

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Estudio Piloto del Consumo Energético de la
Universidad San Francisco de Quito
Propuesta metodológica**

**Eréndira Maité Cárdenas Quiroz
Sofía Carolina Villacreses Portero**

Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención del
título de Ingeniera Electrónica

Quito, 13 de mayo de 2016

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERÍA**

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Estudio Piloto del Consumo Energético de la Universidad San
Francisco de Quito**

Eréndira Cárdenas

Sofía Villacreses

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Diego Benítez, PhD

Firma del profesor

Quito, 13 de mayo de 2016

Derechos de Autor

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma de las estudiantes:

Nombres y apellidos: Eréndira Maite Cárdenas Quiroz

Código: 00106842

Cédula de Identidad: 1721609111

Firma de las estudiantes:

Nombres y apellidos: Sofía Carolina Villacreses Portero

Código: 00107257

Cédula de Identidad: 1714826375

Lugar y fecha: Quito, mayo de 2016

Agradecimientos

A nuestros padres por su apoyo y amor incondicional durante nuestra formación académica y personal. A la Empresa Eléctrica Quito por disponibilidad y cooperación con su personal y su equipo. Al personal de biblioteca y planta física por su ayuda e información a lo largo de nuestro trabajo. A nuestro tutor, Diego Benítez por sus constantes correcciones y por ser una importante guía. Finalmente, a nuestros amigos por su ánimo y su alegría que nos ayudaron a seguir adelante con nuestras metas.

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla un plan piloto de ahorro energético para la Universidad San Francisco de Quito con el objetivo de hallar los equipos de mayor consumo, posibles fallas eléctricas, y proponer soluciones óptimas, que sean capaces de contribuir con dicho ahorro. Los datos recolectados fueron obtenidos mediante el uso de un analizador industrial de potencia, el cual fue proporcionado e instalado por la Empresa Eléctrica Quito (EEQ). Estos datos corresponden únicamente a dos áreas de la universidad, no a la totalidad de sus edificaciones e instalaciones. Las dos áreas fueron seleccionadas en base a los resultados obtenidos en estudios energéticos previos resumidos en las tesis de dos ex alumnos de la Universidad, en las cuales se comprueba que las áreas seleccionadas corresponden a las más representativas dentro del consumo energético total de la universidad. Las mediciones fueron realizadas en dos periodos; durante el primero, correspondiente a un periodo de vacaciones en la Universidad, la mayoría de los equipos no se encuentran funcionando con su máxima carga, mientras que en el segundo periodo ocurre todo lo contrario, ya que la universidad retoma sus actividades laborales y estudiantiles normales y por lo tanto está trabajando a carga completa. Este documento presenta las gráficas de los picos y el comportamiento energético diario del consumo de energía. Se explica detalladamente la distribución de cargas en el tablero de distribución del transformador en el que se trabaja. Se hace un análisis detallado del consumo energético correspondiente, y se concluye con un aporte de recomendaciones y/o medidas a tomar para conseguir una disminución en el consumo, y consecuentemente ahorro de energía.

Palabras clave: Plan piloto, ahorro, energía y consumo energético.

ABSTRACT

This project develops a pilot energy saving plan for Universidad San Francisco de Quito with the aim of finding possible power failures and propose optimal solutions that are able to contribute to this savings plan. Data were obtained by employing an industrial power analyzer, which was provided and installed by Empresa Eléctrica Quito. Data were collected in only two areas of the University, not in all of the buildings and installations of the University. The two areas under study were selected based on the results of previous energy audit studies which are summarized in the final year projects of two alumni students from the University, in such works, it was found that these areas are the most representative from the total energy consumption in the university. Measurements were made during two periods; during the first period, corresponding to a vacation period, the equipment installed in such areas were not operating at its maximum load, while in the second period the opposite occurs, since the university resumed its normal operation and student activities and therefore loads were working at full. This paper presents graphics of the daily energy peaks and energy consumption behavior. Load distribution at the distribution panel of the operating transformer is explained in detail. A detailed analysis of the energy consumption was made and finally a set of possible recommendations and / or measures that should be taken to achieve a reduction in consumption are provided, in order to save energy.

Keywords: pilot plan, saving energy and energy Plan.

TABLA DE CONTENIDO

Abstract.....	6
Antecedentes.....	10
Introducción.....	11
Aires acondicionados	14
Cuartos Fríos	16
Desarrollo del Tema	17
Metodología	17
Detalle de planillas de luz de la USFQ	21
Información y detalle del consumo energético de la USFQ durante el 2015.....	23
Análisis de las planillas de luz de los meses en estudio.....	27
Diciembre.....	27
Enero.....	28
Febrero.....	29
Resultados y Análisis	30
Comparación consumo energético 2015 y 2016	30
Análisis de los datos tomados por los analizadores de potencia	34
Área 1.....	34
Área 2.....	38
Análisis de temperatura de cables	41
Conclusiones y Recomendaciones	42
Referencias bibliográficas	47
Anexo A: Informe de mediciones área 1	48
Anexo B: Informe de mediciones área 2	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones de aires acondicionados Biblioteca.	15
Tabla 2: Especificaciones de los motores de los cuartos fríos de las cocinas de la USFQ.	16
Tabla 3: Detalle del panel de distribución para el transformador de 630kVA.....	18
Tabla 4: Detalle del panel de distribución para el transformador de 75kVA.....	19
Tabla 5: Detalle de las áreas de medición.....	20
Tabla 6: Descripción de las partes de una planilla de luz de la USFQ	22
Tabla 7: Detalle de la planilla del mes de diciembre	27
Tabla 8: Valores a pagar por el servicio eléctrico del mes de diciembre.....	28
Tabla 9: Detalle de la planilla del mes de enero	29
Tabla 10: Valores a pagar por el servicio eléctrico del mes de enero.....	29
Tabla 11: Detalle de la planilla del mes de febrero.....	30
Tabla 12: Valores a pagar por el servicio eléctrico del mes de enero.....	30
Tabla 13: Se describe las características de los cables de las áreas en medición.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Datos de placa aire acondicionado York D2CE240A25C.....	16
Figura 2: Diagrama unifilar del sistema eléctrico principal de la USFQ.....	17
Figura 3: Panel de distribución 630kVA.....	18
Figura 4: Diagrama unifilar del panel de distribución 1.....	19
Figura 5: Panel de distribución 75kVA.....	19
Figura 6: Diagrama unifilar del panel de distribución 2.....	20
Figura 7: Conexión del analizador industrial de potencia en el área de cuartos fríos.....	21
Figura 8: Ejemplo planilla de luz de la USFQ.....	22
Figura 9: Gráfica del consumo energético de la USFQ durante el 2015.....	24
Figura 10: Gráfica del costo del consumo energético de la USFQ en el 2015.....	24
Figura 11: Gráfica de la demanda facturable durante el 2015.....	25
Figura 12: Gráfica de la demanda máxima energética de cada mes durante el 2015.....	26
Figura 13: Gráfica del costo total de la planilla de luz durante el 2015.....	26
Figura 14: Gráfica comparativa del consumo energético de la USFQ durante el 2015 y el 2016.....	31
Figura 15: Gráfica comparativa del valor de consumo energético de la USFQ durante el 2015 y el 2016.....	32
Figura 16: Gráfica comparativa de la demanda facturable durante el 2015 y el 2016.....	32
Figura 17: Gráfica comparativa 2015-2016 del costo de la demanda de la USFQ.....	33
Figura 18: Gráfica comparativa 2015-2016 del costo total de la planilla de luz de la USFQ..	33
Figura 19: Gráfico del consumo energético del área 1 de la USFQ en el día 25/12/2015.....	35
Figura 20: Gráfico del consumo energético del área 1 de la USFQ en el día 30/12/2015.....	35
Figura 21: Gráfico del consumo energético del área 1 de la USFQ en el día 15/12/2015.....	36
Figura 22: Gráfico del consumo energético del área 1 de la USFQ en el día 21/12/2015.....	37
Figura 23: Gráfico del consumo energético del área 2 de la USFQ en el día 25/12/2015.....	38
Figura 24: Gráfico del consumo energético del área 2 de la USFQ en el día 05/01/2016.....	39
Figura 25: Gráfica del consumo energético del área 2 de la USFQ en el día 18/02/2016.....	40
Figura 26: Gráfica del consumo energético del área 2 de la USFQ en el día 21/02/2016.....	40
Figura 27: Esquema ilustrativo de los ductos de ventilación del segundo piso de la biblioteca.....	43
Figura 28: Lutron MS-OPS2H Sensor Switch, Light.....	45
Figura 29: Sensor de presencia “Switch Sensor”. El Sensor del lado izquierdo es para techos y el del derecho para paredes.....	45

ANTECEDENTES

El consumo de energía eléctrica en la Universidad San Francisco de Quito es un rubro representativo que se ve reflejado en el costo de las planillas de luz eléctrica facturadas mensualmente. Resulta de gran interés tanto ambiental como económico la reducción de dicho consumo. Santiago Báez y Marco Corrales, dos ex estudiantes de la Universidad San Francisco de Quito, en los años 2011 y 2014 respectivamente, llevaron a cabo estudios sobre el consumo de energía eléctrica en la Universidad, presentados en sus tesis de grado. Santiago Báez, ex alumno de Ecología aplicada, realizó un análisis del consumo energético-eléctrico de la Universidad, con el objetivo de reducir el impacto ambiental provocado por el consumo excesivo de energía en esta institución (Báez, 2011). Años posteriores, Marco Corrales, ex estudiante de Administración de Empresas, propuso un plan para reducir el consumo de energía eléctrica en la Universidad, con el objetivo de: "...dar a conocer las potenciales áreas de ahorro que se relacionan con el consumo de energía en la Universidad San Francisco. Recomendaciones costo- beneficio, políticas internas y nuevas perspectivas que se espera puedan mostrar acciones para resolver las ineficiencias en el uso de energía e implementar nuevas iniciativas en sus programas con respecto a los usos de la misma" (Corrales, 2014). Gracias a la información de ambas tesis, se conoce que; las fuentes lumínicas representan el 44% del consumo energético de la Universidad ya que existe un gran desperdicio en el uso de estas, la Universidad gasta entre 3 y 7 veces más en energía eléctrica por estudiante que otras universidades de Quito y que las áreas de mayor consumo son la biblioteca conjuntamente con el área de cocina (Báez, 2011). Debido al interés por parte de la Universidad en lograr una reducción en el consumo energético, el departamento de Ingeniería Ambiental conjuntamente con el apoyo de otros colegios, proponen llevar a cabo un análisis del consumo para identificar posibles puntos de ahorro.

INTRODUCCIÓN

El consumo energético es un factor de mucha importancia en el desarrollo económico de cualquier país (Centro de Eficiencia Energética de Unión Fenosa, 2006). La continua urbanización mundial de una población que cada vez va en aumento, de la mano con el desarrollo tecnológico, han producido un incremento representativo en el consumo de energía (Bonilla, Ascenico, Vanegas, Millan, & Alarcón, 2009).

A partir de los años 60, la conciencia ambiental ha ido cobrando mayor fuerza. Cada vez existen más leyes y un mayor número de personas especializadas que se dedican a la protección del medio ambiente. Por esta razón, hoy en día el ahorro de energía tanto en hogares como en industrias, empresas o instituciones públicas y privadas, cobra cada vez mayor importancia. Además desde el punto de vista ambiental, un decremento del uso energético, también implica un gran ahorro en el ámbito económico (Ortúzar, 2014). La insostenibilidad de este ritmo de demanda energética se manifiesta y se hace notable en varios países del mundo a través de la contaminación atmosférica, las inundaciones de valles, agotamiento paulatino de petróleo y carbón, entre otras (Bonilla, Ascenico, Vanegas, Millan, & Alarcón, 2009).

En el presente proyecto de titulación se analiza el consumo energético y se desarrolla un plan piloto de ahorro energético para la Universidad San Francisco de Quito con el objetivo de determinar los equipos de mayor consumo y posibles fallas en las zonas inspeccionadas. Un punto importante de nuestro análisis es el factor de potencia debido a que mediante este se puede conocer si la energía eléctrica está siendo aprovechada eficientemente.

Basado en los resultados de las tesis antes mencionadas, los puntos de interés en los cuales se enfoca el análisis del presente proyecto corresponden al área de cocinas y la biblioteca,

haciendo énfasis en los cuartos fríos y aires acondicionados existentes en dichas zonas. Se divide así el análisis en dos áreas. La primera área abarca los aires acondicionados y luminarias localizados en la biblioteca. Y la segunda área abarca los cuartos fríos, luminaria y demás cargas como hornos y cocinas del área de gastronomía de la universidad, además de unas pequeñas oficinas del Colegio de Hospitalidad, Arte culinario y Turismo situadas en la parte posterior del Edificio Cicerón.

Para realizar las mediciones de potencia en las áreas de interés se emplea un analizador industrial de potencia eléctrica, Fluke 1744 Power Quality Logger Memobox. Este equipo fue proporcionado por la Empresa Eléctrica Quito. Los funcionarios de esta institución se mostraron muy amables y abiertos a ayudar en este estudio. Personal especializado de esta entidad visitó las instalaciones de la USFQ para realizar la conexión e instalación del equipo de medición en los paneles de distribución las áreas de interés. Las mediciones fueron realizadas en dos periodos, los cuales se detallan en la sección de metodología.

Con los datos obtenidos mediante el analizador industrial de potencia, se concreta el análisis de este proyecto, ya que se logra observar la variación de los datos entre ambos periodos de medición. Se realizan gráficas del consumo energético, mediante las cuales se puede observar de manera muy clara los picos de energía que se presentan en ciertos periodos del día. En la sección de Desarrollo, se detalla todos los procedimientos realizados, medidas tomadas y gráficas realizadas para el análisis energético del presente proyecto.

Finalmente, mediante la observación y comparación de los datos en ambos periodos, más las gráficas realizadas para el análisis, se establecen conclusiones y se brindan recomendaciones para lograr reducir el consumo energético de la Universidad San Francisco de Quito.

Justificación teórica

“Las luminarias cumplen funciones energéticas, mecánicas, térmicas y estéticas al distribuir espacialmente la luz generada por las fuentes de luz” (Dirección General de Industria, Energía y Minas, 2006). Según Báez, las fuentes lumínicas representan un 44% del total del gasto energético de la universidad, siendo la causa principal de consumo (Báez, 2011). Como un aporte adicional, según investigaciones y artículos científicos acerca de ahorro energético se ha encontrado que más del 50% de consumo de energía de una empresa o industria se produce debido a las luminarias, y la universidad no es una excepción (Ecologistas en acción, 2005).

Un analizador industrial de potencia es un registrador y analizador de calidad de la energía eléctrica (PCE Instruments, n.d.). El Fluke 1744, equipo con el cual se trabaja, es un dispositivo que registra y analiza potencia, flicker y armónicos en sistemas trifásicos. Tiene indicadores LEDs y provee la medida de los parámetros eléctricos más comunes: voltaje [V], corriente [A], potencia activa [W], potencia aparente [VA], factor de potencia, energía y flicker (Cedesa, s.f.).

El factor de potencia es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, la cual debe coincidir con el coseno del ángulo formado entre la tensión y la corriente. Las cargas que analizamos en la universidad son mayoritariamente, en su naturaleza eléctrica, de carácter reactivo. Esto es debido a la presencia de equipos de refrigeración y motores. Este carácter reactivo conlleva sumar una potencia reactiva en KVAR, a la potencia activa dada en KW. Únicamente con ambas potencias se puede determinar el comportamiento operacional de los motores de aires acondicionados y cuartos fríos, entre otros. Entonces, a pesar de que la potencia reactiva no produzca un trabajo físico directo en los equipos, es necesaria para la producción de flujo electromagnético el cual pone en funcionamiento motores, transformadores, equipos de refrigeración y otros similares (Tuveras).

En otras palabras, el factor de potencia es un indicador sobre el correcto aprovechamiento de energía, es la cantidad de energía que se ha convertido en trabajo. El valor del factor de potencia es adimensional y se encuentra entre 0 y 1. El valor ideal es 1 y eso indica que toda la energía que es consumida por los aparados se ha transformado en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad representa un mayor consumo de energía para producir un trabajo útil (Comisión Federal de Electricidad).

La empresa eléctrica Quito impone una penalización para un factor de potencia menor a 0.92, entonces su corrección resultaría en una reducción del costo de facturación de energía eléctrica, conllevando así a grandes beneficios económicos. Entre otros beneficios de la corrección del factor de potencia, tenemos la disminución de pérdidas en los conductores, aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores y líneas, reducción de las pérdidas de las caídas de tensión y un incremento de la vida útil de las instalaciones eléctricas (Comisión Federal de Electricidad).

Un bajo factor de potencia se origina por la carga inductiva que algunos equipos requieren para su funcionamiento. Se tiene riesgo de bajo factor de potencia cuando existe un gran número de motores, presencia de equipos de refrigeración y aire acondicionado, una sub-utilización de la capacidad instalada en equipos electromecánicos, por una mala planificación y operación en el sistema eléctrico de la industria o por un mal estado físico de la red eléctrica y de equipos de la industria (Comisión Federal de Electricidad).

Aires acondicionados

En las instalaciones de la universidad existen alrededor de 30 aires acondicionados distribuidos en distintos edificios. En el presente documento nos vamos a centrar únicamente en los aires acondicionados que prestan servicio a la biblioteca, en esta área existen tres aires

acondicionados. Dos de ellos enfrían el segundo piso de la biblioteca, y el otro; un pequeño auditorio del tercer piso. Los tres aires acondicionados son de marca York y fueron instalados en el año 1995. Cada uno de estos aires acondicionados posee unidades de control para su operación. Los York D4CE150A25A y SB6015A-1F poseen un controlador automático cada uno de marca MT-512Ri; y el York D2CE240A25C, emplea un controlador de la misma marca. A continuación, en la Tabla 1 se brindan las especificaciones técnicas de estos tres aires acondicionados.

Tabla 1: Especificaciones de aires acondicionados Biblioteca.

Ubicación equipo	Marca	Modelo	Núm. Serie	Voltaje	Corriente	Hp	Núm. De Fases
Biblioteca piso 2	York	D2CE240A25C	NEGM056410	230 V	75 A	3	3
Biblioteca piso 2	York	D4CE150A25A	NEGM01742	230 V	66 A	3	3
Biblioteca auditorio	York	SB6015A-1F	8495C21728	220 V	-	-	1

Actualmente, el controlador automático ubicado en el segundo piso cerca de hemeroteca, está configurado para trabajar a 19.5 °C. El controlador del tercer piso está configurado para trabajar a 24°C. Pequeñas variaciones en estos valores, así sean de un grado, pueden significar mucho en cuestión de consumo/ahorro energético y en el derroche o ahorro económico.

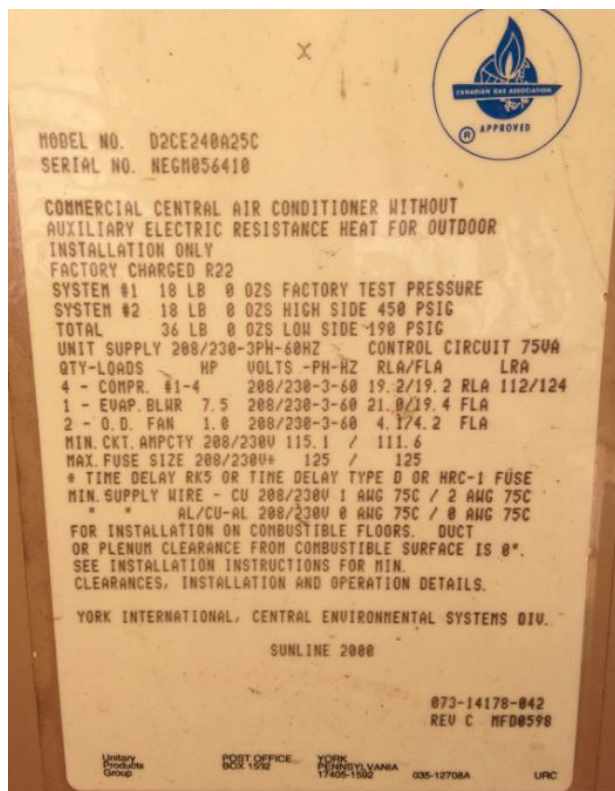


Figura 1: Datos de placa aire acondicionado York D2CE240A25C

Cuartos Fríos

En el área de la cocina existen en total seis cuartos fríos los cuales se mantienen a distintas temperaturas dependiendo de las necesidades de refrigeración de cada uno. En la Tabla 2 se indican las especificaciones de los motores de los cuartos fríos de las cocinas de la USFQ.

Tabla 2: Especificaciones de los motores de los cuartos fríos de las cocinas de la USFQ.

Ubicación equipo	Marca	Modelo	Núm. Serie	Voltaje	Corriente	Hp	Núm. De Fases
Cocinas	Heatcraft	FBA-095	M02E035742	230 V	1.4 A	1/25	1
Cocinas	Heatcraft	ADT130BJ	D95J07409	230 V	2.48 A	1/15	1
Cocinas	Heatcraft	ADT104BJ	D95K03987	230 V	2.48 A	1/15	1
Cocinas	Heatcraft	ADT130BJ	D95J07410	230 V	2.48 A	1/15	1
Cocinas	Heatcraft	AE26-60B	D9972325-068	230 V	-	1/20	1
Cocinas	Heatcraft			230 V	1.38 A	1/25	1

DESARROLLO DEL TEMA

Metodología

La Universidad San Francisco de Quito recibe un suministro energético de la Empresa Eléctrica Quito de 22,860kV, media tensión en comercial. Tiene dos cámaras de transformación: en la principal se encuentran dos transformadores de 630kVA y 75kVA; y en la segunda, un transformador de 500kVA. Para este proyecto nos enfocamos únicamente en la cámara de transformación principal. Donde se encuentran los distintos paneles de distribución de carga según áreas específicas. En la Tabla 3 y Tabla 4 se muestra el detalle de los paneles de la cámara principal. La Figura 2 muestra el diagrama unifilar general del sistema eléctrico de la USFQ.

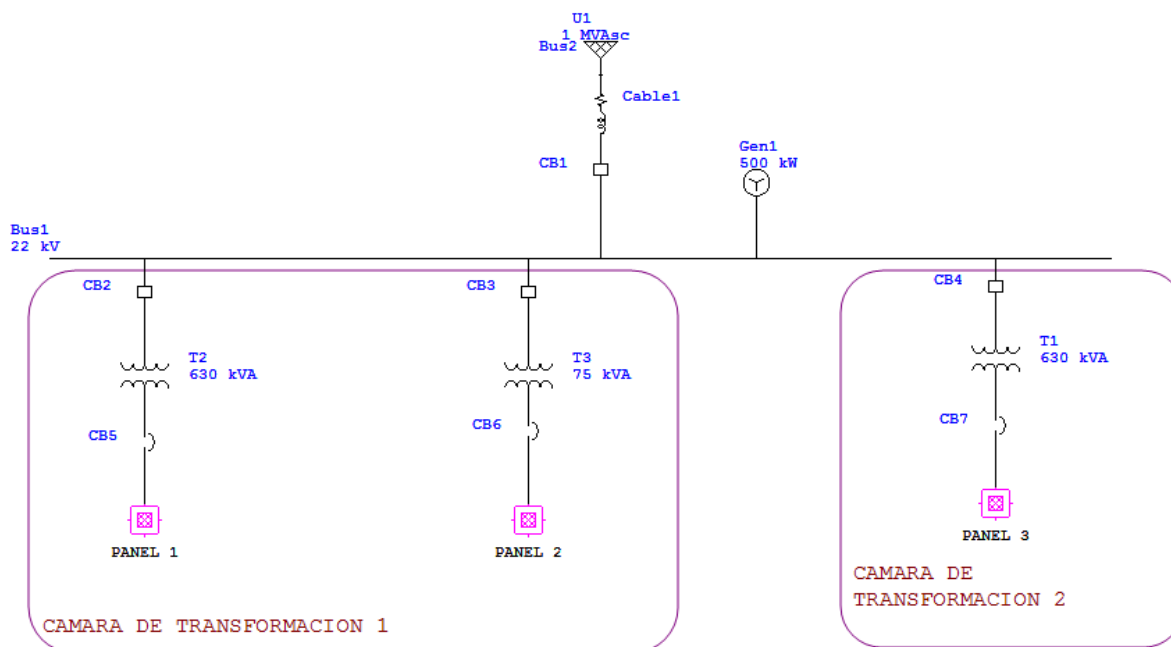


Figura 2: Diagrama unifilar del sistema eléctrico principal de la USFQ

Tabla 3: Detalle del panel de distribución para el transformador de 630kVA

Protecciones	Áreas	Amperaje [A]
1	Newton, Galileo, Einstein	600
2	Epicuro	150
3	Cicerón	300
4	Da Vinci	250
5	Comedor ejecutivo	150
6	Biblioteca	100
7	Trattoria	100
8	Teatro	100
9	Cafetería	500
10	Aires acondicionados	400

El disyuntor de protección correspondiente a aires acondicionados se encuentra ubicado a un costado del panel de distribución de 630kVA. En la Figura 4 y Figura 6 se muestran los diagramas unifilares de los paneles de distribución con los que se trabaja. Mientras que la y la muestran el detalle de protecciones de los paneles de distribución.



Figura 3: Panel de distribución 630kVA

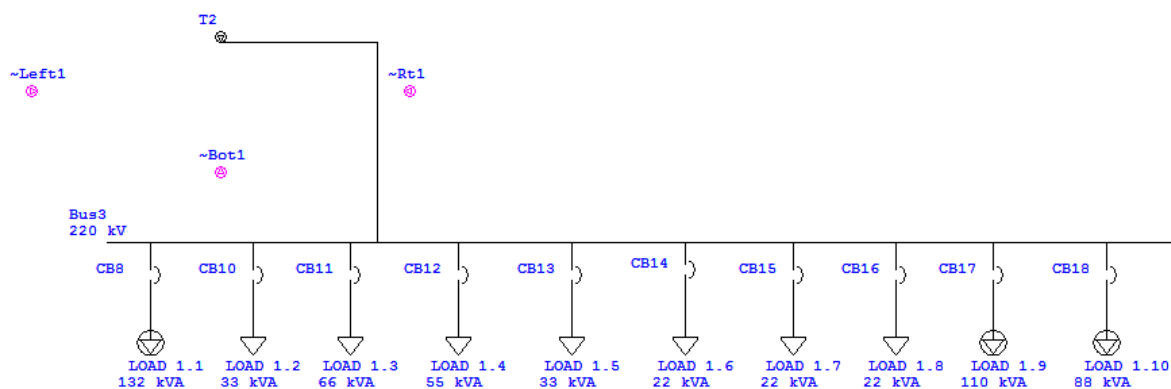


Figura 4: Diagrama unifilar del panel de distribución 1

Tabla 4: Detalle del panel de distribución para el transformador de 75kVA

Protecciones	Áreas	Amperaje [A]
1	Cicerón y Eugenio Espejo	150
2	Miguel de Santiago	60
3	Galileo y Einstein	125
4	Laboratorio Da Vinci	250
5	Laboratorios Cicerón y Cafetería	70

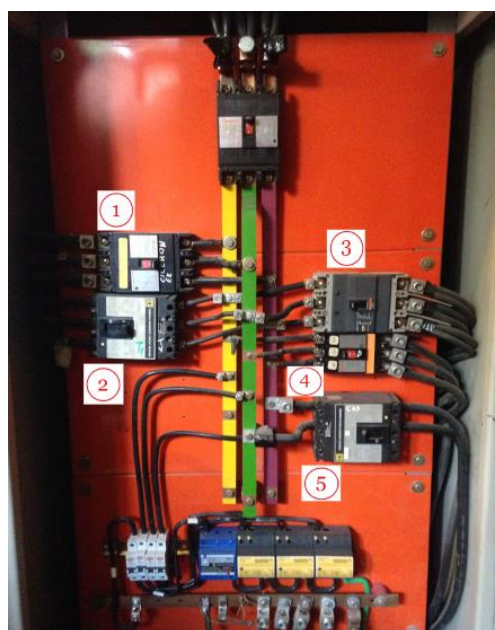


Figura 5: Panel de distribución 75kVA

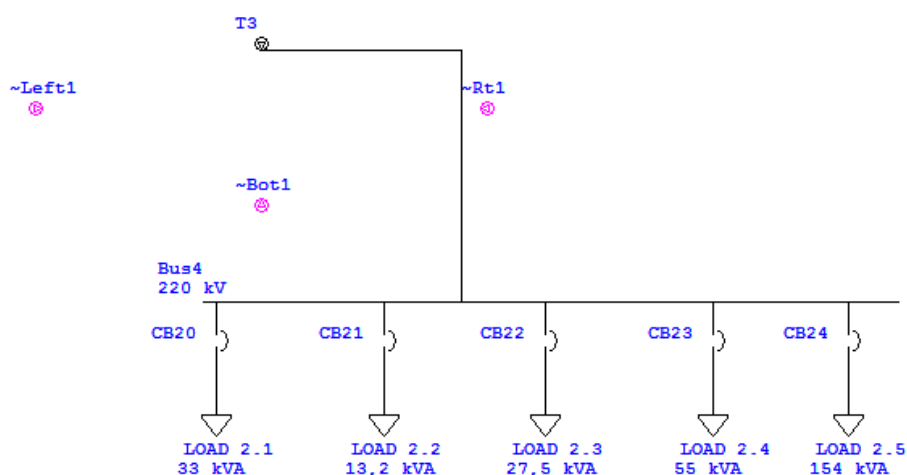


Figura 6: Diagrama unifilar del panel de distribución 2

Como se mencionó en la introducción se trabajan en dos áreas específicas. En la Tabla 5 se describen los equipos que se encuentran conectadas a cada una de las áreas de medición.

Tabla 5: Detalle de las áreas de medición

Áreas de medición	Área 1: Aires Acondicionados	Área 2: Cuartos fríos
Protección	400 [A]	500 [A]
Ubicación del sub panel de distribución	Detrás de la Biblioteca	Cocinas USFQ
Detalle de medición	2 motores de aires acondicionados Oficinas parte administrativa del CHAT Antenas de CLARO Xerox biblioteca Lava vajillas	6 Cuartos fríos Bombas de agua Luminaria del área Cocinas Hornos

En la Figura 7 se observa en la esquina superior derecha el analizador industrial de potencia instalado correctamente en el panel de distribución para realizar la medición de la segunda área, la que corresponde a cuartos fríos.



Figura 7: Conexión del analizador industrial de potencia en el área de cuartos fríos

El primer periodo etapa de medición se realizó a partir del 23 de diciembre al 11 de enero de 2016, periodo en el cual la universidad se encuentra completamente cerrada por feriado de navidad y permitiendo por lo tanto medir la carga que consumen los equipos sin ser utilizados. Además, fue posible realizar la medición a partir del 4 enero, en donde se retoman las actividades pero únicamente del personal administrativo.

La siguiente etapa de medición se realizó desde el 5 al 29 de febrero con el fin de obtener información del consumo real, es decir cuando la universidad se encuentra trabajando completamente y los equipos son utilizados en su carga normal.

Una vez receptados los datos se procede a realizar las gráficas de consumo eléctrico diario de cada una de las etapas, con el fin de compararlas y analizar posibles soluciones de ahorro energético.

Detalle de planillas de luz de la USFQ

En la Figura 8 se muestra un ejemplo de planilla de consumo energético emitida por la Empresa Eléctrica Quito a la USFQ, enumerando y resaltando cada una de sus partes.

SUMINISTRO: 90001719-7 UNIVERSIDAD SAN FCO.QUITO
 Código Único Eléctrico Nacional: 1490001719 Cédula / R.U.C.: 1791836154001 Código Postal: 173902
 Dirección servicio: SECTOR CUMBAYA REDONDEL SUPERMAXI POBLC.DE CUMBAYA Silvio León
 Plan/Geocódigo: 91 98-05-002-0020 Tarifa: 719-Comerc.Dem.Reg.Horario (Media Tension) 2016-02-02 5
 Provincia - Cantón - Parroquia: PICHINCHA - DISTRITO METROPOLITANO QUITO - ILUMBIS/CUMBAYA
 Dirección notificación: SECTOR DE CUMBAYA REDONDEL SUPERMAXI POBLC.DE CUMBAYA Geocódigo Postal: 97-01-033-0850
 Ejecutivo de cuenta: FANNY LUISA MENDEZ BONILLA Telfs: 2553010/2542860 ext: 3714 e_mail:fmendez@eeq.com.ec

1. FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor: 50000357-LAN-HO Desde: 2016-01-01 Hasta: 2016-02-01 Días Facturados: 31 Tipo consumo: Leído Constante: 1.00
 1 Factor multiplicación: 2000.00 2 Factor Corrección: 0.74 3 Factor Potencia: 0.93 4 Penalización Fp: 0.00

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
5 07h00-22h00	11648.53	11466.32	1624.14	kWh	13289.33
6 22h00-07h00	3311.50	3282.15	587.04	kWh	4520.21
7 Reactiva	4894.98	4852.15	856.70	KVAh	0
8 Demanda 18h00 - 22h00	0.24		488	KW	0
9 Demanda 22h00 - 18h00	0.33		658	KW	0
10 Demanda Máxima			488	KW	0
11 Demanda Máxima en pico			488	KW	0
12 Demanda Facturable			658	KW	0

22 Consumos

21 Demanda facturada

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG

13 VALOR CONSUMO:	19,759.54
14 DEMANDA	2,010.49
15 COMERCIALIZACION	1.41
16 I.V.A.(0%)	0.00
17 SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE):	21,771.44
SERV.ALUM.PUB	1,645.92
18 SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP):	1,645.92
19.1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
SUBTOTAL OTROS:	0.00
20 TOTAL SE, AP Y OTROS (1):	23,417.36

DUPLICADO DE FACTURA

TOTAL	
Servicio Eléctrico-Alumbrado Público(1)	23,417.36
Valores Pendientes(2)	0.00
Recaudación Terceros SE(3)	0.00
TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A) (1+2+3)	23,417.36

2. VALORES PENDIENTES

CONCEPTO	VALOR
VALORES PENDIENTES (2) :	0.00

3. RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO(SE)-PLANES DE FINANCIAMIENTO
 ESTOS VALORES NO FORMAN PARTE DE LOS INGRESOS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA

CONCEPTO	SUSTENTO LEGAL	VALOR
RECAUDACIÓN TERCEROS SECTOR ELÉCTRICO (3)		0.00

0202201601179005338100120019990000299430011624514

Figura 8: Ejemplo planilla de luz de la USFQ

Tabla 6: Descripción de las partes de una planilla de luz de la USFQ

No.	Nombre	Descripción
1	Factor de multiplicación	Depende del transformador siendo de 2000 según las especificaciones
2	Factor de corrección	Relación entre demanda máxima en pico y la demanda máxima del mes. No puede ser inferior a 0.60
3	Factor de potencia	Relación entre la potencia activa y la potencia aparente. Un buen Fp permite la optimización técnica y económica de una instalación
4	Penalización Fp	Si el factor de potencia(Fp) es menor a 0.92 la EEQ penaliza con un porcentaje del consumo total del mes
5	07h00-22h00	Horario de alto consumo. En la tabla se detalla el consumo actual, anterior, el consumo en KWh y el valor del consumo en dicho horario
6	22h00-07h00	Horario de bajo consumo. En la tabla se detalla el consumo actual, anterior, el consumo en KWh y el valor del consumo en dicho horario
7	Reactiva	Potencia reactiva. En la tabla se detalla el valor actual, anterior y el consumo en KVAh. No tiene costo
8	Demanda 18h00-22h00	Demanda energética en horas pico
9	Demanda 22h00-18h00	Demanda energética fuera de las horas pico
10	Demanda máxima	Demanda energética máxima del mes
11	Demanda máxima en pico	Demanda energética máxima en las horas picos
12	Demanda facturable	Demanda máxima mensual registrada por el consumidor
13	Valor consumo	Suma de los valores del consumo en horarios de alto(5) y bajo consumo(6)
14	Demanda	Costo generado por la demanda máxima facturable
15	Comercialización	Rubro extra por comercialización de la energía
16	IVA (0%)	Impuesto al valor agregado
17	Subtotal servicio eléctrico SE	Suma del valor consumo (13), la demanda (14), comercialización (15)
18	Subtotal alumbrado público AP	Suma del costo del alumbrado público, porcentaje dado del valor consumo(13)
19	Otros pagos y servicios eléctricos y SAPG	Costo por otros servicios eléctricos

20	Total SE, AP y otros	Suma del SE(17) + AP(18)+Otros pagos(19)
21	Demanda facturada	Gráficas de la demanda facturada durante los últimos meses
22	Consumos	Gráficas del consumo energético en kWh durante los últimos meses

Para el cálculo del factor de corrección (2) y el valor de la demanda (14) se aplica las ecuaciones (1) y (2):

Factor de corrección:

$$FC = DP / DM \quad (1)$$

Demanda:

$$demanda = (VD * FC) * DM \quad (2)$$

En donde FC es el factor de corrección, DP la demanda máxima en pico (11), DM la demanda máxima del mes (10) y VD el valor de demanda dado por el pliego tarifario de cada mes.

Según el pliego tarifario, para el año 2015 el costo del servicio eléctrico en el horario de alto consumo, 07h00 a 22h00, es de 0,078 el kW/h. Para el de bajo consumo, también llamado periodo base, 22h00 a 07h00, es de 0,068 el Kw/h. Con estos valores se obtiene el valor de consumo de cada uno de los periodos (5) y (6).

Información y detalle del consumo energético de la USFQ durante el 2015

Basándose en la información del consumo energético para la USFQ durante el año 2015 se observa el siguiente comportamiento.

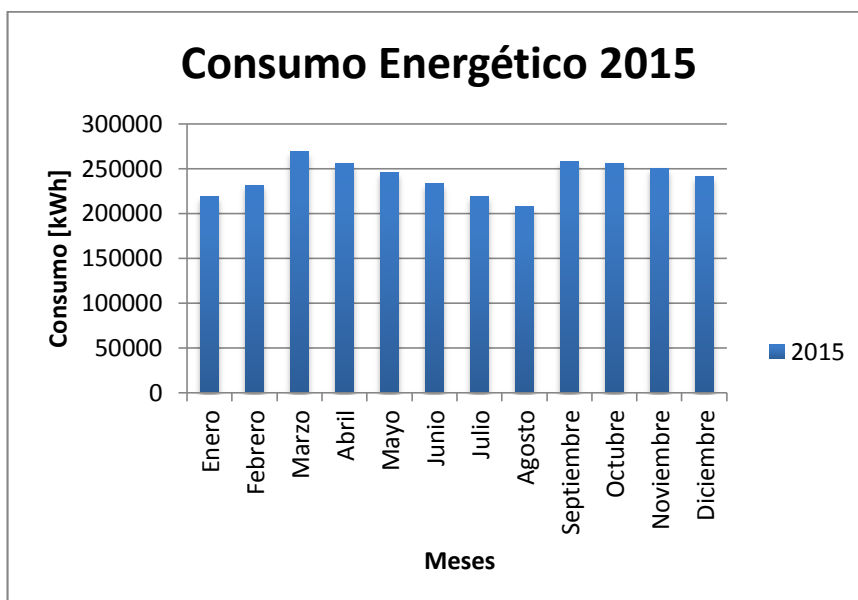


Figura 9: Gráfica del consumo energético de la USFQ durante el 2015

Al observar la Figura 9, los meses de menor consumo en kW son los correspondientes a los meses de enero, julio y agosto, los cuales coinciden con los meses en que la universidad no se encuentra laborando en sus actividades normales, correspondientes a periodos de vacaciones tanto de año nuevo como el periodo de verano. En el mes de marzo se genera el consumo más elevado del año, seguido va septiembre, octubre, noviembre y diciembre, que corresponden al primer semestre del ciclo electivo.

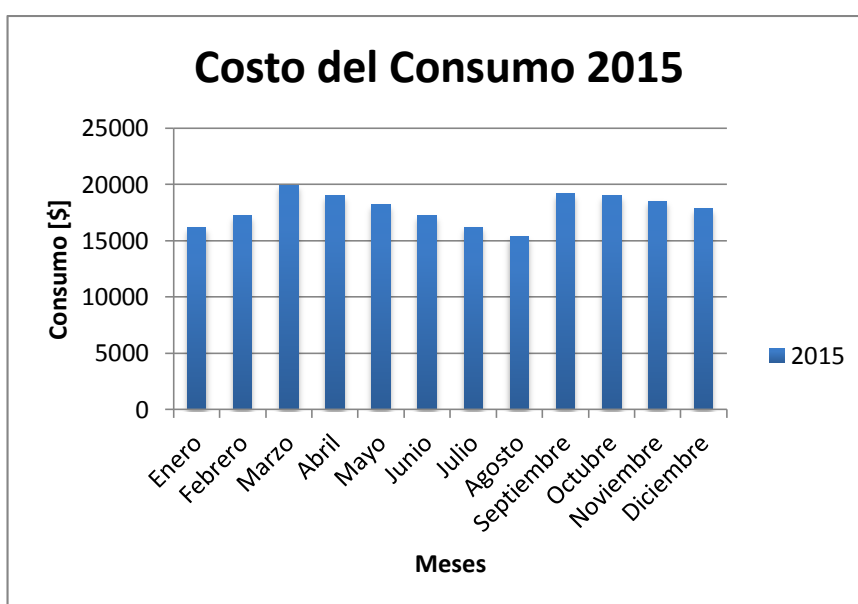


Figura 10: Gráfica del costo del consumo energético de la USFQ en el 2015

En la Figura 10 se muestra las gráficas del valor de consumo energético correspondiente a cada mes del año 2015. Como se puede observar están relacionadas con las gráficas mostradas en la Figura 9, de esta manera el valor de consumo será más alto si el consumo en kWh es mayor.

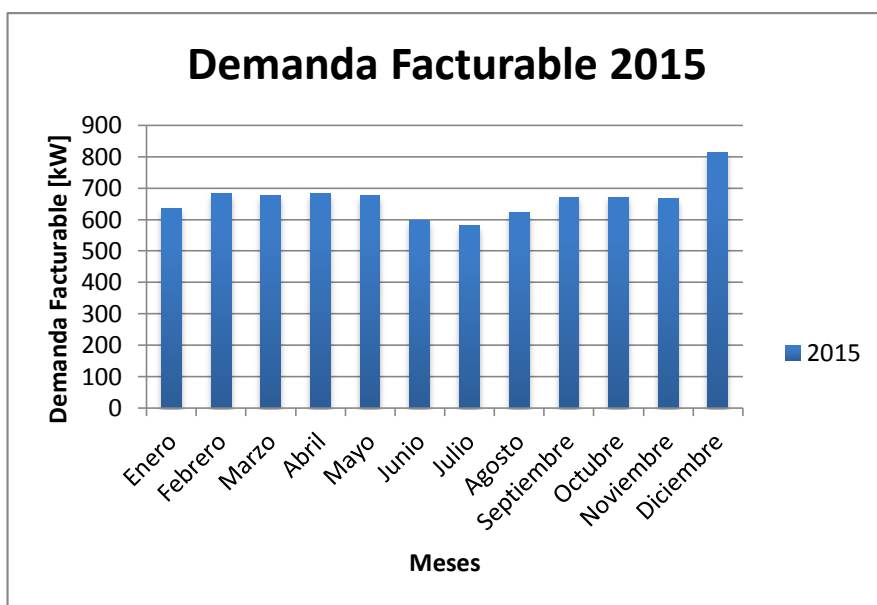


Figura 11: Gráfica de la demanda facturable durante el 2015

La demanda facturable es mucho mayor en el mes de diciembre, es decir que durante el año a pesar de que el consumo energético total ha sido mayor en el mes de marzo, en diciembre, la demanda energética ha sido superior. Por otro lado, en julio no hubo tanta demanda.

Si se compara con la gráfica del costo de la demanda mensual, Figura 11, con la del costo de demanda, Figura 12, en el mes de diciembre a pesar que se tuvo mayor demanda, el costo mensual de la misma no corresponde al rubro más elevado en el 2015. Lo que se debe, a que el valor de la demanda depende también del factor de corrección como se observa en la ecuación 2. En este caso se paga más por demanda en noviembre.

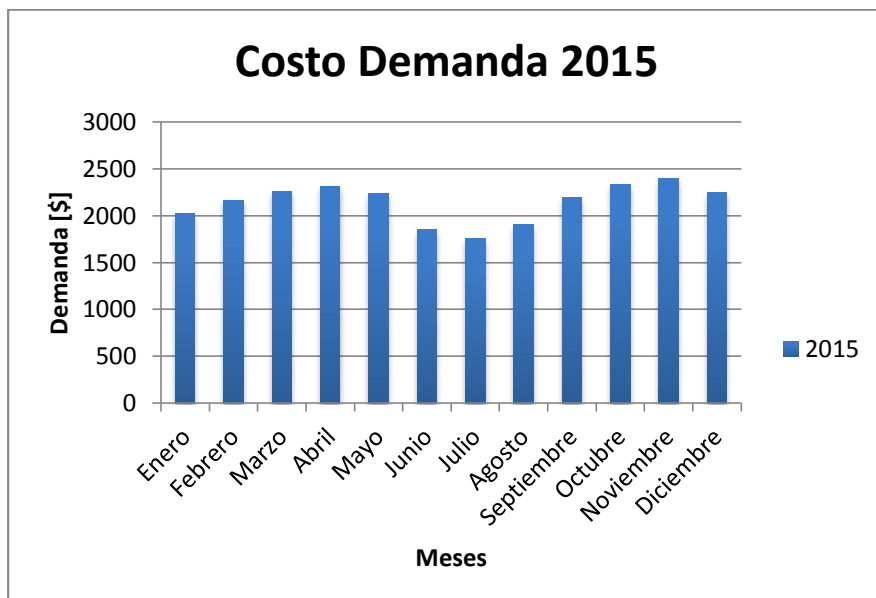


Figura 12: Gráfica de la demanda máxima energética de cada mes durante el 2015

El costo total de las planillas de consumo energético de la USFQ durante el 2015, por el servicio eléctrico y el alumbrado público se muestra en la Figura 13. Los costos más representativos se dan a mediados de cada semestre en el año, en cambio los de menor costo son enero, febrero, junio, julio y agosto, meses en los cuales los estudiantes se encuentran en vacaciones.

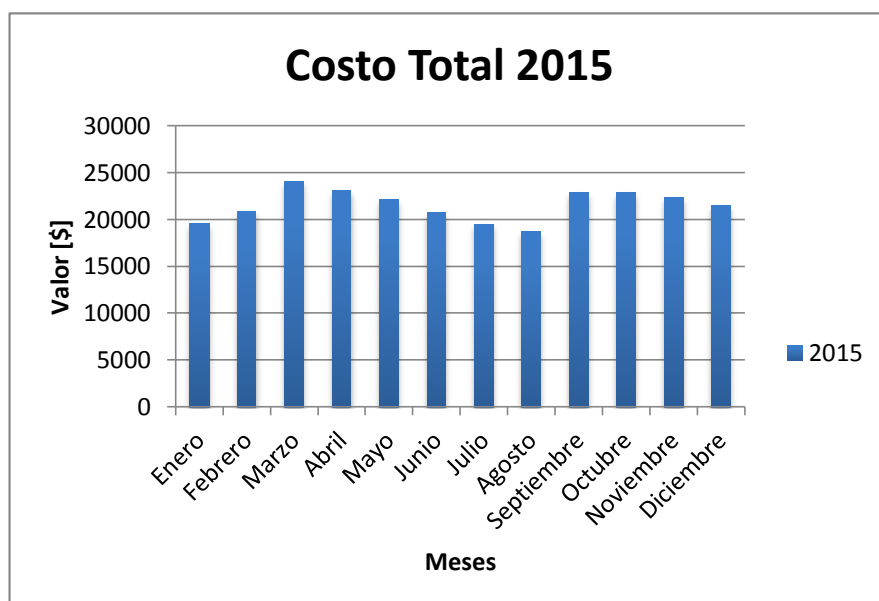


Figura 13: Gráfica del costo total de la planilla de luz durante el 2015

Análisis de las planillas de luz de los meses en estudio

Los meses en estudio corresponden a diciembre, enero y febrero. Según el pliego tarifario en estos meses el valor de demanda es de 4,129 por cada kW de demanda facturable como mínimo de pago y el valor de comercialización es de \$1,41. A continuación descripción de cada mes de estudio.

Diciembre.

A partir del pliego tarifario del mes de diciembre, el costo del kilovatio hora de 07h00 a 22h00 es de \$0,078 y de 22h00 a 07h00 es de \$0,062 .Según la Tabla 7 el consumo de la USFQ fue de 179.484 kWh en el horario de 07h00 a 22h00 y el valor a pagar por ese consumo se calcula multiplicando por el costo del kW en dicha hora, dando como resultado \$1.399,75. De la misma forma, para calcular el valor a pagar en el horario de 22h00 a 07h00 se multiplica el consumo por el valor del kW en esa hora dando \$3.843,50. Con el valor de la demanda máxima (DM) consumida 812kW y la demanda máxima en pico (DP) 540kW se procede a calcular el factor de corrección, el cual es de 0,67.

Tabla 7: Detalle de la planilla del mes de diciembre

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
07h00-22h00	11466,32	11376,58	179484	kWh	13999,75
22h00-07h00	3282,15	3251,16	61992	kWh	3843,50
Reactiva	4852,15	4807,74	88816	kVArh	
Demanda 18h00 -22h00	0,27		540	kW	
Demanda 22h00 -18h00	0,41		812	kW	
Demanda Máxima			812	kW	
Demanda Máxima en pico			540	kW	
Demanda Facturable			812	kW	

A partir de los datos de la Tabla 7 se procede a realizar el cálculo del valor a pagar por el servicio eléctrico como se muestra en la Tabla 8. El valor consumo se calcula de la suma de los valores de consumo en los dos horarios 13.999,75 más 3.843,50, dando 17.843,25.

Utilizando la ecuación 2 se obtiene que la demanda sea de \$2.246,34. Según el pliego tarifario del mes de diciembre se cobra el 6,80% del valor del consumo total para el alumbrado público siendo de \$1.366,19. El total facturado por el servicio eléctrico, el alumbrado público y otros pagos adicionales es de 21.457,19.

Tabla 8: Valores a pagar por el servicio eléctrico del mes de diciembre

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
Valor Consumo	17843,25
Demanda	2246,34
Comercialización	1,41
I.V.A (0%)	0
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (SE)	20091,00
Serv. Alum. Pub.	1366,19
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP)	1366,19
1.2 OTROS PAGOS Y SERVICIOS ELÉCTRICOS Y SAPG	0
SUBTOTAL OTROS	0
TOTAL SE Y AP Y OTROS(1)	21457,19

El factor de potencia es de 0,94 por lo que está dentro del rango requerido ($0,92 < F_p < 1$) y no existe penalización alguna. Por otro lado, vale mencionar que el factor de corrección que indica la planilla es incorrecto $FC=0,81$, sin embargo los cálculos sí han sido realizados con el indicado anteriormente, mostrando los valores correctos.

Enero.

De la misma manera que se realizó el cálculo del consumo de diciembre se han hecho para el mes de enero. Según el pliego tarifario del mes a tratar el costo del kilovatio hora de 07h00 a 22h00 es de \$0,095 y de 22h00 a 07h00 es de \$0,077. Además, el factor de corrección es de 0,74. En la

Tabla 9 se observa el detalle del consumo del mes de enero.

Tabla 9: Detalle de la planilla del mes de enero

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
07h00-22h00	11546,53	11466,32	160414	kWh	15239,33
22h00-07h00	3311,5	3282,15	58704	kWh	4520,21
Reactiva	4894,98	4852,15	85670	kVArh	
Demanda 18h00 -22h00	0,24		488	kW	
Demanda 22h00 -18h00	0,33		658	kW	
Demanda Máxima			658	kW	
Demanda Máxima en pico			488	kW	
Demanda Facturable			658	kW	

Con los datos mostrados en la

Tabla 9 se procede a realizar el cálculo del servicio eléctrico: valor de consumo, demanda y el servicio del alumbrado público

Tabla 10: Valores a pagar por el servicio eléctrico del mes de enero

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
Valor Consumo	19759,54
Demanda	2010,49
Comercialización	1,41
I.V.A (0%)	0
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (SE)	21771,44
Serv. Alum. Pub.	1645,92
SUBTOTAL ALUMBRADO PÚBLICO (AP)	1645,92
1.2 OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	0
Subtotal OTROS	0
TOTAL SE Y AP Y OTROS(1)	23417,36

El incremento del costo del kilovatio hora se ve reflejado claramente en el mes de enero, dado que a pesar de que el consumo eléctrico es menor que en el mes de diciembre el costo final de la planilla es un 9,14% más. Además, se repite el error sobre el factor de corrección que se muestra en la planilla electrónica, el cual es 0,78 cuando en realidad se trabaja con 0,74.

Febrero.

El costo del kilovatio hora en el mes de febrero es igual que de enero, sin embargo el consumo energético es de 243.596, es decir el 11,17% más que el anterior. En la

Tabla 11 se detallan los valores del consumo eléctrico.

Tabla 11: Detalle de la planilla del mes de febrero

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
07h00-22h00	11637,98	11546,53	182906	kWh	17376,07
22h00-07h00	3341,85	3311,5	60690	kWh	4673,13
Reactiva	4938,76	4894,98	87542	kVArh	
Demanda 18h00 -22h00	0,26		516	kW	
Demanda 22h00 -18h00	0,33		658	kW	
Demanda Máxima			658	kW	
Demanda Máxima en pico			516	kW	
Demanda Facturable			658	kW	

Realizando los cálculos correspondientes se obtiene el costo total del consumo y la demanda, además se puede ver en la Tabla 12.

Tabla 12: Valores a pagar por el servicio eléctrico del mes de enero

1.1 SERVICIO ELÉCTRICO Y SAPG	
Valor Consumo	22049,20
Demanda	2119,17
Comercialización	1,41
I.V.A (0%)	0
Subtotal Servicio Electrico (SE)	24169,78
Serv. Alum. Pub.	1827,24
Subtotal Alumbrado Público (AP)	1827,24
1.2 otros pagos servicio eléctrico y SAPG	0
Subtotal OTROS	0
TOTAL SE Y AP Y OTROS(1)	25997,01

Resultados y Análisis

Comparación consumo energético 2015 y 2016

Con la información del consumo energético del 2015 y 2016 descritas en la sección de Desarrollo del Tema, se realizan las gráficas comparativas hasta la fecha.

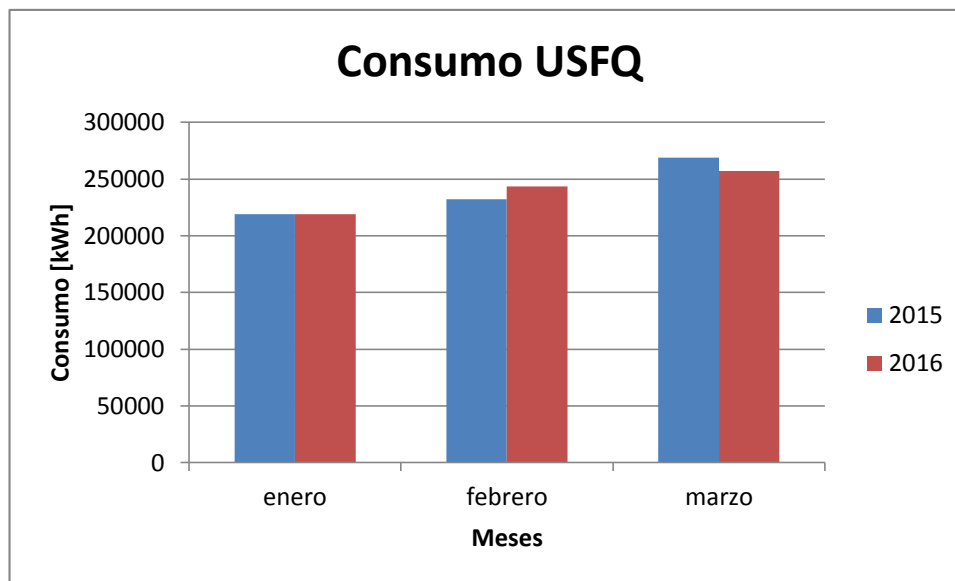


Figura 14: Gráfica comparativa del consumo energético de la USFQ durante el 2015 y el 2016

En la Figura 14 se observa que el consumo energético en los meses de enero y febrero es mayor en el año 2016 que en el 2015. Sin embargo, en el mes de marzo ocurre lo contrario, aunque la diferencia no es significativa, el mes de marzo del 2015 el consumo es superior. Por otro lado, se debe recalcar que ambas gráficas cumplen con el mismo comportamiento, es decir, el consumo aumenta con el paso de cada mes.

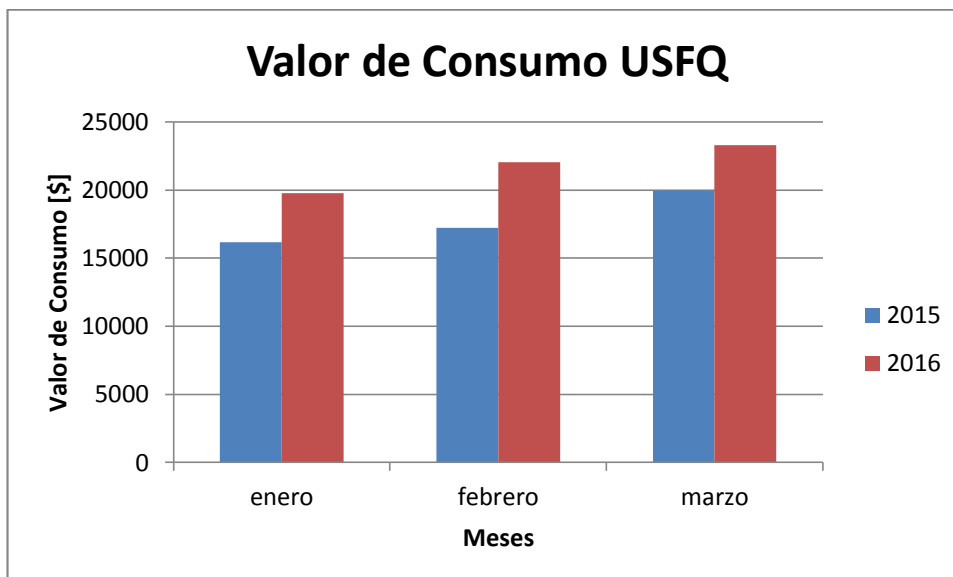


Figura 15: Gráfica comparativa del valor de consumo energético de la USFQ durante el 2015 y el 2016

Al observar la Figura 15 se tiene que el valor por el consumo energético es bastante mayor en el 2016 que en el 2015, a pesar de que la diferencia del consumo en kWh no era representativa entre año y año.

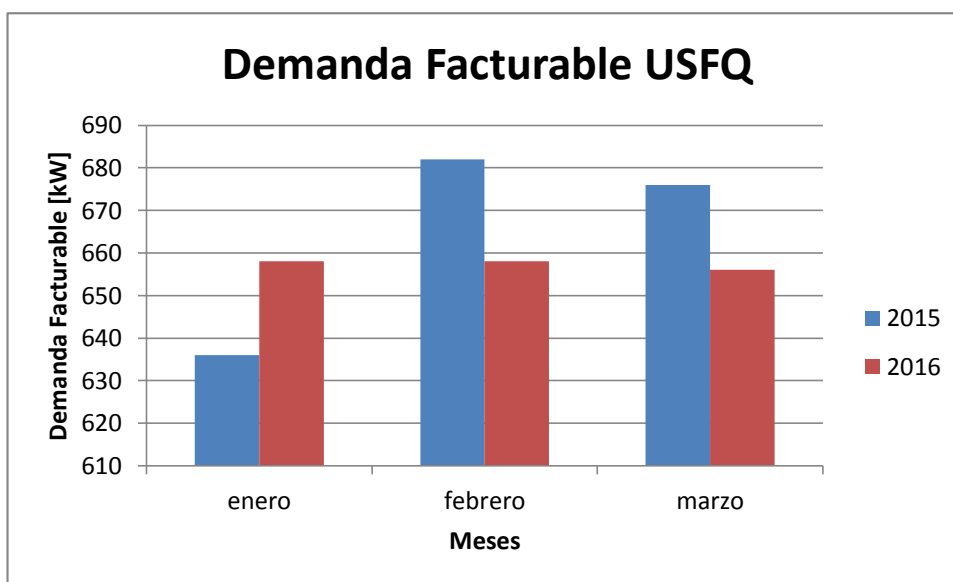


Figura 16: Gráfica comparativa de la demanda facturable durante el 2015 y el 2016

La demanda facturable del 2015 y la generada en el 2016 tiene un marco de diferencia bastante grande. En el mes de enero del 2016 la demanda es mayor en un 3,34% que la generada

en el 2016. Sin embargo, en los meses de febrero y marzo del 2015 se da todo lo contrario, la demanda es mayor en el mismo porcentaje que la del 2016.

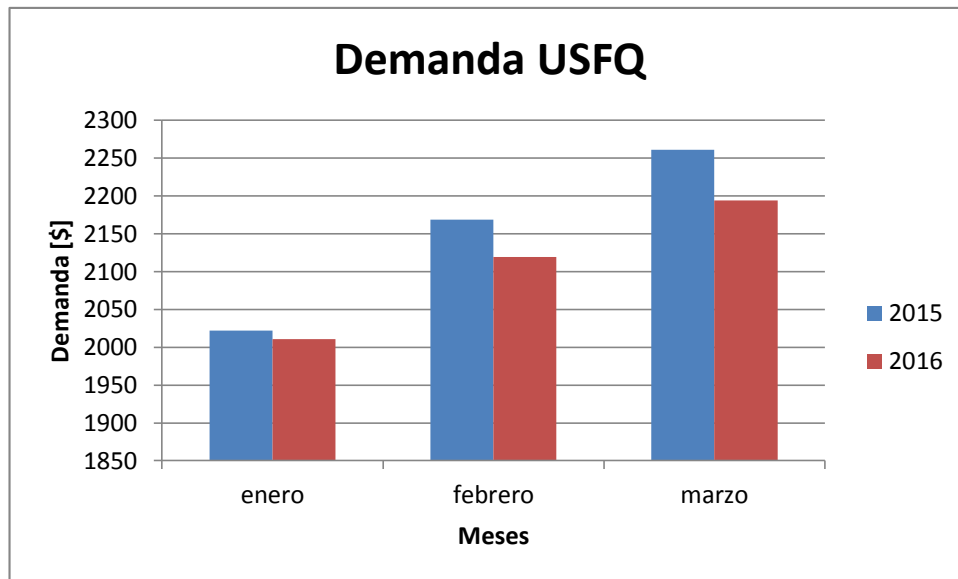


Figura 17: Gráfica comparativa 2015-2016 del costo de la demanda de la USFQ

El costo por demanda que se muestra en la Figura 17 indica que el costo por demanda en el 2015 fue mayor que el que se tuvo para el 2016. La diferencia más considerable se da en el mes de marzo. El costo por demanda no se ve afectado por el consto del kilovatio hora.

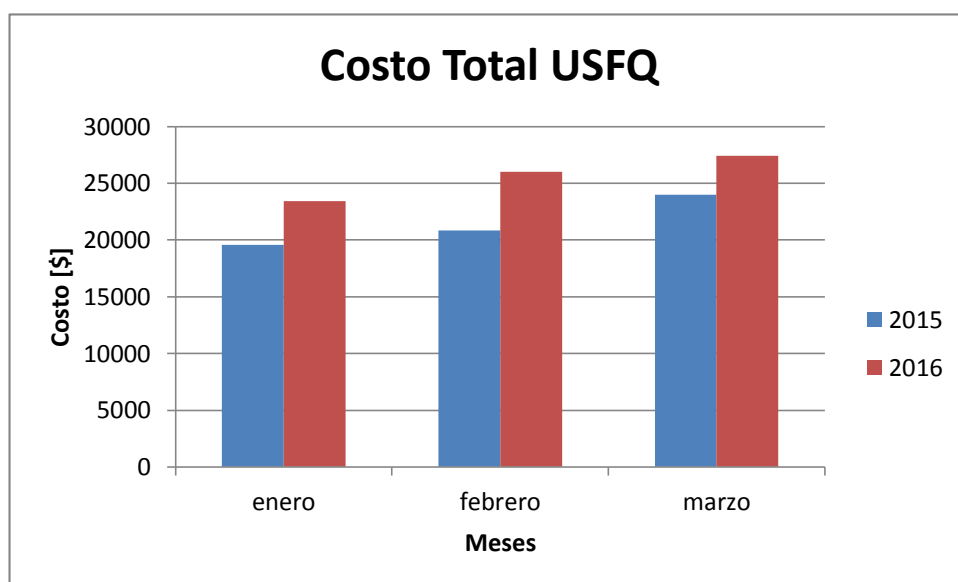


Figura 18: Gráfica comparativa 2015-2016 del costo total de la planilla de luz de la USFQ

Análisis de los datos tomados por los analizadores de potencia

Según los informes enviados por la Empresa Eléctrica Quito sobre las mediciones realizadas durante la primera etapa, los cuales se muestra en el Anexo A: Informe de mediciones área 1 y Anexo B: Informe de mediciones área 2, el valor del factor de potencia en cada una de las áreas es bastante menor a 0,92. Sin embargo, este factor se ve compensado con otras cargas activas ubicadas en otras áreas de la universidad y gracias a esto no se recibe penalización alguna en la planilla de luz.

Área 1.

Etapas 1.

En la Figura 19 se muestra el consumo energético del AREA 1 de la USFQ, durante el día viernes 25 de diciembre de 2015, donde las curvas de color azul, rojo y verde corresponden a la energía consumida de la fase L1, L2 y L3 del transformador principal respectivamente y la curva de color morado indica la potencia total consumida durante el periodo de tiempo especificado. Se observa que el consumo total máximo de energía se presenta a partir de la 1pm hasta las 4pm llegando a ser de 30kW. Además existe un repentino consumo energético a las 8pm y otro a las 10pm de 30kW aproximadamente. El consumo mínimo total es de 5kW y se mantiene oscilando en horas de la madrugada hasta los 15kW.

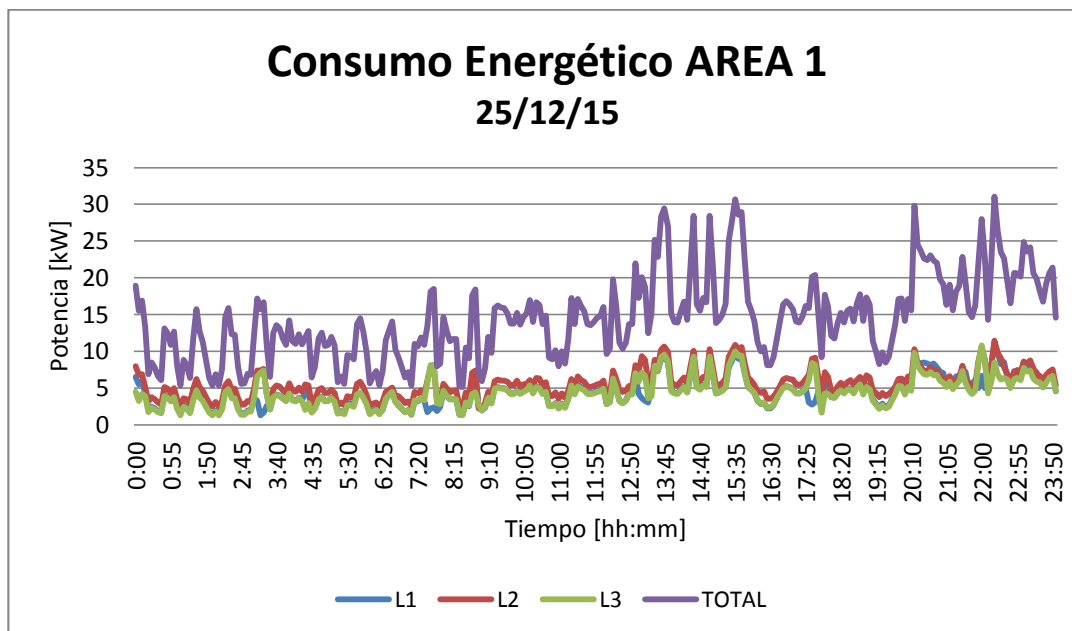


Figura 19: Gráfico del consumo energético del área 1 de la USFQ en el día 25/12/2015

Al observar la Figura 20, donde se muestra la gráfica del consumo energético del día 30 de diciembre de 2015, los picos de la potencia total consumida que se producen repentinamente en la noche llegan a máximo 24kW, pero existe un pico elevado de 45kW aproximadamente a las 12 del día. El consumo mínimo se da en horas de la madrugada desde la media noche hasta las 7am la potencia total consumida oscila entre 8 y 20 kW.

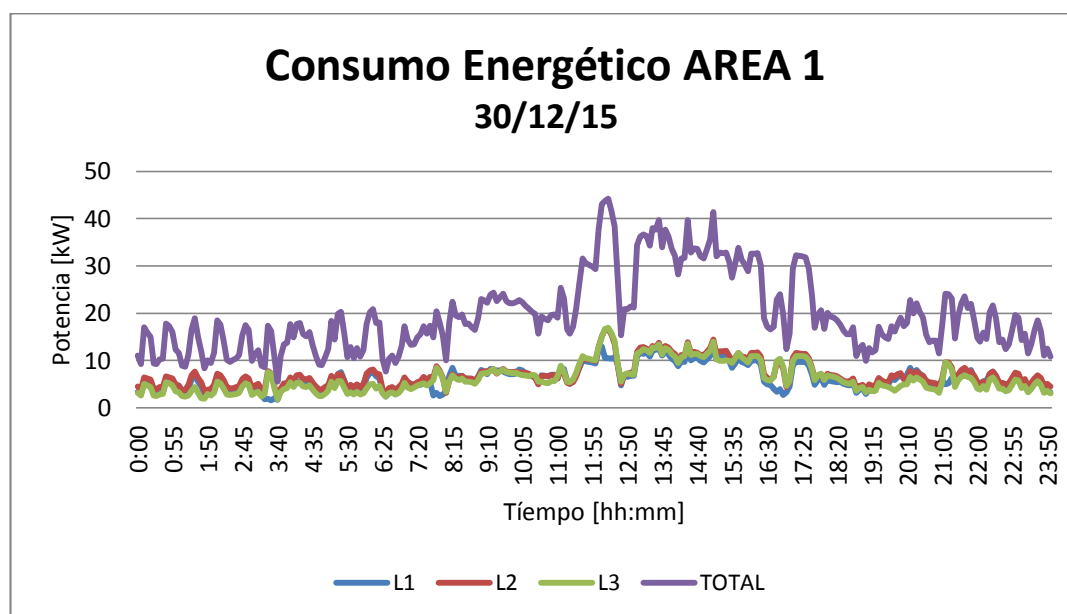


Figura 20: Gráfico del consumo energético del área 1 de la USFQ en el día 30/12/2015

Las gráficas de las Figura 19 y Figura 20 indican que desde las 10h00 hasta las 18h00 existe un consumo energético considerable, a pesar de que la universidad permaneció cerrada durante las fechas de análisis. Por otro lado el pico de potencia que se presenta alrededor de la nueve de la noche indica el funcionamiento de algún equipo.

Etapa 2.

En la Figura 19 y Figura 21 se puede ver la gráfica del consumo energético del día lunes 15 de febrero de 2016. La demanda máxima es de 51,16kW a la una de la tarde, a partir de las 10am hasta las 16pm se mantiene en un consumo elevado. Por otro lado a las 9 y 11 de la noche se puede ver la generación de un pico energético de 30kW

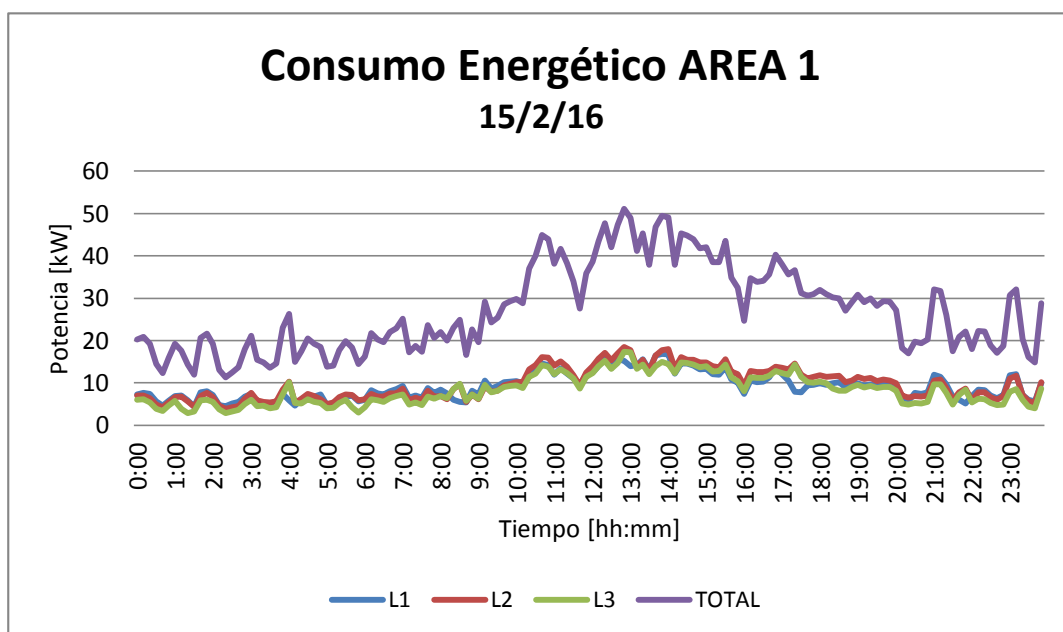


Figura 21: Gráfico del consumo energético del área 1 de la USFQ en el día 15/12/2015

La Figura 22 se muestra la gráfica del consumo energético del día domingo 21 de febrero de 2016, se puede ver que a partir de las 12h00 hasta las 16h00 se presenta un consumo elevado de 40kW. Además, a las nueve de la noche se observa un leve pico de alrededor de los 25kW.

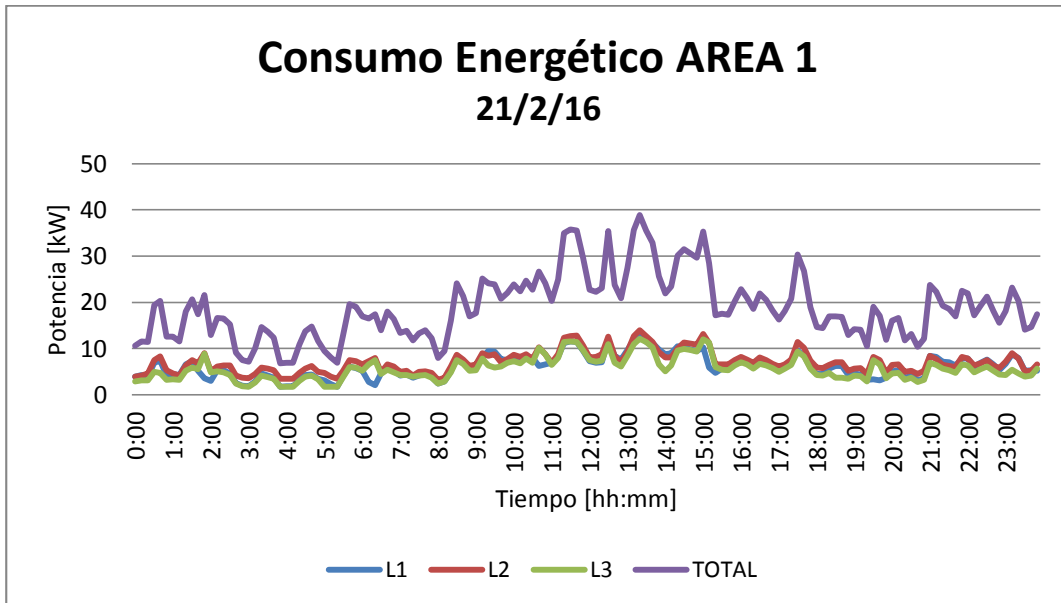


Figura 22: Gráfico del consumo energético del área 1 de la USFQ en el día 21/12/2015

En la Figura 21 se muestra el consumo energético en un día de atención normal en la biblioteca de la universidad, cuando se trabaja a plena carga, es decir, al momento en que todos los aires acondicionados del lugar están encendidos. Por esta razón, la máxima potencia consumida es mayor que la que se observa en la Figura 19. El comportamiento de las curvas de potencia de la Figura 22 es similar a las gráficas de la etapa 1 mostrando coherencia, debido a que los días domingos no hay atención en la biblioteca.

Los picos de energía mostrados en las gráficas del área 1 alrededor de las 8 y 10 de la noche se producen debido a que un controlador automático de los aires acondicionados se mantiene activado. Al apagar los otros dos aires acondicionados a las nueve de la noche se produce un aumento en la temperatura del segundo piso de la biblioteca, haciendo que el controlador automático emplee más trabajo para enfriar el ambiente y mantener a la temperatura configurada 19.5 °C. Este proceso de enfriamiento dura de 10 a 15 minutos.

Área 2.

Etapa 1.

El área 2 representa a todos los equipos e instrumentación de cocina, incluyendo los 6 cuartos fríos, cocinas y hornos eléctricos. La Figura 23 representa la curva de consumo en dicha área en el día 25 de diciembre de 2015, el cual se mantiene entre los 20 y 30 kW.

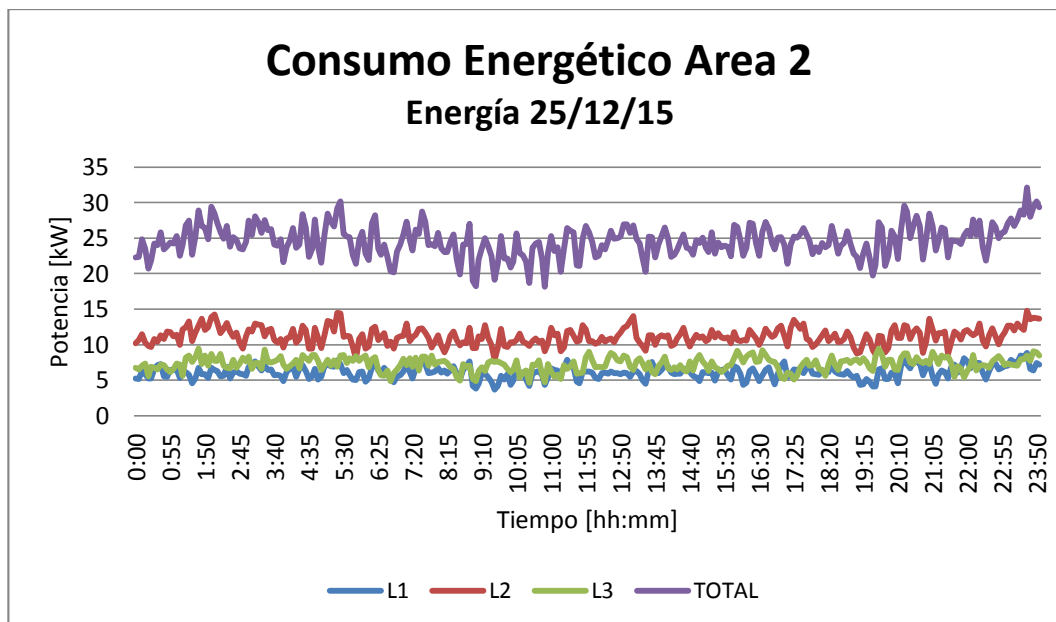


Figura 23: Gráfico del consumo energético del área 2 de la USFQ en el día 25/12/2015

En la Figura 24 se puede observar un aumento el consumo energético relacionado con la curva presentada en la Figura 23. A partir de las 7h00 hasta las 16h00 la potencia consumida se elevada hasta un máximo de 50 kW aproximadamente.

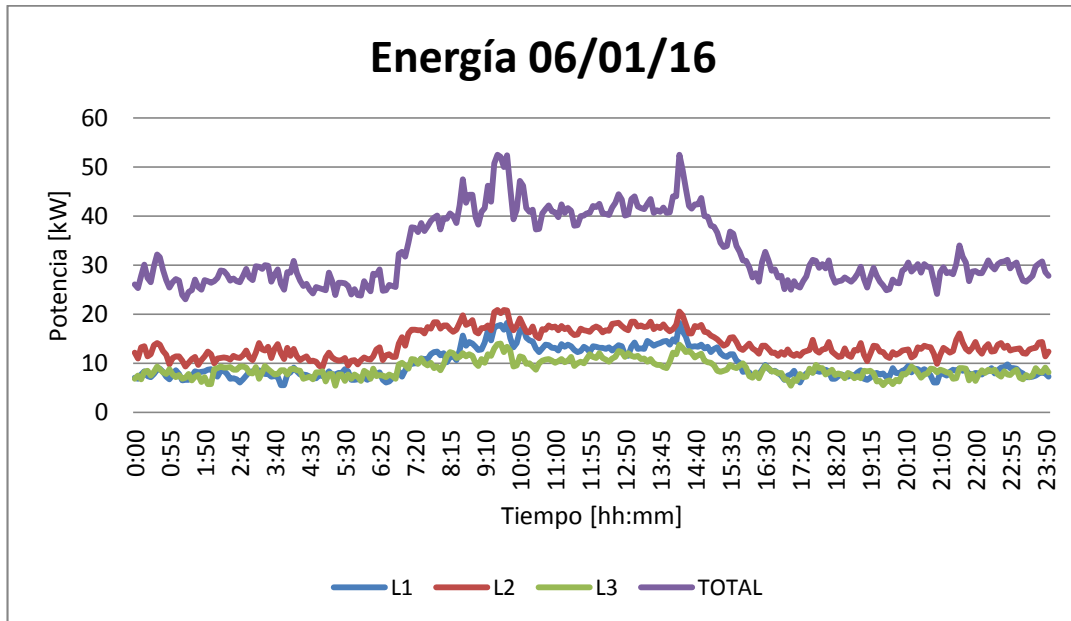


Figura 24: Gráfico del consumo energético del área 2 de la USFQ en el día 05/01/2016

Etapa 2.

Se comprueba un consumo bastante mayor que los días analizados anteriormente, en la Figura 25 se puede observar que la potencia consumida el día lunes 18 de febrero de 2016 llega hasta 85kW aproximadamente. De 8 a 12 del día se genera el pico energético más grande, luego de esto empieza a descender paulatinamente hasta llegar a estabilizarse entre los 20 y 30kW de consumo lo cual sucede a partir de las 18h00.

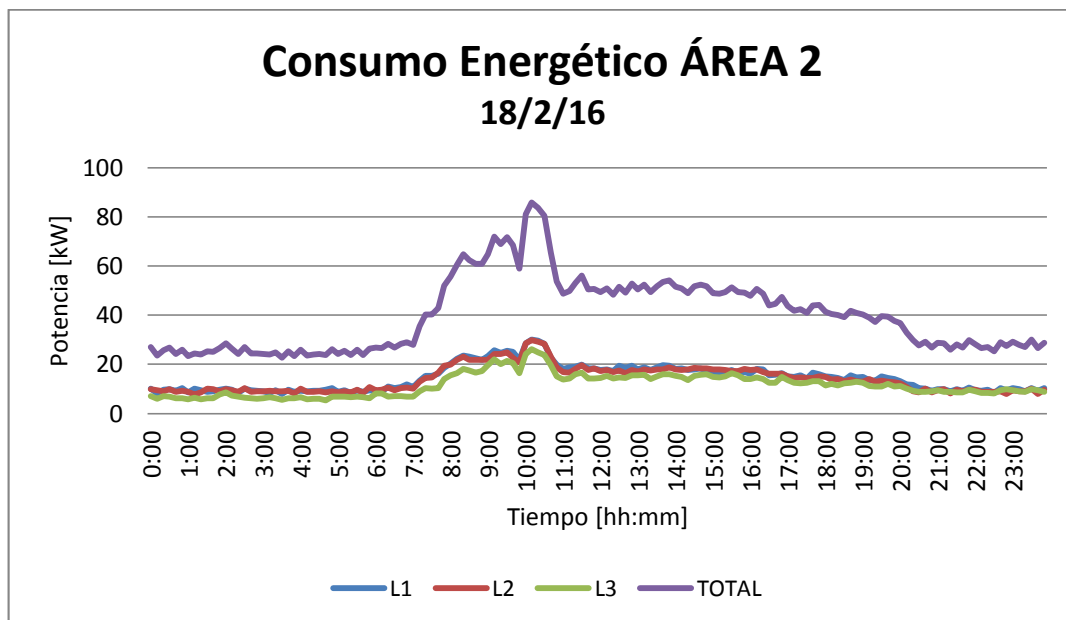


Figura 25: Gráfica del consumo energético del área 2 de la USFQ en el día 18/02/2016

La curva del consumo del día 21 de febrero de 2016 se muestra en la Figura 26, donde este vuelve a permanecer estable entre los 20 y 30 kW.

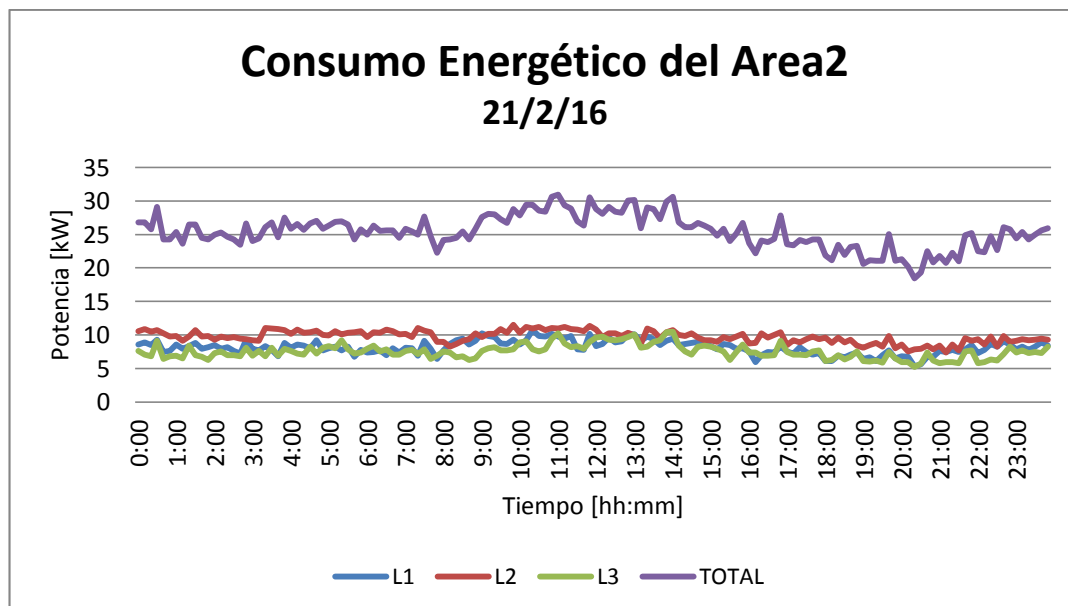


Figura 26: Gráfica del consumo energético del área 2 de la USFQ en el día 21/02/2016

Las gráficas de la Figura 23 y Figura 26 son similares ya que la potencia consumida durante estas fechas permanece entre los 20 y 30kW debido a que durante el feriado de navidad

y un domingo no se realiza actividad alguna dentro de las cocinas. Este débil consumo que se presenta está dado por el estricto y necesario funcionamiento de los cuartos fríos. El consumo que se presenta en la Figura 24 y Figura 25 difieren en que para el día 18 de febrero de 2016 la cocina se encontraba trabajando en su máxima carga (atención normal de la universidad), a diferencia del día 6 de enero que la atención era solamente parcial (solamente personal administrativo).

Análisis de temperatura de cables

Utilizando un termómetro infrarrojo FLUKE 62 MAX, se tomaron las temperaturas de los cables de las áreas en estudio en la Tabla 13.

Tabla 13: Se describe las características de los cables de las áreas en medición

ÁREAS	DESCRIPCIÓN DE CABLES					
	Tipo	Dimensión	Temperatura máx [°C]	Temperatura medida [°C]	I max [A]	I max medida [A]
Cuartos Fríos	TW	500 MCM	60	30 aprox.	320	260
Aires Acondicionados	TTU	4/0	40	32 aprox.	230	170

Se puede observar que en la Tabla 13 se presenta el tipo de cable, la corriente máxima que soporta el mismo y la temperatura máxima que resiste el revestimiento. Según las mediciones se encontraron que los cables están a temperaturas moderadas, además la corriente que circula indica que los cables no están sobrecargados (NEC, 2008).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del análisis realizado se logró calcular que los tres aires acondicionados de la biblioteca, representan un 5,3% de la energía total de la Universidad, mientras que el porcentaje de los cuartos fríos es de 8%. Se recomienda que los aires acondicionados tengan un mantenimiento regular, se mantenga un nivel de refrigerante adecuado, se realicen limpiezas periódicas de los ductos. También es importante que el controlador de los aires esté configurado de manera que se ajuste a las necesidades de la biblioteca, es decir que funcione a su máxima potencia entre las 08H00 y 13H00 y en la tarde entre las 15H00 y 16H00 ya que estas son las horas más concurridas y en el resto de horas la potencia disminuya tratando siempre de mantener una temperatura ambiente de 22°C, temperatura ideal para trabajar. Se debe prestar una atención inmediata a la limpieza de ductos en la biblioteca ya que se contabilizó 20 salidas de aire de las cuales únicamente 3 se encuentran funcionando bien, 4 no entregan aire y las demás proporcionan una mínima cantidad de aire al ambiente. En la Figura 27 se muestra el esquema ilustrativo de los ductos de ventilación del segundo piso de la biblioteca, en donde los ductos de color rojo son los que no funcionan; los de color negro, baja emisión de aire y los de azul, funcionamiento correctamente.

En cuanto a los cuartos fríos, se debe ser cuidadoso y no dejar las puertas de los cuartos abiertas por mucho tiempo al momento de sacar o guardar alimentos, debido a que cuando se produce este comportamiento en las cocinas, se forman los mayores picos de potencia. A parte de este inconveniente con las puertas, no se encontró mayores problemas en el manejo de los cuartos fríos.

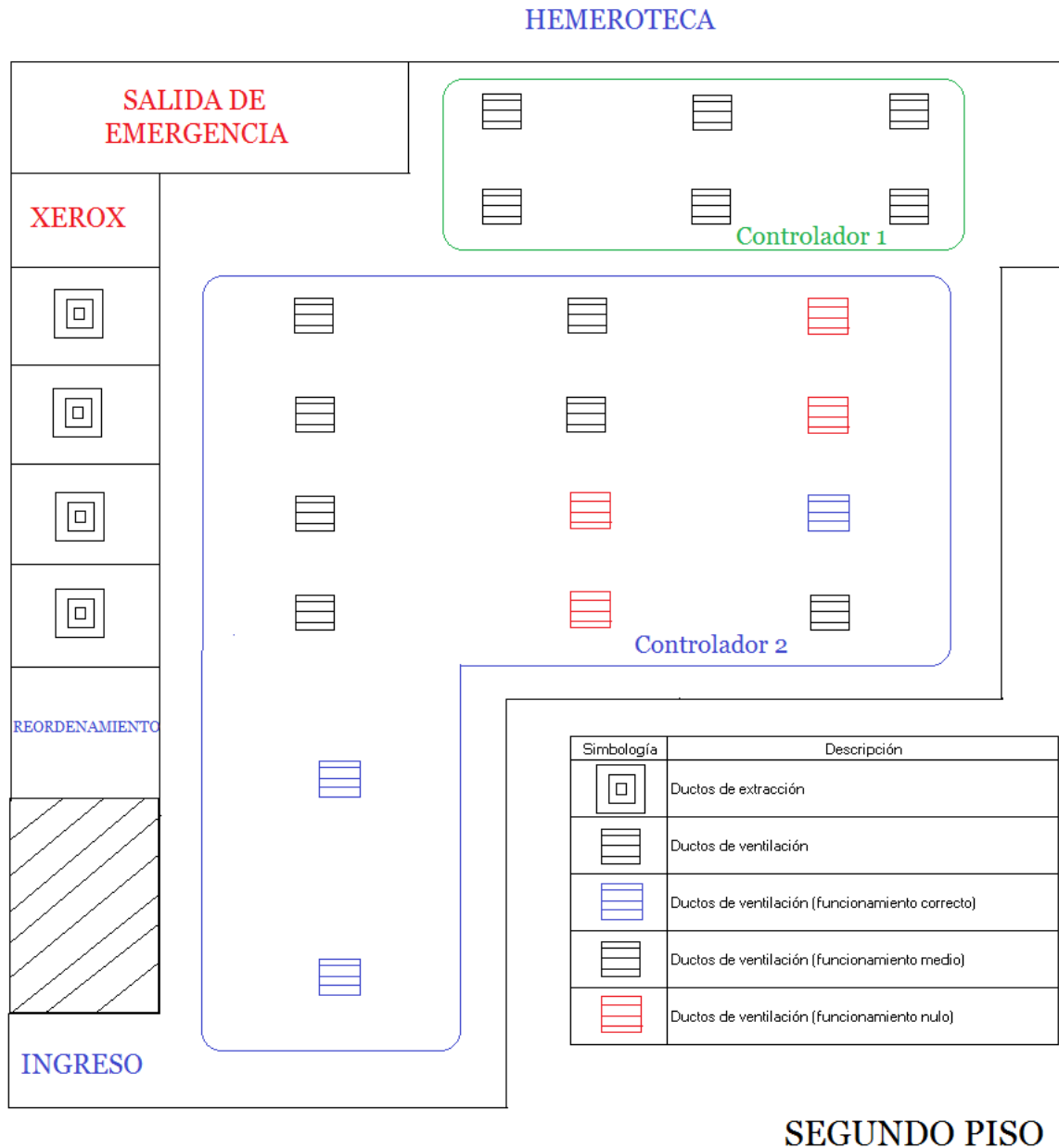


Figura 27: Esquema ilustrativo de los ductos de ventilación del segundo piso de la biblioteca

Entonces se puede decir que un porcentaje significativo de ahorro de energía, a parte de las luminarias, está en los aires acondicionados. La Universidad hasta el momento cuenta con más de 30 aires y solo 3 de ellos consumen un 5,3% de la energía total, por lo que un adecuado uso de los mismos obviamente entre todo este porcentaje reduciría costos de consumo energético generosamente. Por ello se recomienda una realizar una inspección para verificar el

correcto mantenimiento en los demás aires ya que podrían existir fallas como las encontradas en la biblioteca.

Por otro lado, se debe revisar el valor de las protecciones colocadas en ambas áreas ya que estas deben ser calculadas con un 20 % menos de la corriente nominal que soporta el cable y las que se encuentran instaladas están al doble de lo debido.

A pesar de que no se halla penalizaciones por factor de potencia en las planillas de luz eléctrica, es importante verificar siempre que este se encuentre entre los rangos adecuados (no menor a 0.92), ya que a parte del incremento en el importe de la facturación, un bajo factor de potencia deriva en un mayor consumo de corriente, un aumento de las pérdidas en conductores, un desgaste prematuro de los conductores, una sobrecarga de transformadores y líneas de distribución y un incremento en caídas de voltaje. Es importante notar que el costo del banco de capacitores puede tener un retorno de inversión muy corto por el ahorro dado al evitar cargos por bajo factor de potencia.

Las luminarias representan un 44% de un consumo de energía total de la universidad. Una posible solución de ahorro en el sector de luminaria, sería colocar sensores de presencia para controlar la iluminación en áreas transitadas, y espacios ocupados como oficinas y salones de clases. Por ejemplo, se ha investigado en el mercado acerca de un sensor llamado Lutron MS-OPS2H, el cual tiene variantes para trabajar tanto en espacios reducidos como amplios. Este es un tipo de interruptor con el plus de que en la parte inferior posee un sensor el cual se activa cuando detecta personas pasando por el área en el que se instalan. Adicionalmente, como un interruptor regular, se puede apagar y prender manualmente. El costo de este varía entre 21 a 35 dólares dependiendo de las especificaciones. Este producto se encuentra disponible en Amazon.



Figura 28: Lutron MS-OPS2H Sensor Switch, Light.

La idea es instalar este tipo de controlador de iluminación inicialmente en sitios claves como pasillos y salones grandes de la universidad que no sean muy concurridos, de esta manera se logrará comprobar el ahorro de energía en la factura mensual de consumo energético. Se pretende lograr que los gastos de compra e instalación del equipo se amorticen con dicho ahorro. De igual manera se puede implementar controladores para pasillos que solo se activen únicamente cuando la visibilidad de luz natural sea inferior a un valor óptimo. En el mercado se encontró un tipo de controlador con sensor de luz natural para pasillos, que es el Switch Sensor, el cual ofrece un voltaje de servicio desde 100 hasta 240 Vac. Este sensor se adapta a cualquier aplicación comercial, sin embargo es ideal para pasillos



Figura 29: Sensor de presencia “Switch Sensor”. El Sensor del lado izquierdo es para techos y el del derecho para paredes.

Además, es recomendable que ninguno de los controladores de los aires acondicionados de la Biblioteca permanezcan encendidos todo la noche, ya que generan picos de consumo de energía entre las 9 y 10 de la noche que inciden en el costo de la planilla, dado que las horas de demanda pico para la empresa eléctrica son de 18h00 a 22h00.

Por otro lado, los picos de potencia observados en las gráficas del área 2 tan fuertes se podrían estar produciendo debido a que los cuartos fríos muchas veces permanecen abiertos por largos periodos de tiempo, lo que provoca que el motor realice más trabajo para mantener la temperatura establecida.

Finalmente es importante destacar que se observa un incremento sustancial en el total a pagar de las planillas mensuales del año 2015 y del 2016. Esto se debe a que el valor en dólares por kW/h aumentó de un año a otro. El incremento fue de 0,078 a 0,095 dólares en el horario de punto y media, y de 0,062 a 0,077 dólares en el horario base, resultando así en un aumento del 22% en el total del valor a cancelar.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akpama, E., & Okoro, O. (Abril de 2012). *Economic implication of energy saving bulbs in the Cross River University of Technology students' hostel*. Obtenido de IEEE Xplore.
- Báez, S. (2011). *Análisis del Consumo Energético-Eléctrico de la Universidad San Francisco de Quito*. .
- Báez, S., & Corrales, M. (2009).
- Bonilla, H., Ascenico, J., Vanegas, C., Millan, P., & Alarcón, S. (2009). *Proyecto Final de Ahorro Energético*. Pontificia Universidad Javeriana-Cali, Cali.
- Cedesa. (s.f.). Obtenido de Analizador de calidad de energía eléctrica : <http://www.cedesa.com.mx/fluke/analizadores/calidad-energia/1744/>
- Centro de Eficiencia Energética de Unión Fenosa. (2006). *Guía de Ahorro Energético en Instalaciones Industriales*. Madrid, España: Comunidad de Madrid. Obtenido de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-de-ahorro-energetico-instalaciones-industriales-fenercom.pdf>
- Comisión Federal de Electricidad. (s.f.). *CFE*. Obtenido de Factor de potencia: <http://www.cfe.gob.mx/Industria/AhorroEnergia/Lists/Ahorro%20de%20energia/Attachments/3/Factordepotencia1.pdf>
- Corrales, M. (2014). *Plan Para Reducir El Consumo De Energía Eléctrica En El Campus Cumbayá De La USFQ*.
- Dirección General de Industria, Energía y Minas. (2006). Guía Técnica de Iluminación Eficiente. En *Guía Técnica de Iluminación Eficiente* (pág. 13). Comunidad de Madrid. Obtenido de <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion-eficiente-sector-residencial-y-terciario-fenercom.pdf>
- Ecologistas en accion. (2005). *Ecologistas en accion*. Obtenido de El ahorro energético en iluminación: <http://www.ecologistasenaccion.org/article14729.html>
- Lakshmanan, R., Ramasamy, A., & Sinnadurai, R. (2013). *Efficient Illumination Design and Energy Saving Through Occupancy Control for Building*. Obtenido de IEEE Xplore: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6670991&queryText=energy%20audit%20universities&newsearch=true>
- Ortúzar, F. (21 de abril de 2014). *AIDA*. Obtenido de El Derecho Internacional Ambiental, historia e hitos.: <http://www.aida-americas.org/es/blog/el-derecho-internacional-ambiental-historia-e-hitos>
- NEC, (2008). National Electrical Code. NFPA 70tm.
- PCE Instruments. (s.f.). Obtenido de Analizador de potencia: https://www.pce-instruments.com/espanol/instrumento-medida/medidor/analizador-de-potencia-kat_71957_1.htm
- Singh, H., Seera, M., & Mohamad Idin, M. (5 de Diciembre de 2012). *Electrical energy audit in a Malaysian university*. Obtenido de IEEE Xplore Digital Library: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6450288&queryText=energy%20audit&newsearch=true>
- Sun, W., & Jin, H. (Enero de 2010). *A Study on Energy Saving Design Strategies of Universities' Education Building in the Cold Zone of China*. Obtenido de IEEE Xplore: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5629145&queryText=energy%20save%20universities&newsearch=true>
- Tuveras. (s.f.). Obtenido de Factor de potencia: <http://www.tuveras.com/fdp/fdp.htm>

ANEXO A: INFORME DE MEDICIONES ÁREA 1

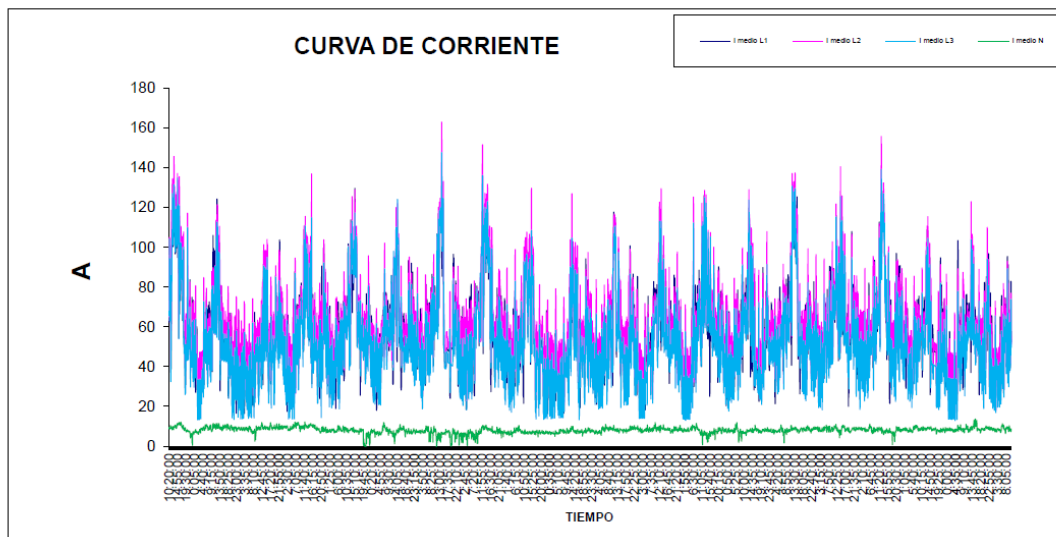
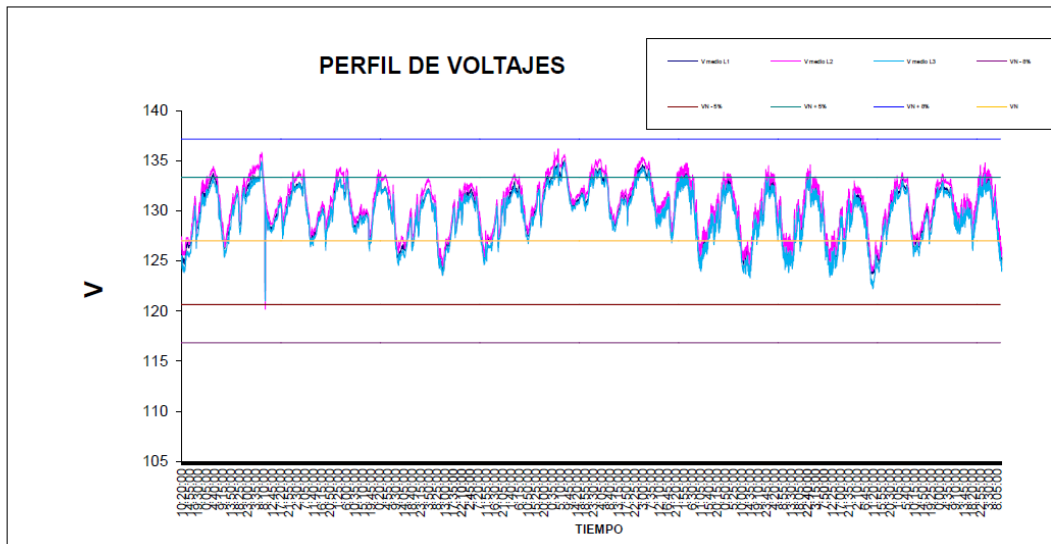
EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A. DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS SECCIÓN MEDICIÓN						
CALIDAD DE PRODUCTO Código: DI-CP-P001-F003		REFERENCIA: _____				
1.-	ÁREA QUE SOLICITA PERSONA QUE SOLICITA FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS DR. MARCELO CHANGO 12/23/2015 01/11/2016				
2.-	NOMBRE DEL CLIENTE: DIRECCIÓN: SECTOR Y ZONA: PUNTO GIS:	SRTA. SOFIA VILLACRESES AV PEDRO BUSTAMANTE Y AVENIDA PAMPITE URBANO, VALLE DE TUMBACO, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO 785442.426 9978307 2822				
3.-	DETALLES Transformador N°. Montaje Fases Potencia (kVA) Propiedad Voltaje en media tensión (V) Voltaje en baja tensión (V) Subestación Primario Sitio de la Instalación:	112960 SVT1 3 500 EMPRESA 22860 220/127 29 (E.E. Quito / S/E 29 Cumbaya) DQTA-29C (29C) ALIMENTADOR "C" DE LA S/E CUMBAYA)	Suministro Fases Equipo Instalado Numero de Serie Fecha de Instalación Fecha de Retiro Días de Lectura Intervalo de registro Número de registros	0 3 FLUKE 1744 20680 12/23/2015 01/11/2016 19 0:05 min 5480	AIRE ACONDICIONADO	
4.-	ANÁLISIS DE DEMANDAS	VALOR	UNIDAD	ENERGÍAS	VALOR UNIDAD	
	FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA	1.33	%	POTENCIA DISPONIBLE	447.00 KVA	
	FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA	4.43	%	FACTOR DE CARGA	36.50 %	
	FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA	10.6	%	ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN	1423.73 kWh	
5.-	DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO	PROM	MAX	MIN	CUMPLE REGULACIÓN CONELEC 004/01	OBSERVACIONES
	DEMANDA KW:	17.51	47.97	4.16		
	DEMANDA KVA	22.13	53.00	6.66		
	FACTOR DE POTENCIA FASE 1	0.75	0.96	0.45		EL 99.34% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FACTOR DE POTENCIA FASE 2	0.80	1.00	0.62		EL 98.81% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FACTOR DE POTENCIA FASE 3	0.74	1.00	-1.00		EL 98.22% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	VOLTAJE FASE 1	130.07	135.14	122.11	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	VOLTAJE FASE 2	130.68	136.20	120.33	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	VOLTAJE FASE 3	129.62	134.90	121.16	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1	0.39	2.62	0.00	SI	EL 0.35% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2	0.34	2.59	0.00	SI	EL 0.36% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3	0.38	2.63	0.00	SI	EL 0.35% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%)	1.06	1.67	0.65	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%)	1.02	1.74	0.58	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%)	1.18	1.78	0.78	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	CORRIENTE FASE 1	56.71	131.50	16.40		
	CORRIENTE FASE 2	61.84	162.40	19.30		
	CORRIENTE FASE 3	52.48	147.40	13.20		
	CORRIENTE NEUTRO	7.96	13.60	0.00		
	DESBALANCE DE CORRIENTES FASE 1 (%)	21.31%	0.00%	0.00%		
	DESBALANCE DE CORRIENTES FASE 2 (%)	18.06%	0.00%	0.00%		
	DESBALANCE DE CORRIENTES FASE 3 (%)	21.39%	0.00%	0.00%		

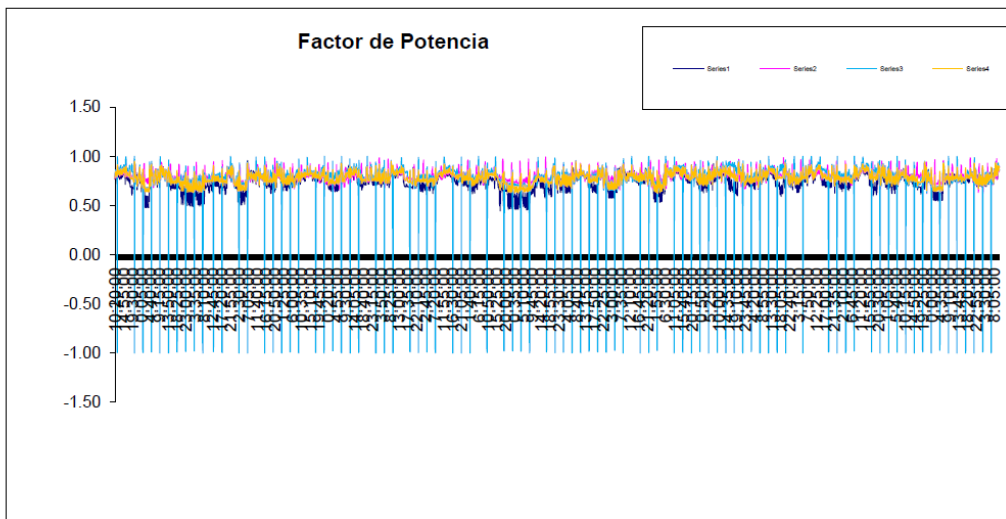
CURVA DE POTENCIA

El gráfico muestra la potencia en kW a lo largo del tiempo. Se observan picos recurrentes que alcanzan hasta 50 kW, correspondientes a la carga total (P.Total medio). Las potencias medias por fase (L1, L2, L3) fluctúan entre 10 y 20 kW.

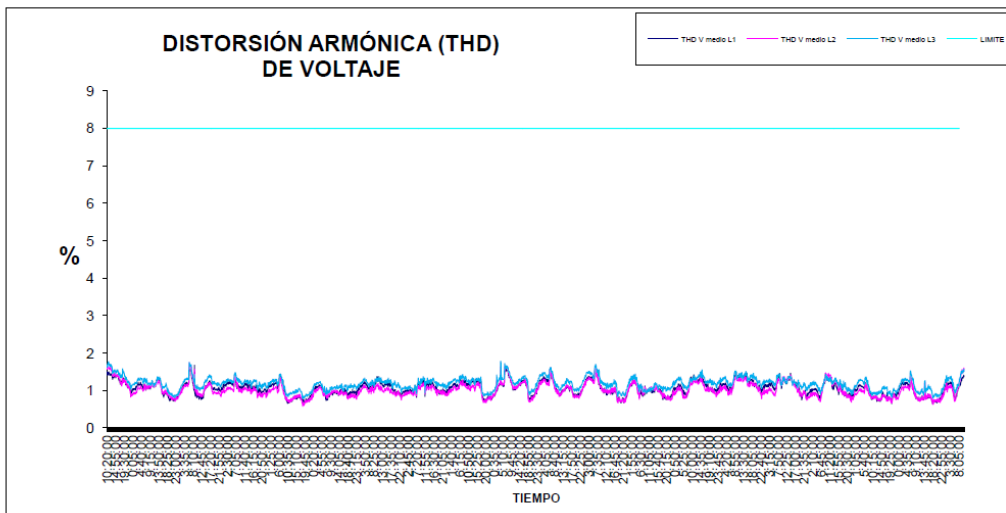
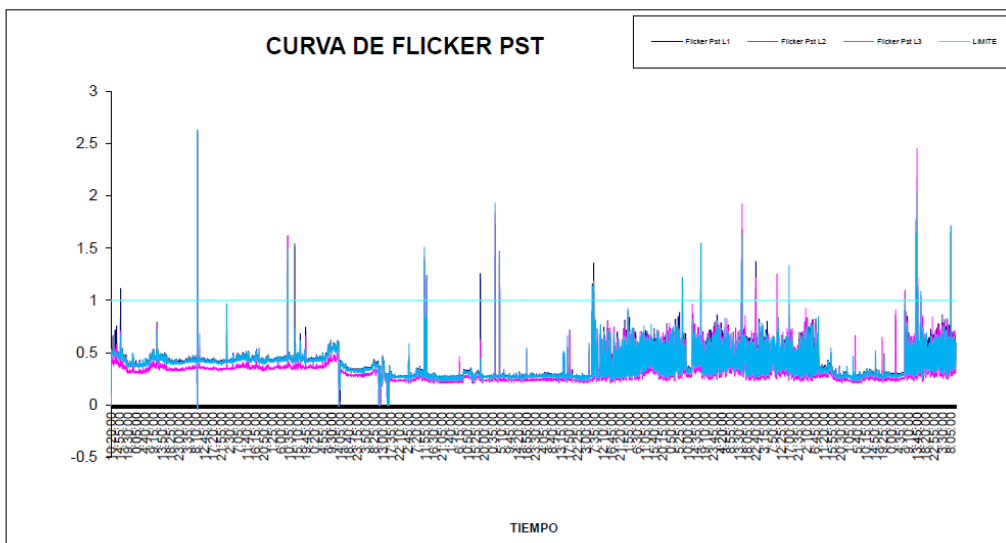
6.-	CONCLUSIONES: CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL TRANSFORMADOR SE DETERMINO QUE:			
TRAFO 3F	LOS VALORES DE VOLTAJE REGISTRADOS ESTÁN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01			
	LOS VALORES DE FLICKER REGISTRADOS ESTÁN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01			
	LOS VALORES DE THD V REGISTRADOS ESTÁN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01			
7.-	EJECUTADO POR TECNICOS	ANALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
	Tlgo. Germán Betancourt			
	Tlgo. Jorge Fuentes	Ing. Evelyn Córdova	Ing. Evelyn Córdova	Ing. Santiago Peñafiel

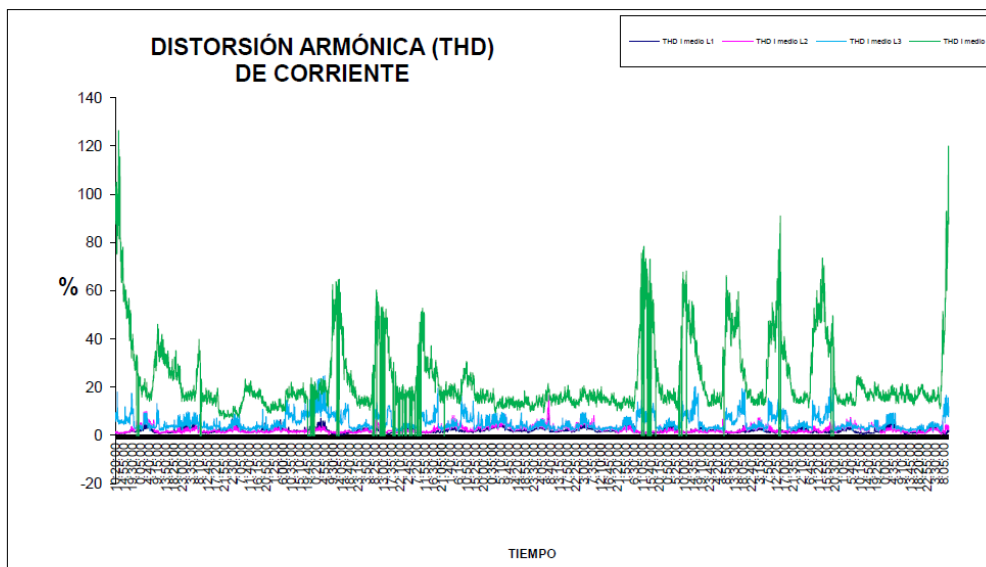
8.- PERFIL DE VOLTAJE, CURVA DE CORRIENTES Y FACTOR DE POTENCIA





9.- CURVA DE FLICKER, CURVA DE THD Y CROQUIS DE UBICACIÓN





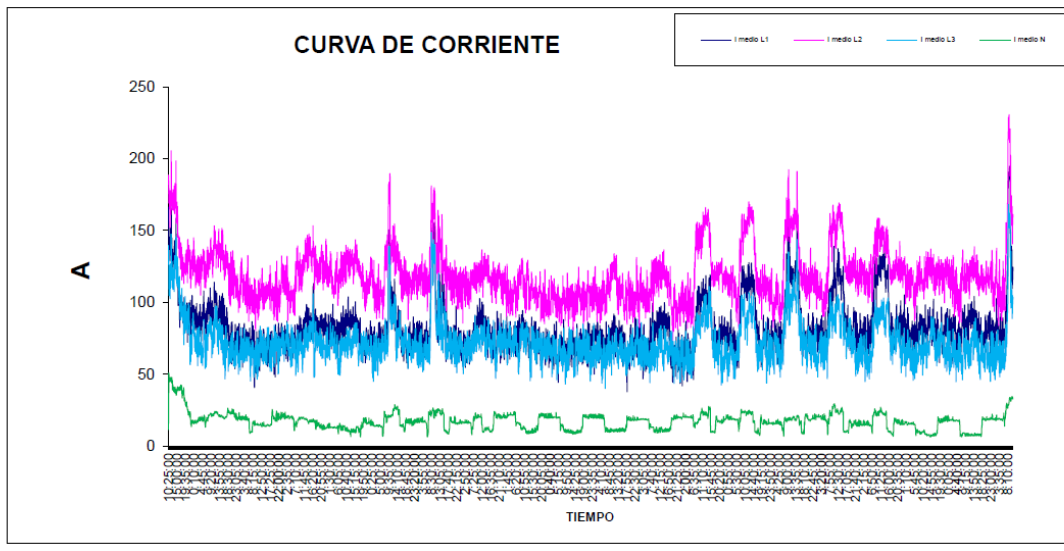
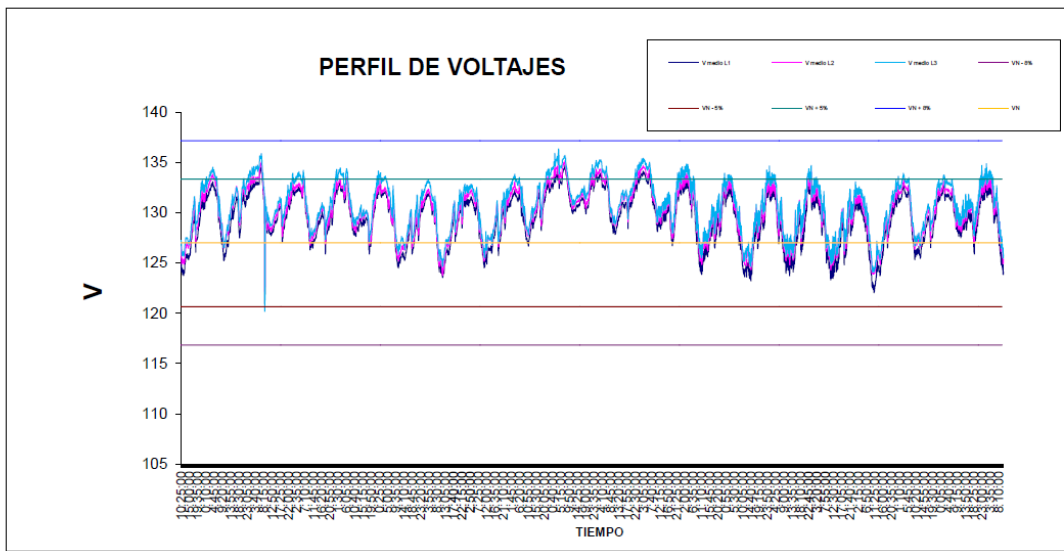
ANEXO B: INFORME DE MEDICIONES ÁREA 2

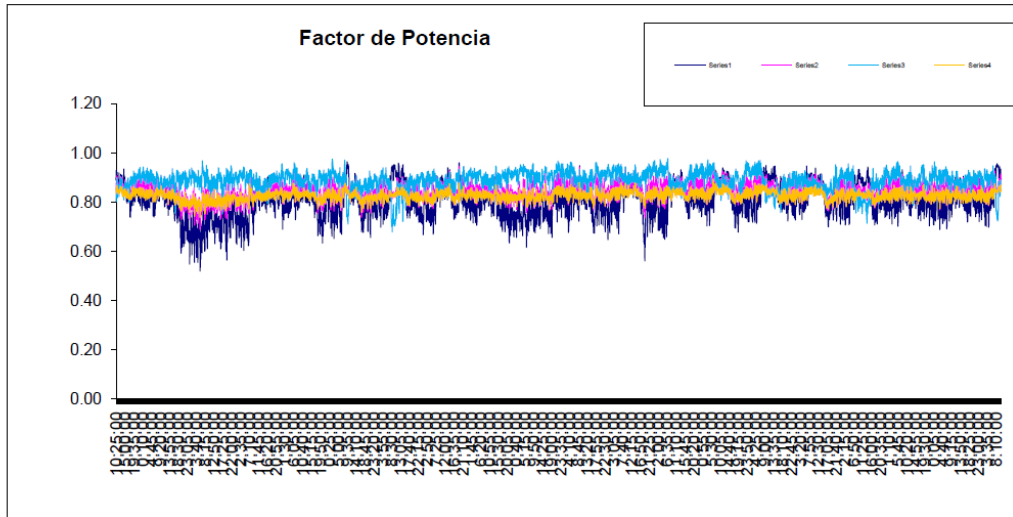
EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S. A. DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS SECCIÓN MEDICIÓN						
CALIDAD DE PRODUCTO Código: DI-CP-P001-F003		REFERENCIA:				
1.-	ÁREA QUE SOLICITA PERSONA QUE SOLICITA FECHA DE RECEPCIÓN DEL PEDIDO FECHA DE DESPACHO DEL PEDIDO	DEPARTAMENTO DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTO Y PÉRDIDAS TÉCNICAS DR. MARCELO CHANGO 12/23/2015 01/11/2016				
2.-	NOMBRE DEL CLIENTE: DIRECCIÓN: SECTOR Y ZONA: PUNTO GIS:	SRTA. SOFIA VILLACRESES AV PEDRO BUSTAMANTE Y PAMPITE URBANO, VALLE DE TUMBACO, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO 785442.426 9978307 2822				
3.-	DETALLES Transformador N°. Montaje Fases Potencia (kVA) Propiedad Voltaje en media tensión (V) Voltaje en baja tensión (V) Subestación Primario Sitio de la Instalación:	112960 SVT1 3 500 EMPRESA 22860 220/127 <small>29 (E.E. Quito / S/E 29 Cumbaya) DITA-29C (29C) ALIMENTADOR "C" DE LA S/E CUMBAYA</small>	Suministro Fases Equipo Instalado Numero de Serie Fecha de Instalación Fecha de Retiro Días de Lectura Intervalo de registro Número de registros	0 3 FLUKE 1744 20680 12/23/2015 01/11/2016 19 0:05 min 5480		
4.-	ANÁLISIS DE DEMANDAS	VALOR	UNIDAD	ENERGÍAS	VALOR	UNIDAD
	FACTOR DE USO A DEMANDA MÍNIMA	4.37	%	POTENCIA DISPONIBLE	424.18	kVA
	FACTOR DE USO A DEMANDA MEDIA	7.13	%	FACTOR DE CARGA	46.52	%
	FACTOR DE USO A DEMANDA MÁXIMA	15.2	%	ENERGÍA EN EL PUNTO DE MEDICIÓN	383910.67	kWh
5.-	DESCRIPCIÓN PARÁMETRO ANALIZADO	PROM	MAX	MIN	CUMPLE REGULACIÓN CONELEC 004/01	OBSERVACIONES
	DEMANDA KW:	29.71	63.86	17.28		
	DEMANDA KVA	35.66	75.82	21.85		
	FACTOR DE POTENCIA FASE 1	0.81	0.96	0.52	EL 97.37%	DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FACTOR DE POTENCIA FASE 2	0.85	0.96	0.69	EL 99.25%	DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FACTOR DE POTENCIA FASE 3	0.89	0.98	0.68	EL 80.78%	DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	VOLTAJE FASE 1	129.50	134.76	121.08	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	VOLTAJE FASE 2	130.22	135.24	122.23	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	VOLTAJE FASE 3	130.77	136.33	120.33	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 1	0.41	2.63	0.00	SI	EL 0.35% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 2	0.43	2.61	0.00	SI	EL 0.35% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	FLICKER CORTA DURACIÓN FASE 3	0.37	2.58	0.00	SI	EL 0.35% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 1 (%)	1.26	2.08	0.85	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 2 (%)	1.13	1.82	0.70	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	DISTORSIÓN ARMÓNICOS VOLTAJE (THD) FASE 3 (%)	1.08	2.01	0.63	SI	EL 0.00% DE REGISTROS ESTAN FUERA DE LOS LÍMITES PERMITIDOS
	CORRIENTE FASE 1	82.03	194.60	37.70		
	CORRIENTE FASE 2	119.35	230.60	73.60		
	CORRIENTE FASE 3	72.06	167.90	40.00		
	CORRIENTE NEUTRO	17.08	50.40	6.10		
	DESBALANCE DE CORRIENTES FASE 1 (%)	0.00%	0.00%	0.00%		
	DESBALANCE DE CORRIENTES FASE 2 (%)	0.00%	0.00%	0.00%		
	DESBALANCE DE CORRIENTES FASE 3 (%)	0.00%	0.00%	0.00%		

TIEMPO

6.-	CONCLUSIONES: CON LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL TRANSFORMADOR SE DETERMINO QUE:			
TRAFO 3F	LOS VALORES DE VOLTAJE REGISTRADOS ESTÁN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01			
	LOS VALORES DE FLICKER REGISTRADOS ESTÁN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01			
	LOS VALORES DE THD V REGISTRADOS ESTÁN DENTRO DE LOS LÍMITES ESTABLECIDOS EN LA REGULACIÓN DEL CONELEC 004/01			
7.-	EJECUTADO POR TECNICOS	ANALIZADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
	Tlgo. Germán Betancourt			
	Tlgo. Jorge Fuentes	Ing. Evelyn Córdova	Ing. Evelyn Córdova	Ing. Santiago Peñafiel

8.- PERFIL DE VOLTAJE, CURVA DE CORRIENTES Y FACTOR DE POTENCIA





9.- CURVA DE FLICKER, CURVA DE THD Y CROQUIS DE UBICACIÓN

