



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN EL
INMUEBLE DE LA COORDINACIÓN DE
CONSTRUCCIÓN, CONSERVACIÓN Y
EQUIPAMIENTO DEL IMSS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO
P R E S E N T A N:
GAYTÁN GARCÍA MAURICIO
LAURENES DÍAZ FRANK ALBERTO



DIRECTOR: AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SE
DE LA BIBLIOTECA

Frank y Mauricio

Agradecemos:



A la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, por la oportunidad de pertenecer a ella, así como la formación recibida que nos permitió desarrollarnos como profesionistas con el fin de colaborar, directa o indirectamente, en el crecimiento y desarrollo del país, función para la cual fue creada. Esperando ser unos dignos representantes de sus egresados, damos las gracias a ésta Institución Educativa que nos proporcionó una excelente preparación y unas sólidas bases, dándonos así las armas necesarias para forjarnos un mejor futuro.



A la Facultad de Ingeniería, pues en sus aulas recibimos la preparación y adquirimos los conocimientos indispensables para nuestra formación como ingenieros, transmitidos por parte de sus excelentes académicos, que sin su ayuda no hubiese sido posible alcanzar nuestras metas.

Al Ing. Augusto Sánchez Cifuentes, por brindarnos su tiempo y apoyo de forma incondicional para la elaboración del estudio energético desarrollado en esta obra, que nos permite concluir una etapa más en nuestra formación como profesionistas.

A los ingenieros Armando Maldonado Susano, Francisco Javier García Osorio, Juan Antonio Sandoval Rodríguez y al M.I. Vicente Guillermo López Fernández por la revisión final y aprobación de este proyecto.

A todos los compañeros y amigos que estuvieron de alguna manera presentes y que hicieron más agradable nuestro paso por las aulas.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Laurenes Díaz

Frank Alberto

FECHA: 16 Enero 2004

FIRMA: [Signature]



Al Instituto Mexicano del Seguro Social, por permitirnos participar de manera directa en un programa de gran importancia para la institución, y haber brindado todas las facilidades para la realización del proyecto presentado en este trabajo. De la misma manera agradecemos a todas las personas pertenecientes a la institución que nos brindaron su ayuda, especialmente al Ing. Ruben Bonilla Linares quien fue el que hizo posible nuestra participación en el Área del Programa de Ahorro de Fluidos y Energéticos, y a los Srs. Eduardo y Jesús por brindarnos alojamiento en su área de trabajo.



A Comisión Nacional para el Ahorro de Energía CONAE, por el apoyo incondicional proporcionado para la realización de este trabajo, que permitió concluirlo de manera exitosa, también queremos agradecer a todas las personas pertenecientes a esta dependencia por el tiempo otorgado con asesorías y solución de dudas, muy en especial al Ing. Carlos Chavez por el tiempo otorgado para la revisión hecha al presente trabajo, así como la aprobación del mismo, y al Ing. Paulo Cesar Galván Tobón por el apoyo en la recopilación de información necesaria para el desarrollo del proyecto.

A TODOS ELLOS MUCHAS GRACIAS

DEDICO ESTA TESIS A:

Mi madre ALMA ROSA, quien sin su ayuda de nada hubiera valido mi esfuerzo.

A ti madre, por haberme dado la vida y la oportunidad de superarme, por todo tu amor y apoyo durante todo este trayecto que juntos hemos recorrido.

No existen palabras y no me habrá de alcanzar la vida para agradecer lo que has hecho por mi y mis hermanos.

MUCHAS GRACIAS MAMÁ.

A mis hermanos CHRISTIAN e ITZHEL, que a pesar de que nunca lo mencionaron se que siempre conté con su apoyo y cariño, a ustedes también dedico este trabajo, por supuesto también por todos los momentos felices que hemos pasado

A ustedes que sirvieron como motor en este trayecto GRACIAS.

A mi FAMILIA quien siempre ha estado, en todo momento, apoyándome para darme por vencido y seguir adelante hasta alcanzar la meta, que hoy por fin he alcanzado.

A mi compañero y amigo MAURICIO, por haber compartido conmigo la responsabilidad de elaborar el trabajo aquí presentado, y por todas las vivencias que juntos compartimos a través de este largo camino.

A mis amigos ERIK, JORGE, PEDRO, VALENTIN, MIGUEL, SARA, KAREN, PAOLA quienes siempre me demostraron su amistad, cariño y por supuesto todo su apoyo a través de mi paso por sus vidas.

A todos mis compañeros de la escuela que de alguna forma estuvieron presentes y que hicieron más ameno mi paso por las aulas de nuestra FACULTAD.

A TODOS USTEDES DE VERDAD MUCHÍSIMAS GRACIAS POR TODO.

FRANK

MAURICIO

DEDICO ESTA TESIS :

*A mis padres **María de Jesús García** y **Luis Gaytán** con todo mi amor, respeto y cariño, primero por la gran fortuna de tenerlos conmigo y segundo, para de alguna manera agradecerles los esfuerzos y sacrificios hechos para ver concluida ésta primera etapa de mi vida, todo lo que llevo a cabo lo hago con el fin de que se sientan orgullosos de su hijo, aunque se que nunca será suficiente para agradecerles lo que han hecho por mi para que fuera lo que soy ahora.*

Les recuerdo que en todo lo que hago están siempre presentes. Mi vida debe todo a su dedicación y esfuerzos, mi deuda para con ustedes es inmensa .

Gracias por ser un ejemplo para mi, espero nunca defraudarlos.

*A mi hermana **Irene** y a mi sobrino **Zuriel** con todo mi cariño, gracias por estar siempre conmigo y dejar compartir mi vida con ustedes, les dedico éste mi primer logro y los venideros, espero se sientan orgullosos de mí como yo lo estoy de ustedes, les recuerdo que los quiero mucho y están siempre presentes en todo lo que hago, espero ser un buen ejemplo para mi sobrino, si es así, esto habrá valido la pena.*

*A mi tía **Bertha** , y le doy las gracias por todo el apoyo que me brindo y el cariño que me ha dado a lo largo de mi vida, gracias por ser como una segunda madre para mi, estar siempre conmigo y al pendiente del rumbo que toma mi vida. Dedico también esta tesis a mi tío **Ramiro** al que un día le prometí que lo lograría, y que esté donde esté lo recordaré con el cariño de siempre.*

*A mis tíos **Ana**, **Teresa** y **Arturo** que han sido como mis hermanos y que en algún momento de mi vida estuvieron conmigo compartiéndolo todo, ahora yo comparto con ustedes éste mi primer logro.*

*A mi abuelita **Josefina** con mucho cariño, gracias por todos esos momentos que pasamos juntos, aunque pocos, los disfrute mucho, espero se sienta orgullosa de mí, y recuerde que la quiero mucho. También dedico este trabajo a mis tíos **Rodolfo**, **Rocío**, **Oscar**, **Patricia**, **Guillermo**, **Hugo** y **Antonio** por todas esas veces en que estuvimos juntos y en las que la pasé muy bien.*

*A **Jessica**, gracias por recorrer esta primera etapa conmigo, por estar presente siempre que te necesité y por compartirlo todo conmigo, espero estés orgullosa de mí al igual que yo lo estoy de ti; te dedico este trabajo que es la llave para poder realizar nuestros proyectos, recuerda siempre que TQM.*

*Aprovecho la oportunidad para agradecer a la **Sra. Alicia** y a la **Sra. Rebeca** por el interés que muestran en todo lo que hago, pero principalmente por considerarme un miembro más de su familia.*

A TODOS USTEDES GRACIAS

ÍNDICE

Introducción	V
1. Antecedentes	1
1.1 Uso racional de la energía.....	3
1.2 Razones para la administración de la energía.....	3
1.3 Tipos de auditorias	4
2. Metodología General del Diagnóstico Energético	7
2.1 Definición del proyecto.....	8
2.2 Obtención de datos.....	8
2.3 Análisis de datos.....	9
2.4 Etapas para identificar medidas de ahorro de rápida recuperación.....	11
2.4.1 Introducción.....	11
2.4.2 Solicitud, recopilación y análisis de la información histórica.....	12
2.4.3 Evaluación del impacto del consumo de energéticos en los costos de operación.....	13
2.4.4 Recorrido por las instalaciones.....	13
2.4.5 Identificación de oportunidades de ahorro.....	15
2.4.6 Planteamiento de la estrategia a seguir.....	16
2.4.7 Instrumentación y mediciones.....	17
2.4.8 Evaluación del potencial de ahorro.....	18
2.4.9 Consulta de factibilidad de realización de las propuestas.....	19
2.4.10 Desarrollo de las alternativas más atractivas.....	19
2.4.11 Evaluación económica.....	20
2.4.12 Elaboración del informe.....	21
2.4.13 Reunión de presentación de resultados ante la gerencia.....	22
2.5 Introducción a un estudio real.....	23
3. Sistema de Iluminación	25
3.1 Fuentes de iluminación.....	26
3.1.1 Clasificación.....	26
3.2 Metodología para analizar el sistema de iluminación.....	29
3.2.1 Levantamiento de datos.....	29
3.2.2 Recursos con los que debe de contar el personal.....	29
3.2.3 Actividades.....	29
3.2.4 Datos básicos del inmueble.....	30
3.2.5 Datos históricos de facturación eléctrica.....	32
3.2.6 Zonificación del inmueble.....	32
3.2.7 Censo de alumbrado.....	34
3.2.8 Análisis de la información.....	36
3.2.9 Análisis de la facturación eléctrica.....	37
3.2.10 Análisis del censo del equipo de alumbrado.....	39

3.3 Formatos de evaluación (medidas de ahorro de energía).....	39
3.3.1 Evaluación técnica.....	39
3.3.2 Evaluación económica.....	40
3.3.3 Resultados de la evaluación técnica y económica.....	40
3.3.4 Consolidado de las medidas de ahorro de energía.....	40
3.4 Informe final.....	41
3.4.1 Resumen ejecutivo.....	41
3.4.2 Reporte técnico.....	41
3.5 Resumen de actividades.....	42
3.6 Tablas de datos.....	43
3.6.1 Tabla de datos del inmueble.....	43
3.6.2 Tabla de facturación eléctrica.....	44
3.6.3 Tabla de equipo de alumbrado.....	45
4. Sistema de Aire Acondicionado.....	59
4.1 Descripción del equipo del sistema de aire acondicionado.....	60
4.1.1 Refrigeración por absorción.....	60
4.1.2 Descripción del equipo de absorción.....	61
4.1.3 Descripción del ciclo de refrigeración por absorción.....	63
4.1.4 Descripción de la unidad enfriadora de agua (Chiller).....	65
4.1.5 Funcionamiento del ciclo mecánico de refrigeración.....	65
4.1.6 Unidades manejadoras de aire.....	67
4.2 Cálculo de la carga térmica.....	67
5. Sistema de Fuerza.....	73
5.1 Motores eléctricos.....	74
5.2 Motores de inducción.....	74
5.3 Motores de alta eficiencia.....	75
5.3.1 Eficiencia de un motor.....	76
5.3.2 Motores de alta eficiencia.....	77
5.3.3 Sobredimensionamiento de motores.....	80
5.3.4 Pérdida de eficiencia en la reparación de motores.....	81
5.4 Estimación de los ahorros con motores de alta eficiencia.....	81
5.5 Cuando utilizar motores de alta eficiencia.....	83
5.6 Como iniciar un programa para mejorar el desempeño en motores en una planta.....	84
5.7 Cálculo de la eficiencia de motores existentes.....	84
6. Identificación de Medidas de Ahorro.....	87
6.1 Identificación de medidas.....	88
6.2 Análisis técnico y económico de las principales propuestas.....	89
6.2.1 Medidas de ahorro en iluminación.....	89
6.2.2 Medidas de ahorro en aire acondicionado.....	100
6.2.3 Medidas de ahorro en el sistema de fuerza.....	107
6.3 Medidas operativas para el ahorro de energía en los diferentes sistemas estudiados.....	110
6.3.1 Sistema de iluminación.....	110

6.3.2 Sistema de fuerza.....	111
6.3.3 Sistema de aire acondicionado.....	113
6.3.4 Medidas generales para el ahorro de energía.....	115
7. Conclusiones.....	117
Anexos.....	121
Anexo 1 Formatos típicos para realizar el levantamiento de datos.....	122
Anexo 2 Tabla de zonificación y características de lámparas.....	126
Anexo 3 Censo de equipo de alumbrado.....	128
Anexo 4 Tablas de aportación solar.....	139
Anexo 5 Método para transformar de hora solar a hora civil.....	149
Anexo 6 Glosario.....	150
Referencias bibliográficas.....	153

INTRODUCCIÓN

La energía es parte fundamental en la vida del hombre, hasta hace poco, el consumo de energía era sinónimo de actividad, de transformación y de progreso. Hoy en día este concepto ha cambiado, dado que los avances tecnológicos se han enfocado en hacer más eficientes, en el consumo de energía, a los aparatos eléctricos y electrónicos con lo cual se pueden asegurar la transformación y el progreso.

El consumo de energía es entonces satisfactor de necesidades básicas y parte importante de la economía. Desafortunadamente tiene también consecuencias negativas sobre la conservación del medio ambiente, mismas que el desarrollo científico y tecnológico todavía no son capaces de solucionar satisfactoriamente y que en algunos países empiezan a resultar alarmantes, sus consecuencias afectan a todo el planeta.

En este sentido, la mayoría de los países preocupados por el medio ambiente han determinado que el ahorro y uso eficiente de la energía es una de las alternativas más idóneas, ya que dentro de sus numerosas ventajas se encuentra la de ser una medida económicamente rentable.

Los primeros esfuerzos, en cuanto a ahorro de energía, se han enfocado al sector industrial, porque éste representa el mayor porcentaje del consumo de energía en la mayoría de los países. Además, dicho consumo se encuentra en pocas unidades empresariales, lo que ayuda al proceso de innovación tecnológica de sustitución de equipos.

Al contrario del sector industrial, los sectores comercial y residencial presentan la enorme complejidad de que el consumo de energía se lleva a cabo en la infinidad de centros dispersos, sobre los que resulta muy difícil acceder incluso a través de las reglamentaciones legales. Asimismo, cada inmueble tiene usos, conceptos de comodidad y horarios muy diferentes, por lo que es muy difícil proporcionar información de apoyo técnico a los consumidores para que éstos adopten una actitud responsable frente al ahorro de energía.

En nuestro país la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) es el órgano técnico de consulta de las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como de los gobiernos de los estados, los municipios y los particulares, en materia de ahorro de energía y uso eficiente de la energía y del aprovechamiento de energías renovables.

En este sentido, desde 1996 CONAE ha realizado estudios energéticos en los inmuebles ocupados por entidades de los sectores público y privado, detectando importantes oportunidades de ahorro de energía. Muestra de ello es el programa para eficiencia energética denominado "Cien Edificios Públicos", el cual logró establecer sensibles ahorros por concepto de energía eléctrica, particularmente en el sistema de alumbrado y por lo tanto, una disminución del monto de la facturación correspondiente.

Derivado del anterior programa, desde 1999 CONAE ha publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) acuerdos donde se establecen las disposiciones para el ahorro de

energía en las oficinas de la Administración Pública Federal (APF), creándose así el Programa de Ahorro de Energía en inmuebles de la APF, donde actualmente participan inmuebles que tienen más de 1,000 m² de construcción¹.

El objetivo del Programa de la APF es establecer un proceso de mejora continua que permita paulatinamente incrementar la eficiencia energética en las dependencias y entidades del gobierno federal, mediante la implantación de buenas prácticas e innovación tecnológica, así como la utilización de herramientas de operación, control y seguimiento, que conlleven al uso eficiente de los recursos públicos y contribuir a la preservación de los recursos energéticos y la ecología de la Nación.

En este sentido, el Programa de la APF establece que las dependencias y entidades deberán definir metas de ahorro de energía (de corto y mediano plazos) y elaborar un plan de trabajo para su cumplimiento.

Cabe resaltar que las metas a corto plazo se refieren a la implantación de buenas prácticas, mientras que las metas a mediano plazo se referirán a los proyectos de inversión para la sustitución de la tecnología actual por tecnologías de alta eficiencia e innovadoras.

La definición de metas de ahorro de energía están en función de parámetros de referencia, según el lugar en donde se encuentre el inmueble y su equipamiento (si cuenta o no con aire acondicionado).

Este parámetro, conocido como Índice Máximo de Consumo de Energía Eléctrica (IMCEE), indica que aquellos inmuebles que estén por encima de éste valor deberán implementar medidas de ahorro de energía que permitan reducir el índice de consumo a un valor igual o menor al establecido en la Tabla I.

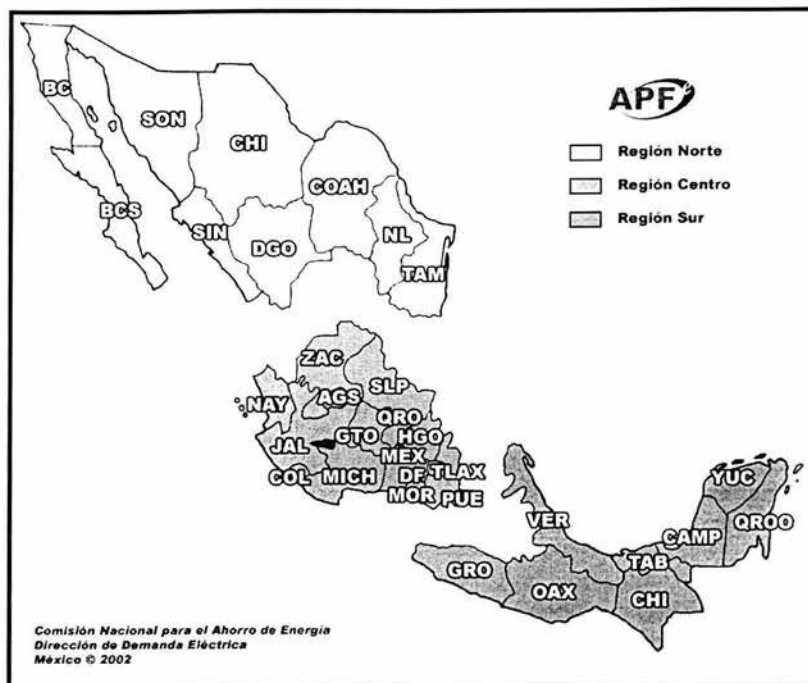
Tabla I Índices Máximos de Consumo de Energía Eléctrica (IMCEE) en Oficinas Públicas

Región	Índice Máximo de Consumo de Energía Eléctrica (kWh/m ² -año)	
	Inmuebles con aire acondicionado	Inmuebles sin aire acondicionado
Norte	160	60
Centro	100	60
Sur	190	60

Nota: En los inmuebles que rebasan el valor correspondiente, se tienen que llevar a cabo medidas para el ahorro de energía que consisten en la sustitución de los equipos actuales por unos de alta eficiencia (metas a mediano plazo), en los que están por debajo, deberán así mediante buenas prácticas (metas a corto plazo)

¹ Publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 27 de Junio de 2003.

Para estos efectos, las regiones se han clasificado de la siguiente manera:



Región Norte: Comprende los estados de Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas.

Región Centro: Comprende los estados de: Aguascalientes, Colima, Distrito Federal, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas.

Región Sur: Comprende los estados de Campeche, Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz y Yucatán.

En los inmuebles de oficinas públicas, la iluminación es uno de los sistemas eléctricos que consumen energía de una forma continua e intensiva, por lo que representa una de las principales oportunidades de ahorro que debe evaluarse.

En este sentido, los inmuebles de oficinas públicas registrados en el programa, deberán contar con un diagnóstico energético del sistema de iluminación a más tardar en noviembre del 2004. Para tal efecto, la CONAE apoyará a las dependencias y entidades en la elaboración del diagnóstico energético en iluminación, bajo el siguiente esquema de colaboración:

La Institución realizará el levantamiento de datos del inmueble de acuerdo a una metodología específica, para lo cual, la CONAE impartirá un curso de capacitación a los

responsables del levantamiento de datos, esto con el propósito de asegurar la uniformidad, calidad y veracidad de la información.

No obstante a lo anterior, se considera limitado el apoyo de CONAE puesto que en los inmuebles que cuentan con aire acondicionado se requiere de un análisis integral, donde se incluya tanto el sistema de iluminación como el sistema de aire acondicionado entre otros (bombas, elevadores, etc.).

Bajo esta premisa, se llegó a un acuerdo entre CONAE, UNAM e IMSS para realizar un diagnóstico energético integral, es decir, que analice los mencionados sistemas en las instalaciones de uno de los inmuebles de este último, institución que facilitó el acceso a uno de sus edificios destinado a oficinas y en el cual se realizó el estudio energético aquí desarrollado, teniendo en todo momento, el apoyo técnico de CONAE y UNAM en la revisión del documento final.

En este sentido, el objetivo de este trabajo es proporcionar una visión de las medidas que se pueden aplicar para lograr un uso más eficiente de la energía eléctrica en los sistemas eléctricos existentes en un edificio de oficinas con aire acondicionado, además de que sirva como una guía a seguir en la realización de diagnósticos energéticos en otros inmuebles.

Por ello, el proyecto consistió en realizar un análisis de dónde y cómo se consume la energía eléctrica en los sistemas eléctricos de un inmueble con aire acondicionado. En este análisis se identificaron las áreas con mayor potencial de ahorro de energía. Una vez evaluadas, se elaboraron las recomendaciones pertinentes para disminuir el consumo de energía eléctrica, resultado que también se verá reflejado en un ahorro económico.

El trabajo se realizó en el inmueble de la Coordinación de Construcción, Conservación y Equipamiento del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) ubicado en la calle de Durango 291, el cual servirá como *Proyecto Prototipo* para la institución, que lo tomará como referencia para realizar estudios similares en sus demás inmuebles destinados a oficinas.

Actualmente el IMSS cuenta con 141 inmuebles con más de 1,000 m² de construcción destinados a uso oficinas, por lo tanto son participes en el Programa de la Administración Pública Federal (APF) mismo que deben cumplir junto con los lineamientos establecidos.

En lo que respecta al desarrollo propio de este trabajo, se comienza por establecer un marco referencial, en los capítulos uno y dos, antes de empezar a describir la metodología de diagnóstico energético que se aplicó en el inmueble del IMSS. En el primer capítulo, se presenta un panorama general sobre el uso racional de energía eléctrica y las razones para su administración, se describe la auditoría histórica, de diagnóstico, periódica y continua, que son los diferentes tipos de auditoría energética que existen, asimismo, se describen los niveles de evaluación energética para con ello delimitar su alcance.

En el capítulo dos se plantea la metodología general para desarrollar un diagnóstico energético, donde se describen las etapas para identificar medidas de ahorro de rápida

recuperación. Dentro del diagnóstico cabe resaltar la importancia de la recopilación, el levantamiento y la interpretación de datos en los diferentes sistemas existentes en las instalaciones con el fin de identificar oportunidades de ahorro de energía, oportunidades que requieren ser evaluadas técnica y económicamente, lo que permitirá seleccionar las alternativas más atractivas en términos de su rentabilidad económica y energética. El objetivo de este capítulo es dar un panorama general de cómo se debe realizar un diagnóstico energético, y servir como guía en la aplicación del mismo en diferentes tipos de instalaciones.

Entrando en materia, en los capítulos tres, cuatro, cinco y seis se describe el diagnóstico energético aplicado al inmueble del IMSS y se presenta el análisis de cada uno de los sistemas evaluados, limitándose únicamente al consumo de energía eléctrica. Se analizaron los sistemas de iluminación, aire acondicionado y fuerza, cada sistema en un capítulo, y en el último, se estimaron los potenciales de ahorro, tanto de energía como económico, para determinar la rentabilidad de las medidas y, con base en ello, tomar la decisión de llevar a cabo la inversión.

La metodología usada para evaluar el sistema de iluminación, descrita en el capítulo tres, es la desarrollada por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), la cual ha sido complementada con la literatura existente sobre el tema. En esta metodología se describen las técnicas empleadas por dicha Comisión para el desarrollo de diagnósticos energéticos en el sistema de iluminación y para hacer un análisis de la situación energética del inmueble mediante el cálculo de índices energéticos que nos sirven como parámetros, que al compararlos con los de referencia (ver Tabla I) nos permite conocer la situación energética en la que se encuentra el inmueble.

Las técnicas que se mencionan en el capítulo nos sirven para hacer una correcta obtención de datos para el análisis del comportamiento del inmueble en lo referente al consumo de energía eléctrica y poder determinar con ello los potenciales de ahorro de energía, después de hacer el levantamiento y análisis de datos se realizó una evaluación económica para determinar la factibilidad de llevar a cabo una inversión con el fin de sustituir los equipos existentes y así obtener los ahorros estimados. El trabajo de campo que se realizó se describirá a detalle en este mismo capítulo en la sección 3.5.

Para este análisis se consideraron los edificios de Durango 289 y Durango 291 pues ambos vienen incluidos en la facturación eléctrica que es la que se usó como referencia para cuantificar los ahorros, además, la metodología CONAE así lo requiere. *Solo para el análisis del sistema de iluminación se consideraron ambos edificios.*

Por otra parte, un alto porcentaje de la energía que se consume en un edificio climatizado corresponde a los equipos utilizados para dar confort interior, por esta razón, es importante hacer un análisis energético del mismo. En este sentido, en el capítulo cuatro se hace una evaluación de la capacidad de refrigeración del aire acondicionado para verificar que no este sobredimensionado, ya que si es así, se estaría consumiendo energía en exceso. En este capítulo también se hace la descripción del equipo con que cuenta el edificio al igual que la forma en que se lleva a cabo el ciclo de refrigeración de cada uno de ellos.

En el capítulo quinto se hace una evaluación técnica de los motores eléctricos que se tienen instalados en las unidades manejadoras de aire dentro del inmueble, esto para determinar los potenciales de ahorro mediante la sustitución de los motores existentes por motores de alta eficiencia. Para ello, fue necesario determinar la eficiencia a la que están operando los motores actuales y compararla con la eficiencia a la que operarían los motores denominados de alta eficiencia trabajando a la misma carga.

En el capítulo seis se integra la evaluación económica de las propuestas para el ahorro de energía de los diferentes sistemas estudiados, explicando a detalle la manera en que se estimaron los beneficios económicos. Para aquellas propuestas que requieren inversión de capital, se efectuó un análisis económico para determinar su rentabilidad, y basándose en ello, decidir si se lleva a cabo la inversión. Adicionalmente se proponen medidas operativas en los diferentes sistemas estudiados, las cuales, por ser operativas, requieren poca o nula inversión.

Por último se exponen las conclusiones y resultados a las que se llegó después de realizado el diagnóstico, las cuales, después de ser estudiadas, les permitirá a los directivos tomar la decisión de llevar a cabo las medidas propuestas en este trabajo. Asimismo se hacen las observaciones más importantes (de acuerdo al criterio del auditor) que se detectaron en los sistemas estudiados, se mencionan las limitantes a las que se enfrentan para llevar a cabo un estudio de este tipo, y las posibles estrategias para repetir el estudio en otros inmuebles, entre otras.

Capítulo 1

Antecedentes

Introducción

Resulta incuestionable la importancia de la energía como insumo estratégico en el desarrollo estratégico y económico de una empresa. La creciente demanda de energía requiere un cuidadoso diagnóstico a efecto de optimizar su uso, y poder contar con una oferta adecuada a mediano y largo plazos. De esta manera se evitarán presiones innecesarias que impidan o frenen el desarrollo equilibrado.

Durante los últimos años, en algunas instituciones² se han elaborado diversos estudios encaminados a tratar de establecer lineamientos de política energética³. Para formular un programa de ahorro de energía, es necesario concebirlo dentro de los lineamientos dictados institucionalmente a raíz de los diagnósticos energéticos. Por ello, es necesario establecer una metodología general que sobrepase los obstáculos que se presentan al realizar las funciones básicas (planeación, toma de decisiones, dirección y control) de cualquier área o departamento de administración de energía y en particular al realizar los diagnósticos y

² En México el órgano rector en materia de eficiencia energética es, desde 1989, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), otro organismo involucrado es el Fideicomiso para el ahorro de energía (FIDE).

³ La CONAE opera el Programa de Inmuebles de la Administración Pública Federal con el objetivo de reducir los niveles de consumo de electricidad en edificios de uso administrativo. Este programa es obligatorio para todos los inmuebles de oficinas con superficies mayores de mil metros cuadrados. En Junio de 2003 se publicó, en el Diario Oficial de la Federación, el Acuerdo que establece las disposiciones para el ahorro de energía en las oficinas de la Administración Pública Federal para el ejercicio Fiscal 2002.

formular las políticas que sean deducidas de estos⁴. El logro de esas funciones básicas y el establecimiento de las políticas energéticas adecuadas dependen de la información, ya que entre más precisa sea, mejores resultados se obtendrán. La información correspondiente es proporcionada por los diagnósticos, siempre y cuando sean conducidos en forma eficiente.

Los diagnósticos energéticos son estudios que permiten determinar dónde y cómo se utiliza la energía. No son una solución directa al control de costos en el uso de la energía, pero sí la herramienta más útil para lograr esa función. A través de los diagnósticos, se identifican los puntos de mayor uso de energía haciendo resaltar aquellos donde es posible generar algún ahorro. Brindan además el apoyo necesario a través del cual el desarrollo de cualquier proceso puede ser conducido a buen término, en condiciones óptimas.⁵

La primera acción dentro de un programa de ahorro y uso racional de la energía debe de ser el llevar a cabo una auditoría energética en las instalaciones, con la cual se examinan las formas como normalmente se utiliza la energía en ellas e identificar algunas alternativas para reducir la facturación energética en la empresa. El diagnóstico establece el estado energético en que se encuentra el inmueble bajo estudio y las posibilidades de mejorar su eficacia, seleccionando las alternativas más prometedoras mediante un estudio técnico y económico de cada una. Para obtener estas conclusiones es necesario analizar la situación actual, por medio de mediciones directas, examen de las instalaciones, revisión de los métodos operativos y de mantenimiento, así como de los consumos históricos evaluando los rendimientos.

⁴ CONAE ha diseñado una herramienta de análisis a través de Internet, que permite identificar los potenciales de ahorro de energía mediante un estudio aplicable de prefactibilidad técnica y económica. Esto con el fin de promover la aplicación de proyectos de eficiencia energética para la implantación de mejoras tecnológicas y operativas que permitan el abatimiento de los costos de energía eléctrica por concepto de alumbrado en inmuebles.

⁵ Ambriz García Juan José "Administración y Ahorro de energía"; UAM Iztapalapa, pp. 131.

1.1 Uso racional de la energía

El ahorro de energía forma parte de la cultura dentro de cualquier institución o empresa y se ve reflejada en la economía y en el uso de los recursos productivos con los que cuenta la institución. El ahorro de energía se puede definir como el conjunto de buenas prácticas y comportamientos, que ejercidos en forma continua resultan beneficiosos en la producción, conducción y uso final de flujo mínimo indispensable de energías para un servicio requerido. Un uso racional de la energía quiere decir utilizarla solo cuando se necesita, dejando de consumir aquellas cantidades que no sean imprescindibles para satisfacer las necesidades requeridas.

El uso eficiente de la energía constituye una fuente sustancial en el ahorro de energéticos, pero tiene una fuerte vinculación con una tecnología determinada y con un proceso particular de cambio estructural, en pocas palabras es hacer más con menos usando la inteligencia y el conocimiento.

La eficiencia energética es actualmente un componente inseparable de la productividad económica, del avance tecnológico y de la competitividad de mercados. El ahorro y el uso eficiente de la energía constituyen en sí mismos una fuente alternativa de energía pues es más barato hacer un uso racional de la energía que producirla.

Se puede ahorrar energía en todas las instalaciones existentes y en las futuras, por lo que el ahorro de energía es una gran reserva disponible para todos. Al principio las acciones realizadas son forzadas, lo que molesta a muchos de los que en ellas laboran, pero al cabo del tiempo el campo para mejorar la productividad energética a costos competitivos se puede aprovechar rápidamente, configurándose así un proceso continuo de innovación tecnológica y de mejora productiva.⁶

1.2 Razones para la administración de la energía

Los principales beneficios que aporta un buen programa de administración de la energía es el ahorro económico que se logra, con la ventaja para la operación de la institución, la conservación de los recursos naturales del país y la contribución a disminuir el impacto sobre el medio ambiente que origina el uso de cualquier forma de energía. Aparte se logran otros resultados colaterales como son el alargar la vida útil de algunos equipos, al hacerlos funcionar más eficientemente. Darles un mantenimiento adecuado, en algunos casos, ayuda a mejorar la productividad total de la institución al mejorar las condiciones operativas y contribuye a la educación general de los empleados.

Existen muchas mejoras, relativamente económicas, que pueden hacerse en los sistemas y procesos que operan actualmente, ya que la gran mayoría de ellos se diseñaron sin considerar los aspectos de costos de energía pues no representaba un costo financiero importante ni se tenía una consideración clara de la importancia de su conservación.⁷

⁶ Juan José Ambriz García op. cit..

⁷ op. cit.

1.3 Tipos de auditorías⁸

El objetivo buscado en una auditoría energética es tener los elementos para mejorar el rendimiento de las instalaciones en cuanto al consumo de energía. En sí mismo el estudio no es un fin sino un medio, es una herramienta. Las metas planteadas son:

- Identificar claramente los tipos y costos de la energía utilizada.
- Entender cómo y en dónde se usa cada tipo de energía y detectar en donde se desperdicia.
- Identificar y analizar alternativas tales como mejoras operacionales o nuevas tecnologías que puedan reducir sustancialmente los costos de energía.
- Analizar económicamente las alternativas identificadas para determinar cuales son convenientes para la institución involucrada.

Hay que hacer notar que el estudio realizado para obtener el diagnóstico energético, también llamado auditoría energética, debe de responder a una actitud permanente de la dirección de la institución y no esporádica. No basta con realizarse una sola vez, sino que debe de repetirse periódicamente para conocer la evolución de los consumos de energía a lo largo del tiempo y para comprobar los resultados de las mejoras implantadas.

Auditoría energética: es básicamente, el análisis progresivo que revela dónde y cómo es utilizada la energía en los edificios, las operaciones industriales o las instalaciones de la industria. Esta sirve también para identificar las oportunidades de ahorro de energía. Dicho lo anterior, una auditoría no necesariamente tiene que generar ahorros de energía, sino que dictamina si se hace un uso racional y eficiente de la energía.

Con relación a la información obtenida y la periodicidad con que se realiza se pueden considerar los siguientes tipos de diagnósticos o auditorías:

AUDITORIA HISTÓRICA: Constituye el primer paso para la realización de los análisis energéticos. La información se obtiene de la documentación existente en la empresa referente a las fuentes de suministro de energía durante los últimos años. Con ella se puede calcular el consumo específico o los índices energéticos y establecer sus tendencias, lo que definirá la urgencia de realizar una auditoría de diagnóstico.

AUDITORIA DE DIAGNÓSTICO: En ella se realiza un análisis técnico y económico de los equipos o grupos de cada proceso aislado para definir dónde y cómo se utiliza la energía y con qué eficacia. Como consecuencia se indica las acciones correctoras para una mejor utilización de los recursos energéticos.

AUDITORIA PERIÓDICA: Es, como su nombre lo indica, la que se establece con una cierta periodicidad una vez realizada la auditoría de diagnóstico y surge como consecuencia de ella. Tiene como fin comprobar la sensibilidad al consumo que presentan las acciones emprendidas para mejorar el uso de la energía en las instalaciones.

⁸ Artículo elaborado por el Ing. Augusto Sánchez Cifuentes y el Ing. Eduardo Medina Hernández, profesores de la Facultad de Ingeniería, UNAM, Abril 2003.

AUDITORIA CONTINUA: En ella se establece una acción continua de control para asegurar la máxima eficacia de las medidas emprendidas. Se realiza mediante un registro continuo de ciertos parámetros relacionados estrechamente con el consumo energético.

Existen tantos tipos de diagnósticos como procesos, variando en tamaño, enfoque, precisión y costos, dependiendo de las fuentes y necesidades del proceso en el cual se desarrolla el mismo. Sin embargo, es conveniente dividir cualquier diagnóstico energético en tres niveles: "A", "B" y "C" para delimitar su análisis⁹.

El nivel "A" provee la orientación necesaria para cumplir las funciones del departamento de conservación de energía o su equivalente. Este nivel, comúnmente referido como nivel de inspección, se lleva a cabo mediante un examen visual del proceso industrial de que se trate, reconociéndolo y revisando el diseño original, para dar una idea cualitativa de los ahorros potenciales obvios de energía que pueden lograrse por medio de procedimientos de mantenimiento y operación. Este nivel es el menos costoso de los tres y da idea de los costos de energía. A través de este nivel, se detectan potenciales importantes de ahorro, como fugas de energía, mala operación de los equipos o instrumentos, mal funcionamiento de ellos, etc.

El nivel "B" ofrece el punto de vista del consumo de energía por áreas funcionales o procesos específicos de operación. Se puede adoptar el término de "subsistema" para referirse a dichas áreas o procesos. En el nivel "A" se adoptará el término de sistemas para determinar el proceso industrial completo. Al nivel "B" se le reconoce como MACRO-DIAGNÓSTICO y detecta los subsistemas de mayor desperdicio energético. Este nivel provee datos acerca del ahorro de energía y de la reducción de costos, determinando de esta forma las metas específicas del departamento de conservación de energía. El costo de realización es mayor que el del nivel "A", pero menor que el del nivel "C". Este nivel proporciona una idea cuantitativa de los ahorros potenciales de energía y de las características energéticas de cada subsistema.

En la aplicación del diagnóstico a este nivel, será necesario contar con la instrumentación suficiente para obtener la información que permita aplicar la metodología.

El último de los tres niveles, "C", proporciona información precisa y comprensible, de todos y cada uno de los puntos relevantes del diagrama del proceso industrial (entradas y salidas de energía y exergía), así como las pérdidas de energía en cada uno de los equipos, a los cuales de aquí en adelante se les referirá como módulos. Este nivel está caracterizado por instrumentación extensiva, por la adquisición de datos y por los estudios de ingeniería involucrados. Se le conoce como MICRO-DIAGNOSTICO, siendo el más costoso de los tres niveles y el más importante pues permite analizar y detallar todas las pérdidas de energía. Provee además, suficiente información para justificar los proyectos de inversión de capital que intenten obtener un uso eficiente de la energía, o bien, recuperar energía desperdiciada. A diferencia del macro-diagnóstico, el micro-diagnóstico proporciona la cuantificación clara y precisa de la energía en el sistema.

⁹ Ambriz García Juan José "Administración y Ahorro de energía"; UAM Iztapalapa, pp. 132.

Por lo anteriormente citado, En estos niveles “B” y “C”, donde se presentan los mayores obstáculos al realizar el diagnóstico energético ya que, es necesario abordar cálculos de exergía que involucran un acercamiento estrecho con el concepto de entropía. A pesar de las ventajas que ofrece el cálculo de la exergía, se ha constatado que este paso energético no es practicado comúnmente.

Con las clasificaciones anteriormente hechas, en éste trabajo se aborda una auditoría de nivel “A” limitada solo al consumo de energía eléctrica en los diferentes sistemas estudiados.

Capítulo 2

Metodología General para el Diagnóstico Energético

Introducción

Esta no ha sido concebida como un mapa de carreteras para conducir el diagnóstico, ya que las actividades hechas en una instalación no necesariamente tiene que realizarse en otra. Sin embargo, los lineamientos generales de aproximación mostrados a través de un diagrama de flujo de actividades, pueden servir como una guía para realizar un proyecto de diagnóstico sobre las instalaciones. Por ello resulta de gran utilidad practicar el diagrama de flujo que ilustra la metodología por etapas.

En la primera etapa se define el proyecto de diagnóstico de energía que será ejecutado; en la segunda etapa se obtienen los datos necesarios para la elaboración del diagnóstico, ya sea por medición directa o por cálculo en base en ecuaciones paramétricas o de estado; en la tercera etapa se efectúan los balances de materiales, de energía y de exergía, se calculan las eficiencias energéticas y los rendimientos exergéticos, tabulando dichos resultados, para posteriormente realizar su análisis y detectar condiciones que permitan mejorar los rendimientos exergéticos. La siguiente etapa es turnar los resultados del diagnóstico al departamento correspondiente para formular las políticas energéticas a seguir en función de los resultados obtenidos, es decir, después de haber localizado los módulos donde existen ahorros potenciales de energía.

2.1 Definición del proyecto

La etapa de definición del proyecto establece el inicio del proyecto de diagnóstico de energía. En esta fase, **la meta del proyecto es trazar las necesidades y los objetivos a alcanzar**. La visión del diagnóstico de nivel “A” está usualmente limitada a un diagnóstico del combustible o energético consumido en la totalidad de las instalaciones, cada mes durante varios años. El diagnóstico a nivel “B” debe subdividir las instalaciones en unidades (lógicamente estructuradas) consumidoras de energía (departamentos, procesos, etc.) de acuerdo a los resultados del nivel “A”.

En esta etapa se delimita la frontera del proyecto para el diagnóstico. Cabe mencionar que una elección inadecuada de la frontera podría llevar a cálculos demasiado complicados que no justificarían la realización del diagnóstico, por lo que se debe tener sumo cuidado en dicha delimitación. Lo anterior implica que se debe tener alguna idea del alcance y profundidad del diagnóstico y así enfocar los objetivos en forma más precisa para alcanzarlos de manera más eficiente. Es evidente que el **objetivo** general de todo diagnóstico energético es el de **“proporcionar información pertinente al departamento de conservación de energía, o su equivalente, para que éste pueda cumplir con sus funciones básicas instrumentando el o los proyectos y programas adecuados”**.

Si el sistema a diagnosticar es muy grande, se procederá a dividirlo en subsistemas (para el nivel “B”) o en módulos (para el nivel “C”) según sea el caso, de manera conveniente para su análisis, etiquetando las respectivas entradas y salidas para su identificación en cualquier momento, sobre todo para cuando sea el momento de poner atención en aquellos subsistemas o módulos que son susceptibles de un mejoramiento en su funcionamiento energético.

2.2 Obtención de datos

El objetivo de esta etapa es recopilar y registrar los datos necesarios de manera adecuada para su procesamiento y presentación, mas no mostrar las diferentes técnicas de registro y procesamiento de datos, que si bien no son demasiadas, éstas caen dentro del campo de la instrumentación y la programación.

Es en esta etapa en donde se construyen y ensamblan todos los datos energéticos. Para el caso del diagnóstico a nivel “A”, los datos consisten primordialmente de los registros de la compañía de los cuales se pueden desarrollar el consumo histórico de energía. Estos registros son esencialmente de dos tipos: de combustible (incluyendo electricidad) y de producción. En el diagnóstico a nivel “B”, los datos incluyen registros de consumo de energía departamento por departamento (o proceso), inventarios de equipo y datos de construcción de las instalaciones. En este nivel se debe tener sumo cuidado para no invocar errores y cantidades arbitrarias durante el conteo por departamento.

Los datos deben ser registrados de una forma conveniente para operar el diagnóstico, cada planta debe desarrollar sus propios formatos para el diagnóstico, en el anexo 1 se presentan algunos formatos típicos.

Ya que el proyecto se desarrolla desde el diagnóstico a nivel “A” hasta el nivel “C”, más y más huecos deben ser llenados en los registros energéticos. Esos huecos deben ser cubiertos con base en la medición. Se debe tener cuidado en tomar, en forma coordinada, la dimensión temporal de las mediciones, así como las condiciones de operación (carga pico, equilibrio, etc.). En ciertas situaciones, los métodos indirectos o deductivos pueden llegar a sustituir a los actuales sistemas de medición. Deduciendo a partir de valores totales, el diagnosticador puede obtener los valores particulares con una razonable precisión.

Donde se tengan que anotar algunos parámetros que nos son medibles, estos tendrán que ser calculados con base en ecuaciones paramétricas o de estado. Estas consisten en la medición de presiones, temperaturas, tiempos y formas de energía a la entrada y a la salida de cada subsistema o módulo, según sea el caso, y realizar los cálculos pertinentes con base en las ecuaciones paramétricas para obtener las propiedades térmicas y de transporte correspondientes, para su posterior tabulación y análisis en la etapa siguiente.

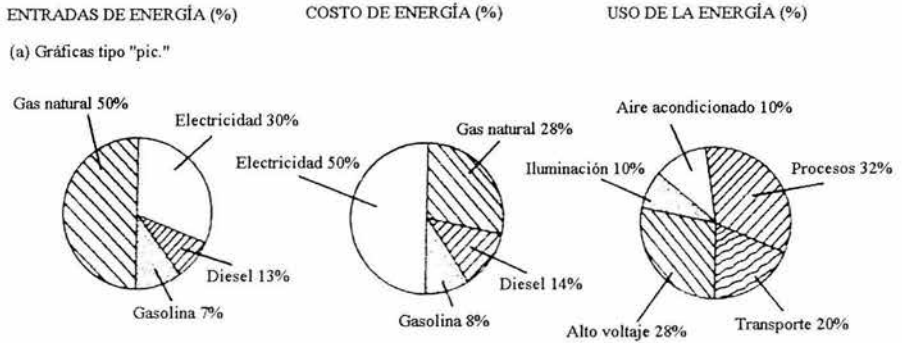
2.3 Análisis de datos

En la etapa de análisis de datos, el diagnosticador pone los datos en formas y formatos adecuados. Es en esta fase del diagnóstico donde los flujos de energía y los balances se vuelven muy claros. Estos deben establecer los diagramas de flujo de materiales (o masa), de energía y de exergía, con base en los balances respectivos, mismos que estarán fundamentados en la ley de conservación de la masa y en la primera y segunda leyes de la termodinámica. Se evaluarán las eficiencias energéticas y los rendimientos exergéticos para su posterior tabulación. Para ello, pueden ser empleadas ciertas técnicas de contabilidad financiera. Tales como las formas comparativas de magnitud, que son reportes del uso de la energía presentados en forma de porcentaje. Cada cantidad (pérdidas, trabajo, distribución, etc.) está dada como un porcentaje de la energía total consumida. Esos formatos se presentan frecuentemente con base en dos o más balances de energía de la misma operación en diferentes épocas, dos o más plantas, o dos o más departamentos o sistemas en el mismo periodo. Este tipo de presentación facilita la comparación entre periodos recientes y pasados, o entre un departamento y otro. Las formas son representaciones gráficas (carta tipo “pie”, gráficas de barras, diagramas de flechas) figuras 2.1 a, b y c.

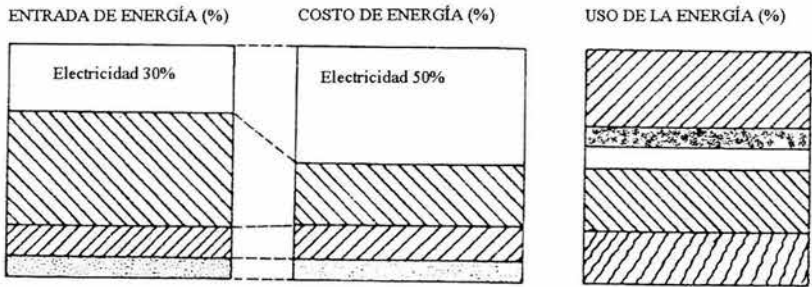
Las formas anteriores ayudan a presentar los datos de energía como razones. Por ejemplo, combustible consumido en calderas por kilogramo de vapor o combustible consumido en calderas por unidad de producción. Se debe de tener cuidado con el manejo de este tipo de razones ya que hacen una relación fácil de manejar pero ello no indica si la relación es buena o mala.

Como fue mencionado anteriormente, se ha visto que en esta etapa del diagnóstico energético es donde se presentan las mayores dificultades por superar pues es necesario abordar cálculos de exergía que involucran un estrecho acercamiento con el concepto de entropía.

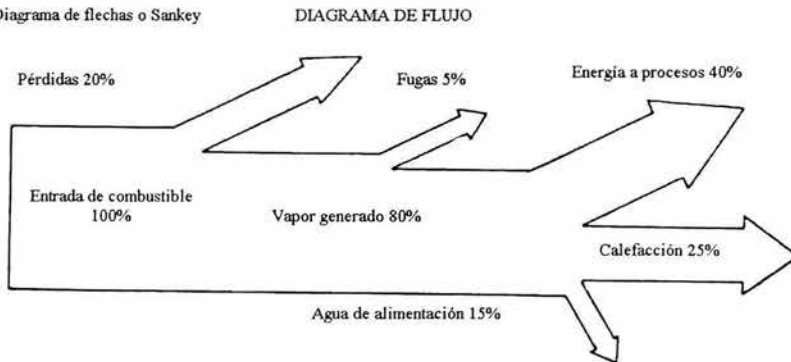
Fig. 2.1 Representaciones gráficas



(b) Gráfica de barras



(c) Diagrama de flechas o Sankey



Fuente: "Administración y Ahorro de energía", Ambriz García Juan José, UAM Iztapalapa, pp 136

Las secciones que se muestran a continuación proporcionan una guía para definir y evaluar el diagnóstico de energía en sistemas particulares de las instalaciones y los servicios.

Estas elecciones definen las relaciones existentes entre los requerimientos de energía y la forma de operación de los componentes más importantes del sistema.

2.4 Etapas para identificar medidas de ahorro de rápida recuperación

A continuación se describe, en un estudio energético general, las etapas a seguir para identificar las oportunidades de ahorro de energía.

2.4.1 Introducción

Para apoyar a los inmuebles que se encuentran en situaciones poco adecuadas, se necesita que sus directivos tomen medidas rápidas y efectivas. Una de ellas es la de instaurar programas de uso racional de la energía, con lo que se pueden lograr ahorros del orden del 10 al 40% o más en los consumos actuales de las instalaciones sin necesidad de disminuir las horas de operación.

Pero para lograr lo anterior es necesario que el ahorro de energía se lleve a cabo de forma ordenada, lo que implica el seguimiento de una metodología para instaurar planes y programas de uso racional.

En el caso particular de nuestro país, que recién inicia sus experiencias en el campo, nos hemos percatado que el denominado diagnóstico de recorrido o elemental, es insuficiente para atraer la atención de los directivos ya que difícilmente perciben el interés económico de ahorrar energía. Un diagnóstico más profundo implica el uso de instrumentación adicional y personal calificado, lo que representa un elevado costo económico que el directivo normalmente no acepta cubrir.

Por tal motivo, en el presente apartado se desarrolla una metodología de diagnóstico energético con las siguientes características:

- a) Proporciona información técnica-económica suficiente sobre el potencial de ahorro y posibles medidas de aprovechamiento.
- b) Requiere de un mínimo de recursos humanos y materiales para que su costo sea bajo.
- c) Sirve de elemento detonador para iniciar los programas de uso racional de la energía de las instalaciones bajo estudio.

Para cumplir con estos objetivos se plantea una metodología de diagnóstico energético que consistirá en los siguientes pasos:

- Solicitud y recopilación de la información histórica.
- Análisis de la información.
- Evaluación del impacto de consumo de energéticos en los costos de operación.
- Recorrido por las instalaciones.
- Identificación de oportunidades de ahorro de energía.
- Planteamiento de la estrategia a seguir.
- Instrumentación y mediciones.
- Evaluación del potencial de ahorro.
- Análisis de factibilidad de realización.
- Desarrollo de las alternativas más atractivas.
- Evaluación económica.
- Elaboración del informe.
- Reunión de presentación de resultados ante la gerencia de las instalaciones.

2.4.2 Solicitud, recopilación y análisis de la información histórica

Una parte esencial de un diagnóstico energético es la información histórica del consumo de energía de las instalaciones, ésta debe ser solicitada por el auditor al departamento de control de consumos o de gastos de la institución, es necesario que esta información sea lo más detallada posible, es decir, expresada por tipo de energético, datos de por lo menos un año en intervalos de tiempo normales, esto es el levantamiento de un censo de carga.

Otro inciso a desarrollar, es la recopilación de datos tales como capacidad instalada, datos de placa y censo de equipos tanto térmicos como eléctricos, y consumo de energéticos e iniciar el control estadístico del consumo energético en las instalaciones.

La recopilación de información puede ser lenta, pues en algunas ocasiones no se cuenta con la mayoría de las facturas que es de donde se extrae la información requerida.

Es recomendable solicitar la información citada en el párrafo anterior con anticipación, para no retrasar el tiempo destinado a esta etapa del diagnóstico.

Para analizar la información se debe de contar con los datos de registro de consumo de energía de las instalaciones de por lo menos un año, de los que se pueden obtener los comportamientos y tendencias mediante gráficas de consumos energéticos contra el tiempo; esto permitirá notar variaciones importantes de un intervalo de tiempo a otro por equipo, con lo cual se tendrá una idea más precisa de las instalaciones y su forma de operar.

Es necesario solicitar a la institución un lugar destinado para el trabajo de gabinete de la auditoría energética, el cual debe estar en las instalaciones para tener acceso a la misma en el momento que se desee alguna información o cualquier otro dato para no interrumpir la

secuencia del trabajo, ni perder tiempo en transportarse en caso de estar en algún lugar lejos de la industria.

En el lugar destinado se recomienda solicitar una computadora para elaborar en ella las bases de datos de la información recabada y después generar las gráficas que sean de interés para ser analizadas, criticadas y comparadas por el auditor, contra las de otras compañías nacionales e internacionales.

De aquí se obtienen índices energéticos que describen las tendencias energéticas de las instalaciones y la importancia de cada energético según los consumos.

2.4.3 Evaluación del impacto del consumo de energéticos en los costos de operación

En esta parte el auditor evalúa los consumos energéticos. Para llevar a cabo esta sección se necesita contar con la información recabada y analizada anteriormente.

Se obtienen los consumos mensuales o anuales, denominados consumo global de las instalaciones que son referidos a una unidad común de energía y así se podrá conocer la energía consumida.

El indicador Consumos Específicos, que se obtiene mediante la relación mostrada abajo, será de gran ayuda en la evaluación final del diagnóstico energético, pues éste se comparará con el consumo que se propondrá al final de las ideas del ahorro de energía; la diferencia entre ambas es el potencial de ahorro logrado después de la auditoría energética. La manera de representarlo es:

$$\frac{\text{Cantidad de energía consumida}}{\text{Unidad de área construida}}$$

La unidad de área construida esta dada por el número de metros cuadrados de todo el inmueble, según sea la manera en que esté disponible la información o se desee trabajar. Otra manera de cuantificar el consumo de energía es la siguiente:

$$\text{Cantidad de energía consumida} = \text{Energía eléctrica} + \text{Energía térmica} + \text{Otras energías}$$

2.4.4 Recorrido por las instalaciones

Antes de hacer el recorrido por las instalaciones es necesario conocer la manera de operar de las mismas, esto porque el auditor va a ayudar a resolver problemas que se presentan en las instalaciones y que las personas que ahí laboran no logran detectar, ni mucho menos resolver. Es por eso que el prepararse sobre el tema ayudará a que en poco tiempo sea posible detectar fallas en las instalaciones y oportunidades de ahorro de energía.

Ya en las instalaciones, se recomienda establecer una conversación con la persona que conozca más las funciones de todas sus partes, así como las variaciones que ocurren y que provocan alteraciones en los consumos de energía.

Habrá que observar si la institución cuenta con los planos de ubicación de cargas; de ser así, se identificarán:

- Las dimensiones del terreno de la empresa con fines de orientación (cuando ésta es muy grande).
- Los grupos de máquinas para un mismo fin.
- Las líneas conductoras de energéticos.
- Las oficinas generales de apoyo administrativo.
- Los sistemas de iluminación de las instalaciones.
- Los talleres de apoyo a la operación.
- El voltaje de operación de los equipos.
- El riesgo de accidente al efectuar el recorrido.

Se solicita el voltaje de operación de los equipos con la finalidad de saber si alguno de ellos funciona con más de 600 Volts, esto con la finalidad de utilizar el equipo de medición adecuado.

Los planos son para identificar los puntos de interés sobre ahorro de energía, cuando las instalaciones son demasiado grandes y el tiempo de trabajo es corto; también para orientarse dentro de las instalaciones, así como para darle seguimiento a una línea de conducción de energéticos en la cual se tenga interés.

Una vez terminada la explicación introductoria se procede a efectuar el recorrido por las instalaciones; debe mantenerse la atención durante todo el recorrido, olvidar cualquier cosa que ocupe la mente que no sea el modo de operar del inmueble para absorber al máximo los posibles errores de operación, hacer las preguntas que vayan surgiendo durante el camino o anotarlas para después obtener respuesta; también debe mostrarse interés por las instalaciones y deseos de resolver las deficiencias presentes.

La visita a las instalaciones tiene como objetivo la detección de oportunidades de ahorro obvias y el planteamiento de una cartera de alternativas para trabajar en ellas. Es importante anotar las oportunidades de ahorro obvias de ahorro detectadas para dedicarles tiempo, después del recorrido, a cada una de ellas y discutir las con el equipo de trabajo.

La auditoría de recorrido podrá ser muy simple en instalaciones pequeñas donde se empleen pocos energéticos, o muy complicada cuando haya una gran cantidad de arreglos de equipos. Sin embargo, los principios básicos son los mismos.

2.4.5 Identificación de oportunidades de ahorro

Al terminar el recorrido es recomendable listar las oportunidades de ahorro detectadas y discutir las con los compañeros auditores, de igual manera deben discutirse las que ellos han detectado y al final de la reunión establecer una serie de puntos posibles de trabajo para establecer una cartera de alternativas y valorar el potencial de ahorro en cada una de ellas. La cartera debe estar ordenada de tal forma que aparezcan en primer término los puntos más importantes que ofrezcan mejores e inmediatos resultados, debido a que el tiempo y el presupuesto son limitados.

Existen puntos que deben ser considerados como base para trabajar en ellos, los cuales se listan a continuación para cada uno de los puntos a desarrollar:⁹

- a) Generación y conducción de vapor y calor.
 - El tipo de combustible utilizado y eficiencia de combustión.
 - Tipo de aislamiento térmico utilizado y condiciones en las que se encuentra.
 - Presión y Temperatura de operación de trabajo.
 - Recuperación de condensados.
 - Fugas de vapor.
 - Empleo de vapor en el proceso.
 - Tipo y cantidad de quemadores.
 - Equipos de medición de flujos de gas y aire.
 - Energía eléctrica utilizada en equipos auxiliares.

- b) Sistemas de iluminación.
 - Las condiciones actuales de iluminación.
 - Tipo de lámparas.
 - La potencia de cada equipo.
 - Distribución de los equipos de iluminación dentro de las instalaciones.
 - Considerar los tiempos de encendido.
 - Contabilizar el área de láminas traslúcidas.
 - Investigar si los circuitos de encendido son generales o individuales.

- c) Aire acondicionado.
 - Tipo de equipo acondicionador de ambiente.
 - Condición actual del aislamiento térmico del local.
 - Incidencia de radiación solar sobre las ventanas.
 - Aislamiento de ductos o tuberías conductoras de aire o agua.
 - Mantenimiento de filtros de aire (frecuencia).
 - Temperatura de operación.
 - Horario de operación.
 - Fugas obvias a través de puertas y ventanas abiertas.

⁹ Ambriz García Juan José, "Administración y Ahorro de energía", UAM Iztapalapa, pp. 142.

d) Aire comprimido.

- Número y tipo de compresores.
- Presión a la que opera el apagado automático de la unidad.
- Presión de trabajo.
- Longitud y diámetro de las líneas conductoras de aire.
- Ubicación de la unidad o unidades con respecto al área de utilización.
- Estimar el diámetro de los orificios de fuga de aire.

Para iniciar esta etapa ya se cuenta con la información necesaria de los equipos, por lo tanto, se conocen sus condiciones de operación, las cuales se pueden comparar con las reportadas por el fabricante o, en su caso, con los datos ideales y calcular su eficiencia. Para lograr acercarnos a ese dato de eficiencia es necesario introducir una guía de puntos posibles de ahorro en una auditoría energética y trabajar sobre ellos con la idea de ahorrar energía de la manera más rentable posible.

Los posibles puntos de incremento de eficiencia varían en el ahorro y en el tipo de operación a realizar, al igual que en la inversión necesaria. De aquí se deriva la diferencia entre las posibles operaciones a ejecutar: las que requieren inversión y las que no; en esta última categoría se cuentan las que solo aplican las bases de mantenimiento y en la primera las que racionalizan el uso de energía para optimizar su utilización.

El objetivo de esta parte del trabajo es la identificación de alternativas para ahorrar energía con mínima o nula inversión, para que su recuperación monetaria o los resultados del beneficio se vean reflejados rápidamente en la economía de la institución.

De lo anterior es posible organizar los puntos posibles de ahorro en tres categorías. En primer lugar las que no requieren inversión pues se derivan de una mala operación; después las que requieren de mínima o nula inversión, por último, las que necesitan de inversión mayor como resultado de un análisis de rentabilidad y un detallado trabajo de ingeniería especializada en el diseño de equipos.

2.4.6 Planteamiento de la estrategia a seguir

Una vez determinadas las oportunidades de ahorro, es necesario marcar una ruta de seguimiento para llevarlas a cabo. Esto es, plantear una estrategia a seguir de acuerdo con la importancia que presenten cada una de las oportunidades de ahorro.

En la planeación de la estrategia influyen varios factores que son determinantes en la continuación de la metodología de diagnóstico energético; algunos de estos factores son la situación tanto técnica como económica de las instalaciones, la disponibilidad de personal y de la tecnología necesaria para mejorar la operación dentro del inmueble y el interés que demuestren los directivos por el trabajo que se está desarrollando dentro de la instalación a su cargo. Debido a esas razones y algunas otras más que se presentan, según sea el caso, es importante que queden muy claros los alcances del diagnóstico energético para preparar una secuencia de trabajo real, que lleve a cabo las propuestas que se adaptan a las

posibilidades de cada inmueble así como planear para el futuro la aplicación de las medidas o acciones, que por el momento no son posibles por dificultades técnicas y económicas.

2.4.7 Instrumentación y mediciones

Un diagnóstico energético es un proyecto complejo, pero puede ser ejecutado adecuadamente cuando se realiza de manera secuencial. Cada paso de diagnóstico energético es un proceso de estudio para las fases subsecuentes, que lleva de lo general a lo específico.

Después de cada paso se toman acciones para incrementar la eficiencia energética y/o pasar al siguiente nivel del diagnóstico, que requiere de información más detallada.

Este modo de conducir el diagnóstico es razonablemente eficiente, pues en cada fase se elevan al máximo los esfuerzos con los que se identifican los puntos en los cuales es más probable un ahorro de energía y, de esta manera, se diagnostican las oportunidades de uso racional en un tiempo bastante reducido.

No obstante, la agilidad del diagnóstico se enfrenta a la falta parcial o total de datos de aquellas variables de interés para el estudio energético del sistema.

Por tal motivo, es necesario contar con equipamiento portátil, preferentemente no invasivo, para obtener la información requerida con suficiente facilidad, precisión y claridad; además que se pueden efectuar mediciones en diferentes puntos del diagrama de flujo y en distintos equipos.

Aunque habrá muchas ocasiones en las que necesariamente se debe dejar instalado uno o varios equipos de medición, el nivel de instrumentación necesario depende en cada caso, de una serie de factores, tales como la naturaleza de la operación, consumo de energía y potencial de energía recuperable.

Finalmente, la inversión para la instalación de un sistema de instrumentación es elevada, pero si se consideran adicionalmente los beneficios que se tendrán al ahorrar energía, entonces la inversión es muy atractiva.

Las mediciones brindarán datos reales de cada parámetro y darán la posibilidad de estar probando continuamente las variaciones que se puedan presentar.

Las variables más comunes que tienen que ser medidas son Presión, Temperatura, Flujo, Composición de gases de combustión, Voltaje, Amperaje, Demanda y Factor de potencia.

2.4.8 Evaluación del potencial de ahorro

Una vez que han sido detectados por el auditor los posibles puntos de ahorro de energía dentro de las instalaciones, se empieza a trabajar en cada uno de ellos en orden de importancia, para hacer una selección de los puntos con mayor probabilidad e interés de realización.

Para evaluar el potencial de ahorro de energía en los puntos detectados, es necesario efectuar balances de energía; de esta manera se contabilizan las pérdidas que se tengan durante el proceso o en el equipo. El auditor realizará los balances de energía para cada equipo o proceso de interés, con ayuda de diagramas de flujo y esquemas que representen de manera general el proceso.

La importancia de los balances de energía radica en medir, realmente, la cantidad de energía utilizada en los equipos y procesos de las instalaciones en un tiempo determinado, lo que brinda al auditor una idea cercana de la situación energética de la institución.

Con ayuda de los resultados del balance de energía, se puede determinar el consumo de energía por unidad de tiempo, así como el costo real de la energía utilizada. Ya conocidas las condiciones de operación, se realiza otro balance de energía; ahora, con las mejoras propuestas al equipo, tratando de aprovechar la eficiencia máxima del punto de ahorro detectado.

Los resultados servirán para ser comparados con el balance de energía actual y así, determinar el potencial de ahorro de energía, que después debe ser convertido a unidades monetarias para que sea considerada la factibilidad económica y, por lo tanto, su realización.

Para que se vean reflejados los resultados de la auditoria, las modificaciones que se propongan al proceso deben, por lo menos, mantener el modo de operación actual y de ser posible mejorarlo, es decir, mantener las mismas condiciones con menor cantidad de energía, repercutiendo económicamente en un menor costo de operación de las instalaciones.

Para determinar el consumo de energía y medir el funcionamiento real de un equipo o línea de producción, debe realizarse un balance de energía.

En todo balance es fundamental que las condiciones en que se hacen las mediciones sean las mismas al principio y al final de la labor.

En la parte térmica serían Temperaturas de paredes, Análisis de gases de combustión, Cantidad de combustible consumido, Temperatura de gases de combustión a la salida de la chimenea, Purgas, Condensados, Fugas de calor, etc. En la parte eléctrica, la Carga Instalada, la Distribución eléctrica y Tiempos de utilización de equipos eléctricos como motores, compresores, alumbrado, aire condicionado, equipos de refrigeración, eficiencia, estado actual de los equipos, así como los modos de operación.

Otro punto importante en los balances de energía dentro de los equipos industriales es ubicar el tipo de funcionamiento sobre el que se está trabajando, es decir, si es intermitente o continuo.

2.4.9 Consulta de factibilidad de realización de las propuestas

En muchas ocasiones, la evaluación técnica de alguna propuesta puede ofrecer grandes ahorros de energía, sin embargo, pueden existir otras razones que impidan su ejecución. Las razones son, generalmente la sustitución de equipos que a un auditor le pueden parecer innecesarias y, lógicamente, sustituirlos por equipos modernos que representan una oportunidad de ahorro, pero al momento de hacer la propuesta se observa que no es posible, debido a que si se llevara a cabo, no se satisfacen las condiciones de operación.

Este es uno de los casos problemáticos que pueden presentarse, pero como en este tipo de trabajos hay que tener siempre presente que cada inmueble es un mundo nuevo al que se debe analizar cuidadosamente tal como si fuera la primera vez, pues aunque ya se hayan visitado otros similares, siempre habrá algo diferente que aprender y estudiar.

Debido a lo anterior, es conveniente que una vez evaluado un punto de ahorro se consulte con el ingeniero de planta las posibles acciones quien, con la ayuda de su experiencia dentro de la empresa, apoye en la evaluación de la factibilidad del proyecto de ahorro del punto detectado.

Cuando la propuesta ha sido aprobada por la persona indicada dentro de las instalaciones, se procede a mostrar la opción planteada a los directivos que son al final los que deciden, económicamente hablando, si es posible realizar una inversión de este tipo debido a la situación económica, o invertir en las propuestas que ofrezcan mayores ganancias. También es importante la investigación por parte del auditor del mercado de equipos recomendados, para ver su disponibilidad.

2.4.10 Desarrollo de las alternativas más atractivas

Cuando en la institución se ha hecho un diagnóstico energético y se cuenta con la disponibilidad para implementar los puntos de ahorro detectados y señalados como atractivos, se procede a su realización.

El objetivo de esta etapa es desarrollar las alternativas que presenten mayor claridad y calidad para valorar el ahorro de energía.

La asignación puede hacerse invirtiendo todo el tiempo disponible en el proyecto más importante de la lista de alternativas, o combinando varios proyectos pequeños pero igualmente significativos, que también darán beneficios en el ahorro de energía.

También se debe valorar la capacidad técnica de los recursos humanos para llevar a cabo con precisión todas las propuestas hechas por los auditores; la disponibilidad de los equipos en el mercado, mediante el mejoramiento de las instalaciones y esforzándose para ello.

La manera de elegir las opciones para el ahorro de energía es la clasificación de los proyectos:

- **Acciones inmediatas:** Este tipo de acciones no requiere inversión ni mano de obra del exterior, simplemente se trata de llevar a cabo una promoción del uso eficiente de la energía dentro de las instalaciones, mantenimiento de los equipos y mejor manejo de ellos apegándose a las instrucciones de operación y no al manejo tradicional de los mismos.
- **Acciones a corto plazo:** Aquí se trata de aumentar el rendimiento energético de los equipos, enfatizando el proyecto en la mejora del servicio de mantenimiento.
- **Acciones a mediano plazo:** En esta parte será necesario realizar estudios un poco más profundos ya que se trata de recuperar y aprovechar las energías residuales, investigar sobre medidores para detectar equipos carentes de ellos o en mal estado, automatizar equipos, etc.
- **Acciones a largo plazo:** En esta etapa se necesita de mucha dedicación pues se pretende cambiar el modo de operar, con la finalidad de obtener un menor consumo de energía.

Al final de esta etapa se logra la selección y el desarrollo de las alternativas más atractivas y se procede a la evaluación económica de cada una de ellas.

2.4.11 Evaluación económica

Una vez desarrolladas las alternativas, y seleccionadas las más atractivas energéticamente, se procede a la evaluación económica, con la finalidad de que se tenga una idea clara de la posibilidad de llevar a cabo los proyectos de ahorro de energía gracias a la rentabilidad de la inversión, y sea posible darle un lugar dentro de la lista de inversiones programadas por la institución.

Esta acción debe ser desarrollada por expertos en evaluación económica, ya que es importante conocer la gama de posibilidades para recuperar las inversiones de los proyectos de ahorro de energía en el menor tiempo posible, lo cual es el objetivo principal de esta metodología.

Además del análisis económico de las oportunidades de ahorro de energía, es conveniente realizar un análisis financiero cuando el usuario pide un préstamo bancario, es decir, plantear un calendario de pagos y retornos de la inversión, de tal manera que el análisis financiero complementa al económico.

Las inversiones en ahorro de energía siguen el mismo tipo de principios que cualquier otra inversión. Sin embargo, tiene la característica de ser más atractivas que otras ya que las inversiones que se hacen para un proyecto de ahorro de energía se pagan con el ahorro de la misma.

Se pueden plantear dos parámetros de evaluación económica de la inversión, según se tenga en cuenta el valor del dinero a lo largo del tiempo. Dentro de los parámetros de evaluación que se conocen están los de primer y segundo grado.

Los de primer grado son los que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo. Estos parámetros permiten saber si una inversión puede ser recuperada en un tiempo razonable comparado con la vida del material estimada. Normalmente si el tiempo de recuperación es menor de la mitad de la vida estimada, la inversión es rentable. Se toma en cuenta cuando la motivación principal es recuperar la inversión lo antes posible con beneficio generado lo antes posible.

Los de segundo grado son los que sí toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo. En estos parámetros se trata únicamente la relación beneficio costo.

En cualquiera de los dos parámetros puede considerarse el valor del energético, pero no los impuestos, ni la inflación, ni la tasa de interés, etc., ya que todos estos factores complican la forma de evaluar un proyecto energético. Existe otro parámetro, de tercer grado, que incluye todos los factores que alteran los cálculos económicos.

En los casos de conservación de energía, la oportunidad y el atractivo de la inversión generalmente son tan claros, que se considera suficiente la utilización de los parámetros de primer y segundo grado.

2.4.12 Elaboración del informe

El informe final de la auditoría energética es la parte más importante, ya que es el resultado de todo el trabajo realizado dentro y fuera de las instalaciones. Por lo tanto, dentro de él debe hacerse valer el tiempo empleado para llegar a esta parte de la metodología. Un informe completo debe contener los siguientes elementos:

- a) **Portada:** Primeramente, el informe debe tener una buena carta de presentación: una portada atractiva y con la información precisa de la institución (Nombre, Dirección, Teléfono y Giro), Fecha de realización, Nombre de la empresa o persona que desarrollo el diagnóstico energético; enseguida se enlistan las personas que intervinieron para el desarrollo de la auditoría. Asimismo, es conveniente mencionar la colaboración de la persona que estuvo a cargo del seguimiento del trabajo ya que es la persona que tiene más experiencia dentro de las instalaciones y gracias a su ayuda se adquirió un mayor conocimiento del proceso. Después se dictan las personas a las cuales va dirigido el reporte; como son los directivos, y al final un agradecimiento a la institución por el apoyo brindado para la realización del estudio dentro de las instalaciones.
- b) **Introducción:** Después de la portada se presenta una introducción para exponer clara y brevemente las causas, objeto y alcances del reporte.
- c) **Datos obtenidos en la recopilación de información:** Enseguida se enlistan los datos básicos de la instalación, tales como consumos de energía por año de las

diferentes fuentes y en sus respectivas unidades, así como los costos económicos y energéticos por año.

- d) **Descripción general del proceso después del recorrido por las instalaciones:** Se debe de redactar un resumen del proceso de operación de las instalaciones con el objeto de que cualquier persona tenga bases suficientes para leer el reporte final, esto es necesario debido a que no todos los directivos saben qué es lo que pasa exactamente dentro de sus instalaciones.
- e) **Listado de los puntos de ahorro detectados:** En esta parte se numeran las oportunidades de ahorro detectadas por el auditor en orden de importancia.
- f) **Desarrollo de los puntos listados anteriormente:** Aquí se desarrolla independientemente cada uno de los puntos, mostrando tablas de consumo de energía y mediciones obtenidas en cada caso. También se hace una explicación con mayor detalle del equipo de consumo; de la situación en que se encuentra trabajando y, por lo tanto, las opciones planteadas para dar solución a los excesos de consumo de energía y mejorar el funcionamiento del equipo; mostrando las inversiones que se recomienda efectuar así como el ahorro en unidades energéticas y monetarias que se obtienen con dicha inversión.
- g) **Resumen de oportunidades de ahorro de energía:** Al final de la descripción de cada una de las oportunidades de ahorro de energía se aconseja vaciar en una tabla el nombre del proyecto, la cantidad de energía ahorrada al año, el ahorro anual en unidades monetarias, la inversión en unidades monetarias y el periodo de recuperación en años; para manejar de una manera más fácil los resultados de la auditoría energética.
- h) **Anexos:** Al final del reporte se deben presentar los anexos de cada una de las opciones propuestas, ya sean modificaciones al proceso de manera esquemática, tablas de resultados, recomendaciones fuera de evaluación o fuera de tiempo, etc.

2.4.13 Reunión de presentación de resultados ante la gerencia

Una vez terminado el informe, el auditor debe concertar una cita con los directivos o dueños de las instalaciones para exponer con detalle, apoyado con material visual de ser posible, los resultados obtenidos con la auditoría energética, se entrega un informe a cada uno de los directivos y se explica como se logro obtener los datos finales.

Después de la explicación es recomendable que el auditor sugiera que se le formulen preguntas para aclarar las dudas que surjan del trabajo realizado y, de esta manera, dar por cumplido el trabajo de la auditoría.

2.5 Introducción a un estudio real

A partir del siguiente capítulo, se presenta un estudio real llevado a cabo en las instalaciones del inmueble que alberga a la Coordinación de Construcción, Conservación y Equipamiento del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS).

Este estudio se basó en la metodología de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE) en lo referente al sistema de alumbrado, y con apoyo en la literatura existente sobre el tema.

Con esta auditoría se pretende, primeramente, hacer una evaluación de cómo y donde se consume la energía eléctrica, para verificar si se está haciendo un uso racional y eficiente de éste energético, y en segundo lugar, detectar si existen áreas donde se tengan potenciales de ahorro energía, de ser así, se harán propuestas para disminuir el consumo de energía, y un análisis técnico-económico de las principales. El análisis evaluará la rentabilidad de las mismas para ver si es factible hacer o no una inversión con el fin de lograr los ahorros detectados. De no ser factible solo se harán recomendaciones operacionales que no necesiten inversión.

Capítulo 3

Sistema de Iluminación

Introducción¹⁰

Desde el punto de vista físico, la luz se relaciona con la porción del espectro electromagnético que se encuentra comprendido entre la longitudes de onda de 380 a 780 nanómetros. Estos límites pueden variar de acuerdo a cada individuo.

La energía radiante de longitudes de onda apropiadas, hace visible cualquier cosa desde la cual se emite o se refleja en suficiente cantidad para activar los receptores en el ojo humano.

La energía radiante puede evaluarse en diferentes formas siendo las dos más importantes:

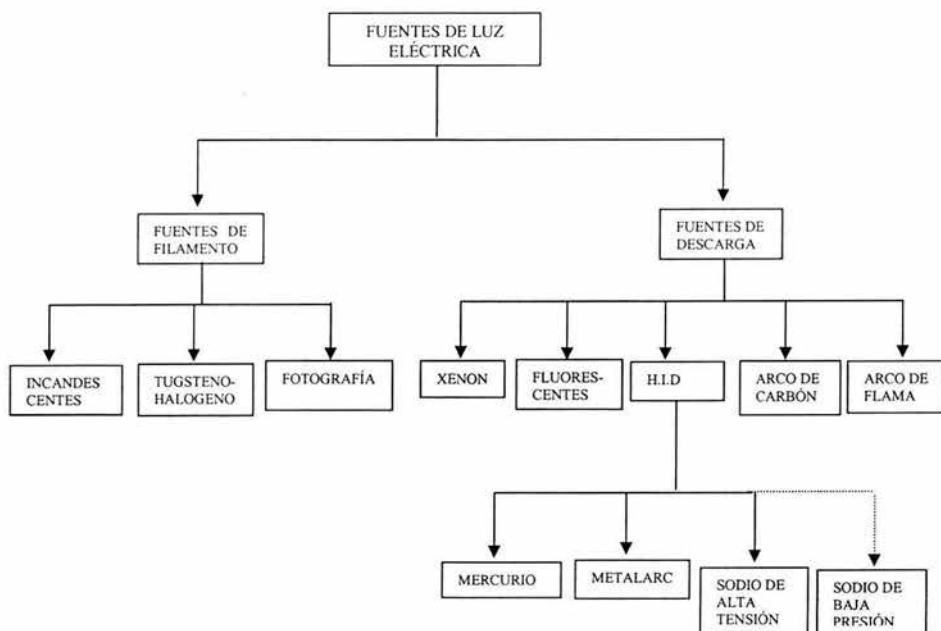
- 1) Flujo radiante: es la relación del flujo al tiempo de cualquier parte de la porción espectral de la energía radiante medido en Joules por segundo o en watts.
- 2) Flujo luminoso: la relación del flujo al tiempo de la parte luminosa de la energía radiante espectral medida en lúmenes.

¹⁰ Manual Eléctrico CONELEC.

3.1 Fuentes de iluminación

3.1.1 Clasificación

Las fuentes de iluminación se clasifican de la siguiente manera:



Para el estudio llevado a cabo en las instalaciones del IMSS, solo se tomaron en cuenta las lámparas incandescentes y las lámparas fluorescentes debido a que son las únicas existentes en el inmueble.

Lámparas incandescentes

La lámpara incandescente se compone de un filamento de alambre que va colocado en un montaje adecuado y encerrado en un bulbo de vidrio relleno de gas o al vacío. Al conectarse la lámpara a un circuito eléctrico, la corriente que pasa por el alambre del filamento tiene que superar su resistencia y la energía consumida calienta el filamento al punto de incandescencia, haciéndolo que destelle. En este tipo de lámparas se ha logrado una eficiencia de 23 lpw (lúmenes por watt) en los tipos grandes comerciales que se usan hoy en día.

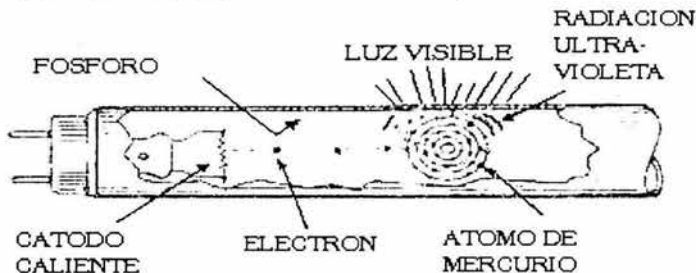
El filamento de este tipo de lámparas inicialmente era de carbono ya que su temperatura de fusión era de 6422 °F, estos filamentos se usaron por muchos años hasta que se empezaron a sustituir por osmio y tantalio, pero al perfeccionarse el estirado de tungsteno, éste reemplazó al carbón casi universalmente, el material es muy durable, sin embargo el motivo primordial para utilizarlo es que puede arder a una temperatura casi igual a su temperatura de fusión sin evaporarse rápidamente.

Lámparas fluorescentes

La lámpara fluorescente es una fuente de descarga eléctrica que hace uso de la energía ultravioleta generada a una alta eficiencia por un vapor de mercurio en un gas inerte (argón neón o kriptón) a baja presión para activar el revestimiento del material fluorescente (fósforo) depositado sobre la superficie interna de un tubo de vidrio. El fósforo simplemente actúa como transformador para convertir la luz ultravioleta invisible al ojo humano en luz visible.

Esencialmente la lámpara es un bulbo tubular revestido y evacuado que contiene una pequeña cantidad de mercurio y de gas inerte. Un electrodo especialmente tratado denominado cátodo caliente, va sellado en ambos extremos. En la figura 3.1 se muestra la forma en que se genera la luz en una lámpara de cátodo caliente.

Fig. 3.1 Forma en que se produce la luz en una lámpara de cátodo caliente



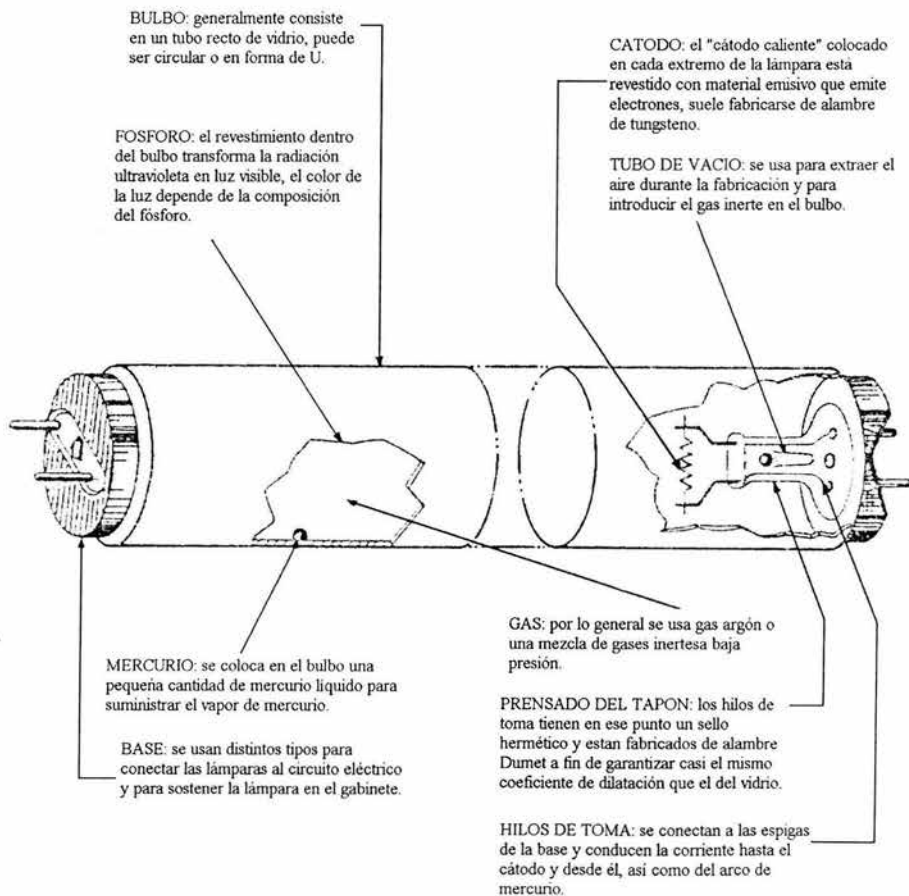
Al encenderse inicialmente una lámpara fluorescente, el paso de la corriente a través de los electrodos hace que estos se calienten y liberen electrones del material emisivo con el cual están revestidos. Además de los electrones liberados térmicamente, existen también electrones liberados por la diferencia de potencial entre los electrodos. Estos electrones viajan a altas velocidades de un electrodo hacia otro estableciendo una descarga eléctrica o arco a través del vapor de mercurio. La lámpara se calienta rápidamente, aumentando la presión de vapor de mercurio al valor de máxima eficiencia.

Un arco de esa naturaleza encerrado en un tubo de vidrio, tiene ciertas características que varían con la presión del gas y con el voltaje aplicado a los electrodos. La característica más importante es la producción de luz visible y ultravioleta. El choque entre los electrones de rápido movimiento y los átomos de mercurio desprenden los electrones de los átomos de mercurio de su órbita. Estos electrones desplazados retornan casi inmediatamente a su lugar normal, liberando, por lo tanto, la energía que han absorbido.

La radiación ultravioleta es convertida en luz visible por el fósforo, el cual tiene la propiedad de absorber la energía ultravioleta y volverla a irradiar en longitudes de onda mayores que se pueden observar como luz visible. En otras palabras, el fósforo es excitado hasta el punto de fluorescencia por la energía ultravioleta de la longitud de onda debida. El color de la luz producida depende de la composición química del revestimiento que va dentro del bulbo.

En la figura 3.2 se muestran los componentes básicos de una lámpara típica fluorescente de cátodo caliente. La forma y tamaño del bulbo de una lámpara fluorescente se expresa mediante una clave que consiste en la letra "T" (designando la forma tubular), la cual va seguida de un número que expresa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada, el diámetro puede variar desde T-5 (5/8) a T-17 (2-1/8).

Fig. 3.2 Elementos básicos de una lámpara fluorescente de cátodo caliente



3.2 Metodología para analizar el sistema de iluminación¹¹

3.2.1 Levantamiento de datos

En el proceso del diagnóstico energético, el levantamiento de datos es la etapa de mayor importancia para el buen desarrollo del estudio, ya que las subsecuentes etapas están fundamentadas en ella.

Esta etapa es desarrollada por el usuario. Como la metodología aquí expuesta es desarrollada por CONAE, la dependencia contará con el apoyo de ésta institución.

3.2.2 Recursos con los que debe de contar el personal

Se recomienda que el personal encargado de llevar a cabo el levantamiento de datos cuente con los siguientes atributos:

- a) Responsabilidad en la operación y mantenimiento del inmueble o apoyo de quien realiza las funciones.
- b) Acceso a la información propia del inmueble, como son las facturas eléctricas y planos arquitectónicos.
- c) Disponibilidad de tiempo completo. El tiempo de trabajo dependerá del tamaño del inmueble, complejidad del sistema, disponibilidad de la información, habilidad y tiempo dedicado a este.
- d) Autorización de entrada a todas las áreas del inmueble.
- e) Conocimientos básicos en los equipos de alumbrado.
- f) Una o más personas para que lo auxilien.

3.2.3 Actividades

En el levantamiento de datos se establece como tarea fundamental el llenado de cuestionarios que tendrán que capturarse en formatos tipo, incluidos en el anexo 1¹².

1. Datos básicos del inmueble.
2. Datos de facturación eléctrica.
3. Zonificación de áreas.
4. Equipos de alumbrado.

Adicionalmente se solicita al usuario expresar sus comentarios y observaciones sobre la posible problemática existente en el inmueble, así como hacer sugerencias para implantar medidas de ahorro de energía, con o sin inversión, ya sea en el sistema de alumbrado o en otros sistemas eléctricos.

¹¹ Metodologías CONAE, "Iluminación en Inmuebles".

¹² Los formatos se pueden llenar en un programa editado por CONAE para poder ser enviados por correo electrónico, pero antes se pueden llenar los formatos tipo del anexo 1.

A continuación se explica el correcto llenado de los formatos que integrarán los datos requeridos para el desarrollo del estudio en el sistema de alumbrado.

3.2.4 Datos básicos del inmueble

En el formato F1 (anexo 1) se presentan cinco secciones las cuales son:

1. Edificio.
2. Construcción.
3. Horario de trabajo y personal.
4. Electricidad.
5. Aire acondicionado.

Con el fin de entender la información requerida, a continuación se describe cada una de las secciones en el formato:

- **Fecha:** Anotar el día / mes / año en que se hizo el levantamiento.
- **DEN AP:** (Diagnóstico Energético-Administración Pública) permanecerá en blanco; la Conae le asignará un número de registro para el inmueble.

a. Edificio

- **Nombre y dirección de la dependencia o entidad:** Nombre del inmueble o razón social al que corresponde; se indicarán calle, número, localidad, municipio o delegación, código postal y estado de la República Mexicana donde se ubica el inmueble.
- **Uso del inmueble:** Para esta metodología el principal uso del inmueble ya viene indicado: oficina; por lo que solo se indicara si es propio o arrendado.
- **Descripción:** Se debe de especificar si el edificio es moderno, antiguo, inteligente o histórico; o bien anotar una característica que se destaque.

b. Construcción

- **Identificación del edificio:** Aquí al edificio se le designará con la primera letra del alfabeto, y en caso de contar con conjunto de edificios, a los siguientes edificios les corresponderán las subsecuentes letras del alfabeto en orden progresivo.
- **Número de niveles:** Anotar, por cada edificio, el número de niveles con los que cuenta, incluyendo sótanos, estacionamientos, “penthouse”, etc.
- **Área total del edificio:** Anotar la suma de todas las áreas de cada nivel, incluyendo sótanos, estacionamientos, penthouse, etc., en esta etapa se debe de verificar que no exista una desviación de $\pm 5\%$ del valor real con el valor registrado.

- Total (m²): Corresponde a la suma de las áreas construidas de todos los inmuebles, es decir, sumar las áreas de todos y cada uno de los pisos que tiene cada edificio y sumarlas.

- Año de construcción: Anotar el año en que el edificio se terminó de construir.

- Año de operación: Corresponde al año en que el inmueble entra en operación.

c. Horario de trabajo y personal

- Horario de trabajo: Se debe de anotar el horario normal de trabajo (la hora de entrada y la hora de salida); si existen varios horarios, se anotará el más representativo.

- Personal: Se anota el número total de personas que laboran normalmente en el inmueble.

d. Electricidad

- Tarifa: Anotar la tarifa dentro de la cual se encuentra el contrato del servicio eléctrico; si el inmueble cuenta con más de una facturación, deberá de indicarse en la descripción del edificio, que se encuentra en la primera sección de este formato.

- Región: Se debe de anotar la región a la que corresponde la facturación (por ejemplo baja California, centro, sur).

- Capacidad de la subestación: Los inmuebles que se encuentren dentro de las tarifas OM (Ordinaria Media tensión) o HM (Horaria Media tensión) deberán de anotar la potencia de los transformadores que se encuentran en la subestación, en KVA. En caso de tener más de una subestación y/o transformadores, la capacidad total será la suma de las capacidades individuales.

- Capacidad de las plantas de emergencia: La capacidad de las plantas de emergencia se encuentra indicada en los datos de placa del generador de la planta, por lo que se deberá de anotar la potencia de operación continua en KW; en caso de tener la capacidad en KVA, se debe de anotar el Factor de Potencia (FP) correspondiente.

e. Aire acondicionado

- Capacidad del aire acondicionado: En caso de contar con equipo de aire acondicionado, será necesario anotar la capacidad instalada de todos los equipos integrados al sistema, en Toneladas de Refrigeración (TR), así como la potencia eléctrica en kilowatts (KW); si la capacidad se encuentra en HP (Horse Power, por sus siglas en inglés), se debe de multiplicar el valor de los HP por el factor de conversión de 0.746.

- Responsable: Se deberá de anotar los datos del personal que participo en el levantamiento de los datos, indicando nombre, cargo correspondiente y teléfono, con el

fin de establecer comunicación en caso de alguna duda referente a la información proporcionada.

3.2.5 Datos históricos de la facturación eléctrica

Se requiere de la facturación eléctrica del año anterior al de realización. La captura de los datos de la facturación eléctrica se debe de hacer en el formato F2 del anexo 1, también se puede hacer directamente en el programa.

Es importante aclarar que el tipo de tarifa eléctrica a aplicar en los inmuebles depende de la demanda máxima registrada en los mismos. Por ello, es necesario el uso de un formato adecuado para el análisis de la información de cada uno de ellos. Existen 2 tipos de formatos para la captura de dichos de datos, para aquellos inmuebles que se encuentren en baja y media tensión (3 y OM) deberán de llenar el formato F2-A y los inmuebles que estén en la tarifa horaria (HM o HS) usarán el formato F2-B.

La información que se solicita en el formato F2 es la siguiente:

- **Periodo:** Para cada uno de los meses indicados, se debe de anotar el periodo correspondiente a la factura eléctrica, en la siguiente forma:
Inicio de periodo: año / mes / día Fin de periodo: año / mes / día
- **Mes:** En el formato ya vienen indicados lo doce meses correspondientes.
- **Parámetros eléctricos y costos:** En este formato se debe de anotar la demanda máxima eléctrica, consumo eléctrico, factor de potencia y monto de facturación (incluyendo el IVA). En el caso de que sean tarifas horarias se debe de anotar las demandas y consumos eléctricos por cada uno de los periodos(base, punta, intermedia y en algunas regiones semi-punta), estos datos son importantes para llevar a cabo un buen estudio técnico-económico.

Para comprender como se debe de hacer la correcta lectura de los recibos, en el anexo C del Manual de Iluminación en Inmuebles se incluye un ejemplo de cada uno de los 2 tipos de recibos que se expiden, ya sea por Luz y Fuerza del Centro (LyFC) para el área metropolitana y por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para el resto del país.

3.2.6 Zonificación del inmueble

El llenado de este formato F3 (anexo 1), también se puede realizar directamente en el programa ejecutable, también se puede hacer un llenado del formato tipo.

Para hacer un correcto llenado del formato se deben de seguir los siguientes pasos:

- a. **Planos arquitectónicos del inmueble:** Es necesario obtener los planos arquitectónicos de la fachada y de los niveles del inmueble, actualizados o bien los más recientes. En caso de no contar con los planos, se deberán dibujar a mano alzada cada uno de los

niveles, anotando las dimensiones correspondientes. Es importante considerar que las sumas totales de las áreas deben de concordar con los metros cuadrados totales construidos que se especificaron en el formato F1.

- b. Zonificación de las áreas de trabajo: Con una copia de los planos arquitectónicos, se debe de llevar a cabo la zonificación de las áreas por cada nivel del inmueble, identificando las actividades principales de trabajo, tales como: oficinas, cubículos, salas de espera, salas de juntas, pasillos, etc.

La numeración deberá de realizarse con base a las claves de zonificación que aparecen en la tabla de zonificación (anexo 2), en caso de existir dos o más áreas en el mismo nivel donde se realice la misma actividad, a ambas les corresponderá la misma clave.

Para las zonas que no tengan una clave específica en el listado de claves, existe un número para asignarles, pero se debe de especificar la actividad que se realiza en dicha zona. En el programa ejecutable aparecen aún más claves que no aparecen en el listado del anexo mencionado.

Esta actividad servirá para localizar de una manera adecuada los sistemas de alumbrado y determinar la Densidad de Potencia Eléctrica del Alumbrado (DPEA) por tipo de actividad.

Para hacer un adecuado llenado del formato F3, a continuación se describen cada uno de los datos que se solicitan:

- Edificio: Se deberá de anotar la clave de identificación del edificio indicado en el formato F1, de la sección 2, área de construcción
- Nivel: A cada nivel de piso se le han asignado dos dígitos; la letra S y un dígito para los sótanos; la letra E y un dígito para los estacionamientos; la letra M y un dígito para los mezzanines, PB para planta baja y PH para penthouse, para cada uno de los pisos se enumerarán con dos dígitos. Por ejemplo:

S1, S2, S3,.....para sótanos
E1, E2, E3,.....para estacionamientos
01, 02, 03,.....para pisos rentables

- Zona: Sobre los planos arquitectónicos se debe de llevar a cabo la zonificación, la cual se hará obedeciendo el criterio de operación del inmueble y las claves de zonificación de inmuebles (tabla de zonificación); es decir, se identificarán las áreas de: oficina, pasillos, áreas generales, salas de junta, etc., las cuales están decodificadas con números consecutivos, esto se debe de hacer para cada nivel.

En el formato se indicará el número asignado en los planos. Ejemplo:

A E1 04 se refiere al edificio A, estacionamiento uno, zona cuatro (escaleras)

A 03 12 se refiere al edificio A, tercer nivel, zona doce (área de oficinas privadas)

- **Descripción:** En el programa ejecutable aparece automáticamente, por lo que solo hay que tener cuidado al llenar el formato, se recomienda elaborar tablas con las mismas características del formato, para que a la hora del llenado en el programa no se tengan problemas.
- **Superficie:** Anotar la superficie que corresponde a cada zona, la superficie se determina con los planos arquitectónicos o por una medición laxa (directa) en la zona.
- **Observaciones:** Se debe de anotar si la zona cuenta con dispositivos ahorradores como, sensores de presencia, atenuadores, temporizadores, etc., o bien alguna propuesta detectada durante el recorrido para ahorrar energía.

3.2.7 Censo de alumbrado

El punto medular del levantamiento de datos, incluso del diagnóstico energético, se encuentra en esta actividad. De ello depende que las estimaciones de los potenciales de ahorro de energía estén bien sustentadas, por lo que se recomienda tener especial atención en su llenado. Para la captura de la información se deberán considerar los siguientes aspectos.

- **Localización de equipos (edificio, nivel, zona):** Con base en la zonificación realizada previamente en los planos arquitectónicos se realizará la localización de las luminarias. En el censo de equipos de iluminación la zonificación de áreas, en el programa, se llenará automáticamente por lo que el programa no dejará que halla mas zonas de las marcadas en el formato F3, pero si lo está haciendo en el formato tipo se deberán llenar todos los espacios con los datos requeridos.

En caso de que halla más de un tipo de lámpara en la misma zona, se deberá de indicar dicho sistema, repitiendo la clave del edificio, nivel y zona. De igual forma, cuando el sistema opere distintas horas del día.

- **Código de equipos:** la codificación es la forma de identificar a los equipos de alumbrado. Cada fabricante tiene sus claves a para designar sus equipos. Con el fin de evitar el uso de códigos específicos de algún fabricante, la CONAE ha designado los equipos de alumbrado en una forma genérica que relaciona la información técnica de éstos¹³.

La identificación del equipo de alumbrado se realiza dentro del formato F3, mediante los datos que pide el programa ejecutable, el cual permite determinar el código designado por la CONAE para los diferentes sistemas y combinaciones de equipo de alumbrado. Antes de entrar a la selección de códigos se recomienda tener a la mano los datos indicados en la tabla 3.1 para cada tipo de lámparas que se encuentre en el inmueble; es recomendable

¹³ En el manual de Iluminación en Inmuebles, elaborado por Conae, en el anexo B tabla B se especifican el código de equipos y la potencia de los mismos, para las diferentes familias de lámparas (Manual disponible en la pagina de internet de Conae, en modulo de iluminación, www.conae.gob.mx).

hacer una tabla que contenga a las lámparas existentes en el inmueble para compararlas con las lámparas de las tablas que CONAE presenta en su base de datos, a continuación se presenta la tabla:

Tabla 3.1 Datos requeridos por tipo de lámpara

Tipo de lámpara	Datos requeridos
<i>Familia incandescente</i>	
Incandescente convencional	Potencia de la lámpara
Reflector incandescente	Potencia y bulbo de la lámpara
Lámpara de tungsteno halógeno/yodo cuarzo	Potencia de la lámpara
Reflector halógeno	Potencia de la lámpara y tipo par
Lámpara halógena de bajo voltaje/dicroica	Potencia, grado y posición de la lámpara
<i>Familia fluorescente</i>	
Compacta fluorescente	Potencia, tipo de lámpara y tipo de balastro
Lámpara fluorescente tubular	Potencia, tipo de arranque, número de lámparas por luminario, tipo de balastro y número de balastro por luminario
Lámpara fluorescente circular	Potencia de la lámpara
Lámpara fluorescente en U	Potencia de lámpara, número de lámparas por luminario, tipo de balastro y número de balastro por luminario
Lámpara fluorescente alta emisión	Potencia de la lámpara, número de lámparas por luminario y número de balastos por luminario
Lámpara fluorescente muy alta emisión	Potencia de la lámpara, número de lámparas por luminario, tipo de balastro y número de balastos por luminario
<i>Familia de Alta Intensidad de Descarga HID</i>	
Vapor de sodio alta presión	Potencia de la lámpara y tipo de balastro
Vapor de sodio baja presión	Potencia de la lámpara
Vapor de mercurio	Potencia de la lámpara
Aditivos metálicos	Potencia y posición de la lámpara
Luz mixta	Potencia de la lámpara

- **Descripción del equipo:** al integrar el código de equipo en el programa ejecutable, aparece automáticamente la descripción del equipo. Si al mostrar la descripción del equipo se identifica que no es la deseada, vuelva a seleccionar el código en el formato hasta que sea el correcto o, en todo caso, confirme que el código seleccionado es el adecuado.
- **Potencia unitaria (W):** al igual que la descripción del equipo, la potencia unitaria del equipo se registra automáticamente.

En los dos pasos anteriores es conveniente ir verificando que los datos que introdujo en el programa son los correctos, comparándolos con los datos que tiene en su tabla tipo, esto con el fin de que CONAE no se tarde más de lo debido.

- **Cantidad:** se debe de anotar el número y tipo de equipos que existan en cada zona
- **Operación en demanda máxima (Si/No):** Identificar inicialmente el periodo de demanda máxima de energía en el inmueble; ésto ocurre cuando la mayoría de los equipos de alumbrado y de aire acondicionado se encuentran operando más de 6 horas al día. Cuando se encuentran operando por debajo de 6 horas se dice que no operan en demanda máxima.

Una vez establecido el horario de demanda máxima, se debe de identificar a los equipos que operan en este horario, a los cuales se les marcará con una letra “S”, y una “N” a los que operen fuera de este horario.

- Tiempo de uso de lunes a viernes (h/d): aquí se debe de anotar las horas promedio en hrs / día que permanecen encendidos los equipos de alumbrado en cada zona.
- Tiempo de uso en sábado (h/d): anotar el número de horas promedio del día sábado en el equipo de alumbrado de cada zona esta operando.
- Tiempo de uso domingo (h/d): anotar el número de horas promedio, del día domingo, en que el equipo de alumbrado en cada zona esta operando.

Una vez capturada la información solicitada en los cinco formatos (incluyendo el de comentarios y observaciones), el archivo electrónico deberá de ser enviado por correo electrónico a través de internet, en la sección de Asistencia técnica de la CONAE del Programa de Ahorro de Energía en la Administración Pública Federal.

3.2.8 Análisis de la información

Una vez que la dependencia o entidad ha finalizado con el levantamiento de datos, la CONAE realiza el análisis de la información; por lo tanto, la etapa de análisis de la información es la forma mediante la cual se verifica la información capturada en los formatos establecidos en el levantamiento de datos.

Para determinar que los datos proporcionados por el usuario son confiables, se realiza un cruce de información capturada en los formatos, llamados filtros; es decir, comparando los datos de un formato con los datos de otro; estos deben de coincidir o en su caso ser semejantes. Con el fin de que el encargado de realizar el levantamiento de datos tome sus debidas precauciones para revisar la información, a continuación se presentan los diferentes filtros:

- a. La superficie total construida de los datos básicos del inmueble (sección dos del formato F1) debe coincidir con los metros cuadrados totales de la zonificación (formato F3).
- b. La demanda eléctrica facturada debe de ser superior a la demanda censada por los equipos de alumbrado en un 10 a 30%, cuando no se cuenta con aire acondicionado. En caso de resultar mayor, existe la posibilidad de haber anotado más lámparas de las existentes o que la identificación de los equipos de alumbrado fue incorrecta.
- c. Con la zonificación de áreas (formato F3) se verifica que el censo del equipo de alumbrado no muestre más áreas y/o zonas de las que realmente marcaron.

Además se realiza una comparación de los índices energéticos actuales que presenta el inmueble con los identificados en la base de datos de la CONAE; en caso de existir una aproximación aceptable, la información capturada se revisa con mayor detalle.

3.2.9 Análisis de la facturación eléctrica

La forma de realizar el análisis es ordenando la información de la facturación eléctrica dentro de un formato, el cual presenta tres secciones (ver tabla 3.2 y 3.3):

- Datos eléctricos
- Relación de índices energéticos de facturación
- Gráfica de consumo eléctrico y costo unitario contra tiempo

Tabla 3.2 Datos eléctricos

Descripción	Valores	Unidades	Observaciones
Tarifa eléctrica	HM	----	
Región	Central	----	
Demanda máxima	440	KW	Promedio en horario intermedia
Consumo mensual	119,333	KWh/mes	Promedio
Consumo anual	1,432,000	KWh/año	
Factor de potencia	95.08	%	Promedio
Factor de carga	35.45	%	Promedio
Facturación mensual	219,694	\$/mes	Promedio
Costo unitario	1.8056	\$/KWh	Promedio
Capacidad en transformadores		750	KVA
Factor de carga instalada		0.587	KW/KVA
Capacidad en plantas de emergencia		350	KW
Factor de disponibilidad		79.55	%

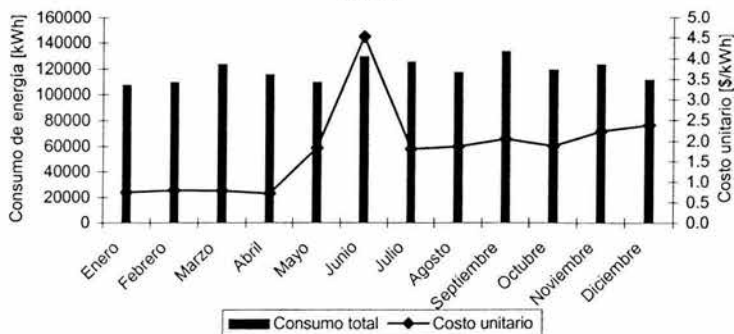
Nota: Estos valores corresponden a la evaluación de datos del inmueble en estudio.

La demanda máxima se promedia en horario intermedia dado que es cuando más consumo se tiene.

Tabla 3.3 Relación de índices eléctricos de facturación

Descripción	Valores	Unidades
Densidad de potencia eléctrica por área	23.38	W/m ²
Densidad de potencia por persona	665	W/persona
Densidad de energía eléctrica por área	76.10	KWh/m ² -año
Densidad eléctrica por persona	2163	KWh/persona-año

Gráfica 3.1 Consumo eléctrico y costo unitario eléctrico vs tiempo (2002)



Los valores registrados en las tablas 3.2 y 3.3 y apoyándose en la tabla 3.5 “facturación eléctrica” se obtuvieron de la siguientes manera:

Tarifa eléctrica, Región se leen directamente de la factura.

$$\text{Demanda máxima: } \frac{\sum \text{de las potencias demandadas en periodo intermedia}}{\text{número de periodos}}$$

$$\text{Consumo mensual: } \frac{\sum \text{de los consumos totales mensuales}}{\text{número de periodos}}$$

$$\text{Factor de potencia: } \frac{\sum \text{de los valores del F.P. por periodo}}{\text{número de periodos}}$$

$$\text{Facturación mensual: } \frac{\sum \text{de los montos de facturación}}{\text{número de periodos de facturación}}$$

$$\text{Factor de carga: } \frac{\sum \frac{\text{KWh por periodo}}{\text{Demanda máxima por periodo} \times 730 \text{ hrs / mes}}}{\text{número de periodos}} \times 100$$

$$\text{Costo unitario: } \frac{\sum \frac{\text{\$ de la facturación}}{\text{KWh totales de la facturación}}}{\text{número de periodos}}$$

Capacidad del transformador y Capacidad de planta de emergencia: datos de placa.

$$\text{Factor de carga instalada: } \frac{\text{Demanda máxima promedio}}{\text{capacidad de transformador}}$$

$$\text{Factor de disponibilidad: } \frac{\text{Capacidad de planta de emergencia}}{\text{demanda máxima}} \times 100$$

$$\text{Densidad de potencia eléctrica por área: } \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{área total construida}}$$

$$\text{Densidad de potencia eléctrica por persona: } \frac{\text{Demanda máxima}}{\text{número de personas}}$$

$$\text{Densidad de energía eléctrica por área: } \frac{\text{Consumo anual}}{\text{área total construida}}$$

$$\text{Densidad de energía eléctrica por persona: } \frac{\text{Consumo anual}}{\text{número de personas}}$$

3.2.10 Análisis del equipo de alumbrado

El análisis del equipo de alumbrado consiste en determinar la potencia instalada en el sistema de iluminación y hacer una comparación, con base en la NOM-007-ENER-1995¹⁴, de la Densidad de Potencia Eléctrica en Alumbrado (DPEA), la cual establece el límite máximo de aceptación para cada tipo de inmueble, en edificios no residenciales que sean de nueva construcción o por ampliación del mismo. Los valores de la norma sirven como referencia para establecer el grado de eficiencia del inmueble que a su vez indican los potenciales de ahorro de energía en iluminación.

De igual manera que el análisis anterior, se usa un formato de análisis para detectar rápidamente alguna incongruencia en la información. El formato se divide en cuatro secciones:

- a. Datos eléctricos: cantidad de equipos, demanda y consumo que tiene el sistema de iluminación.
- b. Relación de índices energéticos de alumbrado.
- c. Distribución de alumbrado general: indica la potencia y consumo por cada grupo de equipo de alumbrado.
- d. Gráfica de distribución del equipo de alumbrado.

3.3 Formatos de evaluación (medidas de ahorro de energía)

Después de realizar el levantamiento de datos y analizar la información, el siguiente paso a desarrollar es establecer las medidas de ahorro de energía para el sistema de iluminación. Para ello CONAE ha diseñado hojas de cálculo que realizan en forma ordenada y metódica la evaluación técnica y económica del reemplazo.

3.3.1 Evaluación técnica

El programa de evaluación técnica se encuentra vinculado con una base de datos de equipos de alumbrado con más de 400 sistemas diferentes, donde se muestran las especificaciones técnicas de cada uno de los sistemas, como son: tipo y potencia de lámpara, tipo de encendido, precio de la lámpara, tipo de balastro, precio del balastro, etc. Además, se encuentra vinculado con la base de datos de tarifas eléctricas actualizadas cada año, con la cual se determinan los costos eléctricos en el momento de evaluar la medida.

Con el fin de evitar que en la evaluación técnica se recomiende una gran variedad de equipos que saturen el almacén del inmueble y que además provoque altos costos de mantenimiento a las dependencias y entidades, en la herramienta de cálculo se establece el tiempo de operación promedio ponderado, con base en el número de equipos para un mismo sistema de alumbrado con diferentes horas de uso.

¹⁴ “Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales” disponible en la página web de CONAE.

3.3.2 Evaluación económica

La evaluación económica se encuentra vinculada con la información obtenida de la evaluación técnica, estos datos son:

- a. Ahorro eléctrico.
- b. Ahorro económico.
- c. Inversión requerida para aplicar la medida.

El procedimiento para determinar la rentabilidad del reemplazo está basado en la metodología de la ingeniería económica, como es la Tasa Interna de Retorno (TIR) y la relación Beneficio Costo (B/C); además se determina el tiempo de recuperación a valor presente.

La TIR es la tasa a la cual el valor presente es igual a cero; en otras palabras, es la tasa de interés pagada sobre una cantidad de dinero tomada en préstamo, de tal forma que el pago debe de llevar el saldo a cero, en un periodo de tiempo establecido. Para decidir si el proyecto es rentable la TIR deberá ser mayor a la tasa real de descuento, la cual esta establecida por la banca comercial.

La relación Beneficio/Costo es el resultado de dividir los beneficios económicos entre los costos, ambos a valor presente, ésta relación debe ser mayor a uno; en caso de no serlo, la medida se rechaza y se busca otra alternativa.

3.3.3 Resultados de la evaluación técnica y económica

Con el objeto de tener una visión general de todas las medidas propuestas para el alumbrado, se realiza una vinculación de la información obtenida en la evaluación técnica y económica con la tabla de medidas de inversión para el ahorro de energía, la cual muestra un resumen de los principales resultados.

En ésta se calculan los porcentajes de ahorro económicos con respecto a los datos de la facturación para cada una de las medidas de ahorro de energía, en carga instalada, potencia demandada, consumo de energía y ahorros.

3.3.4 Consolidado de las medidas de ahorro de energía

El proyecto global de todas las medidas propuestas se presenta en el consolidado, el cual vincula los resultados de medidas de ahorro económicamente rentables. Estos datos son: los ahorros eléctricos y económicos, la inversión requerida y la vida del proyecto.

3.4 Informe final

Todo trabajo establece la necesidad de presentar un reporte de las actividades realizadas, por lo cual a continuación se desglosa el contenido del diagnóstico energético mediante un informe final con los datos recolectados y los resultados obtenidos del análisis.

3.4.1 Resumen ejecutivo

El documento va dirigido a los altos directivos que cuentan con poco tiempo para estudiar grandes volúmenes de información técnica que no es indispensable para la toma de decisiones, por lo cual ésta debe presentarse en forma clara, sencilla y concreta, en un máximo de 10 cuartillas.

En él se presenta una breve introducción sobre la situación energética del inmueble mediante datos de facturación eléctrica y censo de equipos de alumbrado, así como datos del área construida, los cuales son utilizados para establecer el grado de eficiencia de la instalación a través de índices energéticos.

La parte medular del informe es la correspondiente a los potenciales de ahorro detectados por concepto de energía eléctrica y económica, monto de inversión requerido y tiempo de recuperación de la misma. Esta información se presenta por medio de una tabla resumen que incluye todas las medidas técnica y económicamente rentables.

Finalmente, en la sección de conclusiones, se presenta un consolidado de las medidas propuestas con los resultados obtenidos de las secciones antes mencionadas, la cual incluye un gráfico con la curva de recuperación del proyecto y los beneficios ambientales derivados de los potenciales de ahorrar energía detectados.

3.4.2 Reporte técnico

En este reporte se incluyen como primera parte los análisis realizados de la facturación eléctrica y censos de equipos de alumbrado. Dentro del análisis de la facturación eléctrica también se integra una gráfica del comportamiento de la energía en el edificio según los datos de los recibos eléctricos. Referente al análisis del censo, éste es el más importante ya que derivado de este análisis se establecen los equipos de iluminación que son factibles a cambio; así como el potencial de ahorro existente.

Por último, se integra una tabla que contiene los resultados de las medidas de ahorro de energía económicamente rentables; es decir, con un *beneficio / costo* mayor a la unidad.

Lo relacionado con el análisis técnico y económico aquí descrito se expone en el Capítulo 6 del presente trabajo.

3.5 Resumen de las actividades realizadas

Como primera actividad, se realizó la captura de la información general del inmueble, lo que corresponde a dirección, razón social, uso, construcción (numero de niveles, área construida, área del terreno) horario de trabajo, gente que labora, capacidad eléctrica (capacidad de la subestación y de la planta de emergencia) capacidad del aire acondicionado, todo lo anterior se registró en el formato F1 (anexo 1), con el fin de que el edificio fuera registrado por CONAE en su base de datos para que ésta dependencia le hiciera un diagnóstico energético.

La segunda actividad realizada durante el estudio, fue recabar la información de la facturación eléctrica, la cual fue proporcionada por el responsable del inmueble, la información se registró en el formato F2 (anexo 1), la facturación registrada fue del año 2002; durante esta actividad se observó que el recibo incluía dos edificios, por lo que para el análisis del sistema de iluminación se tuvo que tomar en cuenta a los dos edificios.

Para hacer un correcto levantamiento del equipo de alumbrado, la Metodología CONAE recomienda hacer una zonificación de todos los niveles, asignándole una clave a áreas determinadas que existan en dichos niveles, por lo que se requiere de los planos arquitectónicos de cada nivel.

Con base a las claves que establece la Metodología CONAE, se procede a realizar la identificación de cada zona poniéndole la clave que le correspondía. Durante esta etapa hubo que hacer croquis de los niveles que no contaban con el plano arquitectónico, de tal manera que hubo que tomar medidas de todas las áreas con las que contaban dichos niveles para poder zonificarlos.

Una vez terminada la zonificación de todos los niveles de los edificios, se hizo el levantamiento de los equipos de alumbrado, registrando en los planos los equipos existentes según la zona, para después vaciar la información en el Formato F3 (anexo 1), la información necesaria para poder hacer un correcto llenado del formato es la siguiente: tipo de lámpara, tipo de balastro y cantidad de lámparas que maneja el balastro.

Haciendo el recorrido de levantamiento de datos del equipo alumbrado, también se hizo un muestreo de los niveles de iluminación siguiendo la metodología que marca la Norma Oficial Mexicana¹⁵, percatándose que en la gran mayoría de las zonas se contaba con el nivel de iluminación recomendado por la misma, así mismo se encontraron áreas donde el nivel de iluminación esta por debajo de los niveles marcados en la Norma Oficial Mexicana, el cual es de 300 luxes.

Cabe señalar que se recopiló la información antes mencionada en un solo formato, pero CONAE tiene dos formatos para dicha información, para la zonificación de los niveles es el formato F3 y para la información del equipo de alumbrado el formato F4 (anexo 1),

¹⁵ NOM-025-STPS-1999 "Condiciones de iluminación en los centros de trabajo", la evaluación de los niveles de iluminación fueron medidos como marca la norma en el apéndice A de la misma.

además, CONAE para hacer un diagnóstico del sistema de iluminación, parte de la suposición de que los niveles de iluminación son los adecuados.

3.6 Tablas de datos

En las páginas siguientes se muestran las tablas de los datos recabados durante esta primera parte del diagnóstico.

Tabla 3.4 Datos generales del inmueble

DATOS BÁSICOS DEL INMUEBLE				FORMATO FI	
				FECHA: 27 Mayo 2003	
				DEN AP:	
1. EDIFICIO					
Descripción: Se trata de un inmueble antiguo que cuenta con dos edificios incluidos en la facturación eléctrica, cada edificio tiene una dirección diferente.				Uso	OFICINAS
				Propio (x)	
				Arrendado ()	
Dependencia o entidad: Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS)					
Calle y número: Durango # 291					
Colonia/localidad: Roma sur			Ciudad: México D.F.		
Delegación/Municipio: Miguel Hidalgo			Estado: D.F.	codigo postal: 06700	
2. Construcción					
Edificio	Nº de niveles	Área m2		Año de	
		Por nivel	Por edificio	Construcción	Operación
A	16	769.7	12315.4		
B	16	406.2	6499.6		
Área total m2			18816		
Superficie del terreno m2			1404		
3. Horario de trabajo y personal					
Horario de trabajo: 8-17 Hrs			Nº de personas: 662		
4. Electricidad					
Tarifa: HM		Capacidad de subestación en KVA: 750 KVA			
Región: Central		Capacidad de la planta de emergencia en KW: 350 KW			
5. Aire acondicionado					
El inmueble tiene aire acondicionado si (x) no ()					
Capacidad instalada TR: 496		KW:			
Realizó: Mauricio Gaytán García					
Frank Alberto Laurenes Díaz					
Cargo: Tesistas			Tel.(ext.): 55 90 66 39		

Tabla 3.5 Facturación eléctrica

DATOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA DE 2002												FORMATO F2
												FECHA:27/05/03
												DEN AP
Inmueble: Coordinación de Construcción, Conservación y Equipamiento del IMSS. Durango 291, Col. Roma												
Tarifas Horarias (HM, HS)						Tarifa: HM				Región: Central		
Mes	Periodo		Demanda Máxima [kW]				Consumo de Energía [kWh]				F.P. [%]	Fac eléc [\$]
	inicio	final	base	intermedia	punta	facturable	base	intermedia	punta	total		
Ene	2001 12 01	2002 01 29	182	430	278	324	8000	90000	10000	108000	96.4	80,805
Feb	2002 01 29	2002 02 28	180	438	272	322	16000	80000	14000	110000	96	87,604
Mar	2002 02 28	2002 04 02	172	432	294	336	8000	98000	18000	124000	95.2	97,185
Abr	2002 04 02	2002 04 30	178	444	256	313	4000	102000	10000	116000	95	82,556
May	2002 04 30	2002 05 29	166	448	246	307	8000	94000	8000	110000	94.5	201,903
Jun	2002 05 29	2002 06 28	164	436	206	275	12000	110000	8000	130000	94.3	588,756
Jul	2002 06 28	2002 07 29	176	444	222	289	10000	110000	6000	126000	94.9	228,125
Ago	2002 07 29	2002 08 28	184	420	214	276	8000	104000	6000	118000	95.5	221,060
Sep	2002 08 28	2002 09 30	172	450	222	291	6000	114000	14000	134000	94.6	276,091
Oct	2002 09 30	2002 10 28	164	452	212	284	8000	106000	6000	120000	94.4	225,659
Nov	2002 10 28	2002 11 28	168	442	310	350	6000	106000	12000	124000	94.7	278,724
Dic	2002 11 28	2003 01 03	178	446	282	332	6000	88000	18000	112000	95.7	267,861

Tabla 3.6 Equipo de alumbrado¹⁶

Edificio A

Nivel	Zona	Descripción	Área m ²	Equipo	Nº equipos	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Nivel ilum [luxes]	DPEA [W/m ²]
S1	7	Cubo de elevadores	18.9						
S1	6	Estacionamiento	465	Fl. AI bal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AI bal.convencional 2x75	10 14	72 180	3240	112	6.96
S1	32	Bodega	57.34	Fl. AR bal.Ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AI bal.baja energ. 2x75	2 1	72 180	274	150	4.72
S1	34	Cuarto de máq.	61.6	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1 1	72 130	202	150	3.31
S1	35	Subestación	138	Fl. AI bal.Ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	3 2	72 125	466	150	3.37
PB	1	recepción y registro	121.1	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x60 Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AR bal. convencional 2x15-20 Fl Cir. 22W	12 6 2 2	125 72 58 27	2102	60	17.37
PB	2	vestibulo	61.5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 FC tubo triple (bal. Integ) 15W	4 1	125 16.5	516	300	8.32
PB	3	pasillo	62.1	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	5 1	72 125	485	100	7.82
PB	4	escaleras	11.76	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	12
PB	5	baños	84.41	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	10	125	1250		14.88
PB	7	C. del elvador	18.9	Sin iluminar					
PB	9	Acceso y rampa	140.4	IC 100W bulbo A-19 base E-26 IC 75W bulbo A-19 base E-26 IC 40W bulbo A-19 base E-26 FC tubo triple (bal. Integ) 15W	7 3 1 3	100 75 40 16.5	1014	300	7.24
PB	12	Oficinas	59.2	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	5 1	72 125	485	185	8.22
PB	13	Zona secretarial	98.77	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	4 17	125 72	1724	190	17.41
PB	26	Sala de usos múltiples	57.2	IC 75W bulbo A-19 base E-26 Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34 Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	8 4 2 2	75 79 72 72	1204	200	21.12
PB	31	Almacen	17	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125		7.35
PB	32	Bodega	84.51	Fl. AI bal.baja energ. 2x75 Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2 5	180 125	985	100	11.58
PB	33	taller de mto.	29.6	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2 2	72 125	394	200	13.13
PB	61	Lab. Fotográfico	52.1	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	100	9.61
Mezz	3	pasillo	19.89	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	120	7.2

¹⁶ La descripción de las zonas se especifican en la tabla de claves de zonificación (anexo 2).

Nivel	Zona	Descripción	Área m ²	Equipo	Nº equipos	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Nivel ilum [luxes]	DPEA [W/m ²]
Mezz	4	escaleras	9.68	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
Mezz	5	baños	10.2	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	2 4	72 79	460	150	46
Mezz	6	estto. cubierto	316.5	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. Al bal.baja energ. 2x75	2 1 1	72 125 130	543	80	1.71
Mezz	7	C. de elevador	18.9	sin iluminar					
Mezz	12	oficinas	33.58	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34 Fl. Al bal.baja energ. 2x75	1 3 2	72 79 130	569	300	16.73
Mezz	13	zona secretarial	87.89	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. Al bal.baja energ. 2x75 Fl. Bal. Ahorr. 2x39	4 3 2	125 130 88	1066	250	12.11
Mezz	14	Archivo activo	143.7	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	7	125	875	210	6.07
Mezz	28	sala de descanso	6.1	Fl. Al bal.baja energ. 2x75	1	130	130	300	21.66
Mezz	31	almacen	42.32	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. Bal. Ahorr. 2x39 Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1 3 1	125 72 72	413	250	9.83
Mezz	34	cuarto de máq	26.91	Fl. Bal. Ahorr. 2x39	1	72	72	600	2.66
Mezz	53	impresión	100	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	10	125	1250	230	12.5
Mezz	55	conmutador	66.84	Fl. Al bal.baja energ. 2x75 Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1 1 7	130 72 79	755	250	11.26
1	2	vestibulo	24.4	Fl. Al bal.baja energ. 2x75 refl. IC 75W bul. par-38 base E26	1 2	130 75	280	200	11.6
1	3	pasillo	5.97	refl. IC 75W bul. par-38 base E26	5	75	375	180	62.5
1	4	escaleras	10.46	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
1	5	baños	30.25	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 IC 100W bulbo A-19 base E-26 IC 75W bulbo A-19 base E-26	2 1 1	72 100 75	319	150	10.63
1	7	C. de elevadores	18.9	sin iluminar					
1	8	ducto de A.A.	16.5	sin iluminar					
1	9	patio	38.64	sin iluminar					
1	12	oficinas	252.3	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 dicroica 35W 10 GU4/spot	21 2 2	125 72 39	2847	320	11.29
1	13	zona secretarial	297.5	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 refl. IC 75W bul. par-38 base E26 IC 75W bulbo A-19 base E-26 IC 100W bulbo A-19 base E-26 FC tubo triple (bal. integ) 15W	22 2 1 1 2	125 75 75 100 16.5	3108	240	10.46
1	14	archivo activo	15.98	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 IC 100W bulbo A-19 base E-26 refl. IC 75W bul. par-38 base E26	2 1 1	72 100 75	319	200	19.93
1	16	oficina titular	50	FC tubo triple (bal. integ) 15W refl. IC 75W bul. R-30 base E26	20 3	16.5 75	713	400	14.26

Nivel	Zona	Descripción	Área m2	Equipo	Nº equipos	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Nivel ilum [luxes]	DPEA [W/m2]
				Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	2	79			
1	17	terrazza	21.11	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	3	16.5	169	400	8.04
				IC 60W bulbo A-19 base E-26	2	60			
1	21	sala de junta	34.95	FC tub gem 17.52cm bal.int 13W	4	17	1498	350	42.8
				IC 60W bulbo A-19 base E-26	18	60			
				IC 100W bulbo A-19 base E-26	2	100			
				IC 75W bulbo A-19 base E-26	2	75			
1	22	sala de espera	26.23	IC 75W bulbo A-19 base E-26	5	75	675	100	25.96
				refl. IC 75W bul. R-30 base E26	4	75			
1	32	bodega	7.8	IC 60W bulbo A-19 base E-26	2	60	120	150	15
1	41	cocineta	7.74	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	150	15.62
1	52	computo	29.7	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	473	300	15.76
				Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79			
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72			
2	2	vestibulo	12.6	Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1	130	130	180	10
2	3	pasillo	13.06	Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	2	79	283	25	21.76
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125			
2	4	escaleras	10.35	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
2	5	baños	23.5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	332	150	13.83
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58			
2	7	C.de elevadores	18.9	Sin iluminar					
2	8	Ducto de A. A.	18	Sin iluminar					
2	12	Oficinas	310	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	40	125	5144	250	16.59
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72			
2	13	Zona secretarial	255	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	29	125	3625	250	14.21
2	21	Sala de juntas	22.67	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	300	21.73
2	41	Cocineta	8.33	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	3	58	174	100	21.75
2	52	Computo	21.81	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	394	250	17.9
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72			
3	2	Vestibulo	14.11	Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1	130	130	180	9.8
3	3	Pasillo	5.47	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	269	120	53.8
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72			
3	4	Escaleras	10.35	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
3	5	baños	27.8	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	399	150	14.25
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72			
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	1	58			
3	7	C. elevadores	18.9	sin iluminar					
3	8	Ducto A.A.	18	sin iluminar					
3	12	Oficinas	188.8	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	23	125	3293	300	17.42
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	5	75			
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	1	58			
3	13	Zona secretarial	290.4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	34	125	4466	230	15.67
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72			
3	21	sala de juntas	14	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	400	17.85
3	32	bodegas	10.71	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	200	22.72

Nivel	Zona	Descripción	Área m2	Equipo	Nº equipos	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Nivel ilum [luxes]	DPEA [W/m2]
3	41	cocinetas	5.6	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	200	19.33
3	52	Computo	123.4	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	14	125	1894	180	15.39
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72			
3	53	Fotocopias	13.65	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	200	10.28
4	2	Vestíbulo	13.65	Fl. Al bal.baja energ. 2x75	1	130	130	100	9.28
4	3	Pasillo	6.58	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	90	20.57
4	4	Escaleras	10.35	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
4	5	Sanitarios	23	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	291	150	12.65
				IC 75W bulbo A-19 base E-26	1	75			
4	7	C. de elevadores	18.9	sin iluminar					
4	8	Ducto A.A.	18	sin iluminar					
4	12	Oficinas	177	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	20	125	2932	270	16.56
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	6	72			
4	13	Zona secretarial	352	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	38	125	5126	200	14.56
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72			
				FC tubo triple (bal. Integ) 15W	11	16.5			
				FC tub gem 17.52cm bal.int 13W	3	17			
4	14	Archivo activo	5.06	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	200	28.8
4	16	oficina oeste	54.8	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	23	16.5	595		10.81
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72			
4	22	sala de espera	14.72	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	7	16.5	115		7.66
4	32	bodega poco uso	2.94	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	200	24
4	41	cocineta	2.38	Fl. Al bal. conv. Lamp. Ahor. 2x15-20	1	58	183	200	76.9
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125			
4	53	Fotocopiado	18.74	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	2	16.5	33	250	1.73
5	2	Vestíbulo	15.47	Fl. Al bal.baja energ. 2x75	1	130	130	80	8.66
5	3	Pasillo	7.65	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	100	15.62
5	4	Escaleras	10.35	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
5	5	Sanitarios	20	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	216	150	10.8
5	7	C. de elevadores	18.9	sin iluminar					
5	8	ducto A.A.	10.68	sin iluminar					
5	12	Oficinas	123.2	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	22	125	2750	400	22.35
5	13	Zona secretarial	494.6	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	47	125	6509	350	13.14
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	8	72			
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	1	58			
5	32	bodega	16.8	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	300	14.7
5	41	cocineta	2.52	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	1	58	58	100	19.33
5	55	Conmutador	7.48	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	300	35.71
6	2	Vestibulo	18.1	Fl. Al bal.baja energ. 2x75	1	130	130	100	7.22
6	3	Pasillo	6.24	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	4	72	232	90	38.66
6	4	Escaleras	10.46	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
6	5	Sanitarios	24	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	318	150	13.25
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	3	58			

Nivel	Zona	Descripción	Área m ²	Equipo	Nº equipos	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Nivel ilum [luxes]	DPEA [W/m ²]
6	7	C. de Elevadores	18.9	sin iluminar					
6	8	Ducto A.A	18	sin iluminar					
6	12	Oficinas	344.6	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	43	125	5375	450	15.57
6	13	Zona secretarial	163.9	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	23	125	3091	290	18.84
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72			
6	41	Cocineta	5	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	150	23.2
6	51	Diseño	118.8	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	17	125	2485	290	20.88
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	5	72			
7	2	vestibulo	13.5	Fl. Al bal. baja energ. 2x75	1	130	130	170	9.28
7	3	pasillo	4.85	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	3	58	174	100	34.8
7	4	escaleras	10.46	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
7	5	baños	22.49	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	260	150	11.3
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58			
7	7	Cubo de elevadores	18.9	sin iluminar					
7	8	Ducto de A.A	18	sin iluminar					
7	12	Oficinas	207.3	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	31	125	4567	250	22.06
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	8	72			
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58			
7	13	Zona secretarial	363.8	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	43	125	5823	330	15.99
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72			
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	4	58			
7	21	Sala de juntas	30.18	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	250	16.6
7	41	Cocineta	6.38	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	4	58	232	150	38.66
7	52	Computo	29.1	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	216	250	7.44
8	2	vestibulo	37.05	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	3	125	584	200	15.78
				Fl. Al bal. baja energ. 2x75	1	130			
				Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79			
8	3	pasillo	6.24	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	100	19.33
8	4	Escaleras	10.46	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
8	5	baños	28.94	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	553	150	19.06
				Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79			
				Fl. Al bal. baja energ. 2x75	1	130			
				IC 100W bulbo A-19 base E-26	1	100			
8	7	C. de elevador	18.9	sin iluminar					
8	8	Ducto A.A.	10.52	sin iluminar					
8	12	Oficinas	166.9	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	18	125	2806	320	16.8
				Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	4	79			
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x59	2	120			
8	13	Zona secretarial	217.1	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	21	125	4169	280	19.21
				Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	14	79			
				Fl.AR bal. convencional 2x15-20	3	58			
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x59	1	120			
				Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72			
8	16	Oficina titular	28.18	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	354	600	12.64
				FC tubo triple (bal. Integ) 15W	5	16.5			

Nivel	Zona	Descripción	Área m2	Equipo	Nº equipos	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Nivel ilum [luxes]	DPEA [W/m2]
				FC tubo gemelo (bal. rem) 18W	1	22			
8	17	Terraza	27.3	IC 100W bulbo A-19 base E-26	5	100	500		18.51
8	21	Sala de juntas	43.05	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 FC tubo gemelo (bal. rem) 18W	12 8	72 22	1040	310	24.18
8	22	Sala de espera	26.84	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34 Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2 1 2	125 79 58	445	250	16.48
8	25	Auditorio	87.76	FC tubo triple (bal. Integ) 15W dicroicas 35W 10_GU4/Spot	14 5	16.5 39	426	150	4.84
8	41	Cocineta	8.53	Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34 Fl.AR bal. convencional 2x15-20	1 2	79 58	195	150	21.66
8	52	Computo	3.88	Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79	79	200	19.75
9	2	vestibulo	18	Fl. A1 bal.baja energ. 2x75	1	130	130	180	7.22
9	3	pasillo	9.77	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	4	58	232	100	23.2
9	4	escaleras	10.46	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
9	5	Baños	27.81	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	3 1	72 79	295	150	10.53
9	7	C. de elevador	18.9	Sin iluminar					
9	8	Ducto de A.A.	18	Sin iluminar					
9	12	Oficinas	190.7	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	26	125	3250	350	17.01
9	13	Zona secretarial	361.3	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl.AR bal. convencional 2x15-20	43 3	125 58	5549	390	15.37
9	14	Archivo activo	15.64	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1 1	125 79	204	200	12.75
	41	Cocineta	4	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	1	58	58		14.5
9	52	Computo	30.42	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	300	16.66
9	55	Conmutador	12	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	150	10.41
10	2	vestibulo	13.5	Fl. A1 bal.baja energ. 2x75	1	130	130	120	9.28
10	3	pasillo	8.37	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	70	14.5
10	4	escaleras	10.46	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
10	5	baños	24.45	Fl.AR bal. convencional 2x15-20 Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1 2	58 72	202	150	8.08
10	7	C. de elevador	18.9	sin iluminar					
10	8	Ducto A.A.	18	sin iluminar					
10	12	Oficinas	257.6	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	32	125	4000	300	15.5
10	13	zona secretarial	337.4	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl.AR bal. convencional 2x15-20	44 4 1	125 72 58	5846	340	17.34
10	14	archivo activo	12.22	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	300	41.66
10	41	Cocineta	4.83	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	150	14.4
10	52	Computo	21.28	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	300	11.9
11	2	Vestíbulo	23.85	Fl. A1 bal.baja energ. 2x75	1	130	130	100	5.41
11	3	Pasillo	5.25	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	100	23.2

Nivel	Zona	Descripción	Área m ²	Equipo	Nº equipos	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Nivel ilum [luxes]	DPEA [W/m ²]
11	4	Escaleras	10.35	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
11	5	Sanitarios	26.37	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	4	72	288	150	11.07
11	7	C. de elevadores	18.9						
11	8	Ducto A.A	18						
11	12	Oficinas	208	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	32	125	4000	380	19.23
11	13	Zona secretarial	295.9	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	40 4	125 72	5288	280	17.92
11	14	Archivos poco uso	44.56	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. AR bal. convencional 2x15-20	6 2	125 58	866	100	19.24
11	21	Salas de juntas	75.35	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	12	125	1500	480	20
11	41	cocineta	4.89	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	150	14.4
12	2	vestibulo	16.2	Fl. A1 bal. baja energ. 2x75	1	130	130	150	8.12
12	3	pasillo	20.8	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	160	5.95
12	4	escaleras	10.46	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	14.4
12	5	baños	20.86	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AR bal. convencional 2x15-20	2 1	72 58	202	150	9.61
12	7	Cubo de elevadores	18.9	sin iluminar				no aplica	
12	8	Ducto de A.A.	18	sin iluminar				no aplica	
12	12	oficinas	254.8	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	36 1	125 72	4572	300	17.92
12	13	Zona secretarial	212.6	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. AR bal. convencional 2x15-20	31 1	125 58	3933	290	18.46
12	14	Archivo activo	3.96	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	250	18
12	21	Sala de juntas	22.23	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	300	22.72
12	25	Auditorio	89.76	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	10	125	1250	300	13.88
12	41	cocineta	8.62	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1 1	72 58	130	150	14.44
12	53	impresión	28	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	4 1	125 72	572	300	20.42
13	2	vestibulo	32.82	Fl. A1 bal. baja energ. 2x75 IC 100W bulbo A-19 base E-26	1 7	130 40	410	220	12.42
13	3	pasillo	20.49	dicroicas 35W 10_ GU4/Spot IC 40W bulbo A-19 base E-26	4 1	39 40	196	120	9.33
13	4	escaleras	10.85	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	80	13.09
13	5	baños	21.91	Fl. A1 bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32 Fl. AR bal. convencional 2x15-20	2 1	72 58	202	150	9.18
13	7	C. de elevador	18.9	sin iluminar					
13	8	Ducto de A.A	18	sin iluminar					
13	12	oficinas	214.2	dicroicas 35W 10_ GU4/Spot Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. AR bal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	50 9 1	39 125 79	3154	400	14.73
13	13	zona secretarial	163.5	Fl. A1 bal. baja energ. 2x75 Fl. A1 bal. ahor. Lamp. ahor 2x60 Fl. AR bal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34 Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1 12 1 1	130 125 79 58	2194	290	13.46

Nivel	Zona	Descripción	Área m2	Equipo	Nº equipos	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Nivel ilum [luxes]	DPEA [W/m2]
				dicroicas 35W 10_ GU4/Spot	4				
				FC tubo triple (bal. Integ) 15W	14	16.5			
				IC 40W bulbo A-19 base E-26	1	40			
13	17	terracea	142.1	sin iluminar					
13	21	sala de juntas	70.63	Fl. AI bal. Ahor. Lamp. Ahor.2x60	1	125	996	400	14.02
				dicroicas 35W 10_ GU4/Spot	9				
				IC 40W bulbo A-19 base E-26	13	40			

Los niveles de iluminación reportados en la tabla fueron medidos sobre el área de trabajo, es decir, sobre el escritorio, mientras que el DPEA considera toda el área iluminada.

Edificio B

Nivel	Zona	Descripción	Superficie m2	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	DPEA [W/m2]
S	2	Vestibulo	52.44	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	7	79	631	12.03
				Dicroica 35W GU4/Spot	2	39		
S	5	Baños	5.74	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	13.76
S	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
S	32	Bodega	215.2	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor.2x60	2	125	1119	5.20
				Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	11	79		
S	33	Talleres de mantenimiento	43.61	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	9.06
S	35	Cuarto de máquinas	170	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	895	5.26
				Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	9	79		
PB	1	Recepción y registro	114.6	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	12	79	948	8.28
PB	2	Vestibulo	10.78	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	21.99
PB	3	Pasillo	3.84	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	20.57
PB	4	Escaleras	49.36	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	6.40
PB	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
PB	8	Ducto de A.A.	49	sin iluminar				
PB	9	Cuarto de aseo	2.46	CF tubo triple (Bal. Integ. E27) 15W	1	16.5	16.5	6.71
PB	12	Oficinas	48.83	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	10	79	790	16.18
PB	13	Zona Secretarial	84.29	Fl. AR bal. Conven. 2x15-20W	1	58	58	0.69
				Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	12	79	948	
PB	32	Bodega	26.63	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	17.80
PB	33	Talleres de mantenimiento	36.38	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	8	79	632	17.37
PB	35	Cuarto de máquinas	49.36	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	3.20
PB	41	Cocineta	2.56	CF tubo triple (Bal. Integ. E27) 15W	1	16.5	16.5	6.45
Mezz	2	Vestibulo	25.03	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	15.78
Mezz	3	Pasillo	13.92	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	17.03
Mezz	4	Escaleras	49.33	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	6.41
Mezz	5	Baños	84.39	CF tubo triple (Bal. Integ. E27) 15W	1	16.5	707	8.37
				Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32	3	72		
				Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79		
Mezz	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				

Nivel	Zona	Descripción	Superficie m ²	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	DPEA [W/m ²]
Mezz	8	Ducto de A.A.	20.6	sin iluminar				
Mezz	12	Oficinas	79.97	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	20	79	1508	18.86
Mezz	13	Zona Secretarial	50.21	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	14	79	1106	22.03
Mezz	32	Bodega	71.32	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	4.43
1	2	Vestibulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	5	79	395	14.63
1	4	Escaleras	49.33	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	4	79	316	6.41
1	5	Baños	24.45	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W CF tubo gemelo(Bal rem.) 18W AR Fl.AR bal. Convencional2x15-20W Dicroica 35W GU4/ Spot	1 2 1 3	16.5 22 58 39	236	9.65
1	7	C. De elevador	30.8	Sin iluminar				
1	8	Ducto de A.A.	14.19	Sin iluminar				
1	12	Oficinas	155.3	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34 Dicroica 35W GU4/ Spot	5 20 23	16.5 79 39	2560	16.48
1	13	Zona Secretarial	84.82	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W CF. Reflector R30(bal. Int. E27) 20W Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34 Dicroica 35W GU4/ Spot	9 3 6 7	16.5 22 79 39	962	11.34
1	14	Archivo Activo	4.75	Incand. 75W Bulbo A-19 Base E-26	1	75	75	15.79
1	21	Sala de juntas	39.64	CF tubo gemelo (bal. Interc.) 13W CF tubo triple(Bal int. E27) 15W Dicroica 35W GU4/ Spot	1 6 9	17 16.5 39	467	11.78
1	22	Sala de espera	21.06	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W Dicroica 35W GU4/ Spot	2 4	16.5 39	189	8.97
1	28	Sala de descanso	12.75	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W Dicroica 35W GU4/ Spot	1 2	16.5 39	94.5	7.41
1	41	Cocinetas	10.15	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W CF tubo gemelo (bal. Rem.) 18W AR	1 1	16.5 22	38.5	3.79
1	55	Conmutador	6.33	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	1	79	79	12.48
2	2	Vestibulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	5	79	395	14.63
2	4	Escaleras	50.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	4	79	316	6.21
2	5	Baños	17.94	CF tubo triple (bal. Int. E27) 15W Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x32	2 3	16.5 72	249	13.9
2	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
2	8	Ducto de A.A.	5.29	sin iluminar				
2	12	Oficinas	93.06	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	2	79	158	1.70
2	13	Zona Secretarial	117.3	Fl. AR bal. Convencional 2x15-20W Fl AR bal. ahor. Lamp. ahor. 2x34	4 28	58 79	2444	20.83
2	14	Archivo activo	4.08	CF tubo triple(bal. Int. E27) 15W	1	16.5	16.5	4.04
2	21	Sala de juntas	40.3	Fl. AR bal. conv. 2x15-20W Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6 12	58 79	1296	32.16
2	22	Sala de espera	14.64	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	21.58
2	35	Cuarto de máquinas	39.06	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	4.05

Nivel	Zona	Descripción	Superficie m2	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	DPEA [W/m2]
2	41	Cocineta	7.55	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	10.46
3	2	Vestíbulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	14.63
3	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	6.09
3	5	Baños	10.53	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	22.51
3	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
3	8	Ducto de A.A.	13.8	sin iluminar				
3	12	Oficinas	110.6	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	27	79	2133	19.29
3	13	Zona Secretarial	192.8	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	38	79	3002	15.57
3	21	Sala de juntas	18.86	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	12.57
4	2	Vestíbulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	17.56
4	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	6.09
4	5	Baños	10.53	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	22.51
4	7	C. De elevador	30.8					
4	8	Ducto de A.A.	5.29					
4	12	Oficinas	205.1	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	34	79	2686	13.10
4	13	Zona Secretarial	111.5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	17	79	1343	12.05
4	55	Conmutador	3	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	26.33
5	2	Vestíbulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	17.56
5	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	6.09
5	5	Baños	18.23	CF tubo triple (bal. Integ. E27) 15W Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34 Incand. 75W Bulbo A-19, Base E-26	1 3 2	16.5 79 75	404	22.13
5	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
5	8	Ducto de A.A.	13.89	sin iluminar				
5	12	Oficinas	137.4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32 Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	18 10	72 79	2086	15.19
5	13	Zona Secretarial	100.1	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32 Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5 14	72 79	1466	14.64
5	14	Archivo activo	10.45	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	7.56
5	21	Sala de juntas	22.54	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	21.03
5	35	Cuarto de máquinas	40.92	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	3.86
5	41	Cocinetas	4.24	Cf tubo gemelo(bal Rem.) 18W AR	1	22	22	5.19
6	2	Vestíbulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	17.56
6	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	6.09
6	5	Baños	14.32	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34 Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1 1	79 100	79	5.52
6	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
6	8	Ducto de A.A.	13.89	sin iluminar				
6	9	Cuarto de aseo	8.79	Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100	100	11.38
6	12	Oficinas	114.3	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	18	79	1422	12.44

Nivel	Zona	Descripción	Superficie m2	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	DPEA [W/m2]
6	13	Zona Secretarial	84.5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	17	79	1343	15.89
6	35	Cuarto de máquinas	16.17	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	9.77
6	41	Cocinetas	5	Incand. 60W Bulbo A-19, Base E-26	1	60	60	12.00
7	2	Vestibulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	14.63
7	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	3.55
7	5	Baños	14.04	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	11.25
7	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
7	8	Ducto de A.A.	13.89	sin iluminar				
7	9	Cuarto de aseo	8.79	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32 Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1 1	72 100	172	19.57
7	12	Oficinas	103.7	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	17	79	1343	12.96
7	13	Zona Secretarial	72.02	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	19	79	1501	20.84
7	14	Archivo activo	27.59	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	17.18
7	35	Cuarto de máquinas	16.17	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	9.77
7	41	Cocinetas	5.04	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	15.67
8	2	Vestibulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	11.70
8	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	3.55
8	5	Baños	14.04	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34 Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1 1	46 79	125	8.90
8	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
8	8	Ducto de A.A.	13.89	sin iluminar				
8	9	Cuarto de aseo	8.79	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32 Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1 1	72 100	172	19.57
8	12	Oficinas	53.85	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	9	79	711	13.20
8	13	Zona Secretarial	120.1	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	16	79	1264	10.52
8	31	Almacen	22.68	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	9	79	711	31.35
8	35	Cuarto de máquinas	16.17	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	9.77
8	41	Cocinetas	5.04	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	15.67
9	2	Vestibulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	11.70
9	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	3.55
9	5	Baños	13.74	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34 Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1 1	46 79	125	9.10
9	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
9	8	Ducto de A.A.	13.2	sin iluminar				
9	9	Cuarto de aseo	8.79	Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100	100	11.38
9	12	Oficinas	50.58	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	9	79	711	14.06
9	13	Zona Secretarial	121.5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	24	79	1896	15.60
9	15	Archivo poco uso	17.94	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	8.81
9	21	Sala de juntas	14.8	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	21.35

Nivel	Zona	Descripción	Superficie m ²	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	DPEA [W/m ²]
9	35	Cuarto de máquinas	16.17	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	9.77
9	41	Cocinetas	5.04	CF tubo gemelo (Bal. Rem.) 18W AR	1	22	22	4.37
10	2	Vestíbulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	14.63
10	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	3.55
10	5	Baños	10.52	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	7.51
10	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
10	8	Ducto de A.A.	13.2	sin iluminar				
10	9	Cuarto de aseo	8.79	Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100	100	11.38
10	12	Oficinas	75.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	16	79	1264	16.65
10	13	Zona Secretarial	130.6	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	24	79	1896	14.51
10	35	Cuarto de máquinas	16.17	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	9.77
11	2	Vestíbulo	27	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	14.63
11	4	Escaleras	51.9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	3.55
11	5	Baños	15.8	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34 Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1 1	46 79	125	7.91
11	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
11	8	Ducto de A.A.	13.2	sin iluminar				
11	9	Cuarto de aseo	8.79	Incand. 75W Bulbo A-19, Base E-26	1	75	75	8.53
11	12	Oficinas	49.67	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	7	79	553	11.13
11	13	Zona Secretarial	121.3	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	24	79	1896	15.63
11	21	Sala de juntas	23.68	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	20.02
11	35	Cuarto de máquinas	16.17	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	9.77
11	41	Cocinetas	5.16	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	15.31
12	2	Vestíbulo	15	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	15.80
12	4	Escaleras	49.33	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	3.73
12	5	Baños	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	19.75
12	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
12	8	Ducto de A.A.	12.6	sin iluminar				
12	13	Zona Secretarial	82.6	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	12	79	948	11.48
12	31	Almacén	125.4	Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	4	400	400	3.19
12	35	Cuarto de máquinas	51.94	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	6.08
13	2	Vestíbulo	15	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	15.80
13	4	Escaleras	52.88	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	3.48
13	7	C. De elevador	30.8	sin iluminar				
13	8	Ducto de A.A.	9.79	sin iluminar				
13	42	Comedor poco uso	30.48	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	5.18

NOTA: Los niveles de iluminación del edificio B no fueron incluidos ya que se encuentran conforme a lo establecido en la Norma Oficial.

Tabla 3.7 Condensado de equipos existentes

Total de equipos edificios A y B	Cantidad de equipos	Potencia W
Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor.2x60 W	965	125
Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34 W	791	79
Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32 W	256	72
Fl. AI bal.baja energ. 2x75 W	41	130
Dicroica 35W GU4/Spot	124	39
Fl. AR bal. conv. 2x15-20W	80	58
Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	29	100
Incand. 75W Bulbo A-19, Base E-26	25	75
Incand. 60W Bulbo A-19, Base E-26	23	60
IC 40W bulbo A-19 base E-26	23	40
refl. IC 75W bul. R-30 base E26	17	75
OTRAS		
CF tubo triple (bal. Integ. E27) 15W	137	16.5
FC tub gem 17.52cm bal.int 13W	10	17
CF tubo gemelo (Bal. Rem.) 18W AR	14	22
CF. Reflector R30(bal. Int. E27) 20W	3	22
Fl. Bal. Ahorr. 2x39 W	6	72
FC circular 22W	2	27
Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x59 W	3	120
Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34 W	35	46

Nota: Estos son los equipos existentes contabilizados hasta el día 10 de Junio de 2003.

El análisis técnico y económico de las principales Medidas de Ahorro de Energía (MAE's) detectadas en el sistema de alumbrado se desarrolló en el capítulo 6.

Capítulo 4

Capítulo 4

Sistema de

Sistema de

Aire Acondicionado

Aire Acondicionado

Introducción¹⁷

El acondicionamiento de aire, la creación de un ambiente confortable, es una de las más antiguas y a la vez modernas tecnologías.

Pero el ahorro y uso racional de la energía es responsabilidad de todas las partes que intervienen en el diseño, selección, instalación, operación y mantenimiento de los equipos de aire acondicionado un alto porcentaje de la energía que se consume en un edificio climatizado corresponde a los equipos utilizados para dar confort interior.

El costo creciente de la energía eléctrica en el mundo, ha hecho que los fabricantes de equipos de aire acondicionado, enfoquen sus metas hacia la producción de equipos más eficientes en lo relacionado con el consumo eléctrico.

El costo de operación de un inmueble básicamente se forma del costo de mantenimiento más el costo de la energía que se consume.

A diferencia del capítulo tres, en éste capítulo solo se considera el análisis del sistema de aire acondicionado del edificio A, pues es el edificio en estudio, el cual cuenta con una capacidad de refrigeración instalada de 243 Toneladas de Refrigeración (TR).

¹⁷ Presentación sobre ahorro de energía en aire acondicionado DHIMEX, Junio 2003.

4.1 Descripción del sistema de aire acondicionado

El inmueble de Durango 291, donde se realizó el estudio, cuenta con tres equipos diferentes de climatización para generar el confort interior. Los equipos son: una unidad de Refrigeración por Absorción, un sistema de agua helada (Chiller, enfría agua con Freón-22), y una unidad paquete, los dos últimos trabajan mediante el principio mecánico de refrigeración. También cuenta con 13 unidades manejadoras de aire una en cada uno de los pisos y con 2 torres de enfriamiento (una por equipo).

La unidad de absorción suministra agua helada a las UMA's de los pisos 1 al 10, la unidad de agua helada (chiller) del piso 11 al 13, y la unidad paquete a una parte del piso 1.

En los siguientes párrafos se describe cada uno de los equipos del sistema de aire acondicionado, así como una breve explicación de cómo se lleva a cabo el ciclo de refrigeración.

4.1.1 Refrigeración por absorción¹⁸

Los ciclos de refrigeración por absorción con mezcla binaria son ciclos termoquímicos que, a diferencia de los ciclos de compresión, no requieren energía mecánica a excepción de la necesaria para la circulación de solución y cuya magnitud resulta despreciable comparada con la de compresión.

La fuente principal de energía para la operación es térmica.

Esto permite una efectiva recuperación de energía en aquellos casos en que se dispone de calor "perdido" o "no utilizado" de bajo costo.

Dos mezclas binarias han alcanzado un gran campo de aplicación en todo el mundo:

H₂O-BrLi, con agua como refrigerante y bromuro de litio como absorbente. Utilizada con éxito para enfriamiento de agua, pero limitadas a temperaturas de enfriamiento superiores a + 4 °C y restringida a bajas temperaturas de disipación de calor de condensación-absorción.

NH₃-H₂O, con amoníaco como refrigerante y agua como absorbente. Para aplicaciones con temperaturas de enfriamiento de hasta -60 °C.

Los sistemas de absorción de amoníaco-agua admiten altas temperaturas de disipación y presentan ventajas técnicas respecto a los de H₂O-BrLi, siendo aptos para un rango de aplicación más amplio que abarca: procesos químicos, petroquímicos, refinerías, conservación y congelamiento de productos alimenticios, etc.

También resultan de aplicación en acondicionamiento de aire en circunstancias particulares tales como: alta temperatura de disipación de calor de condensación-absorción y confiabilidad de operación bajo condiciones de servicio de funcionamiento continuo.

¹⁸ Artículo preparado por los ingenieros Norberto Miranda y Eduardo León para la publicación Máquinas y Equipos-Marzo 1989.

4.1.2 Descripción del equipo de absorción

En este caso el equipo, es de “Refrigeración por Absorción” (Carrier) tiene una capacidad de 174 toneladas de refrigeración (TR) y trabaja con Bromuro de Litio ($\text{H}_2\text{O}-\text{BrLi}$)

La máquina consiste en un recipiente superior y uno inferior que contienen las 4 secciones principales de la máquina de absorción: evaporador, absorbedor, generador y condensador.

El recipiente inferior contiene las secciones del evaporador y absorbedor. En el evaporador el agua se vaporiza y al hacerlo, enfría al líquido que se usa en el acondicionamiento de aire o proceso de enfriamiento. En la sección del absorbedor el agua vaporizada es absorbida por la solución de bromuro de litio.

En la sección superior se encuentran las secciones de condensador y generador. La solución diluida de bromuro de litio es calentada y reconcentrada en el generador. El vapor de agua liberado durante el proceso de reconcentración es condensado a líquido en la sección del condensador.

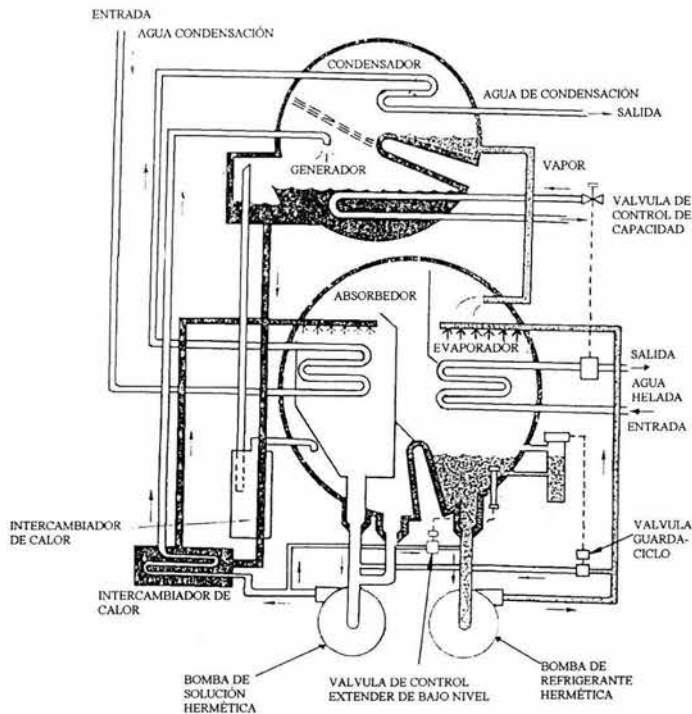
El enfriador de absorción serie 16JB también cuenta con un intercambiador de calor para mejorar la economía de operación; un sistema de purga externo para mantener el vacío de la máquina eliminando los gases no condensables; 2 bombas herméticas para circular la solución y el refrigerante y varios controles de operación, capacidad y seguridad para darle un funcionamiento confiable.

Circuitos de Flujo: La figura 4.1 ilustra los circuitos de flujo básicos del Enfriador por Absorción Carrier serie 16JB.

El líquido a ser enfriado es pasado por un haz de tubos en el evaporador y es enfriado debido a la evaporación del agua refrigerante rociada en la superficie externa de los tubos. Los vapores del refrigerante son enviados a la sección del absorbedor donde son absorbidos por la solución de bromuro de litio-agua rociada en los tubos del absorbedor. El calor absorbido del líquido enfriado es transferido del vapor absorbido al flujo de agua de condensado a través de los tubos del absorbedor.

La solución en el absorbedor se diluye más a medida que absorbe agua, entonces es bombeada hacia la sección del generador para ser reconcentrada. En el generador, la solución débil (diluida) es calentada por vapor o agua caliente para que pueda hervir el agua refrigerante que fue absorbida por el bromuro de litio. El vapor refrigerante resultante pasa a la sección del condensador y se condensa en los tubos del condensador que tienen agua más fría. El líquido refrigerante entonces fluye de regreso al evaporador para comenzar un nuevo ciclo de refrigeración.

Fig.4.1 Circuitos de flujo de la máquina de absorción Carrier 16JB



Fuente: Instructivo de Arranque, Operación y Mantenimiento Carrier

La solución reconcentrada (fuerte) fluye del generador de regreso al absorbedor para iniciar un nuevo ciclo de solución. En el camino pasa a través de un intercambiador de calor donde el calor es transferido de la solución fuerte a la solución débil que está siendo bombeada al generador. Esta transferencia de calor mejora la eficiencia del ciclo de solución, ya que la solución débil en este camino es precalentada, ya que viene relativamente fría, mientras que la solución fuerte es preenfriada, porque viene relativamente caliente, entonces en este proceso se requiere de menos energía para llevar a cabo la separación del refrigerante en el generador y la solución fuerte antes de entrar al absorbedor.

Cuenta con 2 calderas las cuales evaporan una de las sustancias, en este caso agua, las calderas funcionan de manera alterna, es decir, que sólo una se encarga de producir el vapor de agua mientras que la otra se tiene de reserva. Dicho equipo también cuenta con una torre de enfriamiento.

Componentes típicos de la máquina

- | | |
|---|---|
| 1. Tubos del condensador | 18. Pozo para el cortador de baja temperatura de refrigerante |
| 2. Tubos del generador | 19. Rompedor de vacío de la caja de vapor |
| 3. Rociador del refrigerante | 20. Línea de solución fuerte |
| 4. Tubos del evaporador | 21. Línea de sobreflujo de solución fuerte |
| 5. Rociador de solución | 22. Línea de condensado de vapor |
| 6. Tubos del absorbedor | 23. Línea de solución débil |
| 7. Control de nivel de refrigerante | 24. Cámara de almacenamiento de purga |
| 8. Interruptor de dilución de bajo nivel de refrigerante | 25. Válvula de retorno de solución de purga |
| 9. Luz indicadora de Cycle-Guard | 26. Interruptor de nivel de purga |
| 10. Bomba de refrigerante | 27. Componente de purga del condensador |
| 11. Válvula de servicio de la bomba de refrigerante | 28. Componente de purga del absorbedor |
| 12. Válvula Cycle-Guard (no mostrada) | 29. Pozos para Termo Interruptores |
| 13. Válvula de control Extender de bajo nivel (no mostrada) | 30. Válvula de evacuación auxiliar |
| 14. Válvula de servicio de la bomba de solución | 31. Centro de control |
| 15. Bomba de solución | 32. Válvula de purga |
| 16. Intercambiador de calor | 33. Válvula de alivio de purga |
| 17. Línea de condensado de refrigerante | |

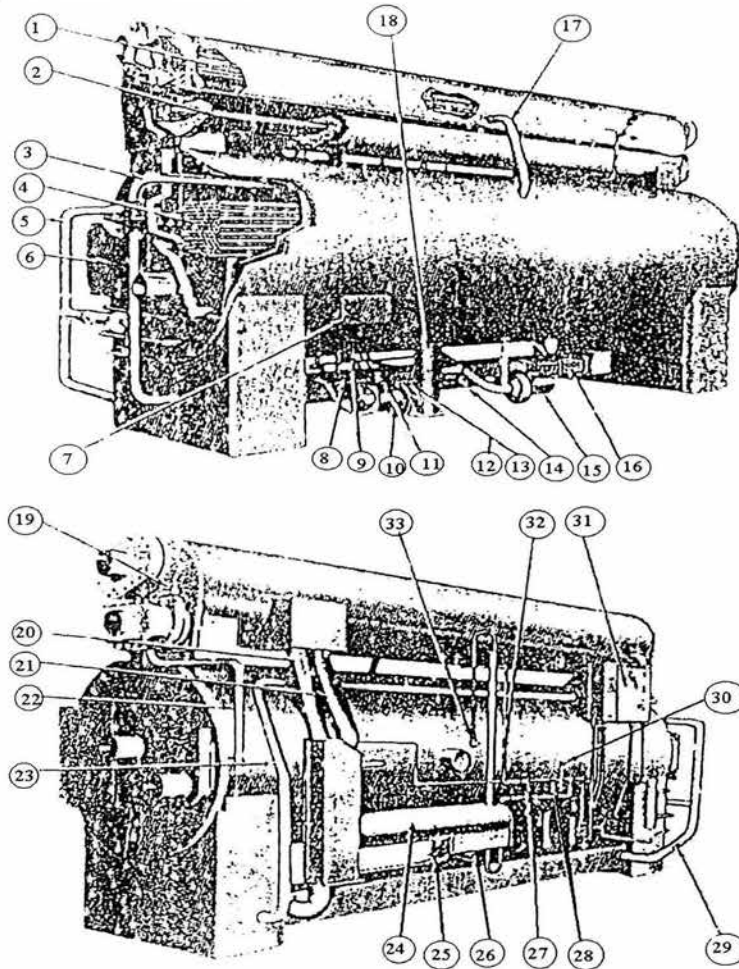
Los componentes se muestran en la figura 4.2.

4.1.3 Descripción del ciclo de refrigeración por absorción

Ciclo Básico de Absorción: El enfriador de absorción 16JB usa agua como refrigerante en recipientes mantenidos en vacío. El enfriador opera bajo un principio sencillo de que bajo presión absoluta baja (vacío) el agua se lleva el calor y vaporiza (hierve) a una baja temperatura. Por ejemplo a 0.25 in de presión absoluta de Hg, el agua hierve a 40°F. Para obtener la energía requerida para hervir, toma el calor de la sustancia que se va a enfriar, comúnmente agua, entonces dicho líquido se puede utilizar para propósitos de enfriamiento.

Para hacer que el proceso de enfriamiento sea continuo, el agua del refrigerante vaporizado es absorbido por una solución de Bromuro de Litio y agua. La separación de vapor de refrigerante por absorción mantiene la presión de la máquina lo suficientemente baja para que la vaporización sea continua.

Fig. 4.2 Unidad de Absorción Carrier



Fuente: Instructivo de Arranque, Operación y Mantenimiento Carrier

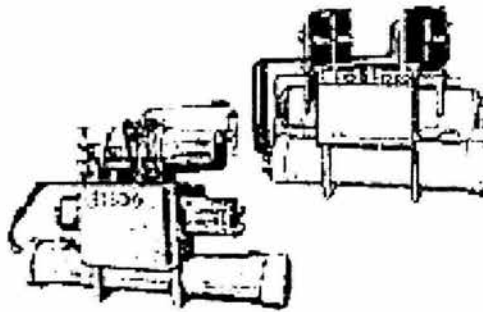
La solución de bromuro de litio diluida es bombeada a otro recipiente donde es calentada por vapor o agua caliente para liberar el vapor de agua absorbido. El agua de condensación relativamente fría suministrada por una fuente externa elimina suficiente calor del vapor para condensarlo de nuevo en un líquido y ser re-usada en el ciclo de enfriamiento. La solución de bromuro de litio reconcentrada es regresada al recipiente absorbedor para continuar con el ciclo de absorción.

4.1.4 Descripción de la Unidad Enfriadora de Agua (UEA o Chiller)

El segundo de los equipos es una unidad de enfriamiento de agua (UEA o en inglés chiller) el sistema cuenta con 4 compresores reciprocantes, los cuales entran en operación según se requiera, dicho sistema se encarga de enfriar agua usando freón-22, tiene una capacidad de 60 (TR).

Un sistema reciprocante de expansión directa, para su funcionamiento, consta de las siguientes partes básicas: Compresor reciprocante, condensador, control de flujo de refrigerante y evaporador, así como de un centro de control integrado por elementos de operación y de protección, refrigerante o sustancia de trabajo, y de la tubería de interconexión mecánica de los componentes básicos, que es por donde circula la sustancia de trabajo.

Fig. 4.3 Unidad Enfriadora de Agua o Chiller



Se considera una unidad reciprocante desde una unidad de ventana, y paquete de mediana capacidad, hasta un sistema dividido compuesto por una unidad condensadora y una unidad manejadora de aire, con serpentín evaporador (serpentín de enfriamiento) de expansión directa y su control de flujo correspondiente (válvula de expansión termostática) la unidad condensadora se instala a la intemperie y la manejadora en una caseta de equipo.

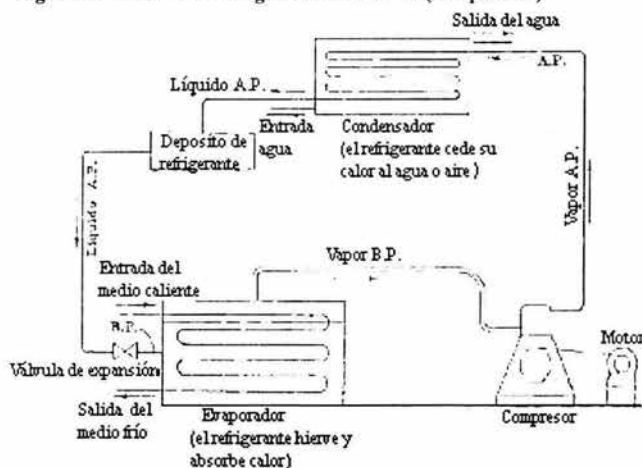
4.1.5 Funcionamiento del ciclo mecánico de refrigeración y sus partes

Así como un sólido al cambiar su forma a estado líquido (o gaseoso) absorbe calor de sus alrededores o de otras fuentes, también un líquido al vaporizarse debe absorber calor. La refrigeración mecánica hace posible el control de la presión y de la temperatura de refrigerantes en ebullición y también hace posible usar repetidas veces el mismo refrigerantes con poca o ninguna pérdida de éste. Teóricamente casi cualquier líquido estable no corrosivo puede usarse como refrigerante si éste es apropiado para las condiciones deseadas de presión y temperatura.¹⁹

¹⁹ Aire Acondicionado y Refrigeración, Burgess Jennings, edit. Continental, 1º ed. 1970.

En la figura 4.4 están mostrados los elementos de un sistema de refrigeración por compresión.

Fig. 4.4 Elementos de refrigeración mecánica (compresión)



Compresor: el compresor cubre dos funciones en el sistema refrigeración. En primer lugar, succiona el vapor refrigerante y reduce la presión en el evaporador a un nivel en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. En segundo lugar el compresor eleva la presión del vapor refrigerante a un nivel lo suficientemente alto, de modo que la temperatura de saturación sea superior a la temperatura del medio circundante disponible para la condensación del vapor refrigerante.

Condensador: el condensador es básicamente un intercambiador de calor en donde el calor absorbido por el refrigerante durante el proceso de evaporación y compresión, es cedido al medio de condensación. El calor cedido o rechazado por el condensador es siempre mayor que el calor absorbido durante el proceso de evaporación, debido al calor de la compresión. Conforme el calor es cedido por el vapor de elevada presión y temperatura, su temperatura desciende al punto de saturación y el vapor se condensa.

Válvula de expansión (Control de flujo): el control de flujo de refrigerante es la parte del sistema que controla la alimentación del refrigerante líquido al evaporador, reduciendo la presión del refrigerante a la de evaporación o baja presión. Regula el flujo a través del evaporador conforme sea necesario para mantener una diferencia de temperatura determinada, a cierto sobrecalentamiento deseado entre la temperatura de evaporación y el vapor que abandona o sale del evaporador. Es el dispositivo que separa el lado de alta presión del de baja presión.

Evaporador: es la parte del lado de baja presión del sistema en la que, el refrigerante líquido hierve ó se evapora, absorbiendo el calor del medio que esta enfriando a medida que se convierte en vapor. La temperatura del evaporador debe ser siempre menor a la temperatura del medio a ser enfriado. El refrigerante al entrar al evaporador se encuentra

aproximadamente un 91.3% en estado líquido y el resto en vapor, al salir debe de ser 100% vapor. Esta parte del sistema puede estar integrado al gabinete o bastidor del equipo, o puede estar formando parte de una manejadora de aire de expansión directa.

Refrigerante o sustancia de trabajo: la sustancia de trabajo o refrigerante, sirve como medio de transporte de calor en todo el sistema, cambiando de estado o de fase a medida que gana calor en el evaporador o que pierde calor en el condensador.

Sistema de control: el sistema de control es un conjunto de dispositivos que pone en marcha, regula y protege al equipo y sus componentes. Aunque puede adoptar o tomar casi cualquier forma y ser operado por diferentes fuerzas, tales como la temperatura o presión, su función de controlar el sistema, es siempre la misma.

4.1.6 Unidades manejadoras de aire

Las Unidades Manejadoras de Aire (UMA's) son equipos que se encargan de enviar el aire de confort, por medio de ductos, hacia las diferentes zonas del edificio. Las UMA's cuentan con un serpentín o tubería por donde circula el agua helada que es enviada por los equipos de refrigeración, el agua le retira el calor excedente al aire para lograr la temperatura de confort para después ser distribuido por los ductos.

Las UMA's deben de contar con dos ductos, un ducto para llevar el aire de retorno y el otro para llevar aire exterior, delante de los ductos se debe tener una caja donde se mezclan el aire que llega por ambos ductos, una vez mezclado el aire, pasa entre los espacios que tiene el serpentín, en donde le es retirado calor para que alcance la temperatura de confort deseada.

Las UMA's no se calculan, se seleccionan, según la cantidad de aire de confort que tengan que enviar hacia las zonas que lo requieran. En este caso las UMA's son multizonas, ya que cuentan con servomotores que se activan o se desactivan conforme las áreas a acondicionar lo requieran.

4.2 Cálculo de la carga térmica

A continuación se muestra la forma de cómo se calculó la ganancia de calor del inmueble, con el fin de verificar que la suma de las capacidades de los equipos de aire acondicionado sea la suficiente para crear el confort necesario en el interior del inmueble.

Para realizar dicho cálculo, es necesario contar, ya que son necesarios para calcular la carga térmica, con los siguientes datos de la envolvente y equipo eléctrico con el que cuenta el edificio:

- Materiales que componen los muros de la envolvente
- Tipo de vidrio de la envolvente
- Área de vidrios
- Área de muros

- Cantidad de personas que laboran
- Cantidad y potencia del equipo de computo
- Cantidad de alumbrado y potencia
- Dimensiones del interior a acondicionar

La metodología que se usó para calcular la capacidad del equipo es la de “aire-sol”, vista en la materia de Aire Acondicionado y Refrigeración impartida en la Facultad de Ingeniería, perteneciente al modulo de Termoenergía y Mejoramiento Ambiental, todas las ecuaciones utilizadas fueron extraídas del libro “Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración” de Hernández Goribar Eduardo, edit. Limusa, 1972.

En la tabla 4.1 se muestran las dimensiones de las áreas de muros y vidrios (expuestas al sol) según la orientación en la que se ubican. Con el fin de obtener la carga térmica que recibe cada muro para obtener la carga total en el edificio. La tabla 4.2 muestra los espesores y conductividades de los diferentes materiales que componen la envolvente.

Tabla 4.1 Orientaciones y áreas de muros y vidrios

Orientación	Área Muros m ²	Área Vidrios m ²
NO	471.48	286.7
NE	281.86	13.95
SE	217.42	603.92
SO	1538.55	48

Tabla 4.2 Datos de materiales

Muros			
Material	Espesor [cm]	k[kcal/m/h m ² °C]	k[W/m K]
Mortero	2	0.75	0.872
Tab. rojo	14	0.6	0.768
yeso	1	0.14	0.372
Techo			
Impermeabilizante	0.5	0.15	0.174
Conc. Armado	10	1.5	1.74
Ventanas			
Vidrio	0.3	0.7	0.93

Para obtener las cargas a través de los muros, ventanas y techo fue necesario usar las tablas que se muestran en el anexo 4, así como las siguientes ecuaciones:

Para vidrio

$$C_{ter} = qAf \left[\frac{Kcal}{h} \right]$$

Donde f es un factor de forma que para este caso será $f=1$

C_{ter} = carga térmica ganada cada hora a través del vidrio [Kcal / hr]

q = carga en [Kcal/h m²]

A = área del vidrio [m²]

Con la ecuación anterior y la tabla de aportación solar a través de vidrios sencillo (anexo 4) se obtuvo la tabla 4.3.

Tabla 4.3 Carga por vidrios Los valores están en [Kcal/hr]

fecha	Orient.	Axf	6.0 hrs	7.0 hrs	8.0 hrs	9.0 hrs	10.0 hrs	11.0 hrs	12.0 hrs	13.0 hrs	14.0 hrs	15.0 hrs	16.0 hrs	17.0 hrs	18.0 hrs
21-Jun	NO	286.7	2293.6	6880.8	9174.4	10894.6	10894.6	10894.6	11468.0	29530.1	64507.5	94611.0	111813.0	119553.9	63074.0
	NE	14.0	3055.1	5817.2	5440.5	4603.5	3138.8	1436.9	558.0	530.1	530.1	530.1	446.4	334.8	111.6
	SE	603.9	45294.0	101458.6	119576.2	108101.7	71866.5	34423.4	22949.0	22949.0	22949.0	22949.0	19325.4	14494.1	4831.4
	SO	48.0	384.0	1152.0	1536.0	1824.0	1824.0	1824.0	2496.0	5664.0	8592.0	9504.0	8064.0	3600.0	
			51026.7	115308.6	135727.1	125423.8	87723.9	48578.9	36799.0	55505.2	93650.6	86296.7	107225.8	141088.8	142446.8
22-Jul y 21-ny	NO	286.7	2293.6	6020.7	9174.4	10034.5	10894.6	10894.6	47104.2	22948.2	22948.2	21136.5	19324.8	12681.9	4831.2
	NE	14.0	2678.4	4896.5	5217.3	4199.0	2692.4	753.0	530.1	530.1	530.1	488.3	446.4	293.0	139.5
	SE	603.9	50727.6	114137.1	138897.0	129234.6	93000.6	47104.2	22948.2	3744.0	22948.2	10272.0	11040.0	9072.0	4032.0
	SO	48.0	384.0	1008.0	1536.0	1680.0	1824.0	1824.0	2592.0	7152.0	12720.0	14016.0	14592.0	11568.0	3744.0
24-agos y 20-abr	NO	286.7	1433.5	5447.3	8314.3	10034.5	10894.6	10894.6	3669.6	530.1	530.1	530.1	488.3	404.6	265.1
	NE	14.0	1701.4	4199.0	4464.0	3362.0	1883.3	669.6	530.1	530.1	530.1	488.3	404.6	265.1	69.8
	SE	603.9	47104.2	145540.0	183585.6	176338.8	160033.5	89981.1	32610.6	22948.2	22948.2	21136.5	17513.1	11474.1	3019.5
	SO	48.0	240.0	912.0	1392.0	1680.0	1824.0	1824.0	2592.0	7152.0	12720.0	14016.0	14592.0	11568.0	3744.0
22-sep y 22-mar	NO	286.7	0.0	4587.2	8314.3	10034.5	10894.6	10894.6	10894.6	10894.6	16915.3	45872.0	67374.5	64507.5	0.0
	NE	14.0	0.0	3138.8	3278.3	2232.0	823.1	530.1	530.1	530.1	530.1	488.3	404.6	223.2	0.0
	SE	603.9	0.0	161845.2	222235.2	228878.1	196267.5	137085.3	67032.9	24156.0	22948.2	21136.5	17513.1	9662.4	0.0
	SO	48.0	0.0	768.0	1392.0	1680.0	1824.0	1920.0	5328.0	10896.0	15600.0	18192.0	17664.0	12864.0	0.0
23-oct y 20-feb	NO	286.7	0.0	2867.0	6880.8	9174.4	10034.5	10894.6	10894.6	10894.6	10034.5	22362.6	40424.7	34117.3	0.0
	NE	14.0	0.0	1660.1	1967.0	1088.1	488.3	530.1	530.1	530.1	488.3	446.4	334.8	139.5	0.0
	SE	603.9	0.0	148559.4	239144.1	261488.7	243975.6	194455.8	120780.0	44084.7	21136.5	19324.8	14493.6	6039.0	0.0
	SO	48.0	0.0	480.0	1152.0	1536.0	1680.0	3504.0	15456.0	19392.0	20784.0	19008.0	11712.0	0.0	
21-nov y 21-ene	NO	286.7	0.0	2293.6	6020.7	8314.3	9174.4	10034.5	10034.5	10034.5	10034.5	10894.6	20069.0	18635.5	0.0
	NE	14.0	0.0	906.8	976.5	530.1	488.3	488.3	488.3	488.3	488.3	404.6	293.0	111.6	0.0
	SE	603.9	0.0	119572.2	235521.0	268131.6	258469.2	219819.6	208949.4	74883.6	25967.7	17513.1	12681.9	4831.2	0.0
	SO	48.0	0.0	384.0	1008.0	1392.0	2064.0	5962.0	12768.0	17568.0	20544.0	21312.0	18720.0	9504.0	0.0
22-Dic	NO	286.7	0.0	123156.6	243526.2	278368.0	270195.9	236304.4	232240.2	102974.4	57034.5	50124.3	51763.9	33082.3	0.0
	NE	14.0	0.0	1433.5	5447.3	8314.3	9174.4	10034.5	10034.5	10034.5	9174.4	9174.4	13761.6	10894.6	0.0
	SE	603.9	0.0	119572.2	235521.0	268131.6	258469.2	221027.4	208949.4	74883.6	25967.7	17513.1	12681.9	4831.2	0.0
	SO	48.0	0.0	384.0	1008.0	1392.0	2064.0	5952.0	12768.0	17568.0	20544.0	21312.0	18720.0	9504.0	0.0
		0.0	121919.8	242645.9	278284.3	270154.0	237502.2	232240.2	102974.4	56132.5	48404.1	45428.6	25299.6	0.0	

Para muros:

$$q = UA\Delta T_e^* = UA\Delta(\Delta T_e + (\Delta T - 8.3))$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_0} + \frac{x_1}{k_1} + \dots + \frac{x_n}{k_n}}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{8.03} + \frac{1}{29.3} + \frac{0.02}{0.75} + \frac{0.14}{0.6} + \frac{0.01}{0.14}} = 1.75 \text{ hr}^\circ\text{C m}^2/\text{Kcal}$$

$\Delta T = T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}$, se consideró $T_{\text{ext}} = 35^\circ\text{C}$ (max. registrada en la normal climatológica anexo 4) y $T_{\text{int}} = T_{\text{confort}} = 23^\circ\text{C}$

Donde:

$U =$ Coeficiente total de transferencia de calor [$\text{h}^\circ\text{C m}^2 / \text{Kcal}$]

$A =$ área a través de la cual fluye el calor [m^2]

$\Delta T_e^* =$ diferencia de temperatura entre los lados de la barrera [$^\circ\text{C}$], los valores se toman de la tabla temperatura equivalente para muros en $^\circ\text{C}$, (anexo 4)

$\Delta T =$ Diferencia entre la temperatura exterior e interior [$^\circ\text{C}$]

$x =$ espesor de los componentes de los muros [m]

$k =$ conductividad térmica del material de los muros [$\text{Kcal}\cdot\text{m} / \text{h}^\circ\text{C m}^2$]

h_i y h_0 se consideran constantes y tienen los valores de 8.03 y 29.3 [$\text{Kcal} / \text{h}^\circ\text{C m}^2$] respectivamente

Apoyándose en la tabla de temperatura equivalente para muros (anexo 4) se generó la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Carga para muros en [Kcal/hr]

Orient.	Área m ²	Horas AM			Horas PM					
		8	10	12	14	16	18	20	22	24
NO	471.48	1402.7	2227.7	3877.9	5528.1	8828.5	12953.9	13779	8003.4	5528.1
NE	281.86	838.3	5277.8	4784.6	3304.8	4784.6	5277.8	5277.8	4784.6	3304.8
SE	217.42	1027.3	3690.7	4832.2	4832.2	4451.7	4451.7	4071.2	2929.7	2549.2
SO	1538.55	7269.6	7269.6	12654.6	20732	42271.7	47656.6	44964.1	20732	18039.5
Total		10538.1	18465.8	26149.3	34397.1	60336.2	70340	68092.1	36449.7	29421.6

Para techo:

$$q = UA\Delta T_e$$

$$T_{\text{claro}} = T_{\text{somb}} + 0.55(T_{\text{sol}} - T_{\text{somb}})$$

$T_{\text{claro}} = T_{\text{somb}} + 0.55(T_{\text{sol}} - T_{\text{somb}})$ esta ecuación nos sirve para obtener el valor de ganancia de calor a través de los techos claros.

q = transmisión de calor

U = coeficiente total de transferencia de calor [$h \text{ } ^\circ\text{C m}^2 / \text{Kcal}$]

ΔT_e = temperatura equivalente para techos, ya sea expuesta al sol o a la sombra [$^\circ\text{C}$]

A_{somb} = área sombreada [m^2] A_{sol} = área soleada [m^2]

T_{sol} = transmisión de calor por techo expuesto al sol [Kcal / hr]

T_{somb} = transmisión de calor por techo a la sombra [Kcal / hr]

T_{claro} = transmisión de calor total en el intervalo de tiempo [Kcal / hr]

De esta forma y apoyándose en la tabla de temperatura equivalente para techos (anexo 4) se generó la tabla 4.5

Tabla 4.5 Carga para techo en [Kcal/hr]

Sol	AM			PM					
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Área m2	8	10	12	14	16	18	20	22	24
421.28	4322.3	4322.3	15848.6	27374.8	33137.9	34578.7	27374.8	15848.6	11526.2
Sombra									
304.4	-1041	-1041	0	2082.1	4164.2	6246.3	6246.3	4164.2	2082.1
Techo claro									
	1908.8	1908.8	8716.7	15993.1	20099.7	21829.1	17878	10590.6	7276.4

Tabla 4.6 Cargas totales en [Kcal/hr]

Horas	AM			PM					
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Vidrios	249143.9	270195.9	232240.2	93650.6	141088.8	71617	0	0	0
Muros	10538.1	18465.8	26149.3	34397.1	60336.2	70340	68092.1	36449.7	29421.6
Techo	1908.8	1908.8	8716.7	15993	20100	21829	17878	10591	7276.4
Total	261590.8	290570.5	267106.2	144040.7	221525	163786	85970.1	47040.7	36698

Como se puede apreciar en la tabla 4.6, solo aparecen las horas pares, por lo que para generarla, con los tres tipos de superficie, fue necesario tomar de la tabla 4.3 el valor más alto en la hora correspondiente y registrarlo en la tabla 4.6, los demás valores, que corresponden a muros y techos, se toma directamente el valor total de la hora que corresponda.

Tabla 4.7 Total carga térmica instalada

		KW	Kcal/hr
Personal		67.36	53351.5
Iluminación	IC	13.13	11289.2
	FI	128.96	138627
Misceláneos		19.50	15440.7
Computo		120.25	95242.3
Carga total =		349.19	313950

La tabla 4.7 se obtiene de la tabla de cargas totales instaladas del anexo 4, para obtener los valores en Kcal, se recurre a las siguientes ecuaciones:

Para obtener el valor de la carga en Kcal/hr del personal, misceláneos y computo la ecuación es:

$$q = KW \times 3143 \frac{BTU}{KW \text{ hr}} \times 0.252 \frac{Kcal}{BTU} \quad \left[\frac{Kcal}{hr} \right]$$

Para iluminación se requieren de 2 ecuaciones las cuales son:

$$\text{Incandescente} \quad q = W \times 0.86 \quad \frac{Kcal}{hr}$$

$$\text{Fluorescente} \quad q = W \times 0.86 \times 1.25 \quad \frac{Kcal}{hr}$$

Por último, de la tabla 4.6 se tomó el valor máximo que existe, y de la tabla 4.7 se tomó el valor total de las cargas instaladas; con el resultado de la suma de estos dos valores se obtuvo la capacidad del equipo de aire acondicionado que debe de existir en las instalaciones.

Entonces la ecuación que se usó es:

$$Cap_{equip} = \text{total de carga térmica} \left[\frac{Kcal}{hr} \right] \times \frac{1 [TR]}{3024 \left[\frac{Kcal}{hr} \right]} \quad [TR]$$

Total de carga térmica = carga instalada + carga máxima por transmisión

$$\text{Total de carga térmica} = 290570.5 \frac{Kcal}{hr} + 313950 \frac{Kcal}{hr} = 604520.5 \frac{Kcal}{hr}$$

$$Cap_{equip} = 604520.5 \frac{Kcal}{hr} \times \frac{1 [TR]}{3024 \frac{Kcal}{hr}} = 199.91 [TR]$$

Por lo tanto la capacidad calculada que debe de tener el equipo de aire acondicionado es de **200 TR**, mientras que la capacidad instalada actual es de **243 TR**.

En la tabla 3.4 se reporta una capacidad de 496 TR, la diferencia que existe corresponde a la capacidad instalada en el edificio B.

En el capítulo 6 se harán las recomendaciones de ahorro de energía relacionadas con el sistema de aire acondicionado, y se cuantificará el ahorro en el consumo de energía y económico.

Capítulo 5

Sistema de fuerza

Introducción

Se denomina sistema de fuerza al conjunto de todos los equipos e instalaciones que tienen por objeto realizar un trabajo mecánico y/o de producción. El equipo eléctrico que puede realizar trabajo mecánico es el motor eléctrico, y por lo tanto son estos equipos los principales dentro del proceso. El sistema de fuerza a su vez, en una planta o edificio es alimentado con energía desde una subestación de distribución de energía eléctrica.

5.1 Motor eléctrico

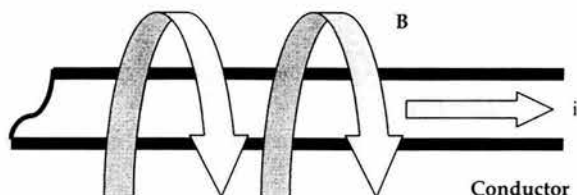
Motor Eléctrico: Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica que se aprovecha en forma rotatoria a través de la flecha.

Como funciona:

La operación se basa en dos principios:

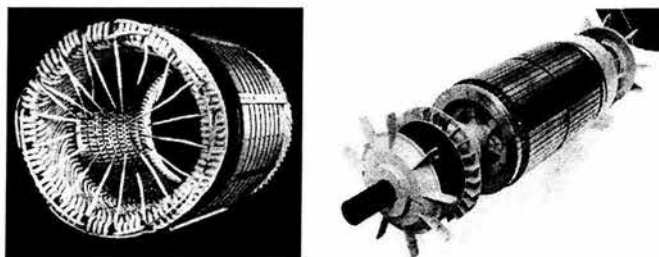
- Se producirá un campo magnético alrededor de un conductor cuya circulación de corriente sea variante a través del tiempo.
- Si un conductor se encuentra inmerso en un campo magnético, experimentará una fuerza inducida proporcional a la corriente que circula en él y de la fuerza del campo magnético como se muestra en la figura 5.1.

Fig. 5.1 Esquema de conductor y campo magnético



En motores de inducción, los devanados colocados en el núcleo del estator producen el campo magnético mostrados en la figura 5.2. Las barras del rotor son los conductores sobre los cuales actúa la fuerza del campo magnético. El resultado es el movimiento de rotación del rotor y la flecha; que puede ser acoplada a diversos dispositivos para producir un trabajo.

Fig. 5.2 Rotor y estator de un motor de inducción



5.2 Motor de inducción

Los motores de inducción polifásicos usados en aplicaciones industriales son prácticamente sin excepción trifásicos, correspondiendo por tanto al número de fases en los sistemas de potencia comerciales.

En los motores de inducción convencionales el embobinado del estator está conectado a la fuente y el embobinado del rotor está en corto circuito para muchas aplicaciones, o puede estar cerrado a través de resistencias externas, el motor de inducción polifásico para su excitación solo de la línea de c-a. Es económica su construcción para altas velocidades y de un tipo, es decir, el motor de rotor devanado se presta en un grado regular para el control de la velocidad. El motor de inducción gira abajo de la velocidad sincrónica y se le conoce como una *máquina asincrónica*. Su velocidad se disminuye con un par de la carga que se aumenta, la velocidad a plena carga de los motores de inducción polifásica es, en la mayoría de los casos, dentro del 7% de la velocidad sincrónica, aun cuando las velocidades a plena carga de cerca de 1% debajo de la velocidad sincrónica son algo usuales. Dado que el motor de inducción no tiene ningún elemento medio inherente para producir su excitación, requiere de potencia reactiva y desarrolla una corriente atrasada. Mientras que el factor de potencia a carga nominal es generalmente superior al 80%, es bajo con cargas pequeñas, que tienen la desventaja en una menos favorable relación de precio para la potencia eléctrica cuando el factor de potencia (corriente atrasada) cae debajo de un cierto valor en instalaciones comerciales e industriales. Con el objeto de limitar la potencia reactiva, la reactancia magnetizante debe ser alta, y por lo tanto el entrehierro más corto que en los motores sincrónicos del mismo tamaño y capacidades nominales, con excepción de los motores pequeños. Consideraciones mecánicas limitan la longitud mínima del entrehierro; otros factores son el ruido del motor y pérdidas magnéticas en las caras de los dientes. Un entrehierro corto puede evitar que el motor se acelere a la velocidad nominal al arrancar y causándolo que gire a una fracción de su velocidad nominal.²⁰

5.3 Motores de alta eficiencia²¹

El accionamiento de máquinas y equipamientos mecánicos para motores eléctricos es un tema de gran importancia económica, particularmente en la industria. Se estima que un 70 a 80% de la energía consumida por el conjunto de todas las industrias se transforma en energía mecánica por medio de motores eléctricos. Esto significa que considerando un rendimiento medio del orden del 80% del universo de los motores en aplicaciones industriales, cerca del 15% de la energía eléctrica industrial se convierte en pérdidas en los motores eléctricos.

En México se calcula que se utilizan más de 350 millones de motores eléctricos y de estos un alto porcentaje corresponden al tipo jaula de ardilla, de los cuales se comercializan anualmente cerca de 200 mil unidades, se encuentran importantes oportunidades de ahorro de energía debido al avance en el diseño y construcción de motores de alta eficiencia.

²⁰ "Máquinas Eléctricas", Stephen J. Chapman, Edit. Mc Graw-Hill, 2ª Ed.

²¹ Fascículo FIDE, Motores de alta eficiencia.

5.3.1 Eficiencia de un motor

La eficiencia es una consideración importante en la aplicación de accionamientos con motores eléctricos, especialmente con aquellos con gran cantidad de horas de servicio, donde el costo de operación del motor llega a ser, en mucho, superior al precio de adquisición. La eficiencia usualmente se expresa en porcentaje de la relación de la potencia mecánica de salida entre la potencia eléctrica de entrada. Esto es:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Potencia Mecánica}}{\text{Potencia Eléctrica}} \times 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{0.746 \times \text{CPsalida}}{\text{kWentrada}} \times 100$$

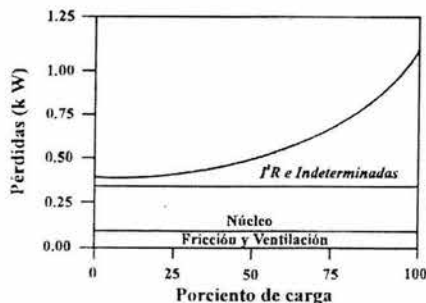
También puede ser expresada como la potencia de entrada, menos la potencia de pérdidas, dividida entre la potencia de entrada:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{kWentrada} - \text{kWpérdidas}}{\text{kWentrada}} \times 100$$

Las pérdidas consumen sólo una fracción de la potencia de entrada y se pueden agrupar de la siguiente manera (fig. 5.3):

- Pérdidas eléctricas en los devanados (I^2R).
- Pérdidas magnéticas o en el núcleo.
- Pérdidas mecánicas por fricción y ventilación (rodamientos y ventiladores ineficientes).
- Pérdidas indeterminadas.

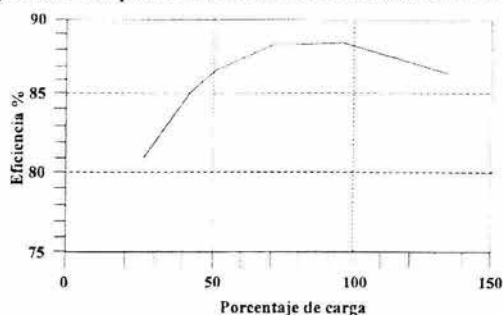
Fig. 5.3 Variación de las pérdidas con la carga de un motor de 10 CP



Fuente: Fascículo FIDE de motores eléctricos de alta eficiencia

En condiciones normales de tensión y frecuencia las pérdidas mecánicas y magnéticas se mantienen casi constantes, independientemente de la carga impulsada; no así las pérdidas eléctricas e indeterminadas que varían con la potencia exigida en la flecha del motor. La máxima eficiencia se obtiene cuando las pérdidas constantes son similares a las pérdidas variables. En los motores estándar o de eficiencia normal, esto ocurre cuando operan entre el 75 y el 95% de su potencia nominal, disminuyendo ligeramente cuando la carga se incrementa y de manera importante cuando ésta se reduce. Lo anterior se muestra en la figura 5.2, donde se tiene una curva típica de eficiencia en relación con la carga aplicada para un motor de 10 CP.

Fig. 5.4 Curva típica de la variación de la eficiencia en un motor estándar de 10 CP.



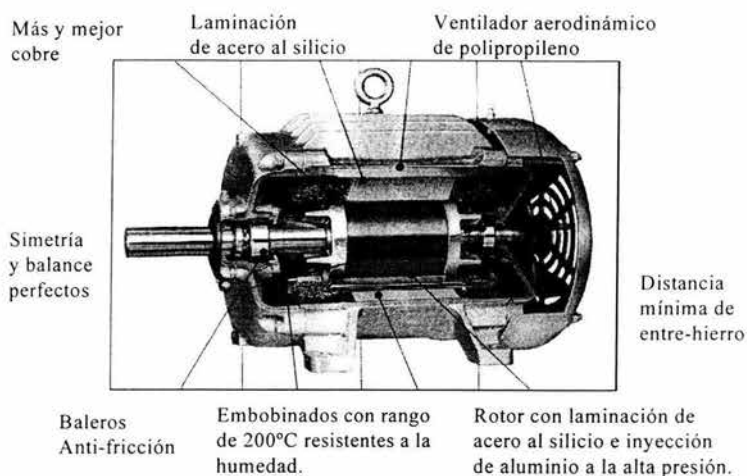
Fuente: Fascículo FIDE motores eléctricos de alta eficiencia

5.3.2 Motores de alta eficiencia.

Un ahorro importante de energía eléctrica en accionamiento con motores se puede obtener mediante la reducción de las pérdidas. Para lograrlo, algunos fabricantes de motores eléctricos se han dedicado a mejorar sus diseños y manufactura, realizando diversas acciones entre las que se puede mencionar (fig. 5.3):

- Utilización de acero con mejores propiedades magnéticas.
- Reducción del entrehierro para minimizar pérdidas por deslizamiento.
- Reducción del espesor de laminación.
- Incremento en el calibre de los conductores.
- Utilización de ventiladores y sistemas de enfriamiento más eficientes.
- Utilización de mejores materiales aislantes.
- Baleros anti-fricción de alta calidad.
- Perfecta simetría y balance.

Fig. 5.5 Características de un motor de alta eficiencia



Fuente: Presentación Compañía Baldor fabricantes de motores

¿CÓMO SE LOGRA LA ALTA EFICIENCIA EN UN MOTOR?

- Mas y mejor cobre de alta pureza que disminuye la resistencia.
- Laminaciones en el estator de acero al silicio, más delgadas y con ranuras con mayor capacidad para disminuir corrientes parásitas y poder colocar una mayor cantidad de cobre.
- Jaula de ardilla del rotor construida con laminaciones de acero al silicio y aluminio inyectado a alta presión o barras de cobre.

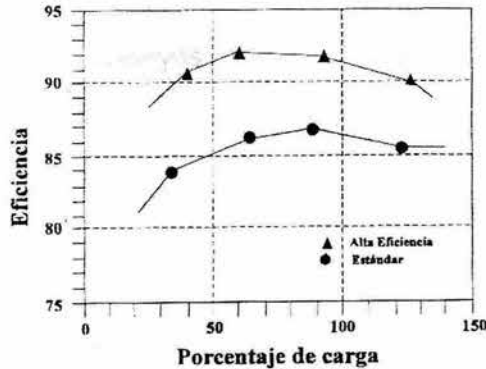
¿COMO RECONOCER UN MOTOR DE ALTA EFICIENCIA?

- Los motores de alta eficiencia generalmente poseen una dimensión longitudinal mayor.
- Por ser fabricados con mayor cantidad de material son de mayor peso.
- La velocidad a plena carga de estos motores es más cercana a la velocidad de sincronía.
- El amperaje de consumo a plena carga es menor al de un motor de igual potencia pero de eficiencia estándar.
- Mayor Costo.

El resultado ha sido disponer de motores con pérdidas menores de hasta un 45% que las de motores estándar. Por ejemplo, la reducción de un 30% en las pérdidas de un motor de 10 CP con 83% de eficiencia, incrementa su valor a un 88.5%. Por otro lado, los motores de alta eficiencia, a diferencia de los estándar, mantienen su alto nivel de eficiencia en un

amplio rango de carga. Esto se puede observar en la figura 5.4, en donde se muestra la variación de la eficiencia con la carga, para motores similares.

Fig. 5.6 Comparación de la eficiencia de motores de 10 CP estándar y de alta eficiencia



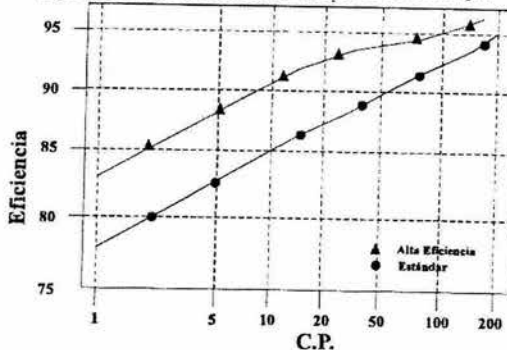
Fuente: Fascículo FIDE motores eléctricos de alta eficiencia

La manufactura y el uso de mejores materiales se traduce en un costo mayor. Los motores de alta eficiencia tienen un precio entre 15 y 30% más que sus similares estándar, pero este sobreprecio puede ser recuperado en un periodo razonable con los ahorros que se obtienen de reducir su consumo de energía eléctrica.

Con propósitos de comparación, en la figura 5.5 se muestran valores promedio de eficiencia en motores estándar y de alta eficiencia. Se puede observar que conforme aumenta la potencia, el rango de mejora en la eficiencia es menor.

Lo anterior se debe a las mejoras técnicas utilizadas en la fabricación de motores de gran capacidad que se han venido aplicando desde hace tiempo.

Fig. 5.7 Eficiencia de motores eléctricos de 1800 rpm



Fuente: Fascículo FIDE motores eléctricos de alta eficiencia

En México la utilización de motores de alta eficiencia ha sido limitada, entre otros, por la falta de información, su mayor costo inicial, y la indiferencia de los usuarios en los que existe poco interés por ahorrar cuando la facturación eléctrica no es relevante. Para incentivar a estos últimos se requiere de una certificación y una normalización de los estándares mínimos de funcionamiento. Al respecto cabe mencionar que a partir de Septiembre de 1994 se cuenta con la Norma Oficial Mexicana²² que garantiza los valores de eficiencia a los que deben sujetarse los fabricantes y distribuidores de estos equipos.

5.3.3 Sobredimensionamiento de motores

Como se ha mencionado, los motores estándar operan a una mayor eficiencia cuando trabajan cerca de su potencia nominal; sobrecargarlos no solo representa mayores pérdidas, sino que el deterioro acelerado de sus aislamientos y si no se toman previsiones, el motor puede quemarse. Sin embargo, en las instalaciones, en particular en los industriales, es más frecuente encontrar motores que operan con baja carga que sobrecargados; esto es, están sobredimensionados. Las razones van desde una selección inadecuada de origen de la potencia del motor, hasta la sustitución de un motor averiado por otro de mayor potencia del que se dispone de momento y que, desafortunadamente, se deja conectado de manera permanente.

Si bien existen normas y procedimientos para determinar con precisión la eficiencia de un motor, en el caso de máquinas de inducción con la ayuda de equipo convencional de medición: wattmetro y tacómetro, es posible medir en campo, con relativa certeza, la potencia y la eficiencia real a la que está trabajando.

La potencia demandada por la carga se puede calcular aplicando la siguiente expresión:

$$CPr = L \times CPn$$

Donde:

CPr= Potencia real en la flecha (CP)

CPn= Potencia nominal en la flecha

L= Factor de carga

El factor de carga se determina como se indica a continuación:

$$L = \frac{Ns - Nr}{Ns - Nn}$$

$$Ns = 120 \times \frac{\text{Frecuencia}}{\text{número de polos}}$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{CPr \times 0.746}{CPd} \times 100$$

²² NOM-016-ENER-2002 "Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0.746 kW a 373 kW.

Donde:

N_s = Velocidad de sincronismo (rpm)

N_r = Velocidad en la flecha (rpm)

N_n = Velocidad nominal

5.3.4 Pérdida de eficiencia en la reparación de motores

Las fallas en los motores eléctricos tienen con frecuencia su origen en desperfectos mecánicos, muchas veces acompañados por daños severos en el aislamiento de los devanados, por lo que es necesario su reembobinado o sustitución.

Si bien es técnicamente posible reparar un motor para que mantenga sus condiciones originales de desempeño en la práctica se ha demostrado que la eficiencia se reduce con frecuencia de 1.5 y 2.5% cada vez que un motor se reembobina en talleres especializados, y porcentajes bastante mayores en lugares donde no se cuenta con personal calificado para realizar las composturas.

Considerando la pérdida de eficiencia, el reembobinado es efectivo si se presenta una o más de las siguientes condiciones:

- Capacidad del motor mayor a 125 CP.
- Ciclo de operación menor de 2000 hrs/año.
- El motor es muy eficiente o de alta eficiencia.
- El costo del servicio eléctrico es bajo.

En otros casos la sustitución del motor fallado por otro nuevo de alta eficiencia puede ser una buena opción. La decisión se debe basar en un análisis cuidadoso en función del costo de la reparación, la ganancia en la eficiencia del motor nuevo, el costo inicial de éste, las horas de operación, el factor de carga y el precio de la energía eléctrica.

5.4 Estimación de los ahorros con motores de alta eficiencia

La selección apropiada de un motor eléctrico debe considerar sus condiciones de desempeño, incluyendo las restricciones del medio ambiente, así como su costo de adquisición y operación. Características de alimentación eléctrica, requerimientos del par, ciclo de trabajo de carga, tipo de armazón, etc., son algunos de los factores que deben ser tomados en cuenta. El siguiente paso es evaluar el nivel de eficacia deseado para la aplicación de la que se trate. En estas circunstancias, la elección de un motor de alta eficiencia puede convertirse en la mejor alternativa. Sin embargo, debido a su mayor costo inicial, comparado con un motor estándar de características similares, es importante hacer un análisis de los beneficios para asegurarse que la decisión sea viable.

Cuatro conceptos son requeridos para evaluar la factibilidad económica de elegir un motor de alta eficiencia en lugar de uno estándar:

1. Tarifa eléctrica.
2. Factor de carga.
3. Horas de operación.

4. Costo de adquisición del motor.

Tarifa eléctrica: La información del costo de la electricidad se puede obtener a partir del recibo o bien, consultando la agencia de la compañía eléctrica de la localidad o consultar por Internet en la pagina www.cfe.gob.mx. En instalaciones industriales y comerciales básicamente está integrado por tres componentes:

1. *Cargo por energía:* Es el costo de la energía consumida en el periodo de facturación, resultado de multiplicar el número de kWh por la tarifa correspondiente expresada en \$/kWh. El cargo por energía eléctrica puede variar en la región del país donde la compañía suministradora presta servicio, con la época del año y con la hora del día en que se consume la energía.
2. *Cargo por potencia:* Es el costo de la demanda máxima o facturable que se ha tenido en el periodo, resultado de multiplicar el número de kW por la tarifa correspondiente expresada en \$/kW. Se basa en la medición de demanda media en intervalos de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica durante ese lapso es mayor. El cargo por potencia puede variar con la región del país y la época del año.
3. *Cargo por factor de potencia:* Este cargo se aplica cuando el factor de potencia durante el periodo de facturación, es menor al 90%. Un bajo factor de potencia indica que la instalación esta consumiendo una potencia reactiva (VAR) en exceso, por lo cual la compañía suministradora requiere ser compensada. Por otro lado, bonifica cuando el factor de potencia esta por arriba del 90%.

Factor de carga: El factor de carga se refiere al valor de la potencia que se demanda del motor, en relación con su valor de placa o nominal. Se puede calcular a partir de los datos de placa del motor y con la medición de la velocidad real de operación y de la potencia que toma de la red.

Horas de operación: Es el tiempo de uso del motor expresado en horas, para el periodo de análisis, usualmente un año. Mas adelante se verá como los ahorros de energía eléctrica y la factibilidad de usar un motor de alta eficiencia dependen en gran medida de este valor.

Costo de adquisición: Como se ha mencionado, los motores de alta eficiencia tienen un alto costo, por lo tanto, el precio es un dato importante que debe ser considerado en el análisis. Sin embargo, la consulta entre varios distribuidores y fabricantes es una práctica obligada ya que con frecuencia se ofrecen descuentos sobre precios de lista, que pueden variar incluso entre distribuidores de la misma marca. Es conveniente asegurarse del costo efectivo de adquisición de los motores para tener una mayor certidumbre en las estimaciones.

La potencia ahorrada que se obtiene por utilizar un motor de alta eficiencia, en lugar de uno estándar o de eficiencia menor, se puede establecer a partir de la siguiente fórmula:

$$Pa = 0.746 \times CP \times L \times \left(\frac{100}{Estd} - \frac{100}{Eae} \right) [kW]$$

Donde:

Pa= Ahorro en potencia [kW]

CP= Caballos de potencia [HP]

Eae= Eficiencia del motor de alta eficiencia (%)

L= Factor de carga

Estd= Eficiencia del motor estándar (%)

Tomando en cuenta los kW ahorrados se puede calcular el ahorro monetario para un determinado periodo. Por ejemplo, para un año:

$$S = Pa(N \times Ce + n \times Cp) \left[\frac{\$}{\text{año}} \right]$$

Donde:

S= Ahorro Anual (\$/año)

n= número de periodos de facturación por año

N= horas de operación/año

Ce= Cargo por energía (\$/kWh)

Cp= Cargo por demanda máxima (\$/kW)

Las expresiones anteriores se aplican en accionamientos donde los motores trabajan con una carga sustancialmente constante. En los casos de ciclos de trabajo en los que la carga varíe, se pueden hacer estimaciones para cada uno de ellos y luego, sumar los ahorros para obtener el ahorro total.

5.5 Cuando utilizar motores de alta eficiencia

Cada usuario tiene múltiples requerimientos que satisfacer para asegurar la operación correcta y económica de sus accionamientos con motores eléctricos. La eficiencia es sólo uno de ellos; no obstante, en las siguientes condiciones, el empleo de los motores de alta eficiencia debe ser considerado:

- En instalaciones nuevas.
- Cuando se realicen modificaciones mayores en procesos existentes.
- En lugar de rebobinar motores estándar que han fallado. Sobre todo cuando tienen mas de 15 años en uso (especialmente los que ya han sido rebobinados) y operan mas de 2000 horas al año.
- Para reemplazar motores estándar que operan normalmente sobrecargados o con baja carga.
- En la adquisición de equipos de accionamientos nuevos tales como aires acondicionados, compresores y sistemas de bombeo.
- Cuando se desea reducir los costos de operación sustituyéndolos por motores viejos u obsoletos.

5.6 Como iniciar un programa para mejorar el desempeño en motores eléctricos

Como se ha señalado, los motores que han fallado no son los únicos candidatos a ser sustituidos por motores de alta eficiencia; de hecho existen oportunidades de obtener ahorros sustanciales, reemplazando motores que se tienen en operación, especialmente por motores viejos, motores con varias reparaciones o sobredimensionados. Además, desde el punto de vista del mantenimiento preventivo, suele ser conveniente cambiar motores antes de que fallen, y que mejor que utilizar para el reemplazo uno de alta eficiencia.

Para iniciar un programa de mejora en la planta de motores eléctricos dentro de una instalación, se deben determinar los mejores candidatos para ser reemplazados. Esto requiere de un cuidadoso análisis del desempeño histórico de las máquinas, en particular de las reparaciones que han tenido. Un valioso auxiliar son los resultados de las pruebas a las que son sometidos para verificar que se mantienen en condiciones adecuadas de operación y tomar acciones preventivas.

5.7 Cálculo de la eficiencia de motores existentes

Las eficiencias de los motores de las unidades manejadoras de aire (UMA's) se calcularon, tomando como ejemplo la unidad del piso 1, de la manera siguiente:

Para el motor de la unidad manejadora del piso 1 se tiene:

Tabla 5.1 Datos de placa y mediciones

Datos de placa	Lecturas
HP = 7.5	
V = 220/440 [V]	V _f = 215 [V]
I = 22/11 [A]	I = 9.5 [A]
RPM = 1750	RPM = 1780
F.S. = 1.15	F.P. = 0.82

Nota: para hacer las mediciones se usó un factorímetro digital trifásico (marca AEMC) con pinza para medición de corriente, amperímetro de gancho y un tacómetro.

Para este motor de 4 polos y 60 Hz, la velocidad de sincronismo esta dada por:

$$N_s = 120 \times \frac{\text{Frecuencia}}{\text{número de polos}} = 120 \times \frac{60}{4} = 1800 \text{ rpm}$$

El factor de carga (L) se obtiene como sigue:

$$L = \frac{N_s - N_r}{N_s - N_n} = \frac{1800 - 1780}{1800 - 1750} = 0.4$$

La potencia real en la flecha se calcula con la ecuación siguiente:

$$CPr = L \times CPn = 0.4 \times 7.5 \text{ [HP]} = 3 \text{ [HP]}$$

La potencia demandada por el motor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$CPd = \frac{\sqrt{3} \times V_f \times I \times fp}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 215[V] \times 9.5[A] \times 0.82}{1000} = 2.9[KW]$$

Donde:

CPd= Potencia demandada por el motor [kW]

V_f= Voltaje entre fases [V]

I = Corriente [A]

Fp= Factor de potencia

Finalmente, la eficiencia para el motor de la unidad manejadora de aire (UMA) del piso 1 esta dada por:

$$eficiencia = \frac{CPr \times 0.746}{CPd} \times 100 = \frac{3[HP] \times 0.746 \left[\frac{KW}{HP} \right]}{2.9[KW]} \times 100 = 77\%$$

De igual manera se calculó la eficiencia para las UMA's de los pisos restantes cuyos datos de placa son los siguientes:

Datos de placa
Hp = 5
V = 220/440 [V]
I = 13/6.5 [A]
RPM = 1750
F.S. = 1.15

Nota: Solo la UMA del piso 1 es de 7.5 HP, las restantes tienen un motor de 5 HP.

Las eficiencias calculadas se reportan en la siguiente tabla:

Tabla 5.2 Eficiencias de los motores de la UMA's

UMA	Motores (Unidades Manejadoras de Aire)							eficiencia %
	Voltaje [V]	corriente [A]	FP	RPM	FC	CPr [HP]	CPd [KW]	
piso 1	215	9.5	0.82	1780	0.4	3	2.90	77
piso 2	216	4.9	0.77	1785	0.3	1.5	1.41	79
piso 3	216	6.7	0.81	1780	0.4	2	2.03	73
piso 4	214	5.73	0.8	1785	0.3	1.5	1.70	66
piso 5	214	6.35	0.83	1780	0.4	2	1.95	76
piso 6	213	5.12	0.8	1785	0.3	1.5	1.51	74
piso 7	213	10.95	0.84	1765	0.7	3.5	3.39	77
piso 8	212	9.65	0.86	1770	0.6	3	3.05	73
piso 9	212	5.43	0.8	1785	0.3	1.5	1.60	70
piso 10	211	7.97	0.81	1775	0.5	2.5	2.36	79
piso 11	213	6.63	0.84	1780	0.4	2	2.05	73
piso 12	213	9.47	0.86	1775	0.5	2.5	3.00	62
piso 13	213	6.6	0.75	1780	0.4	2	1.83	82

En este trabajo no se consideraron las bombas de agua, las cuales se encuentran en el sótano, ya que trabajan en intervalos de tiempo cortos y sería difícil determinar el consumo real de energía.

El análisis económico para ver la rentabilidad de sustituir los motores existentes por unos de alta eficiencia se desarrollara en el capítulo 6 en la sección de medidas de ahorro de energía en el sistema de fuerza.

Capítulo 6

Identificación de Medidas de Ahorro

Introducción

En el presente capítulo se hará mención de las principales áreas en que fueron detectados potenciales de ahorro de energía, así como las propuestas sugeridas para ser llevadas a cabo; por último, se realizará el análisis técnico-económico de las principales propuestas y se sustentará su aplicación mediante un análisis beneficio-costos para ver la rentabilidad de las mismas.

6.1 Identificación de medidas

Durante el recorrido que se hizo por las instalaciones para realizar el levantamiento de datos, se detectaron áreas en las que existían potenciales de ahorro de energía, este se lograría mediante la aplicación de medidas que requieren de inversión y otras tantas que no lo necesitan.

A grandes rasgos, una de las medidas que requiere de inversión, se detecto en el sistema de alumbrado. Con relación al sistema de aire acondicionado, las medidas detectadas no lo requieren puesto que son operacionales, y en lo referente al sistema de fuerza, en las unidades manejadoras de aire se propone la sustitución de los motores existentes por motores más eficientes.

Las medidas antes mencionadas se explicaran a detalle en este capítulo.

6.2 Análisis técnico económico de las principales propuestas

Como consecuencia del análisis de los sistemas eléctricos principales, se realizan propuestas operacionales y de sustitución de equipos; se cuantifican los ahorros y se verifica la rentabilidad de las mismas.

6.2.1 Medidas de ahorro en iluminación

A continuación se muestra el desarrollo del estudio económico para ver si es factible llevar a cabo la inversión en equipos de iluminación.

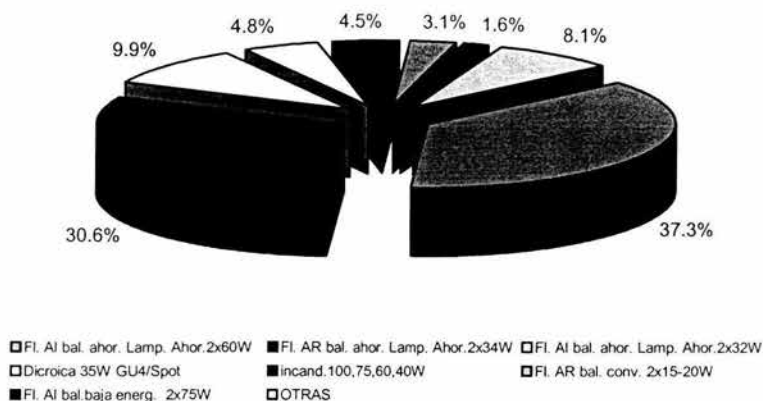
Del formato de censo de equipos de alumbrado (F3) en el anexo 3, se obtiene la siguiente tabla:

Tabla 6.1 Equipos existentes

Total de equipos	Cantidad	%	Consumo kWh/Mes*	Horas de operación/mes
Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor.2x60W	965	37.3	25101.13	208
Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34W	791	30.6	12010.21	192
Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32W	256	9.9	3775.54	203
Dicroica 35W GU4/Spot	124	4.8	861.05	178
incand.100,75,60,40W	117	4.5	867.96	99
Fl. AR bal. conv. 2x15-20W	80	3.1	655.86	141
Fl. Al bal.baja energ. 2x75W	41	1.6	1384.45	260
OTRAS (ver tabla 3.8)	210	8.1	918.28	-
Totales	2584	100	45574.5	-

* Este valor corresponde a la suma del consumo mensual de cada uno de los diferentes tipos de equipos.

Gráfica 6.1 Distribución de cargas de alumbrado



Las horas de operación promedio correspondientes a cada tipo de equipo se obtuvieron mediante la siguiente ecuación:

$$\text{hrs}/\text{mes} = \frac{\text{Consumo mensual} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right]}{(\# \text{equipos}) (\text{Potencia} \left[\text{kW} \right])}$$

Adicionalmente, con los datos de la facturación eléctrica correspondiente al año 2002 (tabla 3.5) y la tabla de censo de alumbrado (tabla 3.6) se calcularon los parámetros siguientes:

Tabla 6.2 Análisis del censo de alumbrado

Datos eléctricos			
Descripción	Valores	Unidades	Observaciones
Cantidad de equipos instalados	2584	Equipos	Total existentes
Carga instalada	230.07	kW	Estimada
Potencia demandada	203.35	kW	Estimada
Consumo mensual	45574.48	kWh/mes	Estimada
Factor de carga (FC)	30.70	%	Promedio

Relación de índices eléctricos de alumbrado		
Descripción	Valores	Unidades
Densidad de Potencia Eléctrica por Área (DPEA)	10.81	W/m ²
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona (DPEP)	307.18	W/persona
Densidad de Energía Eléctrica por Área (DEEA)	29.07	kWh/m ² -año
Densidad de Energía Eléctrica por Persona (DEEP)	826.12	kWh/persona-año
Densidad de Carga Instalada por Área (DCIA)	12.23	W/m ²
DPEA(NOM-007-ENER-1995) Para: oficinas	16	W/m ²

Los índices eléctricos y el Factor de Carga (FC) se calcularon basándose en las siguientes ecuaciones:

$$FC = \frac{\text{Consumo mensual} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{mes}} \right]}{\text{Potencia demandada} \left[\text{kW} \right] \times 730 \left[\frac{\text{hrs}}{\text{mes}} \right]}$$

$$DPEA = \frac{\text{Potencia demandada} \left[\text{W} \right]}{\text{área total construida} \left[\text{m}^2 \right]}$$

$$DPEP = \frac{\text{Potencia demandada} \left[\text{W} \right]}{\# \text{ personas}}$$

$$DEEA = \frac{\text{Consumo anual} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right]}{\text{área total construida} \left[\text{m}^2 \right]}$$

$$DEEP = \frac{\text{Consumo anual} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right]}{\# \text{ personas}}$$

$$DCIA = \frac{\text{Carga instalada} \left[\text{W} \right]}{\text{área total construida} \left[\text{m}^2 \right]}$$

En la tabla 6.1 observamos los equipos más representativos, al sustituirlos por equipos de mayor eficiencia se puede lograr un mayor impacto en el ahorro de energía.

En la tabla 6.3 se muestran las propuestas de equipos de alta eficiencia para sustituir los existentes, dichas propuestas tendrán un análisis económico para verificar su rentabilidad y justificar con éste la inversión requerida.

Tabla 6.3 Propuestas de sustitución de los equipos existentes

MAE	Actual	Propuesto
1	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor.2x60 W	Fl. AI y bal. Electrónico premium 2x59 W
2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34 W	Fl. AR bal. Electrónico premium 2x32 W
3	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32 W	Fl. AR bal. Electrónico premium 2x32 W
4	Dicroica 35W GU4/Spot	CF reflector R30 (bal. int.E26) 15W AR
5	Fl. AR bal. conv. 2x15-20 W	Fl. Ar bal. Electrónico premium 2x17W
6	Fl. AI bal.baja energ. 2x75 W	Fl. AI y bal. Electrónico premium 2x59 W
7	incand.100,75,60,40 W	Fl. compacta tubo triple Bal. Integ. E27 15 W

Fl: Fluorescente, AI: Arranque Instantáneo, AR: Arranque rápido
bal. Ahor.: balastro ahorrador, Lamp: Lámpara, bal int: balastro integrado

A manera de ejemplo se muestra el análisis económico que se realizó para la Medida de Ahorro de Energía (MAE 2).

Para realizar el análisis, es necesario contar con los datos siguientes:

Tabla 6.4 Datos requeridos para el análisis de equipos

# de equipos	791
# de equipos que operan en Dem. Max. (mas de 6 hrs/día)	675
Hrs de operación/ mes	192
W/equipo Actual	79
W/equipo Propuesto	59
vida lámpara Actual [Hrs]	20000
vida lámpara propuesta [Hrs]	24000
\$/lámpara actual	22.08
\$/lámpara propuesta	24.96
\$/balastro	210
\$/instalación	48

Tabla 6.5 Incentivos FIDE para usuarios finales aplicables hasta diciembre 2003

Watts nominales	Lámpara	Balastro electromagnético*	Balastro electrónico*
17-25	\$4.40	\$7.20	\$41.60
31-32	\$3.60	\$10.40	\$44.00
59	\$14.40	\$24.00	\$68.00

* Incentivo independiente del número de lámparas que maneje el balastro.

En las MAE'S 1 2 3 Y 5 se aplicará el incentivo FIDE de acuerdo a la tabla; específicamente en el "Costo unitario del balastro" y en "Costo por lámpara", conforme la potencia nominal del balastro y de la lámpara.

Nota: Los incentivos son apoyos económicos que otorga el FIDE para promover el uso de equipos de mayor eficiencia. Para mayor detalle consultar la página de Internet www.fide.gob.mx

Costo de inversión

Aplicando los incentivos que da FIDE (validos hasta diciembre de 2003), se tiene que el costo de los equipos es:

$$\begin{aligned} \text{Costo de lamp.} &= \# \text{ lámparas} (\$/\text{lámpara propuesta} - \text{incentivo FIDE}) \\ &= 2 \times (24.96 - 3.6) \\ &= \$ 42.72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de bal.} &= \$/\text{balastro propuesto} - \text{Incentivo} \\ &= 210 - 44 \\ &= \$ 166.00 \end{aligned}$$

$$\text{Costo de instalación} = \$ 48.00$$

$$\begin{aligned} \text{Costo total} &= \# \text{ equip.} \times (\text{Costo de lamp} + \text{Costo de bal} + \text{Costo de inst.}) \\ &= 791(42.72 + 166.00 + 48.00) \\ &= \$ 203,066.00 \end{aligned}$$

Tabla 6.6 Cálculo del ahorro²³

	Actual	Propuesta
Consumo KWh	11997.89	8960.45
Costo por energía \$/kWh	19352.6	14453.2
Costo por demanda \$/kW	4817.91	3598.19
Total \$	24190.28	18066.16
Ahorro \$ x operación	6119.12	

Los valores anteriores se obtuvieron como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Consumo energía equipo actual} &= \# \text{equipos} \times \text{potencia} \times \text{hrs operación/mes} \\ &= 791 \times 0.079[\text{kW}] \times 192 [\text{hrs/mes}] \\ &= 11997.89 [\text{kWh/mes}] \end{aligned}$$

²³ Se utilizó el precio del kWh (1.613 \$/kWh) y kW por demanda facturable (90.35 \$/kW) correspondientes a la tarifa HM del mes de junio del 2003.

$$\begin{aligned}\text{Consumo energía equipo propuesto} &= \# \text{equipos} \times \text{potencia} \times \text{hrs operación/mes} \\ &= 791 \times 0.059 [\text{kW}] \times 192 [\text{hrs/mes}] \\ &= 8960.45 [\text{kWh/mes}]\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo por energía equipo actual} &= \text{Consumo energía actual} \times \text{costo de la energía} \\ &= 11997.89 [\text{kWh/mes}] \times 1.613 [\$/\text{kWh}] \\ &= 19,352.60 \$/\text{mes}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo por energía equipo propuesto} &= \text{Consumo energía propuesto} \times \text{costo de la energía} \\ &= 8960.45 [\text{kWh/mes}] \times 1.613 [\$/\text{kWh}] \\ &= 14,453.20 \$/\text{mes}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo por demanda equipo actual} &= \# \text{ equipos en Demanda Máxima} \times \text{Potencia} \times \$/\text{kW} \\ &= 675 \times 0.079 [\text{kW}] \times 90.35 [\$/\text{kW}] \\ &= \$ 4817.91\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Costo por demanda equipo propuesto} &= \# \text{ equipos en Demanda Máxima} \times \text{Potencia} \times \$/\text{kW} \\ &= 675 \times 0.059 [\text{kW}] \times 90.35 [\$/\text{kW}] \\ &= \$ 3598.19\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ahorro por operación} &= (\text{Cea} - \text{Cep}) + (\text{Cda} - \text{Cdp}) \\ &= (19352.6 - 14453.2) + (4817.91 - 3598.19) \\ &= \mathbf{6119.12 \$/\text{mes}}\end{aligned}$$

Donde:

Cea: Costo por energía del equipo actual

Cep: Costo por energía del equipo propuesto

Cda: Costo por demanda del equipo actual

Cdp: Costo por demanda del equipo propuesto

Además del ahorro por operación también se tiene un ahorro por reemplazo del equipo debido a que el equipo propuesto tiene mayor tiempo de vida que el actual.

$$AR = (N_e) (L_e) (CLA) \left(\frac{\left(\frac{VLP}{VLA} - 0.5 \right)}{\frac{VLP}{t}} \right)$$

Donde:

AR = Ahorro por reemplazo del equipo [\$]

Ne = Número de equipos a sustituir

Le = Lámparas que maneja el equipo

CLA = Costo de la lámpara actual [\$/lámpara]

VLP = Vida nominal de la lámpara propuesta [hrs]

VLA = Vida nominal de la lámpara actual [hrs]

t = tiempo de uso [hrs/mes]

$$AR = (791) (2) (22.08) \left(\frac{\left(\frac{24000}{20000} - 0.5 \right)}{\frac{24000}{192}} \right) = \$ 195.6$$

$$\begin{aligned}\text{Ahorro total} &= \text{ahorro por operación} + \text{ahorro por reemplazo} \\ &= \$ 6119.12 + \$ 195.6 \\ &= \mathbf{6314.73 \$/\text{mes}}\end{aligned}$$

Análisis económico

Las ecuaciones que se muestran a continuación, son las utilizadas para calcular la rentabilidad de la propuesta:

$$FVP = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i}$$

Donde:

FVP = Factor de Valor Presente

i = Tasa de interés

$$B = FVP(A)$$

Donde:

B = Beneficio

A = Ahorro

$$m = -\frac{\ln\left(1 - \frac{Ci}{A}\right)}{\ln(1 + i)}$$

Donde:

m = periodo de recuperación de capital invertido

C = costo de inversión

A = ahorro

i = tasa de interés

$$\frac{C}{A} = \left[\frac{(1 + j)^{-n}}{j} \right]$$

Donde:

C = Costo [\$]

A = ahorro [\$/año]

j = Tasa Interna de Retorno (TIR)

Por tratarse de un proyecto para ser realizado por una institución de la Administración Pública Federal, se considero como Tasa de Rendimiento Mínima Atractiva (TREMA), la tasa promedio real correspondiente a los CETES (CETES menos Inflación), sumando 3 puntos porcentuales para considerar el riesgo del proyecto. Esta consideración se ha realizado basándose en la experiencia de la CONAE y dio por resultado una TREMA del 8% (i = 8%).

Comenzaremos por calcular la vida del proyecto:

$$VP = \frac{VL}{T}$$

VP = vida del proyecto [meses]

VL = vida de la lámpara [hrs]

T = tiempo de uso [hrs/mes]

Sustituyendo valores:

$$VP = \frac{24000 \text{ hrs}}{192 \text{ hrs/mes}} = 125 \text{ meses} = 10.42 \text{ años}$$

Con los datos de ahorro, inversión y vida del proyecto podemos obtener el tiempo de recuperación de la inversión, la comparativa entre beneficio y costo y la tasa interna de retorno (TIR) de la siguiente manera y utilizando las ecuaciones anteriores:

Tiempo de recuperación del capital invertido (m)

$$m = -\frac{\ln\left(1 - \frac{Ci}{A}\right)}{\ln(1+i)} \quad m = -\frac{\ln\left(1 - \frac{(\$203066)(0.08)}{75780 \$/\text{año}}\right)}{\ln(1+0.08)} = 3.1 \text{ años} = 37.2 \text{ meses}$$

Análisis Beneficio / Costo

Para realizar este análisis es necesario saber la vida del proyecto en años

$$FVP = \frac{1 - (1+i)^{-n}}{i} \quad FVP = \frac{1 - (1+0.08)^{-10.42}}{0.08} = 6.89424$$

$$B = A(FVP) = (75780 \$/\text{año})(6.89424) = \$522445.53$$

$$\frac{B}{C} = \frac{\$522445.53}{\$203066} = 2.6$$

Tasa Interna de Retorno (TIR)

$$\frac{C}{A} = \left[\frac{(1+j)^{-n}}{j} \right] \quad \text{donde} \quad \frac{C}{A} = \frac{203066}{75780} = 2.6797$$

Sustituyendo valores:

$$2.6797 = \left[\frac{(1+j)^{-10.42}}{j} \right]$$

Se le asignan valores a "j" de tal forma que se cumpla la igualdad; mediante iteraciones se obtiene lo siguiente:

Tabla 6.7 Iteraciones para cumplir la igualdad

C/A	j	vida útil (años)	factor
2.67967802	0.3576	10.42	2.6807774
2.67967802	0.3577	10.42	2.68011665
2.67967802	0.3578	10.42	2.67945619
2.67967802	0.3574	10.42	2.68209979

El valor de “j” resaltado en la tabla es el que hace que se cumpla la igualdad, por lo tanto la TIR es igual a **35.78%**

De igual manera, se hizo el análisis para las restantes Medidas de Ahorro de Energía (MAE's) propuestas, obteniéndose la tabla 6.8, en la tabla aparecen las medidas rentables, es decir, las que tienen una relación beneficio-costos mayor a uno y que en conjunto hacen que el tiempo de recuperación de la inversión de todo el proyecto sea menor a 40 meses, tiempo considerado como mínimo para asegurar la rentabilidad del proyecto²⁴.

²⁴ Tiempo considerado por CONAE, en base a su experiencia.

Tabla 6.8 Medidas Rentables

Medidas de inversión para el ahorro de energía económicamente rentables															
MAE	Descripción	Cantidad de equipos	Reducción en carga instalada		Ahorros mensuales						Inversión \$	vida del proyecto meses	B/C	TIR anual %	Tiempo recup. Meses
			Demanda		Consumo		Económico								
			kW	%	kW	%	kWh	%	\$	%					
2	Actual: FI. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34 W** Propuesto: FI. AR bal. Electrónico premium.2x32W	791	15.8	6.9	13.5	3.07	3037.44	2.55	6314.73	2.87	203066	125	2.6	35.76	37
3	Actual: FI. Al bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32W*** Propuesto: FI. AR bal. Electrónico premium 2x32W	256	3.3	1.4	2.98	0.68	675.58	0.57	1413.00	0.6	65720	118	1.7	22.21	57
4	Actual: Dicroica 35W GU4/Spot**** Propuesto: CF reflector R30 (bal. int.E26) 15W AR	124	2.8	1.2	2.16	0.49	496.62	0.42	1391.00	0.6	23064	56	2.8	65.62	18
5	Actual: FI. AR bal. conv. 2x15-20W***** Propuesto: FI. Ar bal. Electrónico premium 2x17W	80	2.0	0.9	1.23	0.28	282.00	0.24	593.54	0.3	25744	170	2.3	26.72	53
6	Actual: FI. Al bal.baja energ. 2x75W***** Propuesto: FI. Al. bal. Electrónico premium 2x59W	41	3.1	1.3	1	0.23	266.50	0.22	546	0.3	15875	58	1.6	29.2	33
7	Actual: incand.100,75,60,40W***** Propuesto: FI. C. tubo triple Bal. Int. E27 15 W	117	6.8	3.0	3.04	0.69	677.61	0.57	1414.85	0.6	14087	101	7.1	120	10
Totales		1409	33.9	15.0	23.9	5.43	5435.80	4.56	11,670.00	5.31	347,556.0	114	2.6	38.46	34

**675 equipos operan en demanda máxima (mas de 6 hrs al día)

***229 equipos operan en demanda máxima

****96 equipos operan en demanda máxima

*****49 equipos operan en demanda máxima

*****40 equipos operan en demanda máxima

*****52 equipos operan en demanda máxima

Nota: Incluye los incentivos a equipos eficientes inscritos en el proyecto de incentivos FIDE (excepto MAE 4)

Nota: Los equipos aquí mencionados deberán ser sustituidos hayan terminado su vida útil o no, mientras que la MAE 1 no contemplada se sustituirá de manera gradual.

La reducción en la carga instalada fue calculada de la siguiente manera (usando el ejemplo de la MAE 2):

$$RCI = N_e (PEA-PEP) = 791(0.079[kW]-0.059[kW])= 15.82 \text{ kW}$$

Donde:

RCI= Reducción en carga instalada.

Ne= Número de equipos.

PEA= Potencia del equipo actual.

PEP= Potencia del equipo propuesto.

En porcentaje:

$$\%RCI = \frac{RCI}{Carga\ instalada} \times 100 = \frac{15.82[kW]}{229.13[kW]} \times 100 = 6.9\%$$

La reducción en demanda (RD) se cálculo de la siguiente manera:

$$RD = N_{eDM} (PEA-PEP) = 675(0.079[kW]-0.059[kW]) = 13.5[kW]$$

N_{eDM} = Número de equipos que operan en demanda máxima (mas de 6 hrs al día).

En porcentaje:

$$\%RD = \frac{RD}{DM} \times 100 = \frac{13.5[kW]}{440[kW]} \times 100 = 3.07\%$$

Donde:

DM= Demanda máxima (valor obtenido de la tabla 6.2 de datos eléctricos)

La ecuación que se usó para calcular el tiempo de recuperación global del proyecto (MAE's 2-7) es la siguiente (promedio ponderado con base en el ahorro energético):

$$\left(\frac{KWh_{MAEi}}{KWh_{proy}} \right) (Vida\ de\ la\ MAEi) = Y_{MAEi}$$

Donde:

KWh_{MAEi} = Consumo de la medida de ahorro de energía i

KWh_{proy} = Consumo total de las MAE's 2-7

Y_{MAEi} = Vida de la MAEi

i= MAE's 2-7

Para la MAE 2 tenemos:

$$\left(\frac{3037.44[kWh]}{5435.8[kWh]} \right) (125\ meses) = 69.85\ meses$$

De igual forma se realizó para las MAE's restantes y la suma de los valores obtenidos nos da la vida global del proyecto que es **114 meses**, con éste valor, con la suma de los ahorros y la inversión total se obtuvo un tiempo de recuperación del capital invertido de **34 meses** y un **Beneficio-costo** de **2.6**.

Medidas con tecnología de punta

Por otro lado, existen en el mercado productos con tecnología de punta que no necesariamente son rentables, pero que generan mayores impactos energéticos y ambientales. Esta opción es recomendable cuando la sustitución se debe a la falla del equipo, dado que la rentabilidad de la medida aumentará por haber cumplido la vida útil del equipo a sustituir. Sin embargo, se debe de tomar en cuenta que la sustitución completa del sistema de iluminación se culminará en varios años, con lo cual se corre el riesgo de que durante el proceso surja una nueva alternativa originada por el desarrollo tecnológico, cuya instalación resulte más conveniente.

Las tecnologías de punta contemplan, principalmente, la instalación de balastos electrónicos (estándar ó premium) los cuales representan en promedio el 80% de la inversión total del sistema lámpara-balastro.

Tabla 6.9 Medidas con tecnología de punta

MAE	Descripción del sistema			Beneficio económico		Inversión (\$)	TR (meses)
	Actual	Propuesto	Cantidad	(\$/año)	%		
1	Fl. AI y bal ahorr. Lamp. ahorr. 2x60W	Fl. AI bal. Electrónico premium 2x59W	965	\$104,900	3.98	\$373,600	51

Nota: Éstos son los equipos que deberán sustituirse gradualmente

6.2.2 Medidas de ahorro en aire acondicionado

Otra oportunidad de ahorro que se detectó durante el recorrido, fue en el sistema de aire acondicionado, esta medida no requiere de una inversión grande y se puede tener un ahorro considerable.

Lo que se recomienda es hacer un programa de encendido y apagado del equipo de aire acondicionado (administración de energía), es decir, determinar un horario en el que el equipo estará encendido y en que horario estará apagado, así como la época del año en que es requerido. Lo anterior es para disminuir la demanda máxima y el consumo, y de esta forma tener un ahorro que se refleje en la facturación de energía.

Para llevar a cabo dicho programa se necesita hacer un análisis de las condiciones climatológicas que prevalecen en la zona donde se ubica el inmueble para ser aprovechadas de la mejor manera, es decir, utilizar el concepto de diseño bioclimático, que es la acción de proyectar, construir y aprovechar las interacciones de los elementos del clima, aprovechando los parámetros de: localización (altitud, latitud y longitud), temperaturas (media, mínima y máxima registradas en la localidad), humedad y radiación solar²⁵ (muros techos y vidrios) con el fin de establecer las condiciones de confort térmico en el interior del inmueble. Para este caso, como el edificio está ya construido, solo nos queda aprovechar las condiciones climatológicas que prevalecen en la zona donde se ubica el inmueble, con la finalidad de usar los equipos de enfriamiento lo menos posible, es decir, solo cuando sea necesario.

Con lo anterior se puede especificar un horario de operación del sistema de climatización con el fin de mantener los equipos apagados cuando las condiciones climáticas sean las adecuadas; con lo cual se tendría un ahorro en el consumo de energía y demanda eléctrica y en consecuencia se tendrá un ahorro económico.

Los métodos para determinar las condiciones de comodidad térmica se desarrollaron desde finales del siglo pasado, y a partir de estos se implementaron normas y sugerencias de valores de los parámetros del clima dentro de los cuales el ser humano siente comodidad. Una de las herramientas para el diagnóstico de confort es la carta bioclimática de Víctor Olgyay (1963) que nos ayuda a determinar los requerimientos de climatización y fue construida con la temperatura de bulbo seco como la ordenada al origen y la humedad relativa como la abscisa. Cualquier condición climática determinada por su temperatura de bulbo seco y su humedad relativa puede ser graficada en la carta. Si el punto graficado cae dentro de la zona de confort, nosotros sentimos confort a la sombra. Si cae fuera se necesitan métodos correctivos²⁶.

²⁵ La institución encargada en México de proporcionar esta información es la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, a través de la Dirección General del Servicio Meteorológico Nacional. Quienes publican las Normales Climatológicas, que incluyen las lecturas promediadas de varios años de los observatorios y de las estaciones meteorológicas de todo el país.

²⁶ Olgyay Víctor, 1963, Design with climate, Ed. Princeton University Press, Estados Unidos.

De esta carta fueron hechas posteriormente multitud de variantes (Olgyay 1967, Arens 1980, Szokolay 1984) y se incorporó el llamado Termopreferéndum que varía según el lugar y la época del año en función de la temperatura media mensual.

El concepto se expresa de la siguiente manera:

$$T_n = 17.6 + 0.31(T_{amb}) \text{ } ^\circ\text{C}$$

T_n = temperatura de neutralidad (termopreferéndum)

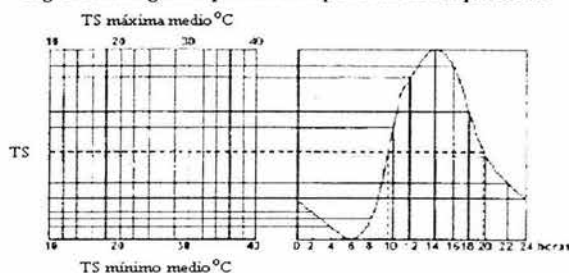
T_{amb} = temperatura media mensual ambiente

Los límites de su aplicabilidad práctica se fijan entre los 18.3°C y los 29.5 °C de la temperatura de neutralidad, mientras que la zona de confort puede tomarse como ± 2.5 °C de esa misma temperatura.

Este método se utilizó para determinar las condiciones de clima de confort en el inmueble.

Con la tabla de Normal Climatológica (anexo 4) correspondiente a la zona donde se ubica el inmueble se obtienen las temperaturas máximas y mínimas promedio registradas para cada mes del año, y utilizando el Nomograma para la Interpolación de Temperaturas mostrado en la figura 6.1, se obtiene la tabla 6.11 que muestra las temperaturas correspondientes a cada mes y cada hora.

Fig. 6.1 Nomograma para la interpolación de temperaturas



Fuente: M. Evans (1980)

La forma de generar la tabla de temperaturas es la siguiente:

En la parte superior del diagrama del lado izquierdo se marca la temperatura máxima registrada en la normal climatológica para cada mes del año, mientras que en la parte inferior del mismo se marca la temperatura mínima. Ambos puntos se unen por medio de una línea recta. En el diagrama del lado derecho se muestra la curva "Oscilación de la temperatura", en el eje de las abscisas se muestra la hora. Para determinar la temperatura correspondiente a cada hora se traza una línea perpendicular desde la hora deseada hasta chocar con la curva, posteriormente, mediante una línea horizontal se une a la recta trazada con la del diagrama del lado izquierdo, en ese punto se puede leer la temperatura buscada

para la hora y mes deseados. La interpolación de temperaturas se puede hacer por medio de un programa llamado “Mardia”²⁷; para que genere la tabla se necesitan los datos de latitud, longitud, altitud, temperaturas promedio máxima y mínima de cada mes (datos de la Normal Climatológica anexo 4).

Con lo anterior se obtiene la tabla 6.11 que se muestra a continuación.

Tabla 6.11 Valores de la interpolación de temperaturas

Latitud: 19°24' Longitud: 99°12' Altitud: 2308 MSNM

Hora	ene	feb	Mar	abr	may	jun	jul	agos	sep	oct	nov	dic
0	9.8	11.2	13.5	14.9	15.6	15.4	14.5	14.7	14.3	13	11.5	10.3
1	9.1	10.5	12.7	14.2	14.8	14.8	13.9	14.1	13.8	12.4	10.9	9.6
2	8.5	9.8	12	13.5	14.2	14.3	13.5	13.6	13.4	11.9	10.3	9
3	7.9	9.3	11.5	13	13.7	13.8	13.1	13.2	13	11.5	9.8	8.6
4	7.5	8.8	11	12.5	13.3	13.6	12.8	12.9	12.7	11.2	9.4	8.2
5	7.2	8.5	10.7	12.2	13	13.3	12.5	12.6	12.5	10.9	9.1	7.9
6	6.9	8.2	10.3	11.9	12.7	13.1	12.3	12.4	12.3	10.7	8.9	7.6
7	6	7.3	9.4	11	11.9	12.4	11.7	11.8	11.7	10	8.1	6.8
8	8.2	9.5	11.7	13.2	14	14.1	13.3	13.4	13.2	11.7	10	8.8
9	11.6	13.1	15.4	16.8	17.3	16.9	15.9	16	15.6	14.5	13.2	12
10	15.2	16.7	19.3	20.4	20.7	19.8	18.5	18.7	18.1	17.4	16.4	15.2
11	18.1	19.7	22.4	23.4	23.5	22.1	20.7	20.1	20.1	19.7	19	17.9
12	20	21.7	24.4	25.4	25.4	23.7	22.1	22.4	21.5	21.3	20.7	19.7
13	21	22.7	25.5	26.4	26.3	24.4	22.8	23.1	22.2	22	21.6	20.6
14	21.1	22.8	25.6	26.5	26.4	24.5	22.9	23.2	22.2	22.1	21.7	20.7
15	20.6	22.3	25	26	25.9	24.1	22.5	22.8	21.9	21.7	21.2	20.2
16	19.6	21.2	24	24.9	24.9	23.3	21.8	22.1	21.2	20.9	20.3	19.3
17	18.3	19.9	22.6	23.6	23.7	22.3	20.8	21.1	20.3	19.9	19.2	18.1
18	16.9	18.5	21.1	22.2	22.4	21.1	19.8	20	19.3	18.7	17.9	16.8
19	15.5	17	19.6	20.7	21	20	18.7	19	18.3	17.6	16.6	15.5
20	14.1	15.6	18.1	19.3	19.7	18.9	17.7	17.9	17.3	16.5	15.4	14.3
21	12.8	14.3	16.7	18	18.5	17.9	16.8	17	16.4	15.5	14.3	13.1
22	11.7	13.2	15.5	16.9	17.4	16.9	15.9	16.1	15.6	14.5	13.2	12
23	10.7	12.1	14.4	15.8	16.4	16.1	15.2	15.3	14.9	13.7	12.3	11.1

Utilizando la ecuación de Termopreferéndum se obtiene el rango de temperaturas donde se delimitan las zonas de frío, confort y calor, como ejemplo se obtendrán dichas zonas correspondientes al mes de enero.

Primeramente se toman las temperaturas máximas y mínimas del mes de enero de la tabla 6.11 para sacar la temperatura media mensual, para este caso son:

$$T_{\max} = 21.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\min} = 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Entonces } T_{\text{amb}} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} = \frac{21.1 + 6}{2} = 13.55 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

²⁷ Proporcionado en un curso de Diseño Bioclimático, impartido por el Dr. David Morillón. Profesor de Posgrado en la Facultad de ingeniería UNAM.

Ahora con $T_n = 17.6 + 0.31(T_{amb})$ °C se obtiene la temperatura de confort

$$T_n = 17.6 + 0.31(13.55) = 21.8^\circ C$$

Para delimitar el rango de la zona de confort, a la temperatura antes obtenida se le suma y resta el valor de 2.5 °C (tolerancia), obteniéndose:

$$T_{n_{max}} = T_n + 2.5 = 24.3^\circ C$$

$$T_{n_{min}} = T_n - 2.5 = 19.3^\circ C$$

Las temperaturas de la tabla 6.11 para el mes de enero, que se encuentre dentro de este rango se consideran temperaturas de confort, las que están por arriba del rango se consideraran como temperaturas de calor y las que están por debajo, temperaturas de frío.

Lo mismo se realiza para todos los meses generándose la tabla 6.12, abajo mostrada.

Tabla 6.12 Zona de Confort

Hora	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	agos	sep	oct	nov	dic
0	9.8	11.2	13.5	14.9	15.6	15.4	14.5	14.7	14.3	13	11.5	10.3
1	9.1	10.5	12.7	14.2	14.8	14.8	13.9	14.1	13.8	12.4	10.9	9.6
2	8.5	9.8	12	13.5	14.2	14.3	13.5	13.6	13.4	11.9	10.3	9
3	7.9	9.3	11.5	13	13.7	13.8	13.1	13.2	13	11.5	9.8	8.6
4	7.5	8.8	11	12.5	13.3	13.6	12.8	12.9	12.7	11.2	9.4	8.2
5	7.2	8.5	10.7	12.2	13	13.3	12.5	12.6	12.5	10.9	9.1	7.9
6	6.9	8.2	10.3	11.9	12.7	13.1	12.3	12.4	12.3	10.7	8.9	7.6
7	6	7.3	9.4	11	11.9	12.4	11.7	11.8	11.7	10	8.1	6.8
8	8.2	9.5	11.7	13.2	14	14.1	13.3	13.4	13.2	11.7	10	8.8
9	11.6	13.1	15.4	16.8	17.3	16.9	15.9	16	15.6	14.5	13.2	12
10	15.2	16.7	19.3	20.4	20.7	19.8	18.5	18.7	18.1	17.4	16.4	15.2
11	18.1	19.7	22.4	23.4	23.5	22.1	20.7	20.1	20.1	19.7	19	17.9
12	20	21.7	24.4	25.4	25.4	23.7	22.1	22.4	21.5	21.3	20.7	19.7
13	21	22.7	25.5			24.4	22.8	23.1	22.2	22	21.6	20.6
14	21.1	22.8				24.5	22.9	23.2	22.2	22.1	21.7	20.7
15	20.6	22.3	25		25.9	24.1	22.5	22.8	21.9	21.7	21.2	20.2
16	19.6	21.2	24	24.9	24.9	23.3	21.8	22.1	21.2	20.9	20.3	19.3
17	18.3	19.9	22.6	23.6	23.7	22.3	20.8	21.1	20.3	19.9	19.2	18.1
18	16.9	18.5	21.1	22.2	22.4	21.1	19.8	20	19.3	18.7	17.9	16.8
19	15.5	17	19.6	20.7	21	20	18.7	19	18.3	17.6	16.6	15.5
20	14.1	15.6	18.1	19.3	19.7	18.9	17.7	17.9	17.3	16.5	15.4	14.3
21	12.8	14.3	16.7	18	18.5	17.9	16.8	17	16.4	15.5	14.3	13.1
22	11.7	13.2	15.5	16.9	17.4	16.9	15.9	16.1	15.6	14.5	13.2	12
23	10.7	12.1	14.4	15.8	16.4	16.1	15.2	15.3	14.9	13.7	12.3	11.1

Frío
 Confort
 Calor

Nota: las horas se refieren a la hora solar, la cual difiere de la hora civil. En el anexo 5 se describe el modo de hacer la conversión.

Con base a la tabla anterior se pudo determinar un horario en el que se puede mantener apagados los equipos de aire acondicionado, con lo que solo se tendría que inyectar, mediante las unidades manejadoras de aire (UMA's), el aire exterior que tiene la temperatura de frío y confort dentro del inmueble.

La recomendación que se hace con base al análisis anterior y que no requiere de inversión es la siguiente:

En la tabla se remarca la zona en que los equipos de aire acondicionado (unidad de refrigeración por absorción y unidad enfriadora de agua) deben de estar prendidos, puesto que es la época en que con más frecuencia se rebasa la temperatura de confort. Para saber cuando las condiciones exteriores son las adecuadas, se debe de monitorear mediante un termómetro (ubicado en la sombra y lejos de una fuente de calor) la temperatura exterior y cuando la lectura se encuentre por arriba del rango de temperaturas de confort se deberá de encender el equipo.

Como regla general, para todos los meses, cuando $T_{exterior} \geq 23^{\circ}C$ los equipos tendrán que ser encendidos, mientras que las UMA's deberán estar siempre encendidas durante el horario laboral inyectando el aire exterior al inmueble.

A continuación se hará el análisis económico de la medida propuesta:

Las tablas 6.13 y 6.14 muestran la potencia y consumos del equipo de aire acondicionado, que incluye las bombas de agua helada y de condensados, así como las torres de enfriamiento.

Tabla 6.13 Equipos de aire acondicionado

Equipo	Cap. del Equipo [TR]	Pot Dem (kW)	Uso Hrs/día	Consumo [KWh/día]	Consumo anual [KWh]
Por Absorción	174	5.16	10	51.6	13416
Chiller	60	37.94	10	379.4	98644
Paquete	9	5.7	6	34.2	8892
Totales	243	48.8	-	465.2	126534.4

Nota: para obtener el valor de potencia demandada se usó un factorímetro y un amperímetro de gancho.

Tabla 6.14 Equipos de bombeo y torres de enfriamiento

Equipo de bombeo	Pot de bomba [Hp]	Potencia [KW]	Pot. Dem. [kW]	Cantidad	Uso [Hr/día]	Consumo [KWh/día]	Consumo anual [KWh]
Bom. AC chill.	1	0.746	0.794	1	10	7.94	2064.4
Bom. AH chill.	5	3.73	1.784	1	10	17.84	4638.4
Torre Enf	5	3.73	1.246	1	10	12.46	3239.6
Bom. AC abs.	10	7.46	6.381	1	10	63.81	16590.6
Bom. AH abs.	10	7.46	6.338	1	10	63.38	16478.8
Torre Enf.	7.5	5.6	7.543	1	10	75.43	19611.8
Totales		24.086	-	-	-	240.86	62623.6

En la tabla 6.12 se puede apreciar que hay meses en que no es necesario tener prendido el equipo de aire acondicionado, por lo que proponemos que en ese lapso de tiempo se tenga apagado. Según una encuesta realizada a los trabajadores que se encuentran en el inmueble, en época de frío les mantienen el equipo de aire acondicionado prendido, por lo que consideramos que es un desperdicio de energía.

Bajo esta premisa se justifica el cálculo que se hizo para obtener una estimación del ahorro que se tendría si se lleva a cabo la medida.

En los siguientes renglones se muestra como se calculó el ahorro en el sistema de aire acondicionado.

Se tomo como ejemplo el mes de enero, teniendo como variables, el tiempo actual de funcionamiento, la potencia que demanda el equipo y el tiempo que proponemos de uso para dicho equipo.

Si las condiciones climatológicas son las que han predominado en los últimos años, entonces para el mes de enero no es necesario prender el equipo de aire acondicionado, por lo que el ahorro será:

$$Ahorro = Pot_{equi} \times (hrs_{act} - hrs_{prop}) \times N \left[kWh/mes \right]$$

Donde

Pot_{equi} = potencia demandada por el equipo

hrs_{act} = horas que funciona actualmente el equipo

hrs_{prop} = horas que funcionará el equipo

N = número de días que funciona al mes el equipo (el número de días es un promedio)

$$N = \frac{n_{semanas}}{n_{meses}} \times n_{dias} \quad N = \frac{52}{12} \times 5 = 21.67 \text{ días/mes}$$

$n_{semanas}$ = número de semanas por año

n_{meses} = número de meses por año

n_{dias} = numero de días por semana que funciona el equipo (promedio)

Sustituyendo valores se tiene:

$$Ahorro/mes = 72.886 \times (10 - 0) \times 22 = 16034.9 \text{ [KWh]}$$

El valor de 72.886 kW resulta de la suma de los totales de potencia demandada de los equipos de aire acondicionado y de bombeo reportados en las tablas 6.13 y 6.14.

Lo mismo se hizo para cada uno de los meses obteniendo la tabla 6.15.

Tabla 6. 15 Ahorros para el sistema de Aire Acondicionado

Mes	hrs/día Actuales	hrs/día Propuesto	días/mes	Ahorro [KWh]	Ahorro [\$]
Ene	10	0	22	16034.92	8293.26
Feb	10	3	22	11224.44	5805.28
Mar	10	5	22	8017.46	4146.63
Abr	10	7	22	4810.48	2487.98
May	10	7	22	4810.48	2487.98
Jun	10	5	22	8017.46	4146.63
Jul	10	3	22	11224.44	5805.28
Agos	10	2	22	12827.94	6634.61
Sep	10	0	22	16034.92	8293.26
Oct	10	0	22	16034.92	8293.26
Nov	10	0	22	16034.92	8293.26
Dic	10	0	22	16034.92	8293.26
Total				141107.3	72980.69

Nota: El equipo de aire acondicionado funciona en horario intermedia, por lo que se usó el costo correspondiente de la energía.

El consumo total mostrado en la tabla 6.15 representa el ahorro anual aproximado que se puede obtener si el equipo de aire acondicionado funciona solo cuando es necesario, este ahorro es de **141,107.3 [KWh/año]** que representa aproximadamente el **9.8%** del consumo anual que se tiene en el inmueble.

El ahorro por demanda que se puede generar en los 5 meses que no es necesario el aire acondicionado es de aproximadamente el 16%. La forma de obtener dicho ahorro es la siguiente:

De la tabla 3.2 se puede leer que la potencia media máxima demandada es de 440 KW, de las tablas 6.13 y 6.14, se obtiene una potencia del equipo de aire acondicionado de 72.886 KW, con estos valores se puede obtener el porcentaje estimado de ahorro de potencia demandada con la expresión que se muestra a continuación.

$$PA = \frac{PDA}{PMM} \times 100 = \frac{72.886 \text{ kW}}{440 \text{ kW}} \times 100 = 16.6\%$$

Donde:

PA= potencia demandada ahorrada

PDA = potencia demandada por el equipo de aire acondicionado (con equipo de bombeo)

PMM = potencia media máxima demandada por el inmueble

Ahora, la forma en que se obtiene el ahorro en pesos es la siguiente:

$$\text{Ahorro en } [\$] = \frac{\$}{\text{KWh}_{\text{inter}}} \times \text{KWh}_{\text{ahorrados}}$$

Sustituyendo los valores reportados en la tabla 6.15 se obtiene:

$$\text{Ahorro en } [\$] = \frac{\$}{\text{KWh}_{\text{inter}}} \times \text{KWh}_{\text{ahorrados}} = 0.5172 \frac{\$}{\text{KWh}_{\text{inter}}} \times 16034.92 \frac{\text{KWh}}{\text{mes}} = 8293.3 \frac{\$}{\text{mes}}$$

6.2.3 Medidas de ahorro en el sistema de fuerza

Análisis económico de los motores de las unidades manejadoras de aire

En esta sección se hizo el análisis técnico y económico para ver la factibilidad de sustituir los motores existentes en las UMA's del inmueble, a continuación se describe el cálculo realizado.

Partiendo de la tabla 5.1 del capítulo 5, donde se reportan las eficiencias a las que están trabajando los motores, se observa que éstas eficiencias son bajas, por lo que como medida de ahorro de energía, se propone la sustitución de los existentes por unos de alta eficiencia cuyas especificaciones técnicas y precio son las siguientes:

Tabla 6.16 Características técnicas de los motores propuestos

Potencia [HP]	5
Fases	3
Voltaje [V]	230
Corriente [A]	14.1
Frecuencia [Hz]	60
Polos	4
Factor de Servicio	1.15
Eficiencia [%]	90.2
Factor de Potencia [%]	85.4
Tiempo de Vida [años]	15
Costo [\$]	2592.1

Nota: El tiempo de vida y el costo son proporcionados por el proveedor y son valores promedio. La eficiencia corresponde al factor de carga con que trabaja el equipo.

El procedimiento de cálculo se realiza como sigue:

Partiendo de las ecuaciones del capítulo 5 sección 5.4 y de los datos reportados en la tabla 5.1 y de la tabla de especificaciones técnicas del motor propuesto se hizo la comparativa:

Para el motor de la UMA del piso 2 se tiene:

$$\begin{aligned}
 Pa &= 0.746 \times CP \times L \times \left(\frac{100}{Estd} - \frac{100}{Eae} \right) \\
 &= 0.746 \left[\frac{kW}{HP} \right] \times 5 [HP] \times 0.3 \times \left(\frac{100}{79} - \frac{100}{90.2} \right) \\
 &= 0.175 [kW]
 \end{aligned}$$

Considerando que los equipos funcionan 2607 [hrs/año] (en promedio) tenemos un ahorro económico anual de:²⁸

$$\begin{aligned} S &= Pa(N \times Ce + n \times CP) \\ &= 0.175[kW] \times (2607[hrs/año] \times 0.5172[\$/kWh]) + 12 \times 85.57[\$/kW] \\ &= 417.7[\$/año] \end{aligned}$$

De igual manera se hizo para los demás motores obteniéndose los valores presentados en la tabla 6.17 mostrada a continuación.

Tabla 6.17 Ahorro económico por motor

UMA	RPM	FC	ef. actual %	ef. Prop. %	Pa [kW]	hrs/año	S [\$ /año]
piso 1	1780	0.4	77	90.2	0.28	2607	673.51
piso 2	1785	0.3	79	90.2	0.18	2607	417.74
piso 3	1780	0.4	73	90.2	0.39	2607	925.69
piso 4	1785	0.3	66	90.2	0.45	2607	1080.42
piso 5	1780	0.4	76	90.2	0.31	2607	734.06
piso 6	1785	0.3	74	90.2	0.27	2607	645.06
piso 7	1765	0.7	77	90.7	0.51	2607	1216.54
piso 8	1770	0.6	73	90.7	0.60	2607	1421.02
piso 9	1785	0.3	70	90.2	0.36	2607	850.30
piso 10	1775	0.5	79	90.2	0.29	2607	696.24
piso 11	1780	0.4	73	90.2	0.39	2607	925.69
piso 12	1775	0.5	62	90.2	0.94	2607	2233.71
piso 13	1780	0.4	82	90.2	0.17	2607	392.88
total [\$ /año]							12213

Nota: Las eficiencias corresponden al factor de carga con el que está trabajando la máquina.

Observamos que el ahorro anual es de 12,213 [\$ /año], y el costo de los 13 motores es de \$33,697.

Usando las ecuaciones utilizadas anteriormente y con el mismo interés (8%), se calcula la rentabilidad de la propuesta de la siguiente manera:

$$FVP = \frac{1 - (1 + i)^{-n}}{i} = \frac{1 - (1 + 0.08)^{-15}}{0.08} = 8.56$$

El beneficio obtenido en valor presente es:

²⁸ Se utilizó el precio del kW demandado y del kWh correspondientes al mes de Septiembre en horario intermedia los cuales corresponden a 85.57[\$/kW] y 0.5172 [\$/kWh] respectivamente.

$$B = FVP(A) = 8.56 \times 12,213 \left[\frac{\$/\text{año}}{\text{año}} \right] = 104,543.3 \left[\frac{\$/\text{año}}{\text{año}} \right]$$

Haciendo la comparativa del beneficio y el costo se determina si es rentable la propuesta de sustitución:

$$\frac{B}{C} = \frac{104,543.3}{33,697} = 3.1$$

Tenemos que el $\frac{B}{C} \geq 1$ por lo que se considera rentable la propuesta.

El tiempo de recuperación del capital invertido es:

$$m = -\frac{\ln\left(1 - \frac{Ci}{A}\right)}{\ln(1+i)} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{33,697[\$/] \times 0.08}{12,213 \frac{\$/\text{año}}{\text{año}}}\right)}{\ln(1+0.08)}$$

$$= 3.24[\text{años}] = 38.9[\text{meses}]$$

Para corroborar la rentabilidad, se obtuvo la tasa interna de retorno “j” (TIR) la cual debe ser mayor a la tasa de interés para ser rentable.

$$\frac{C}{A} = \left[\frac{(1+j)^{-n}}{j} \right]$$

Sustituyendo:

$$\frac{33,697}{12,213} = 2.759 = \left[\frac{(1+j)^{-15}}{j} \right]$$

Variando el valor de “j” hasta que la igualdad se cumpla, se obtuvo una TIR del 36%, la cual es mayor a la tasa de interés (8%), por lo que la medida se considera como rentable.

De llevarse a cabo la sustitución se tendría un ahorro económico de **12,213 [\$/año]**.

6.3 Medidas operativas para el ahorro de energía en los diferentes sistemas estudiados²⁹

A continuación se mencionan algunas medidas operativas para el ahorro de energía en los diferentes sistemas eléctricos estudiados.

6.3.1 Sistema de iluminación

Balastos ociosos

Es común encontrar lámparas quemadas o desconectadas intencionalmente, pero unidas al balastro. Esto debe evitarse, pues el balastro sigue consumiendo energía eléctrica, del orden del 20% de la potencia de la lámpara.

Por otra parte, si un balastro está conectado a dos lámparas y una de ellas fue desconectada, la lámpara en funcionamiento reducirá su vida útil.

Difusores en mal estado

El difusor es la tapa de acrílico que se coloca debajo de las lámparas. Su función consiste en difundir hacia los extremos la luz que sale en forma vertical. Además reduce la brillantez sin que por ello se afecte el nivel de iluminación. Si el difusor se encuentra sucio por el polvo acumulado, o bien ha adquirido un color amarillo, entonces sí disminuirá el nivel de iluminación. Haga una buena limpieza a sus difusores y si no mejoran, conviene sustituirlos por otros de mayor eficiencia; no acepte la compra de difusores de material similar al acrílico como poliestireno y otros; además de ser poco eficientes, su vida está limitada a un promedio de 12 a 15 meses en que pierden por completo su color transparente. También existen en el mercado difusores tipo rejilla con los que se obtienen buenos resultados.

Un balastro para dos luminarios

Es recomendable que en pasillos, escaleras, baños, recepción, vestíbulo y zonas en las que no se realiza ningún tipo de trabajo se coloquen luminarios con una sola lámpara y que un solo balastro maneje dos gabinetes los que se recomienda deben tener reflector especular.

Cambio de lámparas

En las cocinetas que cuentan con equipos fluorescentes bulbo T12, es recomendable sustituirlas por lámparas fluorescentes compactas de 15 W puesto que no se necesita un alto nivel de iluminación.

Luminarios obsoletos

El luminario es la caja de lámina en donde se alojan las lámparas y el balastro. La parte superior está cubierta con una pintura reflejante, que es necesario revisar periódicamente para cerciorarse que no esté deteriorada.

Actualmente ya se están fabricando reflectores de aluminio que se superponen al luminario con lo cual se logra mayor reflexión, que puede llegar hasta el 95%, por lo cual, dependiendo del estado en que se encuentre la pintura, se puede ganar entre 25% y 50% de

²⁹ Fuente: página web CONAE, www.conae.gob.mx.

nivel de iluminación, lo que permitirá que se apaguen los equipos que no influyan sobre el área de trabajo. Si con esta medida se perdiera nivel de iluminación, éste se puede recuperar por otros medios, como por ejemplo, pintar paredes, techos y columnas de color claro. Estos reflectores también se usan para incrementar la iluminación cuando ésta no es suficiente, evitándose la instalación de luminarios adicionales.

Apagar la luz artificial cuando no se requiera

En las áreas donde existan apagadores y se tenga suficiente aportación de luz natural, así como en las áreas de trabajo donde no haya personal laborando, hacer uso de los apagadores; y en las áreas donde no existan los apagadores es conveniente ponerlos, tal es el caso de oficinas en las que el trabajador, por cuestiones de su trabajo, abandone frecuentemente su oficina.

Sistemas automáticos / Sensores de presencia

Tenga en cuenta que el personal de seguridad y/o de mantenimiento no estará siempre en la disponibilidad de acatar las instrucciones en el sentido de desconectar determinados circuitos a determinadas horas; se recomienda instalar desde el sencillo apagador de tiempo en lugares de poco uso como pasillos, baños, etc., hasta equipos programables que conectan y desconectan circuitos según las necesidades de trabajo.

En áreas de poca actividad, como bodegas, estacionamientos, subestaciones, etc., es recomendable el uso de equipos que enciendan la luz al detectar la presencia de personal.

6.3.2 Sistema de fuerza

Motores y bombeo

Se recomienda revisar el dimensionamiento de la bomba en función de la altura, del gasto (litros por segundo) y del tiempo de operación. El objetivo de esta medida es verificar que la bomba que se tiene es del tamaño correcto, ya que frecuentemente se compran bombas de mayor tamaño cuando las anteriores se quemaron, y esto provoca que exista baja eficiencia y pérdidas de energía.

La baja eficiencia de los equipos de bombeo se debe a:

- Un mantenimiento deficiente.
- Reparaciones de baja calidad.
- El uso de tazones e impulsores fabricados sin control de calidad.
- Descargas de aguas a grandes distancias.

No olvide dar mantenimiento preventivo a su equipo de bombeo, vigile el sistema de lubricación y proteja de la intemperie el equipo eléctrico.

El bombeo del agua debe hacerse de preferencia en la mañana, por ser la hora de menor carga. También se puede controlar el encendido de los motores de tal manera que no sea simultáneo.

A la eliminación de picos se le denomina control de la demanda y se logra dejando de operar equipos a la hora pico, para ponerlo a funcionar a la hora del valle o de baja carga o bien apagando el alumbrado innecesario a la hora del pico. Se obtienen mejores resultados si se instala equipo que en forma automática y programable controle las cargas.

Elevadores

Los fabricantes de elevadores pueden adaptar en sistemas de 2 ó más elevadores, un mecanismo de computadora que elimina la simultaneidad en su operación. Además, en las tardes se pueden dejar fuera de operación alguno elevadores sin causar problemas a los usuarios, con solo carteles de información.

Existen elevadores anticuados que ofrecen un gran potencial de ahorro, pues se les puede sustituir el grupo motor-generador (conjunto de dos máquinas que convierten la corriente alterna en corriente continua para alimentar el motor del elevador), por un variador de velocidad en estado sólido que consume menos energía.

También en los elevadores se debe comprobar el nivel de iluminación, tomando en cuenta que dentro de ellos no se realiza ninguna actividad. Se recomienda instalar dispositivos que automáticamente apagan las luces cuando los elevadores están inactivos.

En el caso de los elevadores instalados en éste inmueble, se propone que se haga un programa en combinación con el equipo de aire acondicionado, éste consiste en programar el encendido y apagado de los equipos de los elevadores y aire acondicionado, lo cual generaría un ahorro en el consumo.

Durante nuestra estancia en el inmueble nos percatamos que la mayor parte del personal llega al edificio entre las 9:00 y las 10:00 AM, durante este tiempo entran en funcionamiento los equipos de aire acondicionado y elevadores, por tal motivo proponemos que el equipo de aire acondicionado y elevadores entren en operación en un horario distinto.

A continuación se presenta una forma de llevar a cabo dicho programa:

Lo que se propone en este programa, es prender el equipo de aire acondicionado una vez que la mayor parte del personal se encuentra en su área de trabajo, lo que ocurre alrededor de las 10:00 AM. A partir de esta hora, sacar de servicio uno de los tres elevadores que existen en el inmueble, y a las 4:00 PM, que es la hora en que el personal empieza a salir de su área de trabajo, prender nuevamente los dos elevadores. En el momento que se prenda el elevador sacar de servicio el equipo de aire acondicionado, es decir, a las 4:00 PM. El motivo de proponer que se apague el elevador es porque en el horario marcado muy poca gente los usa, o bien lo usan para subir 1 ó 2 pisos los cuales podrían subir por las escaleras.

Otra medida consiste en programar los elevadores, de tal manera que no atiendan llamadas cuando se les requiera bajar, por ejemplo, desde el 4°, 3°, 2°, 1° piso, así como para que solo suba del 2° piso en adelante. En caso de utilizar estas medidas conviene instalar carteles de información para el público

6.3.3 Sistema de aire acondicionado

Aunado a las alternativas de cambio o sustitución de equipos, las cuales generalmente tienen un alto costo inicial para el usuario, existen otras medidas cuyo costo es nulo o de baja inversión, pero que resultan también, en excelentes oportunidades para ahorrar energía.

A estas medidas se les conoce como operativas, y usualmente el propio personal de mantenimiento del inmueble las puede identificar y llevar a cabo; por lo que a continuación se listan las principales áreas de oportunidad:

Acciones de nula o mínima inversión

- Empleo de termostatos para regular la temperatura del aire acondicionado.
- Emplear dispositivos de desconexión del aire acondicionado cuando las terrazas y/o ventanas se encuentren abiertas.
- Apague la iluminación y desconecte los aparatos eléctricos cuando estos no sean necesarios, ya que contribuyen a aumentar la carga térmica en el lugar.
- No debe estar bloqueada la succión de aire, de los ventiladores, procurando tener el espacio suficiente.
- Ubicar los termostatos en zonas lejanas a fuentes de calor, ya que puede mandar señales de falta de enfriamiento, haciendo que trabajen más los equipos.
- Verificar que la temperatura de la zona a enfriar se encuentra en el rango de confort.
- Al reducir la temperatura por debajo de la temperatura de confort, esto aumenta los costos por concepto de energía.
- Flexibilidad de espacios interiores que permitan el empleo de la luz natural al máximo.
- Aproveche la iluminación natural, evitando así la ganancia de calor por la iluminación artificial.
- Reducir la infiltración por ventanas y puertas; sellándolas con tiras aislantes de espuma para evitar que se escape gran cantidad del aire acondicionado.
- Asegúrese de limpiar o reemplazar con regularidad los filtros del equipo de aire acondicionado. Los filtros tapados hacen que los aparatos trabajen de más, utilizando más energía para desempeñar el mismo trabajo.

Mantenimiento del aire acondicionado

Para asegurar la correcta operación del equipo de aire acondicionado, y así poder predecir o detectar alguna anomalía, antes de que pueda ocurrir alguna falla; independientemente del tipo y su capacidad, se recomienda contar con un programa de mantenimiento, realizar inspecciones generales, así como tomar periódicamente lecturas de corriente, voltaje, temperatura, presión, flujo y niveles de fluidos del equipo.

El equipo de aire acondicionado provoca altos costos de operación, cuando se encuentra funcionando por debajo de su eficiencia.

La lubricación y alineación de motores, verificación y ajuste de las correas, el lavado del serpentín y el reemplazo de filtros son actividades que pueden ser realizadas dentro de un programa de mantenimiento preventivo, por el propio personal encargado del equipo.

Aislar la superficie exterior de techos

En edificios horizontales, se ha podido comprobar que una capa de 25 mm de poliuretano aplicada en el techo reduce el consumo de energía eléctrica en aire acondicionado hasta en 29%, mientras que la misma capa colocada en las paredes oeste y sur del inmueble llega a lograr ahorrar hasta 9%. Actualmente los aislantes a base de fibra de vidrio son muy eficientes para este propósito. También, es posible obtener resultados similares cubriendo el techo con pinturas especiales.

Cubrir las ventanas con películas reflejantes

Una de las principales formas de ganancia de calor hacia el interior de un inmueble ocurre con la entrada de radiación solar a través de las ventanas; por ejemplo, un vidrio sencillo común transmite el 95% del total de energía solar que sobre él incide; es recomendable, por lo tanto, cubrir los cristales con películas de materiales reflejantes que limiten tal fenómeno, obteniendo reducciones que en el mejor de los casos la transmisión llega a ser de sólo 30%.

Para edificios nuevos, se recomienda instalar vidrios especiales que con diversas denominaciones existen en el mercado y los cuales incluyen las películas anteriores para permitir el paso hacia el interior de las ondas de luz pero no así de las infrarrojas que son las que provocan el incremento en la temperatura.

En zonas de climas extremosos la mayor cantidad de energía es consumida por los aparatos de aire acondicionado; de ahí la importancia de proporcionar un mantenimiento adecuado. Se sugiere seguir los siguientes pasos:

- Instalar en un lugar visible un termómetro con un impreso que contenga las indicaciones para regular la temperatura ideal según la zona del país.
- Limpie regularmente los condensadores de los refrigerantes así como los filtros.
- Mantenga apagados los equipos cuando el clima natural lo permita y en las horas que no se labore.
- Instale controles de tiempo (timers), para asegurar que no siga funcionando aún sin personal trabajando.

Aislar tuberías y ductos de aire acondicionado

Asegurarse que los aislamientos en tuberías y ductos para aire acondicionado estén en buen estado, eliminando fugas de aire o pérdidas de calor.

Ajustar termostatos

En aquellas áreas que cuenten con termostato, es posible incrementar la temperatura de control (set point) entre 1 y 5 grados centígrados (dependiendo de la región), lo que permite reducir el consumo energía por aire acondicionado en similares proporciones sin afectar considerablemente el confort, por lo que se recomienda consultar con los encargados, el nivel máximo de ajuste.

Aprovechar el aire exterior

Se recomienda, para aquellas oficinas en las que sea posible, abrir ventilas o ventanas con el fin de reducir la carga del equipo de aire acondicionado. Utilice aire acondicionado únicamente en las áreas de trabajo.

6.3.4 Medidas generales para el ahorro de energía**Respetar horario de trabajo**

El no cumplir con los horarios de entrada y salida establecidos, ocasiona un aumento en el consumo de energía al utilizar los equipos un mayor número de horas.

Desconectar equipos ociosos

En los inmuebles existen equipos conectados como fotocopiadoras, videocaseteras, calculadoras, relojes, cargadores de baterías, etc. que pueden desconectarse durante el horario nocturno, evitando así desperdicios.

Además, tenga en cuenta que los enfriadores y calentadores de agua en donde generalmente se colocan garrafrones, consumen energía eléctrica aunque nadie los utilice.

También, recuerde que las cafeteras eléctricas muchas veces continúan funcionando aún cuando ya se terminó el café por lo que podría nombrarse a un encargado por área de desconectar estas cafeteras en el caso anterior, y cuando sea el horario de salida.

Activar el administrador de energía en computadoras

Las computadoras operan en forma real aproximadamente un 30% del tiempo que permanecen encendidas, por lo que operarlas en modo de bajo consumo de energía (lo cual viene integrado en los sistemas operativos de dichas máquinas), permitirá ahorrar hasta un 40% del consumo del equipo.

Dar continuidad al ahorro de energía

Nombrar a un responsable del ahorro de energía, que puede ser una persona ó un comité, con el fin de vigilar el presupuesto y detectar oportunamente tanto el consumo excesivo como los ahorros obtenidos. Obviamente debe llevarse un control de mediciones tanto de KWH como de KW. También, esta persona o comité deberá ser responsable de asegurarse, en su caso, de que los equipos de control automático estén funcionando con una programación adecuada y, dar continuidad para asegurar la aplicación de todas las medidas de ahorro recomendadas y aplicadas.

Capacitar operadores

Dado los bajos niveles de conocimiento del personal de mantenimiento en la operación de los sistemas y equipos, se recomienda dar cursos de capacitación que incidan en el mejoramiento de la eficiencia y eficacia de su trabajo.

Promover el ahorro de energía con carteles alusivos

Los carteles permiten concientizar al personal sobre la importancia de las medidas de ahorro de energía.

CONCLUSIONES

El ahorro de energía es un tema importante debido a dos razones: evita la emisión de gases efecto invernadero (la mayor parte de la energía que se consume en la generación eléctrica proviene de la quema de hidrocarburos) y el ahorro en el pago de la facturación eléctrica, pero cualquiera que sea el motivo esto resulta benéfico. Hacer un buen uso de la energía eléctrica nos beneficia a todos para preservar los recursos energéticos de nuestro país.

Es decir, no necesariamente la generación de energía eléctrica debe seguir la misma tendencia de crecimiento que el de la población, puesto que en nuestras manos se tiene la posibilidad de administrar y racionalizar la demanda de energía, lo que permitirá satisfacer las necesidades del presente y del futuro.

En el caso particular del IMSS, por el tamaño de la Institución y la cantidad de inmuebles con que cuenta a lo largo del país, el ahorro de energía es de vital importancia para disminuir el monto de sus gastos por concepto de consumo de energía eléctrica.

Para el caso específico del estudio realizado en el edificio del IMSS, se encontró que el Índice de Consumo de Energía Eléctrica (ICEE) tiene un valor de $76 \text{ kWh/m}^2\text{-año}$, mientras que el parámetro de referencia fijado por CONAE es de $100 \text{ kWh/m}^2\text{-año}$, por lo que el ICEE calculado para el edificio está por debajo del valor máximo permitido, lo que reflejó que los ahorros presentados no fueran significativos.

Es claro que en los edificios cuyo ICEE es mayor que el de referencia se tienen mayores potenciales de ahorro, es por esto, que se les debe poner especial atención debido a que se obtendrían mayores beneficios energéticos y económicos. Por otro lado, en los inmuebles con el ICEE por debajo del valor fijado, los ahorros no serían igualmente significativos.

De llevarse a cabo todas las medidas propuestas en la tabla A abajo mostrada y descritas en este trabajo, se tendría un ahorro económico total anual de \$ 225,234, que representa el 8.55% de la facturación anual correspondiente a 2002.

Tabla A Resumen de medidas propuestas

Medida	Descripción	Ahorro económico [\$/año]	Inversión [\$]	Tiempo recuperación [meses]
1	Sustitución de equipos de iluminación	140,040	347,556	34
2	Sustitución de motores	12,213	33,697	39
3	Aire acondicionado	72,981	0	Inmediata
Total		225,234	381,253	23

Como puede observarse, en la medida propuesta para el aire acondicionado (medida 3 de la Tabla A) no se requiere de una inversión, sin embargo para que la medida tenga éxito, al igual que las medidas descritas en el capítulo 6 (secciones 6.3 y 6.3.4), se deben establecer mecanismos para promover una cultura institucional de ahorro y uso racional de la energía entre el personal, y concientizarla mediante el uso de trípticos y folletos, así como pláticas y cursos que motiven al personal a participar.

Si las inversiones propuestas en el presente trabajo se consideran altas, se sugiere llevarlas a cabo por etapas para que sea autofinanciable, es decir, que los ahorros de la primera etapa paguen la inversión de la segunda.

A través del estudio se observó lo siguiente:

- El Instituto Mexicano del Seguro Social cuenta 141 inmuebles con más de 1000m², por lo que el trabajo aquí presentado puede servir como una guía a seguir por la institución para que realice estudios similares en el resto de sus inmuebles, y cumplir así con el Programa de Ahorro de Energía en inmuebles de la Administración Pública Federal al que esta inscrito.
- Las tarifas horarias ofrecen la posibilidad de reducir los costos por concepto de consumo de energía eléctrica, controlando los consumos y demandas principalmente en el periodo de punta que es el de mayor costo.
- En el caso del sistema de alumbrado, se observó que sobre algunas áreas de trabajo no se contaba con el nivel de iluminación mínimo requerido para trabajos de oficina, el cual marca un nivel de 300 lumenes/m², esto puede deberse a una mala distribución del sistema de alumbrado o bien al mal estado de los difusores de luz.
- Después de hacer la sustitución de los equipos de alumbrado, se puede seguir un programa de Control de la Demanda. Con éste programa se reduce la facturación, dado que con ello disminuye la demanda facturable.
- El equipo de aire acondicionado funciona todo el día, por lo que es recomendable ponerlo en operación cuando de verdad se requiera, es decir, cuando la temperatura de confort (que tiene un rango de valores de 21 a 26 °C) sea rebasada, la ubicación

del inmueble nos permite aprovechar las condiciones climáticas prevalecientes y solo encender el equipo cuando éstas son extremas.

- Una limitante que tiene el IMSS para realizar este tipo de estudios, es que no cuenta con instrumentos de medición y personal capacitado. Para la realización del proyecto fue necesario pedir el apoyo de otra institución, en este caso la UNAM, que por medio del Proyecto Universitario de Energía (PUE) fueron facilitados los aparatos de medir para hacer el levantamiento de datos.

Por otro lado se considera conveniente que en estudios posteriores se integre un análisis sobre la influencia que puede representar el sistema de cómputo, pues en los últimos años el uso de computadoras personales ha venido creciendo de manera importante.

Puede concluirse que resulta obvia la conveniencia de hacer eficientes las instalaciones y los equipos en ellas, para que mientras se colabora con la utilización racional de la energía eléctrica, el organismo operador, en este caso el Instituto Mexicano del Seguro Social, pueda abatir el monto de sus egresos en un 8.55%, por concepto de energía eléctrica, a pesar de contar con un ICEE que se encuentra 25% por debajo del IMCEE establecido por el Programa de CONAE, esto se podrá lograr estableciendo políticas tendientes a crear una actitud más favorable hacia la eficiencia energética dentro de la institución.

Este trabajo puede servir como guía para la realización de estudios similares dentro de la institución, siempre y cuando se cuente con el personal capacitado además de los instrumentos de medición requeridos para el levantamiento de datos. Una posibilidad de realizar este tipo de estudios es contar con un programa de apoyo entre las Instituciones Educativas y el IMSS, así como el órgano rector en eficiencia energética CONAE.

ANEXOS

Anexo 1 Formatos típicos para realizar el levantamiento de datos

- Tabla de control de consumos energéticos globales
- Tabla de energía consumida por unidad producida
- Tabla de energía consumida en producción
- Tabla de consumo de energía eléctrica en iluminación
- Tabla de censo de carga de motores eléctricos
- Censo de equipo de aire comprimido
- Formatos F1, F2-A, F2-B, F3 y F4 para levantamiento de datos en inmuebles (CONAE)

Anexo 2 Tabla de zonificación y características de lámparas

- Tabla de claves de zonificación
- Tabla de características de las lámparas que se están usando y las propuestas

Anexo 3 Censo de equipo de alumbrado

- Censo de equipos de alumbrado de los edificios A y B

Anexo 4 Tablas de aportación solar

- Tablas para calcular la ganancia de calor del inmueble
- Normales climatológicas

Anexo 5 Método para transformar de hora solar a hora civil

Anexo 6 Glosario

ANEXO 1

Formatos típicos para realizar el levantamiento de datos

Tabla de control de consumos energéticos globales

ENERGÉTICO	CONSUMO ANUAL	EQUIVALENTE TÉRMICO (KJ/UNIDAD ENERGÉTICA)	PRECIO UNITARIO (\$/UNIDAD ENERGÉTICA)	COSTO ANUAL (\$)	PRODUCCIÓN TOTAL (UNIDADES DE PRODUCCIÓN)
Electricidad(kW/h)					
Gas natural (m ³)					
Combustóleo (litros)					
Carbón (toneladas)					
Diesel (litros)					
TOTALES					

Tabla de energía consumida por unidad producida

PRODUCTO NO.	GAS NATURAL (KJ/UNIDAD PROD.)	ELECTRICIDAD (KJ/UNIDAD PROD.)	OTROS ENERGÉTICOS	ÍNDICE ENERGÉTICO (KJ/UNIDAD PROD.)
1				
2				
etc				

Tabla de energía consumida en producción

ENERGÉTICO	LÍNEA 1	LÍNEA 2	ETC
ELECTRICIDAD (Kw/h)			
Motores			
Aire comprimido			
Bombeo			
Iluminación			
GAS NATURAL (m ³)			
COMBUSTÓLEO (litros)			
OTROS			
TOTAL (kJ)			
COSTO TOTAL DE LA ENERGÍA (\$)			
PRODUCCIÓN TOTAL			
ÍNDICE ENERGÉTICO			
Energía total consumida / producción			
ÍNDICE ECONÓMICO:			
Costo de la energía total consumida / producción			

Tabla de consumo de energía eléctrica en iluminación

	ZONA 1	ZONA 2	TOTAL
Superficie (m ²)			
Tipo de lámparas y balastro			
Número			
Potencia (W/equipo)			
Nivel de iluminación (luxes)			

Tabla de censo de carga de motores eléctricos

NO DE MOTOR	POTENCIA (HP)	FASES	HORARIO DE USO (HRS)	DÍAS	CORRIENTE		CONSUMO MENSUAL KWH/MES	F.P. %	EFICIENCIA %
					NOMINAL	REAL			
1									
2									
ETC									

Censo de equipo de aire comprimido

NO EQUIPO	POTENCIA DEL MOTOR (HP)	PRESIÓN DE GENERACIÓN (kg/m ²)	PRESIÓN DE TRABAJO (kg/m ²)	HRS DE USO AL DÍA	DÍAS	CONSUMO DE ENERGÍA (KWH/MES)	DIÁMETRO DE FUGA (mm)
1							
2							
ETC.							

Formatos de levantamiento de datos en inmuebles (CONAE)

DATOS BÁSICOS DEL INMUEBLE		FORMATO F1			
		FECHA:			
		DEN AP:			
1. EDIFICIO					
Descripción:		Uso	OFICINAS		
		Propio ()			
		Arrendado ()			
Dependencia o entidad:					
Calle y número:					
Colonia/localidad:		Ciudad:			
Delegación/Municipio:		Estado:	código postal:		
2. Construcción					
Edificio	Nº de niveles	Área m2		Año de	
		Por nivel	Por edificio	Construcción	Operación
		Área total m2			
		Superficie del terreno m2			
3. Horario de trabajo y personal					
Horario de trabajo:			Nº de personas:		
4. Electricidad					
Tarifa:		Capacidad de subestación en KVA:			
Región:		Capacidad de la planta de emergencia en KW:			
5. Aire acondicionado					
El inmueble tiene aire acondicionado si () no ()					
Capacidad instalada		TR:	KW:		
Realizó:					
Cargo:			Tel.(ext.):		

DATOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA (AÑO)					FORMATO F2-A	
					FECHA:	
					DEN AP:	
Inmueble:						
Tarifas Horarias (2,3,OM)			Tarifa:	Región:		
Mes	Periodo inicio final		Demanda Máxima [kW]	Consumo de Energía [kWH]	F.P. [%]	Fac. Eléc. [\$]
Ene						
Feb						
Mar						
Abr						

DATOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA (AÑO)											FORMATO F2-B	
											FECHA:	
											DEN AP:	
Inmueble:												
Tarifas Horarias (HM, HS)			Tarifa:				Región:					
Mes	Periodo		Demanda Máxima [kW]				Consumo de Energía [kWH]				F.P. [%]	Fac eléc [S]
	inicio	final	base	intermedia	punta	facturable	base	intermedia	punta	total		
Ene												
Feb												
Mar												

ZONIFICACIÓN DE ÁREAS						FORMATO F3	
						FECHA:	
						DEN MI:	
Inmueble:							
Edificio	Nivel	Zona	Descripción	Superficie m2	Observaciones		

EQUIPO DE ALUMBRADO										FORMATO F4		
										FECHA:		
										DEN MI:		
Inmueble:												
Edificio	Nivel	Zona	Codigo de equipo	Descripción del equipo	Pot. [W]	Cantidad de luminarios	Oper. Dem. Max. S/N	Tiempo de uso promedio [hrs/dia]				
								Lun - Vier	Sabado	Domingo		

ANEXO 2

Tabla de claves de zonificación

Área	Descripción	Clave
General	Recepción y registro	1
	Vestibulos y elevadores	2
	Pasillos	3
	Escaleras	4
	Baños	5
	Estacionamiento cubierto	6
	Otros (especificar)	7
Oficinas	Trabajo casual	11
	Oficinas privadas y cubículos	12
	Trabajo con computadora personal (PC)	13
	Archivo activo	14
	Archivo con poco uso	15
	Otros (especificar)	16
Salas	De juntas	21
	De espera	22
	Aulas	23
	Biblioteca	24
	Auditorio	25
	Usos múltiples	26
	Otros (especificar)	27
Bodegas y Talleres	Papelería	31
	Material varios	32
	Talleres	33
	Cuarto de máquinas	34
	Subestación	35
	Otros (especificar)	36
Servicios	Cocina	41
	Comedor	42
	Exhibiciones	43
	Vigilancia	44
	Otros (especificar)	45
Específicas	Dibujo	51
	Cómputo	52
	Impresión	53
	Cajero	54
	Conmutador	55
	Laboratorio	56
	Consultorio médico	57
	Otros (especificar)	58

Tabla de características técnicas de las lámparas actuales y propuestas

Tipo de lám	F75T12 AI	F60T12 AI	F34T12 AR	F32T12 AR	F20T12 AR	F59T8 AI	F32T8 AR	F17T8 AR	FC15W	IC 75W	Dic 35W 10° GUY/spot
Caract técnicas											
W tot	130	125	79	72	58	105	59	33	16.5	75	39
CRI	62	65	62	85	62	85	85	85	82	95	100
TCC	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	4100	2700	2700	3500
Lmi	6200	5400	2400	3050	1250	6000	3050	1400	900	1070	7900
Vida lámpara	12000	12000	20000	24000	12000	15000	24000	24000	10000	10000	4000
\$/lámpara	23.97	30.1	22.08	24.96	19.89	61	24.96	29.2	182	4.14	38.62
Tipo balastro	EM BE	EM Ahorr	EM Ahorr	EM Ahorr	EM CONV	ELTN P	ELTN P	ELTN P	Integ		
lampxbalastro	2	2	2	2	2	2	2	2	1		
lmsxbalastro	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Vida balastro	10000	50000	50000	50000	20000	80000	80000	80000			
\$/balastro	85.17	238.9	124.51	134.21	111.46	320	210	265.79			
\$/instalación	42	42	42	48	42	42	48	48	4	4	12

Nomenclatura de la tabla para tipo de balastros:

- EM BE: Electromagnético de baja energía.
- EM Ahorrador: Electromagnético ahorrador.
- EM CONV: Electromagnético convencional.
- ELTN P: Electrónico premium.
- Integ: Balastro integrado.

Nomenclatura de la tabla para tipo de lámpara:

- F75T12 AI: Fluorescente 75[W], bulbo T12, Arranque Instantáneo.
- F60T12 AI: Fluorescente 60[W], bulbo T12, Arranque Instantáneo.
- F34T12 AR: : Fluorescente 34[W], bulbo T12, Arranque Rápido.
- F32T12 AR: : Fluorescente 32[W], bulbo T12, Arranque Rápido
- F20T12 AR: Fluorescente 20[W], bulbo T12, Arranque Rápido.
- F59T8 AI: Fluorescente 59[W], bulbo T8, Arranque Instantáneo.
- F17T8 AR: Fluorescente 17[W], bulbo T8, Arranque Rápido.
- FC15W: Fluorescente Compacta 15[W].
- IC 75W: Incandescente 75[W].
- Dic 35W 10° GUY/spot: Dieróica 35[W].

- CRI: Índice de rendimiento de color.
- TCC: Temperatura de color.
- Lmi: Lúmenes iniciales.

ANEXO 3

Formato F3 Censo de equipos de alumbrado

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
A	S1	6	Fl. AI bal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x32	10	72	3240	11	238	171.36
			Fl. AI bal.convencional 2x75	14	130		11	238	433.16
A	S1	32	Fl. AR bal.Ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	274	11	238	34.272
			Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1	130		11	238	30.94
A	S1	34	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	202	11	238	17.136
			Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1	130		11	238	30.94
A	S1	35	Fl. AI bal.Ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	466	11	238	51.408
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125		11	238	59.5
A	PB	1	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x60	12	125	2102	11	238	357
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x32	6	72		11	238	102.816
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58		11	238	27.608
			Fl Cir. 22W	2	27		11	238	12.852
A	PB	2	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	516	11	238	119
			FC tubo triple (bal. Integ) 15W	1	16.5		11	238	3.927
A	PB	3	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	5	72	485	11	238	85.68
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125		11	238	29.75
A	PB	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	PB	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	10	125	1250	10	217	271.25
A	PB	9	IC 100W bulbo A-19 base E-26	7	100	1014	2	43	30.1
			IC 75W bulbo A-19 base E-26	3	75		2	43	9.675
			IC 40W bulbo A-19 base E-26	1	40		2	43	1.72
			FC tubo triple (bal. Integ) 15W	3	16.5		2	43	2.1285
A	PB	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	5	72	485	11	238	85.68
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125		11	238	29.75
A	PB	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	1724	10	217	108.5
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	17	72		10	217	265.608
A	PB	26	IC 75W bulbo A-19 base E-26	8	75	1204	9	195	117
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	4	79		9	195	61.62
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		9	195	28.08
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		9	195	28.08
A	PB	31	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	1	21	2.625
A	PB	32	Fl. AI bal.baja energ. 2x75	2	130	985	11	238	61.88
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	5	125		11	238	148.75
A	PB	33	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	394	9	195	28.08
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125		9	195	48.75
A	PB	61	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	8	173	86.5
A	Mezz	3	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	10	217	31.248
A	Mezz	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	10	217	31.248
A	Mezz	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	460	10	217	31.248
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	4	79		10	217	68.572
A	Mezz	6	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	4	72	543	10	217	62.496

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125		10	217	27.125
			Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1	130		10	217	28.21
A	Mezz	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	569	10	217	15.624
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	3	79		10	217	51.429
			Fl. AI bal.baja energ. 2x75	2	130		10	217	56.42
A	Mezz	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	1066	10	217	108.5
			Fl. AI bal.baja energ. 2x75	3	130		10	217	84.63
			Fl. Bal. Ahor. 2x39	2	88		10	217	38.192
A	Mezz	14	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	7	125	875	10	217	189.875
A	Mezz	28	Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1	130	130	10	217	28.21
A	Mezz	31	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	413	4	86	10.75
			Fl. Bal. Ahor. 2x39	3	72		4	86	18.576
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72		4	86	6.192
A	Mezz	34	Fl. Bal. Ahor. 2x39	1	72	72	4	86	6.192
A	Mezz	53	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	10	125	1250	9	195	243.75
A	Mezz	55	Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1	130	755	10	217	28.21
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72		10	217	15.624
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	7	79		10	217	120.001
A	1	2	Fl. AI bal.baja energ. 2x75	1	130	280	11	238	30.94
			refl. IC 75W bul. par-38 base E26	2	75		10	217	32.55
A	1	3	refl. IC 75W bul. par-38 base E26	5	75	375	10	217	81.375
A	1	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	1	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	319	10	217	31.248
			IC 100W bulbo A-19 base E-26	1	100		6	130	13
			IC 75W bulbo A-19 base E-26	1	75		6	130	9.75
A	1	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	21	125	2847	10	217	569.625
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		10	217	31.248
			diroica 35W 10 GU4/spot	2	39		10	217	16.926
A	1	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	22	125	3108	10	217	596.75
			refl. IC 75W bul. par-38 base E26	2	75		10	217	32.55
			IC 75W bulbo A-19 base E-26	1	75		10	217	16.275
			IC 100W bulbo A-19 base E-26	1	100		10	217	21.7
			FC tubo triple (bal. Integ) 15W	2	16.5		10	217	7.161
A	1	14	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	319	10	217	31.248
			IC 100W bulbo A-19 base E-26	1	100		4	86	8.6
			refl. IC 75W bul. par-38 base E26	1	75		4	86	6.45
A	1	16	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	20	16.5	713	10	217	71.61
			refl. IC 75W bul. R-30 base E26	3	75		10	217	48.825
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	2	79		10	217	34.286
A	1	17	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	3	16.5	169	2	43	2.1285
			IC 60W bulbo A-19 base E-26	2	60		2	43	5.16
A	1	21	FC tub gem 17.52cm bal.int 13W	4	17	1498	3	65	4.42
			IC 60W bulbo A-19 base E-26	18	60		3	65	70.2
			IC 100W bulbo A-19 base E-26	2	100		3	65	13
			IC 75W bulbo A-19 base E-26	2	75		3	65	9.75
A	1	22	IC 75W bulbo A-19 base E-26	5	75	675	10	217	81.375

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
			refl. IC 75W bul. R-30 base E26	4	75		10	217	65.1
A	1	32	IC 60W bulbo A-19 base E-26	2	60	120	4	86	10.32
A	1	41	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	4	86	10.75
A	1	52	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	473	10	217	54.25
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79		10	217	17.143
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		10	217	31.248
A	2	2	Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130	130	10	217	28.21
A	2	3	Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	2	79	283	10	217	34.286
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125		10	217	27.125
A	2	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	2	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	332	11	238	51.408
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	2	58		4	86	9.976
A	2	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	40	125	5144	10	217	1085
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		10	217	31.248
A	2	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	29	125	3625	10	217	786.625
A	2	21	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	2	43	21.5
A	2	41	Fl. AR bal. convencional 2x15-20	3	58	174	2	43	7.482
A	2	52	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	394	10	217	54.25
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		10	217	31.248
A	3	2	Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130	130	11	238	30.94
A	3	3	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	269	11	238	29.75
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		11	238	34.272
A	3	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	3	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	399	2	43	5.375
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72		10	217	46.872
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58		2	43	2.494
A	3	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	23	125	3293	10	217	623.875
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	5	75		10	217	81.375
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58		10	217	12.586
A	3	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	34	125	4466	10	217	922.25
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72		10	217	46.872
A	3	21	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	2	43	10.75
A	3	32	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	6	130	32.5
A	3	41	Fl. AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	2	43	4.988
A	3	52	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	14	125	1894	10	217	379.75
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		10	217	31.248
A	3	53	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	10	217	31.248
A	4	2	Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130	130	11	238	30.94
A	4	3	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	4	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	4	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	291	10	217	46.872
			IC 75W bulbo A-19 base E-26	1	75		2	43	3.225
A	4	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	20	125	2932	10	217	542.5
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	6	72		10	217	93.744

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
A	4	13	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	38	125	5126	10	217	1030.75
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		10	217	31.248
			FC tubo triple (bal. Integ) 15W	11	16.5		10	217	39.3855
			FC tub gem 17.52cm bal.int 13W	3	17		10	217	11.067
A	4	14	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	4	86	12.384
A	4	16	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	23	16.5	595	10	217	82.3515
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72		10	217	46.872
A	4	22	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	7	16.5	115	10	217	25.0635
A	4	32	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	4	86	6.192
A	4	41	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	183	2	43	3.096
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125		2	43	5.375
A	4	53	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	2	16.5	33	10	217	7.161
A	5	2	Fl. Al bal.baja energ. 2x75	1	130	130	10	217	28.21
A	5	3	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	11	238	29.75
A	5	4	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	5	5	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	216	10	217	46.872
A	5	12	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	22	125	2750	10	217	596.75
A	5	13	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	47	125	6509	10	217	1274.875
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	8	72		10	217	124.992
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	1	58		10	217	12.586
A	5	32	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	6	130	32.5
A	5	41	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	1	58	58	2	43	2.494
A	5	55	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	6	130	32.5
A	6	2	Fl. Al bal.baja energ. 2x75	1	130	130	11	238	30.94
A	6	3	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	4	72	232	11	238	68.544
A	6	4	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	6	5	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	318	10	217	31.248
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	3	58		2	43	7.482
A	6	12	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	43	125	5375	10	217	1166.375
A	6	13	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	23	125	3091	10	217	623.875
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72		10	217	46.872
A	6	41	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	2	43	4.988
A	6	51	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	17	125	2485	10	217	461.125
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	5	72		10	217	78.12
A	7	2	Fl. Al bal.baja energ. 2x75	1	130	130	10	217	28.21
A	7	3	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	3	58	174	10	217	37.758
A	7	4	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	7	5	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	260	10	217	31.248
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58		2	43	4.988
A	7	12	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	31	125	4567	10	217	840.875
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	8	72		10	217	124.992
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58		10	217	25.172
A	7	13	Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	43	125	5823	10	217	1166.375
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72		10	217	46.872

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	4	58		10	217	50.344
A	7	21	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	2	43	21.5
A	7	41	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	4	58	232	2	43	9.976
A	7	52	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	216	10	217	46.872
A	8	2	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	3	125	584	10	217	81.375
			Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130		10	217	28.21
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79		10	217	17.143
A	8	3	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	10	217	25.172
A	8	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	11	238	34.272
A	8	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	553	10	217	31.248
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79		2	43	3.397
			Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130		2	43	5.59
			IC 100W bulbo A-19 base E-26	1	100		2	43	4.3
A	8	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	18	125	2806	10	217	488.25
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	4	79		10	217	68.572
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x59	2	120		10	217	52.08
A	8	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	21	125	4169	10	217	569.625
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	14	79		10	217	240.002
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	3	58		10	217	37.758
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x59	1	120		10	217	26.04
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		10	217	31.248
A	8	16	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	354	10	217	54.25
			FC tubo triple (bal. Integ) 15W	5	16.5		10	217	17.9025
			FC tubo gemelo (bal. rem) 18W	1	22		10	217	4.774
A	8	17	IC 100W bulbo A-19 base E-26	5	100	500	2	43	21.5
A	8	21	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	12	72	1040	2	43	37.152
			FC tubo gemelo (bal. rem) 18W	8	22		2	43	7.568
A	8	22	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	445	10	217	54.25
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79		10	217	17.143
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58		10	217	25.172
A	8	25	FC tubo triple (bal. Integ) 15W	14	16.5	426	2	43	9.933
			microicas 35W 10_ GU4/Spot	5	39		2	43	8.385
A	8	41	Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79	195	2	43	3.397
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	2	58		2	43	4.988
A	8	52	Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79	79	10	217	17.143
A	9	2	Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130	130	10	217	28.21
A	9	3	Fl.AR bal. convencional 2x15-20	4	58	232	10	217	50.344
A	9	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	10	217	31.248
A	9	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	3	72	295	10	217	46.872
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79		2	43	3.397
A	9	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	26	125	3250	10	217	705.25
A	9	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	43	125	5549	10	217	1166.375
			Fl.AR bal. convencional 2x15-20	3	58		10	217	37.758
A	9	14	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	204	6	130	16.25
			Fl. ARbal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79		6	130	10.27

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
A	9	52	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	10	217	108.5
A	9	55	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	10	217	27.125
A	10	2	Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130	130	10	217	28.21
A	10	3	Fl. AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	10	217	25.172
A	10	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	10	217	31.248
A	10	5	Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58	202	2	43	2.494
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72		10	217	31.248
A	10	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	32	125	4000	10	217	868
A	10	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	44	125	5846	10	217	1193.5
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	4	72		10	217	62.496
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58		10	217	12.586
A	10	14	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	6	130	65
A	10	41	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	2	43	3.096
A	10	52	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	2	125	250	10	217	54.25
A	11	2	Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130	130	10	217	28.21
A	11	3	Fl. AR bal. convencional 2x15-20	2	58	116	10	217	25.172
A	11	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	10	217	31.248
A	11	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	4	72	288	10	217	62.496
A	11	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	32	125	4000	10	217	868
A	11	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	40	125	5288	10	217	1085
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	4	72		10	217	62.496
A	11	14	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	6	125	866	6	130	97.5
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	2	58		6	130	15.08
A	11	21	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	12	125	1500	2	43	64.5
A	11	41	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	2	43	3.096
A	12	2	Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130	130	10	217	28.21
A	12	3	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125	125	10	217	27.125
A	12	4	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	10	217	31.248
A	12	5	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	202	10	217	31.248
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58		2	43	2.494
A	12	12	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	36	125	4572	10	217	976.5
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72		10	217	15.624
A	12	13	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	31	125	3933	10	217	840.875
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58		10	217	12.586
A	12	14	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	6	130	9.36
A	12	21	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	500	2	43	21.5
A	12	25	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	10	125	1250	2	43	53.75
A	12	41	Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72	72	2	43	3.096
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58	58	2	43	2.494
A	12	53	Fl. AI bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	4	125	572	10	217	108.5
			Fl. AI bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	1	72		10	217	15.624
A	13	2	Fl. AI bal. baja energ. 2x75	1	130	410	10	217	28.21
			IC 40W bulbo A-19 base E-26	7	40		10	217	60.76

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh	
A	13	3	dicroicas 35W 10_ GU4/Spot	4	39	196	10	217	33.852	
			IC 40W bulbo A-19 base E-26	1	40			10	217	8.68
A	13	4	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	144	10	217	31.248	
A	13	5	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x32	2	72	202	10	217	31.248	
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58			2	43	2.494
A	13	12	dicroicas 35W 10_ GU4/Spot	50	39	3154	10	217	423.15	
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	9	125			10	217	244.125
			Fl. AR bal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79			10	217	17.143
A	13	13	Fl. Al bal. baja energ. 2x75	1	130	2194	10	217	28.21	
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	12	125			10	217	325.5
			Fl. AR bal. Ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79			10	217	17.143
			Fl. AR bal. convencional 2x15-20	1	58			10	217	12.586
			dicroicas 35W 10_ GU4/Spot	4	39			10	217	33.852
			FC tubo triple (bal. Integ) 15W	14	16.5			10	217	50.127
A	13	21	IC 40W bulbo A-19 base E-26	1	40	996	2	43	5.375	
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. ahor 2x60	1	125			2	43	5.375
			dicroicas 35W 10_ GU4/Spot	9	39			2	43	15.093
			IC 40W bulbo A-19 base E-26	13	40			2	43	22.36

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
B	S	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	7	79	631	11	238	131.61
			Dicroica 35W GU4/Spot	2	39			11	238
B	S	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79	79	2	43	3.40
B	S	32	Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x60	2	125	1119	10	217	54.25
			Fl. Al bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	11	79			10	217
B	S	33	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	5	79	395	10	217	85.72
B	S	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 1x34	4	46	895	11	238	43.79
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	9	79			11	238
B	PB	1	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	12	79	948	10	217	205.72
B	PB	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	3	79	237	10	217	51.43
B	PB	3	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	1	79	79	10	217	17.14
B	PB	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	PB	9	CF tubo triple (Bal. Integ. E27) 15W	1	16.5	16.5	2	43	0.71
B	PB	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	10	79	790	10	217	171.43
B	PB	13	Fl. AR bal. Conven. 2x15-20W	1	58	58	10	217	12.59
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	12	79	948	10	217	205.72
B	PB	32	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	6	79	474	2	43	20.38
B	PB	33	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	8	79	632	8	173	109.34
B	PB	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	2	79	158	1	21	3.32
B	PB	41	CF tubo triple (Bal. Integ. E27) 15W	1	16.5	16.5	2	43	0.71
B	Mezz	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	5	79	395	10	217	85.72
B	Mezz	3	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	3	79	237	10	217	51.43
B	Mezz	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor. 2x34	4	79	316	10	217	68.57

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
B	Mezz	5	CF tubo triple (Bal. Integ. E27) 15W	1	16.5	706.5	2	43	0.71
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32	3	72		2	43	9.29
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79		2	43	20.38
B	Mezz	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	20	79	1508	10	217	342.86
B	Mezz	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	14	79	1106	10	217	240.00
B	Mezz	32	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	1	21	6.64
B	1	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	5	79	395	10	217	85.72
B	1	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	1	5	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W	1	16.5	236	2	43	0.71
			CF tubo gemelo(Bal rem.) 18W AR	2	22		2	43	1.89
			Fl. AR bal. Convencional2x15-20W	1	58		2	43	2.49
			Dicroica 35W GU4/ Spot	3	39		2	43	5.03
B	1	12	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W	5	16.5	2559.5	10	217	17.90
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	20	79		10	217	342.86
			Dicroica 35W GU4/ Spot	23	39		10	217	194.65
B	1	13	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W	9	16.5	961.5	10	217	32.22
			CF. Reflector R30(bal. Int. E27) 20W	3	22		10	217	14.32
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	6	79		10	217	102.86
			Dicroica 35W GU4/ Spot	7	39		10	217	59.24
B	1	14	Incand. 75W Bulbo A-19 Base E-26	1	75	75	2	43	3.23
B	1	21	CF tubo gemelo (bal. Interc.) 13W	1	17	467	2	43	0.73
			CF tubo triple(Bal int. E27) 15W	6	16.5		2	43	4.26
			Dicroica 35W GU4/ Spot	9	39		2	43	15.09
B	1	22	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W	2	16.5	189	10	217	7.16
			Dicroica 35W GU4/ Spot	4	39		10	217	33.85
B	1	28	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W	1	16.5	94.5	2	43	0.71
			Dicroica 35W GU4/ Spot	2	39		2	43	3.35
B	1	41	CF tubo triple(Bal int. E27) 15W	1	16.5	38.5	2	43	0.71
			CF tubo gemelo (bal. Rem.) 18W AR	1	22		2	43	0.95
B	1	55	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	1	79	79	2	43	3.40
B	2	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	5	79	395	10	217	85.72
B	2	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	2	5	CF tubo triple (bal. Int. E27) 15W	2	16.5	249	2	43	1.42
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x32	3	72		2	43	9.29
B	2	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor 2x34	2	79	158	10	217	34.29
B	2	13	Fl. AR bal. Convencional 2x15-20W	4	58	2444	10	217	50.34
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. ahor. 2x34	28	79		10	217	480.00
B	2	14	CF tubo triple(bal. Int. E27) 15W	1	16.5	16.5	2	43	0.71
B	2	21	Fl. AR bal. conv. 2x15-20W	6	58	1296	2	43	14.96
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	12	79		2	43	40.76
B	2	22	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	2	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	2	41	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	2	43	3.40
B	3	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	10	217	85.72

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
B	3	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	3	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	2	43	10.19
B	3	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	27	79	2133	10	217	462.86
B	3	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	38	79	3002	10	217	651.43
B	3	21	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	2	43	10.19
B	4	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	10	217	102.86
B	4	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	4	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	2	43	10.19
B	4	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	34	79	2686	10	217	582.86
B	4	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	17	79	1343	10	217	291.43
B	4	55	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	2	43	3.40
B	5	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	10	217	102.86
B	5	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	5	5	CF tubo triple (bal. Integ. E27) 15W	1	16.5	403.5	2	43	0.71
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79		2	43	10.19
			Incand. 75W Bulbo A-19, Base E-26	2	75		2	43	6.45
B	5	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32	18	72	2086	10	217	281.23
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	10	79		10	217	171.43
B	5	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32	5	72	1466	10	217	78.12
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	14	79		10	217	240.00
B	5	14	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	4	286	22.59
B	5	21	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	2	43	20.38
B	5	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	5	41	Cf tubo gemelo(bal Rem.) 18W AR	1	22	22	2	43	0.95
B	6	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	10	217	102.86
B	6	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	6	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	2	43	3.40
			Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100	100	2	43	4.30
B	6	9	Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100	100	2	43	4.30
B	6	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	18	79	1422	10	217	308.57
B	6	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	17	79	1343	10	217	291.43
B	6	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	6	41	Incand. 60W Bulbo A-19, Base E-26	1	60	60	2	43	2.58
B	7	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	10	217	85.72
B	7	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	10	217	39.93
B	7	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	7	9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32	1	72	172	2	43	3.10
			Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100		2	43	4.30
B	7	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	17	79	1343	10	217	291.43
B	7	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	19	79	1501	10	217	325.72
B	7	14	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	4	86	40.76
B	7	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	7	41	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	2	43	3.40

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
B	8	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	8	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	10	217	39.93
B	8	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	1	46	125	2	43	1.98
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79		2	43	3.40
B	8	9	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x32	1	72	172	2	43	3.10
			Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100		2	43	4.30
B	8	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	9	79	711	10	217	154.29
B	8	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	16	79	1264	10	217	274.29
B	8	31	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	9	79	711	4	86	61.15
B	8	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	8	41	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	2	43	3.40
B	9	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	10	217	68.57
B	9	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	10	217	39.93
B	9	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	1	46	125	2	43	1.98
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79		2	43	3.40
B	9	9	Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100	100	2	43	4.30
B	9	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	9	79	711	10	217	154.29
B	9	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	24	79	1896	10	217	411.43
B	9	15	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	9	21	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	2	43	13.59
B	9	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	9	41	CF tubo gemelo (Bal. Rem.) 18W AR	1	22	22	2	43	0.95
B	10	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	10	217	85.72
B	10	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	10	217	39.93
B	10	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	2	43	3.40
B	10	9	Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	1	100	100	2	43	4.30
B	10	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	16	79	1264	10	217	274.29
B	10	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	24	79	1896	10	217	411.43
B	10	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	11	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	5	79	395	10	217	85.72
B	11	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	10	217	39.93
B	11	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	1	46	125	2	43	1.98
			Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79		2	43	3.40
B	11	9	Incand. 75W Bulbo A-19, Base E-26	1	75	75	2	43	3.23
B	11	12	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	7	79	553	10	217	120.00
B	11	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	24	79	1896	10	217	411.43
B	11	21	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	6	79	474	2	43	20.38
B	11	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	2	43	6.79
B	11	41	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	1	79	79	2	43	3.40
B	12	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	10	217	51.43
B	12	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	10	217	39.93
B	12	5	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	2	43	10.19
B	12	13	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	12	79	948	10	217	205.72

Edificio	Nivel	Zona	Equipo	Cantidad	Pot. [W]	Pot. Tot. [W]	Hrs/día	Tiem men hrs	Consumo KWh
B	12	31	Incand. 100W Bulbo A-19, Base E-26	4	100	400	1	21	8.40
B	12	35	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	4	79	316	2	43	13.59
B	13	2	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	3	79	237	10	217	51.43
B	13	4	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.1x34	4	46	184	10	217	39.93
B	13	42	Fl. AR bal. ahor. Lamp. Ahor.2x34	2	79	158	10	217	34.29

ANEXO 4

Tablas para calcular la ganancia de calor del inmueble²⁷

Tabla de Productividad Metabólica

Actividad	Dispersión metabólica (W)
<i>Inactividad</i>	
Actividad reducida al mínimo posible (individuo dormido): "metabolismo basal"	75
Sentado inactivo	120
<i>Trabajo ligero</i>	
Sentado, movimiento moderado de brazos y tronco (por ejemplo: trabajo de oficina)	130-160
Sentado, movimiento moderado de brazos, tronco y piernas (por ejemplo: manejo de un carro con tráfico) o de pie, trabajo ligero, principalmente con los brazos	160-190
<i>Trabajo moderado</i>	
Sentado, movimiento intenso de brazos, tronco y piernas; o de pie, con trabajo ligero que incluya algún desplazamiento	190-230
De pie, trabajo moderado con desplazamiento	220-290
Levantamiento y transporte de pesos moderados	290-400
<i>Trabajo intenso</i>	
Levantamiento y acarreo intermitentes de grandes pesos	430-600
Trabajo físico más rudo y continuado	600-700

Fuente: Curso de "Diseño Bioclimático", impartido por el Dr. David Morillon

²⁷ Las tablas presentadas en este anexo, a excepción de la tabla de productividad metabólica dada en W, fueron extraídas del libro "Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración" de Hernández Goribar Eduardo, Edit. Limusa, 1972.

Tabla Calor producido por las personas																		
Ciclo de actividad	Aplicación típica	Relación metabólica de un hombre adulto		Grupo de personas			Promedio de la relación metabólica		Temperaturas del cuarto									
		BTU / hr	% de composición del grupo		BTU / hr		BTU / hr		82 °F		80 °F		78 °F		75 °F		70 °F	
			Hombre	Mujer	Niño	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible
Sentado	Teatro	390	45	45	10	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90		
Sentado; trabajo ligero	Escuela	450	50	50	0	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125		
Trabajo de oficina, actividad moderada	Oficinas, hoteles, departamentos	475	50	50	0	450	200	270	200	250	215	235	245	205	285	165		
Parados; caminando despacio	Tienda de ropa, almacenes	550	10	70	20	450	200	270	200	250	215	280	245	205	285	165		
Caminando, sentado, de pie, caminado despacio	Cafeterías, bancos	550	21	71	10	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210		
trabajo sedentario	Restaurantes	500	50	50	0	550	190	360	220	330	240	310	280	270	320	230		
Trabajo ligero	Fabrica, trabajo ligero	800	60	40	0	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	285		
Baile moderado	Salas de baile	900	50	50	0	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450		
Caminando, 3 mph	Fábricas, trabajo algo pesado	1000	100	0	0	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540		
Jugando	Boliche	1500	75	25		1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845		

20° latitud norte		Aportaciones solares a través de vidrio sencillo [kcal/h]														20° latitud sur	
Tiempo solar		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Tiempo solar		
Epoca	Orientación															Orientación	Epoca
Jun-21	N	76	111	90	84	51	46	40	46	51	67	90	111	75	S	Dic-22	
	NE	219	417	390	330	225	103	40	38	38	38	32	32	24	8		SE
	E	219	401	434	387	260	111	38	38	38	38	32	32	24	8		E
	SE	75	168	198	179	119	57	38	38	38	38	32	32	24	8		NE
	S	8	24	32	38	38	38	38	38	38	38	32	32	24	8		N
	SO	8	24	32	38	38	38	38	38	57	119	179	198	168	75		NO
	O	8	24	32	38	38	38	38	111	260	387	434	401	220	O		O
	NO	8	24	32	38	38	38	40	103	225	330	390	417	220	SO		SO
	Horizontal	30	162	328	477	585	629	678	629	585	477	328	162	30	Horizontal		
	Jul-23 May-21	N	54	75	62	44	40	38	38	32	40	46	62	75	54		S
NE		192	351	374	301	193	84	38	38	38	35	32	21	13	SE		
E		203	401	442	393	268	124	38	38	38	35	32	21	8	E		
SE		84	189	230	214	154	78	38	38	38	35	32	21	8	NE		
S		8	21	32	35	38	38	38	38	38	35	32	21	8	N		
SO		8	21	32	35	38	38	38	78	154	214	230	189	84	NO		
O		8	21	32	35	38	38	38	124	268	393	442	401	203	O		
NO		8	21	32	35	38	38	38	84	198	301	374	358	192	SO		
Horizontal		8	149	320	474	585	630	680	630	585	474	320	149	8	Horizontal		
Ago-24 Abr-20		N	16	27	29	35	38	38	38	38	38	35	29	27	16	S	Feb-20 Oct-23
	NE	122	301	320	241	135	48	38	38	38	35	29	19	5	SE		
	E	143	385	447	404	287	132	38	38	38	35	29	19	5	E		
	SE	78	241	306	292	265	149	54	38	38	35	29	19	5	NE		
	S	5	19	29	35	54	65	70	65	54	38	29	19	5	N		
	SO	5	19	29	35	38	38	54	149	265	292	306	241	78	NO		
	O	5	19	29	35	38	38	38	138	287	404	447	385	143	O		
	NO	5	19	29	35	38	38	38	48	135	241	320	301	122	SO		
	Horizontal	13	130	290	452	569	637	669	637	569	452	290	130	13	Horizontal		
	Sep-22 Mar-22	N	0	16	29	35	38	38	38	38	38	35	29	16	0	S	
NE		0	225	235	160	59	38	38	38	38	35	29	16	0	SE		
E		0	352	442	404	282	122	38	38	38	35	29	16	0	E		
SE		0	268	368	379	225	227	111	40	38	35	29	16	0	NE		
S		0	21	59	103	141	170	176	172	141	103	59	21	0	N		
SO		0	16	29	35	38	40	111	227	325	379	368	268	0	NO		
O		0	16	29	35	38	38	38	122	282	404	442	352	0	O		
NO		0	16	29	35	38	38	38	59	160	235	225	0	SO	SO		
Horizontal		0	81	252	414	532	610	631	610	537	414	252	81	0	Horizontal		
Oct-23 Feb-20		N	0	10	26	32	35	28	38	38	35	32	24	10	0	S	Abr-20 Ago-24
	NE	0	119	141	78	35	28	38	38	35	32	24	10	0	SE		
	E	0	268	390	382	271	132	38	38	35	32	24	10	0	E		
	SE	0	246	396	433	404	322	200	73	35	32	24	10	0	NE		
	S	0	57	135	206	252	287	301	287	252	206	135	57	0	N		
	SO	0	10	24	32	35	73	200	322	404	433	396	246	0	NO		
	O	0	10	24	32	35	38	38	132	271	382	398	268	0	O		
	NO	0	10	24	32	35	38	38	38	35	78	141	119	0	SO		
	Horizontal	0	48	184	344	463	531	564	531	463	344	184	48	0	Horizontal		
	Nov-21 Ene-21	N	0	8	21	29	35	35	35	35	35	29	21	8	0	S	
NE		0	65	79	38	35	35	35	35	35	29	21	8	0	SE		
E		0	192	347	344	246	116	35	35	35	29	21	8	0	E		
SE		0	198	390	444	428	366	266	126	43	29	21	8	0	NE		
S		0	75	187	271	333	368	387	368	333	271	187	75	0	N		
SO		0	8	21	29	43	124	244	366	428	444	390	198	0	NO		
O		0	8	21	29	32	35	35	116	246	344	347	192	0	O		
NO		0	8	21	29	32	35	35	35	35	38	70	65	0	SO		
Horizontal		0	13	130	273	396	444	498	466	396	273	130	13	0	Horizontal		
Dic-22		N	0	5	18	29	32	35	35	35	32	29	19	5	0	S	Jun-21
	NE	0	38	48	32	32	35	35	35	32	29	19	5	0	SE		
	E	0	151	320	278	230	92	35	35	32	29	19	5	0	E		
	SE	0	160	377	452	431	363	263	162	54	29	19	5	0	NE		
	S	0	67	200	301	358	396	404	396	358	301	200	67	0	N		
	SO	0	5	19	29	54	162	263	363	431	452	377	160	0	NO		
	O	0	5	19	29	32	35	35	92	220	375	320	151	0	O		
	NO	0	5	19	29	32	35	35	35	32	32	40	38	0	SO		
	Horizontal	0	10	97	249	366	436	461	436	366	249	97	10	0	Horizontal		

Tabla de temperatura equivalente para muros en °C																			
Lat Norte	Tiempo solar												Lat. Sur						
	A.M.						P.M.												
Pared hacia el	8	10	12	2	4	6	8	10	12	8	10	12	2	4	6	8	10	12	Pared hacia el
	Color exterior de la pared (O=obscura, C= clara)																		
	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	

Partición

NE	12	6	13	7	8	6	7	6	8	8	8	8	6	6	3	2	1	1	SE
E	17	8	20	10	18	9	7	7	8	8	8	8	6	6	3	3	1	1	E
SE	7	3	14	9	16	10	13	9	9	8	8	8	6	6	3	2	1	1	NE
S	-2	-2	2	0	12	7	17	11	14	11	9	8	6	6	3	3	1	1	N
SO	-2	-2	0	-1	3	2	14	12	22	16	23	16	13	11	3	2	1	1	NO
O	-2	-2	0	0	3	3	11	7	22	16	27	19	12	12	4	4	1	1	O
NO	-2	-2	0	-1	3	2	7	6	13	11	22	14	19	13	3	2	1	1	SO
N	-2	-2	-1	-1	2	2	6	6	8	8	7	7	4	4	2	2	0	0	S

Tabique de 4 plg o piedra

NE	-1	-2	13	7	11	6	6	3	7	6	8	8	7	7	6	6	3	2	SE
E	1	0	17	8	17	9	8	8	7	7	8	8	7	7	6	4	3	3	E
SE	1	-1	11	6	16	9	14	9	10	8	8	8	7	7	6	4	3	3	NE
S	-2	-2	-1	-1	7	3	13	9	14	10	11	9	7	7	4	4	2	2	N
SO	0	-1	0	-1	1	1	7	4	18	12	20	14	19	13	6	4	3	3	NO
O	0	-1	0	0	2	1	6	4	14	10	22	16	23	16	9	8	3	3	O
NO	-2	-2	-1	-1	1	1	4	3	7	7	17	12	19	13	7	6	3	3	SO
N	-2	-2	-1	-1	0	0	3	3	6	6	7	7	7	7	4	4	2	2	S

Ladrillo hueco de 8 plg

NE	0	0	0	0	11	6	9	6	6	3	7	6	8	7	7	6	4	4	SE
E	2	1	7	2	13	7	14	8	11	7	7	6	8	7	8	6	6	4	E
SE	1	0	1	0	9	4	11	7	11	8	8	7	8	7	7	6	4	3	NE
S	0	0	0	0	1	0	7	3	13	8	14	9	11	8	7	6	4	3	N
SO	1	0	1	0	1	0	3	2	7	6	14	10	17	11	14	10	4	3	NO
O	2	1	2	1	2	1	3	2	6	4	10	8	17	12	18	12	10	8	O
NO	0	0	0	0	1	0	2	1	4	3	7	6	12	10	17	12	6	4	SO
N	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	3	3	6	6	6	6	6	6	3	3	S

tabique de 8 plg - Ladrillo hueco de 12 plg

NE	1	1	1	1	8	1	8	4	8	4	6	3	6	4	6	6	6	4	SE
E	4	3	4	3	8	4	10	6	10	6	8	4	8	6	8	6	7	6	E
SE	4	2	3	2	3	2	8	6	10	7	9	7	7	6	7	6	7	6	NE
S	2	1	2	1	2	1	2	1	6	3	9	6	9	7	7	6	6	4	N
SO	4	2	3	2	3	2	4	2	6	3	7	4	11	7	13	9	11	8	NO
O	4	2	3	2	3	3	4	3	6	3	8	4	11	6	13	9	13	9	O
NO	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	4	3	6	4	9	8	10	8	SO
N	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	4	4	4	4	3	3	S

Tabla de temperatura equivalente para muros en °C (continuación)																
Lat Norte	Tiempo solar														Lat. Sur	
	A.M.				P.M.											
Pared hacia el	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	Pared hacia el
	Color exterior de la pared (O=obscura, C= clara)															
	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C	O	C

Tabique de 12 plg

NE	4	3	4	3	4	2	4	2	6	2	7	3	7	3	6	3	6	4	SE
E	7	4	7	4	7	4	6	3	7	4	8	6	8	6	8	4	8	4	E
SE	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	7	4	8	6	8	6	7	4	NE
S	4	3	4	3	3	2	3	2	3	2	4	2	6	3	7	4	7	4	N
SO	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6	4	6	4	7	4	8	6	NO
O	7	4	7	4	7	4	6	3	6	3	6	3	6	3	7	4	9	6	O
NO	4	3	4	3	4	2	4	2	4	2	4	2	4	3	6	3	6	3	SO
N	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	S

Concreto o piedra de 8 plg o bien, bloque de concreto de 6 u 8 plg

NE	2	1	2	0	9	4	8	4	6	3	7	4	7	6	6	4	4	3	SE
E	3	2	8	4	13	7	13	7	10	6	8	6	8	6	7	6	6	4	E
SE	3	1	3	2	9	6	10	7	10	7	8	7	7	6	7	6	6	4	NE
S	1	1	1	1	2	1	7	3	9	7	10	7	8	7	6	4	4	3	N
SO	3	1	2	1	3	1	4	2	8	6	12	9	13	9	12	9	6	4	NO
O	3	2	3	2	3	2	4	3	7	4	11	8	16	10	14	10	8	6	O
NO	2	1	2	0	2	1	2	2	3	3	7	6	11	8	12	9	4	3	SO
N	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	3	3	2	2	S

Concreto o piedra de 12 plg

NE	3	2	3	1	3	1	8	4	8	4	6	4	6	4	7	6	6	4	SE
E	6	3	4	3	6	3	10	6	10	7	9	6	7	6	7	6	8	6	E
SE	4	2	4	2	3	2	8	4	9	6	9	6	8	6	7	6	7	6	NE
S	3	2	2	1	2	1	2	1	6	3	8	6	9	7	8	6	6	4	N
SO	4	2	4	2	3	2	3	2	4	3	6	4	10	8	11	8	10	7	NO
O	6	3	4	3	4	3	6	3	6	3	7	4	9	6	13	8	12	8	O
NO	3	2	3	1	3	1	3	2	3	2	4	3	6	4	10	7	11	8	SO
N	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	3	3	S

Tabla de temperaturas equivalentes para techos

Descripción de los materiales del techo	Tiempo solar								
	A.M.			P.M.					
	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Techos expuestos al sol construcción ligera									
Madera de 1 in	7	21	30	34	28	14	6	2	0
Madera de 1 in y aislante									
Techos expuestos al sol construcción media									
Concreto de 2 in									
Concreto de 2 in y aislante	3	17	27	32	28	18	8	3	1
Madera de 2 in									
Concreto 4 in									
Concreto 4 in y aislante	0	11	21	28	29	22	12	7	3
Techos expuestos al sol construcción pesada									
Concreto de 6 in	2	3	13	21	26	24	18	10	7
Concreto de 6 in y aislante	3	3	11	19	23	24	19	11	8
Techos a la sombra									
Construcción ligera	-2	0	3	7	8	7	4	1	0
Construcción media	-2	-1	1	4	7	7	6	3	1
Construcción pesada	-1	-1	0	2	4	6	6	4	2

NOTAS: Techo Claro = Techo a la sombra + 55% de la diferencia de techo a la sombra y techo al sol

Techo medio = techo a la sombra + 80% de la diferencia de techo a la sombra y techo al sol

Tabla de Relleno y aislamientos	Kg / m3	k [Kcal/m ² Chr]
Tezontle como relleno o terrado seco		0.160
Relleno de tierra, arena o grava expuestos a la lluvia		2.000
Rellenos de terrado, secos, en azoteas		0.500
Arena, seca, limpia	1,700	0.350
senica de carbón, seco	700	0.200
Siporex despedazado, seco	400	0.130
Escoria, seco	150	0.080
Aserrín relleno suelto, seco	120	0.100
Aserrín relleno empacado, seco	200	0.070
Bolas de plástico celular, empacado, seco	10-20	0.050
Virutas como relleno, seco		0.070
Masa de magnesita, seco	190	0.050
Fibra de vidrio, diámetro de la fibra 6 micras	15-100	0.040
Fibra de vidrio, diámetro de la fibra 20 micras	40-200	0.040
Lana de escoria	35-200	0.040
Lana mineral	35-200	0.040
Plástico celular de poliestireno	15-30	0.035
Cartón ruberoide con brea	1,200	0.200
Cartón ruberoide como aislamiento		0.140
Cartón corrugado, seco, poros horizontales	40	0.040
Piso de corcho comprimido	500	0.070
Placa de corcho expandido, seco	140	0.035
Placa de corcho expandido, seco	210	0.040
Placa de paja comprimido, seco	300	0.080
Celotex	350	0.070
Fibracel, duro, seco	1,000	0.110
Fibracel, medio duro, seco	600	0.070
Fibracel, poroso, seco	300	0.045
Varios Materiales		
Vidrio	2,600	0.070
Madera de encino, seco 90° de la fibra	700	0.140
Madera de pino blanco seco 90° de la fibra	500	0.120
madera de pino blanco expuesto a la lluvia		0.130
Asfalto para fundir	2,100	0.700
Asfalto bituminoso	1,050	0.150
Linóleo, seco		0.160
Algodón seco		0.040
Lana pura, seco		0.040
Cascarilla de semilla de algodón, suelta, seca		0.050
Aire	1.2	0.022
Agua	1,000	0.5
Acero y fierro	7,800	45
Cobre	8,900	320

Coeficientes de conductividad térmica de diversos materiales

Materiales de construcción	Kg / m3	k
Muro de ladrillo al exterior		0.75
Muro de ladrillo al exterior con recubrimiento impermeable por fuera		0.66
Muro de ladrillo interiores		0.6
Muro de ladrillo comprimido variado para acabado aparente, exterior		1.1
Muro de tabique ligero con recubrimiento impermeable por fuera	1,600	0.6
	1,400	0.5
	1,200	0.45
	1,500	0.35
Muro de tabique ligero al exterior	1,600	0.7
Placas de asbesto cemento	1,800	0.5
Siporex al exterior con recubrimiento impermeable por fuera	660	0.18
	510	0.14
	410	0.12
Siporex al interior en espacio seco	660	0.16
	510	0.13
	410	0.11
Concreto armado	2,300	1.5
Concreto pobre al exterior	2,200	1.1
Concreto ligero al interior	1,250	0.6
Muro de tepetate o arenisca calcárea al exterior		0.9
Muro de tepetate o arenisca calcárea al interior		0.8
Muro de adobes al exterior		0.8
Muro de adobes al interior		0.5
Muro de embarro (con paja y carrizo)		0.4
Granito, basalto	2,700	3
Piedral de cal, marmol	2,600	2.1
Piedras porosas como arenisca y la caliza blanda o arenosa	2,400	2
Acabados		
Azulejos y mosaicos		0.9
Aplanado de mortero de cal al exterior		0.75
Aplanado de mortero de cal al interior		0.6
Terrazos y pisos de mortero de cemento		1.5
yeso		0.138

Fuente: "Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración" Hernández Goribar Eduardo

	Años	Normales Climatológicas															
		Observatorio Central de Tacubaya D.F.															
		Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual					
Latitud 19° 24"																	
Longitud 99° 12"																	
PARAMETROS																	
Temperaturas																	
Máxima extrema	30	29.4	29	32.5	35	32.8	32.8	30	27.7	28.5	28.9	29.3	26.4	33			
fecha (día/año)		19/71	27/58	18/77	17/53	17/53	15/53	17/62	2/13	9/77	5/59	22/53	18/04/78				
Promedio de máxima	30	21.2	22.9	25.7	26.6	26.5	24.6	23	23.3	22.3	22.2	21.8	20.8	23.4			
Media	27	12.9	14.5	17	18	18.1	17.2	16	16.3	15.7	15.1	14	12.9	15.6			
Promedio mínima	30	5.8	7.1	9.2	10.8	11.7	12.6	11.5	11.6	11.5	9.8	7.9	6.6	9.6			
Mínima extrema	30	-1	-4.4	0.5	4	1.1	7	5.3	6.4	1.6	1.1	-0.8	-1.3	-4.4			
Fecha (día/año)		30/66	13/60	19/67	05/60	05/65	14/79	11/56	12/66	22/52	22/55	11/53	15/53	30/02/60			
Media diurna	30	16	18	20.2	21.4	21.5	20.7	19.4	19.5	18.7	18	16.9	15.9	18.9			
Media nocturna	30	107	12.4	14.4	15.7	16.1	16.2	15	15	14.6	13.2	11.4	10.2	13.7			
Mínima a la interperie	12	-3	-4.6	0.5	3	6.2	6.6	6.4	7.3	3.2	5	0	-1	-4.6			
Fecha (día/año)		07/70	13/60	18/78	25/71	17/70	14/79	10/74	27/76	25/75	09/74	27/74	22/77	30/02/60			
Oscilación	30	15.4	15.8	16.5	15.8	14.8	12.4	11.5	11.7	10.8	12.4	13.9	14.2	13.8			
Total hrs oscilación	30	178.2	201.6	216.1	186.2	184	138.6	135.2	147.8	118.9	151	170.1	150.5	1978.2			
Humedad																	
Temp bulbo humedo	24	8.1	9.1	10.2	11	12.1	13	12.7	13	12.6	11.2	9.9	8.5	11			
Humedad relativa media	30	55	50	46	47	54	64	70	71	71	66	62	60	60			
Tensión media del vapor	29	8.2	8.1	8.7	9.6	11.2	12.8	13.2	13.3	13.3	11.8	10.2	9.2	10.8			
Precipitación																	
Media	30	11	4.3	10.1	25.9	56	134.8	175.1	169.2	144.8	66.9	12.1	6	816.2			
Máxima	30	99.8	23	62	99.8	149	358.6	306.2	334.2	317.8	167.5	100.9	33.7	358.6			
Fecha (día/año)		58	65	78	62	56	68	76	69	67	78	52	76	06/68			
Máxima del mes en 24 hrs	30	32.9	18.1	20.8	39.1	50.8	71.2	53.5	79.3	73	57.1	41.1	15.1	79.3			
Fecha (día/año)		10/67	21/65	20/71	16/64	21/78	28/68	09/68	27/67	04/77	27/75	04/52	20/76	27/08/67			
Máxima en 1 hr	25	7.6	7.3	10.0	35.3	41.5	45.3	53.5	36.5	57.0	46.5	18.0	5.4	57.0			
Fecha (día/año)		03/64	22/78	10/59	16/64	21/78	29/64	09/68	01/68	26/55	27/75	01/52	27/58	26/09/55			
Mínima	30	0.1	0.5	0.8	0.8	14.3	29.0	62.1	60.8	38.6	0.3	0.7	0.2	0.1			
Fecha (día/año)																	

Fuente: Observatorio Nacional de Tacubaya

Tabla de cargas totales instaladas

Tipo de carga	Nº de personas	W/Per.	Carga por personal [KW]	Carga por iluminación[KW]	Carga por equip. de computo [KW]	Carga por miscelaneos [KW]
Nivel						
A1	38	160	6.08	11.414	10.25	1.59
A2	25	160	4	10.726	6.5	1.435
A3	30	160	4.8	10.889	12	2.86
A4	30	160	4.8	9.917	4	1.52
A5	30	160	4.8	10.288	8.75	1.54
A6	43	160	6.88	11.891	11.5	2.165
A7	30	160	4.8	12.046	9.25	1.87
A8	30	160	4.8	11.295	7.25	1.355
A9	34	160	5.44	11.026	12.5	0.925
A10	38	160	6.08	11.26	16.75	2.43
A11	38	160	6.08	12.404	10.75	1.29
A12	30	160	4.8	11.63	8.5	0.21
A13	25	160	4	7.296	2.25	0.305
Total	421		67.36	142.082	120.25	19.495

Notas: Solo se tomaron en cuenta los niveles que cuentan con aire acondicionado y solo el edificio A.

Los misceláneos se refieren a los aparatos eléctricos (grabadoras, frigobares, TV, enfriadoras de agua, cafeteras, etc) que existen en el inmueble.

ANEXO 5

En esta sección se describe la forma de cambiar de hora solar a hora civil y viceversa, esto se utilizó en el capítulo 6 para cuantificar el ahorro en el sistema de aire acondicionado para saber a que hora estarían funcionando los equipos.

Para pasar de hora solar a hora civil se utiliza la siguiente ecuación:

$$HS=HC+E+4(L_0-L_i)$$

Donde:

HS= hora solar

HC= hora civil oficial

L_0 = longitud o meridiano de la hora civil (75° en horario de verano, 90° horario de invierno)

L_i = longitud o meridiano de la localidad (99°07' (99.1167) para el D.F.)

E= ecuación del tiempo

Nota: $E+4(L_0-L_i)$, en minutos

Ecuación del tiempo: Además de la corrección por longitud también hay que considerar las diferencias de velocidad en el movimiento terrestre, por lo que algunos días son mas cortos que otros. Para cada día del año habrá un valor en minutos que habrá que sumar o restar al valor determinado con la ecuación anterior, para llegar a una hora solar más exacta aún. Los valores de la ecuación del tiempo se obtienen en los anuarios astronómicos o bien mediante las siguientes ecuaciones:²⁸

$$F= 360(N-81)/364 \text{ (en grados)}$$

N= número ordinal del día

$$E=9.87\text{sen}(2F)-7.53\text{cos}(F)-1.5\text{sen}(F)$$

El valor de la ecuación del tiempo se sumará algebraicamente a la hora obtenida en el párrafo anterior para obtener la hora civil corregida.

Por ejemplo, para el 10 de Junio (día ordinal 161, estamos en horario de verano) a las 14:10 hrs se tendría:

$$F= 360(161-81)/364= 79.12$$

$$E= 9.87\text{sen}(2(79.12))-7.53\text{cos}(79.12)-1.5\text{sen}(79.12)= 0.76$$

La hora solar es:

$$HS= 12:10+(0.76+4(75-99.1167))= 14:10-95.7068\text{min}=12:34 \text{ hrs}$$

La hora solar corresponde a las 12:34hrs

Nota: Para simplificar el cálculo se puede considerar $E=1$ y no se tiene una diferencia considerable.

²⁸ Duffie, Jhon. Solar engineering of thermal process. A. Wiley-interscience Publication. 1980. pp 7

ANEXO 6

Glosario

Aire acondicionado: es un sistema de climatización que tiene por objetivo controlar la temperatura, humedad, contaminantes, presurización diferencial y movimientos del aire de un espacio determinado.

Balastro fluorescente: es un dispositivo que, por medio de inductancias, capacitancias o resistencias, solas o en combinación, limitan la corriente de lámparas fluorescentes al valor requerido para su operación correcta y también, cuando es necesario, suministra la tensión y corriente de encendido y en el caso de balastos para lámparas de encendido rápido suministra la tensión para el calentamiento de los cátodos.

Envolvente: es una estructura que esta formada por techo, paredes, vanos, pisos y superficies inferiores, que conforman el espacio interior de un edificio.

Factor de balastro: es la relación entre la luz promedio de las lámparas fluorescentes de referencia de encendido rápido operadas con el balastro bajo prueba y la luz promedio de las mismas lámparas operadas con un reactor patrón bajo condiciones controladas de prueba. Para lámparas de encendido precalentado e instantáneo se considera la potencia en watts en lugar de flujo luminoso en lúmenes. En los tres casos es costumbre expresarlos en porcentajes.

Factor de carga: es un indicador de la forma en que se usa la energía eléctrica en una instalación, y se puede interpretar como una medida de aprovechamiento de la energía consumida con relación a la demanda máxima. También se define como la razón de la demanda promedio a la demanda máxima, o bien, la razón entre el consumo eléctrico de un periodo y el producto de la demanda máxima por el número de horas del periodo de factura. Se puede calcular de la siguiente manera:

$$F.C. = \frac{\text{Demanda media [KW]}}{\text{Demanda máxima [KW]}} \times 100 [\%] \text{ o bien}$$

$$F.C. = \frac{\text{Consumo de energía en el periodo de facturación [KWh]}}{\text{Demanda máxima [KW] x horas del periodo de facturación [h]}} \times 100 [\%]$$

Factor de eficiencia del balastro: es una medida relativa de la eficiencia de un sistema (conjunto lámpara-balastro) para un tipo y cantidad de lámparas específico. Esta definido como la relación entre el factor de balastro expresado en porcentaje y la potencia de línea del balastro expresada en watts.

Factor de pérdida de luz: es un factor calculado para determinar la iluminancia después de un cierto periodo de tiempo y bajo determinadas condiciones de operación. tomando en cuenta las variaciones de voltaje y temperatura, la acumulación de suciedad sobre el luminario y las paredes, la depreciación de la lámpara, la categoría de mantenimiento y las condiciones ambientales.

Factor de potencia: es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, es la relación entre la potencia activa en watts y la potencia aparente en voltamper. También es el coseno del ángulo entre el voltaje y la corriente o el coseno del ángulo de la impedancia, los valores que toma están entre 0 y 1.

$$F.P = \cos \phi = \frac{\text{potencia activa [KW]}}{\text{potencia aparente [KVA]}}$$

Hora civil: Es la hora correspondiente a la latitud adoptada de la ciudad.

Hora solar: Es la hora correspondiente a la latitud real en la que esta ubicada la ciudad.

Iluminación general: es la iluminación diseñada para proveer de un nivel considerablemente uniforme de iluminación a lo largo de un área que esta arriba de la línea de salida de luz promedio y el área total de la curva de un ciclo. Los valores varían entre 0 y 1.0, donde a más altos valores se incrementa la posibilidad de efecto estroboscópico , así como también parpadeo perceptible de la lámpara.

Iluminancia: es la densidad de flujo luminoso en una superficie determinada. En el sistema internacional se expresa en lux (lumen por m²) y en el sistema inglés se expresa en footcandles (lumen por ft²) un footcandles es 10.76 veces mayor que un lux, aunque para fines prácticos frecuentemente se considera una relación de 10 a 1.

Lámpara de cátodo caliente: son las lámparas de descarga eléctrica en la que los electrodos operan a temperaturas de incandescencia y en las que la caída de tensión catódica es relativamente pequeña (10 a 20 V). La corriente en el cátodo es relativamente alta, pudiendo diseñarse las lámparas para manejar cualquier corriente deseada hasta de varios amperes. La energía necesaria para mantener los cátodos a la incandescencia puede provenir, ya sea del arco (calentamiento por medio de arco), o de elementos del circuito, o bien de ambos.

Lámpara fluorescente: es una fuente que produce luz bajo el principio general de luminiscencia; es decir, con baja elevación de temperatura, usando también el fenómeno de fluorescencia.

Lumen: es la unidad de flujo luminoso. Por definición, una fuente de luz de una candela que emite luz uniforme en todas direcciones produce un lumen por unidad de ángulo sólido (stereoradián) también es una radiación monocromática de 540 THz que equivale a 1/683 watts.

Luminancia: es el cociente de la intensidad luminosa en una dirección dada, de un elemento infinitesimal de la superficie que contiene al punto considerado entre el área de proyección ortogonal del elemento sobre un plano perpendicular a la dirección de la dirección dada. Se expresa en nits (candela /m²), stilbs (candela /cm²) o footlambert (candela / ft²). Un footlambert es igual a 3.426 candelas /m²; una candela /m²=0.2919 footlamberts; 1 stilb es 10⁴ nits.

Luminario: Es el gabinete donde se aloja el conjunto lámpara balastro.

Sistema de encendido instantáneo: este término se aplica a aquellos sistemas en los que se enciende una lámpara de descarga eléctrica mediante una aplicación de una tensión a la lámpara, lo suficientemente alta para provocar la emisión de electrones de los cátodos por emisión de campo iniciándose, por lo tanto, el flujo de electrones a través de la lámpara, por lo ioniza los gases o inicia una descarga a través de la lámpara sin que previamente se hayan calentado los cátodos.

Sistema de encendido rápido modificado: son aquellos sistemas en los cuales las lámparas de descarga eléctrica de cátodo caliente son operadas bajo una de las siguientes condiciones: (1) las lámparas son encendidas con el calentamiento de cátodos a una temperatura suficiente para la adecuada emisión electrónica sin establecer una ionización local a través de los cátodos; (2) el calentamiento es logrado mediante devanados calentadores de baja tensión del propio balastos o por otros medios de calentamiento de los cátodos; (3) suficiente tensión es aplicada a través de la lámpara y entre la lámpara y la ayuda para el encendido (usualmente el propio luminario) para iniciar la descarga cuando los cátodos han alcanzado una temperatura lo bastante alta como para una emisión adecuada; y (4) el calentamiento es reducido o removido después que la lámpara ha alcanzado su operación plena.

Sistema de precalentado: son sistemas en los que se encienden las lámparas de cátodo caliente cuando los cátodos se han precalentado mediante el uso de un dispositivo de encendido, que puede ser de operación manual o automática. El dispositivo de encendido, cuando esta cerrado, conecta los dos cátodos en serie con el circuito del balastro, de tal manera que la corriente fluye para calentar los cátodos hasta la temperatura de emisión; cuando el dispositivo se abre, se produce un pico transitorio de tensión que inicia la descarga; cuando la lámpara esta en operación, circula por los cátodos únicamente la corriente del arco.

Sistema de encendido rápido: se designa con este nombre a aquellos sistemas en los que las lámparas de cátodo caliente operan bajo las siguientes condiciones: (1) las lámparas se encienden previo calentamiento de los cátodos hasta la temperatura suficiente y adecuada para la emisión de electrones y sin que se establezca la ionización en la región entre los cátodos; (2) el calentamiento se efectúa, ya sea mediante devanados calentadores de baja tensión del balastro o bien mediante transformadores de baja tensión que se instalan por separado; (3) la aplicación de suficiente tensión a través de lámpara y entre la lámpara y un auxiliar de encendido (usualmente el mismo luminario) para iniciar la descarga cuando los cátodos llegan a una temperatura lo suficientemente alta para una emisión adecuada; y (4) la tensión de calentamiento de los cátodos se mantiene durante todo el ciclo de operación de la lámpara. Hay dos tipos de lámparas para sistemas de encendido rápido: lámparas de cátodos de baja resistencia y lámparas con cátodos de alta resistencia.

BIBLIOGRAFÍA

- “Fundamentos de Aire Acondicionado y refrigeración”, Hernández Goribar, Edit. Limusa 1ª ed. 1972.
- “Aire Acondicionado y Refrigeración”, Burgess Jennings. Edit. Continental, 1ª ed. 1970.
- “Máquinas Eléctricas”, Stephen J. Chapman, Edit. Mc Graw-Hill, 2ª Ed.
- “Máquinas Electromagnéticas y Electromecánicas”, Leander W. Matsch, Edit. Alfaomega 1ª Ed.
- “Manual de Iluminación en inmuebles”, Metodologías Conae, 1ª Ed. 1998
- “Manual de Instalaciones Eléctricas”, Conelec.
- Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, “Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”, Secretaría del Trabajo y Previsión Social, publicada en mayo de 1999 en el DOF.
- “Instructivo de arranque, operación y mantenimiento; enfriadores tipo Absorción”, Carrier.
- “Administración y Ahorro de Energía”, Juan José Ambriz García, UAM Iztapalapa.
- “Ventajas del uso de Motores Eléctricos de alta Eficiencia”, Fascículo FIDE.

Páginas WEB consultadas:

www.fide.gob.mx

www.conae.gob.mx

www.webs.advance.com.ar/friotecologia/absorNH3.htm

www.mycomspain.com/mycom029.htm

www.ase.org/programs/international/mexico/acyork.html

<http://www.tehsa.com/Index2.htm>

<http://www.climacity.com/consejos.htm>

http://www.citypublicservice.com/content/communityeducation/conservation_esp.asp

<http://www.peakeind.com/peake/spanish/maint-sp.htm>

<http://www.carrier.com.mx/carrier/residenciales/energia.html>