1X100	5000	5000	5000
BPBP	3X60	4083	3775	3771
H0 I	1X20	1023	0	0
P0-1 I	1X20	0	867	0
P0-2 I	1X20	0	0	1071
As I	1X20	960	0	0
FEUE - Foto I	1X20	0	408	0
FEUE - Foto T	1X20	0	0	1200
As T	1X20	1100	0	0
Lab 1 V	2X20	500	500	0
Lab 2 V	2X20	0	500	500
Lav 3 V	2X20	500	500	0
Lab 4 V	2X20	0	500	500
Lav 5 V	2X20	0	500	500
BIPB	3X60	4200	4167	4167
Lab 5 I	1X20	0	1017	0
Lab 4 I	1X20	0	0	1017
Lab 5 T1	1X20	1050	0	0
Lab 5 T2	1X20	0	1050	0
Lab 5 T3	1X20	0	0	1050
Lab 5 T4	1X20	1050	0	0
Lab 5 T5	1X20	0	1050	0
Lab 4 T1	1X20	0	0	1050
Lab 4 T2	1X20	1050	0	0
Lab 4 T3	1X20	0	1050	0
Lab 4 T4	1X20	0	0	1050
Lab 4 T5	1X20	1050	0	0
BCPB	3X60	4467	3450	3417
Lab 1 I	1X20	0	0	1017
Lab 2 I	1X20	1017	0	0
Lab 1 T1	1X20	0	1200	0
Lab 1 T2	1X20	0	0	1200
Lab 1 T3	1X20	1200	0	0

Lab 1 T4	1X20	0	1200	0
Lab 2 T1	1X20	0	0	1200
Lab 2 T2	1X20	1200	0	0
Lab 2 T3	1X20	0	1050	0
Lab 2 T4	1X20	1050	0	0
BLPB	3X60	2952	1800	2400
Lab 3 I2	1X20	1152	0	0
Lab 3 T1	1X20	0	900	0
Lab 3 T2	1X20	0	0	900
Lab 3 T3	1X20	900	0	0
Lab 3 T4	1X20	0	900	0
Lab 3 T5	1X32	0	0	1500
Lab 3 T6	1X20	900	0	0
BPA1	3X75	8272	5261	3650
H1 I	1X20	921	0	0
P1-1 I	1X20	0	969	0
P1-2 I	1X20	0	0	1122
A1 I	1X20	864	0	0
A2 I	1X20	0	864	0
A3 I	1X20	0	0	864
A4 I	1X20	864	0	0
A5 I	1X20	0	864	0
A6 I	1X20	0	0	864
A7 I	1X20	864	0	0
A8 I	1X20	0	864	0
Sec C I	1X20	459	0	0
A1-2 T	1X20	1100	0	0
A3-4 T	1X20	0	800	0
Sec C T	1X20	1500	0	0
A5-6 T	1X20	0	900	0
A7-8 T	1X20	700	0	0
SC1 1P	1X32	0	0	800
SC2 1P	1X32	1000	0	0
BPA2	3X75	8365	4393	6572
H2 I	1X20	0	937	0
P2-1 I	1X20	0	0	1020
P2-2 I	1X20	1020	0	0
A9 I	1X20	0	864	0
A10 I	1X20	0	0	864
A11 I	1X20	864	0	0
A12 I	1X20	0	864	0
A13 I	1X20	0	0	960
A14 I	1X20	864	0	0
A15 I	1X20	0	864	0
A16 I	1X20	0	0	864
A17 I	1X20	864	0	0
A18 I	1X20	0	864	0

A19 I	1X20	0	0	864
A9-10 T	1X20	0	0	1000
A11-14 T	1X20	1200	0	0
A15-17 T	1X20	1353	0	0
A18-19 T	1X20	1000	0	0
SC1 2P	1X32	0	0	1000
SC2 2P	1X32	1200	0	0
BPA3	3X100	9361	5053	5093
COOR I	1X20	0	864	0
H3 I	1X20	0	0	837
P3-1 I	1X20	969	0	0
P3-2 I	1X20	0	816	0
A20 I	1X20	0	0	864
A21 I	1X20	864	0	0
SD TC1 I	1X20	0	864	0
A22 I	1X20	0	0	864
A23 I	1X20	864	0	0
A24 I	1X20	0	864	0
SD TC2 I	1X20	0	0	864
A25 I	1X20	864	0	0
A26 I	1X20	0	645	0
CHG I	1X20	0	0	864
SD3 20 CR	1X20	1250	0	0
A21-22 T	1X20	1500	0	0
A23-25 T	1X20	1850	0	0
CH-A26 T	1X20	0	0	800
SC1 3P	1X32	0	1000	0
SC2 3P	1X32	1200	0	0
BSD1	2X50	0	0	0
BSD2	2X50	0	0	0
BSD1	2X50	1100	1900	1900
SD1 T1	1X32	0	900	0
SD1 T2	1X32	0	0	1000
SD1 T3	1X32	0	1000	0
SD1 T4	1X32	0	0	900
SD1 T5	1X32	1100	0	0
BSD2	2X50	2400	0	2100
SD2 T1	1X32	0	0	1050
SD2 T2	1X32	1250	0	0
SD2 T3	1X32	0	0	1050
SD2 T4	1X32	1150	0	0

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 15. Distribución de carga propuesta del bloque A.

Tablero / Circuito	Protección	A	B	C
SLPB	3X100	6500	5500	6700
I Deposito Libros	1X20	1700	0	0
I Biblioteca 1	1X20	0	1300	0
I Biblioteca 2	1X20	0	0	1500
I Biblioteca 3	1X20	1400	0	0
I Biblioteca 4	1X20	0	1400	0
I Biblioteca 5	1X20	0	0	1000
I Biblioteca 6	1X20	600	0	0
T Biblioteca 1	1X20	0	1400	0
T Biblioteca 2	1X20	0	0	1400
T Deposito de libros	1X20	1400	0	0
T BIBLIOTECA 3	1X20	0	1400	0
T BIBLIOTECA 4	1X20	0	0	1400
T BIBLIOTECA 5	1X20	1400	0	0
T BIBLIOTECA 6	1X20	0	0	1400
ALPB	3X75	0	3300	2500
I General	1X20	0	1100	0
I RECTORADO	1X20	0	0	1100
I EXTERIOR	1X20	0	800	0
T ATENCION PUBLICO	1X20	0	0	1400
T RECTORADO	1X20	0	1400	0
OIPB	3X75	2300	3800	4500
I SECRETARIA	1X20	800	0	0
I VICERRECTORADO	1X20	0	800	0
T SECRETARIA	1X20	0	0	1500
T VICE R	1X20	1500	0	0
I DIRECCION CCAAHH	1X20	0	1600	0
I SECRETARIA CCAAHH	1X20	0	0	1600
T DIRECCION	1X20	0	1400	0
T SECRETARIA	1X20	0	0	1400
BVPB	3X100	4900	3700	3700
I LAB SISTEMAS	1X20	800	0	0
I LAB SISTEMAS 2	1X20	0	800	0
T LAB SISTEMAS 1	1X20	0	0	1400
T LAB SISTEMAS 2	1X20	1400	0	0
T LAB SISTEMAS 3	1X20	0	1400	0
T LAB SISTEMAS 4	1X20	0	0	1400
I H0	1X20	1300	0	0
I P01	1X20	0	1500	0
I P02	1X20	0	0	900
I P03	1X20	1400	0	0
IMPB	3X75	2400	3000	2500
I CENTRO C FISICA	1X20	1400	0	0
I PROCURADURIA	1X20	1000	0	0
I SECRETARIA G	1X20	0	0	1000

T CENTRO	1X20	0	1500	0
T SECRETARIA G	1X20	0	1500	0
T PROCURADURIA	1X20	0	0	1500
APA1	3X125	7740	7100	6600
I A1	1X20	900	0	0
I A2	1X20	0	900	0
I A3	1X20	0	0	900
I A4	1X20	900	0	0
I A5	1X20	0	900	0
I A6	1X20	0	0	900
I A7	1X20	900	0	0
I A8	1X20	0	900	0
I A9	1X20	0	0	900
I A10	1X20	900	0	0
I H1	1X20	0	1300	0
I P11	1X20	0	0	1500
I P12	1X20	900	0	0
I P13	1X20	0	1400	0
I P14	1X20	0	0	900
T A 1-2	1X20	1500	0	0
T A 3-5	1X20	0	1500	0
T A 6-8	1X20	0	0	1500
T A 9-10	1X20	1500	0	0
SC1 1P	1X32	0	200	0
SC2 1P	1X32	240	0	0
APA2	3X125	7700	7140	6600
I A11	1X20	900	0	0
I A12	1X20	0	900	0
I A13	1X20	0	0	900
I A14	1X20	900	0	0
I A15	1X20	0	900	0
I A16	1X20	0	0	900
I A17	1X20	900	0	0
I A18	1X20	0	900	0
I A19	1X20	0	0	900
I A20	1X20	900	0	0
I H2	1X20	0	1300	0
I P21	1X20	0	0	1500
I P22	1X20	900	0	0
I P23	1X20	0	1400	0
I P24	1X20	0	0	900
T A 11-12	1X20	1500	0	0
T A 13-15	1X20	0	1500	0
T A 16-18	1X20	0	0	1500
T A 19-20	1X20	1500	0	0
SC1 2P	1X32	200	0	0
SC2 2P	1X32	0	240	0

APA3	3X125	8500	7140	7100
I A21	1X20	900	0	0
I A22	1X20	0	900	0
I A23	1X20	0	0	900
I A24	1X20	900	0	0
I A25	1X20	0	900	0
I A26	1X20	0	0	900
I A27	1X20	900	0	0
I A28	1X20	0	900	0
I A29	1X20	0	0	900
I A30	1X20	900	0	0
I H3	1X20	0	1200	0
I P31	1X20	0	0	1500
I P32	1X20	700	0	0
I P33	1X20	0	1500	0
I P34	1X20	0	0	1200
I FOYER	1X20	1200	0	0
T A 21-22	1X20	0	1500	0
T A 23-25	1X20	0	0	1500
T A 26-28	1X20	1500	0	0
T A 29-30	1X20	1500	0	0
SC1 3P	1X33	0	0	200
SC2 3P	1X32	0	240	0
MIPA	3X40	3200	2700	2600
I HALL INFERIOR	1X20	2000	0	0
T GENERALES M	1X20	0	1500	0
I MULTIPLE	1X20	0	0	1200
I MULTIPLE 2	1X20	1200	0	0
I HALL SUPERIOR 1	1X20	0	1200	0
I HALL SUPERIOR 2	1X20	0	0	1400
APA4	3X125	8840	8400	8200
I SALA MULTIMEDIA	1X20	2000	0	0
I SALA CINE TV	1X20	0	900	0
I SALA DEFENSA	1X20	0	0	900
I LAB COM SOC	1X20	1600	0	0
I LAB PARV	1X20	0	1600	0
I LAB EDU BAS	1X20	0	0	1600
I LAB SECRETARIA	1X20	1600	0	0
I H4	1X20	0	1200	0
I P41	1X20	0	0	1500
I P42	1X20	700	0	0
I P43	1X20	0	1500	0
I P44	1X20	0	0	1200
I FOYER	1X20	1200	0	0
APASM	1X40	0	1500	0
T LAB CS	1X20	0	0	1500
T LAB PAR	1X20	1500	0	0

T LAB EDU BAS	1X20	0	1500	0
T LAB SECRE	1X20	0	0	1500
SC1 4P	1X32	0	200	0
SC2 4P	1X32	240	0	0
APASM	3X40	1400	1400	2800
T AU MULTIMEDIA	1X20	1400	0	0
T AU MULTIMEDIA 2	1X20	0	1400	0
T AU MULTIMEDIA 3	1X20	0	0	1400
T AU MULTIMEDIA 4	1X20	0	0	1400

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 16. Distribución de carga propuesta del bloque B.

Tablero / Circuito	Protección	A	B	C
BAPA	1X100	5000	5000	5000
BPBP	3X60	4083	3775	3771
H0 I	1X20	1023	0	0
P0-1 I	1X20	0	867	0
P0-2 I	1X20	0	0	1071
As I	1X20	960	0	0
FEUE - Foto I	1X20	0	408	0
FEUE - Foto T	1X20	0	0	1200
As T	1X20	1100	0	0
Lab 1 V	2X20	500	500	0
Lab 2 V	2X20	0	500	500
Lav 3 V	2X20	500	500	0
Lab 4 V	2X20	0	500	500
Lav 5 V	2X20	0	500	500
BIPB	3X60	4200	4167	4167
Lab 5 I	1X20	0	1017	0
Lab 4 I	1X20	0	0	1017
Lab 5 T1	1X20	1050	0	0
Lab 5 T2	1X20	0	1050	0
Lab 5 T3	1X20	0	0	1050
Lab 5 T4	1X20	1050	0	0
Lab 5 T5	1X20	0	1050	0
Lab 4 T1	1X20	0	0	1050
Lab 4 T2	1X20	1050	0	0
Lab 4 T3	1X20	0	1050	0
Lab 4 T4	1X20	0	0	1050
Lab 4 T5	1X20	1050	0	0
BCPB	3X60	3417	4500	3417
Lab 1 I	1X20	0	0	1017
Lab 2 I	1X20	1017	0	0
Lab 1 T1	1X20	0	1200	0
Lab 1 T2	1X20	0	0	1200
Lab 1 T3	1X20	1200	0	0

Lab 1 T4	1X20	0	1200	0
Lab 2 T1	1X20	0	0	1200
Lab 2 T2	1X20	1200	0	0
Lab 2 T3	1X20	0	1050	0
Lab 2 T4	1X20	0	1050	0
BLPB	3X60	2952	1800	2400
Lab 3 I2	1X20	1152	0	0
Lab 3 T1	1X20	0	900	0
Lab 3 T2	1X20	0	0	900
Lab 3 T3	1X20	900	0	0
Lab 3 T4	1X20	0	900	0
Lab 3 T5	1X32	0	0	1500
Lab 3 T6	1X20	900	0	0
BPA1	3X75	5213	5497	6473
H1 I	1X20	921	0	0
P1-1 I	1X20	0	969	0
P1-2 I	1X20	0	0	1122
A1 I	1X20	864	0	0
A2 I	1X20	0	864	0
A3 I	1X20	0	0	864
A4 I	1X20	864	0	0
A5 I	1X20	0	864	0
A6 I	1X20	0	0	864
A7 I	1X20	864	0	0
A8 I	1X20	0	0	864
Sec C I	1X20	0	0	459
A1-2 T	1X20	0	1100	0
A3-4 T	1X20	0	800	0
Sec C T	1X20	0	0	1500
A5-6 T	1X20	0	900	0
A7-8 T	1X20	700	0	0
SC1 1P	1X32	0	0	800
SC2 1P	1X32	1000	0	0
BPA2	3X75	6165	6981	6184
H2 I	1X20	0	937	0
P2-1 I	1X20	0	1020	0
P2-2 I	1X20	1020	0	0
A9 I	1X20	0	0	864
A10 I	1X20	0	0	864
A11 I	1X20	864	0	0
A12 I	1X20	0	0	864
A13 I	1X20	0	960	0
A14 I	1X20	864	0	0
A15 I	1X20	0	0	864
A16 I	1X20	0	0	864
A17 I	1X20	864	0	0
A18 I	1X20	0	864	0

A19 I	1X20	0	0	864
A9-10 T	1X20	0	0	1000
A11-14 T	1X20	0	1200	0
A15-17 T	1X20	1353	0	0
A18-19 T	1X20	0	1000	0
SC1 2P	1X32	0	1000	0
SC2 2P	1X32	1200	0	0
BPA3	3X100	6456	7958	5093
COOR I	1X20	0	864	0
H3 I	1X20	0	0	837
P3-1 I	1X20	969	0	0
P3-2 I	1X20	0	816	0
A20 I	1X20	0	0	864
A21 I	1X20	864	0	0
SD TC1 I	1X20	0	864	0
A22 I	1X20	0	0	864
A23 I	1X20	864	0	0
A24 I	1X20	0	864	0
SD TC2 I	1X20	0	0	864
A25 I	1X20	864	0	0
A26 I	1X20	645	0	0
CHG I	1X20	0	0	864
SD3 20 CR	1X20	1250	0	0
A21-22 T	1X20	0	1500	0
A23-25 T	1X20	0	1850	0
CH-A26 T	1X20	0	0	800
SC1 3P	1X32	1000	0	0
SC2 3P	1X32	0	1200	0
BSD1	2X50	0	0	0
BSD2	2X50	0	0	0
BSD1	2X50	1100	2000	1800
SD1 T1	1X32	0	0	900
SD1 T2	1X32	0	1000	0
SD1 T3	1X32	0	1000	0
SD1 T4	1X32	0	0	900
SD1 T5	1X32	1100	0	0
BSD2	2X50	2400	0	2100
SD2 T1	1X32	0	0	1050
SD2 T2	1X32	1250	0	0
SD2 T3	1X32	0	0	1050
SD2 T4	1X32	1150	0	0

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 17. Datos sobre las caídas de voltaje y pérdidas en los tableros secundarios del bloque A actualmente.

Tablero SLPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I DL	12	19,55	935	120,15	118,31	6,84%	13,90	123,173
I Bib 1	12	20,60	715	120,15	118,66	6,56%	8,68	76,957
I Bib 2	12	22,17	825	120,15	118,31	6,84%	12,52	110,926
I Bib 3	12	29,04	770	120,15	117,91	7,16%	14,38	127,429
I Bib 4	12	36,29	770	120,15	117,36	7,59%	18,14	160,734
I Bib 5	12	38,99	550	120,15	118,00	7,09%	9,83	87,162
I Bib 6	12	34,20	330	120,15	119,00	6,30%	3,05	27,059
T Bib 1	12	41,70	770	120,15	116,96	7,91%	20,98	185,974
T Bib 2	12	44,30	770	120,15	116,78	8,05%	22,36	198,173
T Dep L	12	44,30	770	120,15	116,76	8,06%	22,36	198,223
T Bib 3	12	41,70	770	120,15	116,96	7,91%	20,98	185,974
T Bib 4	12	44,30	770	120,15	116,76	8,06%	22,36	198,223
T Bib 5	12	41,70	770	120,15	116,96	7,91%	20,98	185,974
T Bib 6	12	41,70	770	120,15	116,96	7,91%	20,98	185,974
							Total	2051,956
Tablero OIPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I Dir CC	12	13,57	880	121,63	120,39	5,20%	8,42	74,600
I Sec CC	12	12,25	880	121,63	120,51	5,11%	7,58	67,210
T Dir CC	12	22,84	770	121,63	119,82	5,66%	10,95	97,059
T Secr CC	12	15,74	770	121,63	120,37	5,22%	7,48	66,269
							Total	305,138
Tablero BVPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I Lab S1	12	17,32	440	121,57	120,78	4,90%	2,67	23,652
I Lab S2	12	16,64	440	121,57	120,81	4,87%	2,56	22,711
T Lab S1	12	26,84	770	121,57	119,45	5,95%	12,95	114,760
T Lab S2	12	11,93	770	121,57	120,62	5,02%	5,64	50,025
T Lab S3	12	11,93	770	121,57	120,62	5,02%	5,64	50,025
T Lab S4	12	12,67	770	121,57	120,56	5,07%	6,00	53,180
I H0	12	24,16	715	121,57	119,79	5,67%	9,99	88,560
I P01	12	33,36	825	121,57	118,76	6,49%	18,69	165,641
I P02	12	29,25	495	121,57	120,08	5,45%	5,77	51,145
I P03	12	54,03	770	121,57	117,37	7,58%	26,99	239,254
							Total	858,954
Tablero APA1	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I A1	12	37,37	495	121,71	119,80	5,67%	7,41	65,645
I A2	12	38,73	495	121,71	119,73	5,72%	7,68	68,111
I A3	12	52,44	495	121,71	119,05	6,26%	10,52	93,283
I A4	12	55,14	495	121,71	118,92	6,36%	11,09	98,307
I A5	12	55,95	495	121,71	118,88	6,40%	11,26	99,818
I A6	12	47,66	495	121,71	119,29	6,07%	9,53	84,443
I A7	12	46,63	495	121,71	119,34	6,03%	9,31	82,548
I A8	12	43,32	495	121,71	119,50	5,90%	8,63	76,476
I A9	12	24,84	495	121,71	120,43	5,17%	4,87	43,177
I A10	12	29,48	495	121,71	120,20	5,35%	5,80	51,443

I H1	12	24,16	715	121,71	119,93	5,57%	9,97	88,364
IP11	12	33,36	825	121,71	118,89	6,38%	18,65	165,278
IP12	12	29,25	495	121,71	120,21	5,35%	5,76	51,032
IP13	12	54,03	770	121,71	117,50	7,48%	26,94	238,736
IP14	12	46,25	495	121,71	119,36	6,02%	9,23	81,849
T A12	12	25,37	825	121,71	119,56	5,86%	14,02	124,304
T A35	12	46,71	825	121,71	117,80	7,24%	26,60	235,721
T A910	12	45,92	825	121,71	117,87	7,19%	26,12	231,483
SC1 P1	8	58,87	110	121,71	121,03	4,70%	0,22	1,979
SC2 P1	8	46,00	132	121,71	121,07	4,67%	0,25	2,225
							Total	1984,224
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
APA2								
I A11	12	37,37	495	121,47	119,58	5,85%	7,43	65,893
I A12	12	38,73	495	121,47	119,51	5,90%	7,71	68,369
I A13	12	52,44	495	121,47	118,83	6,43%	10,56	93,634
I A14	12	55,14	495	121,47	118,69	6,54%	11,13	98,676
I A15	12	55,95	495	121,47	118,65	6,57%	11,30	100,193
I A16	12	47,66	495	121,47	119,06	6,25%	9,56	84,761
I A17	12	46,63	495	121,47	119,12	6,21%	9,35	82,858
I A18	12	43,32	495	121,47	119,28	6,08%	8,66	76,765
I A19	12	24,84	495	121,47	120,21	5,35%	4,89	43,342
I A20	12	29,48	495	121,47	119,97	5,53%	5,83	51,638
I H2	12	24,16	715	121,47	119,70	5,75%	10,01	88,699
IP21	12	33,36	825	121,47	118,67	6,56%	18,72	165,898
IP22	12	29,25	495	121,47	119,98	5,52%	5,78	51,226
IP23	12	54,03	770	121,47	117,29	7,65%	27,04	239,620
IP24	12	46,25	495	121,47	119,13	6,19%	9,27	82,157
T A11-12	12	25,37	825	121,47	119,33	6,04%	14,08	124,773
T A13-15	12	46,71	825	121,47	117,58	7,41%	26,69	236,597
T A16-18	12	55,57	825	121,47	116,88	7,97%	32,14	284,904
T A19-20	12	45,92	825	121,47	117,65	7,36%	26,21	232,344
SC1 2P	8	58,87	110	121,47	120,80	4,88%	0,22	1,986
SC2 2P	8	46,00	132	121,47	120,84	4,85%	0,25	2,233
							Total	2276,566
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
APA3								
I A21	12	37,37	495	120,93	119,05	6,26%	7,50	66,480
I A22	12	38,73	495	120,93	118,98	6,32%	7,78	68,977
I A23	12	52,44	495	120,93	118,31	6,85%	10,66	94,463
I A24	12	55,14	495	120,93	118,17	6,95%	11,23	99,548
I A25	12	55,95	495	120,93	118,13	6,98%	11,40	101,078
I A26	12	47,66	495	120,93	118,54	6,66%	9,65	85,513
I A27	12	46,63	495	120,93	118,59	6,62%	9,43	83,594
I A28	12	43,32	495	120,93	118,75	6,49%	8,74	77,447
I A29	12	24,84	495	120,93	119,67	5,77%	4,93	43,730
I A30	12	29,48	495	120,93	119,44	5,95%	5,88	52,100
I H3	12	24,16	660	120,93	119,30	6,06%	8,58	76,081
IP31	12	33,36	825	120,93	118,15	6,97%	18,88	167,364
IP32	12	29,25	385	120,93	119,77	5,69%	3,51	31,096
IP33	12	54,03	825	120,93	116,49	8,27%	31,46	278,834
IP34	12	46,25	660	120,93	117,85	7,20%	16,84	149,245

I Foyer3	12	46,25	660	120,93	117,85	7,20%	16,84	149,245
T A21-22	12	25,37	825	120,93	118,80	6,45%	14,20	125,883
T A23-25	12	46,71	825	120,93	117,07	7,82%	26,93	238,668
T A26-28	12	55,57	825	120,93	116,37	8,37%	32,42	287,381
T A28-30	12	45,92	825	120,93	117,14	7,77%	26,44	234,379
SC1 3P	8	58,87	110	120,93	120,26	5,31%	0,23	2,004
SC2 3P	8	46,00	132	120,93	120,30	5,27%	0,25	2,253
							Total	2515,362
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
MIPA								
I H inf	12	14,10	1100	120,09	118,53	6,67%	14,10	124,950
T Gen Multi	12	22,46	825	120,09	118,23	6,90%	12,70	112,524
I Mult 1	12	16,46	660	120,09	118,99	6,30%	5,88	52,103
I Mult 2	12	15,28	660	120,09	119,07	6,24%	5,45	48,305
I H Sup1	12	24,02	660	120,09	118,50	6,70%	8,65	76,673
I H Sup2	12	28,54	770	120,09	117,89	7,17%	14,13	125,275
							Total	539,831
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
APA4								
I SMultim	12	37,37	1100	120,49	116,41	8,33%	38,73	343,310
I SCine	12	52,44	495	120,49	117,88	7,18%	10,73	95,140
I SDef	12	55,14	495	120,49	117,90	7,17%	11,28	100,014
I Lab CS	12	55,95	880	120,49	115,64	8,94%	37,61	333,370
I Lab Par	12	46,63	880	120,49	116,42	8,33%	30,93	274,130
I Lab EB	12	43,32	880	120,49	116,70	8,11%	28,60	253,454
I Lab Secre	12	24,84	880	120,49	118,29	6,86%	15,96	141,463
I H	12	24,16	660	120,49	118,87	6,40%	8,65	76,632
I P41	12	33,36	825	120,49	117,73	7,30%	19,02	168,563
I P42	12	29,25	385	120,49	119,34	6,03%	3,53	31,322
I P43	12	54,03	825	120,49	116,08	8,60%	31,68	280,801
I P44	12	46,25	660	120,49	117,44	7,53%	16,96	150,311
I Foyer 4	12	46,25	660	120,49	117,44	7,53%	16,96	150,311
I EXter 4P	12	25,37	825	120,49	118,38	6,79%	14,31	126,789
T Lab CS	12	46,71	825	120,49	116,66	8,14%	27,12	240,360
T Lab Par	12	55,57	825	120,49	115,96	8,69%	32,65	289,406
T Lab EB	12	45,92	825	120,49	116,72	8,09%	26,63	236,042
T Lab Secre	12	35,65	825	120,49	117,54	7,45%	20,39	180,700
S C1 4P	8	58,87	110	120,49	119,82	5,65%	0,23	2,019
S C2 4P	8	46,00	132	120,49	119,87	5,62%	0,26	2,270
							Total	3476,406
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
APASM								
T AMult1	12	18,10	770	120,21	118,80	6,45%	8,83	78,234
T AMult2	12	22,46	770	120,21	118,47	6,72%	11,01	97,627
T AMult3	12	15,46	770	120,21	119,01	6,29%	7,51	66,589
T AMult4	12	19,28	770	120,21	118,71	6,52%	9,42	83,461
							Total	325,910

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 18. Datos sobre las caídas de voltaje y pérdidas en los tableros secundarios del bloque A al aplicar el cambio de posición del Tap.

Tablero SLPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I DL	12	19,55	935	126,65	124,61	1,88%	12,53	111,028
I Bib 1	12	20,60	715	126,65	125,00	1,57%	7,82	69,346
I Bib 2	12	22,17	825	126,65	124,61	1,88%	11,28	99,988
I Bib 3	12	29,04	770	126,65	124,17	2,23%	12,96	114,907
I Bib 4	12	36,29	770	126,65	123,56	2,71%	16,36	145,015
I Bib 5	12	38,99	550	126,65	124,27	2,15%	8,87	78,591
I Bib 6	12	34,20	330	126,65	125,39	1,27%	2,75	24,376
T Bib 1	12	41,70	770	126,65	123,11	3,06%	18,94	167,850
T Bib 2	12	44,30	770	126,65	122,91	3,22%	20,18	178,891
T Dep L	12	44,30	770	126,65	122,90	3,23%	20,19	178,939
T Bib 3	12	41,70	770	126,65	123,11	3,06%	18,94	167,850
T Bib 4	12	44,30	770	126,65	122,90	3,23%	20,19	178,939
T Bib 5	12	41,70	770	126,65	123,11	3,06%	18,94	167,850
T Bib 6	12	41,70	770	126,65	123,11	3,06%	18,94	167,850
							Total	1851,420
Tablero OIPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I Dir CC	12	13,57	880	128,22	126,84	0,12%	7,58	67,206
I Sec CC	12	12,25	880	128,22	126,98	0,02%	6,83	60,542
T Dir CC	12	22,84	770	128,22	126,20	0,63%	9,87	87,485
T Secr CC	12	15,74	770	128,22	126,82	0,14%	6,74	59,702
							Total	274,935
Tablero BVPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I Lab S1	12	17,32	440	128,15	127,28	-0,22%	2,40	21,299
I Lab S2	12	16,64	440	128,15	127,31	-0,24%	2,31	20,451
T Lab S1	12	26,84	770	128,15	125,80	0,95%	11,67	103,470
T Lab S2	12	11,93	770	128,15	127,10	-0,08%	5,08	45,055
T Lab S3	12	11,93	770	128,15	127,10	-0,08%	5,08	45,055
T Lab S4	12	12,67	770	128,15	127,03	-0,02%	5,40	47,899
I H0	12	24,16	715	128,15	126,18	0,65%	9,01	79,822
I P01	12	33,36	825	128,15	125,03	1,55%	16,86	149,441
I P02	12	29,25	495	128,15	126,50	0,40%	5,20	46,087
I P03	12	54,03	770	128,15	123,49	2,76%	24,39	216,137
							Total	774,717
Tablero APA1	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
I A1	12	37,37	495	128,30	126,18	0,64%	6,68	59,174
I A2	12	38,73	495	128,30	126,11	0,70%	6,93	61,402
I A3	12	52,44	495	128,30	125,35	1,30%	9,49	84,148
I A4	12	55,14	495	128,30	125,20	1,42%	10,01	88,690
I A5	12	55,95	495	128,30	125,15	1,45%	10,16	90,057
I A6	12	47,66	495	128,30	125,61	1,09%	8,59	76,157
I A7	12	46,63	495	128,30	125,67	1,05%	8,40	74,443
I A8	12	43,32	495	128,30	125,85	0,90%	7,78	68,957
I A9	12	24,84	495	128,30	126,88	0,09%	4,39	38,899
I A10	12	29,48	495	128,30	126,62	0,30%	5,23	46,356

I H1	12	24,16	715	128,30	126,32	0,54%	8,99	79,646
IP11	12	33,36	825	128,30	125,17	1,44%	16,82	149,113
IP12	12	29,25	495	128,30	126,64	0,29%	5,19	45,985
IP13	12	54,03	770	128,30	123,63	2,66%	24,33	215,670
IP14	12	46,25	495	128,30	125,69	1,03%	8,33	73,812
T A12	12	25,37	825	128,30	125,91	0,86%	12,65	112,078
T A35	12	46,71	825	128,30	123,96	2,39%	24,02	212,886
T A910	12	45,92	825	128,30	124,03	2,34%	23,59	209,045
SC1 P1	8	58,87	110	128,30	127,55	-0,43%	0,20	1,782
SC2 P1	8	46,00	132	128,30	127,60	-0,47%	0,23	2,003
							Total	1790,303
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
APA2								
I A11	12	37,37	495	128,05	125,94	0,83%	6,70	59,398
I A12	12	38,73	495	128,05	125,87	0,89%	6,95	61,634
I A13	12	52,44	495	128,05	125,11	1,49%	9,53	84,463
I A14	12	55,14	495	128,05	124,96	1,60%	10,04	89,022
I A15	12	55,95	495	128,05	124,92	1,64%	10,20	90,394
I A16	12	47,66	495	128,05	125,37	1,28%	8,62	76,443
I A17	12	46,63	495	128,05	125,43	1,23%	8,43	74,723
I A18	12	43,32	495	128,05	125,61	1,09%	7,81	69,217
I A19	12	24,84	495	128,05	126,64	0,28%	4,41	39,047
I A20	12	29,48	495	128,05	126,38	0,49%	5,25	46,532
I H2	12	24,16	715	128,05	126,08	0,72%	9,02	79,947
IP21	12	33,36	825	128,05	124,94	1,62%	16,89	149,672
IP22	12	29,25	495	128,05	126,40	0,47%	5,21	46,159
IP23	12	54,03	770	128,05	123,40	2,84%	24,42	216,467
IP24	12	46,25	495	128,05	125,45	1,22%	8,36	74,090
T A11-12	12	25,37	825	128,05	125,67	1,05%	12,69	112,500
T A13-15	12	46,71	825	128,05	123,73	2,57%	24,11	213,675
T A16-18	12	55,57	825	128,05	122,94	3,19%	29,05	257,477
T A19-20	12	45,92	825	128,05	123,80	2,52%	23,67	209,821
SC1 2P	8	58,87	110	128,05	127,31	-0,24%	0,20	1,788
SC2 2P	8	46,00	132	128,05	127,35	-0,28%	0,23	2,011
							Total	2054,481
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
APA3								
I A21	12	37,37	495	127,48	125,39	1,27%	6,76	59,927
I A22	12	38,73	495	127,48	125,31	1,33%	7,02	62,182
I A23	12	52,44	495	127,48	124,56	1,92%	9,61	85,210
I A24	12	55,14	495	127,48	124,42	2,03%	10,13	89,808
I A25	12	55,95	495	127,48	124,37	2,07%	10,29	91,192
I A26	12	47,66	495	127,48	124,82	1,71%	8,70	77,120
I A27	12	46,63	495	127,48	124,88	1,67%	8,51	75,385
I A28	12	43,32	495	127,48	125,06	1,53%	7,88	69,832
I A29	12	24,84	495	127,48	126,08	0,72%	4,44	39,397
I A30	12	29,48	495	127,48	125,82	0,93%	5,30	46,947
I H3	12	24,16	660	127,48	125,67	1,05%	7,74	68,566
IP31	12	33,36	825	127,48	124,39	2,06%	17,04	150,993
IP32	12	29,25	385	127,48	126,20	0,63%	3,16	28,012
IP33	12	54,03	825	127,48	122,55	3,51%	28,43	251,956
IP34	12	46,25	660	127,48	124,06	2,31%	15,20	134,683

I Foyer3	12	46,25	660	127,48	124,06	2,31%	15,20	134,683
T A21-22	12	25,37	825	127,48	125,12	1,48%	12,81	113,499
T A23-25	12	46,71	825	127,48	123,19	3,00%	24,32	215,541
T A26-28	12	55,57	825	127,48	122,41	3,61%	29,30	259,710
T A28-30	12	45,92	825	127,48	123,26	2,94%	23,88	211,655
SC1 3P	8	58,87	110	127,48	126,74	0,21%	0,20	1,805
SC2 3P	8	46,00	132	127,48	126,78	0,17%	0,23	2,029
							Total	2270,133
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
MIPA								
I H inf	12	14,10	1100	126,59	124,86	1,68%	12,70	112,601
T Gen Multi	12	22,46	825	126,59	124,53	1,95%	11,44	101,431
I Mult 1	12	16,46	660	126,59	125,38	1,28%	5,30	46,934
I Mult 2	12	15,28	660	126,59	125,46	1,21%	4,91	43,509
I H Sup1	12	24,02	660	126,59	124,82	1,71%	7,80	69,098
I H Sup2	12	28,54	770	126,59	124,15	2,24%	12,74	112,961
							Total	486,534
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
APA4								
I SMultim	12	37,37	1100	127,01	122,49	3,55%	34,99	310,114
I SCine	12	52,44	495	127,01	124,12	2,27%	9,68	85,820
I SDef	12	55,14	495	127,01	124,14	2,26%	10,18	90,215
I Lab CS	12	55,95	880	127,01	121,63	4,23%	34,00	301,361
I Lab Par	12	46,63	880	127,01	122,50	3,55%	27,94	247,621
I Lab EB	12	43,32	880	127,01	122,81	3,30%	25,82	228,882
I Lab Secre	12	24,84	880	127,01	124,57	1,92%	14,39	127,557
I H	12	24,16	660	127,01	125,22	1,40%	7,79	69,061
I P41	12	33,36	825	127,01	123,95	2,40%	17,16	152,073
I P42	12	29,25	385	127,01	125,74	0,99%	3,18	28,216
I P43	12	54,03	825	127,01	122,12	3,84%	28,63	253,730
I P44	12	46,25	660	127,01	123,62	2,66%	15,30	135,644
I Foyer 4	12	46,25	660	127,01	123,62	2,66%	15,30	135,644
I EXter 4P	12	25,37	825	127,01	124,67	1,84%	12,90	114,316
T Lab CS	12	46,71	825	127,01	122,76	3,34%	24,49	217,067
T Lab Par	12	55,57	825	127,01	121,98	3,95%	29,51	261,536
T Lab EB	12	45,92	825	127,01	122,83	3,28%	24,05	213,154
T Lab Secre	12	35,65	825	127,01	123,74	2,56%	18,40	163,051
S C1 4P	8	58,87	110	127,01	126,28	0,57%	0,21	1,818
S C2 4P	8	46,00	132	127,01	126,32	0,53%	0,23	2,044
							Total	3138,923
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
APASM								
T AMult1	12	18,10	770	126,72	125,16	1,45%	7,95	70,492
T AMult2	12	22,46	770	126,72	124,79	1,74%	9,93	87,993
T AMult3	12	15,46	770	126,72	125,39	1,27%	6,77	59,988
T AMult4	12	19,28	770	126,72	125,06	1,53%	8,49	75,208
							Total	293,680

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 19. Datos sobre las caídas de voltaje y pérdidas en los tableros secundarios del bloque B actualmente.

Tablero BAPA	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
Ascensor	6	25,00	6150	121,82	209,67	4,70%	30,46	269,996
Tablero BPA1	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
H1 I	14	16,60	378	122,49	121,55	4,29%	2,90	25,717
P11 I	14	40,80	397	122,49	120,10	5,43%	8,09	71,672
P12 I	14	47,20	460	122,49	119,31	6,05%	12,71	112,641
A1 I	14	40,86	354	122,49	120,35	5,23%	6,41	56,826
A2 I	14	39,20	354	122,49	120,44	5,17%	6,14	54,440
A3 I	14	55,15	354	122,49	119,62	5,81%	8,76	77,637
A4 I	14	58,87	354	122,49	119,43	5,96%	9,38	83,136
A5 I	14	46,00	354	122,49	120,09	5,44%	7,25	64,255
A6 I	14	43,44	354	122,49	120,22	5,34%	6,83	60,547
A7 I	14	25,46	354	122,49	121,15	4,61%	3,94	34,945
A8 I	14	26,04	354	122,49	121,12	4,63%	4,03	35,759
A12 T	12	48,26	451	122,49	120,41	5,19%	7,71	68,302
A56 T	12	56,19	369	122,49	120,50	5,11%	6,00	53,149
A78 T	12	34,42	287	122,49	121,53	4,30%	2,18	19,363
S C1 P1	8	58,87	328	122,49	121,27	4,51%	1,94	17,179
S C2 P1	8	46,00	410	122,49	121,60	4,26%	2,35	20,863
							Total	856,430
Tablero BPBP	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
H0 I	14	16,60	419	122,57	121,53	4,30%	3,58	31,739
P01 I	14	40,80	355	122,57	120,43	5,17%	6,44	57,065
P02 I	14	47,20	439	122,57	119,53	5,88%	11,54	102,252
Asos I	14	43,49	394	122,57	120,93	4,78%	8,34	73,963
Fe I	14	58,87	167	122,57	119,13	6,19%	2,10	18,632
Fe T	12	64,80	492	122,57	119,81	5,66%	12,44	110,224
Asos T	12	53,51	451	122,57	120,27	5,30%	8,56	75,909
Lab 1 V	12	36,83	410	122,57	122,33	3,68%	0,78	6,956
Lab 3 V3	12	45,12	410	122,57	122,27	3,72%	0,96	8,530
Lab 4 V2	12	15,70	410	122,57	122,47	3,57%	0,67	5,917
Lab 5 V5	12	18,70	410	122,57	122,45	3,59%	0,80	7,050
							Total	498,237
Tablero BIPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
L5 I	14	21,24	417	122,47	121,15	4,60%	4,56	40,387
L4 I	14	27,00	417	122,47	120,80	4,88%	5,83	51,639
L5 T1	12	12,30	431	122,47	121,96	3,97%	1,74	15,461
L5 T2	12	15,00	431	122,47	121,85	4,06%	2,13	18,889
L5 T3	12	9,26	431	122,47	122,08	3,87%	1,31	11,615
L5 T4	12	11,92	431	122,47	121,97	3,96%	1,69	14,979

L5 T5	12	8,55	431	122,47	122,11	3,85%	1,21	10,720
L4 T1	12	9,83	431	122,47	122,06	3,89%	1,39	12,335
L4 T2	12	9,52	431	122,47	122,07	3,88%	1,35	11,944
L4 T3	12	12,80	431	122,47	121,94	3,99%	1,82	16,095
L4 T4	12	12,50	431	122,47	121,95	3,98%	1,77	15,714
L4 T5	12	15,97	431	122,47	121,81	4,09%	2,27	20,124
							Total	239,902
Tablero BCPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
L1 I	14	16,61	417	122,34	121,31	4,48%	3,55	31,502
L1 T1	12	15,92	492	122,34	121,59	4,26%	2,97	26,297
L1 T2	12	11,67	492	122,34	121,79	4,11%	2,17	19,213
L1 T3	12	10,49	492	122,34	121,84	4,06%	1,95	17,255
L1 T4	12	7,70	492	122,34	121,97	3,96%	1,43	12,638
							Total	106,905
Tablero BPA2	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
H21 I	14	16,60	384	122,32	121,37	4,43%	3,01	26,699
P21 I	14	40,80	418	122,32	119,81	5,66%	9,00	79,794
P22 I	14	47,20	418	122,32	119,43	5,96%	10,48	92,904
A9 I	14	40,86	354	122,32	120,19	5,36%	6,43	56,980
A10 I	14	39,20	354	122,32	120,27	5,30%	6,16	54,588
A11 I	14	55,15	354	122,32	119,46	5,94%	8,78	77,847
A12 I	14	59,17	354	122,32	119,26	6,10%	9,46	83,805
A13 I	14	58,87	394	122,32	118,94	6,34%	11,68	103,488
A14 I	14	46,60	354	122,32	119,90	5,59%	7,37	65,303
A15 I	14	46,00	354	122,32	119,93	5,57%	7,27	64,429
A16 I	14	46,78	354	122,32	119,89	5,60%	7,40	65,565
A17 I	14	43,44	354	122,32	120,06	5,47%	6,85	60,711
A18 I	14	25,46	354	122,32	120,98	4,74%	3,95	35,040
A19 I	14	26,04	354	122,32	120,95	4,76%	4,05	35,856
A9-10 T	12	48,26	410	122,32	120,43	5,17%	6,37	56,427
A15-17 T	12	56,19	555	122,32	119,37	6,01%	13,81	122,413
S C1 P2	8	58,87	410	122,32	120,81	4,87%	3,05	27,049
S C2 P2	8	46,00	492	122,32	120,90	4,80%	3,43	30,389
							Total	1139,287
Tablero BPA3	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
Coor I	14	16,60	354	122,05	121,18	4,58%	2,57	22,773
H31 I	14	40,80	343	122,05	120,00	5,52%	6,04	53,568
P31 I	14	47,20	397	122,05	119,31	6,05%	9,48	84,010
P32 I	14	40,86	335	122,05	120,04	5,48%	5,75	50,949
A20 I	14	39,20	354	122,05	120,01	5,50%	6,19	54,826
A21 I	14	55,15	354	122,05	119,20	6,14%	8,82	78,183
SD1 I	14	59,17	354	122,05	119,00	6,30%	9,50	84,167
A22 I	14	58,87	354	122,05	119,02	6,29%	9,45	83,720
A23 I	14	46,60	354	122,05	119,64	5,80%	7,40	65,586

A24 I	14	46,00	354	122,05	119,67	5,77%	7,30	64,709
SD2 I	14	46,78	354	122,05	119,63	5,81%	7,43	65,850
A25 I	14	43,44	354	122,05	119,80	5,67%	6,88	60,975
A26 I	14	25,46	264	122,05	121,05	4,68%	2,20	19,506
CHG I	14	26,04	354	122,05	120,69	4,97%	4,06	36,013
A23-25 T	12	56,19	759	122,05	118,06	7,04%	26,40	233,978
CH-A26 T	12	34,42	328	122,05	120,70	4,96%	2,89	25,641
S C1 P3	8	58,87	410	122,05	120,55	5,08%	3,07	27,168
S C2 P3	12	33,36	492	122,05	120,64	5,01%	3,44	30,523
							Total	1142,144
Tablero BSD	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
SD1 T1	12	45,92	369	121,83	121,52	4,31%	0,91	8,083
SD1 T2	8	58,87	410	121,83	121,56	4,29%	0,90	7,999
SD1 T3	8	46,00	410	121,83	121,63	4,23%	0,67	5,927
SD12 T1	12	14,10	431	121,85	121,41	4,40%	1,52	13,470
SD12 T4	12	22,46	472	121,85	121,54	4,30%	1,29	11,417
							Total	46,895
Tablero BLPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
L3 I	12	29,25	472	122,05	121,22	4,55%	1,97	17,428
L3 T1	12	54,03	369	122,05	121,74	4,14%	0,91	8,054
L3 T2	12	46,25	369	122,05	121,80	4,09%	0,73	6,453
L3 T3	12	46,25	369	122,05	121,87	4,04%	0,54	4,782
L3 T4	12	25,37	369	122,05	121,88	4,03%	0,49	4,336
L3 T5	12	46,71	615	122,05	121,69	4,18%	1,74	15,458
L3 T6	12	55,57	369	122,05	121,77	4,12%	0,84	7,411
							Total	63,922

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 20. Datos sobre las caídas de voltaje y pérdidas en los tableros secundarios del bloque B al aplicar el cambio de posición del Tap.

Tablero BAPA	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
Ascensor	6	25,00	6150	128,51	127,75	-0,59%	27,03	239,566
							Total	239,566
Tablero BPA1	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
H1 I	14	16,60	378	129,13	128,10	-0,86%	2,61	23,157
P11 I	14	40,80	397	129,13	126,48	0,41%	7,29	64,621
P12 I	14	47,20	460	129,13	125,61	1,10%	11,47	101,634
A1 I	14	40,86	354	129,13	126,76	0,19%	5,78	51,224
A2 I	14	39,20	354	129,13	126,86	0,11%	5,54	49,069
A3 I	14	55,15	354	129,13	125,95	0,83%	7,90	70,031
A4 I	14	58,87	354	129,13	125,74	0,99%	8,46	75,004
A5 I	14	46,00	354	129,13	126,47	0,42%	6,54	57,934
A6 I	14	43,44	354	129,13	126,62	0,30%	6,16	54,585
A7 I	14	25,46	354	129,13	127,65	-0,51%	3,55	31,477
A8 I	14	26,04	354	129,13	127,61	-0,48%	3,63	32,211
A12 T	12	48,26	451	129,13	126,82	0,14%	6,95	61,565
A56 T	12	56,19	369	129,13	126,93	0,05%	5,40	47,903
A78 T	12	34,42	287	129,13	128,08	-0,85%	1,97	17,436
S C1 P1	8	58,87	328	129,13	127,79	-0,62%	1,75	15,473
S C2 P1	8	46,00	410	129,13	128,14	-0,90%	2,12	18,785
							Total	772,107
Tablero BPPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
H0 I	14	16,60	419	129,22	128,07	-0,84%	3,22	28,582
P01 I	14	40,80	355	129,22	126,84	0,12%	5,80	51,440
P02 I	14	47,20	439	129,22	125,85	0,91%	10,41	92,249
Asos I	14	43,49	394	129,22	127,40	-0,31%	7,52	66,641
Fe I	14	58,87	167	129,22	125,40	1,26%	1,90	16,816
Fe T	12	64,80	492	129,22	126,16	0,66%	11,22	99,415
Asos T	12	53,51	451	129,22	126,66	0,27%	7,72	68,436
Lab 1 V	12	36,83	410	129,22	128,95	-1,54%	0,71	6,260
Lab 3 V3	12	45,12	410	129,22	128,89	-1,49%	0,87	7,676
Lab 4 V2	12	15,70	410	129,22	129,11	-1,66%	0,60	5,324
Lab 5 V5	12	18,70	410	129,22	129,09	-1,64%	0,72	6,343
							Total	449,182
Tablero BIPB	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
L5 I	14	21,24	417	129,12	127,66	-0,52%	4,10	36,379
L4 I	14	27,00	417	129,12	127,26	-0,21%	5,25	46,529
L5 T1	12	12,30	431	129,12	128,55	-1,22%	1,57	13,916
L5 T2	12	15,00	431	129,12	128,42	-1,12%	1,92	17,004
L5 T3	12	9,26	431	129,12	128,69	-1,33%	1,18	10,454

L5 T4	12	11,92	431	129,12	128,57	-1,23%	1,52	13,482
L5 T5	12	8,55	431	129,12	128,72	-1,36%	1,09	9,647
L4 T1	12	9,83	431	129,12	128,66	-1,31%	1,25	11,102
L4 T2	12	9,52	431	129,12	128,68	-1,32%	1,21	10,749
L4 T3	12	12,80	431	129,12	128,53	-1,20%	1,63	14,487
L4 T4	12	12,50	431	129,12	128,54	-1,21%	1,60	14,144
L4 T5	12	15,97	431	129,12	128,38	-1,09%	2,04	18,116
							Total	216,008
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
BCPB								
L1 I	14	16,61	417	128,98	127,84	-0,66%	3,20	28,368
L1 T1	12	15,92	492	128,98	128,14	-0,90%	2,67	23,675
L1 T2	12	11,67	492	128,98	128,36	-1,07%	1,95	17,294
L1 T3	12	10,49	492	128,98	128,43	-1,12%	1,75	15,531
L1 T4	12	7,70	492	128,98	128,57	-1,24%	1,28	11,374
							Total	96,242
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
BPA2								
H21 I	14	16,60	384	128,96	127,90	-0,71%	2,71	24,041
P21 I	14	40,80	418	128,96	126,17	0,65%	8,12	71,952
P22 I	14	47,20	418	128,96	125,75	0,99%	9,46	83,804
A9 I	14	40,86	354	128,96	126,59	0,32%	5,80	51,363
A10 I	14	39,20	354	128,96	126,69	0,25%	5,55	49,202
A11 I	14	55,15	354	128,96	125,78	0,96%	7,92	70,219
A12 I	14	59,17	354	128,96	125,56	1,14%	8,53	75,609
A13 I	14	58,87	394	128,96	125,20	1,41%	10,54	93,394
A14 I	14	46,60	354	128,96	126,27	0,58%	6,64	58,881
A15 I	14	46,00	354	128,96	126,30	0,55%	6,55	58,091
A16 I	14	46,78	354	128,96	126,26	0,59%	6,67	59,118
A17 I	14	43,44	354	128,96	126,44	0,44%	6,18	54,732
A18 I	14	25,46	354	128,96	127,47	-0,37%	3,56	31,563
A19 I	14	26,04	354	128,96	127,44	-0,35%	3,64	32,299
A9-10 T	12	48,26	410	128,96	126,86	0,11%	5,74	50,853
A15-17 T	12	56,19	555	128,96	125,68	1,04%	12,46	110,429
S C1 P2	8	58,87	410	128,96	127,28	-0,22%	2,75	24,369
S C2 P2	8	46,00	492	128,96	127,38	-0,30%	3,09	27,376
							Total	1027,294
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
BPA3								
Coor I	14	16,60	354	128,67	127,71	-0,56%	2,31	20,504
H31 I	14	40,80	343	128,67	126,39	0,48%	5,45	48,284
P31 I	14	47,20	397	128,67	125,63	1,08%	8,55	75,770
P32 I	14	40,86	335	128,67	126,44	0,44%	5,18	45,921
A20 I	14	39,20	354	128,67	126,41	0,46%	5,58	49,417
A21 I	14	55,15	354	128,67	125,51	1,17%	7,96	70,523
SD1 I	14	59,17	354	128,67	125,29	1,35%	8,57	75,935
A22 I	14	58,87	354	128,67	125,30	1,34%	8,52	75,530

A23 I	14	46,60	354	128,67	125,99	0,79%	6,67	59,136
A24 I	14	46,00	354	128,67	126,03	0,77%	6,58	58,343
SD2 I	14	46,78	354	128,67	125,98	0,80%	6,70	59,374
A25 I	14	43,44	354	128,67	126,17	0,65%	6,20	54,970
A26 I	14	25,46	264	128,67	127,57	-0,45%	1,98	17,565
CHG I	14	26,04	354	128,67	127,16	-0,13%	3,66	32,440
A23-25 T	12	56,19	759	128,67	124,24	2,18%	23,84	211,280
CH-A26 T	12	34,42	328	128,67	127,17	-0,14%	2,61	23,097
S C1 P3	8	58,87	410	128,67	127,00	0,00%	2,76	24,476
S C2 P3	12	33,36	492	128,67	127,10	-0,08%	3,10	27,496
							Total	1030,060
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
BSD								
SD1 T1	12	45,92	369	128,44	128,10	-0,87%	0,82	7,274
SD1 T2	8	58,87	410	128,44	128,14	-0,90%	0,81	7,198
SD1 T3	8	46,00	410	128,44	128,22	-0,96%	0,60	5,333
SD12 T1	12	14,10	431	128,46	127,97	-0,77%	1,37	12,123
SD12 T4	12	22,46	472	128,46	128,12	-0,88%	1,16	10,275
							Total	42,203
Tablero	Calibre	Distancia (m)	Potencia [W]	Voltaje Barra F-N [V]	Voltaje Carga F-N [V]	Caída Voltaje [%]	Pérdidas [W]	Pérdidas [Wh]
BLPB								
L3 I	12	29,25	472	128,67	127,75	-0,59%	1,77	15,692
L3 T1	12	54,03	369	128,67	128,33	-1,05%	0,82	7,248
L3 T2	12	46,25	369	128,67	128,40	-1,10%	0,66	5,807
L3 T3	12	46,25	369	128,67	128,47	-1,16%	0,49	4,303
L3 T4	12	25,37	369	128,67	128,49	-1,17%	0,44	3,902
L3 T5	12	46,71	615	128,67	128,28	-1,01%	1,57	13,912
L3 T6	12	55,57	369	128,67	128,36	-1,07%	0,75	6,669
							Total	57,532

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 21. Reporte ETAP de flujo desbalanceado del estado actual del bloque A y B.

Proyecto:	ETAP	Página:	4
Ubicación:	12.6.0H	Fecha:	02-21-2017
Contrato:		SN:	
Ingeniero:		Revisión:	Base
Nombre de Archivo:	UTC	Caso de Estudio:	ULF
		Config.:	Normal

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga					XFMR		
ID	V	Fase	V	Áng.	kW	kvar	kW	kvar	ID	Fase	kW	kvar	Amp	% FP	% Torna
									Secundario	A	33.9	11.6	4.5	94.7	
										B	35.8	12.0	4.7	94.8	
										C	34.5	13.4	4.6	93.2	
										N			0.0		
Secundario	220	A	125	-151.0	0.0	0.0	0.0	0.0	TDP	A	34.4	10.8	287.2	95.4	
		B	125	89.0	0.0	0.0	0.0	0.0		B	36.0	11.6	301.4	95.2	
		C	125	-30.9	0.0	0.0	0.0	0.0		C	32.8	10.8	275.1	94.9	
										N			19.9		
									Primario	A	-34.4	-10.8	287.2	95.4	
										B	-36.0	-11.6	301.4	95.2	
										C	-32.8	-10.8	275.1	94.9	
										N			19.9		
SLPB	220	A	124	-150.7	0.0	0.0	2.6	0.8	TGA	A	-2.6	-0.8	21.7	95.2	
		B	122	89.2	0.0	0.0	4.4	1.4		B	-4.4	-1.4	38.1	95.2	
		C	124	-31.2	0.0	0.0	2.8	0.9		C	-2.8	-0.9	23.9	95.2	
										N			15.2		
TDP	220	A	125	-151.0	0.0	0.0	0.0	0.0	TGA	A	19.0	6.1	159.3	95.2	
		B	125	88.9	0.0	0.0	0.0	0.0		B	26.9	8.6	225.9	95.2	
		C	125	-31.0	0.0	0.0	0.0	0.0		C	22.0	7.1	184.2	95.1	
										N			57.9		
									TGB	A	15.3	4.7	127.9	95.6	
										B	9.0	2.9	75.6	95.1	
										C	10.8	3.7	90.8	94.5	
										N			48.6		
									Secundario	A	-34.3	-10.8	287.2	95.4	
										B	-35.9	-11.6	301.4	95.2	
										C	-32.7	-10.8	275.1	94.9	
										N			19.9		
TGA	220	A	125	-151.0	0.0	0.0	0.0	0.0	ALPB	A	0.0	0.0	0.0	0.0	
		B	125	88.9	0.0	0.0	0.0	0.0		B	0.0	0.0	0.0	0.0	
		C	125	-31.1	0.0	0.0	0.0	0.0		C	0.0	0.0	0.0	0.0	
										N			0.0		
									APA1	A	3.6	1.1	30.1	95.2	
										B	4.4	1.4	37.3	95.2	
										C	2.8	0.9	23.3	95.2	
										N			12.1		

Fuente. Coordinadores del proyecto

Anexo 22. Reporte ETAP de flujo desbalanceado con la propuesta del bloque A y B.

Proyecto:	ETAP	Página:	4
Ubicación:	12.6.0H	Fecha:	02-21-2017
Contrato:		SN:	
Ingeniero:	Caso de Estudio: ULF	Revisión:	Base
Nombre de Archivo: UTC		Config.:	Normal

Barra		Tensión		Generación		Carga		Flujo de Carga					XFMR		
ID	V	Fase	V	Áng.	kW	kvar	kW	kvar	ID	Fase	kW	kvar	Amp	% FP	% Toma
									Secundario	A	34.2	12.4	4.6	94.0	
									B	34.4	11.9	4.6	94.5		
									C	34.7	12.4	4.6	94.2		
									N				0.0		
Secundario	220	A	125	-151.0	0.0	0.0	0.0	0.0	TDP	A	33.7	10.7	281.6	95.3	
		B	125	89.0	0.0	0.0	0.0	0.0		B	34.2	11.1	286.9	95.1	
		C	125	-31.0	0.0	0.0	0.0	0.0		C	34.4	11.4	288.6	94.9	
										N				6.2	
									Primario	A	-33.7	-10.7	281.6	95.3	
									B	-34.2	-11.1	286.9	95.1		
									C	-34.4	-11.4	288.6	94.9		
									N					6.2	
SLFB	220	A	123	-151.0	0.0	0.0	3.4	1.1	TGA	A	-3.4	-1.1	29.1	95.2	
		B	123	89.0	0.0	0.0	2.9	0.9		B	-2.9	-0.9	24.7	95.2	
		C	122	-30.9	0.0	0.0	3.5	1.1		C	-3.5	-1.1	29.9	95.2	
										N				4.7	
TDP	220	A	125	-151.1	0.0	0.0	0.0	0.0	TGA	A	22.4	7.2	188.7	95.2	
		B	125	88.9	0.0	0.0	0.0	0.0		B	22.4	7.2	188.9	95.2	
		C	124	-31.1	0.0	0.0	0.0	0.0		C	22.6	7.2	190.5	95.2	
										N				1.6	
									TGB	A	11.1	3.3	92.9	95.8	
									B	11.6	3.8	98.0	95.2		
									C	11.5	4.0	98.1	94.6		
									N					4.6	
									Secundario	A	-33.5	-10.5	281.6	95.4	
									B	-34.0	-10.9	286.9	95.2		
									C	-34.1	-11.2	288.6	95.0		
									N					6.2	
TGA	220	A	125	-151.1	0.0	0.0	0.0	0.0	ALFB	A	0.0	0.0	0.0	0.0	
		B	125	88.9	0.0	0.0	0.0	0.0		B	0.0	0.0	0.0	0.0	
		C	124	-31.1	0.0	0.0	0.0	0.0		C	0.0	0.0	0.0	0.0	
										N				0.0	
									APA1	A	4.2	1.3	35.1	95.2	
									B	3.8	1.2	32.1	95.2		
									C	2.7	0.9	23.2	95.2		
									N					10.8	

Fuente. Coordinadores del proyecto