INTRODUCCION

Las auditorías eléctricas constituyen una práctica habitual en las empresas o instituciones comprometidas con la seguridad de su personal y su confiabilidad eléctrica, con el fin de identificar y analizar los diversos aspectos de la situación y calidad de sus programas de seguridad eléctrica y ahorro de energía. Estas auditorías pueden realizarse para evaluar el avance de un programa o bien pueden realizarse al inicio del programa de seguridad eléctrica, para conocer en detalle la situación en que se encuentra una empresa o institución. Esta información resultará muy valiosa y podrá ser utilizada luego como herramienta de medición para evaluar el mejoramiento continuo.

El campus II de la Universidad APEC, ha estado en crecimiento constante en los últimos 10 años. Un ejemplo de ello es que para el 2001, el recinto solo contaba con tres edificios docentes; en la actualidad cuenta con 4 edificios, laboratorios técnicos computarizados y debidamente ambientados, una biblioteca mucho más grande, iluminación exterior mejorada y muchos otras cargas adicionales.

El presente trabajo trata de hacer un levantamiento de las diferentes cargas utilizadas en el campus, así como el estudio de su distribución, a fin de proponer mejoras y cambios que ayuden a eficientizar el sistema y a reducir consumos innecesarios a través de los resultados arrojados por una auditoria eléctrica.

Los campos a evaluar en el levantamiento propuesto fueron divididos en tres ramas principales:

- El sistema de Iluminación
- El sistema de Aire Acondicionado
- El sistema Eléctrico de Potencia

Adicionalmente se presentan estudios termográficos en los puntos claves de la distribución eléctrica, para asegurar un suministro seguro y confiable, pero sobre todo libre de perdidas por temperatura.

Cada uno de los sistemas antes mencionados se presentan por separado y muestran el estado actual de los mismos, así como propuestas de mejoras, mantenimiento y cambios requeridos para asegurar una distribución eléctrica segura y eficiente.

Finalmente se presentan a modo de conclusión, las consideraciones generales de los sistemas estudiados, así como las medidas de ahorro propuestas a fin de que se justifiquen los cambios a realizar y los costos que éstos involucran.

RESUMEN EJECUTIVO

Con este proyecto se implemento un estudio o auditoria energética para mejorar la calidad de la energía eléctrica en el campus II de la universidad APEC y someter planes de ahorro de energía eléctrica a consecuencia de los resultados obtenidos.

La auditoria energética se dividió en tres partes: Sistema de iluminación, sistema potencia y sistemas de aire acondicionado. Además adicional a esto se realizo un estudio termográfico, para verificar el estado de los puntos de conexión eléctrico del sistema de potencia de la universidad.

Sistema de Iluminación

El sistema de iluminación anterior tiene un consumo mensual de 72 Kw, con el sistema propuesto se reduce a 28.82 Kw logrando un ahorro de 43.48 Kw, lo que representa un ahorro anual de RD \$ 752,906. La inversión para implementar el sistema propuesto es de RD \$ 1,298,236 en donde la inversión se recupera en 1 año y 9 meses.

Sistema de Potencia.

En el sistema de potencia no existe ninguna penalidad por factor de potencia y la potencia reactiva no es facturada, sin embargo en un intervalo de tiempo donde la carga es mínima se registra un factor de potencia fuera de los parámetros de las autoridades eléctricas, por lo cual calculamos el equipo

necesario para corregir dicho factor, que sería un banco de capacitores automático de 25 Kvar, para cuando se requiera instalar, con un costo de 243,000.

Sistema de Aire Acondicionado.

Actualmente el sistema de acondicionadores de aire, está compuesto por 26 unidades de aires acondicionados, distribuidos en el área útil de la construcción de la universidad con capacidades desde 1 hasta 5 toneladas. El sistema anterior consume mensualmente alrededor de 121.66 Kw con el sistema propuesto 108.95 Kw lo que representa un ahorro de 12.61 Kw. La inversión para la implementación de este sistema es RD\$ 804,760 y se recupera en 3 años y 1 mes. Los acondicionadores de aire aquí sugeridos son de alta eficiencia y larga duración.

Las propuestas fueron realizadas de forma individual para dar flexibilidad de escoger la implementación del sistema que crea más adecuado

I - MARCO CONTEXTUAL

1.1 Planteamiento del problema.

El problema de la calidad de la energía incluye la tendencia creciente del contenido armónico, debido principalmente al uso de dispositivos electrónicos o cargas no lineales de potencia y su uso generalizado. Históricamente, la mayoría de los equipos eran capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de la tensión, corriente, y frecuencia dentro del sistema eléctrico. Sin embargo, en los últimos diez años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos no tan tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente.

El campus II de la Universidad APEC, no escapa de las nuevas tendencias. La necesidad de ampliación, el desarrollo de la edificación y la incorporación de nuevas tecnologías, conduce a la preocupación por la calidad del sistema eléctrico instalado y la evaluación de posibles mejoras. Por esta razón, se deben tomar en cuenta nuevas medidas para desarrollar un sistema eléctrico confiable que es posible no se hayan considerado significativas a la hora de la instalación del campus.

Otro de los problemas que enfrenta la universidad APEC es el alto costo de las facturas eléctricas. Los equipos instalados de baja eficiencia, pueden ser responsables de consumos innecesarios en la institución. Un análisis de la situación actual del campus, será necesario para las recomendaciones de mejoras en cada uno de los sistemas eléctricos involucrados.

1.2 Hipótesis

El estudio del sistema eléctrico instalado en el campus II de la Universidad APEC, ayudará a identificar los puntos de oportunidades de ahorro y mejoras de la calidad del sistema.

El análisis de los sistemas de iluminación, acondicionadores de aire y potencia, serán de suma importancia para mantener el recinto bajo las nuevas tendencias económico-ambientales, para el desarrollo sostenible y los ahorros de energía que tanto se necesitan en momentos de recesión,

1.3 Objetivos del trabajo de grado

1.3.1 Objetivo General

Estudiar el consumo de energía eléctrica y los costos asociados en el campus II de la universidad APEC mediante la implementación de una auditoria energética para sugerir mejoras en el uso de la energía eléctrica, medidas de ahorro de energía y la calidad del sistema interconectado.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar el consumo de energía eléctrica del campus II de la universidad APEC.
- Estudiar las perturbaciones del sistema eléctrico de la universidad
 APEC.
- Conocer los elementos que contribuyen a distorsionar el sistema eléctrico.

- Estudiar el funcionamiento de las cargas no lineales.
- Sugerir modificaciones e innovaciones del sistema eléctrico instalado en el campus, según los resultados arrojados por la auditoria.

1.4 Justificación del trabajo de grado

Anteriormente no se hablaba de calidad de la energía y eficiencia energética. La palabra calidad de la energía eléctrica se utiliza para describir las variaciones de frecuencia, corriente y voltaje. Las máquinas eléctricas eran fabricadas con grandes márgenes de variación de los tres parámetros antes mencionados, y no se requería de estabilidad en el sistema para que dichas maquinas operaran sin dificultad.

Después de algún tiempo se introdujeron al mercado cargas electrónicas que requerían de gran estabilidad en el sistema para poder operar. Dichas cargas también presentan el problema de que contaminan al sistema, es decir, lo hacen inestable e introducen perturbaciones.

Con la gran cantidad de cargas no lineales que existen en algunos suministros eléctricos internos, las compañías de distribución (EDES) han optado por penalizar a quienes contribuyen a distorsionar el sistema, provocando esto mayor consumo de energía, generación de averías y daños a equipos que requieren ciertos márgenes de estabilidad en el suministro.

La universidad APEC se beneficiará de dos formas con este trabajo de grado: la primera sería adecuar su sistema eléctrico a las nuevas tendencias de la tecnología según los resultados del estudio de auditoria energética, para ahorrar energía y mejorar la calidad del sistema. La segunda forma es

que, mediante este estudio la universidad proporcionará a la Republica Dominicana profesionales capaces de evaluar sistemas eléctricos para optimizar y estabilizar su funcionamiento.

1.5 Metodología Operativa Para el Desarrollo del Trabajo de Grado.

1.5.1 Tipo de Estudio

Para el correcto desarrollo de esta investigación se manejan dos tipos de estudio:

Exploratorio: Ya que permite una familiarización con el problema de investigación y ayuda a proporcionar un panorama aproximado de la realidad en un escenario como este en el cual el tema de investigación no ha sido ampliamente estudiado.

Este tipo de estudio ayudará para habituarnos con casos comparativamente inexplorados o donde hubiera pocos datos al respecto y así poder tener información que nos ayuden a entender mejor el tema, pudiendo así llevar a cabo una investigación más exitosa.

Así mismo el estudio exploratorio tiene una utilidad especial, ya que permite al investigador formular hipótesis de primero y segundo grado, ya que estas se pueden considerar al principio de la investigación.

Descriptivo: Este identifica características del universo de la investigación para establecer comportamientos concretos y comprobar asociación entre variables. Se implementa realizando observaciones directas como en este caso.

El estudio descriptivo puede brindar la posibilidad de predicciones o relaciones aunque estén poco procesadas.

1.5.2 Metodología

Se utilizara la metodología analítica ya que se busca determinar el grado de en el cual será beneficioso el estudio de los sistemas eléctricos instalados en el campus II por medio de una auditoria energética, y las propuestas y recomendaciones que la misma arroje.

Según Carlos E. Méndez en su libro Metodología, diseño y desarrollo del proceso de investigación cita lo siguiente: "análisis y síntesis son procesos que permiten al investigador conocer la realidad. El análisis inicia su proceso de conocimiento por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad; de este modo podrá establecer las relaciones causa-efecto entre los elementos que componen un objeto de investigación."

1.5.3 Técnica e Instrumento

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se utilizaron varias técnicas. Como la recopilación de datos por medio de mediciones con aparatos especializados en el almacenamiento de datos eléctricos, consultas en monografías realizadas, facturas eléctricas de la institución, entre otros.

1.5.4 Instrumentos de la Investigación

En la recopilación y recolección de datos para la investigación se utilizaron varios instrumentos: las hojas de levantamiento eléctrico para iluminación y aires acondicionados del edificio, la colocación del medidor de energía Power Quality Analizer (AEMC instruments), por cinco días, y la cámara termográfica IRI 1011 para el estudio termográfico de los paneles del campus.

Las hojas de levantamiento contienen información general sobre las la localización de las áreas a evaluar; los tipos de iluminaria y sus dimensiones, las lámparas, la cantidad de iluminaria, así como los respectivos voltajes y corrientes de estos. De igual forma, para el sistema de aire acondicionado, las hojas de levantamiento muestran los tipos de acondicionadores de aire, su localización y los datos de capacidad, voltaje y consumos asociados.

Otro instrumento utilizado fue la cámara termográfica IRI 1011 cual la permitió detectar temperaturas a distancia, para estudiar los sistemas instalados estacionarios o en movimiento, con una gran seguridad, cosa de gran importancia cuando estos objetos están expuestos a grandes temperaturas, cargas eléctricas, gases o humos.

1.5.5 Procedimiento para la recolección de la información

Para recolectar los datos necesarios en el desarrollo del proyecto de investigación se utilizaron las hojas de levantamiento eléctrico de iluminación y aires acondicionados de los edificios y oficinas del campus, en la cual se procedió a recoger y tabular la información correspondiente a cada una de las aulas y oficinas, tales como el nivel donde se encontraba y las dimensiones, así como también el tipo de equipo y los accesorios utilizados.

En el caso del alumbrado se procedió a visitar los cursos y se fue tomando anotaciones sobre el tipo de iluminación y sus dimensiones, la cantidad de luminaria en el aula, así como también el número de lámparas que poseía cada una de ellas. Se anotaron las lámparas defectuosas y el tipo de lámpara que tenía cada luminaria de las aulas y los pasillos. También se procedió a realizar medidas de los niveles de iluminación por medio de un luxómetro, para monitorear los valores de los mismos y asegurar que se encuentren dentro de los parámetros establecidos.

1.5.6 Procedimiento de Análisis de Datos

Una vez recopilada la información necesaria se procede a analizar cada uno de los datos obtenido siguiendo una serie de pasos en forma detallada y cuidadosamente pare llegar a responder los objetivos planteados.

Con las hojas de levantamiento eléctrico, al obtener el consumo total del campus se tomo la decisión de los sistemas propuestos, para cumplir con los requerimientos de niveles de iluminación con un consumo inferior.

Para probar que los sistemas de iluminación propuestos, se utilizo un software de simulación de iluminación llamado Visual. (Basic Edition), donde se simularon los equipos de iluminación propuestos, y se tomaron las medidas de los niveles de iluminación y consumo de las lámparas, asegurando el nivel adecuado para las diferentes aéreas estudiadas.

1.6 Datos de la Institución

1.6.1 Antecedentes históricos de la Universidad APEC.

La Universidad APEC (UNAPEC) es una universidad privada de la República Dominicana, situada en Santo Domingo, capital del país.

La Universidad APEC fue fundada en el año 1965. En principio tuvo como nombre "Instituto de Estudios Superiores." Las escuelas de Administración de Empresas, Secretariado Ejecutivo Español y Bilingüe, y Contabilidad, fueron las primeras en esta casa de estudios.

Para el año 1968 el gobierno le concede la personalidad jurídica que le capacita para el otorgamiento de títulos académicos superiores. Es desde ese momento que el Instituto alcanza la categoría de universidad. El cambio de nombre al que lleva en la actualidad se realiza el 11 de agosto del año 1983, lo cual fue autorizado el 29 de enero de 1985 por el gobierno dominicano. También es conocida como UNAPEC.

1.6.2 Filosofía Institucional

Misión

Formamos líderes creativos y emprendedores para una economía global, mediante una oferta académica completa con énfasis en los negocios, la tecnología y los servicios, que integra la docencia, la investigación y la extensión, con el fin de contribuir al desarrollo de la sociedad dominicana.

Visión

Ser la primera opción entre las universidades dominicanas por su excelencia académica en los negocios, la tecnología y los servicios.

Valores Institucionales

- Compromiso y responsabilidad.
- Sentido de pertenencia en la institución
- Trabajo colectivo/en equipo
- Calidad en el servicio
- Eficiencia
- Perseverancia
- Respeto a la diversidad

Objetivos

- Aportar al mercado de trabajo los recursos humanos idóneos para satisfacer la demanda de las actividades industriales, comerciales, administrativas y de servicios.
- Formar profesionales a nivel técnico superior, tecnólogo, grado y post-grado, de acuerdo con las exigencias nacionales e internacionales de la ciencia y la tecnología.
- Preparar y especializar profesionales en aquellas tecnologías necesarias para el desarrollo industrial y empresarial.
- Promover la formación integral, a través de la docencia, el estudio, la divulgación, la extensión y la educación continuada.

1.6.3 Campus Universitario: Campus II (CAFAM):

La Universidad APEC cuenta para la docencia y sus múltiples servicios con un Campus I -Principal-, un Campus II -CAFAM- y un Campus III -COLAPEC-, a una corta distancia entre sí, dentro de la ciudad de Santo Domingo de Guzmán, capital de la República Dominicana, así mismo una extensión en la región del Cibao.

El Campus II de la Universidad APEC se encuentra ubicado en la Avenida 27 de Febrero No. 569, entre la Avenida Caonabo y Calle Manganagua. Cuenta con cuatro edificios en donde se imparten clases de colegio en la mañana y en la noche clases universitarias. A este se le llama CAFAM por el colegio, el cual lleva el nombre de: Colegio Arzobispo Fernando Arturo de Meriño en honor a ese gran ilustre Arzobispo presidente de la República.

Edificio I: Este es el primer edificio que se encuentra frente a la entrada principal del campus y delante del edificio II, separado de este por una amplia área plana y pavimentada que comunica a los demás edificio. Este edificio es de un solo nivel y en él están las aulas de la banda de música del colegio, la extensión de la biblioteca universitaria Lic Fidel Méndez Núñez, el área de caja y el área de fotocopiado.

Edificio II: Este edificio esta posicionado frente a la entrada principal del campus, paralelo a la avenida 27 de Febrero, delante del edificio IV y entre los edificios III y el administrativo. Este está distribuido en tres niveles entre los cuales se encuentran los principales laboratorios universitarios:

- II-01 Laboratorio de Automatización y Robótica
- II-02 Laboratorio de Máquinas Eléctricas
- II-03 Laboratorio de Física Eléctrica
- II-04 Laboratorio de Física Mecánica
- II-05 Laboratorio de Ciencia de los Materiales
- II-06 Laboratorio de Química
- II-07 Laboratorio de Circuitos Eléctricos
- II-08 Laboratorio de Electrónica
- II-09 Laboratorio de Electrónica Computarizada
- II-10 Lab. Control de Procesos en Tiempo Real PLC
- II-11 Lab. De Procesos de Manufactura
- II-12 Lab. Para el Aseguramiento de la Calidad
- II-13 Lab. De Comunicación
- II-14 Lab. De Comunicación
- II-15 Laboratorio D de Informática
- II-16 Laboratorio C de Informática
- II-17 Laboratorio B de Informática
- II-18 Laboratorio A de Informática

Edificio III: se encuentra en el ala noroeste del campus tomando como referencia la puerta principal y paralelo a la Av. Caonabo. Alberga la mayoría de las aulas destinadas a impartir clases universitarias, del colegio, de deportes y de inglés, unos 44 cursos distribuidos en cuatro niveles. En el primer nivel esta el salón multiusos del campus, además de algunas aulas

donde se imparten deportes, tales como yudo, tenis de mesa, karate etc. En el tercer nivel están dos aulas audiovisuales para clases de inglés.

Edificio IV: Se encuentra detrás del edificio II y al lado del edificio III separado por dos pequeños pasillos que comunican los tres edificios. Este edificio consta de tres niveles y alberga 21 cursos donde se imparten clases universitarias, del colegio y de inglés. También en él se encuentra el dispensario médico del campus.

Edificio Administrativo: Esta situado a la izquierda del edificio II y alberga la recepción y área administrativa de la universidad. También se encuentra la dirección del colegio y de la banda de música. Consta de dos niveles.

Otras áreas del campus son: Área de cafetería, parqueo de profesores, parqueos generales y cancha deportiva.

II- MARCO TEORICO

2.1 Concepto de auditoría energética

La auditoría energética es un proceso sistemático mediante el cual se obtiene un conocimiento suficientemente fiable del consumo energético de una empresa o institución para detectar los factores que afectan el consumo de energía e identificar, evaluar y ordenar las distintas oportunidades de ahorro de energía, en función de su rentabilidad.

Una Auditoria Energética es un análisis que refleja cómo y dónde se usa la energía de una instalación con el objetivo de utilizarla racional y eficientemente. La misma ayuda a comprender mejor cómo se emplea la energía en el recinto y a controlar sus costos, identificando las áreas en las cuales se pueden estar presentando desperdicios y en dónde es posible hacer mejoras. Es una evaluación técnica y económica de las posibilidades de reducir el consumo de la energía de manera rentable sin afectar la cantidad y calidad del producto y/o servicio prestado por la entidad.

La auditoria energética incluye evaluación del uso final y, si se desea, análisis de la autogeneración y cogeneración. Como resultado del estudio, se definen medidas correctivas, determinando los consumos específicos, balances energéticos y los costos estimados de ahorro de inversión y tiempo de retorno de ésta última.

Las Auditorias Energéticas son una guía para la acción, enfocadas en la búsqueda de racionalizar y optimizar, por un lado, usos y consumos de energéticos, y por otro, procesos y procedimientos tecnológicos que involucren esos usos y consumos.

2.2 Alcance de una auditoria energética

Las Auditorias Energéticas tienen como alcance:

- Análisis de los consumos históricos de recursos energéticos.
- Identificación de pérdidas por efecto Joule (puntos calientes) mediante el uso de cámaras termográficas.
- Análisis del sistema de puesta a tierra.
- Estudio de la coordinación de protecciones.
- Análisis de la Calidad de la energía eléctrica.
- Recomendaciones para mejorar la eficiencia energética en el sistema de iluminación.
- Sistema tarifario, recomendaciones.
- Consumo de agua, aire comprimido, etc.

Una Auditoria Energética proporciona la información relevante acerca del consumo actual de energía y las posibilidades de ahorro.

Mediante las Auditorias se analizan los flujos energéticos y se establecen las estrategias o acciones de ahorro y eficiencias energéticas más adecuadas. Para ello, los expertos responsables de realizar estas tareas deben conocer

los procesos físicos y los equipos utilizados en la empresa, así como las técnicas concretas de Auditorias utilizadas en la actualidad.

Estas Auditorias pueden ser realizadas por áreas, procesos o actividades completas, su complejidad depende de las instalaciones, necesidades, expectativas y recursos específicos de cada una, pudiendo ir desde un par de semanas hasta varios meses, en la cual intervienen expertos de diferentes áreas. La auditoria energética es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía, cuando una empresa desea controlar una parte importante de sus costos.

2.3 El diagnóstico energético

Consiste en la recolección de datos sobre el suministro y consumo de todas las formas de energía con el propósito de evaluar las posibilidades de ahorro de energía y la cuantificación de las mismas, así como para determinar la conveniencia de la oportunidad económica de ejecutarlas.

2.3.1 Objetivos

- Identificar donde, cómo y cuanta energía es desperdiciada.
- Establecer potencialidades de ahorro.
- Establecer medidas de conservación y ahorro.
- Establecer indicadores energéticos de control.
- Establecer estrategias de operación y mantenimiento.
- Disminuir costos de energéticos.

2.3.2 Actividades que se realizan en el diagnóstico

Se realizan las siguientes actividades:

- Determinación de la eficiencia energética de área, equipos y su comparación con las normativas.
- Identificación de equipos y áreas de mayor consumo de energéticos.
- Determinación de los valores de las pérdidas de energéticos en esas áreas para un régimen de operación dado.
- Determinación de la influencia de las pérdidas en los distintos regímenes de operación.
- Determinación de la influencia del estado técnico y del mantenimiento.
- Determinación de las causas principales de las pérdidas en equipos y áreas.
- Identificar posibles medidas prácticas para reducir las causas de pérdidas.
- Determinar indicadores de control energético para mantener al mínimo el valor de las pérdidas.

2.3.3 Elementos principales a revisar en los diagnósticos energéticos:

- Eficiencia real respecto a la nominal.
- Adecuada selección para las condiciones de trabajo actuales.
- Adecuado mantenimiento.
- Ajuste de los controles de acuerdo al fabricante.
- Régimen de carga respecto al nominal.
- Evaluación de cambio a tecnología eficiente.

- Estado técnico del equipo o instalaciones.
- Reajustes de sistemas operativos.
- Estrategias para regímenes de trabajo diferentes al nominal.
- Registros proactivos.
- Conocimientos de los operadores y supervisores.

2.4 Resultado de las auditorías energéticas

El producto de las Auditorias Energéticas es una serie de estrategias, programas o planes en forma de reportes, con recomendaciones y acciones sobre las medidas que deben ser tomadas para el ahorro de energía. Además, estos reportes, con las subsiguientes medidas correctivas, se acompañan de un diagnóstico previo, en el que se muestran los consumos energéticos específicos, balances energéticos, aspectos técnicos y los costos estimados de ahorro, de inversión y tiempo de retorno de estas medidas de ahorro energético.

Es importante señalar que una auditoria energética debe incluir un proceso de implementación de las diferentes acciones y determinar procesos de seguimiento y control de las acciones. De esta forma, ésta es una actividad continua que debe tener un seguimiento periódico, que posibilite estar al tanto del consumo energético de la empresa.

III- CONSUMO Y COSTO DE LA ENERGIA EN EL CAMPUS

3.1 Descripción del suministro

La edificación del campus II de la Universidad APEC consta de un suministro eléctrico trifásico, con un contrato MTD-1 (Media Tensión Demandada). Este tiene la característica de que las mediciones son hechas en alta tensión y es tomado en cuenta no solo la energía consumida sino también el factor de potencia y la potencia máxima demandada. Por lo que serán hechas recomendaciones para la reducción de la facturación en todos estos ámbitos.

3.2 Facturación mensual del campus durante el 2009

Para el año 2009, el recinto estudiantil tuvo un consumo promedio mensual de 33, 733 Kw-hr, en energía activa, y unos 108.15 KW en potencia máxima promedio. Para los valores de energía reactiva, se promediaron durante el año un consumo mensual de 12.96 Kvar-hr.

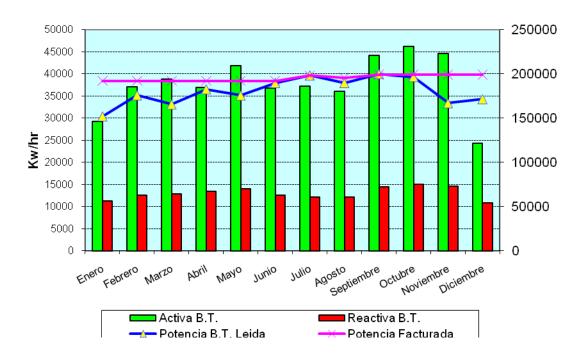
Los valores de energía activa, reactiva y potencia máxima antes citados, representan un costo mensual promedio de RD \$ 310,247.07

Histórico de consumos Campus II Universidad APEC Año 2009								
Mes	Activa B.T.	Reactiva B.T.	Potencia B.T. Leida	Potencia Facturada	Importe Factura			
Enero	29160	11280	152040	192000	RD\$ 241,196.91			
Febrero	36960	12480	175680	192000	RD\$ 286,094.91			
Marzo	38760	12840	165480	192000	RD\$ 297,452.91			
Abril	36840	13440	182400	192000	RD\$ 286,201.71			
Mayo	41880	14040	175440	192000	RD\$ 315,736.11			
Junio	36720	12480	189480	192000	RD\$ 300,020.43			
Julio	37200	12120	197880	197880	RD\$ 322,588.73			
Agosto	36000	12120	189360	195550	RD\$ 313,609.21			
Septiembre	44160	14400	199560	198720	RD\$ 368,579.39			
Octubre	46200	15000	196320	198720	RD\$ 381,519.26			
Noviembre	44640	14520	166800	198720	RD\$ 371,393.66			
Diciembre	24240	10800	171360	198720	RD\$ 238,559.66			

Tabla No. 1

En la tabla No.1 se muestran los consumos puntuales durante el año 2009. Se puede notar que en los meses de Septiembre hasta Noviembre, se registraron los mayores consumos durante el año. Esto puede ser mejor apreciado en la siguiente grafica:

Histórico Consumo CAFAM Año 2009



3.3 Costo de la energía consumida en el campus

Como se había mencionado anteriormente, el recinto de CAFAM, posee un suministro eléctrico con una tarifa MTD-1, o de media tensión con demanda. Este tipo de tarifa es suministrada a todas las entidades conectadas a un voltaje primario superior a los 1,000 volts e inferior a los 34,500 volts.

Los costos actuales asociados a esta tarifa son los siguientes:

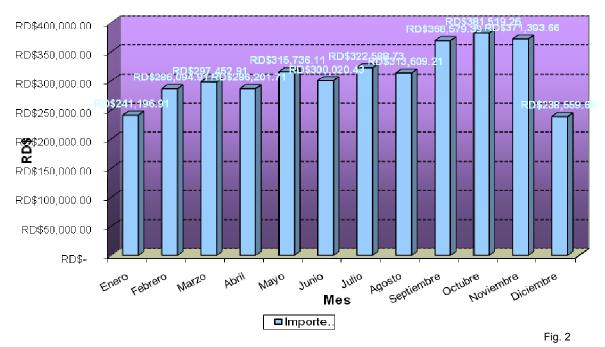
Cargo por	Cargo Fijo	Cargo por Energia	
Potencia Kw	cargo rijo	Kw-hr	
RD\$405.39	RD\$198.16	RD\$6.51	

Tabla No. 2

Estos precios están vigentes desde el mes de Julio de 2009.

Otros cargos pueden ser aplicados al tipo de tarifa existente en el campus, como son las penalizaciones por factor de potencia bajo, que corresponderá al 1% de la energía activa facturada, cada vez que el F.P. baje 0.01 del mínimo establecido por resolución, que es el 0.90. (Ver resolución en anexos)

Facturacion Mensual CAFAM Año 2009



La figura 2 muestra el histórico de consumo durante el año 2009, en el campus II de la universidad APEC.

3.3.1 Resumen de los costos anuales de energía.

La siguiente tabla muestra los costos anuales pagados a la distribuidora de electricidad. Estos datos serán útiles para los cálculos de retorno de inversión realizados más adelante y permitirán la justificación de las recomendaciones propuestas.

Resumen de cargos facturados anuales							
	Consumo anual	Costo anual (RD\$)					
Consumo de Energia (Kwh)	452760	RD\$2,947,467.60					
Consumo en Potencia (Kw)	2161800	RD\$876,372.10					
Total Anual	RD\$3,823,839.70						

Tabla No. 3

IV- SISTEMAS DE ILUMINACION DEL CAMPUS

4.1 Introducción

La iluminación afecta directamente la respuesta del individuo y su productividad, en un ambiente en particular. Hay muchos factores controlables tanto en el sistema de iluminación como en el ambiente que afecta el comportamiento visual y finalmente, el comportamiento completo de trabajo.

Para poder aplicar efectivamente el nivel de iluminación en un área determinada, en este caso en las diferentes áreas del Campus II de la Universidad Apec, se deberán identificar los siguientes factores:

- 1. Tareas Visuales
- 2. Área de Tarea
- Selección de luminaria
- 4. Disposición de luminarias

4.2 Conceptos y requerimientos a tomar en cuenta para un sistema de iluminación eficiente.

4.2.1 Tareas visuales

El primer paso es identificar las tareas visuales en un espacio dado. Las tareas entonces serán jerarquizadas se acuerdo a su nivel de importancia, frecuencia, duración y características visuales especificas de cada una. Los

factores a ser considerados incluyen: requerimientos de velocidad y exactitud, dificultad de los detalles de la tarea, superficies del cuarto, reflactancias del fondo de la tarea, direccionabilidad de la fuente de luz ubicación del plano de trabajo e inclinación,

Las tareas visuales son de variada duración y dificultad. Los detalles pequeños o finos, tales como una impresión pequeña son difíciles de ver; mientras más grandes los detalles mayor la facilidad para verlos. Como el ojo asimila un detalle a la vez, tomará mayor tiempo en absorber detalles si la visibilidad es pobre. Por ejemplo, en un establecimiento industrial pobremente iluminado, donde un trabajador puede ser requerido de mantener una velocidad de producción constante o fija, el ojo puede no tener bastante tiempo para "ver" los detalles con una perdida en exactitud y comportamiento visual como resultado. Para algunas tareas, la exactitud será más importante que la velocidad y viceversa.

La altura del plano de trabajo y su orientación es otro componente importante para asegurar una iluminación suficiente. Todos los planos de trabajo en un espacio dado pueden estar a diferente altura y aún cuando los planos de trabajo son generalmente horizontales, ellos pueden ser verticales o inclinados.

4.2.2 Área de tarea

El ambiente para comportamiento visual depende principalmente de los siguientes factores: dimensiones de área, reflectancias de las variadas superficies y del fondo de la tarea, el potencial para el deslumbramiento, variaciones en la distribución de la luminaria en el cuarto y la uniformidad de nivel de iluminación deseada.

La dimensiones en el recinto, es decir el tamaño y la forma, afectan la cantidad de luz que es reflejada por las superficies y cómo esta luz es distribuida en el espacio. En general, mientras menor es el tamaño del cuarto, y la altura de cielo raso permanece constante, mayor es la pérdida de la luz por absorción. Porque la luz sufre múltiples reflexiones antes de alcanzar el plano de trabajo.

Las reflectancias de las superficies afectan tanto la cantidad de flujo generado, como la cantidad de deslumbramiento que pudiera existir. La cantidad de luz reflejada de las paredes, cielo raso y piso, depende de las propiedades de reflexión, textura de la superficie distribución espectral de las fuentes de luz, y reflectancias espectrales de las superficies de luz.

La adaptación transitoria es el proceso mediante el cual los ojos se ajustan de un nivel de luminancia a otro cuando ellos recorren las zonas de

luminancia en el campo visual. Algunos métodos prácticos para lograr las relaciones de luminancia recomendables son:

- Seleccionar luminarias de baja luminancia.
- Controlar la luminancia durante el día en las áreas de ventanas, con persianas, sombrillas o cortinas de género.
- Usar colores de alta reflectancia y texturas en las paredes adyacentes a las paredes de las ventanas.
- Usar tratamientos traslucidos u opacos en las ventanas en aquellas que estén en el campo de visión.
- Usar materiales y acabados para secciones grandes en un cuarto,
 que tengan reflectancias aproximadamente iguales, pero que pueden
 tener sutiles cambios de color.

4.2.3 Selección de luminarias

La selección de luminarias involucra la evaluación de los siguientes factores:

- Fuente de luz
- Distribución de luz deseada
- Nivel de iluminación
- Control
- Nivel deseado de control direccional
- Estética
- Construcción mecánica
- Características terminas acústicas

- Características de mantenimiento
- Eficiencia
- Disponibilidad y confiabilidad del producto
- Seguridad
- Costo del ciclo de vida
- Cumplimiento de los criterios de requerimientos de potencial lumínica

Las luminarias son seleccionadas normalmente por su comportamiento en entregar el flujo luminoso en las superficies horizontales. Sin embargo, la componente vertical en muchos casos es muy importante. La información fotométrica de la luminaria entregará información acerca de la habilidad para promocionar iluminación vertical. Montar las luminarias más cerca una de otra que el máximo sugerido por el criterio de espaciado, a menudo mejora la distribución de luz en las superficies verticales.

La habilidad para controlar el nivel de iluminación es útil y aun deseable, si las tareas dentro de un área cambian. Puede haber varios tipos de tareas en un sector dado, cada una requiriendo diferentes niveles de iluminación. Las lámparas fluorescentes, incandescentes y de descargas de alta intensidad pueden ser controladas por atenuadores o por otros aparatos de control, tales como interruptores de multinivel.

Las luminarias para iluminación indirecta dirigen la luz al cielo raso donde es reflejada hacia la tarea visual. El cielo raso así es la primera fuente de luz. El

control de luminancia de iluminación indirecta depende en la opacidad del fondo de la carcasa de la luminaria y del esquema de distribución hacia arriba de la intensidad luminosa. La iluminación directa disminuye la luz directamente hacia las paredes y la superficie de trabajo el control de la luminancia de la componente directa de la luz es una función de la forma de controlar. Las persianas construidas de materiales especulares pueden producir un apantallado muy preciso de la luz, mientras los materiales semi especulares producen una repartición de ella más difusa.

Las características de mantenimiento de las luminarias involucran tres consideraciones: facilidad y frecuencia en el reemplazo de las lámparas, balastros, y/o elementos de control (lentes y rejillas); la afinidad de las luminarias y las lámparas para colectar suciedad; y la facilidad y frecuencia de la limpieza. La meta total es minimizar los costos de mantenimiento, mientras se respeta la calidad y cantidad de iluminación deseada.

4.3 Aplicaciones de sistemas de iluminación en interiores

En republica dominicana, no existen normas específicas que regulen los sistemas de iluminación. Esto es el nivel de intensidad, la disposición, tipos de lámparas y consumos, dependiendo de las tareas a realizarse.

Para esta investigación utilizamos las normas del IESNA (Iluminating Engineering Society of North América), quienes rigen todas las normas concernientes a la iluminación de espacios interiores y exteriores, el

aprovechamiento de las fuentes naturales de luz, y el ahorro significativo de energía en el campo luminotécnico.

Considerando la orientación de esta investigación, hemos decidido solamente abundar en los conceptos y normas requeridos por el IESNA para los recintos educativos y demás áreas a evaluar en el campus II de la Universidad APEC.

4.4 Aplicación de la iluminación en establecimientos educacionales

El rol de la iluminación debería ser de apoyo al proceso de aprendizaje proporcionando en ambiente visual óptimo tanto para estudiantes como para instructores. Esto es alcanzando cuando los ocupantes del espacio pueden ver las tareas visuales con precisión, rápida y confortablemente. La uniformidad en los sistemas de iluminación a través del establecimiento no asegura el comportamiento visual óptimo en cada área a causa de la gran variedad de tareas visuales que se encuentran en cualquier situación escolar. Los pizarrones blancos y ficheros de noticias y otras superficies no horizontales deben ser iluminados para la misma visibilidad que los escritorios. Estas tareas visuales están variando cada vez que el alumno se va de la escuela elemental a la enseñanza media y de allí a la universidad. Las salas de clases tienen que ser iluminadas para el confort y visibilidad de los profesores, quienes a causa de la edad, pueden tener una visión más pobre que la de los estudiantes.

4.5 Requerimientos de Iluminación

- Factores de calidad. Un ambiente visual que promueva el proceso de aprendizaje debe ser también visualmente confortable y satisfacer las necesidades sicológicas y emocionales de los estudiantes. La iluminación apropiada puede realzar los alrededores agradables y atractivos, proporcionando una sensación de espacio. Cuando se usa efectivamente, la iluminación puede atraer y sostener la atención, estimular el aprendizaje, e influenciar el comportamiento de una manera positiva.
- Luminancia. La distribución, tamaño y rango de la luminosidad en un ambiente afecta el confort del ojo, la adaptación y el rendimiento de contraste. Cuando el ojo salta de una luminancia a otra debe readaptarse al nuevo nivel de luminancia. Si la diferencia es demasiado grande la reacción será disconfort.
- Iluminación. Las tareas visuales difieren en tamaño, dirección de visión, distancia y contraste. Las mayores tareas críticas son la lectura y la escritura, a menudo requiriendo una atención cercana y prolongada. Los estudiantes deben adaptarse a la lectura de un escritorio, a la lectura en una pizarra; de mirar casi directamente hacia abajo, a hacerlo en o sobre la horizontal. La iluminación para estas variadas tareas, en diferentes planos debe proporcionar la misma iluminación y carencia de deslumbramiento.

 Consideraciones Energéticas. Este es el punto más importante en esta investigación. La selección adecuada de las lámparas, luminarias, balastros y otros componentes del sistema afectan la eficiencia global, tanto del sistema de iluminación como de la calefacción, ventilación y aire acondicionado.

4.6 Situación Actual del Campus

Durante el mes de Enero 2010, se hicieron diversos levantamientos del sistema actual de iluminación del Campus II de la Universidad APEC. Entre los datos recopilados se encuentran la cantidad de lámparas por sección, el tipo de luminarias, lámparas y balastros utilizados así como también el nivel de iluminación de cada área estudiada para la eficientización del sistema. (Ver anexos)

Todos los entes involucrados en la parte de iluminación fueron considerados en el levantamiento a fin de tener una idea de la factibilidad del sistema actual, así como el consumo que esta representa.

Sin embargo, en el levantamiento se hizo énfasis en los sistemas de iluminación de las aulas y oficinas, donde se están utilizando lámparas del tipo fluorescentes. Esta inclinación es debido a que se consideraron como la parte de mayor oportunidad de mejora del sistema y ahorro energético.

A nivel de resumen podemos detallar el estado del sistema de iluminación del campus de la manera siguiente:

Cantidad de	Average Constituted	Consumo en Watts x	Consumo
Luminarias	Area de Cursos Edificio 1	Luminaria	total en Kw.
61	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 4x40W 120V	200	12.20
12	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 2x40W 120V	100	1.20
	Subtotal Kw Edificio 1	300	13.4
	Subtotal Energia Mensual (KW/hr)		3216
Cantidad de		Consumo en Watts x	Consumo
Luminarias	Area de Cursos Edificio 2	Luminaria	total en Kw.
98	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 4x40W 120V	200	19.60
10	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 2x40W 120V	100	1.00
	Subtotal Edificio 2	300	20.6
	Subtotal Energia Mensual (KW/hr)		4944
Cantidad de		Consumo en Watts x	Consumo
Luminarias	Area de Cursos Edificio 3	Luminaria	total en Kw.
22	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 4x40W 120V	200	4.40
163	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 2x40W 120V	100	16.30
	Subtotal Edificio 3	300	20.7
	Subtotal Energia Mensual (KW/hr)		4968
Cantidad de		Consumo en Watts x	Consumo
	Area de Cursos Edificio 4	Lumbania	
Luminarias	Area de Cursos Edificio 4	Luminaria	total en Kw.
Luminarias 88	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 4x40W 120V	200	17.60
	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 4x40W 120V	200	17.60
	Luminarias 2x4, con balastro electromagnético de 4x40W 120V Subtotal Edificio 4	200	17.60 17.6

Tabla No. 4

La tabla nos muestra que en total, la carga instalada del sistema es de aproximadamente 73KW, con un promedio de consumo mensual de 17,352 Kw-hr mensual. Esta cifra da una idea de los costos asociados a la iluminación, y de la eficiencia del sistema.

Vale mencionar que además de la instalación existente, pudo determinarse que la misma carece del mantenimiento requerido por el fabricante, para garantizar los niveles de iluminación deseados y el tiempo de vida de los mismos. Estas consideraciones, serán detalladas más adelante, en las propuestas de mejoras del sistema.

V- SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN EL CAMPUS

5.1 Levantamiento del sistema actual

Se realizó un levantamiento en el campus II de la universidad APEC, donde se identificaron 5 marcas diferentes de acondicionadores de aire Confortmaker, MSG, Confortstar, Miller, Air C y WSA A/C, de los cuales son todos monofásicos a 208-220 voltios, utilizan refrigerante R22. Se alimentan eléctricamente del sistema nacional de electricidad y cuando existe algún corte energético, la energía eléctrica se la suministra el generador de emergencia. Las capacidades de estos equipos van desde 12,000 BTU (1 Ton) hasta 60,000 BTU (5 Ton). En detalle existen 1 A/A de 12,000 BTU, 6 A/A de 18,000 BTU, 2 A/A de 24,000 BTU, 7 A/A de 36,000 BTU, 3 A/A de 48,000 BTU y 5 A/A de 60,000 BTU. En total son 26 acondicionadores de aire en todo el campus II de la universidad APEC.

A nivel de resumen podemos detallar el estado del sistema de aire acondicionado del campus de la manera siguiente:

Comb	pulified 4	Capacidad en	Consumo
Cant.	Edificio 1	Toneladas	total en Kw.
5	Acondicionadores de aire piso 1	1.5	15.18
2	Acondicionadores de aire Biblioteca	4	9.66
	Subtotal Kw Edificio 1	5.5	24.84
	Subtotal Energia Mensual (KW/hr)		5961.6
Cant.	Edificio 2	Capacidad en	Consumo
Cunti	Edition E	Toneladas	total en Kw.
2	Acondicionadores de aire piso 1 aula 2, Oficina informatica	2	6.07
1	Acondicionador de aire piso 1 aula 10	1.5	3.04
7	A/A piso 1 aula 4 y 5, piso 2 aula 7,8 y 9, piso 3 lab A, piso 2 salon profesores	3	31.993
3	A/A piso 3 lab comunicaciones, lab B y lab C	5	23.713
1	A/A piso 1 aula 6	4	6.049
	Subtotal Edificio 2	15.5	70.86
	Subtotal Energia Mensual (KW/hr)		17007.12
Cant.	Edificio 3	Capacidad en	Consumo
Carre.	Editicio 3	Toneladas	total en Kw.
2	A/A piso 1 aula1, piao 1 aula 5	3	9.44
2	A/A salon multiuso	5	16.51
	Subtotal Edificio 3	8	25.95
	Subtotal Energia Mensual (KW/hr)		6228.96
	Total Kw Existente		121.66
	Total Energia Mensual Consumida (KW/hr)		29197.68

Tabla No, 5

5.2 Comparación del sistema existente y el sistema ideal

Actualmente existen equipos de alta eficiencia, que ayudan a reducir el consumo eléctrico y utilizan un refrigerante permitido por las autoridades de medio ambiente, no igual que el freón 22, el cual ya está descartado y es el que utiliza la universidad. Además los acondicionadores de aire de alta eficiencia están disponibles en una configuración eléctrica trifásica que ayuda a mantener el sistema eléctrico balanceado y mientras más eficientes son, más energía eléctrica ahorran.

Los acondicionadores de aire de la universidad APEC son equipos de baja eficiencia por lo que son los que más energía eléctrica consumen. Por tal razón es recomendable cambiarlos, obteniendo como resultado: ahorro de energía eléctrica, mayor durabilidad de las unidades acondicionadoras de aire y menos contaminación al medio ambiente.

VI- SISTEMA ELECTRICO DE POTENCIA DEL CAMPUS

6.1 Estudio de la calidad de la energía eléctrica en el campus.

Para el estudio de la calidad de la energía eléctrica se realizaron mediciones de todos los parámetros eléctricos con un medidor de energía **Power Quality Analizer (AEMC instruments)**, el cual fue instalado el 3/2/2010 a las 7:05:00 PM hasta el 8/2/2010 a las 5:55:00 PM, obteniendo así los días hábiles de labor y los días feriados de la Universidad APEC (Campus II).

Los parámetros estudiados en la red fueron los siguientes:

- Frecuencia
- Voltaje de línea a neutro
- Voltaje de línea a línea
- Corriente de línea
- Potencia
- Consumo de energía
- Factor de potencia

6.2 Frecuencia

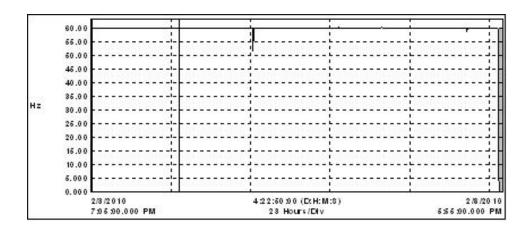


Fig. 3

Nombre	Prom	Min	Max	Muestras
Hz	59.39	0.000	60.21	714

Tabla No. 6

La frecuencia en el periodo de medición se comportó entre los límites, obteniendo como promedio 59.39 Hz, un valor máximo de 60.21 Hz y un valor mínimo de 0 Hz.

6.3 Voltaje de línea a neutro

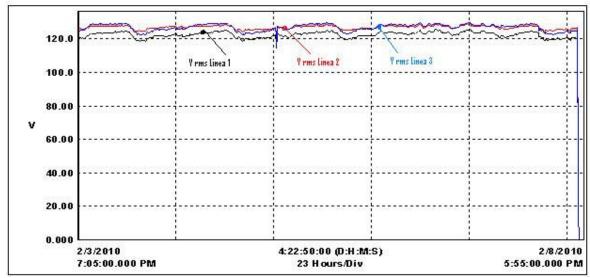


Fig. 4

	mbre	Prom	Min		Unidades
	Linea1				
Vrms	Linea2	125.3	0.000	128.7	V
Vrms	Linea3	125.3	0.000	129.5	V

Tabla No. 7

2/3/2010 - 7:05:00.000 PM

Val

119.7 — Vrms Lineal

125.2 — Vrms Linea2

124.1 — Vrms Linea3

El promedio del voltaje de la línea 1 a neutro es 120.9V con un valor máximo de 125.3V, el de la línea 2 es 125.3V con un máximo de 128.7V y el de la línea 3 es 125.3V con un máximo de 129.5V. Los valores de voltaje son aceptables para el funcionamiento de los equipos que trabajan con el mismo.

6.4 Voltaje de línea a línea

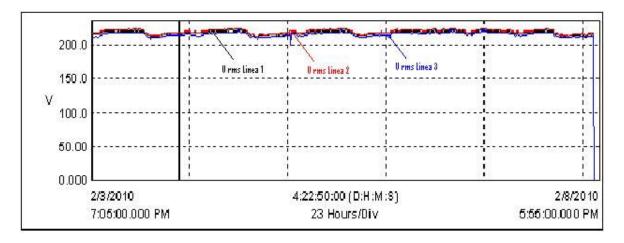


Fig. 5

No	mbre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
Urms	Linea1	2/3/2010	7:05:00.000	PM 214.7	0.000	221.6	V
Urms	Linea2	2/3/2010	7:05:00.000	PM 216.3	0.000	223.0	V
Urms	Linea3	2/3/2010	7:05:00.000	PM 211.9	0.000	219.3	V

Tabla No. 8

```
2/3/2010 - 7:05:00.000 PM
Duración: 10:43.308 (M:S)
   Min
            Máx
                      Prom
                                Val
                               214.0 — Urms Lineal (2 samples)
215.0 — Urms Linea2 (2 samples)
                      214.3
    214.0
            214.6
                      215.3
    215.0
             215.5
                       209.8 209.6 - Urms Linea3 (2 samples)
    209.6
              209.9
```

El promedio del voltaje de la línea 1 es 214.7V con un valor máximo de 221.6V, el de la línea 2 es 216.3V con un máximo de 223.0V y el de la línea 3 es 211.9V con un máximo de 219.3V. Los valores de voltaje son aceptables para el funcionamiento de los equipos que trabajan con el mismo.

6.5 Corriente de línea

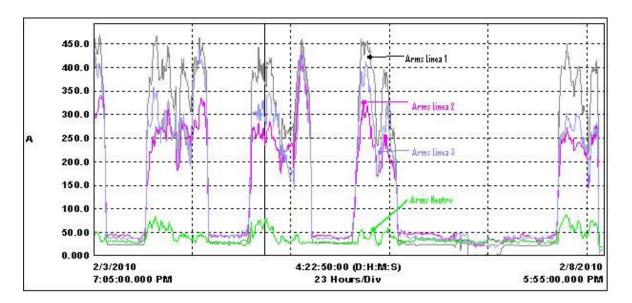


Fig. 6

Nor	mbre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
			7:05:00.000				
			7:05:00.000				
			7:05:00.000				
Arms N	Veutral	2/3/2010	7:05:00.000	PM 36.36	17.90	87.10	A

Tabla No. 9

```
2/5/2010 - 11:15:00.000 AM

Duración: 10:43.308 (M:S)

Min Máx Prom Val

358.6 358.6 — Arms Lineal (1 samples)

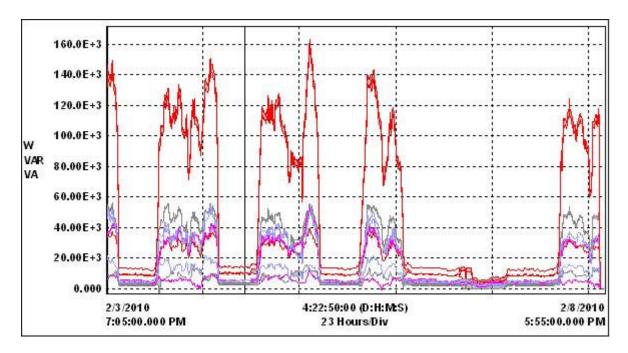
240.3 240.3 — Arms Linea2 (1 samples)

274.8 274.8 — Arms Linea3 (1 samples)

75.40 75.40 — Arms Neutral (1 samples)
```

La grafica muestra un desbalance de fase, por los consumos de corriente distintos en cada línea. La línea más cargada es la línea 1 llegando esta a transportar un máximo de 467.5A. Producto de este desbalance se observa una corriente máxima por el neutro de 87.1A. El consumo mínimo de corriente se registra alrededor de 10:00:00 PM hasta las 7:00:00 AM, el mayor flujo de corriente aparece entre las 7:00:00 AM hasta las 10:00:00 PM.

6.6 Potencia real, reactiva y aparente



	Nombre	:	Fecha	Hora		Prom	Min	Max	Unidades
	W 1	Linea1	2/3/2010	7:05:00.000	ΡM	19.17E+3	0.000	55.50E+3	W
	W 1	Linea2	2/3/2010	7:05:00.000	ΡM	15.52E+3	0.000	53.04E+3	W
	W I	Linea3	2/3/2010	7:05:00.000	PM	15.76E+3	0.000	51.42E+3	W
W	Suma de	Fases	2/3/2010	7:05:00.000	ΡM	50.45E+3	0.000	158.4E+3	V
	VAR I	Linea1	2/3/2010	7:05:00.000	ΡM	4.645E+3	-3.461E+3	15.73E+3	VAR
				7:05:00.000				11.59E+3	VAR
	VAR I	Linea3	2/3/2010	7:05:00.000	PM	7.874E+3	0.000	21.49E+3	VAR
VAR	Suma de	Fases	2/3/2010	7:05:00.000	ΡM	16.56E+3	0.000	39.57E+3	VAR
	VA 1	Linea1	2/3/2010	7:05:00.000	ΡM	20.00E+3	0.000	56.18E+3	VA
	VA I	Linea2	2/3/2010	7:05:00.000	PM	16.35E+3	0.000	54.21E+3	VA
	VA	Linea3	2/3/2010	7:05:00.000	PM	17.86E+3	0.000	54.91E+3	VA
VA	Suma de	Fases	2/3/2010	7:05:00.000	PΜ	54.22E+3	0.000	163.2E+3	VA

Tabla No. 10

```
2/5/2010 - 4:05:00.000 AM

Duración: 10:57.143 (M:S)

Min Máx Prom Val

2.474E+3 2.474E+3 — W Lineal (1 samples)

3.780E+3 3.780E+3 — W Linea2 (1 samples)

3.469E+3 3.469E+3 — W Linea3 (1 samples)

9.725E+3 9.725E+3 — W Suma de Fases (1 samples)

2.265E+3 2.265E+3 — VAR Lineal (1 samples)

3.350E+3 3.350E+3 — VAR Linea2 (1 samples)

3.849E+3 3.849E+3 — VAR Linea3 (1 samples)

9.464E+3 9.464E+3 — VAR Suma de Fases (1 samples)

3.354E+3 3.354E+3 — VA Lineal (1 samples)

5.053E+3 5.053E+3 — VA Linea2 (1 samples)

5.181E+3 5.181E+3 — VA Linea3 (1 samples)

5.185E+3 5.181E+3 — VA Linea3 (1 samples)

13.59E+3 13.59E+3 — VA Suma de Fases (1 samples)
```

Gráfica del comportamiento de las potencias: Aparente, Real y Reactiva. En la cual se presenta las potencias por fase y sus respectivas sumatorias.

6.6.1 Potencia acumulativa

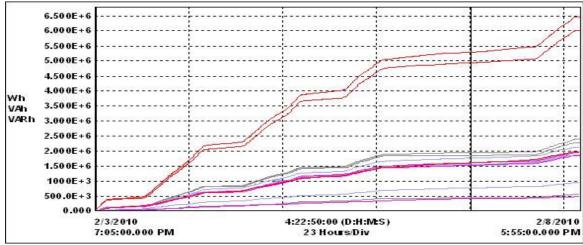


Fig. 8

Nombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
W-hora Lineal	2/3/2010	7:05:00.000	PM 1.302E+6	8.563E+3	2.281E+6	Wh
W-hora Linea2	2/3/2010	7:05:00.000	PM 1.045E+6	5.807E+3	1.847E+6	Wh
W-hora Linea3	2/3/2010	7:05:00.000	PM 1.082E+6	7.555E+3	1.875E+6	Wh
W-hora Suma de Fases	2/3/2010	7:05:00.000	PM 3.429E+6	21.99E+3	6.004E+6	Wh
VA-hora Lineal	2/3/2010	7:05:00.000	PM 1.353E+6	8.645E+3	2.380E+6	VAh
VA-hora Linea2	2/3/2010	7:05:00.000	PM 1.099E+6	5.938E+3	1.946E+6	VAh
VA-hora Linea3	2/3/2010	7:05:00.000	PM 1.215E+6	8.174E+3	2.126E+6	VAh
VA-hora Suma de Fases	2/3/2010	7:05:00.000	PM 3.667E+6	22.84E+3	6.452E+6	VAh
VAR-hora Lineal	2/3/2010	7:05:00.000	PM 298.7E+3	961.6	552.7E+3	VARh
VAR-hora Linea2	2/3/2010	7:05:00.000	PM 268.5E+3	1.379E+3	480.6E+3	VARh
VAR-hora Linea3						
VAR-hora Suma de Fases	2/3/2010	7:05:00.000	PM 1.088E+6	5.412E+3	1.970E+6	VARh

Tabla No. 11

```
2/7/2010 - 3:35:00.000 PM
Duración: 11:4.286 (M:S)
   Min
            Máx
                     Prom
                               Val
                    1.857E+6 1.857E+6 - W-hora Lineal (1 samples)
                   1.518E+6 1.518E+6 - W-hora Linea2 (1 samples)
                    1.556E+6 1.556E+6 — W-hora Linea3 (1 samples)
                    4.931E+6 4.931E+6 — W-hora Suma de Fases (1 samples)
                   1.933E+6 1.933E+6 — VA-hora Lineal (1 samples)
                    1.598E+6 1.598E+6 —
                                         VA-hora Linea2 (1 samples)
                    1.755E+6 1.755E+6 —
                                         VA-hora Linea3 (1 samples)
                    5.287E+6 5.287E+6 — VA-hora Suma de Fases (1 samples)
                                         VAR-hora Lineal (1 samples)
                    435.8E+3 435.8E+3 -
                    399.0E+3 399.0E+3 -
                                         VAR-hora Linea2 (1 samples)
                   761.1E+3 761.1E+3 -
                                         VAR-hora Linea3 (1 samples)
                   1.596E+6 1.596E+6 - VAR-hora Suma de Fases (1 samples)
```

En la gráfica y tablas anteriores se muestran las potencias (Aparente, Real y Reactiva) con el valor acumulativo de acuerdo al tiempo de medición.

6.7 Factor de Potencia

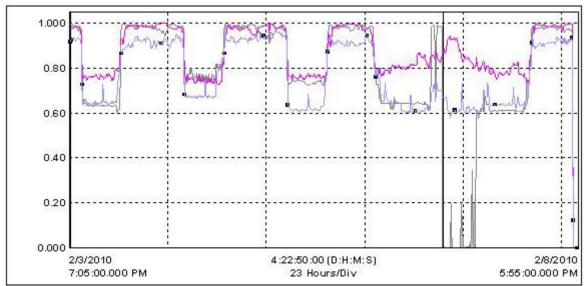


Fig. 9

N	ombre	Fecha	Hora	Prom	Min	Max	Unidades
PF	Linea1	2/3/2010	7:05:00.000	PM 0.769	0.000	0.996	
PF	Linea2	2/3/2010	7:05:00.000	PM 0.867	0.000	0.997	
PF	Linea3	2/3/2010	7:05:00.000	PM 0.764	0.000	0.969	

Tabla No. 12

```
2/7/2010 - 10:45:00.000 AM

Duración: 10:36.607 (M:S)

Min Máx Prom Val

4.000E-3 4.000E-3 — PF Lineal (1 samples)

0.882 0.882 — PF Linea2 (1 samples)

0.663 0.663 — PF Linea3 (1 samples)
```

El factor de potencia presenta una criticidad en el momento de menos carga. En el periodo de 10:15:00 PM a 7:15:00 AM el factor de potencia promedio es de 0.6. en el tiempo restante dicho factor se comporta por encima de los parámetros de ley (0.99).

VII ESTUDIO TERMOGRAFICO EN EL CAMPUS

7.1 Características generales

Se llama termografía a la técnica que extiende la visión humana dentro del espectro óptico de los rayos infrarrojos. La termografía permite obtener imágenes térmicas llamadas termogramas, por medio de las cuales podemos analizar y determinar cuantitativamente las temperaturas e identificar los niveles isométricos.

7.1.2 Posibilidades y aplicaciones

Gracias a la posibilidad de detectar temperaturas a distancia, esta técnica nos permite estudiar objetos estacionarios o en movimiento, con una gran seguridad, cosa de gran importancia cuando estos objetos están expuestos a grandes temperaturas, cargas eléctricas, gases o humos.

Dentro del campo de la electricidad, gracias a las posibilidades descritas anteriormente, se puede decir que las aplicaciones de esta técnica son innumerables en mantenimiento predictivo, para la localización de puntos calientes, síntoma de alguna posible anomalía, que con el paso del tiempo pudiera llegar a producir una avería.

7.1.3 Teoría de funcionamiento

La cámara IRI 1011 está diseñada para usarse con un 'Pocket PC, Palm o una PC. Para el uso con un "Pocket PC" o Palm se conectada mediante un cable serial RS232 de sincronización. Para una PC o computadora portátil utiliza también el cable serial RS232 suministrado junto con la impresora.

El equipo se alimenta mediante 4 pilas AA y dispone de un cable de alimentación para cuando no se requiera estar en movimiento.

La cámara IRI 1011 necesariamente tiene que trabajar junto a una Pocket PC, porque en la misma se aloja el software de control de la cámara y la memoria de almacenamiento de la misma, una vez almacenados los termogramas en la Pocket PC se dispone de un software "IRISYS 1000 Series Imager" que instalado en una computadora permite editar los termogramas.

7.1.4 Limitaciones y prestaciones

El lente de la cámara no puede ser ajustado por el usuario. El punto focal del lente se ha fijado en la fabricación de acuerdo con las especificaciones que incluye la calibración para hacer termo grafías con precisión desde un helicóptero.

50

La termo cámara permite medir temperaturas en grados Celsius (°C)

Fahrenheit (°F) o Kelvin (K). El rango de temperatura en °C es desde -20.0

hasta 450°C. Sensibilidad desde 2 hasta 194, resolución 128 x 128,

emisibidad 1.000 y calibración IRI1011 01747 20mm STD Pixel 7.8

7.2 Estudio termográfico en el campus (Febrero 2010)

7.2.1 Descripción

Instalación: Sistema eléctrico del campus II de la Universidad APEC.

Situación: Sistema de iluminación, Sistema de acondicionadores de aire y

Sistema de potencia.

Equipo: IRISYS IRI 1011 y POCKET PC hp jornada 560

7.2.2 Introducción

En fecha febrero 2010 se realizo un estudio termográfico en el campus II de la universidad APEC, afectando los sistemas de iluminación, acondicionadores de aire y potencia.

Se termoinspeccionaron las siguientes instalaciones:

- Transformador principal 250 KVA
- Panel principal de distribución.
- Interruptor de transferencia.
- Paneles de distribución de iluminación de cada edificio.
- Paneles de distribución de los acondicionadores de aire.

Para este estudio termográfico se utilizo un equipo de termovisión IRISYS IRI 1011 y POCKET PC hp jornada 560 (para la recepción y almacenamiento de la información capturada). Este sistema permite la localización de diferencias de temperatura, incluso a varias decenas de metros, con absoluta precisión. Permite escala cromática de colores para la perfecta localización de la temperatura en cada zona.

Así mismo incluimos una fotografía convencional digital, realizada desde la misma posición del termograma, para la más fácil localización del punto caliente detectado.

Luego de terminar el estudio termográfico se procederá a estudiar los resultados obtenidos, para hacer las recomendaciones de lugar de acuerdo a las anomalías encontradas.

7.2.3 Termograma (interpretación)

Los termogramas obtenidos con la cámara de termovisión IRISYS IRI 1011 y POCKET PC hp jornada 560 permiten mediante una escala cromática de colores con los valores de temperatura correspondientes, saber la temperatura en cada zona o punto observado. Este proceso se puede realizar con más exactitud intercalando un medidor puntual en la zona elegida el cual determinara con precisión la temperatura del punto. Además de esto se especifica numéricamente la temperatura en el punto medido y la identificación de la fase medida.

Podremos también analizar mediante una línea, el perfil térmico de una parte determinada del termograma.

Así mismo se puede realizar un histograma de un área del termograma elegido para su análisis.

7.2.4 Abreviaturas empleadas

Tr (°C) Temperatura real del objeto.

Tmax (°C) Temperatura máxima extrapolada.

Ir (A) Intensidad real en el momento de la medición.

Imax (A) Intensidad nominal o de ajuste de protección.

Ir/Imax (%) Porcentaje entre la intensidad real y la intensidad máxima.

7.2.5 Procedimiento de calificación

Durante este estudio termográfico las instalaciones eléctricas del recinto universitario APEC campus II están en muy buenas condiciones, esto se evidencia con los datos técnicos, termogramas y fotografías que fueron tomadas.

Para la calificación de los puntos calientes, utilizaremos los valores extrapolados de las temperaturas de los mismos según la siguiente formula.

• Formula de extrapolación

La fórmula para calcular el incremento de temperatura máximo del punto caliente es la siguiente.

$$(Tp-Ta) \max = 1.185xV^0.448(Imax/Ir)(Tp-Ta)$$

Siendo:

(Tp-Ta) max (°C) Máximo incremento de temperatura del punto caliente extrapolado.

- **Tp (°C)** Temperatura del punto caliente en el momento de la medida
- Ta (°C) Temperatura ambiente en el momento de la medida
- Imax (A) Intensidad máxima de carga que se prevé circule por el elemento.
- Ir (A) Intensidad real que circula por el elemento en el momento de la medida
- V (m/seg) Velocidad del viento en el momento de la medida

Mediante esta fórmula se obtiene el máximo incremento de temperatura que alcanzaría el punto caliente si por el elemento circulase la intensidad máxima de carga prevista en el circuito, con la temperatura ambiente y velocidad del viento medidas en el momento de realizar la inspección.

• Criterios de calificación de puntos calientes

Se basa fundamentalmente en el valor de la temperatura real medida en el punto caliente, utilizándose como criterio auxiliar el valor de la temperatura extrapolada según la formula.

Puntos calientes externos: serán considerados como puntos calientes externos los detectados en el exterior de los equipos y cuyo medio de aislamiento sea el aire.

Puntos calientes internos: se consideraran como tales los detectados en el interior de los equipos cuyo medio de aislamiento sea distinto al aire. No serán considerados como tales los detectados en seccionadores.

La detección de un punto caliente interno en un equipo de A.T. (transformadores de media, interruptores, maquinas de potencia) tiene una gran importancia por las consecuencias negativas que puede tener el fallo del mismo, pudiendo originar incluso su destrucción, se ha decidido considerar todos los puntos internos de urgentes para su calificación de operación.

• Para temperatura extrapolada (Tp-Ta)max.

Si (Tp-Ta)< 10°C reparar en la próxima revisión.

Si (Tp-Ta) 10 a 15°C reparar en dos meses.

Si (Tp-Ta) 15 a 20°C reparar en un mes.

Si (Tp-Ta) > 20°C reparar urgente.

7.2.6 Tomas de medidas y tabulación de datos

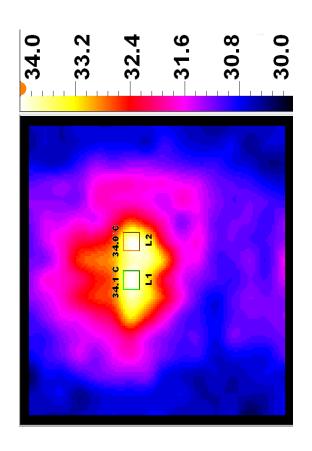
A continuación se presentan los resultados obtenidos con la toma de medidas en los diferentes puntos de distribución del sistema eléctrico de la universidad Apec, campus II.

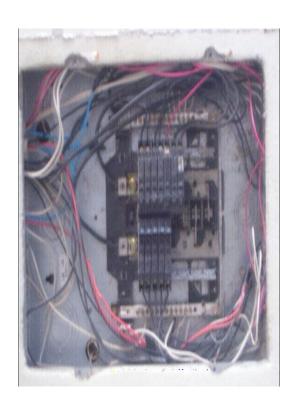
Las figuras a la izquierda son las fotos térmicas de los centros estudiados. A la derecha de las mismas se encuentran las fotos normales. Cada una de las fotos térmicas, presentas las medidas de temperatura en los puntos críticos, como son, empalmes, conectores y terminales.

TABLA MEDICIONES

			VOLTAJE		S	CORRIENTE	Е			
	NO.								CALIBRE	NO.
NOMBRE	PISO	L1-L2	L1-N	L2-N	L1	L2	Z		ALAMBRE	CIRCUITO
EDIFICIO 3	1	204V	115V	119V	38A	22A	14.5A		THHN AWG# 6	24
EDIFICIO 3	2	204V	115V	120V	28A	12.8A	%		THHN AWG# 6	12
EDIFICIO 3	3	205V	115V	120V	12.5A	14.3A	%		THHN AWG# 6	12
EDIFICIO 3	4	205V	114V	119V	10A	11A	%		THHN AWG# 6	12
			VOLTAJE			CORRIENTE	IENTE			
	NO.								CALIBRE	NO.
NO.EDIFICIO	PISO	L1-L2	L2-L3	L1-L3	L1	L2	L3	Z	ALAMBRE	CIRCUITO
EDIFICIO 4	1	208V	215V	208V	15A	6.5A	12A	7.3A		24
EDIFICIO 4	2	215V	215V	208V	19A	11A	13A	7.8A		24
EDIFICIO 2	3	214V	215V	208V	11A	7.2A	6.0A	0A		30
PANEL SEC.		215V	216V	208V	151A	101A	91A	11A		
PANEL A/A		214V	215V	207V	104A	70A	55A	0A		30
INT. PRINC.		216V	218V	212V	414A	315A	385A	50A		
INT. TRANF.		217V	218V	212V	414A	315A	385A	50A		
PANEL DISTRIB.		215V	216V	209V	414A	315A	385A	50A		
TRANSF. PRINC.		212V	218V	216V	410A	336A	335A	57A		

CAJA DE BREAKER EDIFICIO 3 PISO 4



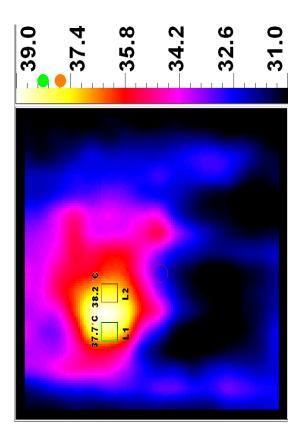


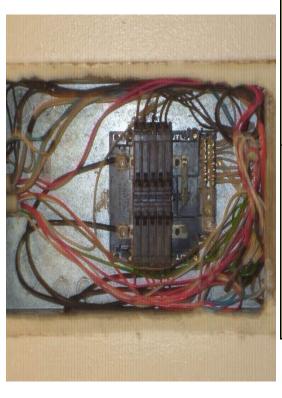
Reparación	
Fecha	

				nes iciones	Observaciones Recomendaciones
P P P P P P P P P P P P P P P P P P P	Incremento de temp.°C	Temp. °C ambiente	Ir/max. %	Máxima (A)	Intensidad Real (A)
Ĺ				- - -	Situación Posición Elemento
Tensión Kv		Temp. Del Objeto °C	1	Punto No	Edf3-4

Información Creación	Valor
Fecha de creación	16/02/2010
Hora de creación	18:00
Etiqueta	Valor
Edif3-4	
Información Cámara	Valor
Tipo de cámara	IRI 1011
Resolución	128 X128
Emisibidad	1.000
Calibración	IRI1011 01747 20mm STD
Parámetro de objeto	Valor
Distancia del objeto	2 metros
Tempera ambiente	26 °C
Humedad relativa	

CAJA DE BREAKER EDIFICIO 3 PISO 2





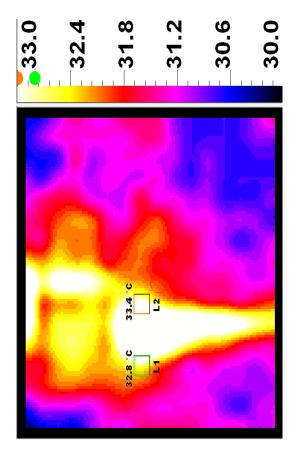
Reparación Temp. Del Tobjeto °C Kv	Hora de creacion	Etiqueta	Edif3-2	Información Cámara	Tipo de cámara	Tensión Resolución	/ Emisibidad	Calibración	
		Reparación							

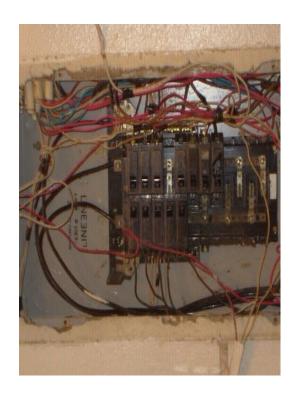
Fecha

Valor	16/02/2010	18:20	Valor		Valor	IRI 1011	128 X128	1.000	IRI1011 01747 20mm STD	Valor	2 metros	26 °C	
Información Creación	Fecha de creación	Hora de creación	Etiqueta	Edif3-2	Información Cámara	Tipo de cámara	Resolución	Emisibidad	Calibración	Parámetro de objeto	Distancia del objeto	Tempera ambiente	Humedad relativa

K۷		Fase			
			Incremento	de temp.°C	
1 Objeto °C			Temp. °C	ambiente	
1			Ir/max.	% 38.88	
Punto No		Intensidad	Máxima	€ 22	nes iciones
Edf3-4	Situación Posición	Elemento	Intensidad	Real (A)	Observaciones Recomendaciones

CAJA DE BREAKER EDIFICIO 3 PISO 1



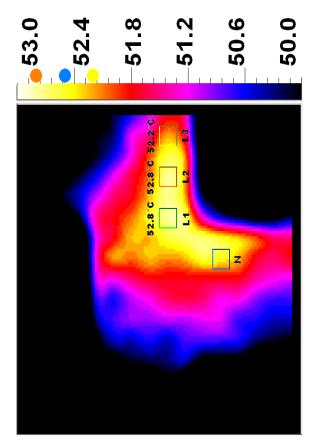


|--|

					:
Edf3-4	Punto No	_	Temp. Del Objeto °C		Tensión Kv
Situación Posición					
	Intensidad				Fase
Intensidad	Máxima	Ir/max.	Temp. °C	Incremento	
Real (A)	€	%	ambiente	de temp.°C	
Observaciones	Seu				
Recomendaciones	ciones				

Información Creación	Valor
Fecha de creación	16/02/2010
Hora de creación	18:35
Etiqueta	Valor
Edif3-1	
Información Cámara	Valor
Tipo de cámara	IRI 1011
Resolución	128 X128
Emisibidad	1.000
Calibración	IRI1011 01747 20mm STD
Parámetro de objeto	Valor
Distancia del objeto	2 metros
Tempera ambiente	26 °C
Humedad relativa	

TRANSFORMADOR PRINCIPAL



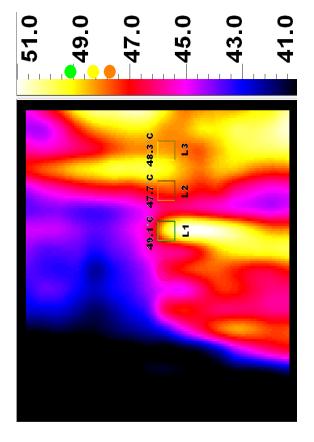
41000
A

Reparación	
Fecha	

			Temp. Del		Tensión
Edf3-4	Punto No	1	Objeto °C		K۷
Situación Posición					
Elemento	7				
Intensidad	Máxima	Ir/max.	Temp. °C	Incremento	r a a
Real (A)	€	%	ambiente	de temp.°C	
Observaciones	nes				
Recomendaciones	sciones				

Información Creación	Valor
Fecha de creación	16/02/2010
Hora de creación	18:50
Etiqueta	Valor
Trf	
Información Cámara	Valor
Tipo de cámara	IRI 1011
Resolución	128 X128
Emisibidad	1.000
Calibración	IRI1011 01747 20mm STD
Parámetro de objeto	Valor
Distancia del objeto	2 metros
Tempera ambiente	26 °C
Humedad relativa	

INTERRUPTOR PRINCIPA (ENTRADA)



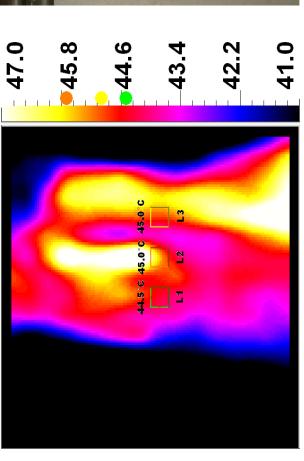
	· ·
100	

Reparación	
Fecha	

Creación Valor	ación 16/02/2010	ción 19:10	Valor		Cámara Valor	ra IRI 1011	128 X128	1.000	IRI1011 01747 20mm STD	e objeto Valor	objeto 2 metros	viente 26 °C	ativa
Información Creación	Fecha de creación	Hora de creación	Etiqueta	Trf	Información Cámara	Tipo de cámara	Resolución	Emisibidad	Calibración	Parámetro de objeto	Distancia del objeto	Tempera ambiente	Humedad relativa

Edf3-4	Punto No	1	Temp. Del Objeto °C		Tensión Kv
Situación Posición Elemento					
Intensidad Real (A)	Intensidad Máxima (A)	Ir/max. %	Temp. °C ambiente	Incremento de temp.°C	Fase
Observaciones Recomendaciones	nes iciones				

INTERRUPTOR PRINCIPAL (SALIDA)



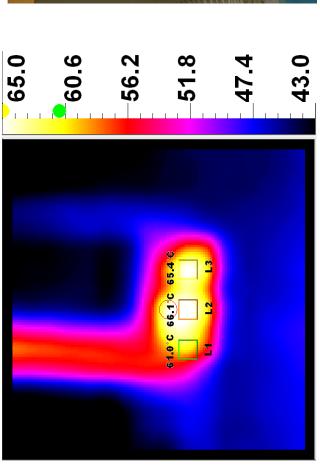
0000

Reparación	
Fecha	

V CJP I	014	•	Temp. Del		Tensión
EGI 3-4	Funto No		Objeto C		۸V
Situación					
Posición					
Elemento					
	Intensidad				Fase
Intensidad	Máxima	Ir/max.	Temp. °C	Incremento	
Real (A)	€	%	ambiente	de temp.°C	
Observaciones	nes				
Recomendaciones	ciones				

Información Creación	Valor
Fecha de creación	16/02/2010
Hora de creación	19:30
Etiqueta	Valor
Int. Pince.	
Información Cámara	Valor
Tipo de cámara	IRI 1011
Resolución	128 X128
Emisibidad	1.000
Calibración	IRI1011 01747 20mm STD
Parámetro de objeto	Valor
Distancia del objeto	2 metros
Tempera ambiente	26 °C
Humedad relativa	

INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA



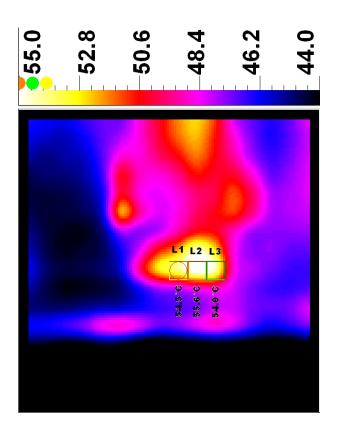
|--|

	Reparación	Reparación		
Reparación			Reparación	

Edf3-4	Punto No	1	Temp. Del 1 Objeto °C		Tensión Kv
Situación Posición					
Elemento	Intensidad				Fase
Intensidad Real (A)	Máxima (A)	Ir/max. %	Temp. °C ambiente	Incremento de temp.°C	
Observaciones Recomendaciones	nes				

Información Creación	Valor
Fecha de creación	16/02/2010
Hora de creación	19:50
Etiqueta	Valor
Int. Transf.	
Información Cámara	Valor
Tipo de cámara	IRI 1011
Resolución	128 X128
Emisibidad	1.000
Calibración	IRI1011 01747 20mm STD
Parámetro de objeto	Valor
Distancia del objeto	2 metros
Tempera ambiente	26 °C
Humedad relativa	

PANEL PRINCIPAL DE DISTRIBUCION





L	_	ш.	_	1
	Reparación			
	Fecha			

Edf3-4	Punto No	1	Temp. Del Objeto °C		Tensión Kv
Situación Posición Elemento					
	Intensidad				Fase
Intensidad	Máxima	lr/max.	Temp. °C	Incremento	
Real (A)	€	%	ambiente	de temp.°C	
Observaciones	nes				
Recomendaciones	ciones				

Información Creación	Valor
Fecha de creación	16/02/2010
Hora de creación	20:05
Etiqueta	Valor
Panel Pince. Distar.	
Información Cámara	Valor
Tipo de cámara	IRI 1011
Resolución	128 X128
Emisibidad	1.000
Calibración	IRI1011 01747 20mm STD
Parámetro de objeto	Valor
Distancia del objeto	2 metros
Tempera ambiente	26 °C
Humedad relativa	

VIII- RECOMENDACIONES DE MEDIDAS DE AHORRO Y CONSIDERACIONES ECONOMICAS

8.1 Recomendaciones para el sistema de iluminación.

En los datos recopilados, con el levantamiento del sistema de iluminación existente, se pueden observar que el tipo de lámparas utilizadas comúnmente en las aulas de la institución, son lámparas fluorescentes con tubos T-12 y balastro magnético. (Ver anexos)

El alto consumo de los balastros magnéticos, la ineficiencia de las lámparas, y la vida útil en las mismas, nos llevan a sugerir otro tipo de luminarias para las aulas y demás áreas donde actualmente están instaladas las lámparas.

Para esta aplicación, sugerimos luminarias 2x4, de 2 y tres tubos (según aplique) 32W con placa reflectora (retrofit) y balastro electrónico de alta eficiencia.

8.1.2 Simulación de los sistemas propuestos.

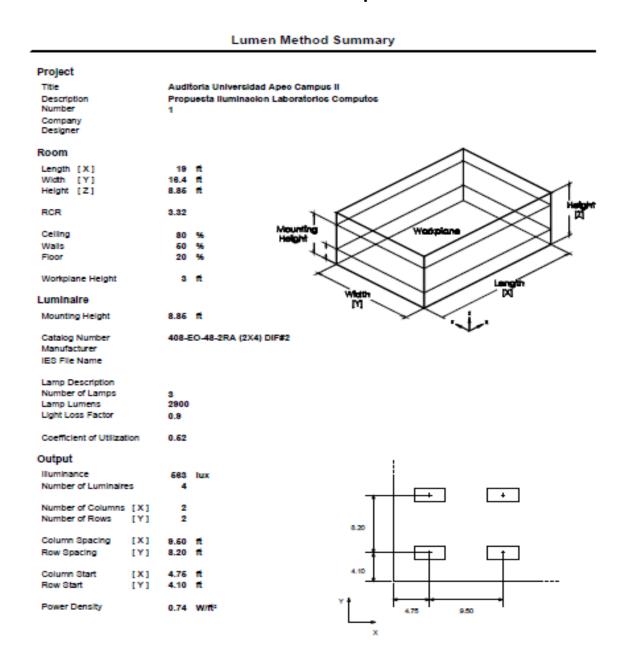
Para comprobar las lámparas propuestas nos garantizaran el mismo nivel o mejor nivel de iluminación, procedimos a simular las 3 de las áreas que fueron evaluadas para su posterior comparación.

El software utilizado para la simulación mencionada, es el Visual (Basic edition), un programa especializado que nos permite simular según las

dimensiones de un área cerrada, cuales son los niveles de iluminación en el plano de trabajo cuando se proponen lámparas diferentes a las actuales.

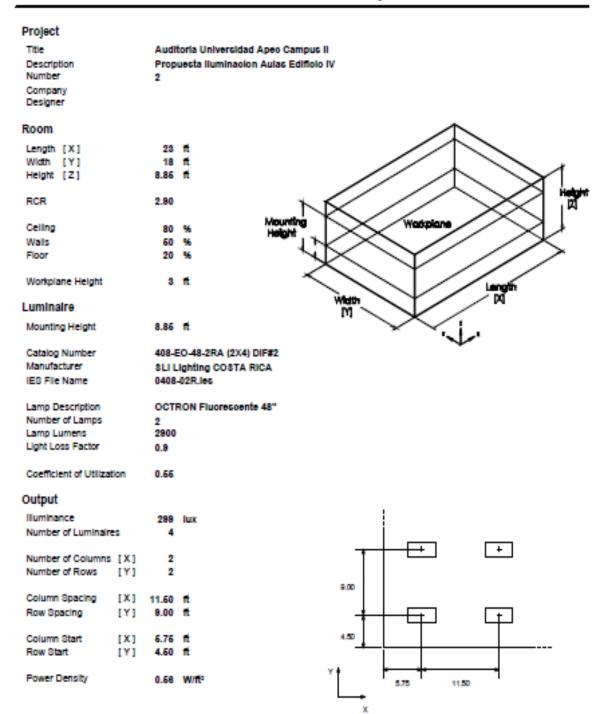
Para los niveles de iluminación actuales, se tomaron medidas a través de un luxómetro, en varios puntos de las áreas a evaluar, y que estaremos comparando para su debida justificación.

• Simulación de laboratorios de cómputos



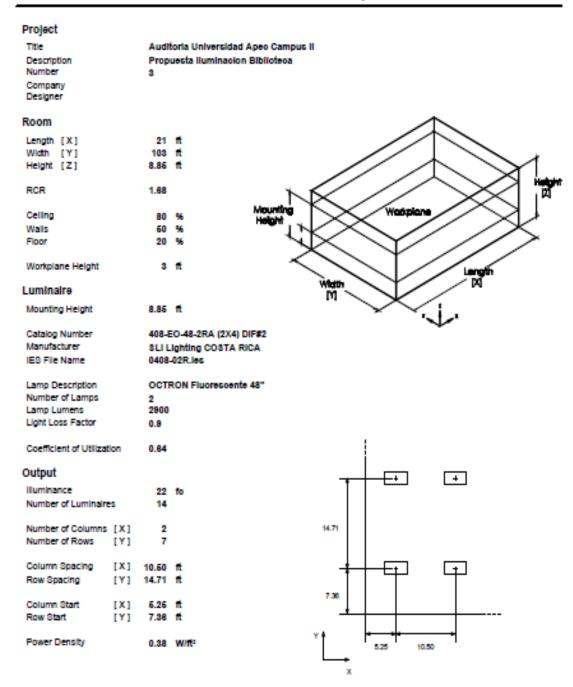
Simulación de aulas edificio IV

Lumen Method Summary



• Simulación de iluminación de la biblioteca

Lumen Method Summary



8.1.3 Análisis de las simulaciones respecto a lo existente

Para todos los sistemas simulados los niveles de iluminación obtenidos fueron similares, e incluso mejores que los que actualmente existen en los puntos simulados. (Ver detalles en anexos)

Cabe mencionar, que fueron considerados niveles de mantenimiento de las lámparas propuestas de aproximadamente cada seis meses. El mantenimiento requerido para estas lámparas, se limita única y exclusivamente a la limpieza de los tubos de las mismas.

Otra ventaja de las luminarias propuestas, corresponde a las horas de vida útil con respecto a las existentes. Los tubos fluorescentes T12 con balastro magnético (existentes en la mayoría de las áreas de iluminación del campus) tienen una vida útil de 8,000 a 12,000 horas de uso, mientras que los tubos T8 con balastro magnético, los cuales están siendo propuestos, por lo general duran de 15,000 a 18,000 horas de uso, representando hasta 225% más de eficiencia.

8.1.4 Análisis financiero del sistema de iluminación propuesto.

Una vez mostradas las ventajas del sistema de iluminación propuesto, presentamos el análisis de retorno de inversión y los niveles de ahorro que representaría el cambio propuesto

8.2 Recomendaciones para el sistema de aire acondicionado

8.2.1Mantenimiento sugerido.

- 1. Limpieza condensador
- Medición de las presiones (alta y baja).
- 3. Apretar puntos de conexión en arrancador.
- Revisar condiciones físicas del condensador incluyendo el abanico de extracción de calor.
- 5. Medición de corriente del compresor y comparar con datos de placa.
- 6. Limpieza de los filtros de aire de la manejadora (evaporador).

8.2.2Consideraciones especiales.

Los acondicionadores carrier modelo **24ACA3** con SEER de 13 y EER 11.0 cumplen con las condiciones de las normas estadounidenses en cuanto a eficiencia energética y preservación del medio ambiente.

Estos equipos trabajan con refrigerante Puron (410A) el cual contribuye a la no destrucción de la capa de ozono. Además estos equipos constan de un sistema trifásico para su alimentación eléctrica, que ayuda a mejorar el sistema eléctrico porque no es una carga desbalanceada, también cuentan con una garantía muy aceptable 10 años en el compresor.

8.2.3 Análisis financiero del sistema de aire acondicionado.

A continuación presentamos el sistema de aire acondicionado propuesto, para ser reemplazado en las instalaciones del recinto estudiantil. Los equipos fueron seleccionados tomando en cuenta las características de consumo, eficiencia, durabilidad y calidad, para garantizar una inversión rentable en el sistema.

Retorno de inversión del aire acondicionado.

8.3 Recomendaciones para el sistema eléctrico de potencia

8.3.1 Corriente de línea

Para solucionar el desbalance de carga entre las fases del sistema eléctrico de potencia de la Universidad APEC Campus II, se deben balancear los paneles de alimentación secundarios y cambiar parte de los acondicionadores de aire (mas detalles en el estudio de acondicionadores de aire) de monofásico a trifásico.

8.3.2 Factor de Potencia

El factor de potencia en las horas hábiles de trabajo, es decir, a mayor carga, se comporta sobre los parámetros de las regulaciones de las autoridades de energía eléctrica, los cuales establecen en la resolución 237-1998 en el punto 2.4 que: "La facturación por consumos efectuados a instalaciones cuyo factor de potencia medio mensual es inferior a 0.90, se recargará en un 1% por cada 0.01 en que dicho factor baje de 0.90".

En horas de bajo consumo en el intervalo de 10:45:00 PM hasta 7:15:00, se registra la menor potencia promedio 15 Kw y un factor de potencia de 0.6. Estos fueron los parámetros tomados en cuenta para calcular el banco de capacitores automáticos de 25 Kvar, marca Cutler Hammer, modelo 25MCSD231.

8.4 Recomendaciones del estudio termográfico

8.4.1 Conclusiones y recomendación de mantenimiento.

Es importante resaltar, en este estudio, que el incremento de temperatura de un punto con respecto a otros manifiesta alguna anomalía, es decir, una conexión eléctrica inadecuada (conexión floja) o exceso del flujo de amperaje por el cable en cuestión.

Después de haber finalizado el análisis termográfico por las instalaciones eléctricas de la Universidad APEC Campus II, las recomendaciones a seguir por el estado en que encontramos las mismas son las siguientes:

Caja de breaker edificio 3 piso 4.

Las condiciones de balance de carga y temperaturas son aceptables, organizar cableado.

• Caja de breaker edificio 3 piso 2.

Las temperaturas entre los terminales (L1 y L2) son relativamente las mismas (37.7°C-38.2°C), lo que se observa es una diferencia de corriente considerable a la cual hay que balancear y organizar cableado.

• Caja de breaker edificio 3 piso 1.

La diferencia entre las temperaturas es de 0.6°C es aceptable. En cambio la diferencia de amperaje es de 16 Amperes, balancear las cargas y organizar cableado.

Transformador Principal.

Las temperaturas registradas indican que los puntos de conexión están en buenas condiciones. Además existe un desbalance entre las fases del mismo, que solo se puede corregir balanceando los equipos de distribución (cajas de breaker) que dependen de este transformador. Adicional a esto recomendamos que se incluya en el mantenimiento anual de este equipo, análisis del aceite, prueba de aislamiento, verificación de los aisladores y revisar puntos de conexión.

• Interruptor de Transferencia.

Este interruptor de transferencia maneja las mismas corrientes que el transformador principal, y sus temperaturas registradas no presentan peligro alguno para las conexiones eléctricas del mismo. Las recomendaciones de mantenimiento son: verificar o apretar puntos de conexión de control y potencia, verificar contactos de arrancadores o interruptores (si aplica), revisar o cambiar luces quemadas si es necesario.

GLOSARIO

Auditorías Energéticas:

Es una inspección, estudio y análisis de los flujos de energía en un edificio, proceso o sistema con el objetivo de comprender la energía dinámica del sistema bajo estudio.

Termografía:

Es una técnica que permite medir temperaturas exactas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar.

Armónico:

Es el resultado de una serie de variaciones adecuadamente acomodadas en un rango o frecuencia de emisión, denominado paquete de información.

Dispositivos Electrónicos:

Consiste en una combinación de componentes electrónicos organizados en circuitos, destinados a controlar y aprovechar las señales eléctricas.

Tensión:

Es una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor en un circuito eléctrico cerrado, provocando el flujo de una corriente eléctrica.

Corriente:

Es el flujo de carga por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe a un movimiento de los electrones en el interior del material.

Frecuencia:

Es una medida que se utiliza generalmente para indicar el número de repeticiones de cualquier fenómeno o suceso periódico en la unidad de tiempo.

Calidad de la Energía Eléctrica:

En electricidad hace referencia al grado de acercamiento a una fuente de suministro de energía perfecta, que sería aquella que estuviese siempre disponible, dentro de las tolerancias de tensión y frecuencia exigibles y presentase un perfil de onda perfectamente senoidal libre de perturbaciones.

Eficiencia energética:

Es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Se puede mejorar mediante la implantación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos de consumo en la sociedad.

Sistema Eléctrico:

Siempre comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica.

Máquinas Eléctricas:

Es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en otra energía, o bien, en energía eléctrica pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético. Se clasifican en tres grandes grupos: generadores, motores y transformadores.

Cámara termográfica:

Es un aparato que percibe la radiación infrarroja emitida de los cuerpos detectados y que la transforma en imágenes luminosas para ser visualizada por el ojo humano.

Luxómetro:

Es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente.

Cogeneración:

Es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil (vapor, agua caliente sanitaria).

Efecto Joule:

Se conoce como **Efecto Joule** al fenómeno por el cual si en un conductor circula corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor debido a los choques que sufren con los átomos del material conductor por el que circulan, elevando la temperatura del mismo.

Sistema de puesta a tierra:

Es una unión de todos elementos metálicos que, mediante cables de sección suficiente entre las partes de una instalación y un conjunto de electrodos, permite la desviación de corrientes de falta o de las descargas de tipo atmosférico, y consigue que no se pueda dar una diferencia de potencial peligrosa en los edificios, instalaciones y superficie próxima al terreno.

Media Tensión:

Es el término que se usa para referirse a instalaciones eléctricas de alta tensión de 3ª categoría, con tensiones entre 1 y 36 kV (kilovoltios).

Baja Tensión:

Según el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se considera instalación de **baja tensión eléctrica** aquella que distribuya o genere energía eléctrica para consumo propio y a las receptoras en los siguientes límites de tensiones nominales.

Factor de Potencia:

Se define **factor de potencia**, de un circuito de corriente alterna, como la relación entre la potencia activa, y la potencia aparente, si las corrientes y tensiones son señales perfectamente sinusoidales.

Tarifa MTD-1:

Es un concepto de la economía de mercado que se refiere a la utilización del mecanismo de precios con el propósito de cobrar a los usuarios las externalidades negativas generadas por la demanda en las horas pico, cuando la oferta disponible de un bien público es insuficiente para satisfacer esa demanda.

Reflactancia:

Es la fracción de radiación incidente reflejada por una superficie.

Distribución espectral:

Es una medida de la distribución de amplitudes de cada frecuencia. Puede aplicarse a cualquier concepto asociado con frecuencia o movimientos ondulatorios como son los colores, las notas musicales, las ondas electromagnéticas de radio o TV.

Flujo luminoso:

Es la medida de la potencia luminosa percibida.

Fotometría:

Es la rama de la Astronomía que se dedica a medir el brillo de los diferentes astros: estrellas, planetas, satélites, asteroides, cometas, etc.

Lámparas fluorescentes:

Es una luminaria que cuenta con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación doméstica e industrial.

Lámparas incandescentes:

Es un dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico, en la actualidad de wolframio, hasta ponerlo al rojo blanco, mediante el paso de corriente eléctrica.

Refrigerante R22:

Es gas incoloro comúnmente utilizado para los equipos de refrigeración, en principio por su bajo punto de fusión, (-157 °C).

BTU:

Es una unidad de energía inglesa. Es la abreviatura de *British Thermal Unit*. Se usa principalmente en los Estados Unidos. *12.000 BTU/h* = *1 Tonelada de refrigeración*.

Tonelada:

Es la unidad nominal empleada en algunos países, especialmente de Norteamérica, para referirse a la capacidad de extracción de carga térmica (enfriamiento) de los equipos de aire acondicionado.

Potencia Eléctrica:

Se define como la cantidad de energía eléctrica o trabajo, que se transporta o que se consume en una determinada unidad de tiempo.

Potencia real o activa:

Es la potencia que representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo.

Potencia aparente:

Es la suma (vectorial) de la potencia que disipa dicho circuito y se transforma en calor o trabajo (conocida como potencia promedio, activa o real) y la potencia utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes que fluctuará entre estos componentes y la fuente de energía (conocida como potencia reactiva).

Potencia reactiva:

Esta potencia no tiene tampoco el carácter realmente de ser consumida y sólo aparecerá cuando existan bobinas o condensadores en los circuitos.

Panel principal de distribución:

Constituyen una parte inherente a toda red eléctrica y son colocados en lugares donde se desee tener un grupo de interruptores con relés de sobrecargas y cortocircuitos; destinados a proteger y alimentar a las cargas eléctricas.

Interruptor de transferencia:

Trasladan la carga de un circuito a otro en caso de falla de energía. Utilizados tanto en subestaciones eléctricas como en industrias.

Histograma:

Es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados.

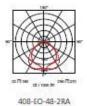
ANEXOS

Sistema de iluminación

CATÁLOGO 2007-2008

408





Luminaria de sobreponer en todo tipo de cielos.

Utilizada con una amplia gama de difusores.

Pueden ser suplidas con reflector de alumínio anodizado (RA), balastro de emergencia y balastro atenuable.

Disponíbles modelos con balastro electrônico para tubos TB y balastro magnéti-

co y electrónico para tubo T12.

Nº Catalogo	N° Tubos	Consumo	Tipo de	Dimensiones			
		Watts	Tubos	A(mm)	B(mm)	C(mm)	
BALASTRO ELECTRÓNICO	ST V C			0.00		-55 (G+1)	
408-EO-24-2 (1X2)	2	34	FO17	610	B9	300	
408-EO-24-2 U (2X2)	2	58	FB032	610	89	604	
408-EO-24-3 U (2X2)	3	B5	FBO31	610	89	604	
408-EO-24-3 (2X2)	3	47	FO17	610	89	604	
408-EO-24-4 (2X2)	4	61	FO17	610	89	604	
408-EO-48-1 (1X4)	1	32	FO32	1219	89	300	
408-EO-48-2 (1X4)	2	58	FO32	1219	89	300	
408-EO-48-2 (2X4)	2	58	FO32	1219	89	604	
408-EO-48-3 (2X4)	3	B5	FO32	1219	89	604	
408-EO-48-4 (2X4)	4	112	FO32	1219	89	604	
408-EO-96-2 (1XB)	2	110	FO96	2438	89	300	
BALASTRO ELECTROMAG	SNÉTICO / ELECTE	RÓNICO / T12	Total 2007/07			11000	
408-ERS-48-2 (1X4)	2	71	F40	1219	89	300	
408-ERS-48-4 (2X4)	4	142	F40	1219	89	604	
408-I-96-2 (1X8)	2	170	F96	2438	89	300	

TIPO DE BALASTRO
EO:Electrónico/T8
ERS:Arranque Rápido
Electrònico
l'Arrangue Instantane

VOLTAJES DISPONIBLES OPCIONES

En 120V Para 277V o MV (multivoltaje) agregar al final e Instantaneo del No. de catálogo

Para reflector de alumi- #1:Prismático Acrílico nio anodizado agregar #2:Cuadriculado Blanco RA al final del No. de catalogo BE:Balastro Emergencia (1½x1½x1)

BA:Balastro Atenuable

DIFUSORES

#4:Acrilico Liso PL2:Cuadriculado plata PL5:Cuadriculado plata (3/4x3/4x3/8) DR33: Cono plata 1" diámetro

Tabla datos lámparas

Luxómetro digital.



Medición hasta 50.000 lux

- Sensor fotométrico volante
- Switch ON/OFF y HOLD en sensor (retención última medida)
- Switch seleccionador mejor escala de medición

Amperímetro marca Fluke modelo 336.



Mide:

Volts CA/CD

Amperaje CA/CD

Propuesta acondicionadores de aire.

Acondicionador de aire propuesto Marca carrier, Modelo **24ACA3** eficiencia 13 (SEER 13, EER 11), tablas de datos de placa eléctricos, físicos y fotografía del condensador del equipo.

ELECTRICAL DATA

UNIT SIZE	V/PH	OP VOL		СОМЕ	PR	FAN	MCA	MIN WIRE SIZEÌ	MIN WIRE SIZEÌ	MAX LENGTH (FT)ÌÌ	MAX LENGTH (FT)ÌÌ	MAX FUSE** or CKT BRK			
		MAX	MIN	LRA	RLA	FLA		60° C	75° C	60° C	75° C	AMPS			
18-30				48.0	9.0	0.5	11.7	14	14	67	64	15			
24-30			197	58.3	13.5	0.75	17.6	14	14	45	43	25			
30-30		253		64.0	12.8	0.75	16.8	14	14	47	45	25			
36-30	208-230-1			77.0	14.1	1.4	19.0	12	12	66	63	30			
42-30				112.0	17.9	1.1	23.5	12	12	53	51	40			
48-30	1			109.0	19.9	1.4	26.2	10	10	76	73	40			
60-30				134.0	26.4	1.2	34.2	8	8	91	86	50			
30-50		253	53 197	58.0	10.1	0.8	13.4	14	14	68	65	20			
36-50				71.0	9.2	1.4	12.9	14	14	70	67	20			
42-50	208/230-3			88.0	13.5	1.2	18.1	12	12	80	76	30			
48-50				83.1	13.6	1.2	18.2	12	12	79	76	30			
60-50	7						110.0	17.7	1.2	23.3	12	12	62	59	40
36-60	460-3	160-3 506	506 414	38.0	5.6	0.7	7.8	14	14	233	222	15			
42-60				44.0	6.0	0.5	8.0	14	14	227	216	15			
48-60				41.0	6.1	0.6	8.2	14	14	222	211	15			
60-60				52.0	7.8	0.6	10.3	14	14	177	168	15			

applicable tables of the NEC (ANSI/NFPA 70),

Length shown is as measured 1 way along wire path between unit and service panel for voltage drop not to exceed 2%.

** Time—Delay fuse.

FLA — Full Load Amps

LRA — Locked Rotor Amps

MCA — Minimum Circuit Amps

RLA — Rated Load Amps

NOTE: Control circuit is 24—V on all units and requires external power source. Copper wire must be used from service disconnect to unit. All motors/compressors contain internal overload protection.

PHYSICAL DATA

UNIT SIZE SERIES	18-30	24-30	30-30	36-30	42-30	48-30	60-30
Operating Weight (lb)	135	135	149	166	210	236	261
Shipping Weight (lb)	156	156	171	189	238	264	295
Compressor Type Scroll						•	
REFRIGERANT		Puron® (R-410A)					
Control			TXV (Pui	ron® Hard Shut	off)		
Charge (lb)	4.25	4.35	4.75	5.25	6.2	8.35	8.75
COND FAN			Propelle	r Type, Direct Dr	ive	•	•
Air Discharge				Vertical			
Air Qty (CFM)	1880	2200	2200	2950	3170	3365	4050
Motor HP	1/12	1/10	1/10	1/4	1/5	1/4	1/5
Motor RPM	1100	1100	1100	1100	1100	1100	825
COND COIL							
Face Area (Sq. ft.)	9.85	9.85	11.49	14.77	17.25	21.56	25.15
Fins per In.	20	20	25	25	25	25	25
Rows	1	1	1	1	1	1	1
Circuits	3	3	3	3	4	5	5
VALVE CONNECT. (In. ID)			•				•
Vapor	5/8	5/8	3/4	3/4	7/8	7/8	7/8
Liquid	3/8						
REFRIGERANT TUBES* (In. OD)							
Vapor (0-80 Ft. Tube Length)	5/8	5/8	3/4	3/4	7/8	7/8	1-1/8
Liquid (0-250 Ft. Tube Length)		3/8					

^{*} For tubing sets between 80 and 200 ft. horizontal or 20 ft. vertical differential, consult the Longline Guideline. Note: See unit Installation Instruction for proper installation.

^{*} Permissible limits of the voltage range at which the unit will operate satisfactorily

† If wire is applied at ambient greater than 30° C (86° F), consult table 310–16 of the NEC (ANSI/NFPA 70). The ampacity of non-metallic-sheathed cable (NM), trade name ROMEX, shall be that of 60° C (140° F) conditions, per the NEC (ANSI/NFPA 70) Article 336–26. If other than uncoated (no-plated), 60 or 75° C (140 or 167° C) insulation, copper wire (solid wire for 10 AWG or smaller, stranded wire for larger than 10 AWG) is used, consult applicable tables of the NEC (ANSI/NFPA 70).



Tabla Aire acondicionado

Estudio termográfico.

Cámara termográfica IRISYS Universal Thermal Imager Type IRI 1011

Junto a la Pokect PC Jornada 560, equipos que fueron utilizados para la termografía efectuada en el campus II de la universidad APEC.



Estudio de la calidad de energía y el sistema eléctrico de potencia

Datos físicos, eléctricos y características del banco de capacitores propuesto marca **Cutler Hammer**, Modelo AUTOVAR 300.

AUTOVAR 300 Automatic Power Factor Correction Capacitor Systems





AUTOVAR 300

Automatically switched power factor correction systems for low voltage applications.

- Wall-mount design is ideal for minimum space requirements.
- Programmable to automatically add/subtract capacitor banks to maintain preset target power factor.
- Heavy-duty, three-phase capacitor construction.
- Five-year warranty of cells.
- UL and CSA listed.

Applications

Service entrance power factor correction installations requiring precise maintenance of target power factor in a very small footprint.

Features and Specifications

Configuration

- Cabinet: Wall mounting 12 gauge steel with ANSI 61 gray, NEMA 1 (gasketed).
- Power line interconnect: Rugged, power distribution block connection
- Fusing: 200,000 ampere interrupting capacity provided on all three phases of each bank. Blade-type fuses mounted on insulator stand-offs with blown-fuse indicating lights.
- Blown-fuse lights: Blown-fuse indicating lights for each phase and stage located on the door.
- Door interlock: Door interlock automatically disengages capacitors. Power continues to be provided to the unit until the disconnect is open.
- Exhaust fans: Provide ventilation. Dust filtering included.

Controller

- Visual indication of incorrect CT polarity.
- Digital display of power factor and number of energized banks.
- Automatic setting of c/k value (sensitivity based on CT ratio and kvar available).
- · Alarm on failed step.
- · Visual indication of insufficient kvar to reach target power factor.
- Capacitors disabled in steps within 35 milliseconds of main power interruption.
- · Automatic sensing of kvar values per step.
- Optional communications capability from controller.
- Optional metering capability:
 - Voltage
 - Current (sensed phase only)
 - Frequency
 - Active power (kW)
 - Reactive power (kvar)
 - Apparent power (kVA)
- · Optional thermostatic control exhaust fans.

Contactor

- . Fully rated for capacitor switching up to 60 kvar at 600 V.
- Integral pre-charge/pre-insertion module standard. The contactor reduces damaging switching transients. This provides safety and durability for the system:
 - Lessens the chance of disrupting sensitive electronic equipment
 - Reduced inrush current extends the life of the capacitor cells
- UL/CSA recognized.

Additional Features

- Optional molded case circuit breaker rated 65 kAIC at 480 V and 600 V.
- Personnel ground fault interruption provides protection in case of accidental contact with control power and ground.
- NEMA 3R weatherproofing.

AUTOVAR 300 Automatic Power Factor Correction Capacitor Systems (Continued)

TABLE 12. WALL-MOUNTED SWITCHED CAPACITOR BANKS - LOW VOLTAGE APPLICATIONS

KVAR	STEP X KVAR	RATED CURRENT AMPERES	CASE	SHIPPING WEIGHT LBS. (KG)	FUSED CATALOG NUMBER
240 Volt				Made and a second	And the second
25	5 x 5	60	J	217 (98.5)	25MCSR231
50	5 x 10	120	J	255 (115.8)	50MCSR231
75	5 x 15	190	J	260 (118.0)	75MCSR231
100	4 x 25	240	J	270 (122.6)	100MCSR231
125	5 x 25	300	J	292 (132.6)	125MCSR231
490 Volt			-		
50	5 x 10	60	J	200 (90.8)	50MCSR4313
75	5 x 15	90	J	210 (95.3)	75MCSR4313
100	5 x 20	120	J	210 (95.3)	100MCSR4313
125	5 x 25	150	J	240 (109.0)	125MCSR4313
150	5 x 30	180	J	240 (109.0)	150MCSR4313
175	5 x 35	210	J	260 (118.0)	175MCSR431
200	5 x 40	241	J	270 (122.6)	200MCSR431
225	5 x 45	270	J	290 (131.7)	225MCSR431
250	5 x 50	300	J	292 (132.6)	250M CSR431
300	5 x 60	361	J	310 (140.7)	300MCSR431
600 Volt					
50	5 x 10	48	J.	200 (90.8)	50MCSR6313
75	5 x 15	72	J	210 (95.3)	75MCSR6313
100	5 x 20	96	J	210 (95.3)	100M CSR6313
125	5 x 25	120	J	240 (109.0)	125MCSR6313
150	5 x 30	144	J	240 (109.0)	150MCSR6313
175	5 x 35	168	J	260 (118.0)	175MCSR631
200	5 x 40	192	J	270 (122.6)	200MCSR631
225	5 x 45	216	J	290 (131.7)	225MCSR631
250	5 x 50	240	J	292 (132.6)	250MCSR631
300	5 x 60	288	J	310 (140.7)	300M CSR631
300	3 A 60	100	d .	310 [140.7]	SUUMI COND

Note: Other ratings available, please consult factory.

TABLE 13. OPTIONS

DESCRIPTION	OPTION
Current transformer — Multi-tap, split core current transformer (3000:5 A) ®	TX2
Hands-off Auto Switch — Provides manual control to connect or disconnect capacitor stages regardless of controller output	Н
Remote Alarm Relay — Relay for a remote alarm to indicate inability to reach target power factor	A
Molded case circuit breaker (65 kAIC at 480 V)	M
Weatherproofing (NEMA 3R)	W
Communicating Controller	C
Metering Option Controller	D
Thermostatic Temp Control	L

A current transformer with a 5 ampere secondary is required to operate an automatic capacitor bank. Rating based on Service Entrance Ampacity. For other ratios, please consult factory.

Enclosure J - Dimensions in Inches (mm)

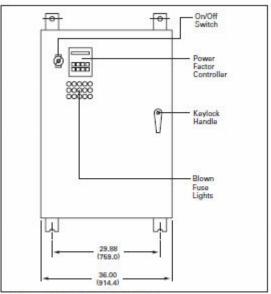


FIGURE 9. FRONT VIEW OF ENCLOSURE J

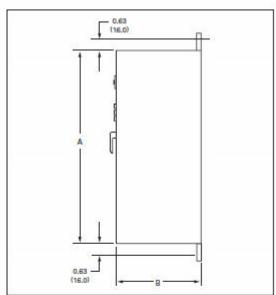


FIGURE 10. SIDE VIEW OF ENCLOSURE J

TABLE 14. ENCLOSURE J — DIMENSIONS IN INCHES (MM)

DESCRIPTION	HEIGHT A	DEPTH B	20
Without MCCB	36.00 (914.4)	12.00 (304.8)	
With MCCB	60.00 (1524.0)	12.00 (304.8)	

Bibliografía

1-Robert Boylestad

Electrónica: Teoría De Circuitos 8va ed 2003. Pearson, España

2-Joseph Chapman

Máquinas Eléctricas 4ta ed. McGraw Hill, México.

3- Albert Thumann

Handbook of Energy Audits: 6th Ed. 2003 The Fairmont Press, USA.

4- Harper Enríquez

ABC. Máquinas eléctricas 2ed 1992 Mc Graw Hill, México.

5- Harper Enríquez

ABC. Máquinas eléctricas 2ed 1992 Mc Graw Hill, México.

7- José Antonio Domínguez

Energías Alternativas. 3ª ed 2004. Pearson, España

8-Kosow Irving

Máquinas Eléctricas y transformadores 2ed, 1993 prentice Hall, México.

9-Glover J.Duncan

Sistemas de Potencia 3ed, 2003 Thompson, México.

10-Malvino, Albert

Principios de Electrónica 7ta ed 2007. McGraw Hill, México.