

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

MODELO DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ESTUDIO TERMOGRÁFICO DE EDIFICIOS

Aplicación en ITCA-FEPADE Sede Central

**DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. CARLOS ROBERTO BARRIENTOS MÓNICO**

**DOCENTE CO INVESTIGADOR:
ING. JUAN JOSÉ CÁCERES CHIQUILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2019

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

MODELO DE EVALUACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ESTUDIO TERMOGRÁFICO DE EDIFICIOS

Aplicación en ITCA-FEPADE Sede Central

**DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. CARLOS ROBERTO BARRIENTOS MÓNICO**

**DOCENTE CO INVESTIGADOR:
ING. JUAN JOSÉ CÁCERES CHIQUILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ITCA-FEPADE SEDE CENTRAL**

ENERO 2019

Rectora

Licda. Elsy Escolar Santo Domingo

Vicerrector Académico

Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa

Inga. Frineé Violeta Castillo

Dirección de Investigación y Proyección Social

Ing. Mario Wilfredo Montes, Director

Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo

Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada

Sra. Edith Aracely Cardoza de González

Director de Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Ing. Carlos Roberto García Pérez

720.472

B275m

Barrientos Mónico, Carlos Roberto, 1957

SV

Modelo de evaluación de eficiencia energética y estudio termográfico de edificios : aplicación en ITCA-FEPADE Sede Central [recurso electrónico] / Carlos Roberto Barrientos Mónico, Juan José Cáceres Chiquillo, coaut. -- 1ª ed. - Datos electrónicos (1 archivo : 17000 kb). -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2019.

1 recurso en línea : col.

Forma de acceso : World Wide Web. URL:

<https://www.itca.edu.sv/produccion-academica/>

Título tomado de la pantalla de presentación

Datos publicados también en forma impresa

ISBN : : 978-99961-50-99-9 (Impreso)

ISBN : 978-99961-39-00-0 (E-Book)

1. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE – Edificios. 2. Consumo de energía eléctrica. 3. Conservación de la energía eléctrica. I. Cáceres Chiquillo, Juan José, coaut. II. Título.

Autor

Ing. Carlos Roberto Barrientos Mónico

Co Autor

Ing. Juan José Cáceres Chiquillo

Tiraje: 13 ejemplares

Año 2019

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica y el sector empresarial, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.



Atribución-No Comercial
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE

Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América

Sitio Web: www.itca.edu.sv

TEL: (503)2132-7423

FAX: (503)2132-7599

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	4
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2.1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	4
2.2.	ESTADO DE LA TÉCNICA Y ANTECEDENTES	4
2.3.	JUSTIFICACIÓN	5
3.	OBJETIVOS	5
3.1.	OBJETIVO GENERAL	5
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
4.	HIPÓTESIS	6
5.	MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN	6
5.1.	AISLAMIENTO TÉRMICO EN EDIFICIOS	6
5.2.	TERMOGRAFÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS	7
5.3.	MEDIDORES DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS	11
5.4.	ILUMINACIÓN EFICIENTE	13
5.5.	CLIMATIZACIÓN EFICIENTE	14
5.6.	INMÓTICA	20
5.7.	SOFTWARE DE APLICACIÓN	20
5.8.	CULTURA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA	21
5.9.	NORMALIZACIÓN	23
5.10.	LÍNEA BASE ENERGÉTICA	24
6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
7.	RESULTADOS	30
7.1.	TOMA DE DATOS MEDIDOS EN EQUIPOS INSTALADOS EN EL EDIFICIO A AUDITAR	30
7.2.	PERFIL DE DEMANDA DEL EDIFICIO CONSIDERANDO EL TIEMPO DE OPERACIÓN.	32
7.3.	TOMA DE MEDICIONES DE LAS VARIABLES TÉRMICAS.	38
7.4.	ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN	45
7.4.	EQUIPO DE MEDICIÓN	45
7.5.	DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA BASE ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN ESTUDIO.	46
7.5.	PROTOCOLO PARA REALIZAR UNA AUDITORIA ENERGÉTICA A UN EDIFICIO	48
7.6.	AUDITORIA SOBRE SUMINISTROS ENERGÉTICOS	53
8.	CONCLUSIONES	54
9.	RECOMENDACIONES	55
10.	GLOSARIO	56
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	57
12.	ANEXOS.	58
12.1.	EVIDENCIAS DE CAMPO	58

1. INTRODUCCIÓN

Las demandas de energía cada vez son más elevadas a pesar de que el desarrollo tecnológico permite producir dispositivos más eficientes; una causa del aumento en el consumo se puede atribuir al mal uso que se da a los equipos; por ejemplo, lámparas encendidas innecesariamente, selección inadecuada de temperaturas en aires acondicionados, sistemas de aire comprimido con muchas fugas, equipos de computación encendidos 24 horas y dispositivos obsoletos entre otros.

La investigación consistió en seleccionar el edificio F de ITCA-FEPADE para censar la energía demandada por los usuarios, hacer un estudio termográfico de la subestación y tableros eléctricos que lo alimenta; con los datos obtenidos se elaboró la línea base de consumo de energía del edificio. Posteriormente se propuso una nueva línea base considerando cambio de tecnologías en iluminación y aire acondicionado, recomendando a los usuarios una nueva cultura de buen uso de los equipos.

Una vez se realicen los cambios se efectuarán nuevamente las mediciones para verificar si la demanda de energía efectivamente ha disminuido; en caso contrario se procederá a buscar las causas que han evitado la mejora en el consumo energético.

El procedimiento de esta investigación quedará establecido por medio de un protocolo que permita efectuar las mediciones y comprobaciones las veces que sea necesario bajo los mismos criterios.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Los edificios del campus de ITCA-FEPADE no cuentan con una bitácora energética que permita evaluar su comportamiento de consumo y eficiencia eléctricas; esto es necesario porque permitiría calcular las cantidades y costos de energía demandada y así determinar si están dentro de los rangos aceptables.

2.2. ESTADO DE LA TÉCNICA Y ANTECEDENTES

Para El Salvador, la eficiencia en el uso de la energía eléctrica es un componente fundamental de la Política Energética Nacional; entre las líneas estratégicas de esta política está la “Promoción de una cultura de eficiencia y ahorro energético”. Dada la limitada oferta de recursos energéticos primarios con la que el país cuenta y la fuerte dependencia de los derivados del petróleo para la generación de energía eléctrica se vuelve prioritario hacer uso de la energía de una forma más eficiente.

Como un punto de partida de esta política, las acciones iniciarán en las entidades públicas como modelo; y paralelamente se apoyarán todos los esfuerzos de los sectores académicos y gremiales.

La adopción de mejores prácticas, actitudes, hábitos y tecnologías más eficientes involucra cambios estructurales. Con lo cual debemos apostar por ser capaces, cada cual, desde su nivel de actuación, de

conseguir un modelo energético que satisfaga las necesidades humanas y que aporte calidad de vida, y que reduzca, los impactos sociales, la intensidad de uso de los recursos convencionales e impactos ambientales, hasta un nivel sostenible.

Lo descrito arriba nos induce a ejecutar nuestra investigación de acuerdo con la política energética que está implementando el Consejo Nacional de Energía (CNE) en la línea de eficiencia energética y ahorro.

2.3. JUSTIFICACIÓN

La crisis energética, la degradación del medio ambiente y el alarmante aumento del calentamiento global en el planeta, son causadas por el uso irracional de los recursos convencionales.

Es necesario buscar la forma de racionalizar dichos recursos, economizando la energía a usar en los proyectos de los edificios y optimizarla en los ya existentes, para cumplir con estándares establecidos o certificaciones de gestión de la energía.

Para ello se necesita herramientas de gestión energética y así poder categorizar los edificios en diferentes niveles de rendimiento energético.

Las tendencias actuales están obligando poco a poco a tener edificios que funcionen con el mínimo de energía haciendo uso de tecnologías que utilizan menos recursos para su funcionamiento; educando a los usuarios y finalmente sometiendo el edificio a un estudio de eficiencia que lo lleve a tener un nivel en la clasificación de las certificaciones de eficiencia energética.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer un modelo de evaluación de eficiencia energética, considerando el estudio de magnitudes eléctricas y térmicas para un edificio de ITCA-FEPADE.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Obtener el diagnóstico de desempeño del edificio F de ITCA-FEPADE para el estudio energético.
- b. Diseñar el protocolo para evaluar la eficiencia energética de edificios.
- c. Analizar el comportamiento térmico de las subestaciones y tableros eléctricos de los edificios por medio de lecturas termográficas.

4. HIPÓTESIS

Con la evaluación que se obtenga de las mediciones realizadas se podrá presentar un análisis de eficiencia que permita establecer los cambios necesarios para disminuir el consumo energético en cada edificio de ITCA-FEPADE, Santa Tecla.

5. MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN

Para poder maximizar la eficiencia energética, uno de los aspectos importantes en las edificaciones es el adecuado uso de los equipos de aire acondicionado (y calefacción en los países con inviernos muy fríos).

Para hacer un uso eficiente de los equipos de aire acondicionado es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

5.1. AISLAMIENTO TÉRMICO EN EDIFICIOS

Un mal aislamiento térmico en edificios incrementa el consumo de energía eléctrica en unidades de aire acondicionado, por ello es muy importante eliminar las pérdidas (ganancias de calor) con un aislamiento térmico adaptado al edificio. En general, los materiales de aislamiento son de origen mineral u orgánico: fibra de vidrio, corcho, poliestireno, poliuretano, entre otros.

Rehabilitar energéticamente los edificios existentes supone un ahorro neto de energía, porque las unidades de enfriamiento funcionarán menos tiempo y de forma más eficiente.

a) Paredes

Uno de los sistemas de aislamiento más apropiado es el de paredes; consiste en la fijación del material aislante en la parte exterior o interior de las paredes del edificio. Este tipo de aislamiento permite, en primer lugar, eliminar puentes térmicos causados por vigas o pilares, previniendo la formación de condensación. También reduce las variaciones en la temperatura, mejorando la capacidad térmica del edificio.

b) Ventanas y puertas acristaladas

La renovación de los vidrios y marcos representa una de las acciones más eficaces para la mejora energética del edificio.

Una de las intervenciones en edificios consiste en el cambio de ventanas con cristal simple por otras de doble acristalamiento. El espacio entre los dos cristales sirve para reducir la transferencia de calor y debe estar equipada con una capa metálica en la cara del cristal, o estar rellena de gas argón, para hacer el aislamiento más eficiente.

El doble acristalamiento es ideal para zonas climatizadas. Están contruidos generalmente con marcos de PVC o aluminio: los marcos de madera producen mejor aislamiento, pero son más caros.

c) Cubiertas

La cubierta del edificio es el elemento más sensible y expuesto a los agentes externos, tanto climatológicos como por el propio uso, por lo que la reparación de goteras, humedades y desperfectos suele ser una práctica habitual.

Sin embargo, en estas intervenciones no es habitual aplicar, además, criterios térmicos o de ahorro de energía cuyos beneficios son notorios.

5.2. TERMOGRAFÍA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

Mediante un análisis termográfico de una infraestructura es posible determinar: elementos o puntos que vuelven ineficiente el sistema, en términos del confort por la temperatura que se desea lograr en los espacios de la edificación.

Para realizar un buen análisis termográfico deben considerarse los siguientes aspectos:

a) Componentes a inspeccionar

- i. Transformadores
- ii. Interruptores
- iii. Supresores de transitorios
- iv. Líneas eléctricas
- v. Empalmes eléctricos
- vi. Aisladores
- vii. Bancos de capacitores
- viii. Tableros eléctricos

b) Razones comunes de la existencia de puntos críticos o desviaciones de temperatura

- a) Cargas desequilibradas
- b) Armónicos (tercer armónico en corriente en el neutro)
- c) Sobrecarga en los sistemas eléctricos/exceso de corriente
- d) Los falsos contactos o con corrosión aumentan la resistencia del circuito
- e) Pérdida de aislamiento en conductores y equipos eléctricos

El calentamiento anómalo asociado con una alta resistencia o con un flujo de corriente excesivo es la principal causa de muchos de los problemas de los sistemas eléctricos.

La termografía por infrarrojos permite ver estas curvas térmicas invisibles que advierten de daños inminentes antes de que se produzcan. Cuando la corriente fluye a través de un circuito eléctrico, parte de la energía eléctrica se convierte en energía térmica. Esto es normal. Sin embargo, si existe una resistencia anormalmente alta en el circuito o se produce un flujo de corriente anormalmente alto, se genera un calor anormalmente alto, lo que supone pérdidas, daños potenciales y un mal funcionamiento.

La ley de Ohm ($P=I^2R$) describe la relación entre la corriente, la resistencia eléctrica y la potencia o la energía térmica generada. Utilizamos una alta resistencia eléctrica para obtener resultados positivos como el calor de una tostadora o la luz de una bombilla. Sin embargo, en ocasiones se genera un calor no deseado que provoca costosos daños.

Los conductores insuficientes, las conexiones sueltas o un flujo excesivo de corriente pueden provocar un alto calentamiento anómalo no deseado que genera circuitos eléctricos peligrosamente calientes. Los componentes pueden calentarse literalmente tanto como para fundirse.

Algunas cámaras termográficas por infrarrojos permiten ver las curvas de calor asociadas con una alta resistencia eléctrica mucho antes de que el circuito se caliente lo suficiente como para provocar un corte de tensión o una explosión. Existen dos patrones térmicos básicos asociados con los fallos eléctricos:

- a) Una alta resistencia provocada por un contacto deficiente de la superficie.
- b) Un circuito sobrecargado o un problema de desequilibrio polifásico.
- c) Problemas de contacto eléctrico.

El calor se produce debido al flujo de corriente a través de un contacto con alta resistencia eléctrica. Este tipo de problema suele estar asociado a contactos de conmutadores y conectores. A menudo el punto real de calentamiento puede ser muy pequeño, inferior a 1/6 cm en la ubicación donde se inicia.

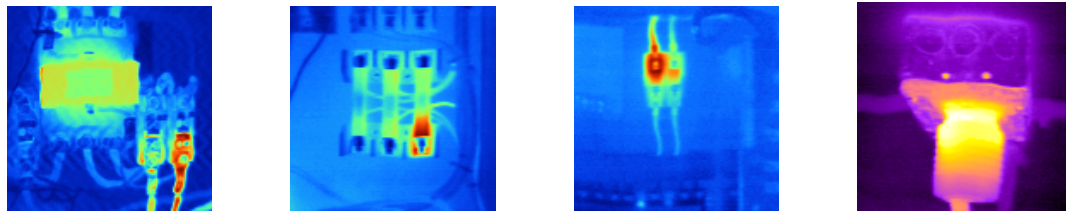
A continuación, varios ejemplos detectados con una cámara termográfica:

El termograma (A) corresponde a un controlador de motores de un ascensor en un gran hotel. Una de las conexiones trifásicas estaba suelta, lo que provocaba un aumento de la resistencia en el conector. El calentamiento excesivo generaba un aumento de temperatura de 50 °C.

El termograma (B) corresponde a una instalación de fusibles trifásicos en la que un extremo de un fusible presenta un contacto eléctrico deficiente con el circuito. El aumento de la resistencia de contacto provocaba una temperatura 45 °C más caliente en esta conexión que en las demás conexiones del fusible.

El termograma (C) corresponde a un portafusibles en el que uno de los contactos tiene una temperatura superior en 55 °C con respecto a los demás.

Por último, el termograma (D) corresponde a un enchufe de pared bifásico en el que las conexiones de cable estaban sueltas, lo que provocaba que la temperatura de los terminales fuese 55 °C superior a la temperatura ambiente.



(A) Controlador (B) Fusible trifásico (C) Portafusibles (D) Enchufe de pared

Figura 1. Termogramas

Estos cuatro ejemplos suponían problemas serios y precisaban atención inmediata. El termograma (B) muestra un principio interesante utilizado en la interpretación de los patrones térmicos de un circuito eléctrico. El fusible solamente está caliente en un extremo. Si el fusible estuviese caliente en ambos extremos, el problema se interpretaría de forma diferente.

Un circuito sobrecargado, un desequilibrio de fase o un fusible insuficiente provocarían el sobrecalentamiento de ambos extremos del fusible. El calentamiento en un único extremo sugiere que el problema se debe a una alta resistencia de contacto en el extremo caliente.

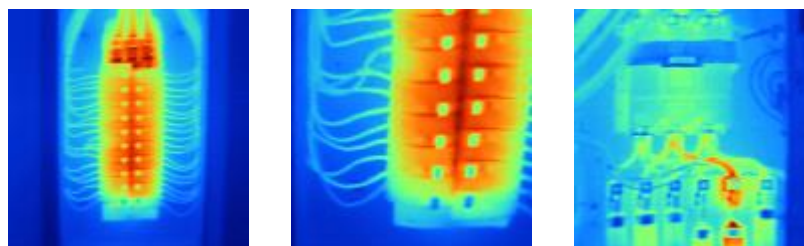
d) Problemas de circuito sobrecargado

Los siguientes termogramas muestran circuitos sobrecargados:

El termograma (E) muestra un cuadro de interruptores en el que el disyuntor principal en la parte superior presenta un sobrecalentamiento de 75 °C por encima de la temperatura ambiente. Este cuadro completo está sobrecargado y precisa atención inmediata.

Los termogramas (E) y (F) muestran todos los disyuntores de circuito estándar sobrecalentados. Su temperatura se situaba a 60 °C por encima de la temperatura ambiente.

A pesar de que en el termograma los cables se muestran en color azul, también están calientes, entre 45 y 50 °C. Es necesario recomponer el sistema eléctrico completo.



(E) Cuadro de interruptores (F) Cuadro de interruptores (G) Controlador

Figura 2. Circuitos sobrecargados

El termograma (G) muestra una línea de un controlador con una temperatura 20 °C superior a las demás. Se precisa una investigación más detallada para determinar por qué razón solamente uno de los cables está mucho más caliente que los demás y para determinar la reparación necesaria.

e) Requisitos de carga eléctrica

A la hora de realizar una inspección, es importante que haya carga en el sistema. Llevar a cabo la inspección en los picos de carga o en el "peor de los casos", o bien cuando la carga esté al menos en el 40% (conforme a NFPA 70B). El calor generado por una conexión suelta aumenta al cuadrado de la carga; cuanto mayor es la carga, más fácil será que aparezcan problemas.

f) Únicamente temperaturas de superficie

Las cámaras de infrarrojos no pueden ver a través de tableros eléctricos; se deben abrir las carcasas de forma que la cámara pueda ver directamente los circuitos eléctricos y sus componentes.

Si detecta una temperatura anormalmente alta en la superficie exterior de una carcasa, tenga la certeza de que la temperatura será incluso mayor, y por lo general mucho mayor, en el interior. A continuación, se incluyen algunos termogramas realizados en canaletas en donde se identifica un grave problema de los alimentadores eléctricos en el interior. Los puntos calientes estaban en torno a 10 °C por encima de la temperatura ambiente y 6 °C por encima de la temperatura de las demás piezas de la canaleta.

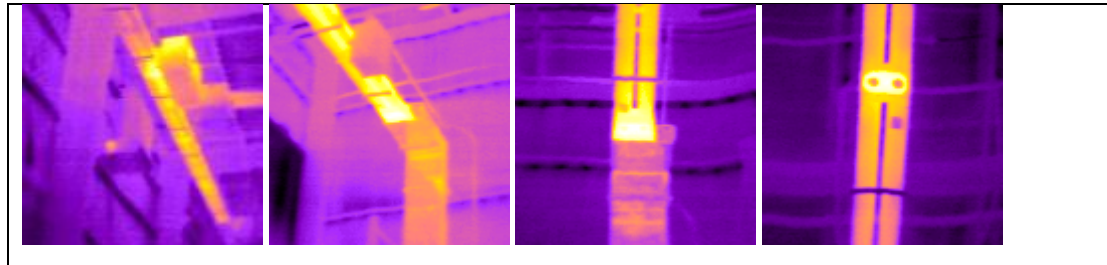


Figura 3. Tomas de termograma en sistemas de canalización eléctrica.

g) Distribución eléctrica

Un sistema eléctrico puede contener diferentes componentes. Para la producción de suministro eléctrico, distribución de alta tensión, plantas de distribución y subestaciones, y finaliza con transformadores de servicio, cuadros eléctricos, disyuntores y distribución local.

Muchas compañías eléctricas utilizan cámaras termográficas como respaldo para las tareas de mantenimiento.

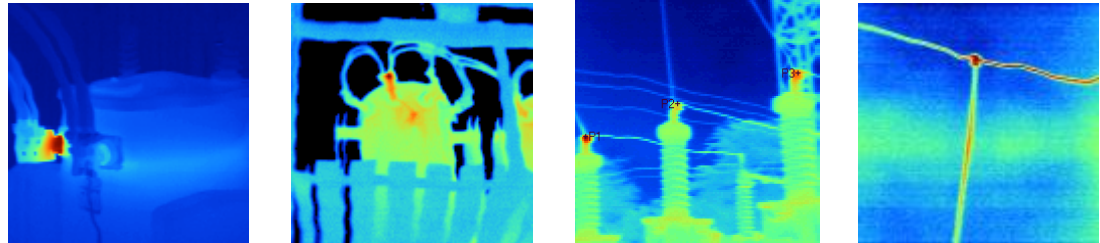
El termograma (M) corresponde a un transformador de servicio que presenta fugas de aceite de enfriamiento, lo que provoca que las bobinas situadas cerca de la parte superior estén peligrosamente sobrecalentadas.

El termograma (N) corresponde a un transformador de servicio montado en poste con una conexión que presenta una temperatura 30 °C superior a la temperatura ambiente. Este estado precisa mantenimiento preventivo.

El termograma (O) muestra una conexión principal caliente en un interruptor de una subestación. Se detectó que la conexión tenía una temperatura 14 °C superior a la temperatura de los demás. Se consideró que era un problema que precisaba atención.

El termograma (P) muestra una conexión sobrecalentada en otra subestación.

La diferencia de temperatura era superior en menos de 10 °C a la temperatura ambiente, por lo que no suponía un problema inmediato.



(M) Transformador

(N) Transformador

(O) Interruptor

(P) Conexión

Figura 4. Transformador

5.3. MEDIDORES DE MAGNITUDES ELÉCTRICAS

a) Unidades de medidas eléctricas

Voltaje: Es la energía necesaria para que se realice el movimiento de los electrones.

Símbolo: v
Unidad: Voltio
Instrumento de medida: voltímetro.

Intensidad: Es la cantidad de cargas que circulan por segundo en un circuito eléctrico.

Símbolo: I
Unidad: Amperio (A)
Instrumento de medida: Amperímetro

Potencia Activa: Trabajo que realizan las cargas en un circuito eléctrico.

Símbolo: P
Unidad: Vatio (W)
Instrumento de medida: Vatímetro
Fórmula: $P = V \times I \times \cos \phi$

Energía: Es la capacidad para realizar un trabajo

Símbolo: Kwh

Unidad: Kilovatio-hora (Kwh)

Instrumento de medida: medidor o contador

Fórmula: $E = P \times T$ (Potencia por Tiempo)

b) Instrumentos de Medición para realizar una gestión energética.

- i. **Voltímetro:** Mide la diferencia de potencial existente entre dos conductores. Se conecta siempre en paralelo con la red a medir.
- ii. **Amperímetro:** Mide la corriente eléctrica que circula por un conductor. Se conecta en serie con el circuito cuya intensidad se desea medir. Para medir la corriente que circula por un conductor también se emplea la pinza amperimétrica, que tiene la ventaja de que no hay que hacer ninguna conexión.
- iii. **Vatímetro:** Mide la potencia útil para realizar un trabajo. Para medir correctamente, se debe conectar, a la vez, la señal de voltaje y corriente del circuito que se desea medir. Es importante considerar la polaridad del voltímetro y el sentido del flujo de la corriente para una correcta medida.
- iv. **Medidor de energía:** es el conjunto de elementos electromecánicos o electrónicos que se utilizan para medir el consumo de energía, tanto activa como reactiva y en algunos casos su demanda máxima. En otras palabras, es un instrumento destinado a medir la energía mediante la integración de la potencia activa o reactiva en función del tiempo.

Los hay para medir energía en conexiones monofásicas y trifásicas.

- v. **Analizador de redes:** estos dispositivos disponen de la más alta tecnología, miden una gran variedad de parámetros eléctricos de forma síncrona, con el principal objetivo de obtener un análisis para la gestión de un sistema eléctrico, permitiendo optimizar al máximo los costes energéticos.

Tienen la capacidad de:

- Detectar el exceso de consumo (kW · h)
- Trazar curvas de carga para identificar la máxima demanda de energía.
- Mostrar la necesidad de instalación de una banco de condensadores, así como su potencia.
- Realizar mantenimientos periódicos del estado de la red eléctrica, tanto en baja como en media tensión.
- Trazar curvas de arranque de motores.
- Detectar posibles saturaciones de transformadores de potencia.
- Señalar cortes de energía.
- Medir la calidad del suministro eléctrico, etc.

- vi. **Termómetro:** es un instrumento de medición de temperatura. La sustancia que se utilizaba más frecuentemente en este tipo de termómetros ha sido el mercurio, encerrado en un tubo de vidrio que incorporaba una escala graduada, pero también alcoholes coloreados en termómetros grandes.

El termómetro infrarrojo con lectura térmica para la medición de la temperatura sin contacto es un instrumento ideal para diversas aplicaciones; como son la producción, el control de máquinas y diferentes aplicaciones en el área electromecánica.

- vii. **Cámara Termográfica:** Una cámara térmica o cámara infrarroja es un dispositivo que, a partir de las emisiones de infrarrojos medios del espectro electromagnético de los cuerpos detectados, forma imágenes luminosas visibles por el ojo humano.

Estas cámaras operan, más concretamente, con longitudes de onda en la zona del infrarrojo térmico, que se considera entre 3 μm y 14 μm (μm : micrómetro).

5.4. ILUMINACIÓN EFICIENTE

Desde el consumo de los sistemas de iluminación se puede contribuir de manera muy importante a la sostenibilidad, ya que el consumo es un 20% de la energía total para iluminar diferentes espacios tanto de interiores como de exteriores.

Según las normas internacionales ASHRAE 90.1 2010 especifica que la densidad de energía de iluminación sea entre un 15 – 18 % del consumo total.

Con la tecnología actual podemos ahorrar utilizando luminarias más eficientes sin sacrificar el confort de los usuarios en los espacios.

La eficiencia tiene como principal procedimiento la innovación en la tecnología de productos, consiguiendo un consumo más racional de la energía contribuyendo a la sostenibilidad.

En cuanto a las luminarias se refiere, debemos de procurar que sean más eficientes utilizando lámparas de alta eficacia luminosa y optimizando el comportamiento de los reflectores, difusores o lentes que la componen, para conseguir el mayor rendimiento posible.

Considerando que las luminarias tienen que cumplir los objetivos sobre confort visual y otros de estética e integración en el entorno. Para estas exigencias es necesario implementar materiales apropiados y diseñar con dispositivos ópticos capaces de proporcionar diferentes curvas de distribución espacial de intensidades, dada la gran variedad de espacios y aplicaciones.

Cuando la morfometría del edificio está fijada y los envolventes bien definidos, son precisamente los sistemas de control de luz los que presentan más oportunidades para contribuir al ahorro energético, Los sistemas de control y los reguladores permiten utilizar sólo la luz en los momentos que se necesita, reducir el consumo eléctrico, prolongar la vida útil de las lámparas y contribuir a un mayor bienestar de las personas, si dicha regulación se hace de forma adecuada. Cuando los sistemas se combinan con otros de detección de luz natural, de presencia y temporizadores, el ahorro puede llegar a ser muy importante a la vez que permite

iluminar los espacios de formas preestablecidas a lo largo del día (luz dinámica) contribuyendo a crear diferentes ambientes e incluso modular la misma en función de la luz natural.

En este sentido tienen mucho que aportar las oficinas técnicas de algunos fabricantes y distribuidores, así como todas aquellas ingenierías que se dedican a realizar proyectos de iluminación. Aunque en muchos casos disponen de diseñadores experimentados y con buen conocimiento de las normativas y del producto existente en el mercado, son todavía pocos los que contemplan la luz natural como parte importante de los proyectos y la eficiencia de las instalaciones en su conjunto.

Hay que enfatizar sobre la importancia que la eficiencia energética tiene en el ahorro de la energía consumida en iluminación. Quizás este sector es uno de los menos contemplados por los ciudadanos por no conocer sus costes reales ni los beneficios que les podría reportar a largo plazo las nuevas luminarias con eficiencias energéticas. Y sólo a los beneficios ecológicos, sino también, a los derivados de la reducción de la factura eléctrica.

Para cambiar esas tendencias serán necesarias las campañas de información, pero sin olvidar una mayor vigilancia en el mercado, tanto de producto como de servicios, que deberá ajustarse a las normativas y directivas para incrementar el ahorro energético.

5.5. CLIMATIZACIÓN EFICIENTE

Son sistemas que permiten el intercambio de energía de manera controlada entre el sistema y el ambiente, con **capacidad de calentar o enfriar un espacio** obteniendo la energía del ambiente exterior. En este caso los dos elementos circulantes dentro del circuito de la bomba son el aire tomado y el aire liberado.

En los nuevos sistemas para calefacción o refrigeración, el espacio acondicionado se consigue mediante la **inversión del flujo del fluido frigorífico** entre el evaporador y el condensador. Los **SISTEMAS INVERTER** son una aplicación que permite disminuir el problema de la bomba de calor convencional para **mantener una temperatura constante** y para **obtener un rendimiento** óptimo gracias a la capacidad que tiene de hacer funcionar el **compresor a diferentes velocidades**.

a) Sistemas Tradicionales

Un sistema tradicional arranca el compresor y trata de alcanzar esa temperatura, a velocidad fija. Proporcionando el 100% de su capacidad. Una vez alcanzada la temperatura, el sistema tradicional regula la temperatura arrancando y parando el compresor, generando picos de consumo energético y, excesos de frío y calor.

b) Sistemas Inverter

El sistema Inverter, en cambio, aumenta la velocidad del compresor y alcanza antes esa temperatura, como se muestra en la fig. 5, dando por ejemplo el 120% de su capacidad. Para mantener la temperatura regula la velocidad del compresor, ofreciendo por ejemplo el 50% de su capacidad, consiguiendo un menor gasto y mínimos excesos de frío y calor.

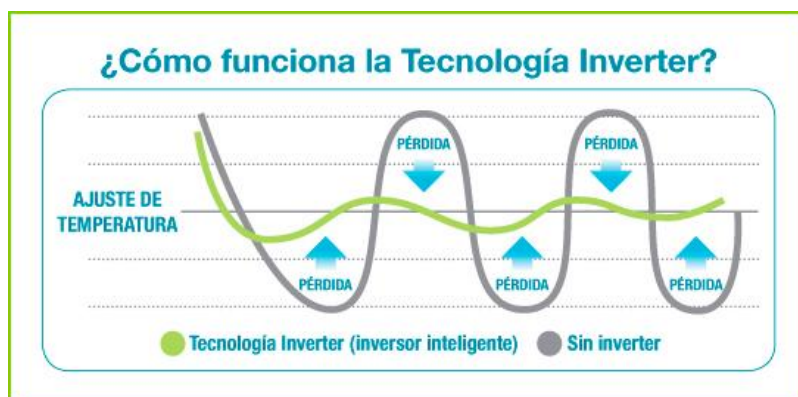


Figura 5. Funcionamiento del Sistema Inverter

c) Sistemas de climatización inteligente.

Estos sistemas son los encargados de brindar el tratamiento al aire ambiente, para poder mantenerlo en condiciones de temperatura, humedad, higiene y movimiento, las cuales permitan a los usuarios de los espacios acondicionados alcanzar un estado de confort para realizar diversas actividades.

Un sistema de aire acondicionado típico está compuesto principalmente por los elementos plasmados en la siguiente tabla.

i. COMPONENTES

COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN				
EVAPORADOR	CONDENSADOR	COMPRESOR	MECANISMOS DE CONTROL	REFRIGERANTE
El evaporador es un intercambiador de calor que permite el enfriamiento del aire del espacio a acondicionar al propiciarse un intercambio entre el aire del cuarto y el refrigerante.	Al igual que el evaporador, se trata de un intercambiador de calor. En el condensador se rechaza el calor adquirido por el refrigerante en el evaporador, hacia un medio fuera del espacio refrigerado (por ejemplo, el aire ambiente).	El compresor transforma energía eléctrica en entalpía y presión del gas, permitiendo mantener dos niveles de presión en el sistema, uno donde se evapora el refrigerante y el otro donde se condensa.	Sirven al usuario para seleccionar la temperatura deseada al interior del espacio refrigerado, la velocidad del aire y otros factores directamente asociados al confort.	Son sustancias que poseen la capacidad de absorber calor a bajas temperaturas y presiones, y rechazarlo a temperaturas y presiones elevadas, mediante un cambio de estado.

COMPONENTES PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN				
EVAPORADOR	CONDENSADOR	COMPRESOR	MECANISMOS DE CONTROL	REFRIGERANTE
				

ii. CONCEPTOS BÁSICOS DE REFRIGERACIÓN.

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDAD	INTERPRETACIÓN DEL PARÁMETRO
Capacidad de Enfriamiento (Cooling Load Capacity)	Es la cantidad de calor que un equipo de aire acondicionado es capaz de extraer de un espacio determinado.	BTU/hora o Tonelada de Refrigeración (tonR)	Entre mayor sea la capacidad de enfriamiento del equipo, éste podrá refrigerar un área de mayor tamaño.
Energy Efficiency Ratio (EER)	Es la razón entre la cantidad de calor que se remueve del entorno (expresada en BTU, Unidades térmicas británicas, por sus siglas en inglés) y la cantidad de energía eléctrica consumida para poder retirar dicho calor (expresada en Watt-hora).	BTU/W-h	A mayores valores de cada uno de estos parámetros, mayor el nivel de eficiencia energética del equipo de aire acondicionado, es decir, el equipo puede extraer una mayor cantidad de calor, haciendo uso de menos energía eléctrica para este fin. Es importante mencionar que a pesar de que estos tres parámetros hacen referencia a la eficiencia energética, no son directamente comparables entre sí, es decir no se puede concluir
Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER)	El SEER determina el desempeño energético global de un equipo de aire acondicionado para períodos climáticos en que se requiera un enfriamiento del aire, es decir principalmente la estación	BTU/W-h	

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN DEL PARÁMETRO	UNIDAD	INTERPRETACIÓN DEL PARÁMETRO
	de verano. Por este motivo las condiciones de operación bajo las cuales es determinado varían considerablemente con respecto al EER. El SEER determina de manera más adecuada el desempeño energético del equipo, dado que se determina bajo condiciones que se asemejan más a las condiciones reales de operación.		que un equipo de aire acondicionado “A”, que posee un EER de 11, es más eficiente que uno “B”, que cuenta con un COP de 4, simplemente basados en que el valor indicado en las fichas técnicas del equipo sea menor. Para poder establecer la comparación sería primerio necesario expresar todos las magnitudes en las mismas unidades (transformar todos los valores al EER, SEER o COP, según se desee).
Coefficient of Performance (COP)	Es la razón entre la cantidad de calor que se remueve del entorno y la cantidad de energía eléctrica consumida para poder retirar dicho calor, si ambas magnitudes se expresan en las mismas unidades.	Adimensional	
Integrated Part Load Value (IPLV)	Presenta los valores de eficiencia de aquellos equipos que poseen la capacidad de variar su carga.	kW/ton	Representa la eficiencia de un equipo de aire acondicionado funcionando a diferentes temperaturas a cargas variables.

iii. TIPOS DE REFRIGERANTES.

La clasificación de refrigerantes para sistemas de aire acondicionado se puede realizar mediante diferentes criterios, siendo el principalmente utilizado la composición química del mismo.

Más allá del enfoque técnico que podría brindarse al conocer el tipo de refrigerante que posee cierta unidad de aire acondicionado, y con sus propiedades, y dos parámetros muy relevantes y relacionados con cambio climático. Dichos parámetros son:

- **Potencial de destrucción de la capa de ozono** (Ozone Depletion Potential, ODP por sus siglas

en inglés). El ODP representa la cantidad relativa de degradación del ozono que un refrigerante puede causar. Se presenta mediante valores comprendidos entre cero (para refrigerantes que no causan daño a la capa de ozono) y uno (para refrigerantes que poseen el mismo potencial de destrucción de la capa de ozono que el refrigerante R-11, usado como referencia por su altísimo poder destructivo).

- **Potencial de calentamiento global** (Global Warming Potential, GWP por sus siglas en inglés). El GWP es una medida de la cantidad de calor que puede atrapar un gas de efecto invernadero (GEI), con respecto de un gas usado como referencia (típicamente el dióxido de carbono, CO₂) y para un intervalo de tiempo (20, 100 o 500 años). Por ejemplo, si un refrigerante posee un GWP a 20 años igual a 80, esto indica que esa sustancia, de ser introducida a la atmósfera, atraparé 80 veces más calor que una masa igual de dióxido de carbono, a lo largo de 20 años.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los principales tipos de refrigerantes con los cuales un usuario interesado podría encontrarse a la hora de indagar sobre opciones en el mercado y se presentan los valores de ODP y GWP asociados, así como algunas consideraciones adicionales.

TIPO	EJEMPLO	ODP	GWP	COMENTARIOS
CFC (Clorofluorocar- bonados)	R-11	1	1099	Debido a que contienen cloro en su estructura, sus ODP son muy altos y debido a la larga vida que poseen en la atmósfera, sus valores de GWP son elevados. En la década del 70 se condujeron estudios que demostraron que dañaban la capa de ozono y ocasionaban severos daños ambientales y fue establecido el Protocolo de Montreal (1987) para erradicar su producción y consumo. Su venta está prohibida en El Salvador.
	R-12	1	4657	
HCFC (Hidroclorofluoro- carbonados)	R-22	0.055	1810	Debido a que contienen hidrógeno en su molécula, son menos dañinos a la capa de ozono. Los HCFC nacieron como respuesta a la necesidad de reemplazo a los CFC y se les consideran transitorios, con lo cual solo se seguirán comercializando hasta 2020.
	R-123	0.06	77	

TIPO	EJEMPLO	ODP	GWP	COMENTARIOS
HFC (Hidrofluorocarbonados)	R-507A	0	3985	Son sustancias que no poseen cloro en sus moléculas, por lo que su impacto sobre la capa de ozono es muy reducido. Sin embargo y tal como se puede notar, son gases de efecto invernadero, con lo cual este tipo de refrigerantes deben ser recuperados, y en lo posible reciclados para volverlos a utilizar, ya que a pesar de sus mejores condiciones con el ambiente, no son completamente ecológicos.
HFO (Hidro-olefinas)	R-452A	0	1945	El refrigerante R513-A reemplaza los equipos con R-134a en el que no hay necesidad de cambiar partes ni lubricante en los equipos. El R-449A es un reemplazo para equipos con R404-A y R-22. EL R-1234yf es un reemplazo del refrigerante R-12 y R-134a.
	R-449A	0	1282	
	R-513A	0	573	
	R-1234ze	0	6	
	R-1234yf	0	4	
Naturales	R-600a (Isobutano)	0	3	Dentro de este grupo se encuentran por ejemplo los hidrocarburos (los cuales son tradicionalmente conocidos como combustibles, pero que poseen muy buenas propiedades refrigerantes y que no dañan el medio ambiente), debido a que son inflamables y explosivos, su uso debe ser realizado considerando todas las medidas de seguridad pertinentes.

5.6. INMÓTICA

El término inmótica proviene de la unión de las palabras inmo (que significa inmueble en latín) y tica (de automática, palabra en griego que significa ‘que funciona por sí sola’). Se entiende por inmótica al **conjunto de sistemas** que hacen a un edificio inteligente, aportando **servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación**, y que pueden estar integrados por medio de **redes interiores y exteriores de comunicación**, cableadas o inalámbricas, y cuyo control se puede realizar desde dentro y fuera del edificio.

La inmótica ofrece la posibilidad de automatizar todas y cada una de las actividades propias del edificio: sus ascensores, la iluminación de las áreas comunes, el sistema de acceso, el riego de los jardines, la red de localización de incendios, etc., así como poder llevar una mejor supervisión de las entradas y salidas de visitantes dentro del edificio, pudiendo llevar un seguimiento durante la permanencia de los mismos dentro de la edificación. Esta automatización se ha venido empleando exitosamente en muchos complejos habitacionales, oficinas, centros de salud, centros comerciales, industrias y hoteles.

5.7. SOFTWARE DE APLICACIÓN

El software **ACUVIEW** es una herramienta de diagnóstico que permite configurar y gestionar los equipos de medición energética.

El software **ACUREV2000** es un servidor WEB instalado en el hardware del equipo auditor energético, éste viene con las siguientes características:

- a) Medición de parámetros eléctricos en tiempo real.
- b) Lecturas de demandas máxima, promedio e instantánea.
- c) Registrador de consumo energético.
- d) Medición de armónicos en corriente y tensión eléctrica.
- e) Graficador de parámetros eléctricos en tiempo real.

El software **ACUCLOUD** es una plataforma de medición de instalaciones eléctricas basado en la “NUBE” de almacenamiento de información que proporciona a los usuarios acceso a los equipos auditores de energía. Esta función permite importar, analizar y gestionar el uso de la energía en las edificaciones.

Estos tres softwares son las herramientas que utiliza el medidor **ACU 2000** para realizar las auditorías energéticas.

Nos proporciona los datos generales de la cantidad de energía de una edificación, permitiendo calcular los gastos de energía; así como deducir los ahorros que se puedan obtener al implementar los cambios en equipos, tecnologías, cambios en las costumbres de los usuarios, etc.

Esta herramienta se centra en el consumo de energía y el costo del ciclo de vida de equipos que la demandan, como aire acondicionado, iluminación, agua caliente, etc. Con esto se genera un modelado energético.

También se aplica para evaluar la recuperación de retorno de inversión implementando soluciones de energía verde, como los sistemas fotovoltaicos, sistemas eólicos, equipos que ahorran energía.

5.8. CULTURA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA¹

La energía es fundamental para el desarrollo. Es la piedra angular de los diferentes sectores de la economía y su uso racional y eficiente se promueve cada vez con mayor importancia para garantizar un desarrollo sostenible de la sociedad.

El incremento del consumo de energía está asociado muchas veces a la calidad de vida, aspecto que debe ser reevaluado con sensatez debido a que no es necesariamente cierto. Por ejemplo, si en una casa se incrementa el consumo energético, esto no quiere decir que se haya mejorado la calidad de vida, es posible que este incremento sea fruto de una mala utilización de la energía; caso contrario es si en un hogar de una zona rural se tiene acceso nuevo al servicio de la energía, aquí la nueva demanda de energía sí tendría un impacto positivo en la calidad de vida de la sociedad.

El aumento en el consumo de energía conlleva a una mayor contaminación del planeta y al agotamiento de los recursos no renovables, situación que debería preocupar al común de la humanidad (humanidad: yo, tú, él, nosotros y ellos), pero la carencia generalizada de un mínimo en cultura científica dificulta que la sociedad (sociedad: yo, tú, él, nosotros y ellos) puedan comprender la crisis ecológica en que vivimos, crisis que agudizamos con nuestros irregulares comportamientos o falta de cultura en el uso de la energía.

El uso racional y eficiente de la energía (URE) puede considerarse como una estrategia que ha venido calando dentro de la planeación energética que se desarrolla en países como el nuestro. Hay herramientas estructuradas para impactar positivamente diferentes tipos de industria y promover el ahorro y uso eficiente de la energía.

Es importante resaltar que las soluciones o propuestas de mejoramiento no son sólo desde el punto de vista tecnológico, se requiere de una cultura energética que permita que el recurso humano comprenda y se comprometa con el uso de la energía en la industria.

¿Conoce y entiende el histórico del consumo de energía en la factura de servicio que le llega mensualmente al edificio?

Si usted es el gerente o el asesor del gerente, lo mínimo que debería conocer es el comportamiento del consumo energético de su “empresa”. Sólo con un conocimiento, análisis e interpretación de los consumos de energía puede tomar conciencia del ahorro energético que potencialmente podría tener en su empresa, de la economía que podría lograr y de los factores que pueden ocasionar las variaciones del consumo. ¿Algún día ha revisado el recibo de la energía, especialmente la parte donde se reporta el histórico del consumo y ha reflexionado sobre la causa de las variaciones del consumo y del por qué hay incrementos en los kwh consumidos?

¿Sabe cuáles son las áreas, dispositivos y equipos que consumen energía en su empresa?

El gerente conocedor de su empresa debe saber cuáles son las áreas que concentran equipos y dispositivos consumidores de energía. Si se consigue hacer un seguimiento del consumo energético en cada equipo o dispositivo y resultará posible detectar el 20% de los equipos que tienen mayor demanda de energía, ellos

¹ Yamid Alberto Carranza Sánchez. (2018). La cultura del uso de la energía . 2018, de Universidad Tecnológica de Pereira
Sitio web: <http://www.fundacionportafoliocultural.co/148-la-cultura-del-uso-de-laenergia.html>

serán el indicador de mejoramiento para producir el ahorro y uso racional y eficiente de la energía.

Claro, la labor de llevar a cabo este seguimiento energético requiere algo de conocimiento y de dedicación, pero si al menos hay interés en reducir el consumo, disminuir los costos y, de paso, reducir la contaminación, podría emprenderse la tarea con algunos consejos y orientaciones básicas.

¿Cuál es el estado de los equipos y dispositivos que consumen energía en su empresa?

Una acción es el mejoramiento tecnológico de los equipos de la empresa. Por supuesto es de esperarse que, si se cambia una máquina vieja por un modelo moderno, el consumo de energía sea menor.

Un caso muy común es el reemplazo de las lámparas convencionales por lámparas ahorradoras de energía, esto puede llegar a reducir hasta una quinta parte el consumo y facturación, con retornos de inversión que pueden estar en pocos meses, es decir, la lámpara ahorradora se paga con los ahorros de energía y de ahí en adelante el ahorro es ganancia.

Pero no todas las acciones de mejoramiento consisten en reemplazar; algunas simplemente consisten en hacer el mantenimiento de los equipos. Por ejemplo, el aire acondicionado es un consumidor de energía que muy seguramente puede ser mejorado si se le hace un mantenimiento sencillo. La limpieza de su condensador reduce el consumo energético. El condensador es lo que comúnmente se denomina parrilla y es visible en modelos convencionales y en algunos modernos, y suele estar sucio y descuidado. Una simple limpieza puede generar ahorro energético y, por consiguiente, ahorro de dinero.

¿Cuál es el grado de cultura energética de quienes laboran en su empresa?

Las empresas deben o deberían capacitar a los operarios de las máquinas para que estos equipos sean utilizados de una manera eficiente, económica y segura. Una acción de mejoramiento tecnológico como la del reemplazo de la iluminación convencional por iluminación eficiente, no rinde su mejor desempeño si los usuarios de esta iluminación no recuerdan apagar las lámparas cuando no se necesiten. Aquí es donde resulta importante resaltar que la gestión o utilización de la energía tiene implicados aspectos tecnológicos y un cambio en la cultura de quienes operan los dispositivos.

No es fácil adoptar la cultura de ahorro energético, cualquier cambio de cultura requiere voluntad, principios y conocimiento del contexto, pero si se hace un esfuerzo y nos convencemos de los beneficios que conlleva esta transformación cultural, puede conseguirse una reducción del consumo energético, un ahorro en los costos de los servicios lo que representa un mejor uso del presupuesto y una reducción de la contaminación del medio ambiente.

A continuación, unos consejos que pueden resultar útiles al emprender una cultura sobre el uso racional de la energía en la industria.

- a. Reemplace las lámparas convencionales por tecnologías ahorradoras.
- b. Seleccione la potencia de las lámparas de acuerdo con la cantidad de iluminación que el espacio requiera (según estándar ASHRAE 90.1-2010).
- c. Apague las lámparas mientras no los utilicen.
- d. Desconecte o apague equipos ofimáticos, entre otros, cuando no los vaya a utilizar.
- e. Los calentadores de agua son altos consumidores, utilícelos durante un periodo de tiempo razonable.
- f. Si va a comprar equipos ofimáticos, recuerde que lo que se puede ahorrar en costo del equipo, puede

gastárselo rápidamente en consumo energético. De manera que evalúe mejor a la hora de comprar estos equipos, no sólo tome una decisión basado en su valor inicial, considere también el costo energético de su uso.

5.9. NORMALIZACIÓN

La normalización como actividad reguladora, unifica formas y procedimientos y favorece y facilita la transferencia de información tecnológica.

a) Normas.

Es una especificación técnica u otro documento disponible para el público, redactado con la cooperación y el consenso de todos los interesados, basado en los resultados consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia que pretende la promoción de beneficios óptimos para la comunidad y es aprobada por un cuerpo reconocido a nivel nacional, regional o internacional.

Tipos de normas:

- La norma ISO 9001 de sistemas de gestión de la calidad proporciona la infraestructura, procedimientos, procesos y recursos necesarios para ayudar a las organizaciones a controlar y mejorar su rendimiento y conducirles hacia la eficiencia, servicio al cliente y excelencia en el producto.
- La norma ISO 14001 es la norma internacional de sistemas de gestión ambiental (SGA), que ayuda a su organización a identificar, priorizar y gestionar los riesgos ambientales, como parte de sus prácticas habituales.
- La norma ISO 50001 es una norma internacional de sistemas de gestión de la energía (SGEn). Es la primera norma de sistemas de gestión de la energía internacional tras un amplio número de normas nacionales y regionales, como la norma EN 16001. La norma ISO 50001 SGEn se basa en el modelo de sistema de gestión que ya está asimilado e implantado por organizaciones en todo el mundo. El ciclo de mejora de Deming "plan-do-check-act" sustenta la norma, como en el caso de la norma ISO 9001, ISO 14001 y otras normas de sistemas de gestión establecidos.

La organización ISO estima que la norma podría influir hasta en un 60% del consumo mundial de energía.

- **ISO 50002** ha sido diseñado para complementar la norma **ISO 50001**, que se centra en el desarrollo de un sistema de gestión de la energía. Otras normas a tener en cuenta en el futuro incluyen:
 - **ISO 50003** sobre requisitos para los organismos que realizan la auditoría y certificación de sistemas de gestión energética
 - **ISO 50004** Directrices para la implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión energética
 - **ISO 50006** sobre medición del rendimiento energético utilizando las líneas de base de energía (ENB) y los indicadores de rendimiento energético (IEVA)

- **ISO 50015** en la medición y verificación de la eficiencia energética en las organizaciones.
- **ASHRAE 90.1 2010**, fue realizado en conjunto por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado conocida por sus siglas en inglés como ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), la Sociedad de Ingenieros de Iluminación conocida por sus siglas en inglés como IES (Illuminating Engineering Society), y aprobado por el Instituto Nacional de Estándar Americano por sus siglas en inglés ANSI (American National Standard Institute). El documento presenta los requerimientos mínimos de consumo eficiente de energía, asociados al diseño de un edificio. Abarcando diferentes aspectos que repercuten en el funcionamiento de estos durante su ocupación.

El propósito del estándar es establecer los requerimientos mínimos de eficiencia energética de los edificios creando diseño, construcción y un plan de operación y mantenimiento para estos, así como el aprovechamiento de recursos de energía renovable del lugar.

El ASHRAE 90.1 provee de dichos requerimientos y criterios que permiten determinar el cumplimiento de estos, los cuales son aplicables para:

- Nuevos edificios y sus sistemas
- Nuevos segmentos de edificios y sus sistemas
- Nuevos sistemas y equipos en edificios existentes
- Nuevo equipamiento o edificios con sistemas específicamente identificados en el estándar que son parte de los procesos industriales o de manufactura.

5.10. LÍNEA BASE ENERGÉTICA

Es una herramienta clave en la implantación de un sistema de gestión energético bajo la norma ISO 50001, ya que dentro del sistema de gestión de la energía eléctrica es de régimen evidenciar la mejora del desempeño energético.

La mejora del desempeño energético, que se puede considerar como rendimiento energético, debe establecerse de forma cuantificada y objetiva; de tal manera que es necesario disponer de un periodo de referencia de consumo ajustado a las condiciones de uso. Esta relación debe ser tomada como **línea base de referencia**.

La norma de gestión de la energía ISO 50001, se enmarca en un círculo de mejora continua del funcionamiento energético, en donde las actividades de planificación, ejecución, comprobación y evaluación forman parte fundamental en las políticas de eficiencia energética. Por ello, las auditorías de eficiencia energética se han convertido en un elemento imprescindible para determinar lo que se denomina “**Indicadores de Desempeño Energético (IDENs)**” y “**Línea base**”, ya que estos permiten evaluar la evolución energética en el tiempo y la repercusión de los ahorros por las mejoras establecidas en el plan de acción.

¿Qué es la línea base?

Referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación de desempeño energético.

Para su obtención hay que establecer un modelo matemático que proporcione una relación entre el consumo de energía eléctrica y/o combustibles de la organización, y una o varias variables que afecten al mismo.

Establecer una relación entre consumo vs variables que afecten al consumo no es de por sí difícil, pero si necesario que la relación matemática sea lo más ajustada posible a la realidad para que la implantación de la ISO 50001 sea correcta y tenga efecto en la edificación.

La norma ISO 50001 no proporciona información de cómo debe ser ajustada dicha línea, sin embargo, una metodología para su ejecución podría ser:

- a) Establecer como referencia la información de la revisión energética inicial.
- b) Considerar un periodo de tiempo para adquisición de datos de consumo eléctrico.
- c) Identificar las variables independientes que influyen en el comportamiento energético (producción, temperatura, iluminación).
- d) Definir la nueva línea base energética.

Para la elaboración de una línea base se pueden realizar el siguiente proceso:

Paso 1. Datos de facturación energética y de utilización de los laboratorios de edificio.

Para construir una línea base energética se necesitan los datos de consumos de energía eléctrica, los cuales se pueden obtener de equipos auditores energéticas o de facturas.

Paso 2. Definir las variables que puedan afectar el consumo energético.

Detectar qué tipo de variables pueden afectar al perfil de carga del edificio para poder determinar la línea base inicial.

Muchas veces el proceso ofrece pistas de los parámetros que pueden influir en comportamiento energético eléctrico. Por ejemplo:

- En la industria agroalimentaria se requiere de cámaras frigoríficas, aparte de la producción es muy probable que la **temperatura** exterior pueda influir en el consumo eléctrico.
- En la industria cerámica, cuando se usa como parámetro los metros cuadrados de azulejos producidos, es evidente que en el conformado de la producción deberá tenerse en cuenta el **tipo de material**.
- En la industria papelera, el **grosor del papel** fabricado es un parámetro a tener en cuenta en la línea base energética.

Paso 3. Definir el número de líneas de base energética que se van a realizar.

En algunas ocasiones la complejidad de los procesos hace que la correlación entre el consumo energético de un edificio y su uso sea difícil de identificar. La manera de solventar este problema es mediante la elaboración de más de una nueva línea base energética tal como lo establece la norma ISO 50001.

Paso 4. Definir la representación de la línea base energética.

Una de las utilidades de la línea de base energética es predecir el consumo energético de una empresa, de un proceso, de un sistema o de un equipo en función de unas variables significativas.

Consumos vs tiempo.

Es una forma de representar la línea de base: disponemos de unos consumos y de la producción por meses. Se representa el consumo en el intervalo temporal de 1 año:

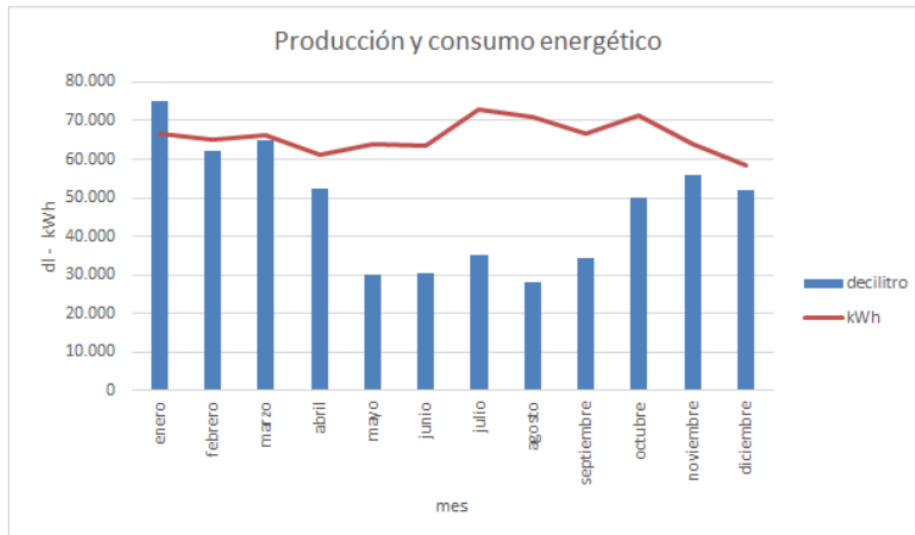


Figura 6. Representación de producción vs consumo.

Esta representación tiene varios inconvenientes:

- No se dispone de la relación entre la energía consumida y la producción, que es básica para la construcción de una línea de base. Podemos ver como mucho alguna tendencia.
- No podemos hacer predicciones, como mucho comparar las producciones con los consumos: a producciones similares, no puede haber desviaciones importantes de consumos, si se producen hemos identificado un problema (si las desviaciones están por arriba) o un ahorro (si las desviaciones están por debajo, y se mantienen en el tiempo).

Concluimos que este tipo de línea de base solo puede servir cuando la producción tiene muy ligeras variaciones. No es un caso habitual en las fábricas.

Consumo vs producción

Es el paso más natural de para obtener una línea de base que permita hacer predicciones de consumo de energía y calcular ahorros en su caso. La representación del consumo en función de la producción de fábrica.

Un primer planteamiento sería utilizar una expresión lineal, cuanto más se produce, más se consume:

$$D = K \times P + C$$

Donde:

D es el consumo energético de la planta en Kwh

P es la producción, medida en Ud

K es una constante de proporcionalidad medida en Kwh /Ud

C es una constante, medida en Kwh

En este caso ya tenemos una formulación matemática de la línea de base energética que además puede aplicarse a más variables:

$$\text{Consumo (Kwh)} = K1 \times \text{Producción(Ud)} + K2 \times \text{Temperatura} + C2$$

(K1 constante medida en Kwh /Ud, K2 constante medida en Kwh /°C y C2 constante medida en Kwh)

Para el cálculo de los coeficientes se puede usar regresión lineal simple o múltiple, utilizando una de las muchas herramientas de software existentes, por ejemplo, Excel.

¿Cuáles son las desventajas de este sistema?

Aunque es razonable pensar que cuanto más se produzca, más energía se va a consumir, muy pocas veces se obtendrá una regresión lineal con el suficiente grado de correlación. Para el caso del ejemplo (las unidades son decilitros), obtendríamos la siguiente representación:

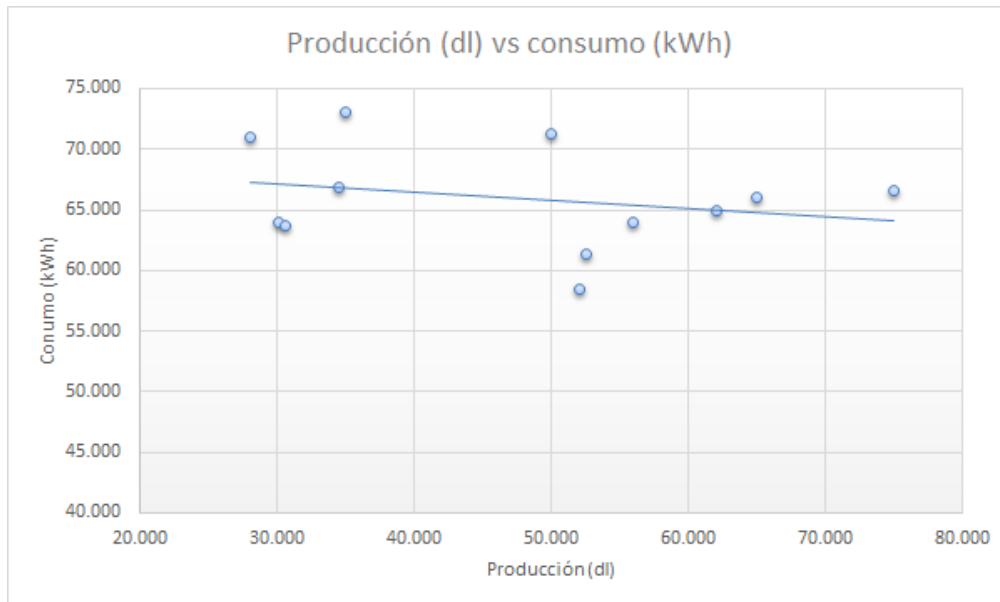


Figura 7. Regresión Lineal

No es posible predecir el consumo de la fábrica para una producción determinada a partir de la nube de puntos que observamos en la gráfica.

Eficiencia vs producción

De la misma manera que intuitivamente es razonable pensar que conforme aumenta la producción, aumenta el consumo energético, la cantidad de energía consumida por unidad producida debe reducirse, al acercarse más al régimen de funcionamiento nominal de la fábrica.

Si dividimos la ecuación del apartado anterior ($D = K \times P + C$) por la producción (P), obtenemos la ecuación:

$$D/P = k + C/P$$

La relación D/P es una medida de la eficiencia energética (kwh/Ud). Se ve directamente que el consumo unitario desciende con la producción. Tendríamos una gráfica similar a esta:

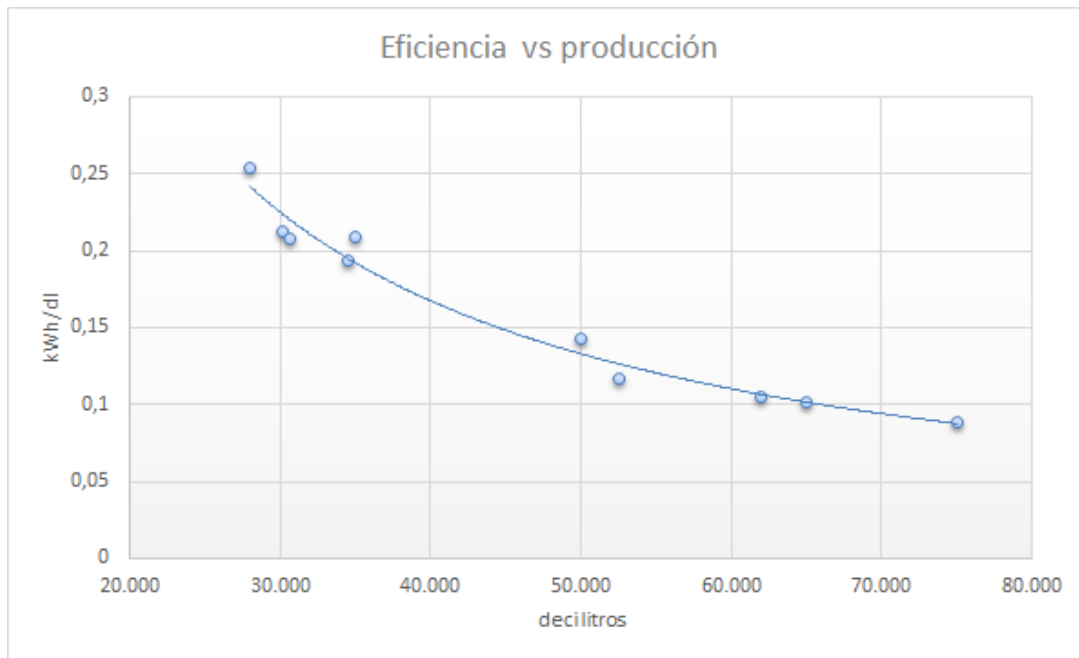


Figura 8. Regresión potencial.

Esta gráfica permite hacer predicciones de consumos energéticos y por lo tanto servir de referencia para el cálculo de ahorros derivados de actuaciones encaminadas a aumentar la eficiencia energética de la fábrica.

¿Es todo tan fácil como parece?

Las tres gráficas anteriores se han realizado utilizando un conjunto de 24 datos de enero a diciembre: consumos de energía y producción. Aunque son simulados se basan en datos reales. Es posible un ajuste preciso como el que muestra la tercera de las gráficas. Pero no siempre las nubes de puntos tienen "tan buen aspecto".

En numerosas ocasiones hace falta un análisis detenido de los datos y del proceso, así como tener en cuenta otras posibles variables que pueden influir en el consumo (por ejemplo, temperaturas, muy relevantes en instalaciones con deficiencias en el aislamiento).

La objeción más habitual que presentan los gerentes o responsables de fábrica con respecto a la precisión de la línea de base es que la producción es tan variada que no es posible correlacionar de forma veraz el consumo específico (kwh/ud) con la producción. Sin embargo, así sucede en multitud de ocasiones en que se nos ha presentado el problema.

Cuando no es posible la correlación, se pueden añadir más variables independientes para obtener el modelo más adecuado de consumo del sistema productivo.

Paso 5. Obtener la ecuación de la línea de base

El objetivo de la línea de base energética es obtener una herramienta para el cálculo esperado del consumo eléctrico en unas determinadas condiciones de la fábrica y observar por comparación si se ha mejorado o no.

En el apartado anterior hemos hablado de representación de una línea de base, proporcionando una serie de

ecuaciones teóricas. Ahora bien, si tenemos 12 datos (12 meses) de facturas de energía eléctrica (supongamos por simplificar que no tenemos consumos térmicos), junto con otros 12 datos de producción. ¿cómo construimos o dibujamos nuestra línea de base?

Podemos disponer los datos en una gráfica mediante Excel.

Podemos utilizar un ajuste por regresión lineal de Excel, a partir de los datos de consumo energético frente a la producción. Lo vemos en la segunda figura. Se ve claramente que el coeficiente de correlación es muy bajo.

Finalmente podemos utilizar un ajuste potencial en Excel, representando la eficiencia en función de la producción. Se puede ver en la tercera figura. Los ajustes pueden ser multivariantes.

La norma ISO50001 no dice expresamente cómo debe ser la línea de base energética. Hay que identificar la línea de base que represente de la mejor forma posible el comportamiento energético del proceso de producción.

Una correcta elaboración de la línea de base permite:

- Basar los contratos de servicios energéticos en la línea de base
- Prever el consumo energético de una fábrica
- Detectar problemas en el funcionamiento de forma inmediata (cuando se asocian datos numéricos con producción)
- Sirve de base a un sistema de gestión energética
- Establecer objetivos de ahorro

Para la definición de una línea de base es imprescindible el estudio de los datos recogidos y del proceso productivo. Resulta mucho más precisa si existen datos almacenados de distintos períodos de tiempo (por ejemplo, semanas) tanto para consumo eléctrico como para producción.

Cuando los períodos considerados se reducen y los datos aumentan, puede resultar necesario un análisis más exhaustivo. Un resultado posible de este análisis es prescindir de intervalos tan cortos, al no obtener resultados concluyentes.

En resumen, siempre es posible la obtención de una línea de base con el análisis adecuado de los datos. Siempre es recomendable, por otra parte, el disponer de equipos de medición y registro de datos (analizadores de redes, contadores de combustible o energía) en los lugares más relevantes de consumo de las fábricas. Esto nos permitirá por una parte hacer los ajustes necesarios en la línea de base y verificar con más precisión los ahorros producidos como consecuencia de la puesta en marcha de medidas de eficiencia energética.

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La elección del método de investigación es crucial para las conclusiones que se pueden discernir sobre un fenómeno. Afecta lo que se pueda decir sobre la causa y los factores que influyen en el comportamiento del objeto de estudio.

También es importante elegir un método de investigación que se encuentre dentro de los límites de lo que el investigador puede hacer: tiempo, dinero, viabilidad, ética y disponibilidad para medir el fenómeno.

La metodología a aplicar en esta investigación será la de seleccionar un edificio del campus de ITCA-FEPADE que nos permita realizar las mediciones relacionadas con el uso de la energía y que a la vez represente diferentes tipos de consumos tales como iluminación, climatización, equipos informáticos entre otros.

El estudio tomará en cuenta equipos como subestación, tableros eléctricos, luminarias, computadoras, UPS, conmutadores de redes (switches), equipo de oficina y acondicionadores de aire.

Se procederá a la selección de los dispositivos para la medición de parámetros eléctricos asociados al consumo energético, realizando mediciones, toma de historiales de resultados, determinación de la Línea Base Energética inicial, análisis de las mediciones obtenidas, definición de la nueva línea base de energía y finalmente propuesta de protocolo para realizar auditorías energéticas.

El procedimiento a seguir es el siguiente:

- i. Seleccionar edificio sujeto de estudio.
- ii. Identificar áreas, equipos y dispositivos a ser sometidos al análisis.
- iii. Determinar los días y horas para realizar mediciones, incluyendo períodos de la adquisición de datos.
- iv. Definir los equipos de trabajo que ejecutarán las mediciones de campo.
- v. Instalar equipos de medición.
- vi. Tabular la información recopilada.
- vii. Graficar los datos tabulados.
- viii. Analizar los resultados obtenidos de las mediciones; si los resultados no son congruentes con lo esperado se procederá a repetir las mediciones.
- ix. Determinación de la línea base de energía inicial ($LBN_{inicial}$).
- x. Elaboración de propuesta de protocolo modelo.

7. RESULTADOS

7.1. TOMA DE DATOS MEDIDOS EN EQUIPOS INSTALADOS EN EL EDIFICIO A AUDITAR

Dentro del inmueble se encuentran diferentes tipos de equipos que demandan energía eléctrica como son: Aires acondicionados, computadoras, fotocopiadoras, equipos audiovisuales, conmutadores de datos y luminarias.

Para estimar su consumo es necesario realizar un inventario de la cantidad de equipos y proceder a medir la potencia de cada uno de ellos, ver tabla 7.1

Equipos de medición utilizados:

- Medidor portátil de energía marca **KILL A WATTS**, modelo **P4400**
- Medidor analizador de redes marca **CIRCUTOR**, Modelo **C-80**

Tabla 1. Inventario de cargas instaladas al edificio F.

No.	TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA Kw	POTENCIA TOTAL Kw
1.	Aires acondicionados 3 ton, monofásico	6	4.50	27.00
2.	Aires acondicionados 5 ton, trifásico	8	3.50	28.00
3.	Aires acondicionados 5 ton, monofásico	6	3.72	22.32
4.	Computadoras	278	0.075	20.85
5.	Fotocopiadora	1	0.5	0.50
6.	Equipos audiovisuales	10	0.25	2.50
7.	Luminarias de 2 x 32 w	51	0.058	2.96
8.	Luminarias de 3 x 32 w	31	0.086	2.67
9.	Luminarias de 4 x 32 w	58	0.112	6.50
10.	Conmutadores de red (switch)	16	0.026	0.42
		POTENCIA TOTAL		113.72 Kw
Nota: La capacidad instalada de las subestaciones que alimentan al edificio F es de 180 Kw, con un factor de potencia de 0.7				

La tabla 7.1 permite visualizar la diversidad de equipos conectados en el edificio F; esto facilita calcular la demanda máxima a la que puede ser sometida la subestación cuando todas las cargas estén en operación. También de los datos ingresados en la tabla 7.1 se verifica que la potencia total demandada es menor a la capacidad de la subestación.

7.2. PERFIL DE DEMANDA DEL EDIFICIO CONSIDERANDO EL TIEMPO DE OPERACIÓN.

Para determinar el consumo total de la instalación, se necesita de un analizador de redes o equipo auditor energético eléctrico en el circuito que suministra la energía al edificio para obtener las curvas de carga de la instalación de una semana completa.

a) Consumo en iluminación interior del edificio

En el inmueble se mantienen encendidas las luminarias dependiendo del horario de actividades; con los datos obtenidos de las mediciones se calculó el consumo o demanda en energía eléctrica; y luego se procedió a elaborar la línea base correspondiente a iluminación. Es de aclarar, que la tabla 7.2 representa el comportamiento de actividades académicas según horarios proporcionados por los encargados del edificio.

Tabla 2. Perfil de carga en sistema de iluminación al edificio F.

Día: lunes																								
HOR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	94	98	100	100	98	98	94	52	52	52	52	52	39	0	0	0	0
CONSUMO: 27 KWH					MAX: 100%					MIN: 39%														
Día: martes																								
HORA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	94	98	100	100	98	98	94	52	52	52	52	52	39	0	0	0	0
CONSUMO: 27 KWH					MAX: 100%					MIN: 39%														
Día: miércoles																								
HORA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	98	98	100	100	98	98	55	55	55	55	55	55	41	0	0	0	0
CONSUMO: 25 KWH					MAX: 100%					MIN: 41%														

Día: jueves																								
HORA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	93	98	100	100	98	98	55	55	55	55	55	55	41	0	0	0	0
CONSUMO: 25 KWH					MAX: 100%				MIN: 41%															
Día: viernes																								
HORA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	94	100	100	100	100	100	67	67	67	67	67	67	50	0	0	0	0
CONSUMO: 20 KWH					MAX: 100%				MIN: 50%															
Día: sábado																								
HORA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	0	82	83	83	82	91	83	83	83	83	7	7	0	0	0	0	0
CONSUMO: 43 KWH					MAX: 91%				MIN: 7%															
Día: domingo																								
HORA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	56	56	56	56	19	19	0	0	0	0	0
CONSUMO: 17 KWH					MAX: 100%				MIN: 19%															

b) Consumo de los equipos ofimáticos

Al igual que el sistema de iluminación, los equipos ofimáticos tienen un régimen de operación similar, se encienden cuando se encuentran en actividades académicas en los centros de cómputo.

Tabla 3. Perfil de carga de equipos ofimáticos del edificio F.

Día: lunes																									
H	O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																									
%	0	0	0	0	0	0	0	0	72	100	100	100	100	100	72	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0
CONSUMO: 36 KWH				MAX: 100%				MIN: 14%																	
Día: martes																									
H	O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																									
%	0	0	0	0	0	0	0	0	72	100	100	100	100	100	72	14	14	14	14	14	14	0	0	0	0
CONSUMO: 36 KWH				MAX: 100%				MIN: 14%																	
Día: miércoles																									
H	O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																									
%	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	15	15	15	15	15	15	15	0	0	0	0
CONSUMO: 35 KWH				MAX: 100%				MIN: 15%																	

Día: jueves																								
HO RA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	70	100	100	100	100	100	16	16	16	16	16	16	16	0	0	0	0
CONSUMO: 33 KWH					MAX: 100%				MIN: 16%															
Día: viernes																								
HO RA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	72	100	100	100	100	100	13	13	13	13	13	13	0	0	0	0	0
CONSUMO: 36 KWH					MAX: 100%				MIN: 13%															
Día: sábado																								
HO RA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	0	94	94	94	94	96	91	91	91	91	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO: 106 KWH					MAX: 96%				MIN: 91%															
Día: domingo																								
HO RA	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
%	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	55	55	55	55	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO: 50 KWH					MAX: 100%				MIN: 55%															

c) Consumo de los equipos de aire acondicionado.

Tabla 4. Perfil de carga del sistema de climatización del edificio F.

Día: lunes																									
H	O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																									
%	0	0	0	0	0	0	0	0	71	100	100	100	100	100	71	46	46	46	27	27	27	0	0	0	0
CONSUMO: 62 KWH					MAX: 100 %					MIN: 27 %															
Día: martes																									
H	O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																									
%	0	0	0	0	0	0	0	0	71	100	100	100	100	100	71	46	46	46	27	27	27	0	0	0	0
CONSUMO: 62 KWH					MAX: 100 %					MIN: 27 %															
Día: miércoles																									
H	O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																									
%	0	0	0	0	0	0	0	0	82	100	100	100	100	100	29	47	47	47	29	29	29	0	0	0	0
CONSUMO: 58 KWH					MAX: 100 %					MIN: 29 %															

Día: jueves																								
H																								
O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																								
%	0	0	0	0	0	0	0	70	100	100	100	100	100	30	48	48	48	30	30	30	0	0	0	0
CONSUMO: 57 KWH						MAX: 100 %				MIN: 30 %														
Día: viernes																								
H																								
O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																								
%	0	0	0	0	0	0	0	86	100	100	100	100	100	36	36	36	36	36	36	36	0	0	0	0
CONSUMO: 47 KWH						MAX: 100 %				MIN: 36 %														
Día: sábado																								
H																								
O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																								
%	0	0	0	0	0	0	0	0	89	89	89	89	95	88	88	88	88	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO: 107 KWH						MAX: 95 %				MIN: 88 %														
Día: domingo																								
H																								
O	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
RA																								
%	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	55	55	55	55	0	0	0	0	0	0	0
CONSUMO: 43 KWH						MAX: 100 %				MIN: 55 %														

d) Comparación de los tres tipos de cargas eléctricas.

Tabla 5. Comparativo entre los tres tipos de carga del edificio F.

TIPO DE CARGAS	ENERGÍA CONSUMIDA													
	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOM.	
	KWH	%	KWH	%	KWH	%	KWH	%	KWH	%	KWH	%	KWH	%
Iluminación	27	21	27	21	25	21	25	22	20	19	43	17	17	16
Equipo ofimático	36	29	36	29	35	30	33	29	36	35	106	41	50	45
Aire acondicionado	62	50	62	50	58	49	57	49	47	46	107	42	43	39
	125	100%	125	100%	118	100%	115	100%	103	100%	256	100%	110	100%

En la tabla 5 se observa que la mayor cantidad de energía es demandada por las unidades de climatización seguida por la demanda de las computadoras de los centros de cómputo; muy cercano está el consumo por iluminación.

7.3. TOMA DE MEDICIONES DE LAS VARIABLES TÉRMICAS

Un termograma permite medir y detectar niveles de temperatura a objetos, para el caso del área de instalaciones eléctricas se utiliza para determinar la temperatura de cables, accesorios, tableros eléctricos, transformadores, estructuras, equipos y otros.

Para establecer si un objeto eléctrico está fuera de su rango normal de temperatura se utiliza la norma IEC-60898, la cual se resume en la siguiente tabla:

In	Ambient temperature (°C)									
(A)	-25	-10	0	10	20	30	40	50	60	70
0.5	0.64	0.6	0.57	0.55	0.52	0.5	0.47	0.45	0.42	0.40
0.8	1.02	0.96	0.92	0.88	0.84	0.8	0.76	0.72	0.69	0.66
1	1.25	1.17	1.1	1.07	1.03	1	0.97	0.93	0.90	0.87
2	2.5	2.34	2.21	2.14	2.06	2	1.94	1.86	1.80	1.74
3	3.75	3.5	3.36	3.24	3.12	3	2.88	2.76	2.64	2.52
4	5	4.7	4.44	4.28	4.12	4	3.88	3.72	3.6	3.48
6	7.5	7	6.6	6.4	6.18	6	5.8	5.6	5.4	5.2
8	10.2	9.6	9.2	8.8	8.4	8	7.6	7.2	6.9	6.6
10	12.2	11.5	11.1	10.7	10.3	10	9.7	9.3	9	8.7
13	16.3	15	14.3	13.9	13.4	13	12.6	12.1	11.7	11.3
16	19.7	18.7	18	17.3	16.6	16	15.4	14.7	14.1	13.5
20	24.6	23.2	22.4	21.6	20.8	20	19.2	18.4	17.6	16.8
25	31.2	29.5	28.3	27.2	26	25	24	22.7	21.7	20.7
32	40	37.8	36.5	34.9	33.3	32	30.7	29.1	27.8	26.5
40	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32
50	62.5	60	57.5	55	52.5	50	47.5	45	42.5	40
63	78.1	75.6	72.5	69.9	66.1	63	59.8	56.1	52.9	50.4
80	102	96	92	88	84	80	76	72	69	66
100	124	118	114	110	105	100	95	90	86	82
125	155	147	141	137	131	125	119	113	108	103

Según dicha norma, a una temperatura de 30°C los circuitos manejan el 100% de su capacidad en corriente, y para que disminuyan su capacidad de corriente en aproximadamente un 10%, la temperatura de los contactos debe ser superior a 50°C.

El único punto encontrado con esta condición es el tablero del cómputo F-206, ubicado en el pasillo del segundo nivel, en donde se alimenta al aire acondicionado instalado en el cómputo F-206.

A pesar de las imágenes tomadas, siempre aparecen zonas rojas o blancas de alta temperatura, esto no necesariamente indica una temperatura realmente elevada, ya que los colores son relativos a la escala presente en la imagen, pues la cámara se auto calibra en cada escena, pudiendo aparecer como punto caliente un objeto que esté a 28°C, cuando el resto de objetos en la imagen están a menor temperatura.

A continuación, se lista un resumen de las tomas realizadas con la cámara termográfica.

Equipo utilizado: Cámara termográfica

Marca: Flir **Modelo:** C2

Lugar: Pasillo frente a cómputo F-106. Fecha: 4/Oct/18, Hora: 2:28 pm

Condiciones: Puerta de centro de cómputo abierta, y A/C encendido

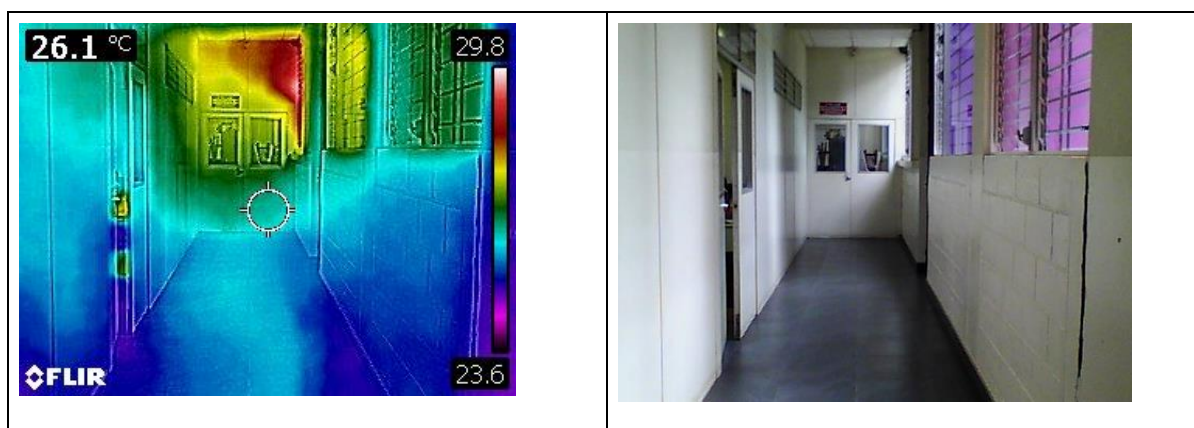


Figura 9. Termograma Edificio F

Se observa un margen de temperatura considerablemente grande (6°C) para un volumen relativamente pequeño. La temperatura alta corresponde a una pared calentada por los rayos solares de la tarde, las temperaturas menores corresponden al volumen de aire que sale del cómputo donde se encuentra funcionando el aparato de aire acondicionado. Puede notarse la necesidad de hacer un cambio cultural haciendo énfasis en acciones como cerrar la puerta si el equipo de aire acondicionado está encendido.

Lugar: F-206 Fecha: 4/Oct/18, Hora: 2:33 pm

Condiciones: A/A encendido, debe atravesar una malla metálica para que el aire frío llegue a la zona de los estudiantes.

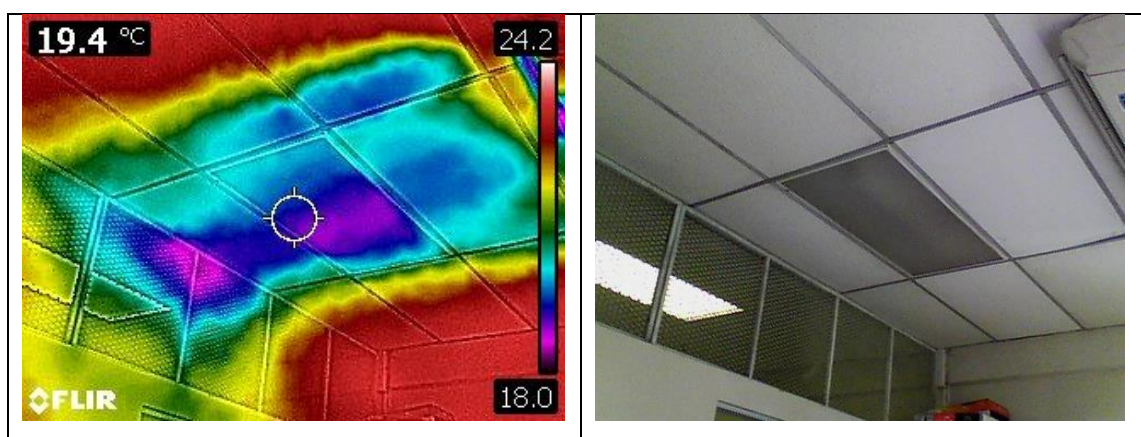


Figura 10. Termograma lámpara fluorescente,

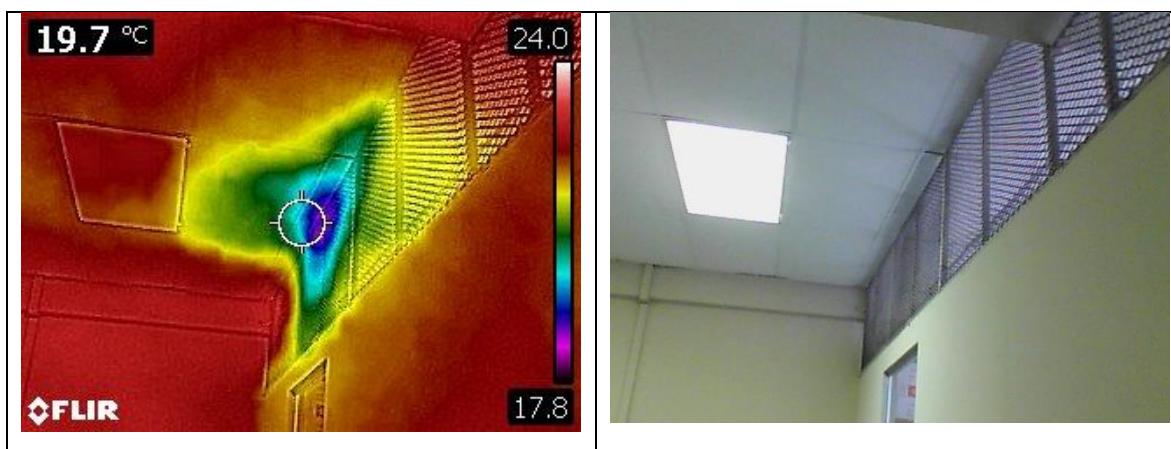


Figura 11. Termograma rejilla de aire acondicionado

En las imágenes anteriores se puede observar que el montaje de la unidad evaporadora ha sido en un lugar inadecuado pues el aire frío que sale de él tiene una pared como obstáculo y por tanto el enfriamiento del centro de cómputo es ineficiente.

Lugar: F-306

Fecha: 4/Oct/18,

Hora: 2:39 pm

Condiciones: A/A encendido

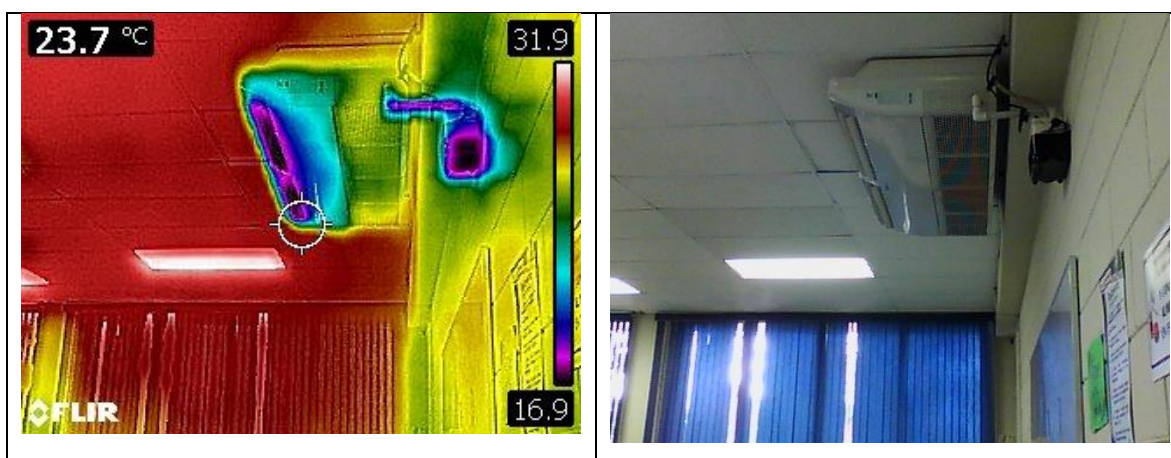


Figura 12. Termograma y original

En estas imágenes no se observa ninguna anomalía, todo está en orden. Por ser el último piso del edificio, el cielo falso exhibe una temperatura más elevada.

Lugar: F-306

Fecha: 4/Oct/18,

Hora: 2:40 pm

Condiciones: A/A encendido, computadoras encendidas

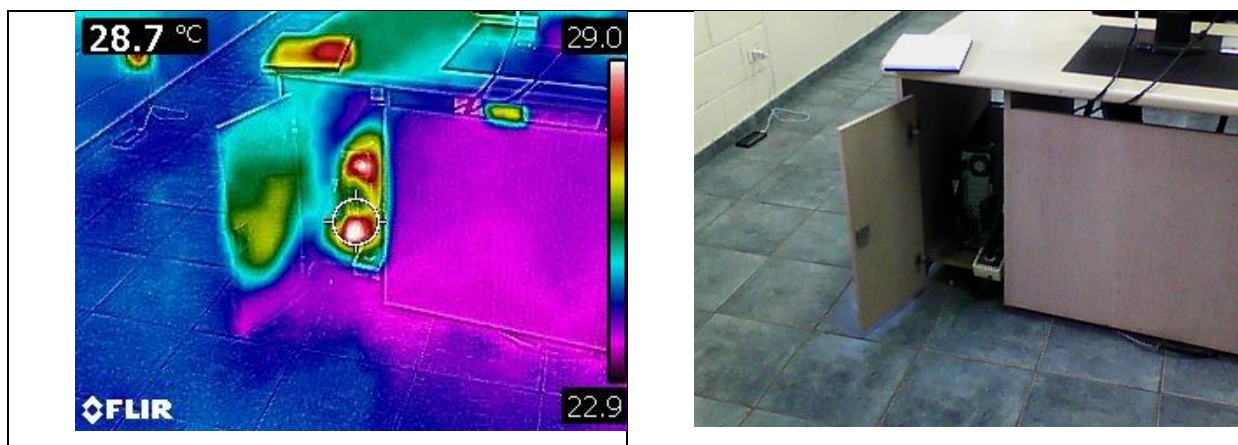


Figura 13. Computadora

Fecha: 4/Oct/18, Hora: 2:52 pm

Condiciones: A/C encendido

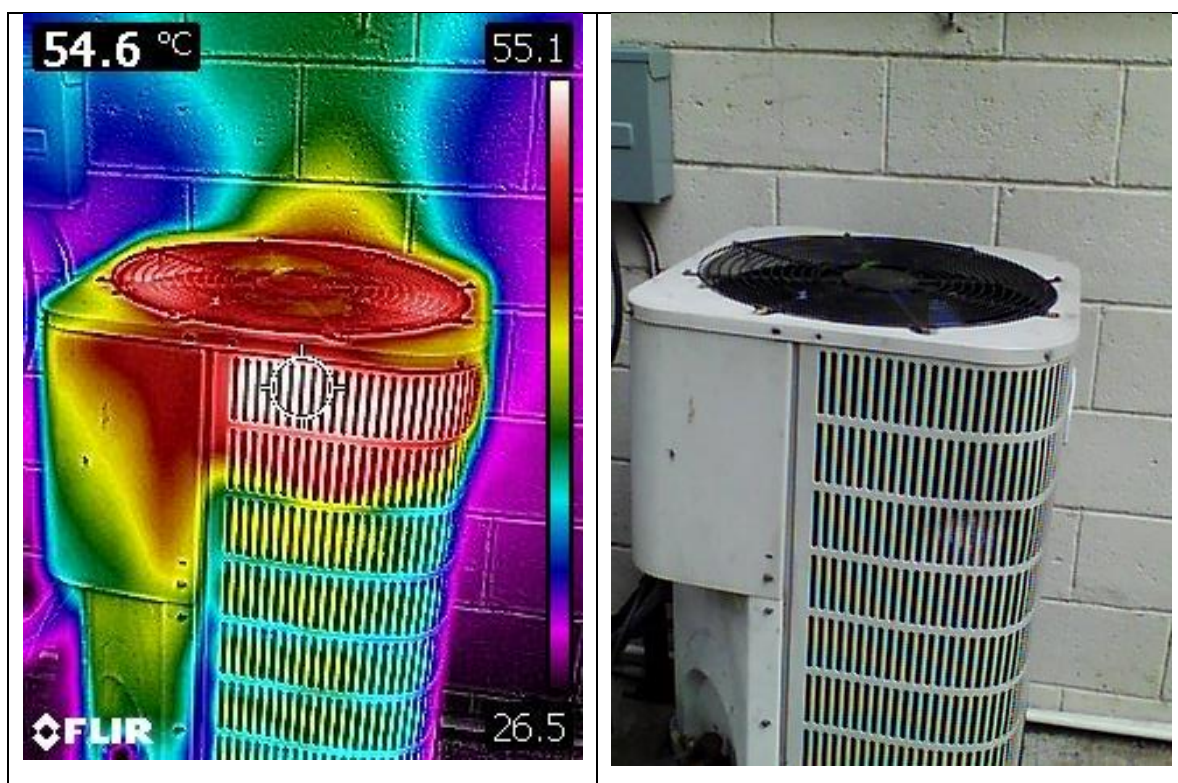


Figura 14. Aire Acondicionado

Aparato de aire acondicionado en funcionamiento, el condensador refleja una temperatura de: 54.6°C, esto es normal porque es el calor que extrae del local enfriado.

Lugar: Fachada norte de edificio F, transformador seco

Fecha: 5/Oct/18, Hora: 2:21 pm, Temperatura medida: 42°C

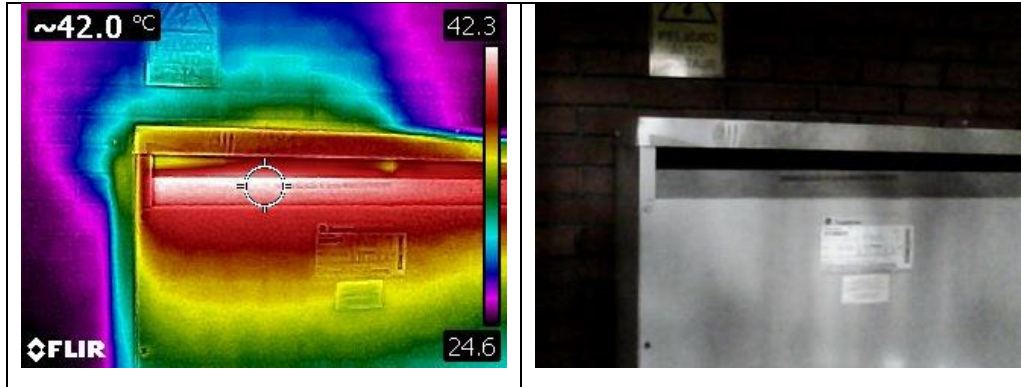


Figura 15. Transformador seco.

El Transformador permanece en operación continua. Sus condiciones térmicas se encuentran dentro de los límites esperados.

Lugar: Tableros contiguos a Salón Óleo,

Fecha: 5/Oct/18, Hora: 2:24 pm

Temperatura medida, tablero central: 36.4°C

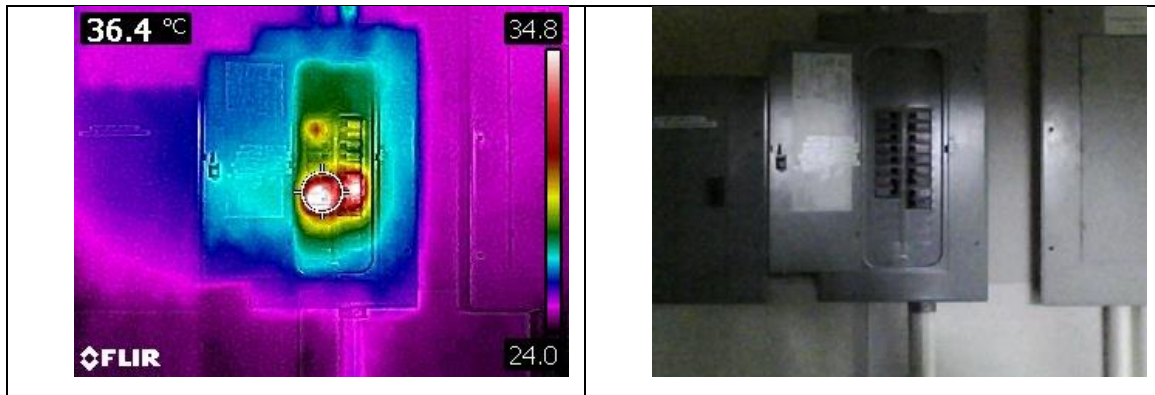


Figura 16. Sub Tablero

A pesar de la diferencia de temperatura notable en la imagen, el tablero se encuentra dentro de los márgenes de operación

Lugar: F-206, Tableros 2° nivel

Fecha: 5/Oct/18, Hora: 2:28 pm

Temperatura medida: 34.7°C

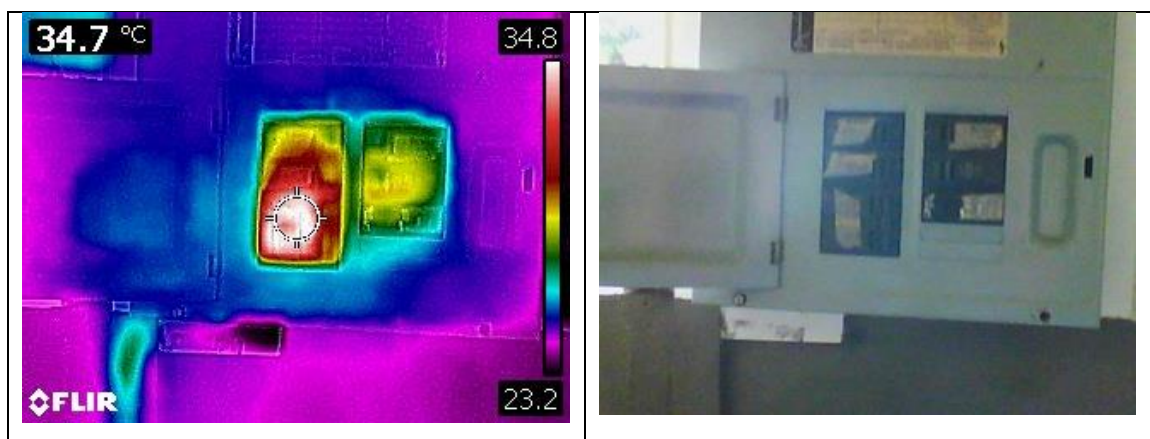


Figura 17. Exceso de temperatura debido a equipo de A/C instalado en F-206

A pesar de lo llamativo de la imagen, el tablero se encuentra en condiciones normales, a solo un grado de temperatura más alta que en las imágenes del tablero anterior. En este caso se puede concluir que la temperatura ambiente está un poco más elevada, producto que es la última planta del edificio y sobre ésta ya no existe un plafón que disminuya la radiación solar.

Lugar: Pasillo 3° nivel, ala oriente

Fecha: 5/Oct/18, Hora: 2:35 pm

Temperatura medida: 27.0°C

Condiciones: Centro de cómputo F-302 en uso, con A/C encendido y puerta totalmente abierta

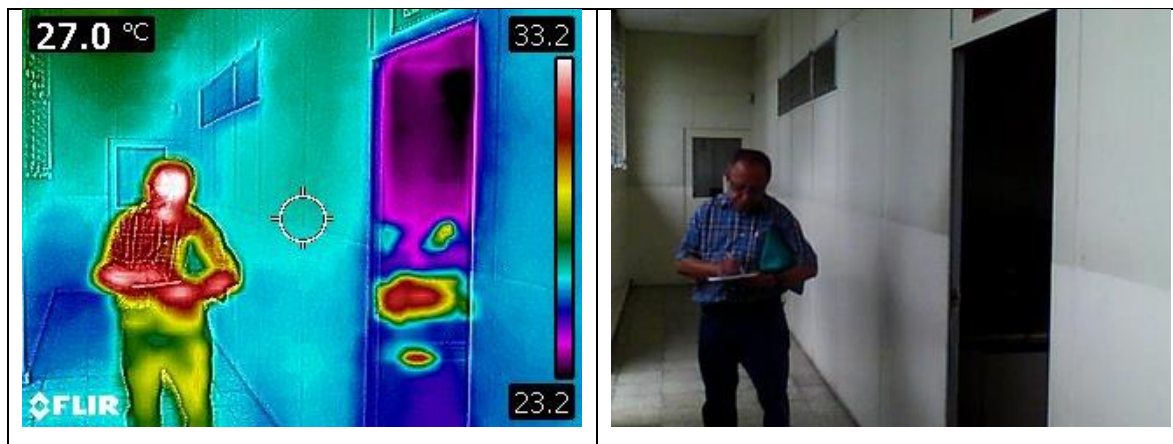


Figura 18. Termograma del pasillo

Lugar: Pasillo 3° nivel, ala oriente

Fecha: 5/Oct/18, Hora: 2:36 pm

Temperatura medida: 25.6°C



Figura 19. Piso

Se hace evidente la necesidad de trabajar en una campaña de concientización sobre el uso responsable y eficiente de los equipos de aire acondicionado.

Se observa el cambio de temperaturas en el suelo, producto de la temperatura lograda al interior del cómputo gracias al aire acondicionado en funcionamiento y la temperatura del ambiente en el pasillo.

7.4. ELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN

La elección de las mediciones científicas también son esenciales para obtener la conclusión certera. Algunas mediciones pueden no reflejar el mundo real porque no miden el fenómeno como deberían hacerlo.

Este proyecto se desarrolló realizando mediciones de campo en:

- a. Subestación N° 6 que recibe a 23 Kv y alimenta al edificio F con un nivel de tensión de 480 v.
- b. Subestación en baja tensión, ubicada en edif. F, que recibe a 480v y suministra 120-208 v.
- c. Tablero principal a 480v trifásico, este controla la subestación de baja tensión.
- d. Tablero principal a 120/208 v trifásico, éste distribuye la energía a cada planta del edificio.
- e. Subtableros a 120/208v monofásicos y trifásicos, localizados en cada nivel del edificio.
- f. Unidades de climatización; se realizarán mediciones en aires acondicionados para comparar lo indicado por el fabricante y así determinar la eficiencia de los mismos.

7.4. EQUIPO DE MEDICIÓN

Se utilizó de equipo de medición especializado para este tipo de trabajo y se solicitó ayuda a la gerencia de mantenimiento para ingresar a las subestaciones y áreas de acceso restringido.

Entre los equipos utilizados están:

EQUIPO	MARCA	MODELO	PARÁMETROS
Analizador de redes	CIRCUTOR	C-80	Potencia, voltaje, corriente
Analizador de redes	SHARK	100	Potencia, energía
Analizador	KILL A WATTS	P-4400	Potencia
Medidos de energía	ACCUENERGY	2000	Energía
Cámara termográfica	FLIR	C2	Temperatura

7.5. DETERMINACIÓN DE LA LÍNEA BASE ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN ESTUDIO.

Se determinó la línea base energética del edificio F en función de las variables:

- a) Consumo de energía global (Kwh)
- b) Utilización de laboratorio según horarios (Horas)

Se realizaron los siguientes pasos:

- a) **Captura de datos de consumo energético para las cargas eléctricas.** Esta se ejecutó en periodos semanales divididos en días y horas; debido a lo irregular en el comportamiento del consumo se eligieron los datos de la semana que tuvo más demanda en el mes de enero de 2019 según lo demuestran las tablas 7.2, 7.3, 7.4 (pág. 29); en éstas se consideró el consumo debido a los aires acondicionados, centros de cómputo e iluminación. Se tomaron por separado para comparar e identificar áreas de oportunidad de ahorro energético.

Se definió una estrategia de obtención de datos para sustentar la propuesta de eficiencia energética, realizando mediciones con equipo auditor energético el cual tiene la capacidad de registrar y graficar los datos a través de una plataforma web.

- b) **Selección de las variables involucradas en comportamiento del perfil de carga del edificio para cuantificar el uso de la energía.**
 - i. **Consumo:** Representado por los aires acondicionados, computadores y lámparas (Kwh).
 - ii. **Tiempo:** Representado por los horarios de prácticas de laboratorio (H).

c) **Se definió solo una línea base energética. El comportamiento energético del edificio** siempre está definido por el mismo tipo de cargas eléctricas: computadoras, aires acondicionados e iluminación. Este solo cambia en función de los periodos académicos: ciclos e interciclo; si consideramos el período de interciclo de enero observamos que la demanda eléctrica no es constante porque los horarios para cada día cambian.

d) **Definición de línea base inicial.**

De lo anterior se deduce que el edificio F presenta dos tipos de comportamiento en cuanto a su demanda de energía: uno en periodos de ciclo y otro en interciclo; con este patrón energético es necesario someter el edificio a mediciones en periodos de horas, días y semanas. Con los datos adquiridos se determina la línea base energética inicial.

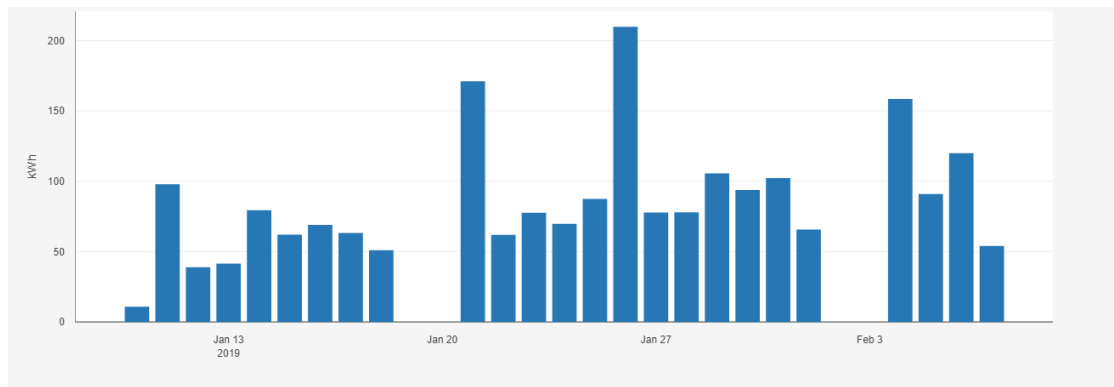


Figura 20. Gráfica de energía demanda en el mes de enero de 2019.

Como se observa en la gráfica, la demanda presenta un consumo de la situación actual irregular; esto es debido a la variación de los horarios de utilización de los laboratorios de cómputo.

e) **Obtención de línea base energética.**

De acuerdo a los resultados capturados por el equipo auditor energético se determinó que la línea base para una semana dio el siguiente valor:

$$E_{semanal\ Edificio\ F} = E_{A/A} + E_{luminarias} + E_{PC}$$

$E_{semanal\ Edificio\ F} = 958\ Kwh$	Consumo global semanal del edificio F correspondiente al mes de enero.
$E_{A/A} = 436\ Kwh$	Tabla 7.4
$E_{luminarias} = 157\ Kwh$	Tabla 7.2
$E_{PC} = 365\ Kwh$	Tabla 7.3

El consumo global obtenido no es constante, dependerá de la utilización de los laboratorios de computo. Una buena práctica es considerar la medición más alta obtenida para periodos de tiempo igual y adoptar este valor como la línea base energética inicial.

7.5. PROTOCOLO PARA REALIZAR UNA AUDITORIA ENERGÉTICA A UN EDIFICIO

El proceso consiste en la elaboración de un estudio energético a edificios del campus de ITCA-FEPADE sede central, Santa Tecla; Para ello se desarrolló una auditoria energética eléctrica.

La auditoría energética se puede definir como un estudio sistemático mediante el cual se obtiene el estado energético inicial de la instalación a auditar, detectando los factores que afectan el perfil de carga; identificando y evaluando los potenciales de ahorro de energía.

El procedimiento es el siguiente:

- a) Conocer la situación energética actual, evaluando el funcionamiento de los equipos e instalaciones según horario de operación.
- b) Inventariar equipos e instalaciones existentes.
- c) Realizar mediciones y registros de parámetros eléctricos, térmicos y de confort (iluminación y climatización).
- d) Proponer medidas de mejora y realizar su evaluación técnica.

Los pasos para el estudio energético:

- a) **Pre diagnóstico:** Se evalúa el estado general de las instalaciones mediante inspección técnica “**benchmarking**”, detectando cuales son los posibles causantes del alto consumo energético.
- b) **Diagnóstico:** Se realiza el análisis de los sistemas e instalaciones con mayor detalle que un pre diagnóstico, se incorpora la realización de mediciones con instrumentos especializados, proponiendo medidas de mejora y cuantificándolas en base al ahorro energético.
- c) **Auditoria Energética:** Se realiza un estudio completo de todas las instalaciones y sistemas consumidores de energía del edificio, un inventario completo del sistema, analizando el uso, régimen de funcionamiento y condiciones de operación de los equipos, se implementa instrumentación térmica y eléctrica para las tomas de mediciones y los cálculos de ahorro energético.

El proceso de auditoría se facilitó utilizando el flujograma de pasos siguiente:

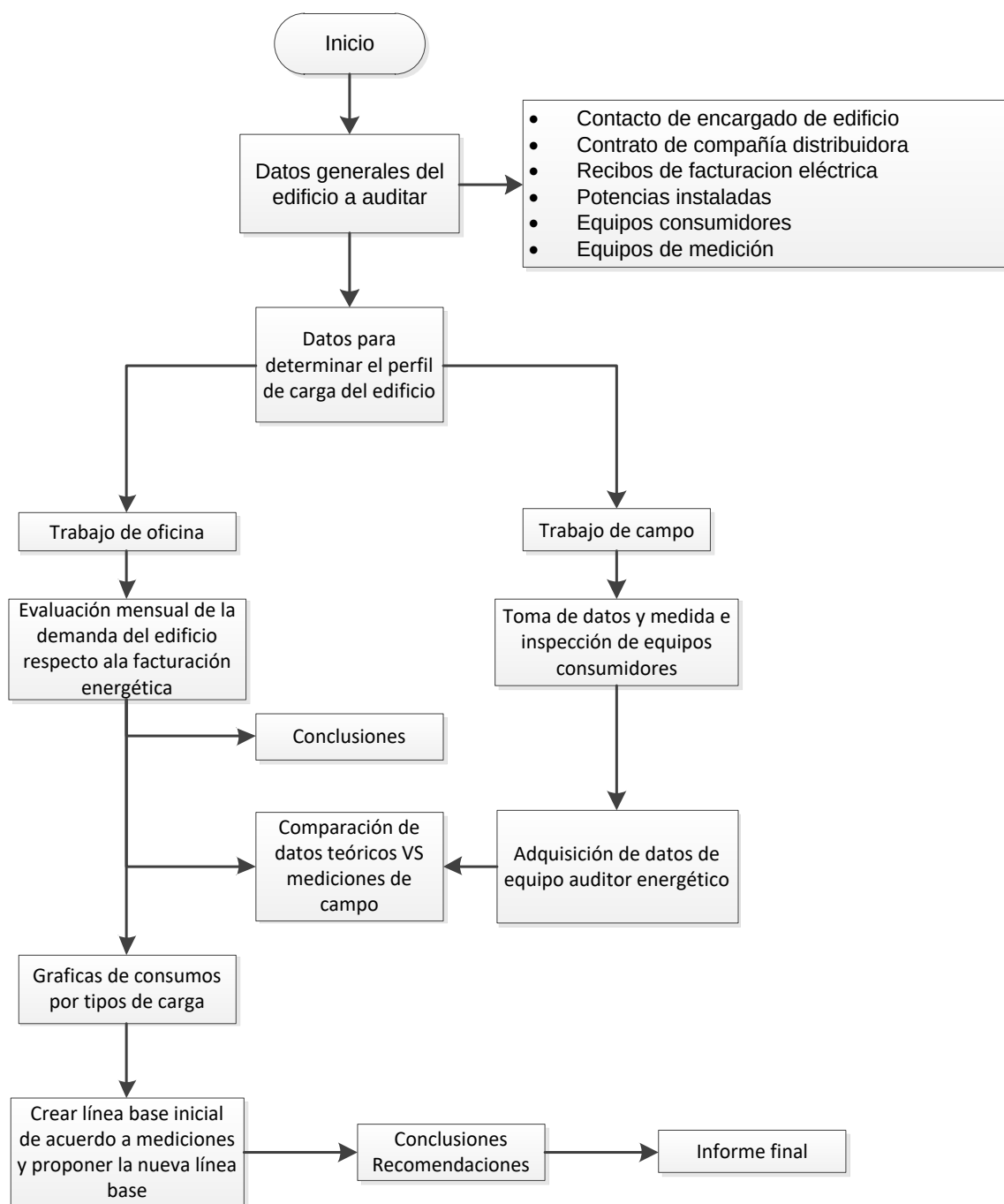


Figura 21. Flujograma de auditorías

A partir de la experiencia adquirida durante el proceso de la auditoría al edificio F se elaboró el siguiente documento:

FICHA PARA EVALUACIÓN DE CONSUMOS ELÉCTRICOS EN EDIFICIOS

1. DATOS GENERALES DEL EDIFICIO

1.1. Identificación y ubicación

Nombre del edificio

a) Regional

b) Uso

1.2. Persona de contacto

a) Nombre

b) Cargo

c) Teléfono

d) Correo electrónico

1.3. Régimen de funcionamiento

a) Capacidad máxima del edificio

personas.

b) Descripción de las tareas en el edificio

TAREA	DESCRIPCIÓN

c) Horarios, días de la semana y ocupación para las tareas habituales.

	PRIMER SEMESTRE		SEGUNDO SEMESTRE	
	Ciclo I	Pausa académica I	Ciclo II	Pausa académica II
Horas/mes				
Horas/semestre				
Horas/año				

1.4. Superficies y alturas

a) Número de niveles

b) Superficies útiles por nivel

Nivel	Ancho (m)	Largo (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Volumen (m ³)

Superficie total (m ²)	
Volumen total (m ³)	

2. SUMINISTRO ENERGÉTICO

2.1. Instalaciones eléctricas

a) Esquema eléctrico unifilar de los principales circuitos de suministro para el edificio (acometida y distribución).

b) Datos principales del circuito alimentador del edificio.

1.	Tipo de transformador	
2.	Capacidad del transformador (kVA)	
3.	Capacidad de protección del lado primario (A)	
4.	Capacidad de protección del lado secundario (A)	
5.	Calibre del conductor alimentador primario	
6.	Calibre del conductor del lado secundario	
7.	Tipo de aislamiento del conductor	
8.	Longitud de alimentador primario (m)	
9.	Tensión lado primario(V)	
10.	Tensión lado secundario (V)	
11.	Observaciones	

c) Condiciones de suministro y consumo energético

Nº de contrato Tarifa

Modo de facturación Potencia contratada

d) Distribución del consumo por un período de medición.

Periodo de medición	Inicio Fecha: Hora:	Fin Fecha: Hora:
Intervalo de registros en min.		
Edificio		
Potencia total (kW)		
Energía (kwh)		
Energía (kVAh)		
Primer nivel		

Periodo de medición	Inicio Fecha: Hora:	Fin Fecha: Hora:
Potencia total (kw)		
Energía (kwh)		
Energía (kVAh)		
Segundo nivel		
Potencia total (kw)		
Energía (kwh)		
Energía (kVAh)		
Tercer nivel		
Potencia total (kw)		
Energía (kwh)		
Energía (kVAh)		

7.6. AUDITORIA SOBRE SUMINISTROS ENERGÉTICOS

Responda a las siguientes preguntas sobre la eficiencia energética en el edificio auditado.

N°	ÍTEM	Si	No
1.	¿Se ha nombrado un responsable para que evalúe las facturas correspondientes al suministro de energía eléctrica?		
2.	¿Se efectúa lecturas mensuales del contador de energía eléctrica?		
3.	¿Se comprueba que los cobros de energía eléctrica son los correspondientes a los facturados?		
4.	¿Se evalúa anualmente el contrato de energía eléctrica?		
5.	¿Se evalúa anualmente el contrato de energía eléctrica?		
6.	¿Se conoce el consumo de energía que se realiza para la jornada nocturna y los fines de semana?		
7.	¿Se controla continuamente el valor del factor de potencia?		

8.	¿Se han solicitado ofertas a diferentes compañías comercializadoras de energía eléctrica?		
9.	¿Se han solicitado ofertas a diferentes compañías comercializadoras de energía eléctrica?		
10.	¿Se cierran las puertas y ventanas de los laboratorios cuando está encendido el sistema de aire acondicionado?		
11.	¿Se ha revisado el nivel de iluminación de cada espacio?		
12.	¿Se aprovecha la luz natural?		
13.	¿El personal apaga las luminarias cuando sale del espacio?		
14.	¿Todos los usuarios pueden identificar que interruptor controla cada luminaria?		
15.	¿Se realiza limpieza a las luminarias y difusores periódicamente?		
16.	¿Hay presencia de luminarias incandescentes en los espacios del inmueble?		
17.	¿Se detectan luminarias sin difusores?		
18.	¿Los pasillos disponen de detectores de presencia?		
19.	¿Las luminarias de pasillo permanecen apagadas siempre que no sean necesarias?		
20.	La infraestructura del inmueble (paredes, suelo, techo) están pintados de colores claros.		

8. CONCLUSIONES

- a) De acuerdo a los resultados visuales y numéricos entregados por las evidencias termográficas se concluye que culturalmente el personal docente no está consciente del mal uso que da a las unidades climatizadoras (A/A).
- b) También queda en evidencia que los tableros eléctricos tienden a elevar su temperatura cuando son sometidos a demandas de carga, esto puede ser causado por varios factores: falsos contactos, envejecimiento de elementos o exceso en la demanda de energía.

- c) Las unidades de aire acondicionado (A/A) con alimentación monofásica demandan más energía que las trifásicas para una misma capacidad de potencia, inclusive un A/A de 3 toneladas (36,000 BTU) monofásico demanda más energía que uno de 5 toneladas (60,000 BTU) trifásico, Tabla 7.1.
- d) De la tabla 7.5 (pág. 37) se concluye que los tres tipos de carga (A/A, PC e iluminación) representan un alto costo energético; siendo la principal, la climatización que en la mayoría de veces representa el 50% del consumo total.
- e) Es evidente por las tomas termográficas, que existe un mal uso de los aires acondicionados, puesto que se utilizan con las puertas abiertas en los centros de cómputo. Esto ocasiona que la unidad nunca pare de enfriar y por lo tanto nunca para de consumir energía eléctrica.
- f) Es necesario efectuar visitas no intrusivas a las diferentes áreas para evaluar los comportamientos en el uso de los equipos y sus correspondientes consumos de energía.
- g) De las visitas no intrusivas efectuadas en los centros de cómputo se detectó que los equipos de respaldo (UPS) tienen un consumo constante de 10 w promedio cuando se encuentran en estado de apagado.
- h) La determinación de la línea base de energía a partir de las mediciones permite obtener historiales de consumo y esto permitirá evaluar las acciones a tomar.
- i) Es necesario establecer una nueva línea base de energía alcanzable, es decir, que se pueda obtener a partir de los recursos disponibles.

9. RECOMENDACIONES

- a) Implementar un programa permanente sobre buen uso de las unidades climatizadoras en aulas, centros de cómputo y áreas administrativas dirigido a Docentes, personal administrativo y alumnos.
- b) Realizar un plan de mantenimiento preventivo a tableros y protecciones para detectar elementos dañados o excesos de demanda.
- c) Implementar un plan de sustitución de las unidades de aire acondicionado monofásicas por unidades trifásicas o en el mejor de los casos el plan debe contemplar cambiar en dos etapas:
 - i. Etapa 1: sustitución de todas las unidades de A/A monofásicas convencionales por climatizadores de Sistema Inverter.

- ii. Etapa 2: sustitución de las unidades de A/A trifásicas convencionales por unidades de Sistema Inverter.
- d) Para reducir los costos de energía es necesario cambiar las tecnologías en aires acondicionados, computadoras e iluminación:
 - i. Aires acondicionados convencionales por Sistemas Inverter.
 - ii. Computadoras de más de 5 años por tecnología ENERGY-STAR.
El consumo de una computadora eficiente es del 50% menos que el de una de hace 5 años.
 - iii. Iluminación fluorescente T12 y T8 por tecnología “ECO-ENERGY” que actualmente está representada por las lámparas LED de alta eficiencia.

T8 fluorescente de 32 watts se sustituye por una T8 LED de 16 watts, ambas iluminan igual, pero el consumo de la LED es la mitad de la fluorescente.
- e) La gerencia de mantenimiento con el apoyo de la academia, debe preparar un plan de educación para el buen uso de las unidades de aire acondicionado.
- f) Hacer uso de la inspección no intrusiva (BENCHMARKING) que consiste en un análisis comparativo de los consumos energéticos de las instalaciones objeto de diagnóstico, con los consumos de instalaciones similares.
- g) Para evitar el consumo de los UPS cuando los laboratorios están sin actividades académicas se recomienda instalar un centro de carga eléctrico que controle los circuitos alimentadores por cada centro de cómputo.
- h) Con la línea base de energía obtenida proceder a informar a la gerencia de mantenimiento para definir las acciones a ejecutar.
- i) Establecer una nueva línea base para el edificio F que permita reducir el consumo de energía.

10. GLOSARIO

Analizador de redes	Equipo de medición para registrar corriente, voltaje, potencias, energía, etc.
Armónico:	Onda sinusoidal que se origina en los sistemas de corriente alterna y cuya frecuencia es múltiplo de la frecuencia fundamental.
ASHRAE-90-1-2010	Norma para la eficiencia energética

BTU	Unidad de energía utilizada en aires acondicionados
Disyuntor	Dispositivo de protección termo magnética.
Infrarrojo	Radiación no visible con efecto de calor
ISO	Organización Internacional de Normalización
Kwh	Abreviatura de KILOWATTS-HORA , unidad de energía eléctrica.
NFPA 70B	Norma para el mantenimiento de equipos eléctricos y seguridad eléctrica.
Nube	Es un sitio de almacenamiento de datos utilizando el INTERNET.
Poliestireno	Resina sintética de la familia de los plásticos.
Poliuretano	Sustancia plástica utilizada como aislante térmico.
Protocolo	Documento en el que se recoge las conclusiones extraídas de un trabajo experimental.
Termografía	Técnica que permite registrar gráficamente las temperaturas de cuerpos.
Termograma	Reproducción en imagen de los datos obtenidos por una cámara termográfica.
Transitorio	Onda sinusoidal de corta duración.
UPS	Equipo de respaldo de energía eléctrica.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Bibliografía

- American Society of Heating, R. a.-C. (2010). *ASHRAE standard*. New York, USA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
- Balcells, J. (2016). *Eficiencia en el Uso de La Energía Eléctrica*. México: Alfaomega, Marcombo.
- Hirsh, J. J. (2010). *Equest*. California, USA.
- Iluminación, O. (2018). *Manual Práctico de Iluminación*. España: Edición web.
- Lighting, P. (2018). *Catálogo de Luminarias*. España: Edición Web.
- Miranda, A. (2014). *ABC del Aire Acondicionado*. México: Alfaomega, Marcombo.
- Normalización, O. I. (2014). *ISO50006*. Internacional: ISO.
- Tafur, R. (2016). *Cómo Hacer un Proyecto de Investigación*. México: Alfaomega.

12. ANEXOS

12.1. EVIDENCIAS DE CAMPO



Edificio F

Objeto de estudio



Medición de potencia en computadoras eficientes

Centro de cómputo F-207



Medición de potencia en computadoras de alto consumo

Centro de cómputo F-301



Medición de aires acondicionados utilizando el analizador C-80, CIRCUTOR



Instalación del medidor ACCUENERGY



Pantalla del medidor ACCUENERGY 2000

IDENTIDAD INSTITUCIONAL

VISIÓN

Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.

MISIÓN

Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.

VALORES

EXCELENCIA: *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

INTEGRIDAD: *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

ESPIRITUALIDAD: *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

COOPERACIÓN: *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

COMUNICACIÓN: *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*

SEDE Y REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro Centros Regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA

Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400
Fax: (503) 2132-7599

2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA

Final 10a. Av. Sur, Finca Procvia.
Tel.: (503) 2440-4348
Tel./Fax: (503) 2440-3183

3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN

Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700

4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA

Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y
(503) 2334-0768

5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL

Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298
Fax: (503) 2669-0061