

01178

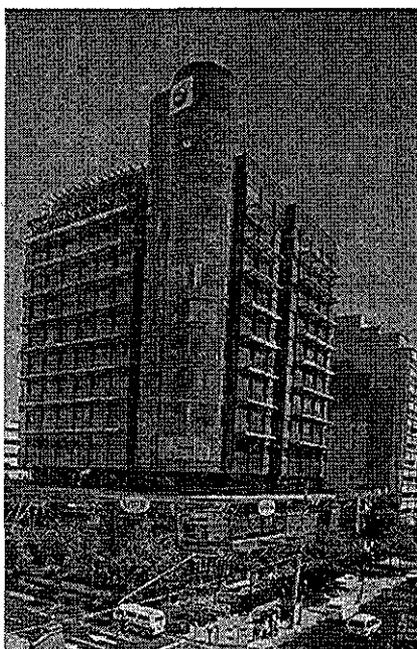


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

6

**Facultad de Ingeniería
División de Estudios de Posgrado**

Estimación y Análisis de los principales Índices Energéticos de los Edificios de Alta Tecnología contra Convencionales.



Tesis

que para obtener el grado de

**Maestro en Ingeniería
(Energética)**

Presenta

Manuel de Jesús Vacio González

Director

Dr. David Morillón Gálvez

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México D.F., noviembre del 2002



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.

Agradecimientos.

Agradecimientos

A Dios.

A mis padres y hermanos por todo su apoyo.

Deseo agradecer al Arq. José Picciotto, Director de Proyectos Arquitectos Piccioto, en especial al Ing. Guillermo Casar Marcos, profesor de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, por haberme proporcionado todas las facilidades para obtener los datos de los edificios inteligentes Plaza Arquímedes, S.A. de C.V., y Eclipse Insurgentes 890, inguilino de la Secretaría de Energía, sin los cuales no hubiese sido posible este trabajo.

Al Doctor David Morillón Gálvez por haber sido el director mi de tesis.

Al Ing. Augusto Cifuentes G., por ser mi tutor a lo largo de mi maestría.

A todos mis compañeros y amigos, cuyos nombres no incluiré por temor a olvidar el nombre de alguno.

Finalmente, deseo expresar mi agradecimiento a la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en especial a todos los profesores que compartieron conmigo sus conocimientos, a través de las clases que tuve el privilegio de tomar.

Manuel Vacio González.

Noviembre /2002

AUT. TO a la Dirección General de Bibliotecas
UNAM a digitalizar en formato electrónico e incluir
contenido de mi trabajo electrónico

NOMBRE:

Manuel Vacio González

FECHA:

14/Nov/02

FIRMA:

[Firma manuscrita]

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Índice General

Resumen	4
Introducción	6
Capítulo 1 Antecedentes	11
1.1 Antecedentes.	11
1.2 Conclusiones.	19
Capítulo 2 Edificio Inteligente o de Alta Tecnología	20
2.1 Edificio Inteligente.	20
2.2 Características y Clases de Edificios Inteligentes.	26
2.3 Sistemas de un Edificio Inteligente.	27
2.4 Conclusiones.	32
Capítulo 3 Sistemas de Control Energético; Estrategia para el Ahorro de Energía	34
3.1 Introducción.	34
3.2 Estrategias de Ahorro de Energético.	37
3.3 Sistemas Inteligentes de Control Energético.	41
3.4 Funciones, Características y Niveles de Control.	53
3.5 Conclusiones.	64
Capítulo 4 Potencial de Ahorro Energético en Edificios: El Sistema de Envoltente	65
4.1 Método para el cálculo de flujo de luz natural en edificios.	65
4.2 Método para el cálculo de la carga de enfriamiento (aire acondicionado) en edificios.	68

4.3	Análisis de Flujo Luminoso y Carga Térmica en muestra de Edificios de Alta Tecnología.	73
4.4	La Norma NOM-008-ENER-2001 y los Edificios de Alta Tecnología.	83
4.5	Conclusiones.	88
Capítulo 5 Índices de Consumo Energético		90
5.1	Definición de Índices Energéticos.	90
5.2	Principales Índices Energéticos.	92
5.3	Análisis Estadístico de los Índices Energéticos.	93
5.4	Determinación de los Índices Energéticos de Edificios de Alta Tecnología y Convencionales	101
5.5	Conclusiones.	114
Capítulo 6 Beneficios Económicos y Ambientales de los Edificios de Alta Tecnología contra los Convencionales,		115
6.1	Análisis Comparativo Anual de Índices Energéticos de Edificios de Alta Tecnología contra Edificios Convencionales.	115
6.2	Beneficios Económicos y Ambientales.	117
6.3	Índices de Edificios de Alta Tecnología, de Edificios Convencionales, y las Normas NOM.	120
6.4	Conclusiones.	123
Conclusiones y recomendaciones para investigaciones futuras.		125
Anexo 1 Resultados del cumplimiento de la Norma NOM-008-ENER-2001.		129
Referencias.		138

RESUMEN

Se presentan los resultados del estudio de los principales índices energéticos realizado a una muestra de Edificios de Alta Tecnología conocidos como Edificios Inteligentes con el objeto de conocer el consumo de energía eléctrica y compararlos con los índices energéticos de Edificios Convencionales nacionales como internacionales y Normas Oficiales Mexicanas, emitidas por la Secretaría de Energía, sobre el uso eficiente de la energía.

Los Edificios de Alta Tecnología analizados fueron: Arquímedes, Eclipse y Centro Bancomer reconocidos por el IMEI.

Los edificios convencionales fueron: Semarnat, Bancomer pertenecientes al programa 100 edificios de la CONAE.

En el análisis comparativo del flujo luminoso y de la carga térmica en el Edificio de Alta Tecnología Arquímedes se ve claramente que el no seleccionar adecuadamente el tipo de cristal para la fachada para una orientación específica nos genera un mayor consumo de energía tanto para iluminación como para aire acondicionado debido a que el sistema envolvente es el directamente responsable.

El objetivo de seleccionar el cristal óptimo es el de evitar : la iluminación artificial, mayor carga de aire acondicionado y por lo tanto mayor gasto económico.

En el análisis y cumplimiento de la Norma NOM-008-ENER-2001 PARA EL Edificio de Alta Tecnología Eclipse se aplicó a este y debido a que la ganancia de calor (ϕ_p) a través de la envolvente del edificio proyectado es menor que la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia (ϕ_r), el Edificio de Alta Tecnología Eclipse cumple con la Norma.

Para determinar cualitativamente el grado de representatividad de los índices energéticos se utilizan herramientas estadísticas como el análisis de dispersión y el análisis correccional así como para establecer alguna hipótesis acerca del potencial de ahorro a alcanzarse mediante la adopción de sistemas de control.

El resultado del análisis sobre el índice de consumo energético, densidad de energía eléctrica por área ($\text{kWh/m}^2\text{-año}$), de los edificios de alta tecnología Arquímedes y Eclipse es menor que el de los edificios convencionales Semarnat y Bancomer.

Para este primer análisis, se demuestra que los edificios de alta tecnología consumen menos energía por metro cuadrado que los edificios convencionales.

El índice Energético más significativo para realizar análisis de consumo energético inclusive a nivel internacional es Índice de Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh / m²-año).

De la comparación Arquímedes contra Semarnat hay un ahorro anual en energía eléctrica del 10% y 241 barriles de combustible, se evita arrojar al medio ambiente 91 ton. CO₂, 1.6 ton. de SO₂, agua evaporada 1439 m³.

De la comparación de Eclipse contra Bancomer hay un ahorro anual de: 53% de energía eléctrica, 4069 barriles de combustible, se evita arrojar al medio ambiente 1541 ton. de CO₂, 28 ton. de SO₂, agua evaporada 7927m³.

En promedio los Edificios Inteligentes ahorran 20% de energía.

Al comparar dicho índice de los Edificios de Alta Tecnología contra los Edificios Convencionales vemos que son menores, con base en ello podemos afirmar que con Edificios de Alta Tecnología se obtienen los siguientes beneficios:

- El consumo de energía eléctrica es menor.
- Menor consumo de combustibles.
- Ahorros económicos.
- Cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas 007 y 008 de la Secretaría de Energía.
- Al consumir menos energía, la inversión en plantas generadoras en el país será menor.
- Contaminan menos.
- Son amigables con el entorno.
- Nuestros Recursos Naturales como agua, aire se contaminarán menos.
- Mejoramiento de los niveles de confort de los usuarios.

Introducción

La desarrollada tecnología de climatización artificial surgida en los años cincuenta permitió a los arquitectos diseñar coberturas de edificios sin preocuparse particularmente por la orientación de los mismos.

Encerrar las estructuras dentro de fachadas herméticamente selladas, se volvió tema recurrente en la arquitectura de los años 70 y 80, gastando una cantidad exagerada de energía e impidiendo a sus ocupantes una razonable interacción con el espacio habitable.

Si se valoran superficialmente, estos inmuebles pueden parecer una maravilla de la tecnología, una sofisticada muestra de confort, pues su temperatura se mantiene constante y agradable estén ubicados en Alaska o en el Sahara.

La enorme cantidad de energía que consumían dichos edificios refleja la problemática relación entre arquitectura y tecnología, problemática que, sin duda alguna, nace desde la misma Revolución Industrial. Si bien la arquitectura y la tecnología son independientes entre sí, hay que reconocer que la innovación arquitectónica necesita hoy más que nunca de la tecnología y de la ingeniería.

Por otro lado la energía había estado disponible en cantidades ilimitadas y a precios razonables, sin urgencia alguna que justificara la reducción de su consumo.

Fue hasta la crisis petrolera, a comienzos de los 70's, cuando se introdujeron cambios en la manera de pensar de los arquitectos.

El consumo eficiente de la energía asumió un papel central en la actividad constructiva y este nuevo enfoque implicó una respuesta pragmática a la situación, ajenos ya a los impulsos de las modas en ese momento.

Encerrar las estructuras dentro de fachadas herméticamente selladas con preocupación por el consumo de energía se volvió tema recurrente en la arquitectura hasta los ochenta. Los reglamentos de construcción vigentes, desde entonces, han enfatizado esa preocupación estableciendo como obligatorios ciertos parámetros que redunden en dicho ahorro. Pero estos primeros pasos fueron simplemente actos reflejos, meras reacciones ante los reales requerimientos del ahorro de energía. En los años noventa las envolturas de los edificios – fachadas y azoteas – se han integrado dentro de los sistemas

de energía y climatización, con el propósito de que esos edificios sean más eficientes. Más allá del tradicional uso de la energía solar, ingenieros y arquitectos se atreven a buscar respuestas en el sol para optimizar los recursos de la energía. Por otra parte, al mismo tiempo que se preserva la energía, el arquitecto debe entender a su natural preocupación estética; lo funcionalmente apto no debe estar reñido con lo visualmente sensato.

La respuesta a esos problemas generados por dichas construcciones se pueden resumir en:

- El aprovechamiento óptimo de la energía.
- El uso adecuado de los espacios, particularmente en las grandes urbes, donde la escasez de terreno se convierte en un factor que obliga a optimizar el suelo.
- La búsqueda de materiales que contribuyan a reducir el consumo de energía y que, además de reciclables y "amigables" con el medio, no tengan costos excesivos.
- La transmisión de mensajes culturales socialmente aptos, atractivos y capaces de seducir.
- El combate a la contaminación del medio (la preocupación ecológica), tal vez la tendencia más importante que podemos observar.

Los Edificios Inteligentes cumplen con todos estos requisitos y pudieran ser la respuesta a los problemas generados anteriormente.

Edificios Inteligentes. ¿Qué significa? Tecnología aplicada al hábitat de las especies vivas del planeta con la finalidad de su sobre-vivencia y que, además, no causa contaminación.

Aunque en este momento se podría pensar que dichas tecnologías son sólo para países altamente desarrollados, por fortuna no es así, día con día los costos en materia de tecnología se reducen facilitando su implementación.

Entre los principales objetivos de los edificios inteligentes están los arquitectónicos y los tecnológicos.

Los tecnológicos involucran la automatización de las instalaciones y la integración de servicios.

En los ambientales, el ahorro energético y el cuidado del medio ambiente.

Título del Trabajo:

Estimación y Análisis de los principales Índices Energéticos de Edificios de Alta Tecnología contra Convencionales.

Objetivo:

Con el presente trabajo se pretende mostrar que el Índice de Intensidad de Consumo Eléctrico (kWh/ m²-año) en un Edificio de Alta Tecnología puede ser menor que en un Edificio Convencional, lo que conlleva a importantes beneficios económicos y ambientales.

Hipótesis

El Índice de Intensidad de Consumo Eléctrico (kWh / m²-año) en un Edificio de Alta Tecnología es menor que en un Edificio Convencional debido a que el Edificio de Alta Tecnología mediante sistemas de control puede administrar energía, al automatizar actividades y la productividad se verá mejorada al integrar todo el control bajo un mismo sistema.

Estructura

Tras la sección introductoria, en el capítulo uno se describen las acciones orientadas al ahorro y uso eficiente de la energía en nuestro país, antecedentes de ahorro de energía en Edificios Convencionales, y por último antecedentes de ahorro de energía en Edificios Inteligentes.

El siguiente capítulo se ve el concepto de Edificios de Alta Tecnología, el objetivo fundamental, los principales sistemas que lo conforman.

En el capítulo tres se trata exclusivamente el Sistema de Control Energético que es la estrategia principal para el ahorro de energía en edificios de alta tecnología.

El capítulo cuatro comprende el Método para el cálculo de flujo de luz natural con diferentes tipos de cristales usados en la envolvente y el Método para el cálculo de la carga de enfriamiento que son los directamente responsables de la Iluminación artificial y el aire acondicionado.

En el tema quinto se definen y se analizan los diferentes Índices de Consumo Energético en Edificios de Alta Tecnología y se comparan con la media de los Índices Energéticos de Edificios Convencionales, dichos índices son la herramienta para medir el desempeño de la situación energética de las instalaciones, principal actividad del administrador de energía.

En el tema seis se realiza el análisis comparativo de los índices energéticos anuales de edificios de alta tecnología contra convencionales y los beneficios económicos y ambientales que se logran.

El último capítulo presenta la sección de conclusiones y algunas recomendaciones para trabajos futuros.

Metodología

El cálculo del posible ahorro de energía se hará mediante el análisis de consumo de energía eléctrica anual de los sistemas de iluminación y de aire acondicionado de una muestra de edificios de alta tecnología comparados con edificios convencionales.

La comparación será en tres aspectos:

- a)** Envoltente del edificio (carga térmica), la cual depende directamente del tipo de cristal que envuelve el edificio.
- b)** Sistema de aire acondicionado, el cual es directamente proporcional a la carga térmica que reciba el edificio.
- c)** Sistema de iluminación el cual depende también de la luz natural que deje pasar el tipo de cristal de la envoltente.
- d)** Consumo anual general de energía eléctrica como resumen de los aspectos anteriores.

Posteriormente se obtendrán los Índices de Intensidad de Consumo Eléctrico (kWh / m²-año) de los Edificios de Alta Tecnología y se compararán contra el valor medio del índice de intensidad de consumo eléctrico de los Edificios de oficinas del Gobierno Federal (Programa Cien Edificios Públicos de la CONAE).

El análisis será a través del consumo de energía anual, del cual se obtendrán índices energéticos, costos de energía tanto para iluminación como para aire acondicionado, los ahorros en energía, los ahorros económicos y los beneficios ambientales.

La información se obtendrá de Edificios de Alta Tecnología reconocidos por el Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (IMEI), y del Programa Cien Edificios Públicos de la CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía).

Capítulo 1.-Antecedentes.

En este primer capítulo se verán los diferentes programas de ahorro de energía que existen tanto para edificios convencionales, como para edificios de alta tecnología. Posteriormente se llevará a cabo una comparación de sus principales índices energéticos, que es uno de los objetivos de este trabajo.

1.1 Antecedentes.

La función principal de las compañías suministradoras de energía eléctrica ha sido la de satisfacer los requerimientos en calidad, cantidad, precio, oportunidad y servicio, de dicha energía. Sin embargo, actualmente se exige el cumplimiento de requisitos adicionales, como los especificados en la NOM y el costo / beneficio del proyecto, que no eran ignorados, pero tampoco representaban los puntos medulares para la planeación.

Ante la nueva necesidad de la protección del ambiente y la conservación de los recursos energéticos(especialmente los no renovables), los nuevos proyectos se condicionan al uso de nuevas tecnologías y la restauración de los procesos de producción de las empresas, para disminuir el consumo de la energía.

El aumento acelerado de la población en nuestro país va acompañado de una mayor necesidad de servicios y esto produce que cada día aumente la demanda de energía eléctrica, asimismo, la necesidad de los recursos humanos que tengan conocimientos sólidos en el campo de la electrotecnia que comprende: Generación, Transmisión, Distribución, Transformación y el uso múltiple de la Electricidad.

Desde el punto de vista de los energéticos empleados para la generación de energía eléctrica, aproximadamente la mitad de la producción diaria de hidrocarburos en México se destina para ello. De acuerdo con las tendencias actuales de consumo y considerando exclusivamente las reservas probadas, nuestro país podría correr el riesgo de dejar de ser exportador de crudo en mediano plazo para convertirse en un importador.

Para resolver o al menos atenuar los problemas de contaminación, de acabar con los recursos energéticos no renovables, de generación y distribución de la energía eléctrica, **la alternativa más viable es el ahorro y uso eficiente de la energía.**

Una práctica extendida entre las empresas eléctricas es la llamada planeación para el costo mínimo. De acuerdo con esta práctica las empresas analizan si es más conveniente aumentar la capacidad de generación, que invertir en la promoción de medidas de ahorro y uso eficiente de energía.

En casi todos los países se ha concluido que en promedio resulta dos veces más caro aumentar 1 kW de capacidad instalada de generación, que incentivar al usuario a reducir en 1kW la carga instalada. Por ello, algunas compañías suministradoras en otros países ofrecen bonificaciones hasta por \$100,000.00 USD al año, a los usuarios que inviertan en equipos ahorradores de energía.

Por todo lo anterior el Gobierno Federal estableció como prioritarias, las acciones orientadas al ahorro y uso eficiente de la energía, en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa de Modernización Energética; como respuesta, el Sector Eléctrico integró en enero de 1990 su programa de Ahorro de Energía denominado PAESE, para impulsar en forma vigorosa estas acciones.

En respuesta a la convocatoria de CFE, las empresas involucradas en la producción y consumo de electricidad y las Cámaras que las representan, acordaron con las autoridades del sector, la creación de un Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE), en el cual participan CFE, L y F C y el SUTERM, con el objetivo de identificar áreas de oportunidad para el ahorro de energía, se crea la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), en 1989 por decreto presidencial.

El FIDE es un organismo privado no lucrativo, creado en 1990 para promover acciones que introduzcan y fomenten el ahorro y uso racional de la energía eléctrica.

Apoya la realización de proyectos que permitan ahorros de energía eléctrica en los sectores:

- Industrial
- Comercial y de Servicios
- Servicios Municipales

Una parte del problema energético en México se puede resolver de dos maneras diferentes : Programas de Ahorro de Energía para Edificios Convencionales Públicos o Edificios de Alta Tecnología los cuales aplican tecnología de punta para su operación con el objetivo de ahorrar energía.

A continuación, se analizará cada una de las alternativas, dado que según la evaluación de la demanda de electricidad, el sector de la industria mediana presenta a lo largo de los años, el mayor ritmo de crecimiento y volumen de demanda, y en donde muchos de los inmuebles no residenciales se encuentran incorporados.

Fuente: Página web de la CFE. <http://www.cfe.gob.mx/garcom/estados/historia/56c>

a) Antecedentes de Ahorro de Energía en Edificios Convencionales e Índices Energéticos Obtenidos.

En la actualidad, una de las prioridades de la política energética de la mayoría de las naciones del mundo es lograr el más alto grado posible de eficiencia en su consumo de energía, acción que alivia en buena medida las presiones y los riesgos tanto de tipo económico como ecológico.

En México el órgano rector en materia de eficiencia energética es, desde 1989, la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), por delegación de facultades de la Secretaría de Energía. A partir de 1996, la CONAE desarrolló un programa de alcance nacional, cuyo objetivo fue detectar potenciales de ahorro de energía en al menos cien inmuebles convencionales del sector público e instrumentar medidas para aprovecharlos.

Experiencias previas de esta misma Comisión habían demostrado que una de las áreas de oportunidad era la relacionada con la iluminación y el aire acondicionado.

Así el programa Cien Edificios Públicos se orientó fundamentalmente a aplicar diagnósticos energéticos profundos en los consumos que, por concepto de iluminación, registraban los edificios estudiados, incorporando en sus acciones a los propios operadores de los inmuebles, después de lo cual la CONAE sugería medidas para aprovechar los potenciales de ahorro y fungía como aval técnico ante la banca de desarrollo en caso de que la dependencia en cuestión no contará con los recursos para implementar dichas medidas.

Los resultados en su conjunto han sido exitosos. Se calcula que en promedio los ahorros potenciales de energía son superiores al 20% de la facturación total del inmueble, si se combinan las medidas operacionales y las tecnológicas. Se estima, asimismo, que dejarían de emitirse a la atmósfera varios miles de toneladas de contaminantes.

Potencial Estimado de Ahorro de Energía y Reducción de la Demanda en Iluminación de Edificios Convencionales Comerciales

De los casos demostrativos del FIDE presenta el ahorro y reducción de la demanda en una muestra de 29 edificios convencionales entre centros comerciales, hospitales, escuelas, hoteles, restaurantes y edificios públicos.

Fuente: FIDE Potencial estimado de ahorro de energía y reducción de la demanda en iluminación de edificios comerciales

El trabajo analiza el potencial estimado de ahorro de energía en iluminación, así como el uso final de la energía, sin olvidar la tecnología empleada en edificios comerciales convencionales.

El ahorro promedio obtenido es de 21.81% en áreas como la iluminación y aire acondicionado.

Los problemas encontrados en los edificios convencionales se resumen en: instalaciones o sistemas sobrados; equipos sucios o mal instalados, además de obsoletos; diseños no adecuados de luminotecnica, así como aire acondicionado y edificios no adecuados al medio ambiente energético. Se podrán sugerir una serie de estrategias para atacar los problemas como pueden ser el mantenimiento preventivo y la adecuación, entre otros; pero el presente trabajo se concretará a identificar el uso final de la energía en los edificios, con el objeto de detectar al potencial del ahorro de energía eléctrica.

Uso final de la energía en los edificios

En la muestra de 29 edificios, tomados de los casos demostrativos (hojas caso) publicados por el FIDE, la cual incluye centros comerciales, restaurantes, hospitales, escuelas, hoteles y otros, se ha encontrado que la demanda por el uso final de energía se distribuye en los siguientes porcentajes:

USO DE LA EDIFICACIÓN	ILUMINACIÓN %	AIRE %	OTROS %
C. Comerciales	47.47	38.47	14.06
Restaurantes	16.77	62.71	20.52
Hospitales	67.20	0	32.80
Escuelas	58.47	15.70	25.83
Hoteles	25.23	68.86	5.91
Otros edificios	51.88	17.25	30.87

Tabla 1.1 Uso final de la energía en Edificios Convencionales

Fuente: FIDE. Potencial estimado de ahorro de energía y reducción de la demanda en iluminación de edificios comerciales

Reducción de la demanda

En los proyectos demostrativos para el ahorro de energía, realizados o promovidos por el FIDE, se llevaron a cabo medidas como el reemplazo de equipos de iluminación ineficientes por equipos nuevos, con lo cual se redujo la demanda total en los siguientes porcentajes:

TIPO DE EDIFICIO	C. COMERCIALES	RESTAURANTES	HOSPITALES	ESCUELAS	HOTELES	EDIFICIOS
% DE REDUCCIÓN EN DEMANDA	29.19	16.82	39.78	26.55	19.19	27.68

Tabla 1.2 Reducción de la Demanda

Fuente: FIDE. Potencial estimado de ahorro de energía y reducción de la demanda en iluminación de edificios comerciales.

La muestra (29 edificaciones) tenía una demanda total de 16,996.65 kW, y se logró reducir a 13,290.226 kW, esto representa un ahorro de 3,706.424 kW, equivalente al 21.81%.

AHORROS DE ENERGÍA EN CONSUMO

En el caso de consumo de energía por iluminación, se han cambiado los equipos ineficientes (incandescentes, T-12, etc.) por equipos eficientes (T-8, lámparas fluorescentes compactas, etc.) que consumen menos energía, logrando una disminución en la cantidad de luminarias, manteniendo el nivel de iluminación o mejorándolo en muchos casos; el porcentaje de ahorro es:

TIPO DE EDIFICIO	C. COMERCIALES	RESTAURANTES	HOSPITALES	ESCUELAS	HOTELES	EDIFICIOS
% DE AHORRO EN CONSUMO	67.25	38.67	37.11	30.96	22.29	50.24

Tabla 1.3 Ahorro de Energía en Consumo

Fuente: FIDE. Potencial estimado d ahorro de energía y reducción de la demanda en iluminación de edificios comerciales

LA REALIDAD DE LOS EDIFICIOS EN CUANTO A DEMANDA POR ILUMINACIÓN VS LA NOM-007-ENER-1995

A partir de la aplicación de la norma NOM-007-ENER-1995, "Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales", cuyo objetivo es proporcionar los niveles máximos de densidad de potencia en edificios no residenciales, se ha estado regulando la energía consumida por cada metro cuadrado del edificio, dependiendo de su uso.

Dicha norma emite valores diferentes para cada uso de la edificación por metro cuadrado.

La densidad de potencia es elevada por el tipo de tecnología utilizada: focos incandescentes y lámparas Slimline (T-12) con balastos.

Una vez que se llevaron a cabo los programas de ahorro de energía del FIDE, se redujo. La densidad de potencia en todas las edificaciones en las siguientes cantidades:

TIPO DE EDIFICACIÓN	NORMA W/m ²	ANTES W/m ²	DESPUÉS W/m ²
1° Comercial	19	14.5555	2.6521
2° Comercial	19	27.0241	5.1518
1° Edificio (oficinas)	16	6.7675	1.9904
2° Edificio (oficinas)	16	20.5376	10.2150

Tabla 1.5 Reducción de la Densidad de Potencia

Fuente: FIDE Potencial estimado d ahorro de energía y reducción de la demanda en iluminación de edificios comerciales

Como Se puede ver de la tabla anterior, todas las edificaciones cumplen con la norma NOM-007-ENER-1995 sin problema, esto es, en todos los casos se está por debajo de la norma desde un 12.44% hasta 63.84%, con la tecnología promovida por el FIDE en los proyectos demostrativos.

b) Antecedentes de Ahorro de Energía en Edificios de Alta Tecnología

La crisis energética que se produjo en todo el mundo durante la década de los 70's motivó a ingenieros y arquitectos a idear una forma de edificación que considerara el ahorro de energía. De esta manera, se buscó la construcción de edificaciones que emplearan la energía mínima necesaria para operar y con el paso del tiempo se logró incorporarles servicios que optimizaran su funcionalidad.

El concepto de Edificios Inteligentes surge en Japón como respuesta a la necesidad de ser más productivos en los 80's.

En México, el Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C.(IMEI) se constituyó en la ciudad de México en el año 1991, y es una asociación civil que agrupa a profesionales y empresas vinculados con el concepto del cual toma su nombre.

El IMEI es un foro a través del cual las empresas que lo patrocinan tienen la oportunidad de mostrar y ofrecer su tecnología en los seminarios y conferencias que imparten.

Difunde los conceptos relacionados con la planeación, construcción, equipamiento y operación de edificios inteligentes, con el fin de promover el uso adecuado de tecnologías, para el ahorro de energía y el cuidado del medio ambiente.

Como un reconocimiento a la obra y empeño de sus propietarios, arquitectos, constructores y contratistas por lograr un edificio que además de ofrecer seguridad a sus ocupantes les brinde condiciones superiores de calidad de vida, al tiempo que racionaliza el uso de energía, se creó el Premio Nacional IMEI al Edificio Inteligente.

En nuestro país hay ocho edificios (hasta 1998) que el IMEI ha calificado como inteligentes, entre los que se encuentran: Plaza Arquímedes, Eclipse Insurgentes (Inquilino Secretaría de Energía) y el World Trade Center.

Los Edificios Inteligentes son construcciones con un costo más elevado que los de tipo convencional, se logran ahorros importantes en el consumo de energía, mayor seguridad de los ocupantes y el periodo de vida útil del inmueble, equipo e instalaciones es mayor.

En cuanto al ahorro de energía en Edificios Inteligentes, primero se definirá el concepto, los tipos, características, clases y sistemas.

Posteriormente se verá el análisis de cada uno de sus sistemas principales para poder comprender la manera de cómo se lleva a cabo el ahorro de energía en estos y después comparar sus principales índices energéticos con respecto a los índices surgidos de programas de ahorro de energía en Edificios Convencionales.

Edificios de Alta Tecnología Premio Nacional

Los edificios de Alta Tecnología que han recibido el Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica son:

Plaza Arquímedes en 1997.
Eclipse Insurgentes en 1999.
Bancomer, S. A. en 2000.

SITUACIÓN INTERNACIONAL, NACIONAL VS NORMATIVIDAD

La siguiente tabla nos muestra los índices de densidad de potencia eléctrica en México, la normatividad y los reportados internacionalmente.

ÍNDICES DE DPEA W/m^2							
TIPO EDIFICIO	MÉXICO		SINGAPUR	MALASIA	FILIPINAS	INDONESIA	THAILANDIA
	Situación actual	NOM					
Oficinas	19*	16	20	21	12.7	18.9	18.4
Comercios	18 ^a	19	53.6*	34*	7.8*	-	36.2*
Hoteles	-	18	-	14.3*	17.4*	12*	11*
Hospitales	30.4 ^o	14.5	-	-	13.3*	-	19.8*

Tabla 1.6 Índices DPEA

(*) Estos índices son promedio.

(^o) Zona norte del país.

(^a) Zona occidente del país.

Fuente: David Morillón Gálvez, Ing. Jesús Cruz Hernández. XVI Seminario Nacional sobre el Uso Racional de la energía y Exposición de equipos y Servicios Noviembre 27 a Diciembre 1° de 1995.

1.2. Conclusiones

En este primer capítulo se vieron los diferentes programas de ahorro de energía que existen por parte de dependencias de gobierno y privadas tanto para edificios convencionales, como para edificios de alta tecnología

Dichos programas son vigilados por organismos como el FIDE, CONAE, CFE, IMEI, ATPAE, etc.

En el siguiente capítulo se verá el concepto de Edificio de Alta Tecnología o Edificio Inteligente, su objetivo, los sistemas principales que lo componen y la forma en la cual pueden ahorrar energía.

Capítulo 2.- Edificio Inteligente o de Alta Tecnología

En este nuevo tema se hablará exclusivamente de Edificios Inteligentes o de Alta Tecnología, se definirá el concepto, los tipos, características, clases y sistemas.

Posteriormente se verá el análisis de cada uno de sus sistemas principales para poder comprender la manera de cómo se lleva a cabo el ahorro de energía en estos y después comparar sus principales índices energéticos con respecto a los índices surgidos de programas de ahorro de energía en Edificios Convencionales.

2.1.- Edificio Inteligente

Los constantes cambios y avances en materia científica y tecnológica invaden todos los ámbitos de la sociedad, y la arquitectura no se escapa de ésta evolución; con el desarrollo de la computación, el perfeccionamiento técnico de los diferentes sistemas que intervienen en una edificación y las nuevas tecnologías de comunicaciones, **ha surgido el concepto de edificaciones inteligentes.**

Un edificio debe integrarse a su medio ambiente tanto exterior como interior para producir el mínimo impacto, además de aprovechar todos los sistemas pasivos de climatización, ventilación e iluminación en forma natural y/o complementándose con sistemas electromecánicos eficientes. En la concepción del diseño es necesario considerar el sitio y el entorno, la localización, orientación, forma y diseño de las estructuras; el tipo de materiales constructivos y acabados, integrando además el uso de elementos vegetales como dispositivos de control de climático; ya sea para sombrear, humidificar o controlar el viento.

Por otra parte es necesario considerar los requerimientos de los usuarios, que van desde su actividad hasta el uso del espacio, rangos de comodidad, niveles adecuados de iluminación, control de ruido y ambientación.

Otro aspecto no menos controvertido es la posible dependencia tecnológica a la que podríamos estar sujetos en un edificio, dado que buena parte de los sistemas electrónicos de los dispositivos, requieren de asesoría técnica y mantenimientos especializados.

Hoy en día es fácil encontrarnos con el término de edificio inteligente aplicado a aquellos edificios dónde, de una u otra manera, se han introducido ciertos automatismos. Sin embargo, el concepto de *inteligente* no suele ser más que una mera ilusión, ciertamente exagerada, por parte de los implementadores del sistema. El hecho de que una serie de controladores puedan mejorar ciertas tareas rutinarias u optimizar una serie de procesos no es nada nuevo, a pesar de que las técnicas actuales consiguen resultados sorprendentes.

Los edificios que estén dotados de las instalaciones que le son propias, como son la climatización, seguridad o ascensores, debidamente gestionadas por un sistema sofisticado con un control integrado y centralizado, *no son de por sí inteligentes, sino automatizados*.

Un edificio no es un ente aislado, sino que interrelaciona con un entorno. Sólo se pueden construir edificios inteligentes si su diseño es el apropiado y el área donde se ubica dispone de las características adecuadas para cumplir los objetivos previstos.

¿Cuándo un edificio es inteligente?

Es muy difícil dar con exactitud una definición sobre un edificio inteligente, por lo que se citarán diferentes conceptos, de acuerdo a la compañía, institución o profesional de que se trate.

-Intelligent Building Institute (IBI), Washington, D.DC., E.U.

Un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

-Compañía Honeywell, S. A. de C. V., México, D. F:

Se considera como edificio inteligente aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia a favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de

ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente máximo confort.

-Compañía AT&T, S. A. De C. V., México, D. F.

Un edificio es inteligente cuando las capacidades necesarias para lograr que el costo de un ciclo de vida sea el óptimo en ocupación e incremento de la productividad, sean inherentes en el diseño y administración del edificio.

Como un concepto personal, considero un edificio inteligente aquél cuya regularización, supervisión y control del conjunto de las instalaciones eléctricas, de seguridad, informática y transporte, entre otras, se realizan en forma integrada y automatizada, con la finalidad de lograr una mayor eficacia operativa y, al mismo tiempo, un mayor confort y seguridad para el usuario, al satisfacer sus requerimientos presente y futuros. Esto sería posible mediante un diseño arquitectónico totalmente funcional, modular y flexible, que garantice una mayor estimulación en el trabajo y, por consiguiente, una mayor producción laboral.

Una definición más técnica sería definir edificio inteligente a aquel que incorpora sistemas de información en todo el edificio, ofreciendo servicios avanzados de la actividad y de telecomunicaciones, con control automatizado, monitorización, gestión y mantenimiento de los distintos subsistemas o servicios del edificio, de forma óptima e integrada, local y remota, diseñados con suficiente flexibilidad como para que sea sencillo y económicamente rentable la implantación de futuros sistemas.

Es aquél en el que se puedan cambiar las partes de corta vida, y así, extender su vida total, dividiendo claramente una zona central servida, de vida larga: el propio hábitat humano; de una zona externa de vida relativamente corta conteniendo la tecnología servidora y de rápida obsolescencia.

Dependiendo de la calidad y el número de los servicios ofrecidos así tendremos un determinado nivel de inteligencia. Estos servicios podrían ser clasificados en las siguientes áreas: servicios básicos del sistema, soporte a la actividad, telecomunicaciones, interrelaciones con el entorno y servicios complementarios.

Los objetivos o finalidad de un edificio inteligente, son los siguientes:

Arquitectónicos :

- a) Satisfacer las necesidades presentes y futuras de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio.
- b) La flexibilidad, tanto en la estructura como en los sistemas y servicios.
- c) El diseño arquitectónico adecuado y correcto.
- d) La funcionalidad del edificio.
- e) La modularidad de la estructura e instalaciones del edificio.
- f) Mayor confort para el usuario.
- g) La no interrupción del trabajo de terceros en los cambios o modificaciones.
- h) El incremento de la seguridad.
- i) El incremento de la estimulación en el trabajo.
- j) La humanización de la oficina.

Tecnológicos:

- a) La disponibilidad de medios técnicos avanzados de telecomunicaciones.
- b) La automatización de las instalaciones.
- c) La integración de servicios.

Ambientales:

- a) La creación de un edificio saludable.
- b) El ahorro energético.
- c) El cuidado del medio ambiente.

Económicos:

- a) La reducción de los altos costos de operación y mantenimiento.
- b) Beneficios económicos para la cartera del cliente.
- c) Incremento de la vida útil del edificio.
- d) La posibilidad de cobrar precios más altos por la venta o renta de espacios.
- e) La relación costo-beneficio.
- f) El incremento del prestigio de la compañía.

Funciones

Las funciones fundamentales con las que toda infraestructura inteligente deberá cumplir son:

- Máxima economía
- Máxima flexibilidad
- Máxima seguridad para el entorno, usuario y patrimonio
- Máxima automatización de la actividad
- Máxima eficiencia en su operación y conservación

De acuerdo con estos cinco preceptos básicos, se tendrán que medir los siguientes alcances:

El tema de la economía está íntimamente relacionado con los consumos de energéticos de todo tipo: electricidad, diesel, gas, etc., siendo esencial el término racionalización.

Un objetivo clave en las infraestructuras inteligentes sería el lograr que éstas fueran autosuficientes en cuanto a sus requerimientos de energéticos, llegando inclusive al grado de no tener que estar conectadas a las redes de suministros locales. Existen muy diversas tecnologías y opciones al respecto, pero la más adecuada es aquella que permita que se aproveche al máximo la climatología y geografía del sitio: asoleamientos, condiciones ecológicas, etc. Sin embargo, el punto no culmina en la autogeneración de energéticos (pues esto es posible en todos los casos), sino en dar a dichos energéticos, comprados o no, el mejor tratamiento posible, es decir, racionalizar, para ello, actualmente se cuenta con varias tecnologías de automatización (ya probadas), que deberán atender a los subsistemas que demandan mayor energía: fuerza, iluminación, aire acondicionado y calefacción.

El renglón de la flexibilidad reviste un especial interés desde el punto de vista financiero, ya que una infraestructura con mínimas inversiones puede cambiar su giro de utilización o bien sea capaz de adaptarse a nuevas tecnologías, estará en una posición de mercado mucho más ventajosa.

Sería oficioso el reflexionar sobre la importancia de la seguridad. Deberá desarrollarse un diseño personalizado para cada tipo de proyecto en búsqueda de la óptima solución de seguridad, ya que no se requiere el mismo concepto

para una tienda de autoservicio que para un centro de cómputo, por citar dos casos extremos.

Aquí diferenciaremos tres vertientes de atención: los usuarios, los inmuebles y el entorno. En la primer vertiente se considerarán los puntos que se requieren para garantizar la integridad física de los ocupantes y visitantes de las infraestructuras, proveyendo de sistemas de control de accesos, circuito cerrado de televisión, controles de intrusión, áreas de alta seguridad, etc., orientados todos a proporcionar un ambiente habitable con mínimos riesgos para sus usuarios. Debido al incremento en los rendimientos de trabajo, es factible justificar ampliamente las inversiones en este aspecto. Por ejemplo, es un hecho que en una oficina o industria, la tranquilidad de los empleados se traduce en mayor productividad, independientemente del incalculable valor humano que toda infraestructura tiene bajo su cuidado.

En la segunda vertiente, se considerará la infraestructura vista como inmueble, proveyéndola de los sistemas necesarios para prevenir desgracias o, en caso necesario, para prevenir sus contenidos en catástrofes inevitables. Detección y extinción de fuego, prevención de inundaciones, evaluación de daños estructurales causados por sismo, manuales de procedimiento para recuperación de informática, exclusas blindadas para sitios estratégicos y demás previsiones formarán parte del catálogo de seguridad.

Respecto a la seguridad del entorno, ya citábamos que es primordial que se respete el valor esencial de un proyecto de infraestructura inteligente. Estructuras recuperables, materiales biodegradables, subproductos reciclables, emisiones inocuas y controladas, minimización del consumo de recursos no renovables y algunos otros temas correlativos, deberán formar parte de una nueva ecocultura orientada a salvar lo que aún es salvable de nuestra casa cósmica; siendo a la vez éste el valor fundamental de los diseñadores, ejecutores y operadores de infraestructuras inteligentes.

Es bien sabido que los dos grandes desafíos que enfrenta nuestro país son: comunicaciones y educación. Por lo que incumbe a nuestra temática, resolver perfectamente el rubro de las comunicaciones internas y externas, esto es lo que hace la diferencia entre un buen y un mal proyecto.

Las plataformas de comunicación y los protocolos característicos de cada marca de sistemas de automatización, deberán ser totalmente abiertos a fin de poder comunicarse perfectamente entre sí. Lo anterior devenirá en un auténtico conglomerado de infraestructuras compatibles en la consecución de objetivos

comunes. Sirva entonces éste como un llamado a los fabricantes, para que sus muy válidos intereses comerciales no tergiversen los verdaderos objetivos de la tecnología.

Como quinto precepto para lograr una infraestructura inteligente, tenemos el tema de su operación, o sea, conducirla por los cauces adecuados explotando todas sus bondades y posibilidades, buscando la satisfacción de los usuarios. Aunado a lo anterior, está la responsabilidad de mantener la edificación en óptimas condiciones, con la visión de constante búsqueda de nuevos nichos de oportunidad de servicio.

2.2.- Características y Clases de Edificios Inteligentes

Según el IMEI, un edificio inteligente debe reunir las siguientes características:

- a) Flexibilidad y adaptabilidad relacionadas con un costo, ante los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes.
- b) Altamente eficiente en el consumo de energía eléctrica.
- c) Capacidad de proveer un entorno ecológico habitable y altamente seguro, que maximice la eficiencia en el trabajo a niveles óptimos de confort de sus ocupantes.
- d) Centralmente automatizado para optimizar su operación y administración en forma electrónica.

El IBI (Instituto del Edificio Inteligente, por sus siglas en inglés) divide las necesidades de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio en cuatro partes o elementos:

- a) La estructura del edificio. Todo lo que se refiere a la estructura y diseño arquitectónico, incluyendo los acabados y mobiliario. Entre sus componente están: la altura de losa a losa, la utilización de pisos elevados y plafones registrables, cancelería, ductos y registros para las instalaciones, tratamiento de fachadas, utilización de materiales a prueba de fuego, acabados, mobiliario y ductos para cableado de electricidad.
- b) Los sistemas del edificio. Son todas las instalaciones que integran un edificio. Entre sus componentes están: aire acondicionado, calefacción y ventilación, energía eléctrica e iluminación, controladores y cableado, elevadores y escaleras mecánicas, seguridad y control de acceso, seguridad contra incendios y humo, telecomunicaciones, instalaciones hidráulicas, sanitarias y seguridad contra inundación.

- c) Los servicios del edificio. Como su nombre lo indica, son los servicios o facilidades que ofrecerá el edificio. Entre sus componentes están: comunicaciones de video, voz y datos; automatización de oficinas; salas de juntas y cómputo compartidas; área de fax y fotocopiado; correo electrónico y voz; seguridad por medio del personal; limpieza; estacionamiento; escritorio de información en el lobby o directorio del edificio; facilidad en el cambio de teléfonos y equipos de computación; centro de conferencias y auditorio compartidos, y videoconferencias.
- d) La administración del edificio. Se refiere a todo lo que tiene que ver con la operación del mismo. Entre sus variables están: mantenimiento, administración de inventarios, reportes de energía y eficiencia, análisis de tendencias, administración y mantenimiento de servicios y sistemas. La optimización de cada uno de estos elementos y la interrelación o coordinación entre sí, es lo que determinará la inteligencia del edificio.

Grados de Inteligencia

Existen tres grados de inteligencia, catalogados en función de la automatización de las instalaciones o desde el punto de vista tecnológico:

- a) Inteligencia mínima o básica: Existe una automatización de la actividad y los servicios de telecomunicaciones, aunque no están integrados.
- b) Inteligencia media: Sistemas de automatización de la actividad, sin una completa integración de las comunicaciones.
- c) Inteligencia máxima o total: Los sistemas de automatización del edificio, la actividad y las telecomunicaciones, se encuentran totalmente integrados.

2.3.- Sistemas de un Edificio Inteligente

El concepto de integración de servicios no es nuevo en la construcción del edificio. Desde hace algunos años ya se hablaba de este concepto sin tener éxito, pero a raíz del desarrollo de la tecnología en los campos de control, cómputo y telecomunicaciones, esta noción ha tomado una mayor importancia hasta volverse fundamental en los llamados edificios inteligentes.

Todos los servicios que existen en un edificio se pueden involucrar en cualquiera de las siguientes áreas:

Sistema de ahorro de energía (Inteligencia Energética)

Con el sistema básico de control del edificio el ahorro de consumo de energía queda prácticamente implícito, ya que los equipos serán programados para que éstos operen en situaciones de máximo rendimiento, lo cual también se verá reflejado en un ahorro de fuerza laboral puesto que la productividad mejorará al integrar todo el control bajo un mismo sistema.

Objetivo: Lograr el óptimo uso de los recursos y servicios con que cuenta el edificio procurando el máximo confort , seguridad y plena satisfacción de todos sus ocupantes, al menor costo de operación eléctrica posible.

El edificio basa su funcionamiento en un System Administrator of Resources (SAR) = Facility Management System (FMS).

Incluye unidades:

- a) Control digital de todos los sistemas (logic control).
- b) Administración energética (built-in energy management).
- c) Calendarización de eventos (Scheduling).
- d) Control y monitoreo directo, tanto en modo local como en remoto.

Sistema de monitoreo y control

Este sistema nos permite conocer el estado de las distintas instalaciones y actuar de acuerdo con las lógicas de control propuestas, evitando así graves fallas dentro del funcionamiento de las instalaciones y servicios del edificio. Asimismo, será el responsable de mantener los distintos grados de confort y de llevar las estadísticas de mantenimiento para cada equipo:

Sistema de aire acondicionado, calefacción y ventilación.

Sistema eléctrico e iluminación

Sistema hidro-sanitario.

Elevadores y escalera eléctricas.

Suministros de gas y agua, etc.

Sistema de seguridad

Dentro de la seguridad existen dos aspectos: la protección del patrimonio y la protección de las personas. Es necesario instalar un sistema integral que

abarque nuestros propios requerimientos, pues éstos podrán variar según el edificio en cuestión y dependiendo del país o la zona donde éste se ubique.

Dentro de la seguridad patrimonial destaca:

Circuito cerrado de televisión.

Vigilancia perimetral.

Control de accesos a estacionamientos y áreas restringidas.

Intrusión (detectores de presencia y rotura de cristales).

Sistemas de rayos X y arcos detectores de metales.

Rondines de vigilancia.

Intercomunicación de emergencia.

Seguridad informática.

Detector de movimientos sísmicos, etc.

Dentro de la protección relacionada con las personas destaca:

Detección de humo y fuego.

Detección de fugas de gas.

Detección de fugas de agua.

Monitoreo de equipo para la extinción de fuego.

Red de rociadores.

Absorción automática de humo.

Señalización de salidas de emergencia.

Voceo de emergencia.

Sistemas de protección civil.

Todo el control y monitoreo de los sistemas involucrados se hace a través de un software especializado.

a) Control digital de los sistemas (logic control)

Gran parte del modo de operación de los sistemas se basa en instrucciones lógicas, SI-ENTONCES, lo cual permite flexibilidad en la secuencia de operación de los equipos, evitando errores de operación que puedan repercutir en desperdicios de energía eléctrica.

Este tipo de control de eventos se lleva a cabo por medios electrónicos que involucran tecnología de primer nivel en procesamiento de información, instrumentación y técnicas avanzadas de control de procesos.

El edificio no sólo tiene sistemas automatizados, sino que de requerirse todos estos se coordinan unos a otros de forma tal que sean uno a la vez.

b) Administración energética (Built-in Energy Management)

Dentro del SAR existen una serie de estrategias de control dirigidas al óptimo aprovechamiento de la energía eléctrica. Tales estrategias constituyen en conjunto “La Administración Energética del Edificio”, AEE(Built-in Energy Management, BEM), también llamado Sistema de Administración Energética, SAE (Energy Management System, EMS).

El sistema opera en forma tal que los costos de operación y mantenimiento del edificio se mantienen en un nivel considerablemente bajo respecto de los que se tuvieran con procedimientos convencionales.

c) Calendarización de eventos (Scheduling)

La calendarización de eventos además de contribuir al ahorro energético abre la posibilidad de automatizar y predecir el punto de operación del edificio evitando errores humanos que puedan causar desperdicios de energía eléctrica.

d) Control y monitoreo directo, tanto en modo local como en remoto

El acceso a la información de todos los puntos de la red es en forma directa y dinámica (tiempo real), tanto en modo local como a control remoto. Como se describirá más adelante, existe la posibilidad de interactuar con todos los equipos controlados a través de una computadora.

e) Controladores de aplicación específica (CAEs)

El SAR tiene por objetivo controlar y optimizar el desempeño de todos aquellos sistemas requeridos por los usuarios, para lo cual se emplean Controladores Inteligentes de Aplicación Específica CAEs (Application specific controllers, ASCs) que tienen la capacidad de controlar a tales sistemas por sí solos (modo Standalone).

Por un lado existen CAEs dedicados a controlar procesos bien definidos, en tanto que existen otros que tienen una programación abierta lo cual ofrece mayor flexibilidad.

Módulos de Control (UCR)

Dichos ASCs son supervisados por un controlador que tiene en la red una mayor jerarquía. Tales controladores son llamados genéricamente Unidades Controladores de Red UCR (Network Controller Unit, NCU) los cuales están internamente constituidos por diversos submódulos que dan flexibilidad y capacidad de extensión.

Interfaces a usuario

Una de las características más importantes de los sistemas es la capacidad de interacción directa y ágil con un operador, también llamado gerente de red, por medio de una interface de comunicación y operación llamada Estación de Trabajo, ET (Operator Work Station, OWS), que no es más que una computadora personal común y corriente en cuyo disco duro se encuentra contenido todo el software necesario para tales efectos.

Campos de aplicación

Se listan a continuación los servicios que brinda el edificio y que son integrados al SAR:

Aire acondicionado.	Proceso de refrigeración (Generación de agua helada). Distribución de aire acondicionado.
Iluminación.	Iluminación de áreas comunes.
Servicios.	Bombeo de aguas. Elevadores.
Fuerza.	Subestación eléctrica. Planta de emergencia.
Acceso y seguridad.	Lectoras de tarjetas. Monitoreo de ocupación en áreas específicas.

Sistema contra incendios	Detección de incendio. Supervisión de sistema contra incendios. Coordinación de todos los equipos ante siniestros.
--------------------------	--

En especial los servicios de aire acondicionado e iluminación, son controlados en forma directa por el FMS para asegurar su desempeño racional en cuanto a consumo de energía eléctrica, dado que son los que más la consumen. Los demás sistemas consumen poco, comparados con los dos primeros y por tanto en lo que respecta al ahorro de energía no son representativos. Sin embargo, no deja de tener relevancia la interacción con los primeros. Por ejemplo, en caso de un incendio en forma automática el aire acondicionado se suspende para evitar la propagación de fuego, hecho que denota la previsión de eventos que constituyen la filosofía del edificio como uno inteligente.

2.4.- Conclusiones.

Un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

Los objetivos principales de los Edificios Inteligentes se reducen a:

- a) Arquitectónicos.
- b) Tecnológicos.
- c) Ambientales.
- d) Económicos.
- e) Funciones fundamentales.

El tema de la economía está íntimamente relacionado con los consumos de energéticos de todo tipo: electricidad, diesel, gas, etc., siendo esencial el término racionalización.

Un objetivo clave en las infraestructuras inteligentes sería el lograr que éstas fueran autosuficientes en cuanto a sus requerimientos de energéticos, llegando inclusive al grado de no tener que estar conectadas a las redes de suministros locales.

Los sistemas de un edificio Inteligente son: sistema de ahorro de energía, sistema de monitoreo y control, sistema de seguridad, control digital de los sistemas y administración energética.

En especial los servicios de aire acondicionado e iluminación, son controlados en forma directa por el FMS para asegurar su desempeño racional en cuanto a consumo de energía eléctrica, dado que son los que más la consumen

Los Edificios Inteligentes son construcciones con un costo más elevado que los de tipo convencional, se logran ahorros importantes en el consumo de energía, mayor seguridad de los ocupantes y el periodo de vida útil del inmueble, equipo e instalaciones es mayor.

Ante la nueva necesidad de la protección del ambiente y la conservación de los recursos energéticos- especialmente los no renovables -, los nuevos proyectos se condicionan al uso de nuevas tecnologías y la restauración de los procesos de producción de las empresas, para disminuir el consumo de la energía.

Para resolver o al menos atenuar los problemas de contaminación, de acabar con los recurso energéticos no renovables, de generación y distribución de la energía eléctrica, **la alternativa más viable es el ahorro y uso eficiente de la energía.**

La posible solución al problema energético en México (detallado en la introducción), se ha enfrentado de dos maneras diferentes; por un lado surgieron programas de ahorro de energía en Edificios Convencionales Públicos y por otro lado, surgió el concepto de Edificio de Alta Tecnología, con el mismo propósito de *ahorrar energía mediante la aplicación de alta tecnología para su operación.*

En el siguiente capítulo se vera la forma en que los Edificios de Alta Tecnología Ahorran energía.

Capítulo 3.- Sistemas de Control Energético; Estrategia para el Ahorro de Energía

En esta segunda parte se aspira a tratar un aspecto que cobra extraordinaria importancia en la actualidad, la inteligencia energética, la cual centraliza mediciones y el control en un solo punto, balancea continuamente la demanda de energía eléctrica con gran rapidez, para satisfacer las necesidades energéticas de los usuarios con un máximo de ahorro de energía.

En el capítulo anterior, se expusieron las ideas más generales en torno a los edificios inteligentes y el control tecnológico, resaltándose la importancia de éste último en el logro de la inteligencia en una edificación de uso social, en este nuevo capítulo nos ocupa un concepto particular dentro del tema en cuestión, por cuanto un edificio inteligente es un concepto general, que integra a otros más reducidos pero no menos importantes, entre los que se encuentra el de ***Sistemas Inteligentes de Control Energético*** en los edificios.

Control Energético, técnica destinada a lograr ahorros de energía en las edificaciones, que sin duda alguna tiene trascendencia incalculable, si se parte de que las reservas de portadores energéticos a nivel mundial se agotan y que el costo de los combustible resulta una carga pesada para mucho de los países del mundo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.1 Introducción

A partir de un estudio realizado en algunos países desarrollados [Akimaru, H., 1991], se concluyó que es posible reducir los índices de consumo de portadores energéticos en más del 30 %, sin necesidad de afectar la producción, los servicios, ni las características de las comodidades actuales.

Las etapas iniciales de las instalaciones técnicas de los edificios pueden considerarse interesantes desde el punto de vista energético, cuando se comenzó la utilización y distribución de la calefacción y la climatización centralizada, que se generaba en las áreas técnicas y se distribuía por tuberías o conductos hacia los locales donde ocurría la demanda. Los sistemas que controlaban estas instalaciones se caracterizaban por su ubicación inmediata en el ámbito del usuario directo del confort, lo cual presentaba un contraste entre la producción centralizada y el control distribuido, que implica una relativa anarquía en el uso, ocasionando importantes consumos, todo lo cual resultaba una gran cantidad de equipamiento y apreciable energía, lo que realmente no

se corresponde con lo que demandan estas actividades, si se le da un tratamiento diferente.

Con la aparición de los sistemas centralizados a mediados de la década del 70, en un comienzo elementales y en la actualidad con un verdadero abanico de opciones, se centraliza también el control conllevando a la *centralización del gobierno de todos las cargas usuarios*, factor sin el cual *no es posible optimizar la energía*, que es un elemento trascendente para los Edificios Inteligentes.

En la actualidad, los sistemas de administración energética, ampliamente disponibles en el mercado, han logrado integrarse a los hoteles y edificios de uso social, para reducir cada día más sus índices de consumo energético, siendo uno de los factores más importantes en ello la *velocidad de análisis*, que les permite procesar y conocer el comportamiento y las relaciones entre la demanda y el equipamiento conectado en cada instante, lo cual hacen normalmente cada 20 o 30 segundos, de manera que en cada minuto se ajusta tanto el *equipamiento a la demanda* como a la inversa, para conseguir un *balance óptimo* entre ambos.

Entre los elementos de carácter físico que permiten estos resultados se encuentran la disminución que se consigue del tiempo de operación de cada uno de los equipos vinculados a la demanda y a la producción energética, así como la significativa reducción en la simultaneidad de lo demandado por las diferentes áreas consumidoras en el edificio, a partir de las bondades que brinda la supervisión y el gobierno centralizados, que de esa forma puede conocer las necesidades y las posibilidades de cada uno y del conjunto a la vez.

De acuerdo con las publicaciones más prestigiosas en la energética, - Intelligent Building Institute, Intelligent Buildings Definition-Guideline, Intelligent Buildings Institute Foundation -, se plantea que el mercado internacional de la inteligencia energética está dominado por un número reducido de compañías de los E.U.A., otras tantas en Europa y algunas en Japón. Así mismo, se sabe que solamente alrededor de cincuenta empresas a escala global pueden conseguir proyectos para la aplicación de las técnicas de inteligencia energética en los edificios.

Contrastando con este monopolio de la "producción", la utilización de estas técnicas se hace cada vez más universal, por cuanto todos los países aspiran hoy al empleo de las mismas por las bondades que aportan y México no es una excepción en esta tendencia.

Por sólo mencionar algunos elementos interesantes de la inteligencia energética, los expertos consideran que estas técnicas tienen un efecto notable en los costos, lográndose una reducción entre el diez y el veinte por ciento con respecto a las condiciones tradicionales, ya sea en cuanto al consumo de portadores energéticos, o con respecto a los valores de inversión en el equipamiento energético y las redes técnicas subordinadas al control inteligente. De forma análoga el personal vinculado a la energética en un edificio se reduce proporcionalmente con estos métodos avanzados.

En términos generales, las publicaciones relacionadas con esta temática no hacen referencia al costo de los edificios inteligentes ni a los de las altas tecnologías imprescindibles para integrarlos. Es bueno recordar que nos referimos a *costos tan altos que no estimulan estas inversiones* en aquellos países que *no dominan la tecnología* y por tanto no producen estos equipos o *no se tiene el personal* para su aplicación, algo frecuente en los países no desarrollados como es el caso de América Latina.

En particular en México, hoy ya comienzan a estar presentes los dos factores determinantes en los edificios energéticamente inteligentes, porque *empieza a existir experiencia en torno al conocimiento energético* suficiente y necesario para las aplicaciones de estos sistemas con ingeniería nacional, así como se cuenta con *el hardware y el software para el control* de estos procesos, a partir de nuestros propios profesionales, aunque sin dudas, aún resta mucho por hacer en este orden de ideas.

Estos resultados que empiezan a obtenerse y que sin dudas serán muchos más a corto plazo, pretenden ser a **bajos costos**, comparados con los precios que contienen la mayoría de las ofertas de equipamiento, ingeniería y mano de obra que se originan en los países desarrollados, que hasta el momento tenían la exclusividad del dominio de estas tecnologías de avanzada.

Esperamos que las posibilidades de intercambio de tecnologías de avanzada entre los países en vías de desarrollo permita una aplicación más económica, numerosa y frecuente de estas técnicas en los países latinoamericanos.

Características de la Inteligencia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con respecto a la *inteligencia energética* comencemos por resumir algunas cuestiones técnicas esenciales:

1. Centraliza las mediciones y el gobierno en un solo punto del edificio.
2. Balancea continuamente la demanda de energía y las capacidades del equipamiento dedicado a satisfacer esa demanda (térmica o eléctrica).
3. Gran rapidez de acción, sólo posible hoy con el empleo de sistemas computarizados para el control y ni remotamente alcanzable por un ser humano.

Es necesario destacar que, aunque la velocidad de análisis y la toma de decisiones es superior al del ser humano más rápido, no se requiere para ello de computadoras especiales, todo lo contrario, basta para ello cualquier microprocesador del tipo 8080 aunque, por otras razones ajenas a la velocidad, se prefieren microprocesadores más modernos.

Ahora bien, qué se persigue fundamentalmente con la inteligencia energética?

Satisfacer las necesidades energéticas de los usuarios con un máximo de *ahorro de energía*, por tanto, conviene meditar sobre este tema.

3.2 Estrategias de Ahorro Energético

Las medidas de ahorro que se aplican en los edificios energéticamente inteligentes son las mismas que se consideran *universales*, porque la inteligencia **es una forma avanzada, moderna, de hacer las cosas**, tal que también se cumplen las técnicas anteriores, en otras palabras, no hay contradicción alguna, solo que se incorporan otras técnicas más actuales a las ya existentes.

Como en nuestros días no es posible disponer de energía barata, ni siquiera de las llamadas renovables, porque cualquier alternativa tiene asociada altos costos, ya sea por el alto precio de los hidrocarburos o por las grandes inversiones que exigen las fuentes renovables para su aprovechamiento, es que dentro del ámbito energético el **ahorro y uso racional de la energía ha adquirido tales proporciones técnicas y económicas en todos los países, y se ha convertido, indudablemente, en un problema de trascendencia internacional.**

Aspectos Importantes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Algunos aspectos importantes relacionados con el *ahorro de energía* son:

- El ahorro de energía es una gran reserva de energía disponible porque

permite aumentar la producción y/o los servicios sin incrementar los consumos actuales.

- Se puede ahorrar energía en todas las instalaciones existentes y las que se construyan.
- Todos podemos ahorrar energía sin excepción.
- Los planes de ahorro pueden concebirse en tres etapas: una inicial, sin inversiones, donde sólo se realicen medidas organizativas, la segunda etapa, en que se realicen pequeñas inversiones que se amorticen en un plazo corto y una última etapa en que las inversiones sean mayores y su amortización requiera medianos plazos.
- El ahorro de energía *no implica* en modo alguno que se **limite la producción ni los servicios ni en calidad ni en cantidad**.

Con relación al ahorro también pueden argumentarse diferentes elementos en pro y en contra, por ejemplo.

- Permite reducir los costos de producción o servicios.
- Aumenta la vida útil de los equipos (trabajan lo estrictamente imprescindible).
- Produce una reserva energética a partir de lo dejado de consumir permitiendo elevar la producción y/o los servicios sin consumir más.
- Disminuye los costos por concepto de energéticos.
- Exige idear las nuevas instalaciones energéticas sobre la base de un *consumo racional*, lo que aumenta la complejidad.
- Debido a la fluctuación de los precios, algunas inversiones pueden ser riesgosas cuando los períodos de amortización son muy largos.
- Representa una nueva concepción más realista del consumo, alejándola del lujo, la negligencia, la indisciplina y la falta de exigencia.

En el contexto del *ahorro de energía*, desempeñan un papel fundamental las decisiones y las exigencias administrativas, porque aunque los trabajadores sean los que materialicen el ahorro con sus actividades diarias, la experiencia demuestra que si la administración no se decide a aplicar un plan de ahorro adecuado y vela por su ejecución, los resultados son sencillamente nulos.

Las medidas de ahorro pueden dividirse en cinco tipos:

- Reducir la demanda donde y cuando no sea imprescindible.
- Eliminar las pérdidas innecesarias por conceptos varios: salideros, mantenimiento deficiente y escapes sistemáticos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Aprovechar la energía residual.
- Elevar la eficiencia del combustible utilizado.
- Sustituir fuentes de energía cara por sus equivalentes más baratos.

De cualquier forma hay que conseguir la operación óptima de los procesos consumidores, de manera que siempre pueda hacerse más con menos, lo que no es posible sin la consecuente aplicación y permanente utilización de las más modernas técnicas de *ahorro de energía* desarrolladas y aplicadas internacionalmente

Consumo de Energía.

A partir de un estudio realizado en algunos países desarrollados [Akimaru, H., 1991], se concluyó que es posible reducir los índices de consumo de portadores energéticos en más del 30 %, sin necesidad de afectar la producción, los servicios, ni las características de las comodidades actuales.

Algo análogo parece observarse en México y los restantes Países Latinoamericanos, al valorarse las condiciones objetivas y subjetivas del consumo e incluso algunos consideran que es superior la potencialidad. No obstante, es conveniente mencionar que dentro de los errores que se señalan con relación al consumo de portadores energéticos, se aprecian descuidos importantes que ocasionan despilfarros notables con cierta espontaneidad.

Una de las características del consumo en la mayoría de los países en desarrollo en la etapa actual, en la cual insistiremos, es la baja eficiencia con que se utilizan los portadores energéticos. Ello demuestra la necesidad y posibilidad de ahorrar energía sin perjudicar la producción y/o los servicios. Naturalmente que, considerando las diferentes leyes de la termodinámica, dentro de las perspectivas tecnológicas de este siglo, no es posible transformar la energía sin que ello implique un alto porcentaje de ella que no se puede aprovechar, no obstante, la relación entre la energía consumida que se aprovecha y la que se pierde, puede ser variada mediante la aplicación de las medidas de ahorro que existen.

Los aspectos técnicos principales que tienen en cuenta los cinco tipos de medidas de ahorro ya mencionadas son las siguientes:

- El tiempo de operación
- La potencia instantánea.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- El control técnico.
- El mantenimiento técnico.
- La recopilación estadística.

Sobre los tópicos anteriores puede argumentarse bastante, sin embargo, preferimos detenernos sólo en dos de ellos, por cuanto les concedemos un peso importante en el contexto, aún cuando podamos ser juzgados de reiterativos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Control Técnico.

El control es uno de los factores más importantes en el ahorro de los portadores energéticos, al extremo que muchos especialistas de prestigio internacional consideran *que los mayores resultados y los menores costos se consiguen aplicando modernos sistemas de control, sobre todo cuando son computarizados y se integran a lo conocido como inteligencia energética.*

Un control automático para la operación de cualquier *proceso* no es más que un "dispositivo" que se sensibiliza con las variaciones de una determinada magnitud física y procede en consecuencia tratando de contrarrestar dichas variaciones de acuerdo a una orientación previamente tenida.

Como se trata de dispositivos "específicos", puede pensarse de inmediato que ello implica inversiones importantes, no obstante, algunos son tan elementales y permiten obtener ahorros tan significativos, que prácticamente no se concibe operar algunas instalaciones prescindiendo de ellos.

En el conjunto de los "dispositivos específicos" caben desde la computadora más sofisticada hasta el fusible más sencillo, pero su manifestación más frecuente y generalizada es la que conecta o desconecta un equipo a partir del alcance de valores extremos de la magnitud física, tal es el caso de los termostatos que controlan la temperatura de un equipo acondicionador de aire o el de una celda fotoeléctrica que gobierna el encendido del alumbrado público.

En estos ejemplos enumerados el control recae en forma directa sobre el factor tiempo, de manera tal que la reducción de la energía está relacionada directamente con el tiempo de operación, en otros casos, el control disminuye la potencia del equipo bajo control, continua o discretamente y en ocasiones se combinan ambas variantes.

Recopilación Estadística.

Analizando otro matiz del mismo problema, la recopilación estadística de los consumos ha resultado de gran efectividad en los programas de ahorro de energía, porque no sólo ha permitido comparar los consumos en cada una de las etapas del programa, sino también entre diferentes instituciones que realizan actividades similares.

Optimización de la Energía.

El concepto de optimización es trascendente para los edificios inteligentes y por supuesto, para su componente: **la inteligencia energética**. Ni una cosa ni la otra puede concebirse sin la optimización más estricta de las necesidades, la demanda y las inversiones.

El concepto de optimización puede expresarse en forma accesible para todos, como la obtención del valor o el grupo de valores máximos o mínimos, según lo requiera el objetivo, dentro de un grupo de condiciones limitantes que se conocen como restricciones.

En este caso, la optimización consiste en disminuir los consumos de portadores energéticos y de las inversiones asociadas al equipamiento mecánico y eléctrico donde se materializa tal consumo, así como, de las características arquitectónicas del edificio donde están montados, sin afectar la calidad o la cantidad del servicio que allí se brinda, incluido en ello lo que pudiera ser el confort de los residentes, si se tratase de una edificación.

3.3 Sistemas inteligentes de control energético

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Conceptos y Objetivos

Con el concepto de *inteligencia energética en los edificios* se engloba la *racionalización* de las necesidades energéticas a las estrictamente imprescindibles (Intelligent Buildings Definition Guideline), en otras palabras, el **edificio energéticamente inteligente** es aquel en el cual, mediante la incorporación de las altas tecnologías computarizadas, consigue hacer un aprovechamiento óptimo de los portadores energéticos y de las maquinarias y equipos asociados a ellos. Es por tanto, también, un concepto de

racionalización, integralidad y colaboración entre diferentes componentes.

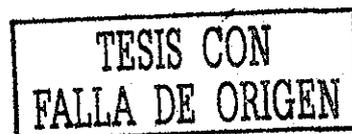
Con la inteligencia energética se persigue igualar las necesidades energéticas estrictamente imprescindibles con la demanda y garantizar que las inversiones en equipamiento e instalaciones técnicas de los edificios se correspondan con estas necesidades, lo cual contrasta con la práctica internacional, donde las necesidades energéticas son espontáneas, además de que la demanda siempre supera a las necesidades y las capacidades del equipamiento conllevan factores tales de seguridad que los hacen incuestionablemente mayores que la demanda máxima térmica y eléctrica.

Componen la inteligencia energética tres elementos básicos:

- La *arquitectura* del edificio.
- Las *instalaciones técnicas* de los edificios.
- Los *sistemas de control con optimización energética*.

La inteligencia energética persigue un gran objetivo: **obtener el máximo de ahorro y uso racional de los portadores energéticos, para utilizar menor cantidad de equipamiento y brindar menor mantenimiento**, todo lo cual puede traducirse en tres pequeños objetivos bien definidos:

- Reducir la demanda innecesaria.
- Disminuir las pérdidas.
- Aumentar la eficiencia.



Sistemas Inteligentes de Control Energético.

El montaje y operación de los **sistemas energéticos computarizados** tienen los **objetivos** siguientes:

- Control digital directo de los parámetros de operación del proceso consumidor.
- Elaborar la información que se reciba, emitiéndose reportes periódicos.
- Flexibilizar el trabajo de operación del sistema.
- Disminuir al máximo la influencia de una mala operación.

Funciones de los Sistemas Energéticos Computarizados.

Los sistemas **energéticos computarizados** realizan las **funciones** siguientes como consecuencia de alcanzar los objetivos anteriores:

- **Control Digital Directo:** Regular los parámetros de operación en los equipos que lo permitan, tales como: Calderas, Calentadores, Máquinas de Clima, Climatizadores, Bombas de agua, etc.
- **Control de la máxima demanda. (Demand Limiting):** Optimizar la máxima demanda eléctrica a partir de la manipulación adecuada y respetando las prioridades asignadas, de determinadas cargas que se consideren.
- **Control horario. (Scheduling):** Control del encendido y el apagado de los equipos consumidores de acuerdo a un horario preestablecido, garantizándose la preparación correcta de aquellos elementos, tales como calderas y hornos, que requieren de determinadas condiciones para poder trabajar a partir de una hora específica.
- **Regulación de la operación de los equipos cuyos parámetros dependan de variables externas** (humedad y temperatura externa).
- **Control del ciclo útil de trabajo. (Duty-cycle):** Tiempo en que un equipo puede ser apagado dentro de su horario normal de operación.
- **Arranque óptimo de los equipos. (Optimal Start).**
- **Monitoreo de las señales del proceso y otras informaciones valiosas energéticamente.**

Algunos comentarios en torno a las funciones anteriores se exponen a continuación:

Control Digital Directo.



Esta función, podría ser señalada como algo elemental, sin embargo, el control digital directo no es una función de estos sistemas, pues no se "administra la energía de forma directa"

No obstante, si a través de un control digital directo se logra que las variables que definen una situación confortable (temperatura, humedad), se encuentren en los rangos señalados, y como consecuencia es de esperar que el consumo de energía sea el óptimo, por cuanto no se está utilizando más que la necesaria, desde nuestro punto de vista, este debe ser el primer paso a cumplir por estos sistemas, aprovechando las posibilidades que brinda el control basado en microprocesadores, que facilita la utilización de algoritmos avanzados de control.

Control del Ciclo Útil de Trabajo.

Para que pueda entenderse plenamente lo que se quiere expresar con esta función, pongamos el caso del ventilador de un aire acondicionado, que puede apagarse por períodos cortos de tiempo sin afectar el servicio (por supuesto, si la temperatura está dentro de una banda adecuada). La gráfica muestra como puede variarse el ciclo útil

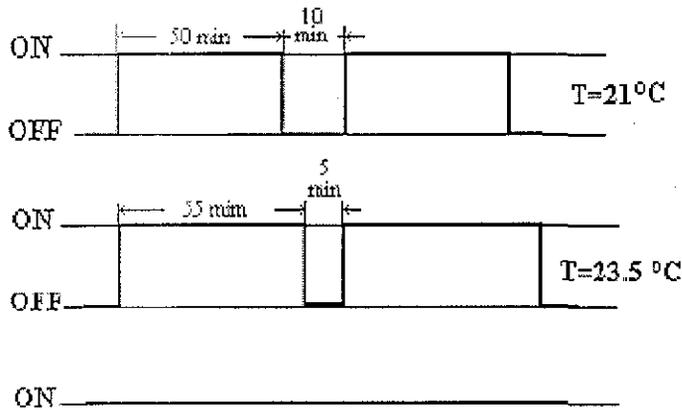


Fig 3 1 Variación del ciclo útil de trabajo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Arranque Óptimo de los Equipos.

Debido a la influencia de las condiciones ambientales, el tiempo con que debe arrancarse un equipo de aire acondicionado, para que la temperatura del local climatizado por este sea la apropiada, difiere como difieren estas condiciones de un día a otro, incluso aquellos equipos que tengan varios arranques y paradas en un mismo día, tendrán distintos tiempos para colocar la temperatura en los valores de apertura.

Es por esto que los sistemas de automatización energéticos, con respecto a esta función, utilizan información de la temperatura externa e interna, así como características propias del edificio (ej: dinámica de las variables), a fin de variar el tiempo de arranque de un equipo de climatización, de manera que la temperatura alcance un valor deseado, justo cuando comienza la explotación del área o local climatizado

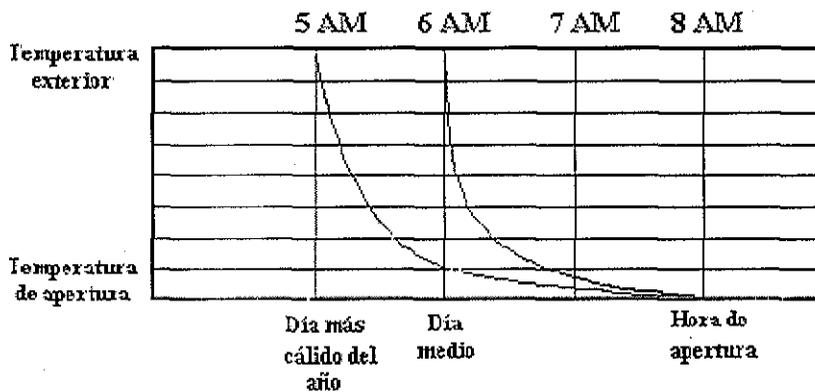


Fig. 3.2 Gráfica del arranque óptimo de los equipos de climatización.

Fuente: Campos Hernández Inteligencia Energética en los Edificios Inteligentes y Control Tecnológico. Artículo del Centro de Investigaciones en Computación, I.P.N. año 2000, México.

Con los **sistemas de inteligencia energética** sucede que sus fabricantes defienden con mucho celo el "know-how" del software que ofertan, por tal razón, debe tenerse especial cuidado al comprarse, porque puede ocasionar una *dependencia elevada* con los productores como consecuencia de la rigidez que pueden tener estos sistemas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Requisitos Básicos de estos Sistemas.

Existen cuatro **requisitos básicos que deben cumplir los sistemas computarizados de inteligencia energética** para que logren satisfacer los objetivos que ellos tienen y son:

- Costo total de materialización lo suficientemente bajo, como para competir con los gastos por concepto de consumo energético.

Con frecuencia se reducen los costos por equipamiento al instalarse estos sistemas de inteligencia energética, porque ocasionan reducciones en las capacidades del equipamiento energético como consecuencia de la limitación de la máxima demanda térmica y eléctrica, por tal razón, en términos generales, se logra disminuir los costos totales de la instalación.

- Necesidad imprescindible de que se realice una ingeniería energética para cada edificación donde se instalará un sistema de inteligencia energética.
- Hardware adecuado técnica y económicamente.
- Software lo suficientemente flexible y configurable que permita lograr los objetivos de la inteligencia energética a bajo costo.

Características Relevantes de la Inteligencia Energética.

Las **características más relevantes que definen a la inteligencia energética** se reducen a tres aspectos

1. **La centralización de las mediciones y del gobierno en un solo un punto de decisión**, lo cual no niega la conveniencia del control jerárquico en determinadas circunstancias.
2. **Realización del balance total, centralizado, en un solo nivel de decisión, tanto de todos los elementos de la demanda, como de la capacidad de los equipos productores y de su comportamiento en cada instante.**
3. **Suficiente velocidad de análisis** para satisfacer los requerimientos anteriores sin obstaculizar la operación confiable del equipamiento bajo control.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los **sistemas de inteligencia energética** están integrados por:

1. **La ingeniería de aplicación**, constituida por: la tecnología, la ingeniería de proyecto y la configuración del hardware y el software para las condiciones específicas del edificio en cuestión.
2. **Hardware** constituido por:
 - Microcomputadora y periféricos.
 - Nodos de control (autómatas, microcontroladores, etc).
 - Válvulas, relés u otros elementos de acción final.
 - Sondas, sensores, etc. (elementos primarios).
 - Conductores, canalizaciones y sus sujeciones.
3. **Software o ingeniería básica** constituida por un paquete de programas de aplicaciones universal para el control con inteligencia energética.

Dentro de los elementos que integran a los sistemas de inteligencia energética se destaca el hardware y éste a su vez está constituido por varios integrantes, pero sin lugar a dudas, tanto los elementos de acción final, como los elementos primarios o de medición, constituyen una parte fundamental, debiendo ser motivo de reflexión cada uno de ellos pues son, entre otros, los elementos más costosos del sistema y que pueden influir decisivamente en la eficiencia posterior del sistema.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Manifestaciones de la Inteligencia Energética.

La **inteligencia energética** se manifiesta a través de varios **métodos**, que son:

- El **control digital directo** de las variables.
- La **optimización del consumo energético**, de las inversiones y de los costos en general.
- El **procesamiento de todos los datos obtenidos en la inversión y la operación del sistema**, tanto para mejorar las condiciones del propio sistema ya montado, así como para los futuros sistemas que se instalarán en obras similares.

Para la aplicación de la **inteligencia energética**, se reportan en la literatura ciertas líneas de trabajo que deben ser cumplidas, a fin de que los sistemas sean lo más eficientes posible durante su trabajo. No todos los sistemas incluyen todas estas funciones, por lo tanto, el hecho de que un sistema no se ajuste a estas propuestas no implica que no pueda ser usado. Más bien, deben ser usadas como comparación. En muchos casos, determinado hardware o

software adicional debiera ser instalado para suplir aquello que el sistema no posee, sin tener que instalar un sistema nuevo.

Entre las principales líneas a seguir aparecen:

- 1. Medir todos los atributos físicos necesarios para el análisis.**
- 2. Los datos deben tener la precisión suficiente para realizar un análisis confiable.**

La precisión de los sensores es muy importante para realizar el monitoreo. La precisión requerida dependerá del tipo de análisis que se desea realizar. Por ejemplo, la American Society of Heating Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), recomienda en su norma 114- 1986 la siguiente precisión para estas variables:

- Temperatura de bulbo seco (TBS).....	0.5 °F
- Suministro de aire caliente (TBS).....	1 °F
- Suministro de aire frío (TBS).....	1 °F
- Aire exterior (TBS).....	1 °F
- Punto de rocío.....	2 °F
- Agua caliente.....	2 °F
- Agua fría.....	1 °F
- Agua de condensación	2 °F
- Diferencia de temperatura (agua).....	0.5 °F
- Diferencia de temperatura (aire).....	0.5 °F
- Flujo (agua).....	2.5 % a plena escala
- Flujo (aire).....	2.5 % a plena escala
- Presión (aire por los conductos).....	1 %
- Medición de electricidad.....	0.25 % de la lectura.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3- Los sensores deben tener la calibración apropiada.

Normalmente, la calibración de los sensores se realiza en las empresas productoras, sin embargo, muchos tipos de sensores debieran ser periódicamente recalibrados. La frecuencia de esta recalibración depende del tipo del sensor y de la función que realiza. Por ejemplo, aquellos sensores que se usan en condiciones ambientales difíciles o que tienen muchas partes mecánicas deben ser recalibradas con mayor periodicidad.

4- Tanto el hardware como el software deben permitir el registro histórico de los datos.

Por lo general, el sistema de administración de energía posee información disponible de todos los puntos que se controlan en el edificio, con el objetivo de realizar el análisis del comportamiento del edificio, esta misma información debe ser almacenada, por lo que el sistema debe permitir el registro de esta información.

5- Los datos deben estar disponibles tanto como muestras instantaneas, como por promedios en intervalos pre-seleccionados.

Con el objetivo de conocer cómo se está comportando el edificio, así como cuál ha sido su estado anterior, los datos deben estar listos en las formas mencionadas anteriormente

En el caso de la electricidad se recomienda reportar la misma como el promedio o el total consumido en un intervalo, generalmente en una hora.

6- El sistema debe tener una suficiente capacidad de almacenamiento.

Esta capacidad es usualmente especificada como el número de puntos de control que pueden ser almacenados, el máximo número de muestras que pueden ser almacenadas por puntos o también la capacidad de memoria disponible.

Muchos sistemas de administración de energía tienen una arquitectura distribuida. Se recomienda que los datos deben estar almacenados en las unidades remotas de control durante algún tiempo, mientras se envían hacia la computadora central para almacenarlos en los discos duros o cintas magnéticas.

Configuraciones Típicas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los **sistemas computarizados para el control energético** no siempre tienen las mismas estructuras existiendo tres **configuraciones típicas**:

1. Cuando existe un solo microprocesador que controla todo sistema.
2. Cuando existen varios microprocesadores que controlan zonas independientes, pero a su vez son controlados por una computadora "master".
3. Cuando un grupo de microprocesadores que gobiernan zonas independientes, son a su vez controlados por centrales esclavas, también con microprocesadores, estas últimas que responden a una microcomputadora "master".

Como puede inferirse, estas estructuras son jerárquicas, pero con distintos niveles o etapas, la primera tiene una sola etapa, la segunda dos y la tercera tres etapas. Cada fabricante estructura sus sistemas como considere más conveniente, pero generalmente los sistemas de control energético por computadora de una sola etapa pueden atender a varios cientos de puntos de información y control.

Sin embargo, una práctica inteligente es montar más etapas que las rigurosamente necesarias, para lograr que cada microprocesador gobierne un número pequeño de actividades lo que garantiza que si ocurre una falla, sea mínima la afectación.

Cuando esta falla es en la computadora central o en el control maestro, el disponer de más de una etapa hace posible que el sistema siga funcionando, aunque se pierdan las funciones "master", que generalmente son de intercambio de información con el operador.

Además de las mencionadas etapas, los controles computarizados contienen cuatro niveles de control, a saber:

- De servicio.
- De procesamiento.
- De intercambio o transferencia.
- De proceso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El **nivel de proceso** está constituido por las estaciones esclavas que se encuentran más cerca del proceso a controlar. Cada estación esclava está compuesta a su vez por cuatro módulos básicos: controlador, entrada, mediciones y gobierno. Estas estaciones esclavas que frecuentemente son microprocesadores, elaboran todas las informaciones que recibe de la estación

superior, así como las mediciones, dando como resultado órdenes de variar los parámetros que lo requieran para obtener valores óptimos.

El **nivel de intercambio o transferencia** se ocupa de las relaciones con la etapa superior básicamente, las que pueden ser en serie o en paralelo o con una combinación de ambas

El **nivel de procesamiento** lo constituye casi siempre la *Unidad Central* de la microcomputadora, que dispone además de memoria externa para el intercambio rápido de programas y datos con el usuario.

El **nivel de servicio** se encarga de intercambiar información con el operador de la máquina y está constituido fundamentalmente por elementos de entrada y salida de la computadora.

Costo de estos sistemas.

Para poder **estimar los posibles ahorros obtenibles** con el empleo del control energético por computadora es **necesario considerar:**

- Características propias del equipamiento energético que se utiliza (calderas, aislamientos, compresores, hornos, etc).
- Características del proceso en que se consume energía (sistema de distribución, temperaturas a alcanzar, tiempos de operación de los equipos, contenido de humedad, flexibilidad en determinados parámetros, etc).
- Costo de la energía y tarifas específicas.
- En los locales climatizados y ventilados debe considerarse la arquitectura de los edificios (dimensiones, aislamientos, apantallamiento solar, etc).

Los especialistas estiman **magnitudes de ahorro desde un 10% hasta un 20% a partir de la aplicación de un centro de control computarizado en una instalación de servicio o producción con consumos importantes, aún cuando estas instalaciones dispusieran de buenos sistemas de control no integrales ni programados microelectrónicamente.** El hecho de *integrar* el control de todos los consumos, representa de por sí un aporte sustancial al ahorro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los **costos propios del sistema completo** de control computarizado incluidos todos los programas, sensores, válvulas, etc, se **estiman entre el 1% y el 2% de la inversión total**. La parte fundamental del costo de la inteligencia energética la constituye la **ingeniería de aplicación**, que alcanza hasta un **70% del total de la inversión**.

Los elementos que constituyen el hardware del sistema en términos generales representan un por ciento del costo total de este tal y como se describe a continuación:

Elementos	%
Computadora central y periféricos	10
Microcontroladores o autómatas	25
Elementos de acción final	20
Sensores, sondas	20
Conductores y canalizaciones	20
Otros	5

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla. 3.1 Porcentaje total del costo de los elementos.

Fuente: Campos Hernández Inteligencia Energética en los Edificios Inteligentes y Control Tecnológico. Artículo del Centro de Investigaciones en Computación, I.P.N año 2000, México.

Por supuesto, esta distribución variará en dependencia del tamaño y la complejidad del sistema completo, pero para tamaños medianos se cumple aceptablemente.

La amortización de estos sistemas, sobre la base del ahorro de energía que ocasionan, se estima entre 3 y 5 años para los sistemas de alta complejidad y alrededor de 3 para los de mediana complejidad, teniendo en cuenta precios unitarios del petróleo por encima de \$100.0 la tonelada.

Adicionalmente a lo aquí expresado, los sistemas de control computarizados para la inteligencia energética tienen efectos secundarios positivos sobre otros aspectos, dentro de los que puede destacarse su contribución al control de la calidad. El hecho de mantener constantemente los parámetros de operación del proceso en los rangos de trabajo establecidos, representa una garantía de calidad para la producción o el servicio que se brinda y aunque ello no siempre puede medirse en forma cuantitativa, si resulta ser muy favorable en la toma de decisiones.

Los elementos que se han mencionado hasta aquí se refieren a sistemas complejos y no tan grandes, pero ello no significa que tales argumentos no sean válidos en sistemas pequeños, por el contrario, la utilización de un medio de cómputo dotado de sistemas inteligentes para el control energético brinda buenos resultados económicos también.

Por la trascendencia que alcanza el software básico en los costos y en el funcionamiento de los sistemas de inteligencia energética, deben destacarse dos factores que son básicos para determinar su calidad independientemente, por supuesto, del costo que es lo primero. Estos factores son:

- Que el software esté concebido para la **optimización energética**, ya que **en ello es donde radica la inteligencia energética**, pues no basta con que se realicen las funciones de control, si no incluyen la optimización energética del proceso.
- Que la **configuración del software básico con las características particulares del edificio pueda hacerse en forma sencilla, simple, amistosa**, ya que ello agiliza o no la *adaptación* del software a cada aplicación concreta y por supuesto simplifica el trabajo.

No obstante lo expresado, como primer factor debe mencionarse que según estudios realizados por varias instituciones prestigiosas [Intelligent Building Institute, 1987] se llegó a la conclusión que **cuando se instala un sistema de control computarizado *sin optimización* pero donde el sistema pueda evaluar mediante instrumentos las condiciones de la demanda y encender o apagar equipos en función de ella, el consumo a esperar es del 7 al 10% menor que si ello se hiciera por los métodos tradicionales**, porque el sistema computarizado tiene la capacidad de *evaluar y accionar* muchas veces en un *tiempo breve*.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.4 Funciones, Características y Niveles de Control

Un sistema de ahorro energético, como su nombre lo indica, está destinado al control energético de instalaciones de uso social, y perfectamente puede emplear como soporte computadoras personales, dotadas de tarjetas de interfase para entradas y salidas analógicas y digitales o módulos inteligentes de captación y actuación, monitor a color e impresora.

Este sistema tiene por objetivo central el logro de ahorros sustanciales en el

consumo energético de hoteles u otras edificaciones donde se presten servicios sociales.

Funciones básicas.

El sistema podrá incorporar entre sus funciones las siguientes:

- Optimización de la demanda instantánea de energía mediante la desconexión de cargas seleccionadas, durante períodos de tiempo y según un orden de prioridad configurados por el usuario.
- Arranque automático programado de equipos de climatización, calderas y calentadores de agua, con la restricción de que la temperatura (o presión de vapor) alcance el valor deseado en el tiempo requerido. En el caso de los climatizadores, una vez arrancado el equipo, la temperatura varía según un perfil que tiene en cuenta tanto el ahorro energético, como el confort de los usuarios.
- Variación de los valores de referencia de temperatura de las diversas áreas climatizadas teniendo en cuenta la humedad relativa y la temperatura ambientes.
- Control digital directo de la temperatura y eventualmente de la humedad relativa de las áreas climatizadas. El control se puede realizar opcionalmente en forma analógica o digital.
- Arranque y parada automáticos de las cargas seleccionadas, de acuerdo con una tabla de tiempo individual para cada carga. Se pueden admitir hasta cinco arranques y paradas por cada día y tres programas distintos de acuerdo al tipo de día (normal, fin de semana y feriado).

El sistema debe poseer un alto grado de configurabilidad mediante un ambiente amistoso, lo que facilita notablemente la configuración de una aplicación determinada en una sesión de pocas horas de trabajo.

El número máximo de cargas a involucrar en la optimización energética, está en dependencia de las posibilidades del hardware que se utilice, pero de cualquier forma alrededor de 32 cargas es una cantidad razonable en la optimización de la demanda de energía y pueden ser de los tipos siguientes: equipos de climatización (consolas y máquinas de frío), iluminarias, calentadores, calderas y motores en general.

En lo que sigue, se describirán de manera general las técnicas de control y los algoritmos heurísticos de optimización que pueden utilizarse en este sistema, para los distintos tipos de equipos tecnológicos considerados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el sistema se pueden incluir los siguientes tipos de equipos tecnológicos o cargas energéticas como objetos de control:

- Equipos de climatización
- Áreas de iluminación
- Calderas
- Calentadores
- Otras Cargas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el control de cualquiera de los equipos mencionados deben tenerse en cuenta algunos parámetros que son de tipo general. Estos son:

1.-Tiempo de desconexión máximo. Es el tiempo que como máximo es admisible desconectar una carga cualquiera por consideraciones de ahorro de energía. Para la definición de este parámetro deben tenerse en cuenta la importancia relativa del equipo o carga en cuestión y su influencia sobre el confort del usuario de la instalación asociada.

2.-Tiempo de desconexión mínimo. Es el tiempo mínimo que por consideraciones de protección al equipo tecnológico debe permanecer desconectada una carga, una vez que se tomó la decisión de desconectarla.

3.-Tiempo de servicio mínimo. Es el tiempo mínimo que debe permanecer conectada una carga, antes de que pueda ser desconectada nuevamente. En la selección de este parámetro deben tenerse en cuenta también consideraciones de confort y de protección al equipo tecnológico.

Los tres parámetros de tiempo descritos anteriormente pueden ser configurados libremente para cada carga individualmente. Los algoritmos de control toman en cuenta los estados de los contadores de tiempo respectivos antes de decidir la conexión o desconexión de cualquier carga.

Control Horario.

Otra restricción de tiempo que debe tenerse en cuenta en el control de cualquier carga es el horario de trabajo del área asociada al equipo o instalación energética. Este horario es propio de cada carga y depende del tipo de día como se expresó en la introducción, en otras palabras, hay un horario para días entre semana, para fin de semana y para días feriados. A su vez, el horario comprende hasta cinco intervalos de trabajo al día. Al configurarse el sistema los horarios de trabajo de las cargas deben ser especificados para cada uno de los tipos de día y estos horarios serán estrictamente respetados a

la hora de decidir conectar o desconectar una carga.

Control Directo.

Salvo en el caso del control de consolas de climatización, donde existe la opción de control continuo de humedad y temperatura, la forma básica de control que se emplea es de tipo On/Off mediante salidas digitales de la computadora de control. El estado (encendido o apagado) de todos los equipos es realimentado a la computadora mediante entradas digitales. Debe incluirse también otra entrada digital por cada carga que informe al sistema sobre el modo Remoto o Local en que se encuentra el control de la misma. Esta entrada digital proviene de un conmutador que puede ser posicionado en Local cuando se desea asumir localmente el control de la carga o Remoto cuando el control se ejerce desde la computadora.

A continuación nos referiremos a las características específicas del control de cada uno de los tipos de carga mencionados.

El control de los equipos de climatización, que pueden ser consolas o máquinas multicompresoras de enfriamiento, consiste en asegurar que la temperatura y eventualmente la humedad relativa del local o medio se mantengan dentro de los márgenes requeridos para garantizar el confort de los usuarios.

En el caso de las consolas de enfriamiento, que generalmente se encuentran instaladas en locales que prestan algún servicio, como restaurantes, cabarets, tiendas, etc., debe proveerse la posibilidad de controlar la temperatura, la humedad o ambas. El control puede realizarse de forma continua o discreta, dependiendo de la instalación.

El control discreto de temperatura se realiza mediante una salida digital que actúa conectando o desconectando el compresor de la consola, teniendo en cuenta las restricciones de tiempo mencionadas anteriormente. Además, en la decisión de conectar o desconectar una carga de este tipo, participa el parámetro Banda Muerta, que es la tolerancia que se permite alrededor del valor deseado de temperatura o humedad sin cambiar el estado de la variable de control. Si, por ejemplo, la Banda Muerta se fija igual a 0.1, el error de regulación, que se define como la diferencia entre la medición de temperatura y su valor deseado, tiene que ser mayor en valor modular a 0.1 antes de que se conecte o desconecte el compresor de la consola.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para el control discreto de humedad, en general se dispone de 2 salidas digitales, que deben estar conectadas de manera que manejen el 33% y el 66% de la carga resistiva que generalmente se utiliza para controlar esta variable. El algoritmo de control discreto de humedad en este caso debe incluir una lógica de conexión y desconexión sucesiva de ambas salidas digitales, siguiendo la secuencia de conexión de 33%, 66% y 100% de la carga resistiva o de desconexión a la inversa, en dependencia del signo del error de regulación. Para pasar de un nivel de carga al siguiente, además de tener en cuenta el error de regulación, se espera un tiempo fijo.

Las máquinas multicompresoras de enfriamiento son dispositivos que se utilizan para la refrigeración mediante agua fría de un grupo de locales como pueden ser las habitaciones de un hotel, etc. Estas máquinas incluyen un conjunto de compresores y de bombas que garantizan el enfriamiento del agua y su distribución. Por tanto, en el sistema debe proveerse un algoritmo para el control discreto de todos estos elementos, cuyas características principales se detallan a continuación:

- Se asume una relación fija y entera entre el número de compresores y el de bombas. Por ejemplo, una bomba por cada dos o tres compresores.
- Se utiliza una variable controlada principal, que es la temperatura del agua de retorno, y otra auxiliar que es opcional. La temperatura auxiliar puede ser medida en algún punto significativo como un conducto intermedio o puede ser el promedio de varias mediciones tomadas en distintos locales, etc. Es posible también prescindir de ella y basar el control solamente en la variable principal.
- El algoritmo realizará una secuencia de arranques y paradas de compresores y bombas que tendrá en cuenta algunas restricciones prácticas. En efecto, se intenta que el trabajo de estos dispositivos se distribuya lo más equitativamente posible, para evitar un desgaste excesivo de algún compresor o bomba en particular. También se toma en cuenta que la relación No. de compresores/ No. de bombas conectados sea igual o menor que la relación general entre estos dispositivos.
- En el algoritmo general se incluyen dos valores de referencia, uno para la temperatura principal y el otro para la temperatura auxiliar. La decisión de conectar un nuevo compresor y eventualmente también una nueva bomba (o desconectarlos) se toma cuando el signo del error en ambas variables coincide, su valor excede al de la banda muerta tolerable y ha transcurrido un tiempo de espera, definido por el usuario, desde la última conexión o desconexión. Cuando existe una discrepancia se espera un tiempo adicional

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

(fijado también por el usuario en la configuración) sin tomar una nueva decisión. Si ésta persiste, la decisión se toma en base al signo del error principal.

Con relación a la iluminación, el sistema puede considerar hasta tres **circuitos independientes para la iluminación** de un área determinada. Cada uno de estos circuitos se activa o desactiva mediante una salida digital de la computadora de control. La decisión de conectar o desconectar un circuito se toma fundamentalmente sobre la base de la tabla de horario correspondiente. Para un área de iluminación controlada existen tantas salidas digitales y tablas de horario como circuitos independientes. También deben existir dos entradas digitales por cada circuito que informan del estado y del modo Remoto o Local de éste. En la decisión de conectar o desconectar un circuito de iluminación así como en otros tipos de cargas, participa también el algoritmo de Máxima Demanda, que será explicado más adelante.

El control de calentadores y calderas eventualmente existentes en un edificio de uso social, se puede resolver mediante una salida digital para arrancar los dispositivos analógicos o digitales de control local de estos equipos. El estado de esta salida digital depende fundamentalmente de la tabla de horario activa. En adición a lo anterior, se provee una salida analógica que puede utilizarse para modificar el valor de referencia de temperatura o de presión del calentador o caldera. Para este último propósito es útil una tabla que contenga los valores deseados de temperatura del agua o de presión de la caldera en los tiempos requeridos.

Bajo el **concepto de otras cargas** se agrupan un conjunto de dispositivos típicos de un edificio de uso social, que son en general altos consumidores de energía eléctrica, por lo que es conveniente incluirlos en el sistema de control energético computarizado. En este grupo pueden incluirse extractores, ventiladores, bombas, fregadora de platos, sauna, etc. El sistema puede darle un tratamiento único a este tipo de cargas, que consiste fundamentalmente en su encendido o apagado por medio de una salida digital de acuerdo a la tabla de horario existente para cada una de ellas y a los requerimientos del algoritmo de máxima demanda.

En este tipo de cargas se prevee la existencia de una señal de entrada que permite o no el arranque del dispositivo. Esta señal puede tener diversos usos y su no declaración no implica la invalidación del trabajo de la carga, sin embargo, se prevee la misma pensando en alguna autorización previa necesaria.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Optimización de la demanda instantánea.

Con toda seguridad, las funciones de optimización resueltas en estos sistemas constituyen el aspecto más atractivo de los mismos, teniendo en cuenta que gracias a ellas puede obtenerse un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica. El nivel de optimización incluye tres aspectos o funciones que se detallan a continuación:

- Algoritmo de Máxima Demanda
- Arranque inteligente de climatizadores, calderas y calentadores
- Corrección automática de los valores de referencia de temperatura en función de las condiciones ambientales.

Características específicas del control

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Niveles de optimización.

Estos sistemas deben contar con un algoritmo de conexión y desconexión de un conjunto de cargas eléctricas significativas, que deben constituir un subconjunto de las cargas cuyo control digital es asumido por el sistema.

El objetivo fundamental de este algoritmo consiste en que no se sobrepase un valor máximo de consumo de energía eléctrica fijado por consideraciones económicas o de otro tipo.

Las cargas incluidas en el algoritmo de máxima demanda se agrupan de acuerdo a su nivel de incidencia en el confort de los usuarios, pudiendo haber 3, 4 ó 5 grupos. La decisión de desconectar una carga cualquiera, se hace teniendo en cuenta una serie de reglas, a saber:

- Se sigue un orden de desconexión cíclico dentro de un grupo y no se pasa a desconectar cargas del grupo de importancia inmediatamente superior, hasta tanto no se hayan agotado las posibilidades en el grupo en cuestión.
- Se fija el número máximo de desconexiones por hora a que puede someterse cada carga, el cual no puede ser sobrepasado.
- Para desconectar una carga cualquiera, se tiene en cuenta, en primer lugar, que la misma se encuentre activa y viceversa. Además, el tiempo mínimo de servicio y los de desconexión mínimo y máximo se respetan.

Para el funcionamiento del algoritmo de máxima demanda, se requiere de la definición de tres parámetros adicionales de tiempo, estos son: período de medición del consumo instantáneo (potencia en kW), período de predicción y período de integración.

El **período de medición** debe escogerse en el orden de 1 a 10 segundos, para garantizar una estrecha supervisión sobre el consumo y una mayor exactitud en el cálculo de la energía consumida.

El **período de predicción** debe ser un múltiplo del anterior (de 3 a 10 períodos de medición) y define el tiempo que transcurre antes de hacer una predicción de cual será el consumo (en kwh) al final de un período de integración. El consumo asignado a un **período de integración** resulta de distribuir equitativamente el consumo correspondiente a una hora entre el número de períodos de integración por hora. Por ejemplo, si se fija el consumo máximo para una instalación en 1000 kwh y el período de integración es de 15 minutos, el consumo máximo admisible para cada período de integración será de 250 kwh.

De lo explicado anteriormente se desprende que el funcionamiento adecuado del algoritmo de máxima demanda requiere la medición con suficiente exactitud del consumo instantáneo y también el conocimiento preciso, en Kw., de las cargas incluidas.

El algoritmo de máxima demanda debe estar dotado de un mecanismo adaptativo que pretenda mantener siempre una presión en el sentido de disminuir el consumo, aún en aquellos momentos del día de baja demanda como la madrugada, etc. Este mecanismo consiste en disminuir el máximo consumo posible, cuando en un período determinado, el consumo real ha estado por debajo de aquel, en una cuantía igual a la mitad de la diferencia entre el consumo real y el consumo posible.

Al mismo tiempo, cuando el consumo real ha estado por encima del posible, debe restablecerse el consumo admisible, pero en este caso se suma el total de la diferencia. Esta falta de simetría se recomienda a fin de no afectar los servicios innecesariamente durante un tiempo prolongado. Desde luego, se sobreentiende que nunca el consumo admisible deberá sobrepasar el máximo fijado para la instalación que se define por el usuario.

Una fuente de gasto innecesario de energía en cualquier instalación social lo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

constituye sin duda el arranque antes de tiempo de equipos que son altos consumidores de energía. Por ejemplo, una consola de climatización que presta servicio en un local que trabaja con un horario fijo como un restaurante, debe ser arrancada con un tiempo de anticipación a la hora de apertura de dicho local. Sin embargo, como no se conoce con precisión el tiempo necesario para que se alcance una temperatura adecuada, existe frecuentemente la tendencia a arrancar anticipadamente dicho equipo, con el doble efecto negativo de un incremento del consumo y de una temperatura excesivamente baja que puede resultar molesta para los primeros usuarios.

Como el arranque de las consolas de climatización se realiza generalmente varias veces al día y además, puede existir un número relativamente alto de éstas, el gasto excesivo de energía por este concepto en una instalación hotelera media es considerable. El algoritmo de arranque inteligente tiene las siguientes características:

- Se aproxima mediante un modelo con estructura correspondiente a un bloque inercial del primer orden (una constante de tiempo) el comportamiento dinámico de la temperatura en un local climatizado en el caso de las consolas de climatización, la presión en las calderas o la temperatura del agua en el caso de los calentadores
- Los parámetros del modelo correspondiente a cada objeto se identifican en línea y en forma automática, utilizando para ello los datos obtenidos de los arranques previos. Es suficiente el uso de dos mediciones correspondientes a dos instantes de tiempo prefijados en cada arranque, para realizar la identificación de los parámetros. Puede darse la opción al usuario de mantener la identificación permanente de los parámetros en cada arranque en el caso de que:
 - sea presumible que estos parámetros puedan cambiar o usar siempre los calculados después del primer arranque.
 - A partir de los parámetros identificados y la temperatura ambiente en el caso de climatizadores y calentadores o la presión inicial en el caso de las calderas, se calcula el tiempo de anticipación con respecto a la hora de arranque fijada en la tabla de horario correspondiente, con que debe conectarse el equipo la próxima vez para lograr el valor deseado de temperatura o presión a la hora de apertura o arranque.
 - En el caso de las consolas de climatización, el valor deseado de temperatura para la apertura del local, se calcula como el valor medio entre la temperatura ambiente y la temperatura estable deseada. Por ejemplo, si la temperatura ambiente es de 30 °C y la estable deseada es de 25 °C, la temperatura de apertura se calcula como 27.5 °C. Se conoce que esta

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

temperatura es suficientemente baja para producir una sensación de confort en los primeros usuarios y por otra parte requiere un consumo de energía considerablemente inferior. Una vez lograda la temperatura de apertura, el algoritmo genera una disminución paulatina de temperatura hasta lograr, en un período aproximado de una hora, el valor deseado estable (25 °C). Igualmente, puede preverse un incremento general de la temperatura, que comienza una hora antes del cierre del local, hasta lograr que la temperatura final sea aproximadamente igual a la de apertura.

La temperatura de referencia o temperatura deseada para todos los equipos controlados es única aunque ella puede ser modificada en tiempo real dentro de estrechos límites (+-1 grado) de manera temporal en un área específica. Esta centralización garantiza en buena medida que el objetivo fundamental que es el ahorro de energía, no sea socavado.

Un nivel de optimización adicional, puede ser un algoritmo para el cálculo en tiempo real de la temperatura de referencia, como una función de la temperatura y humedad relativa ambientes. Esto se basa en el hecho conocido de que la sensación de confort en el usuario de un área climatizada depende, por una parte, del valor del decremento de temperatura con respecto a la temperatura ambiente y también de la humedad relativa. Si la temperatura exterior es de 32 °C, por ejemplo, la temperatura adecuada de referencia puede ser de 26.5 °C en lugar de 25 °C si la temperatura exterior es de 30 °C. Por otra parte, si la humedad exterior está por debajo del 70 %, la temperatura deseada puede ser de 27 °C sin que se deteriore el confort de los usuarios. Estas pequeñas diferencias en la temperatura de referencia, pueden significar cientos de kwh de ahorro, cuando se consideran en su conjunto todos los equipos de climatización durante un período prolongado de tiempo.

Sistema de Información Energética.

Como complemento al sistema descrito con anterioridad, es loable crear un sistema para el análisis de la información energética, que aprovechando los datos que el sistema de control energético obtiene, a través de la medición de la potencia instantánea integrada cada 15 minutos en el proceso consumidor, brinda un conjunto de informaciones útiles desde el punto de vista energético para la caracterización del inmueble, todo lo cual contribuye indiscutiblemente a conocer mejor la instalación y con un efecto de retroalimentación, ayuda a que los operadores del sistema a ajustar mejor los parámetros de operación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tomando como base el fichero de datos que suministraría el sistema de control energético, cuya información, como ya se había mencionado con anterioridad, no es más que la potencia instantánea integrada cada 15 minutos a lo largo de todo el año, este sistema de información realiza, fundamentalmente, operaciones de cálculo sobre la demanda eléctrica y obtención de reportes de la información recibida.

En estas operaciones de cálculo, básicamente se obtienen: el valor máximo, mínimo o promedio de la demanda eléctrica. Con respecto a los reportes, estos pueden ser simplemente el valor puntual en un momento determinado o el promedio de los valores en determinadas horas del día a lo largo de todo el año.

El cálculo del valor máximo o mínimo de la demanda eléctrica puede realizarse de acuerdo al espacio de tiempo que le interesa al usuario. Para ello el sistema debe brindar las siguientes opciones:

1. Cálculo de la Máxima (Mínima) Demanda en un día.
2. Cálculo de la Máxima (Mínima) Demanda en una semana.
3. Cálculo de la Máxima (Mínima) Demanda en un mes.
4. Cálculo de la Máxima (Mínima) Demanda en el año.
5. Día de Máxima (Mínima) Demanda.
6. Mes de Máxima (Mínima) Demanda.

Otra variante que puede ofrecer el sistema es el cálculo del valor promedio del consumo de energía durante un día, semana, mes o año, lo cual permite hacer comparaciones de la demanda eléctrica entre diferentes días, semanas o meses.

Todas estas facilidades resultan muy interesantes a la hora de establecer comparaciones del consumo de electricidad y ayudan a conocer mejor el comportamiento energético de la instalación a lo largo de todo el año, lo cual juega un importante papel en el proceso de toma de decisión de los valores permisibles que debe alcanzar la potencia, para justificar el arranque y parada de las cargas en el momento que sea necesario.

Otra de las funciones principales del sistema informativo es la confección de reportes a partir de la información recibida. Estos reportes pueden ser diarios o promediados durante el año.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.5 Conclusiones

Con la inteligencia energética los edificios de alta tecnología logran la racionalización de las necesidades de energía a las estrictamente imprescindibles, es decir los edificios de alta tecnología mediante la incorporación de altas tecnologías computarizadas, consigue hacer un aprovechamiento óptimo de la energía, el equipo y maquinaria asociados a ellos.

Es por lo tanto un concepto de racionalización, integridad y colaboración entre diferentes componentes.

Con la inteligencia energética se pretende igualar las necesidades energéticas estrictamente imprescindibles con la demanda y garantizar que las inversiones en equipo e instalaciones de los edificios correspondan con estas necesidades.

Componen la inteligencia energética tres elementos básicos :

- La arquitectura del edificio
- Las instalaciones técnicas de los edificios.
- Los sistemas de control con optimización de la energía.

La inteligencia energética persigue un gran objetivo: obtener el máximo ahorro y uso racional de la energía, para utilizar menor cantidad de equipo y brindar menor mantenimiento, todo lo cual se puede reducir en tres objetivos:

- Reducir la demanda innecesaria.
- Disminuir las pérdidas.
- Aumentar la eficiencia.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En el siguiente tema se verá la aplicación de métodos pasivos aplicados en edificios para lograr ahorro en el consumo de energía.

Capítulo 4.- Potencial de Ahorro Energético en Edificios; El Sistema de Envolvente

En este nuevo tema se verá como el Sistema de Envolvente influye directamente en los Sistemas Iluminación y Aire Acondicionado de edificios.

Se analizará la envolvente del Edificio de Alta Tecnología Arquímedes.

Análisis y cumplimiento de la Norma NOM-008-ENER-2001. por el Edificio de Alta Tecnología Eclipse.

Como se vio anteriormente una de las estrategias para el ahorro de energía del método pasivo dice que la envolvente con cristales especiales reduce el aporte de carga térmica, compararemos una muestra de edificios con diferentes tipos de cristales y se hará el análisis correspondiente.

La envolvente es ahora un sofisticado sistema en el que materiales de estandarización modular compiten centímetro a centímetro para mejorar ensamblajes y montajes ahorrando costos de forma impresionante, facilitando los servicios de mantenimiento y estableciendo tiempos récord de construcción.

La envolvente del Edificio Inteligente representa una piel protectora que actúa computarizadamente, con sensores que se activan respondiendo al clima exterior, controlando la transmisión de calor o de frío por medio de materiales nuevos alrededor del súper vidrio de características termo aislante, foto sensible, activado química o electrónicamente, el cual permite obtener un confort superior en la arquitectura interior con mínimos costos en aire acondicionado y calefacción; esto no sólo repercute en el ahorro energético en sí sino como efecto secundario protege el medio ambiente como consecuencia de tener menos dispendio energético.

Por último se verá la Norma NOM-008-ENER-2001 y su cumplimiento.

4.1.- Método para el cálculo del flujo de la luz natural en edificios.

Al aprovechar las ventajas que la iluminación natural nos ofrece al hacer uso de ésta (en ventanas y/o fachadas de cristal), es de gran importancia para conocer la cantidad de flujo luminoso que vamos a obtener por este medio de iluminación, ya que de esta manera podremos **evitar el consumo de energía**

adicional por medio de la Iluminación Artificial (focos), reduciendo así en gran medida los costos de operación de nuestro edificio.

La metodología empleada para la obtención de éste flujo luminoso que pasa a través de los cristales, se basa en el método de la IES (Illuminating Engineering Society of North America). Este método toma como referencia a los cambios de posición del Sol con respecto al Edificio en particular, ya que estos cambios obedecen a un patrón regular predecible, lo que nos permitirá conocer la cantidad y dirección de Luz que incide sobre las fachadas del edificio de interés en cualquier día del año a cierta hora específica.

Este método divide la luz que incidirá sobre una ventana y/o fachada (E_w) en cierto día del año a cierta hora específica en:

a) Luz del cielo (E_c):

Será igual a la cantidad de Luz (medida en lux) que proviene del cielo, y que no es más que la misma luz solar que se refleja en la atmósfera y que incide en las fachadas del edificio. Esta cantidad dependerá de la latitud en que se encuentre el edificio y de la posición del Sol (azimut solar) en el día y hora que se esté analizando, y se obtiene de tablas ya establecidas.

b) Luz directa del Sol (E_s):

Será igual a la cantidad de luz (medida en lux) que proviene directamente del sol y que incide en un plano perpendicular sobre la fachada. Esta cantidad dependerá de la latitud en que se encuentre el edificio y de la posición del sol (azimut solar) en el día y hora que se esté analizando, y también se obtiene de tabas ya establecidas.

c) Luz de la superficie Terrestre (E_{st}):

Será igual a la cantidad de Luz (medida en lux) que proviene de la superficie terrestre, y que no es más que la luz solar que es reflejada por las superficies que componen los alrededores del edificio y que incide en un plano horizontal sobre la fachada. Esta cantidad dependerá de la latitud en que se encuentre el edificio, de la posición del sol (azimut solar) en el día y hora en que se esté analizando y de el material del cual estén compuestos los alrededores del edificio. En este caso en particular, debido a que el edificio en su mayoría está rodeado por calles, se tomó como material principal el asfalto. Esta cantidad se obtiene de multiplicar parte de la luz que incide al edificio en un plano horizontal por el porcentaje de reflectancia del material que se encuentra a los alrededores.

Entonces, encontraremos la cantidad de luz (E_w) que incide sobre la fachada en cierto día, y hora del año sumando los tres tipos de luz ya mencionados.

$$E_w = E_c + E_s + E_{st} \quad (\text{lux}) \quad (1)$$

Ahora, para saber el Flujo Luminoso (FI) que pasa a través de cristal (medido en Lúmenes) en la ventana que se esté analizando (FI), la cantidad de luz que incide sobre la fachada (E_w) se tendrá que multiplicar por la Transmitancia del Cristal (T), por el área que ocupa la ventana en la fachada (A) en m^2 y por un factor de Pérdida de Luz (P), todo esto de la siguiente manera:

$$FI = E_w * T * A * P \quad (\text{Lumen}) \quad (2)$$

En donde:

a) Transmitancia del Cristal: (T)

Es la propiedad que tiene un cierto tipo de cristal para dejar pasar la luz a través de él; y se mide como el porcentaje de luz que pasa a través del cristal en cuestión. Para los cristales que se analizarán, sus transmitancias son las siguientes:

1.-Cristal claro 6mm	89%
2.- Filtrasol AP 6mm	4%
3.- Tintex 6mm	77%
4.- Refectasol AP 6mm	9%

b) Factor de Pérdida de luz: (P)

Es un factor que depende del medio ambiente que rodea al edificio, que puede ser: muy limpio, áreas industriales o muy sucio. En el caso de la Ciudad de México y debido al smog, este factor se puede considerar como el de un lugar muy sucio y resulta ser igual a 0.7.

Ahora que ya tenemos el Flujo Luminoso (en Lúmenes) que pasa a través de una ventana con cierto cristal que se encuentra en una fachada con cierta orientación y en cierto día y hora del año, esta cantidad se puede transformar en Watts utilizando la siguiente conversión:

$$1 \text{ Lumen} = 680 \text{ watts.}$$

Un paquete computacional elaborado por el Tecnológico de Monterrey analiza para todos los días y horas del año el Flujo Luminoso que entra a un edificio a

través de ventanas y/o fachadas de un cierto tipo de cristal con cierta orientación, y obtiene la suma del Flujo Luminoso para todos los días del año, y al cual llamaremos Flujo Anual y estará dado en Mwatts/ Hr.

Donde:

$$1 \text{ Mwatt} = 1,000,000 \text{ watts.}$$

Ya que tenemos el Flujo Luminoso que estará pasando a través de la fachada y/o ventanas de cierto tipo de cristal durante todo el año, será necesario transformar este resultado a otros términos que resulten ser más ilustrativos y que nos ayuden a realizar mejor las comparaciones. Entonces, definiremos los siguientes términos:

a) Gasto Anual:

Será igual a la cantidad de dinero (en pesos) que se gastará adicionalmente durante el año en energía eléctrica (durante el día), por tener ventanas y/o fachadas de ese tipo de cristal con respecto a lo que se gastaría al tener solamente ventanas y/o fachadas de cristal claro.

Esta cantidad se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Gasto Anual} = (\text{FA}(\text{claro}) - \text{FA}(\text{cc})) * \text{Costo Kw/h/1000} \quad (3)$$

Donde:

FA (claro): Flujo luminoso anual en cristal claro (Mw/h).

FA (cc): Flujo luminoso anual en el cristal en cuestión (Mw/h).

4.2.- Método para el cálculo de la carga de enfriamiento (aire acondicionado) en edificios.

a) La carga térmica.

Cuando se proyecta un edificio, uno de los principales objetivos es que las personas que vayan a ocupar dicho edificio, encuentren un lugar cómodo y agradable. En nuestro país para lograr esto, nos tenemos que enfrentar a un fenómeno cultural llamado Calor, o más bien, "Transferencia de Calor". **Debido a esto, en la actualidad los sistemas de Aire Acondicionado han reemplazado casi en su totalidad a los sistemas de Ventilación Natural lo que representa fuertes gastos de inversión, operación y mantenimiento.** Por esta razón, es de gran importancia el utilizar materiales en la construcción que reduzcan en lo más posible ésta Transferencia de Calor, para tener así,

menores gastos en equipos de Aire Acondicionado y por lo tanto, menores gastos en operación y mantenimiento de estos equipos.

El cristal como material principal en la fachada de un edificio, tiene muchas ventajas sobre otros materiales como lo son la rapidez de instalación, mantenimiento sencillo aprovechamiento de la luz natural, aspecto vanguardista, etc. Sin embargo, debido a que la placa de material vítreo es delgada, permite el paso del calor en mayor cantidad que otros materiales. Por ésta razón, la industria del vidrio desarrolló cristales con ciertas propiedades que ayudan a mantener una habitación en ambiente confortable y al mismo tiempo aprovechando la luz natural.

Cuando la energía solar radiante es absorbida por un cuerpo, ésta se convierte en energía térmica. Esto pudiera ser benéfico si se desea diseñar un sistema de envidriado que aproveche ésta energía térmica para reducir el costo de calefacción. Pero por otro lado, si el objetivo principal es de reducir costos en refrigeración (lo más común en nuestro país), se pueden seleccionar los cristales que sean más adecuados para minimizar el paso del calor.

El calor puede pasar principalmente a través del cristal en dos formas diferentes: conducción y radiación.

Por conducción, en donde la cantidad de calor transferida depende de la diferencia de temperaturas entre ambos lados del cristal. La conducción es una propiedad térmica de los materiales y, por consiguiente cada material tiene un valor diferente. En el cristal, la conductividad térmica es medida con un valor llamado "U", y está expresado en Watts por metro cuadrado por grados Celsius de diferencia de temperatura ($W/(m^2\text{°C})$). Entre más pequeño sea este valor, mejores serán las propiedades aislantes de dicho material.

Por radiación, en donde el cristal es transparente el paso de longitudes de onda emitidas por los rayos solares y que producen calor. Afortunadamente, sólo una porción de esta radiación logra pasar a través del cristal, ya que parte es absorbida y parte es reflejada por el cristal. En el cristal, el valor que representa la propiedad que tienen los diferentes tipos de cristales para dejar pasar el calor por radiación es llamado "Coeficiente de Sombreado". Mientras menos sea este valor, mayor será la capacidad del cristal para retener el calor radiado.

La carga térmica es un número que indica la cantidad de refrigeración necesaria para establecer un cierto grado de confort dentro de un recinto, conociendo sus componentes principales tales como: tipo de cristal usado,

orientación y área del mismo, época del año para la cual se requiere el cálculo, hora del cálculo, etc.

Para obtener la carga térmica de refrigeración necesaria para eliminar el calor que entra a el edificio por los cristales se obtendrá por medio del método de la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers), el cual se basa en el calor que penetra a través del cristal por conducción (q_c) y radiación (q_r). En donde la Carga Térmica (en Watts), estará dada por:

$$q_{tot} = q_c + q_r \quad (w) \quad (4)$$

El calor que pasa a través del cristal por conducción (q_c) lo obtendremos de la siguiente manera:

$$q_c = U * A * CLTD \quad (w) \quad (5)$$

En donde:

U= valor que representa la conductividad térmica del cristal en cuestión ($W/ m^2 \cdot ^\circ C$).

A= área de cristal (m^2).

CS LTD = valor que representa la diferencia de temperatura exterior e interior del cristal. En el caso de este estudio, se consideró una temperatura constante interior de confort de $22^\circ C$, mientras que la temperatura exterior variará dependiendo de la hora en que se realice el estudio y se obtiene de tablas ($^\circ C$).

El calor que pasa a través del cristal por radiación (q_r) lo obtendremos de la siguiente manera:

$$q_r = A * CS * SHGF * CLF \quad (w) \quad (6)$$

En donde:

A = área del cristal (m^2).

CS = coeficiente de sombreado de cristal. (adimensional).

SHGF= Será igual a la intensidad solar que actúe sobre la fachada

(Solar Heat Gain Factor), y dependerá de la latitud en que se encuentre el edificio, de la orientación de la fachada y de la época en que se realiza el análisis. Este valor se obtiene de tablas. (W/m^2).

CLF = (Coolign Load Factor), será un factor que depende del tipo de construcción, la cual se clasifica en ligera (146 kg/m^2), mediana (341 kg/m^2), y pesada (635 kg/m^2) en cuanto al peso de losa y muros. En este caso se supuso que la construcción es de tipo mediana.

Al efectuar estos cálculos se obtendrá la carga de refrigeración en Watts y se realizará la conversión a Toneladas de Refrigeración con la siguiente equivalencia :

$$\mathbf{1 \text{ Ton. De Refrigeración} = 3,517 \text{ Watts.}}$$

Un paquete computacional realizado por el Tecnológico de Monterrey (ITESM – V.V.P., Diplomado sobre Luz, Calor y Sonido. Ciudad de México. Julio 1993) que obtiene para todos los días y horas del año la carga térmica necesaria para eliminar el calor que entra por los cristales, este programa obtiene la carga (Tons. de Refrigeración) que se necesitará tener para producir esa carga de enfriamiento durante todo el año (utilizándose sólo las 13 horas diarias supuestas).

Ahora que ya se tienen la carga térmica de enfriamiento y el consumo anual de energía, será necesario definir los siguientes conceptos para una mejor interpretación:

a) Ahorro en equipo de refrigeración:

Será igual la cantidad de dinero (\$) que se dejará de gastar en la compra de equipo de refrigeración con referencia a lo que se gastaría si se tuviera todo en Cristal Claro de 6mm. Esta cantidad se obtendrá de la siguiente manera:

$$\text{Ahorro Eq. Ref.} = (\text{CTE (claro)} - \text{CTE (cc)}) * \text{Costo Ton. De Ref.} \quad (7)$$

Donde:

CTE(claro) = carga térmica para el cristal claro. (Tons. Ref.)

CTE (cc) = carga térmica para el cristal en cuestión. (Tons. Ref.).

b) Ahorro anual en gastos de operación:

Será igual a la cantidad de dinero (\$) que se dejara de gastar anualmente en la operación del equipo de aire acondicionado con referencia a lo que

se gastaría si se tuviera todo en cristal claro. Esta cantidad se obtiene de la siguiente manera:

$$\text{Ahorro Operación} = (\text{CA (claro)} - \text{CA (cc)}) * \text{Costo Kw/h} \quad (8)$$

Donde:

CA (claro) = consumo anual para el cristal claro. (Kw/h).

CA (cc) = consumo anual para el cristal en cuestión (Kw/h).

Los valores U y los coeficientes de sombreado (CS) que se utilizarán para calcular los valores de carga Térmica serán los siguientes:

Tipo de cristal:	Valor U	Coef. De Sombreado (CS)
Cristal Claro 6mm	6.41	0.97
Filtrazol AP 6 mm.	4.61	0.23
Tintex 6 mm	6.42	0.70
Reflectazol AP 6mm.	4.49	0.21

Tabla 4.1 Coeficientes de Sombreado

Fuente: Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey – Vitro Vidrio Plano. Diplomado sobre Luz, Calor y Sonido Ciudad de México. Julio 1993

Es importante recordar que en este estudio se está obteniendo la carga térmica de enfriamiento o refrigeración que eliminará el calor que penetra solamente a través de los cristales, y que de ninguna manera se intenta obtener la carga de refrigeración que necesitará todo el edificio para mantenerse a una temperatura de confort. Ya que para poder obtener ésta carga para todo el edificio se tendrían que involucrar mucho más variables, y ese no es el objetivo de este estudio.

También será necesario recalcar que la carga térmica que se obtiene en este estudio no solamente se puede eliminar mediante el uso de un equipo de aire acondicionado, sino que en o lugares de clima templado también se puede eliminar con algún sistema basado solamente en ventilación, ya sea ésta natural o mediante equipos de extracción. La razón por la cual se escogió utilizar el aire acondicionado para los análisis es, que en la mayoría de nuestro país es la solución más eficiente para eliminar el calor. Aún y cuando se utiliza solamente la ventilación para eliminar el calor, se tendrán gastos, y de la misma manera que con el Aire Acondicionado se obtendrán ahorros en esos sistemas

al utilizar cristales de color y/o reflejantes con respecto a los gastos que se tendrían en utilizar sólo cristal claro.

4.3.- Análisis Comparativo del Flujo Luminoso y de la Carga Térmica en Edificio de Alta Tecnología.

Se analizará la envolvente del Edificio Cenit Plaza Arquímedes, debido a que es un Edificio de alta Tecnología, reconocido por el Instituto Mexicano del Edificio Inteligente y Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica 1997.

En el análisis de la envolvente se consideran tres opciones, en las cuales se usarán diferentes tipos de cristales de acuerdo a la orientación de las fachadas.

Se analizará la envolvente considerando tres diferentes cristales como envolvente, calculando la cantidad de luz natural, la carga térmica que pasa a través de los tres tipos de cristales y posteriormente se calculará la energía necesaria para eliminar dicho calor (aire acondicionado).

La fachada forma parte de la misma estructura interna del edificio, lo que la hace o le da una apariencia mucho más innovadora o futurista, complementando con esto el estilo de edificación al que pertenece el edificio inteligente.

El material utilizado como recubrimiento de la fachada, es el zinc, el cual no necesita mucho mantenimiento y contribuye a darle un buen aspecto a la edificación.

Con relación a las instalaciones con que cuenta el edificio, en el caso del aire acondicionado, se consideraron torres de enfriamiento, complementadas con una planta de almacenamiento de hielo que operará durante las noches.

Cada espacio cuenta con detectores inteligentes, los cuales registran el número de ocupantes en un espacio determinado y así mismo la cantidad de aire suministrado

A continuación la siguiente tabla muestra las características principales de dicho edificio y tomaremos en cuenta únicamente el área de la envolvente, se muestra además la imagen del edificio que se está analizando.

EDIFICIO DE ALTA TECNOLOGÍA ARQUÍMEDES DATOS GENERALES

1. DATOS GENERALES			
Nombre del edificio: Plaza Arquímedes, S.A. de C.V.			
Rama: Comercios y Espacios de Oficinas			
Año de construcción:			
Año de inicio de actividades: 94 m ² de construcción: 20,360 m ² de terreno:			
2. UBICACION			
CORPORATIVO Y/O OFICINAS		PLANTA	
Calle: Arquímedes 130			
Colonia: Polanco			
Localidad: México			
Municipio y Estado: D.F.			
C.P. 11560	Teléfono y Fax:	202-48-87	281-49-58
Altitud (MSNM): 2240		Orientación: L. Norte 19°26'	
3. TIEMPO DE OPERACIONES Y PERSONAL			
Horario de actividades: 7:00 – 22:00			
Días por semana: Lunes a Viernes		Sábado 7:00 – 16:00	
Horas de operación por año: Teóricas		Reales	
Número de usuarios: 750 por todo el edificio			
4. MATERIAL DE LAS FACHADAS			
Superficie	m ²	Material: Cristal (tipo)	Espesor (mm)
Norte	276.92	Tintex	6 mm
Sur	1035.85	Tintex, Reflecta plata, Claro	6 mm
Oriente	895.84	Tintex, Reflecta plata, Claro	6 mm
Poniente	398.37	Tintex, Reflecta plata, Claro	6 mm
Superficie lateral total	2606		
5. CONSUMOS ENERGÉTICOS: CONSUMO MENSUAL			
Electricidad: 113,465.5 kWh		Demanda máxima: 366.5 kW	
Tarifa eléctrica contratada: OM		Tensión de suministro: 23 KV	
Factor de potencia : 83% actual			
6. RESPONSABLE			
Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
	Resp. de operación		
	Resp. de Mantenimiento		
Gerente del Edificio:		Fecha: octubre 1997	

Tabla 4.2 Datos Generales del Edificio Arquímedes



Fig. 4.1 Edificio Arquímedes

EDIFICIO INTELIGENTE ARQUÍMEDES

Ubicado en la esquina formada por las calles Arquímedes y Homero, en la colonia Polanco, Distrito Federal, fue terminado en 1994. Constituye hoy en día uno de los ejemplos más sobresalientes dentro de la modalidad de los edificios inteligentes de la ciudad de México. Según el arquitecto José Pixiotto, el objetivo de este tipo de construcciones es volver más eficientes sus instalaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

De la tabla anterior podemos observar el área total de la envolvente en cristal y con esos datos se procederá hacer el análisis.

Se hará el cálculo para diferentes cristales.

Objetivo:

1) Obtener por medio de la IES (Illuminating Engineering Society of North America), el flujo anual de luz natural que entrará al edificio por las ventanas y/o fachadas, analizando tres alternativas diferentes:

- Proposición A: Cristal claro.
- Proposición B: Cristal claro, filtrasol AP, crista.
- Proposición C: Cristal claro, filtrasol AP, reflectasol AP.

Posteriormente se transformará a su equivalencia a focos/día y el ahorro anual en energía eléctrica que se tendrá para cada proposición.

- 2) Demostrar las ventajas que se obtienen al utilizar cristales térmicos(ya sean de color y/o reflejantes) con respecto a la utilización del cristal claro, siempre y cuando no vean afectadas las prioridades estéticas y funcionales que se tomaron en cuenta para la elección del Cristal.
- 3) Llegar a conclusiones que permitan entender el comportamiento de los tipos de cristales en cuestión ante los fenómenos naturales ya citados anteriormente.

Datos que se tomarán en cuenta para poder realizar los análisis comparativos:

Precios de Cristal Recocido, de 6mm de espesor: (\$ / m²)

1.- Claro	\$ 46.63
2.- Filtrasol AP	\$116.25
3.-Tintex	\$ 62.76
4.- Reflectasol AP	\$101.05
Costo de la energía eléctrica (kWh)	\$ 0.22
Tonelada de Refrigeración	\$900.00

Para saber el flujo luminoso que pasa a través del Cristal en lúmenes se usará la ecuación:

$$E_w = E_c + E_s + E_{st} \quad (\text{Lux}) \quad (1)$$

$$F_l = E_w \times T \times A \times P \quad (\text{Lumen}) \quad (2)$$

En donde la transmitancia del Cristal T será :

1.- Cristal claro 6mm	89%
2.- Filtrasol AP 6mm	4%
3.- Tintex 6mm	77%
4.- Refectasol AP 6mm	9%

El factor de pérdida de luz (P).- Para el caso de la Ciudad de México por ser un lugar muy sucio será de 0.7

Una vez obtenido el flujo luminoso en lumen se aplica la siguiente relación para hallar su equivalente en W

$$1 \text{ Lumen} = 680 (W)$$

Aplicando el paquete computacional se tiene el flujo anual en Mw/h como lo muestran las siguientes tablas.

Cristal Claro

Superficie Lateral	m2	Material (tipo)	Costo del Cristal (\$)	Flujo anual (MW/h)	Gasto anual (\$)
Fachada norte	276.92	Cristal Claro	12912.78	50.6639	0.00
Fachada sur	1035.85	Cristal Claro	48301.69	189.5141	0.00
Fachada oriente	895.84	Cristal Claro	41773.02	163.8986	0.00
Fachada poniente	398.37	Cristal Claro	18575.99	72.8839	0.00
Total	2606.98		121563.48	476.9605	0.00

Tabla 4.3 Envolvente con cristal claro

Proposición A: (Cristal Claro, Filtrasol AP, Tintex)

Tipo de cristal	Área (m2)	Costo del cristal (\$)	Flujo anual (MW/h)	Gasto anual (\$)
Cristal Claro	918.62	42835.25	175.2134	0.00
Filtrasol AP	285.42	33180.08	16.1150	10391.37
Tintes	1402.82	88040.98	217.8360	7468.67
Total	2606.86	164056.31	409.1644	17860.04

Tabla 4.4 Envolvente con diferentes cristales

Proposición B: (Cristal Claro, Filtrasol AP, Reflectasol AP)

Tipo de cristal	Área (m2)	Costo del cristal (\$)	Flujo anual (MW/h)	Gasto anual (\$)
Cristal Claro AP	918.62	42835.25	175.2134	0
Filtrasol AP	285.42	33180.08	16.1150	10391.37
Reflectasol AP	1402.82	141754.96	25.4613	49791.1
Total	2606.86	217770.29	216.7897	60182.47

Tabla 4.5 Envolvente con diferentes cristales

Ya que se tiene el flujo anual luminoso, que estará pasando a través de ventanas y/o fachada se calculará el gasto anual en energía eléctrica, por tener ventanas y/o fachadas de diferente tipo de cristal con respecto a lo que se gastaría al tener solamente ventanas y/o fachadas de cristal claro.

Las siguientes tablas muestran los resultados del análisis comparativo de la carga térmica para los tres casos antes descritos.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE CARGA TÉRMICA

Cristal Claro

Tipo de cristal	Area de cristal (m ²)	Costo del cristal (\$)	Toneladas de referencia	Ahorro en equipo de refrigeración	Consumo anual (MW/h)	Ahorro en operación
Cristal Claro AP	918.62	42835.25	67.17	0.0	572.97	0.0
Filtrasol AP	285.42	13309.13	19.23	0.0	206.98	0.0
Reflectasol AP	1402.82	65413.50	76.84	0.0	825.76	0.0
Total	2606.86	121557.88	163.24	0.0	1605.71	0.0

Tabla 4.7 Cristal Claro

Proposición A: (Cristal Claro, Filtrasol AP, Tintex)

Tipo de cristal	Area de cristal (m ²)	Costo del cristal (\$)	Toneladas de referencia	Ahorro en equipo de refrigeración	Consumo anual (MW/h)	Ahorro en operación
Cristal Claro AP	918.62	42835.25	67.17	0.0	572.97	0.0
Filtrasol AP	285.42	33180.08	3.39	14256.00	30.08	38918.00
Reflectasol AP	1402.82	88040.98	52.18	22194.00	543.07	62191.80
Total	2606.86	164056.86	122.74	36450.00	1146.12	101109.80

Tabla 4.8 Diferentes tipos de Cristal

Proposición B: (Cristal Claro, Filtrasol AP, Reflectasol AP)

Tipo de cristal	Area de cristal (m ²)	Costo del cristal (\$)	Toneladas de referencia	Ahorro en equipo de refrigeración	Consumo anual (MW/h)	Ahorro en operación
Cristal Claro AP	918.62	42835.25	67.17	0.0	572.97	0
Filtrasol AP	285.42	33180.08	3.39	14256.00	30.08	38918.00
Reflectasol AP	1402.82	141754.96	13.12	57348.00	99.91	159687.00
Total	2606.86	217770.29	83.68	71604.00	702.96	198605.00

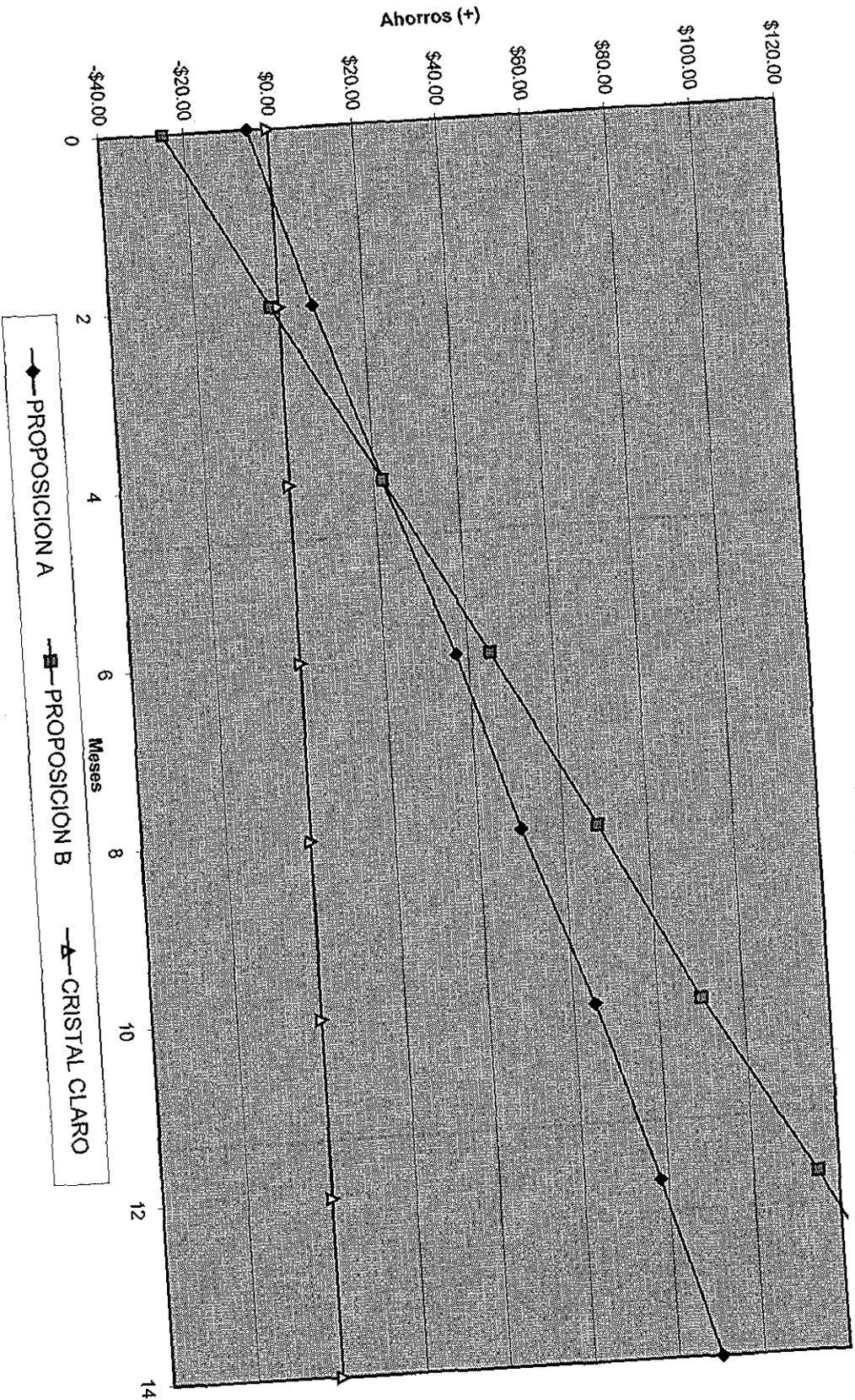
Tabla 4.9 Diferentes tipos de cristal

Si tomamos los gastos adicionales como cantidades negativas y a los ahorros como cantidades positivas; podremos construir una gráfica que consistirá en dos líneas rectas (proposición A y proposición B) con cierta pendiente.

La siguiente gráfica nos muestra los resultados de este análisis.

GRÁFICA DE GASTOS ADICIONALES Y AHORROS

En comparación con el Cristal Claro.



Gráfica 4.1 Gastos adicionales y ahorros

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como se dijo anteriormente, los gastos adicionales representarán cantidades negativas y los ahorros anuales representan cantidades positivas.

Esta gráfica consistirá en dos líneas rectas (proposiciones A y B) con cierta inclinación o pendiente. Y estas líneas sólo representarán de manera gráfica las cantidades acumuladas de gasto adicional y ahorro (juntos), que se tendrán a través del tiempo.

La opción en la cual se utilizaría solamente cristal claro en todo el edificio (referencia), estaría representada como una línea recta que no tienen pendiente y que estaría situada en el eje que separa los ahorros de los gastos adicionales (con valor de 0 a través del tiempo), dado que es el punto de comparación, nunca tendrá ahorros ni gastos adicionales.

Que el tiempo en el que cada recta pase por el eje que separa los ahorros de los gastos equivale al tiempo en el que los gastos adicionales se transformarán en el ahorros, lo que quiere decir que será igual al tiempo en el que se recupera la inversión (período de automatización).

Debido a que este tiempo de automatización se da en un período menor a un año, para lograr observar mejor el comportamiento de las rectas, se analizará solamente un año con divisiones de dos meses cada una.

En la gráfica podemos ver claramente que la pendiente en la recta que representa la proposición B es un tanto mayor que la pendiente de la recta que representa la proposición A. Lo que significa que tendremos ahorros mayores con respecto al tiempo (en cantidades acumuladas).

También podemos ver en la gráfica, que el tiempo en el que la recta de la proposición A pasa por el eje que separa los gastos adicionales de los ahorros es menor que el tiempo en el que la recta de la proposición B pasa por ese eje. Lo que significa que con la proposición A se recuperará más rápido la inversión que con la proposición B. Aunque también es importante mencionar los tiempos de recuperación para ambas proposiciones, serán muy pequeños: en la proposición A menos de un mes y en la proposición B un poco más de dos meses.

Es aquí donde las prioridades del cliente tienen que influir en la selección del cristal adecuado ya que se tiene que escoger entre recuperar más rápido la inversión o el tener mayores ahorros en los costos de operación de aire acondicionado y gasto de energía eléctrica a través del tiempo.

En el caso particular de este edificio, la diferencia que hay en el tiempo de recuperación de la inversión, de una proposición con otra es muy pequeño y la diferencia que se va a tener en ahorros en costos de operación de aire acondicionado y gasto de energía eléctrica, a través del tiempo es notablemente mayor, siendo la proposición B la que nos dará mayores ahorros con respecto a el tiempo.

Por lo que podemos concluir que la proposición B será la opción que más hubiera convenido a el cliente siempre y cuando, cumpla los requisitos de estética y funcionalidad del edificio.

4.4 Edificio de Alta Tecnología Eclipse, análisis y cumplimiento de la Norma NOM-008-ENER-2001.

Introducción.

La normalización para la eficiencia energética en edificios representa un esfuerzo encaminado a mejorar el diseño térmico de edificios, y lograr la comodidad de sus ocupantes con el mínimo consumo de energía.

En México, el mayor consumo de energía en las edificaciones es por concepto de acondicionamiento de aire, durante las épocas de mayor calor, principalmente en las zonas norte y costera del país.

La ganancia por radiación solar es la fuente más importante a controlar, lo cual se logra con un diseño adecuado de la envoltente.

En este sentido, esta Norma optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envoltente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes.

Objetivo.

El objetivo de esta Norma es el de limitar la ganancia de calor de las edificaciones a través de la envoltente de edificios no residenciales, y así poder racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

Especificaciones.

a) Ganancia de calor.

La ganancia de calor (Φ_p) a través de la envoltente del edificio proyectado debe ser menor o igual a la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia (Φ_r), es decir:

$$\Phi_p \leq \Phi_r$$

b) Características del edificio de referencia.

Se entiende por edificio de referencia aquel que conservando la misma orientación, las mismas condiciones de colindancia y las mismas dimensiones en planta y elevación del edificio proyectado, considera las siguientes especificaciones para las componentes de la envoltente:

Para el cálculo de ganancia de calor a través de la envoltente del edificio de referencia no se toma en cuenta la ganancia de calor a través del piso, debido a que se supone que se encuentra sobre el suelo. Sin embargo, en el caso de que el edificio proyectado tenga una o más pisos de estacionamiento por encima del suelo, se debe sumar la ganancia de calor a través del piso o entresuelo del primer nivel habitable del mismo.

c) Método de prueba (Cálculo del presupuesto energético)

Describe el método de cálculo de la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio proyectado y del edificio de referencia.

d) Cálculo de la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio proyectado.

La ganancia de calor a través de la envoltente del edificio proyectado, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\Phi_p = \Phi_{pc} + \Phi_{ps}$$

en donde:

Φ_p es la ganancia de calor a través de la envoltente del edificio proyectado, en W;

- Φ_{pc} es la ganancia de calor por conducción a través de las partes opacas y transparentes de la envolvente del edificio proyectado.
- Φ_{ps} es la ganancia de calor por radiación solar a través de las partes transparentes de la envolvente del edificio proyectado.

e) Cálculo de la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia.

Para que el edificio de referencia corresponda al edificio proyectado, el área total de cada una de las componentes para cada orientación debe ser igual para ambos. Las paredes del edificio de referencia se consideran con 60% de parte opaca (muro) y 40% de parte no opaca (transparente), y el techo con 95% de parte opaca y 5% de parte no opaca.

La ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia, es la suma de la ganancia de calor por conducción, más la ganancia de calor por radiación solar, es decir:

$$\Phi_r = \Phi_{rc} + \Phi_{rs}$$

en donde:

- Φ_r es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia, en W;
- Φ_{rc} es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia por conducción, en W.
- Φ_{ps} es la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia por radiación solar, en W.

f) Informe de resultados.

En el anexo 1 se muestra el formato para informar los resultados de la ganancia de calor obtenidos por el método de prueba especificado. La unidad de Verificación es la responsable de verificar el cumplimiento de esta Norma.

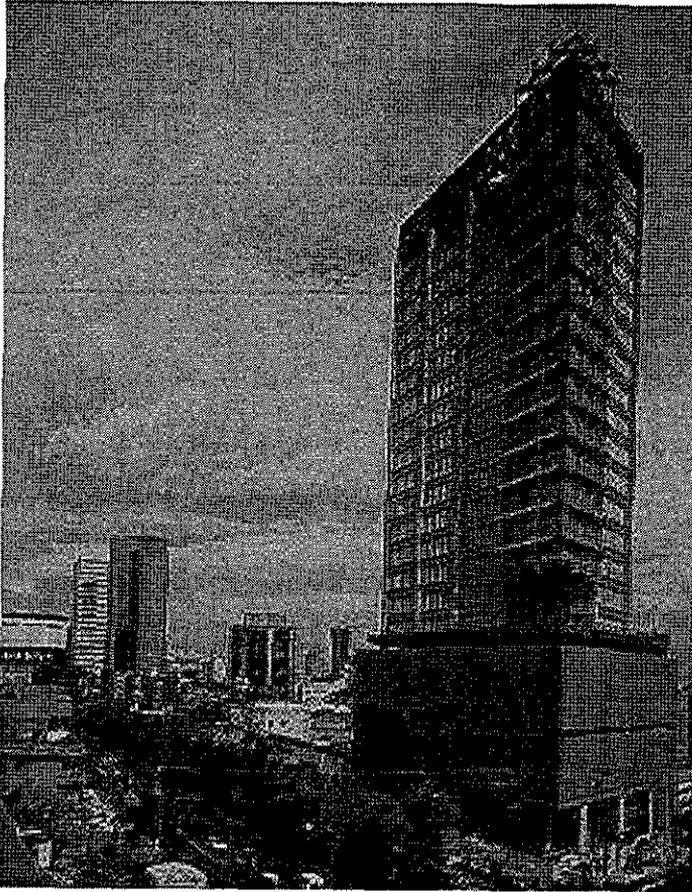
La siguiente tabla muestra las características principales de dicho edificio, de la cual, tomaremos en cuenta únicamente el área de la envoltente; se muestra además la imagen del edificio que se está analizando.

El edificio ocupado por la Secretaría de Energía está diseñado para enfrentar cambios radicales cada cinco años o menos, por lo que la flexibilidad para reestructurar estos espacios, equipos, instalaciones, etc., es de vital importancia, garantizando el máximo aprovechamiento del inmueble durante los próximos 15 a 20 años.

EDIFICIO ALTA TECNOLOGÍA ECLIPSE DATOS GENERALES

1. DATOS GENERALES			
Nombre del edificio: Protodo, S.A. de C.V.			
Rama: Empresa de servicios y comercios medianos y pequeños.			
Año de construcción:			
Año de inicio de actividades:		m ² de construcción: 24 000	m ² de terreno: 1515
2. UBICACION			
CORPORATIVO Y/O OFICINAS		PLANTA	
Calle: Insurgentes Sur 890			
Colonia: Del Valle			
Localidad: México			
Municipio y Estado: D.F.			
CP 03600 Teléfono y Fax: 5282-1785,		5282- 1788	
Altitud (MSNM): 2240		Orientación: 19° 26' Latitud Norte	
3. TIEMPO DE OPERACIONES Y PERSONAL			
Horario de actividades: 8:00 - 18:00 hrs.			
Días por semana:		lunes a viernes	
Horas de operación por año:		Teóricas	Reales
Número de usuarios: 1300 usuarios por todo el edificio.			
4. MATERIAL DE LAS FACHADAS			
Superficie	m ²	Material: Cristal (tipo)	Espesor (mm)
Norte	1162.8	Tintex	6
Sur	1395.38	Tintex, Reflecta plata, Claro.	6
Oriente	2732.58	Tintex, Reflecta plata, Claro.	6
Poniente	2244.20	Tintex, Reflecta plata, Claro.	6
Superficie lateral Total	7534.96		
5. CONSUMOS ENERGETICOS, CONSUMO MENSUAL			
Electricidad: 145280 kWh		Demanda máxima: 470 kW	
Tarifa eléctrica contratada: HM		Tensión de suministro: 23 kV	
Factor de potencia: 0.9 %			
6. RESPONSABLE			
Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
Gerente del Edificio:		Fecha: Marzo del 2000	

Tabla 4.10 Datos Generales Edificio Eclipse



EDIFICIO ECLIPSE INSURGENTES 890

Edificio ocupado por la Secretaría de Energía, es un edificio de oficinas, se encuentra ubicado en la Av Insurgentes Sur Col del Valle en México D.F.

El Edificio fue terminado en 1996, Premio Nacional de Energía en 1999, constituye hoy en día uno de los ejemplos más sobresalientes dentro de la modalidad de los Edificios Inteligentes de la Ciudad de México.

Fig. 4.3 Edificio Eclipse

Se aplicó dicha norma al Edificio Inteligente Eclipse y se determinó lo siguiente:

Como la ganancia de calor (ϕ_p) a través de la envolvente del edificio proyectado es menor que la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia (ϕ_r), el Edificio de Alta Tecnología Eclipse cumple con la Norma NOM-008-ENER-2001.

En el anexo número 1 se muestran todos los cálculos acerca de la aplicación de la norma.

4.5.- Conclusiones

La envolvente en un edificio juega un papel muy importante en el ahorro de energía.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La envolvente es directamente responsable del flujo de Luz Natural y la Carga Térmica que hay en un edificio y por lo tanto el tener mayores ahorros en los costos de operación, aire acondicionado y gastos de energía eléctrica a través del tiempo.

En México el acondicionamiento de los edificios repercute en gran medida en la demanda máxima del sistema eléctrico, siendo mayor su impacto en las zonas norte y costeras del país.

Otro factor que juega un papel importante es cumplir con la norma NOM-008-ENER la cual limita la ganancia de calor de las edificaciones a través de su envolvente, con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

En el análisis comparativo del flujo luminoso y de la carga térmica en el Edificio de Alta Tecnología Arquímedes se ve claramente que el no seleccionar adecuadamente el tipo de cristal para la fachada para una orientación específica nos genera un mayor consumo de energía tanto para iluminación como para aire acondicionado debido a que el sistema envolvente es el directamente responsable.

El objetivo de seleccionar el cristal óptimo es el de evitar : la iluminación artificial, mayor carga de aire acondicionado y por lo tanto mayor gasto económico.

En el análisis y cumplimiento de la Norma NOM-008-ENER-2001 PARA EL Edificio de Alta Tecnología Eclipse se aplicó a este y debido a que la ganancia de calor (ϕ_p) a través de la envolvente del edificio proyectado es menor que la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia(ϕ_r), el Edificio de Alta Tecnología Eclipse cumple con la Norma.

En este sentido, la norma NOM-008 optimiza el diseño desde el punto de vista del comportamiento térmico de la envolvente, obteniéndose como beneficios, entre otros, el ahorro de energía por la disminución de la capacidad de los equipos de enfriamiento y un mejor confort de los ocupantes.

En el siguiente capítulo se definirán los principales Índices energéticos los cuales permiten hacer un análisis más completo del ahorro energético en un edificio.

Capítulo 5.- Índices de Consumo Energético.

En este tema se definirán los principales Índices Energéticos necesarios como medida del desempeño de la situación energética de la instalación.

Los Índices Energéticos se usan para determinar la eficiencia energética de las operaciones y subsecuentemente, el potencial de ahorro de energía. Estos índices pueden servir también para comparar la eficiencia de distintas plantas, pero son más valiosos en el seguimiento de la eficiencia de una misma planta a través del tiempo.

Se describirá la aplicación de herramientas estadísticas para determinar cualitativamente el grado de representatividad de los índices energéticos, así como para establecer alguna hipótesis acerca del potencial de ahorro a alcanzarse mediante la adopción de sistemas de control.

Por último a manera de ejemplo se determinarán los índices energéticos de Edificios de Alta Tecnología contra Convencionales.

5.1.- Definición de Índices Energéticos.

Se definirán primeramente los conceptos:

Carga Instalada [Ci] (kW).- La carga instalada esta definida como la suma de las potencias nominales de los servicios conectados en una zona determinada ; se expresa generalmente en kW.

$$Ci = \sum kW$$

Densidad de carga [Dc] (kW/m²).- Es el cociente de dividir la carga instalada entre el área de la zona del proyecto; se expresa generalmente en kW / m².

$$Dc = Ci / \text{área}$$

Demanda [D] (kW).- La demanda de una instalación eléctrica es la carga en las terminales receptoras, tomada con un valor medio en el intervalo de tiempo determinado. El período durante el cual se00 toma el valor medio se denomina

intervalo de demanda. La duración que se fije a este intervalo dependerá del valor de demanda que se desee conocer, se expresa generalmente en kW.

Demanda máxima. [DM] (kW).- Se conoce como demanda máxima de una carga a la demanda instantánea mayor que se presenta en una carga, en un periodo de trabajo previamente establecido, se expresa generalmente en kW.

Factor de demanda [Fd] (1).- El factor de demanda, en un intervalo de tiempo (t), de una carga es el cociente de dividir la demanda máxima entre la carga total instalada. El factor de demanda generalmente será menor que uno; siendo unitario sólo cuando, durante el intervalo considerado, todos los aparatos conectados a la carga estuviesen absorbiendo sus potencias nominales. Matemáticamente este concepto lo podemos expresar como:

$$F_d = \frac{D_M(t)}{C_i}$$

Factor de utilización [Fu].- El factor de utilización de un sistema eléctrico en un intervalo de tiempo (t), es la razón entre la demanda máxima y la capacidad nominal del sistema.

Es conveniente hacer notar aquí que, mientras el factor de demanda nos expresa el porcentaje de carga instalada que se está alimentando, el de utilización indica la fracción de la capacidad del sistema que se está utilizando durante el pico de carga, en el intervalo considerado. Matemáticamente este concepto lo podemos expresar como sigue:

$$F_u = \frac{D_M(t)}{\text{Cap. inst.}}$$

Factor de carga [Fc].- Se define como factor de carga al cociente de dividir la demanda promedio en un intervalo de tiempo dado entre la demanda máxima observada en el mismo intervalo. Matemáticamente este concepto lo podemos expresar como:

$$F_c = \frac{D_m}{C_M}$$

En este caso el intervalo que generalmente se considera para el cálculo del valor de demanda máxima (DM) es el instantáneo. En la determinación del factor de carga de un sistema, es necesario especificar el intervalo de demanda

en el que estén considerando los valores de demanda máxima instantánea (DM) y demanda promedio (Dm), ya que, para una misma carga, un período establecido mayor dará por resultado un factor de carga más pequeño. Matemáticamente podemos expresarlo:

$$F_c \text{ Anual} < F_c \text{ Mensual} < F_c \text{ Semanal} < F_c \text{ Diario}$$

De la ecuación de factor de carga, se puede deducir que el factor de carga queda entre los límites:

$$0 < F_c \leq 1$$

Otra forma de expresar el Fc, lo cual permite su cálculo en forma simplificada, es la siguiente:

$$F_c = \frac{D_m \times t}{C_M \times t}$$

O bien,

$$F_c = \frac{\text{Energía absorbida en el tiempo } t}{D_M \times t}$$

Factor de Potencia.- La relación entre la potencia activa y la potencia total es lo que se denomina como factor de potencia y matemáticamente al coseno del ángulo de desfasamiento entre las dos potencias, es decir:

$$\text{Factor de potencia} = \cos \theta = \frac{P}{S}$$

Índice energético.- Relación entre dos cantidades, que muestra la evolución de un fenómeno.

5.2 Principales Índices Energéticos

Existe una gran cantidad de índices energéticos que manejan las áreas administradoras de la energía.

Los Índices energéticos más importantes para llevar a cabo tanto el análisis económico como el energético son:

PRINCIPALES ÍNDICES ENERGÉTICOS

ÍNDICES ENERGÉTICOS	ABREVIATURA	UNIDADES SI
Carga Instalada	C.I.	kW
Demanda Máxima	D.M.	kW
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona	DPE x P	W / P
Densidad de Potencia Eléctrica por Área	DPE x A	W/m ²
Factor de Potencia	f.p.	1
Consumo de Energía Eléctrica Total	CEE	kWh
Consumo de Energía Eléctrica por Aire Acondicionado	CEE x AA	kWh
Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación	CEE x I	kWh
Densidad de Energía Eléctrica por Área	DEE x A	kWh/m ²
Densidad de Energía Eléctrica por Persona	DEE x P	kWh/P
Iluminación por Área	I x A	W/m ²
Iluminación por Persona	I x P	W/P
Aire Acondicionado por Área	AA x A	kWh/m ²
Aire Acondicionado por Persona	AA x P	kWh/P
Densidad de Carga	D _c	Kw/m ²
Factor de Demanda	F _D	1
Factor de Utilización	F _U	1
Factor de Carga	F _C	1

Tabla 5.1 Índices de consumo Energético.

Uno de los Índices Energéticos más usados a nivel nacional e internacional que determina la eficiencia energética es la **Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh / m²- año)**.

5.3. Análisis Estadístico de los Índices Energéticos

El manejo de los índices energéticos como medida del desempeño de la situación energética de la instalación, es una de las principales actividades del administrador de la energía. Si bien, el conocer el valor promedio del índice energético y su variación de un período a otro, aporta información importante al área administradora de energía, ésta por si sola no es suficiente para

determinar que tan representativo es dicho valor promedio y que potenciales de ahorro ofrece la instalación.

Por ello, el análisis de dispersión es una herramienta fundamental, que aunada al análisis correlacional del comportamiento histórico de los índices, nos permite calificar el grado de representatividad de índice, así como establecer hipótesis acerca de los potenciales de ahorro a obtenerse mediante el control adecuado de los parámetros involucrados.

Existe una gran cantidad de índices energéticos que manejan las áreas administradoras de la energía y en la práctica este tipo de análisis significará el potencial de la información que nos proporcionan dichos índices. Como parte del presente trabajo, se presentará como ejemplo ilustrativo el análisis de un índice energético.

a) Demanda eléctrica específica. - Índice que relaciona a la Demanda Máxima medida con el consumo, y está definida como el cociente de la demanda máxima medida (expresada en kW) por el número de horas del período de facturación y el Consumo de energía eléctrica en el mismo período.

$$D E = D M M \times \text{No. De horas} / \text{Consumo}$$

Análisis Estadístico

Todo esto se hace con base en la Memoria Técnica de ATPAE "Seminario Nacional sobre el uso racional de la energía". La cual se llevó a cabo del 21 al 25 de septiembre de 1998.

Mediante el análisis estadístico de los índices energéticos, se calculará el valor de éstos para una serie histórica de datos y determinaremos sus valores característicos, el nivel de dispersión de la serie de datos, y estableceremos hipótesis acerca del potencial de ahorro de energía mínimo a obtenerse.

En primer lugar se espera determinar valores característicos de los principales índices energéticos para una planta en particular.

Estos valores característicos, definirán el contexto energético en el que se ha venido desarrollando dicha planta, y servirán de base para compararlos con los indicadores de otras plantas similares o bien de otras tecnologías.

Adicionalmente, y con el fin de determinar la representatividad de los índices energéticos obtenidos, se calculará el grado de dispersión de los valores

mensuales de estos índices. En términos generales, podremos asegurar que un índice que presenta un grado de dispersión bajo, es un índice realmente representativo de la planta; en tanto que uno con un grado de dispersión alto, habrá que analizarlo con mayor detenimiento para determinar a que se puede deber el alto grado de dispersión.

Por último, a través del análisis correlacional de los datos, estableceremos sendas hipótesis acerca del potencial de ahorro, tanto de energía como por concepto de demanda.

Índices energéticos característicos:

Los índices energéticos característicos de una instalación determinada, son aquellos que reflejan la situación usual de la planta y se calculan como el promedio de los valores mensuales, de una serie histórica de datos. Esto es, los índices energéticos característicos son los valores promedio de la serie histórica bajo análisis.

Como ejemplo considérese la siguiente serie histórica del consumo de energía del Edificio de Alta Tecnología Eclipse:

MES	CONSUMO (kWH)	DEMANDA (kW)	Tiempo Laborado (h)	PRODUCCIÓN (TONELADAS)	CONSUMO ESPECÍFICO (kWH/TON)	DEMANDA ESPECÍFICA
Ene	154228	456	220			0.6505
Feb	151062	560	200			0.7414
Mar	152287	547	220			0.7902
Abr	183745	653	220			0.7818
May	190445	653	210			0.7201
Jun	196816	699	220			0.7813
Jul	186705	608	230			0.7490
Ago	176752	574	210			0.6820
Sep	199637	574	220			0.6325
Oct	193197	533	220			0.6070
Nov	185316	501	210			0.5677
Dic	168343	477	230			0.6517
Prom	178211.08	569.58	217.5			0.6963

Tabla 5.2 Serie histórica de consumo de energía del edificio Eclipse, año 1998.

Se pueden observar los valores de los índices energéticos mensuales, así como los valores promedios de la serie histórica. Por lo que se puede decir que los índices característicos son:

Demanda Específica : 0.6963 (kW-h / kWh)

Análisis de dispersión

El análisis de dispersión de los índices energéticos, consiste en caracterizar que tan alejados se encuentran los valores de la serie histórica de datos, del valor promedio.

Este análisis está basado en el cálculo de la desviación estándar de la serie histórica de datos y cualificar con base a la desviación estándar, la dispersión.

Mientras menor sea la dispersión, diremos que el *índice característico* es más representativo de lo que sucede en la empresa, y por el contrario, mientras mayor sea la dispersión, el *índice característico* será menos representativo.

Para efectos del presente análisis, definiremos como la dispersión porcentual del índice al térmico:

$$Dispersión = \frac{2S}{X'} * 100$$

donde:

- X'** es el valor promedio del índice en el período considerado.
- S** es la desviación estándar de los valores , definida está, como: $S = \sqrt{\sum (X_i - X')^2 / n}$.
- X_i** es el valor del índice correspondiente al periodo "i".
- n** es el número de datos.

En términos cualitativos podemos calificar a la dispersión de un índice energético de la siguiente manera:

DISPERSIÓN	CALIFICATIVO DEL ÍNDICE
< 20 %	Bueno
>20% < 40%	Aceptable
>40% < 75%	Cuestionable
> 75 %	No representativo

Tabla 5.3 Dispersión de Índices Energéticos

Para ilustrar el procedimiento, considérese la serie histórica del ejemplo anterior:

ÍNDICE	VALOR PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR S	DISPERSIÓN %	CALIFICATIVO
Demanda Específica	0.6962	0.0716498	20.58	Bueno

Tabla 5.4 Calificación de la Dispersión de los Índices

Análisis correlacional

Descripción

El análisis correlacional consiste en observar el comportamiento de intensidades específicas para diferentes valores de producción o consumo. En el caso que nos ocupa, observaremos el comportamiento de los principales índices energéticos como función de su denominador. En el caso del consumo eléctrico específico, se hará como función del volumen de producción; y en el caso de la demanda eléctrica, el análisis se hará como función del consumo de energía eléctrica.

¿Qué se espera observar ?

Una instalación industrial cuando opera a su capacidad nominal, se obtiene al mayor rendimiento del equipo y por lo tanto las menores intensidades energéticas. Es por ello, que en un análisis correlacional esperamos una curva de comportamiento suave cuando graficamos el indicador

energético como función, donde conforme aumenta el nivel de producción disminuye el valor del indicador.

Si bien existen algunos procesos industriales con características especiales que hacen que el comportamiento de los indicadores energéticos seas distinto al esperado, éstos son la excepción y habrá que hacerles un tratamiento a parte.

Al realizar el presente análisis, es necesario recordar que se trata de un análisis preliminar, basado únicamente en datos estadísticos de producción y consumo, que nos indicará la posible existencia de anomalías (ineficiencias o derroches) en el uso de la energía. Sin embargo, las condiciones a las que este análisis nos lleve, **no podrán ser consideradas como definitivas** en tanto que no se realice un análisis del proceso de producción.

Análisis correlacional de la demanda específica

En la figura siguiente se presenta el comportamiento de este índice como función del consumo de energía eléctrica. En dicha figura apreciamos el comportamiento de este índice (línea superior). Obsérvese sobre el mismo gráfico la curva de comportamiento mínimo esperado (línea inferior); esta ha sido construida uniendo los puntos más bajo de la curva real.

El área entre ambas curvas representa la demanda que se ha tenido de más durante el periodo de análisis, y será la base de nuestra hipótesis, acerca del potencial de ahorro por concepto de demanda máxima.

Al igual que en el caso anterior, para determinar el potencial de ahorro, calcularemos el valor esperado del índice para cada uno de los datos de la serie, así como la diferencia entre el valor real y el esperado, tal como se muestra en la tabla siguiente.

El consumo de energía en exceso se determinará multiplicando la diferencia entre el valor real y el esperado por la producción correspondiente del mes que se trate.

MES	CONSUMO (KWH)	DEMANDA (kW)	DEMANDA ESPECÍFICA	DEM. ESP. ESPERADA	DIFERENCIA	DEMANDA EN EXCESO
Ene	154228	456	0.6505	0.6505	0	0
Feb	151062	560	0.7414	0.7414	0	0
Mar	152287	547	0.7902	0.7015	0.0887	0.12
Abr	183745	653	0.7818	0.5618	0.2200	183
May	190445	653	0.7201	0.5876	0.1325	120
Jun	196816	699	0.7813	0.6183	0.1630	145
Jul	186705	608	0.7490	0.5727	0.1763	143
Ago	176752	574	0.6820	0.5622	0.1198	100.80
Sep	199637	574	0.6325	0.6325	0	0
Oct	193197	533	0.6070	0.6070	0	0
Nov	185316	501	0.5677	0.5677	0	0
Dic	168343	477	0.6517	0.5763	0.0754	55
Prom..	178211.08	569.58	0.6963	0.615	0.0813	62.24

Tabla 5.5 Demanda en exceso del edificio Eclipse 1998

Lo anterior nos permite formular la hipótesis de que existe un potencial mínimo de ahorro por concepto de demanda máxima medida de 62.24 kW mensuales, proveniente de la implantación de mecanismos de control.

En la figura siguiente se presenta el comportamiento de este índice energético como función del consumo de energía eléctrica.

Para determinar el potencial de ahorro, se calcula el valor esperado del índice para cada uno de los datos de la serie, así como la diferencia entre el valor real y el esperado.

La energía en exceso se determinará multiplicando la diferencia entre el valor real y el esperado por la producción del mes que se trate.

También se aprecia el comportamiento de este índice (línea superior). Obsérvese sobre el mismo gráfico la curva de comportamiento mínimo esperado (línea inferior); ésta ha sido construido uniendo los puntos más bajos de la curva real.

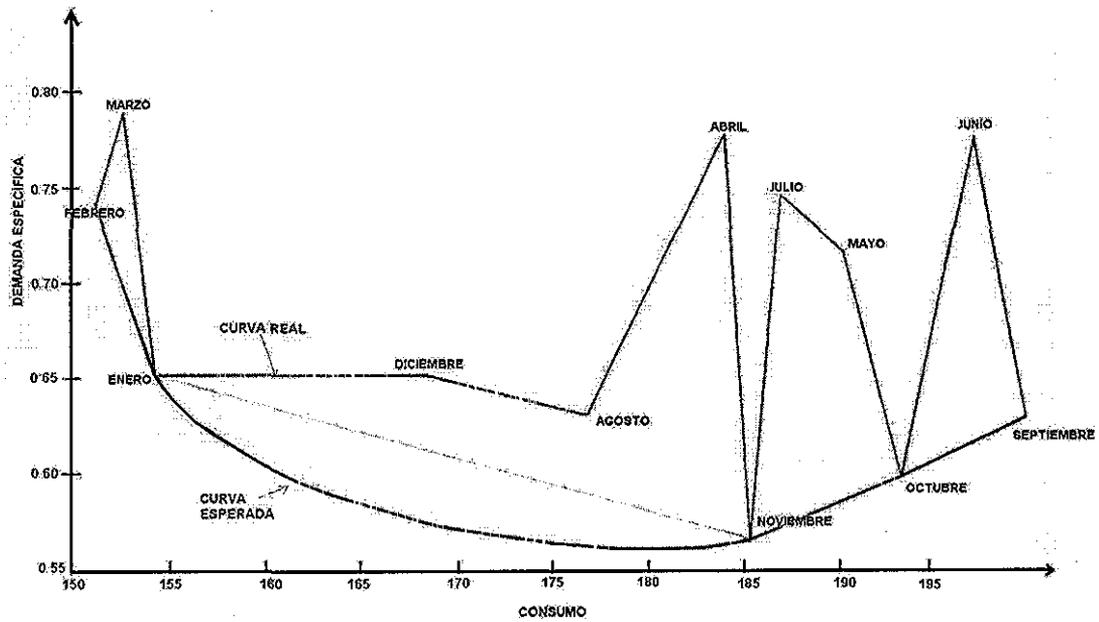


Fig. 5.1 Demanda Específica

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.4.- Determinación de Índices Energéticos de Edificios de Alta Tecnología y Convencionales.

A continuación se describe la manera de obtener los principales Índices Energéticos de la muestra de Edificios de Alta Tecnología , Convencionales y posteriormente se hará una comparación previa.

- **Índices Energéticos del Edificio de Alta Tecnología Arquímedes**

De la tabla de datos generales del edificio (tabla 4.2) se obtienen los siguientes datos:

DATOS ELÉCTRICOS EDIFICIO ARQUÍMEDES			
Descripción	Valores	Unidades	Observaciones
Tarifa eléctrica	OM	---	Horaria
Región	C	---	centro
Demanda máxima	407.04	kW	Promedio mensual
Consumo mensual	130,786	kWh/mes	Promedio
Factor de potencia	89	%	Promedio
Factor de carga		%	Promedio
Facturación mensual	89,222	\$/mes	Promedio
Costo unitario	0.6822	\$/kWh	Promedio mensual
Capacidad de transformadores		kVA	
Factor de carga instalada		kW/kVA	
Capacidad de plantas de emergencia		kW	
Factor de disponibilidad		%	

Tabla 5.6 Facturación Eléctrica

Con ayuda de estos datos se determinan los principales Índices Energéticos del edificio (tabla 5.7) que son relevantes para poder determinar la eficiencia energética y posteriormente compararlo con otro.

RELACIÓN DE ÍNDICES ENERGÉTICOS MENSUALES EDIFICIO ALTA TECNOLOGÍA ARQUÍMEDES

ÍNDICES ENERGÉTICOS	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Tarifa Eléctrica	0M	
Número de personas	620	
Área total (m ²)	20,360	
Carga instalada (kW)		
Demanda Máxima (kW)	407	
Densidad de Potencia Eléctrica por Área (W/m²)	20	
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona (W/p)	656	
Factor de Potencia (%)		
Consumo de Energía Eléctrica (kWh)	130,786	
Costo de la Energía Eléctrica (\$)	39,235	
Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh/m²)	6.42	
Densidad de Energía Eléctrica por Persona (kWh/p)	211	
Costo de la Energía Eléctrica por Área (\$/m²)	1.92	
Costo de la Energía Eléctrica por Persona (\$/p)	63.3	
Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación (kWh)	28972.5	
Consumo de Energía Eléctrica por aire acondicionado (kWh)	101813.5	
Iluminación por persona (W/p)	46.73	
Iluminación por área (W/m²)	10	
Costo Iluminación por área (\$/m ²)	0.427	
Costo Iluminación por persona (\$/p)	14	
Aire Acondicionado por área (kW/m ²)	5	
Aire Acondicionado por persona (kW/p)	164	
Costo de aire acondicionado por área (\$/m ²)	1.5	
Costo de aire acondicionado por persona (\$/p)	49	
Ahorro de energía eléctrica (kWh)	85,755	
Ahorro (\$)	39.6	
Ahorro en Demanda	25,726	
Costo unitario de la Energía Eléctrica (\$/kWh)	0.3	
Costo del aire acondicionado (\$/kWh)		

Tabla 5.7 Índices Energéticos Edificio Arquímedes

• **Índices Energéticos del Edificio de Alta Tecnología Eclipse**

De la tabla de datos generales del edificio (tabla 3.2) se obtienen los siguientes datos:

DATOS ELÉCTRICOS EDIFICIO ECLIPSE			
Descripción	Valores	Unidades	Observaciones
Tarifa eléctrica	HM	---	Horaria
Región	C	---	centro
Demanda máxima	569.00	kW	Promedio mensual
Consumo mensual	178,211	kWh/mes	Promedio
Factor de potencia	89.41	%	Promedio
Factor de carga	43.40	%	Promedio
Facturación mensual	118,721	\$/mes	Promedio
Costo unitario	0.6682	\$/kWh	Promedio mensual
Capacidad de transformadores	2,300	kVA	
Factor de carga instalada	0.247	kW/kVA	
Capacidad de plantas de emergencia	940	kW	
Factor de disponibilidad	165.20	%	

Tabla 5.8 Facturación Eléctrica Edificio Eclipse

RELACIÓN DE ÍNDICES ENERGÉTICOS MENSUALES EDIFICIO ALTA TECNOLOGÍA ECLIPSE

ÍNDICES ENERGÉTICOS	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Tarifa Eléctrica	HM	
Número de personas	1015	
Área total (m ²)	24,000	
Carga instalada (kW)		
Demanda Máxima (kW)	569	
Densidad de Potencia Eléctrica por Área (W/m²)	23.7	
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona (W/p)	560	
Factor de Potencia (%)	89.41	
Consumo de Energía Eléctrica (kWh)	178,721	
Costo de la Energía Eléctrica (\$)	39,235	
Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh/m²)	7.42	
Densidad de Energía Eléctrica por Persona (kWh/p)	175	
Costo de la Energía Eléctrica por Área (\$/m²)	4.94	
Costo de la Energía Eléctrica por Persona (\$/p)	117	
Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación (kWh)	38,539	
Consumo de Energía Eléctrica por aire acondicionado (kWh)	135,416.6	
Iluminación por persona (kWh/p)	38	
Iluminación por área (kWh/m ²)	1.6	
Costo Iluminación por área (\$/m ²)	1.07	
Costo Iluminación por persona (\$/p)	25	
Aire Acondicionado por área (kW/m ²)	5.6	
Aire Acondicionado por persona (kW/p)	133.4	
Costo de aire acondicionado por área (\$/m ²)	3.77	
Costo de aire acondicionado por persona (\$/p)	89.5	
Ahorro de energía eléctrica (kWh)	24,789	
Ahorro (\$)	12.21	
Ahorro en Demanda		
Costo unitario de la Energía Eléctrica (\$/kWh)	0.6686	
Costo del aire acondicionado (\$/kWh)		

Tabla 5.9 Índices Energéticos Edificio Eclipse

• **Índices Energéticos del Edificio de Alta Tecnología Centro Bancomer**

Bancomer, S.A. es una empresa de servicios bancarios y financieros la cual presentó una propuesta técnica de eficientización energética del inmueble Centro Bancomer como parte de su proyecto denominado Economía Energética y Protección Ambiental (EEPA). El inmueble se encuentra ubicado en Av. Universidad No 1220 Colonia Xoco, en México D.F.

El suministro de energía eléctrica lo proporciona Luz y Fuerza del Centro con las siguientes características:

DATOS ELÉCTRICOS EDIFICIO Bancomer			
Descripción	Valores	Unidades	Observaciones
Tarifa eléctrica	HM	---	Horaria
Región	C	---	centro
Demanda máxima	2396	kW	Promedio mensual
Consumo mensual	1214109	kWh/mes	Promedio
Factor de potencia		%	Promedio
Factor de carga		%	Promedio
Facturación mensual	811267	\$/mes	Promedio
Costo unitario	0.6682	\$/kWh	Promedio mensual
Capacidad de transformadores		kVA	
Factor de carga instalada		kW/kVA	
Capacidad de plantas de emergencia		kW	
Factor de disponibilidad		%	

Tabla 5.10 Facturación Eléctrica Edificio Eclipse

RELACIÓN DE ÍNDICES ENERGÉTICOS MENSUALES EDIFICIO ALTA TECNOLOGÍA CENTRO BANCOMER

ÍNDICES ENERGÉTICOS	EDIFICIO 1	EDIFICIO 2
Tarifa Eléctrica	HM	
Número de personas	5131	
Área total (m ²)	130,000	
Carga instalada (kW)		
Demanda Máxima (kW)	2396	
Densidad de Potencia Eléctrica por Área (W/m²)		
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona (W/p)		
Factor de Potencia (%)		
Consumo de Energía Eléctrica (kWh)	1214,109	
Costo de la Energía Eléctrica (\$)	811,267	
Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh/m²)	9.33	
Densidad de Energía Eléctrica por Persona (kWh/p)	2.36	
Costo de la Energía Eléctrica por Área (\$/m²)	6.24	
Costo de la Energía Eléctrica por Persona (\$/p)	236.62	
Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación (kWh)		
Consumo de Energía Eléctrica por aire acondicionado (kWh)		
Iluminación por persona (kWh/p)		
Iluminación por área (kWh/m ²)		
Costo Iluminación por área (\$/m ²)		
Costo Iluminación por persona (\$/p)		
Aire Acondicionado por área (kW/m ²)		
Aire Acondicionado por persona (kW/p)		
Costo de aire acondicionado por área (\$/m ²)		
Costo de aire acondicionado por persona (\$/p)		
Ahorro de energía eléctrica (kWh)		
Ahorro (\$)		
Ahorro en Demanda		
Costo unitario de la Energía Eléctrica (\$/kWh)		
Costo del aire acondicionado (\$/kWh)		

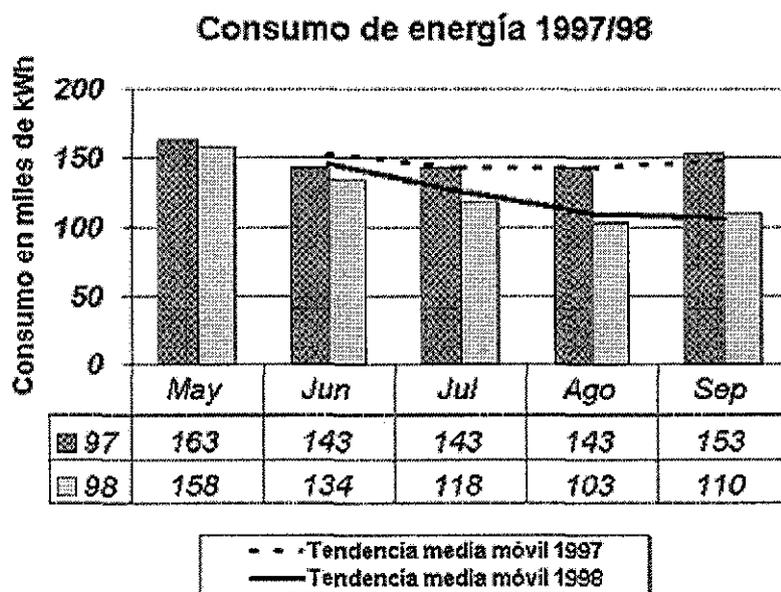
Tabla 5.11 Índices Energéticos Edificio Eclipse



Edificio Convencional de la Semarnat

Bajo el esquema del programa Cien Edificios Públicos, la CONAE entregó en octubre de 1997 el diagnóstico energético del edificio sede de Semarnat, el cual fue la base para iniciar, en mayo de 1998, los trabajos de sustitución de equipos de alumbrado por sistemas de mayor eficiencia.

En la gráfica siguiente se muestra el consumo eléctrico para los mismos periodos de 1997 y 1998 (de mayo a septiembre), donde se puede observar que la tendencia media móvil para 1997 registra un aumento para el mes de septiembre: Por otro lado, para el año de 1998 se observa un decremento en el consumo de energía, esto se debe a que en junio de 1998 se concluyeron los trabajos de reemplazo de los equipos de iluminación mencionados anteriormente.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

Tabla 5.12 Consumo de Energía Semarnat.

EDIFICIO CONVENCIONAL DE LA SEMARNAT DATOS GENERALES

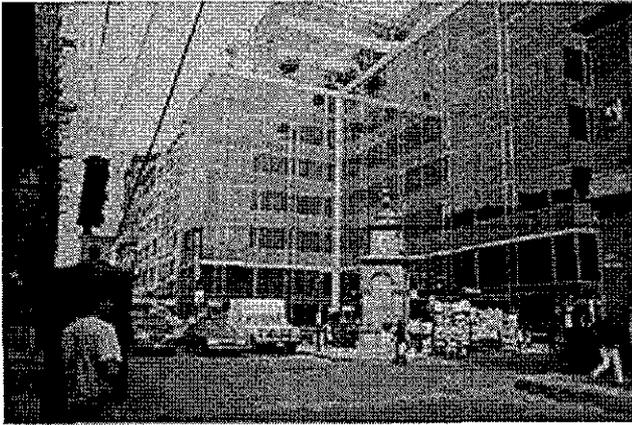
1. DATOS GENERALES			
Nombre del edificio: Edificio de la SEMARNAT			
Rama: Oficinas de Administración Pública			
Año de construcción:			
Año de inicio de actividades:		m ² de construcción: 26, 467m ² de terreno:	
2. UBICACION			
CORPORATIVO Y/O OFICINAS		PLANTA	
Calle:			
Colonia:			
Localidad: México			
Municipio y Estado: D.F.			
C.P. Teléfono y Fax:			
Altitud (MSNM): 2240		Orientación	
3. TIEMPO DE OPERACIONES Y PERSONAL			
Horario de actividades			
Días por semana:			
Horas de operación por año: Teóricas		Reales	
Número de usuarios: 1191 por todo el edificio			
4. MATERIAL DE LAS FACHADAS			
Superficie	m ²	Material: Cristal (tipo)	Espesor (mm)
Norte			
Sur			
Oriente			
Poniente			
Superficie lateral total			
5. CONSUMOS ENERGÉTICOS: CONSUMO MENSUAL			
Electricidad: 150 kWh		Demanda máxima: kW	
Tarifa eléctrica contratada:		Tensión de suministro:	
Factor de potencia			
6. RESPONSABLE			
Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
Gerente del Edificio:		Fecha: marzo 1998	

Tabla 5.13 Datos Generales del Edificio Semarnat

COMPARACIÓN DE ÍNDICES ENERGÉTICOS ANUALES EDIFICIO DE ALTA TECNOLOGÍA ARQUÍMEDES VS. EDIFICIO CONVENCIONAL SEMARNAT

ÍNDICES ENERGÉTICOS	ARQUÍMEDES	SEMARNAT
Tarifa Eléctrica	0M	HM
Número de personas	620	1191
Área total (m ²)	20,360	26,467
Carga instalada (kW)		
Demanda Máxima (kW)	366.5	
Densidad de Potencia Eléctrica por Área (W/m²)	18	20
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona (W/p)	591	455
Factor de Potencia (%)	89	
Consumo de Energía Eléctrica (kWh)	1369821	1979996
Costo de la Energía Eléctrica (\$)	934492	1350753
Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh/m² - año)	67.28	74.81
Densidad de Energía Eléctrica por Persona (kWh/p)	2209	1662
Costo de la Energía Eléctrica por Área (\$/m²)	20	50
Costo de la Energía Eléctrica por Persona (\$/p)	6614	1111
Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación (kWh)		
Consumo de Energía Eléctrica por aire acondicionado (kWh)		
Iluminación por persona (W/p)		
Iluminación por área (W/m²)	10	15
Costo Iluminación por área (\$/m ²)		
Costo Iluminación por persona (\$/p)		
Aire Acondicionado por área (kW/m ²)		
Aire Acondicionado por persona (kW/p)		
Costo de aire acondicionado por área (\$/m ²)		
Costo de aire acondicionado por persona (\$/p)		
Ahorro de energía eléctrica (kWh)	610,175	
Ahorro (%)	30.81	
Ahorro (\$)	416261	
Costo unitario de la Energía Eléctrica (\$/kWh)	0.6822	
Ahorro en Demanda Máxima		

Tabla 5.14 Comparación de Índices Energéticos Anuales



Edificio Bancomer

Programa Cien Edificios Privados
Oficinas Administrativas del
Corporativo de Bancomer Bolívar
No. 38, Colonia Centro. México,
D.F.

Ante el elevado consumo de la energía eléctrica y por consiguiente del costo de la misma, la Dirección de Servicios Inmobiliarios de Bancomer implementa un programa orientado a:

- Reducción de costos
- Mantener los niveles de servicio
- Implementar programas de Ahorro de Energía
- Buscar apoyo y asesoría técnica y administrativa
- Adecuar las medidas a la infraestructura existente

En este contexto, Bancomer se incorpora al programa "100 Edificios Privados / Aire Acondicionado" de la CONAE y recibe capacitación por parte de la Comisión en el uso de la Metodología de análisis del sistema de iluminación, así como para realizar el levantamiento de datos de sus instalaciones. En octubre de 1998 recibió el diagnóstico energético de sus instalaciones, el cuál se utilizó como una de las bases para la realización de las acciones encaminadas al uso eficiente y racional de la energía.

La siguiente gráfica muestra los consumos de energía eléctrica del inmueble durante el periodo enero 1998 a junio 1999, donde puede apreciarse la reducción en el consumo a partir de diciembre 1998.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

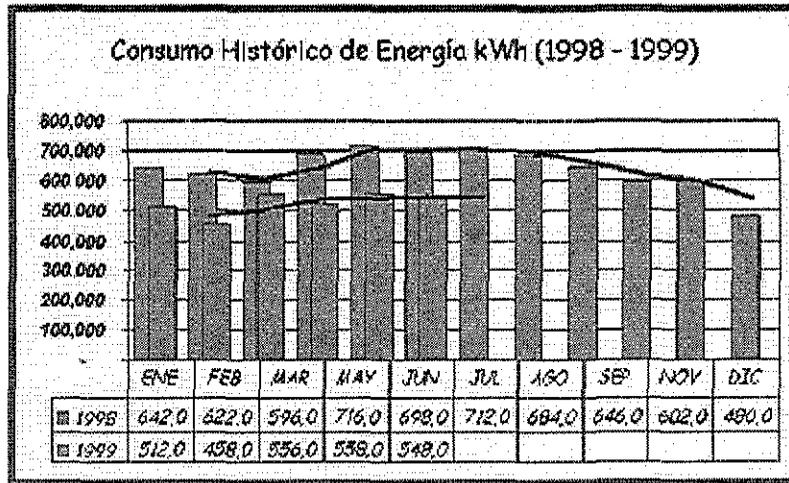


Tabla 5.15 Consumo de Energía Bancomer

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

EDIFICIO CONVENCIONAL BANCOMER DATOS GENERALES

1. DATOS GENERALES			
Nombre del edificio: Oficinas de BANCOMER			
Rama: Oficinas de Administrativas			
Año de construcción:			
Año de inicio de actividades:		m ² de construcción: 40553	m ² de terreno:
2. UBICACION			
CORPORATIVO Y/O OFICINAS		PLANTA	
Calle: Bolivar No. 38			
Colonia: Centro			
Localidad: México, D. F.			
Municipio y Estado:			
CP Teléfono y Fax:			
Altitud (MSNM):		Orientación:	
3. TIEMPO DE OPERACIONES Y PERSONAL			
Horario de actividades:			
Días por semana:			
Horas de operación por año:		Teóricas	Reales
Número de usuarios: 1023 usuarios por todo el edificio.			
4. MATERIAL DE LAS FACHADAS			
Superficie	m ²	Material: Cristal (tipo)	Espesor (mm)
Norte			
Sur			
Oriente			
Poniente			
Superficie lateral Total			
5. CONSUMOS ENERGETICOS, CONSUMO MENSUAL			
Electricidad: 700 000 kWh		Demanda máxima: kW	
Tarifa eléctrica contratada:		Tensión de suministro:	
Factor de potencia:			
6. RESPONSABLE			
Nombre	Cargo	Nombre	Cargo
Gerente del Edificio:		Fecha: febrero de 1998	

Tabla 5.16.- Datos Generales Edificio Bancomer

COMPARACIÓN DE ÍNDICES ENERGÉTICOS ANUALES EDIFICIO DE ALTA TECNOLOGÍA ECLIPSE VS. EDIFICIO CONVENCIONAL BANCOMER

ÍNDICES ENERGÉTICOS	ECLIPSE	BANCOMER
Tarifa Eléctrica	HM	
Número de personas	1015	1023
Área total (m ²)	24,000	40,553
Carga instalada (kW)		
Demanda Máxima (kW)	467.25	
Densidad de Potencia Eléctrica por Área (W/m²)	19	38.96
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona (W/p)	460	1544
Factor de Potencia (%)	94.5	
Consumo de Energía Eléctrica (kWh)	1,746,289	6,312,074
Costo de la Energía Eléctrica (\$)	1,191,421	4,306,097
Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh/m²-año)	72.76	155.65
Densidad de Energía Eléctrica por Persona (kWh/p)	1720.5	6170
Costo de la Energía Eléctrica por Área (\$/m²)	49.64	106
Costo de la Energía Eléctrica por Persona (\$/p)	1173.8	4209
Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación (kWh)		
Consumo de Energía Eléctrica por aire acondicionado (kWh)		
Iluminación por persona (W/p)		
Iluminación por área (W/m²)	7	30
Costo Iluminación por área (\$/m ²)		
Costo Iluminación por persona (\$/p)		
Aire Acondicionado por área (kW/m ²)		
Aire Acondicionado por persona (kW/p)		
Costo de aire acondicionado por área (\$/m ²)		
Costo de aire acondicionado por persona (\$/p)		
Ahorro de energía eléctrica (kWh)	4,565,785	
Ahorro (%)	72.33	
Ahorro (\$)	3,114,778	
Costo unitario de la Energía Eléctrica (\$/kWh)	0.6822	
Ahorro en Demanda Máxima		

Tabla 5.17 Comparación de Índices Energéticos

En esta primera comparación los Índices Energéticos Anuales de los Edificios de Alta Tecnología son menores que los Convencionales

5.5.- Conclusiones.

Los Índices Energéticos se usan para determinar la eficiencia energética de las operaciones y subsecuentemente, el potencial de ahorro de energía.

Estos índices pueden servir también para comparar la eficiencia de distintas plantas, pero son más valiosos en el seguimiento de la eficiencia de una misma planta a través del tiempo.

Para determinar cualitativamente el grado de representatividad de los índices energéticos se utilizan herramientas estadísticas como el análisis de dispersión y el análisis correccional así como para establecer alguna hipótesis acerca del potencial de ahorro a alcanzarse mediante la adopción de sistemas de control.

El resultado del análisis sobre el índice de consumo energético, densidad de energía eléctrica por área ($\text{kWh/m}^2\text{-año}$), de los edificios de alta tecnología Arquímedes y Eclipse es menor que el de los edificios convencionales Semarnat y Bancomer.

Para este primer análisis, se demuestra que los edificios de alta tecnología consumen menos energía por metro cuadrado que los edificios convencionales.

En el siguiente capítulo se hará el análisis comparativo de los índices energéticos de los Edificios de Alta Tecnología contra el valor medio del Programa 100 Edificios de la CONAE y además determinar el ahorro económico y los beneficios ambientales.

Capítulo 6.- Beneficios Económicos y Ambientales de los Edificios de Alta Tecnología contra los Convencionales.

En el capítulo se presentarán los principales índices energéticos de la muestra de Edificios de Alta Tecnología, de Edificios Convencionales y se hará un análisis comparativo para determinar los costos de la energía eléctrica, el ahorro económico y los beneficios ambientales posibles además de cumplir con las Normas NOM 007 y 008 emitidas por la Secretaría de Energía

6.1.- Análisis Comparativo anual de Índices Energéticos de Edificios de Alta Tecnología contra los Convencionales.

La siguiente tabla nos muestra las principales características del consumo de energía de la muestra de Edificios de Alta Tecnología, Edificios Convencionales y el valor medio de 100 Edificios de la CONAE.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL DE LOS DIFERENTES EDIFICIOS

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL				
NOMBRE	CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA ANUAL (kWh/ año)	DEMANDA MÁXIMA (Kw)	FACTOR DE POTENCIA PROMEDIO	IMPORTE (\$ kWh)
Arquímedes	1 370 000	367	85	934 614
Eclipse	1 746 289	467	95	1 191 318
Centro Bancomer	14569308	2873		9939182
SEMARNAT	1 979 906			1 350 753
Bancomer S. A.	6 312 074			4 306 096
CONAE	1 830 000			1 248 426

Tabla 6.1 Consumo de Energía

Con base en los datos: área del edificio, número de usuarios, consumo de energía eléctrica anual y la carga instalada se pueden determinar los principales Índices Energéticos y posteriormente llegar al más significativo de todos **Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh/m²-año)** que es usado a nivel mundial para comparar la eficiencia energética de las edificaciones.

RELACIÓN DE ÍNDICES ENERGÉTICOS ANUALES EDIFICIO DE ALTA TECNOLOGÍA ARQUÍMEDES VS. EDIFICIO CONVENCIONAL SEMARNAT (1997)

ÍNDICES ENERGÉTICOS	ARQUÍMEDES	SEMARNAT
Tarifa Eléctrica	0M	HM
Número de personas	620	1191
Área total (m ²)	20,360	26,467
Carga instalada (kW)		
Demanda Máxima (kW)	366.5	
Densidad de Potencia Eléctrica por Área (W/m²)	18	20
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona (W/p)	591	455
Factor de Potencia (%)	89	
Consumo de Energía Eléctrica (kWh)	1369821	1979996
Costo de la Energía Eléctrica (\$)	934492	1350753
Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh/m² - año)	67.28	74.81
Densidad de Energía Eléctrica por Persona (kWh/p)	2209	1662
Costo de la Energía Eléctrica por Área (\$/m²)	20	50
Costo de la Energía Eléctrica por Persona (\$/p)	6614	1111
Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación (kWh)		
Consumo de Energía Eléctrica por aire acondicionado (kWh)		
Iluminación por persona (W/p)		
Iluminación por área (W/m²)	10	15
Costo Iluminación por área (\$/m ²)		
Costo Iluminación por persona (\$/p)		
Aire Acondicionado por área (kW/m ²)		
Aire Acondicionado por persona (kW/p)		
Costo de aire acondicionado por área (\$/m ²)		
Costo de aire acondicionado por persona (\$/p)		
Ahorro de energía eléctrica (kWh-año)	199,296	
Ahorro (%)	10	
Ahorro (\$)	135,960	
Costo unitario de la Energía Eléctrica (\$/kWh)	0.6822	
Ahorro en Demanda Máxima		

Tabla 6.2 Relación de Índices Energéticos Anuales

6.2.- Beneficios Económicos y Ambientales.

Beneficios económicos

De la tabla de Índices Energéticos vemos, que al comparar el Edificio Inteligente Arquímedes vs. Edificio Convencional de la SEMARNAT hay un ahorro en cuanto al consumo de energía de 199,296 kWh anuales, que equivale al 10%, un ahorro económico de \$135,960 anuales.

Beneficios ambientales

Si consideramos la composición, por tipos de planta y combustible del sistema eléctrico nacional, los factores mencionados quedan de la siguiente manera:

CONTAMINANTE	VALORES
Bióxido de Carbono (CO ₂)	0.458576 kg / kWh
Bióxido de Azufre (SO ₂)	0.00834 kg / kWh
Oxido Nítrico (NO _x)	0.00093 kg / kWh
Agua evaporada	2.35836 litros

Tabla 6.3.- Contaminantes por el sistema eléctrico nacional, por cada kWh

De la tabla de Índices Energéticos ahorrar 610,175 kWh anuales se evitarán la siguiente cantidad de contaminantes:

CONTAMINANTE	VALORES
Bióxido de carbono (CO ₂)	91.4 ton.-año
Bióxido de Azufre (SO ₂)	1.66 ton.-año
Oxido Nítrico (NO _x)	0.18 ton.-año
Agua Evaporada	470 m ³ al año

Tabla 6.4.

En cuanto al combustible tendríamos un ahorro de : **241 barriles de combustible al año.**

RELACIÓN DE ÍNDICES ENERGÉTICOS ANUALES EDIFICIO DE ALTA TECNOLOGÍA ECLIPSE VS. EDIFICIO CONVENCIONAL BANCOMER (1999)

ÍNDICES ENERGÉTICOS	ECLIPSE	BANCOMER
Tarifa Eléctrica	HM	
Número de personas	1015	1023
Área total (m ²)	24,000	40,553
Carga instalada (kW)		
Demanda Máxima (kW)	467.25	
Densidad de Potencia Eléctrica por Área (W/m²)	19	38.96
Densidad de Potencia Eléctrica por Persona (W/p)	460	1544
Factor de Potencia (%)	94.5	
Consumo de Energía Eléctrica (kWh)	1,746,289	6,312,074
Costo de la Energía Eléctrica (\$)	1,191,421	4,306,097
Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh/m²-año)	72.76	155.65
Densidad de Energía Eléctrica por Persona (kWh/p)	1720.5	6170
Costo de la Energía Eléctrica por Área (\$/m²)	49.64	106
Costo de la Energía Eléctrica por Persona (\$/p)	1173.8	4209
Consumo de Energía Eléctrica por Iluminación (kWh)		
Consumo de Energía Eléctrica por aire acondicionado (kWh)		
Iluminación por persona (W/p)		
Iluminación por área (W/m²)	8	30
Costo Iluminación por área (\$/m ²)		
Costo Iluminación por persona (\$/p)		
Aire Acondicionado por área (kW/m ²)		
Aire Acondicionado por persona (kW/p)		
Costo de aire acondicionado por área (\$/m ²)		
Costo de aire acondicionado por persona (\$/p)		
Ahorro de energía eléctrica (kWh-año)	3,361,438	
Ahorro (%)	53.25	
Ahorro (\$)	2,293,173	
Costo unitario de la Energía Eléctrica (\$/kWh)	0.6822	
Ahorro en Demanda Máxima		

Tabla 6.5

Beneficios Económicos

De la tabla de Índices Energéticos vemos que al comparar el Edificio ECLIPSE VS. Edificio Convencional de Oficina BANCOMER hay un ahorro en cuanto al consumo de energía de 3,361,438 kWh anuales que equivale al 53.25%, un ahorro económico de \$2,293,173 anuales.

Beneficios Ambientales

Si consideramos la composición, por tipos de planta y combustible del sistema eléctrico nacional, los factores mencionados quedan de la siguiente manera

CONTAMINANTE	VALORES
Bióxido de Carbono (CO ₂)	0.458576 kg/kWh
Bióxido de Azufre (SO ₂)	0.00834 kg/kWh
Óxido Nítrico (NO _x)	0.00093 kg/kWh
Agua evaporada	2.35836 litros

Tabla 6.6.-Contaminantes por el sistema eléctrico nacional, por cada kWh

De la tabla al ahorrar 4,565,785 kWh anualmente evitaremos las siguientes cantidades de contaminantes:

CONTAMINANTE	VALORES
Bióxido de carbono (CO ₂)	1541.5 ton. de CO ₂
Bióxido de Azufre (SO ₂)	28 ton.-año de SO ₂
Óxido Nítrico (NO _x)	3.12 ton.-año de NOX
Agua Evaporada	7,927 m ³ al año de H ₂ O

Tabla 6.7.

En cuanto al combustible tendríamos un ahorro de: **4069 barriles de combustible al año.**

6.3.- Índices de Edificios de Alta Tecnología, de Edificios Convencionales, y las normas NOM.

A continuación se muestran los índices energéticos anuales obtenidos.

Los índices energéticos anuales más significativos de los edificios inteligentes Arquímedes, Eclipse y Centro Bancomer.

El valor medio de los índices energéticos de los edificios inteligentes.

Los índices energéticos anuales más significativos de los edificios convencionales Bancomer y Semarnat.

El valor medio de los índices energéticos más significativos del programa 100 edificios de la CONAE.

El índice energético de un edificio inteligente en el extranjero.

El valor característico de cada edificio en general, con respecto a la norma 007, y el cumplimiento o no, y el de la norma 008.

En la siguiente tabla se pueden ver los principales Índices de los Edificios de Alta Tecnología, los Convencionales, Valor medio de 100 Edificios de la Conae y las Normas NOM.

	TIPO EDIFICIO	Área (m ²)	Usuarios	Consumo Anual de Energía Eléctrica (Kwh-año)	Densidad de Energía Eléctrica por Área-anual (KWh/m ² -año)	Índice Potencia Eléctrica (W/m ²)	Densidad de Potencia Eléctrica en Alumbrado NOM 007 ENER 1995 (W/m ²)	Envolvente NORMA 008- ENER-2001	Aire Acondicionado
Alta Tecnología	Arquímedes	20,360	620	1'370,000	67	18	10		✓
	Eclipse	24,000	1,015	1'746,289	72	23	8	✓	✓
	Centro Bancomer	130,000	5,131	14'569,308	112	20	15		✓
	Valor Medio de Edificios Alta Tecnología	58,120		5'895,199	83	20	11		✓
	Yemo Bidy (L.A., E.U)	20,997			110				✓
Convencional	Bancomer	40,000	1,023	6'312,074	158	39	30		✓
	SEMARNAT	26,467	1,191	1'979,996	74	20	15		✓
	Valor Medio 100 edificios CONAE	11,484		1'830,000	122	29	19		✓

Tabla 6.8 Principales Índices de los Edificios

De la información de la tabla anterior podemos concluir lo siguiente:

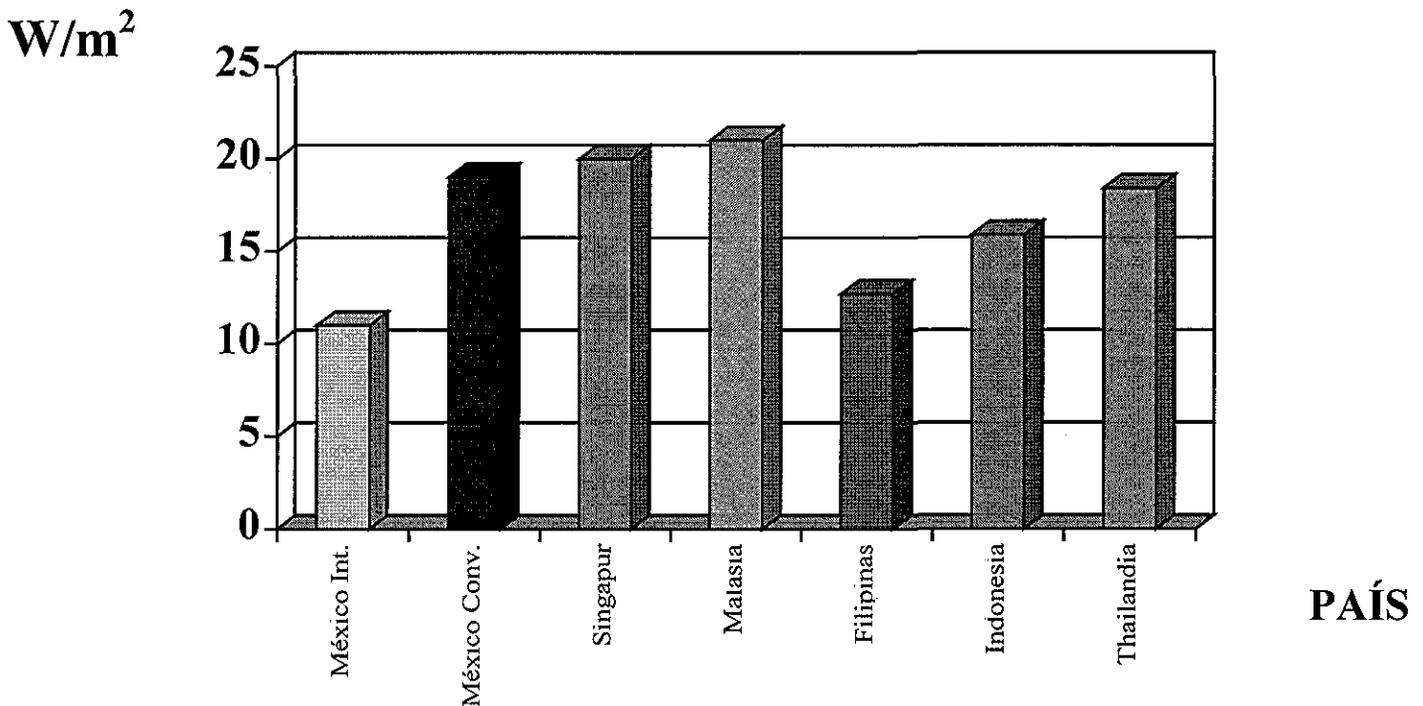
Si comparamos los Índices de Intensidad Energética de los Edificios de Alta Tecnología contra los datos promedio del Programa Cien Edificios Públicos de la CONAE son menores.

Los Edificios de Alta Tecnología cumplen con la Norma NOM 007 ENER-1995

El Edificio de Alta Tecnología Eclipse fue el primer edificio en México en cumplir con la Norma NOM-008-2002 debido a que es un edificio de reciente construcción.

La siguiente gráfica nos muestra la relación de Índices energéticos contra estándares internacionales

ÍNDICES DE DENSIDAD DE POTENCIA ELÉCTRICA EN ALUMBRADO NACIONALES E INTERNACIONALES



Gráfica 6.1- Índices de Potencia Eléctrica en Alumbrado Nacional e Internacional.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.3.- Conclusiones.

El índice Energético más significativo para realizar análisis de consumo energético inclusive a nivel internacional es Índice de Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh / m²-año).

Al comparar dicho índice de los Edificios de Alta Tecnología contra los Edificios Convencionales vemos que son menores, con base en ello podemos afirmar que con Edificios de Alta Tecnología se obtienen los siguientes beneficios:

- El consumo de energía eléctrica es menor.
- Menor consumo de combustibles.
- Ahorros económicos.
- Cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas 007 y 008 de la Secretaría de Energía.
- Al consumir menos energía, la inversión en plantas generadoras en el país será menor.
- Contaminan menos.
- Son amigables con el entorno.
- Nuestros Recursos Naturales como agua, aire se contaminarán menos.
- Mejoramiento de los niveles de confort de los usuarios.

Este trabajo se realizó únicamente con una pequeña muestra de Edificios de Alta Tecnología debido a que según datos del IMEI en el año de 1998 en México solo existían ocho Edificios Inteligentes.

Este trabajo pretende hacer conciencia y poder en un momento determinado decidir por Edificios de Alta Tecnología y obtener los beneficios correspondientes.

Una de las prioridades de la política energética en nuestro país, es lograr la eficiencia en el consumo de energía, acción que alivia en buena medida, las presiones y los riesgos tanto de tipo económico como ecológico.

El ahorro de energía permite, desacelerar la demanda del consumo de energía eléctrica, con lo cual se desahoga la urgencia presupuestaria de destinar crecientes recursos para construir más plantas generadoras. En cuanto a los riesgos de tipo ecológicos; el uso racional evita que se quemen innecesariamente combustibles, cuyas emanaciones impactan negativamente el medio ambiente.

La última finalidad de este trabajo es seguir adelante con el análisis de los Índices Energéticos tanto de Edificios de Alta Tecnología como de Edificios Convencionales y con ello tener un panorama más general para la toma de decisiones.

CONCLUSIONES

El abuso y mal uso del vidrio en las envolventes de los edificios en décadas recientes provocó el consumo excesivo de energía para hacer funcionar los sistemas de aire acondicionado y mantener prendidas las fuentes de iluminación artificial todo el tiempo.

Los sistemas que se ven involucrados en el consumo excesivo de energía son:

- a) Envolvente del edificio (carga térmica), la cual depende directamente del tipo de cristal que conforme al edificio.
- b) Sistema de aire acondicionado, el cual es directamente proporcional a la carga térmica que reciba el edificio.
- c) Sistema de iluminación, el cual depende también de la luz natural que deje pasar el tipo de cristal de la envolvente.
- d) Consumo anual general de energía eléctrica, como resumen de los aspectos anteriores.

Dado que según la evolución de la demanda de electricidad, el sector de la industria mediana presenta a lo largo de los años, el mayor ritmo de crecimiento y volumen de demanda, y en donde muchos de los inmuebles no residenciales se encuentran incorporadas, se tiene que los edificios de Alta Tecnología al ahorrar energía, permiten desacelerar en parte la demanda del consumo de energía eléctrica, con lo cual se desahoga la urgencia presupuestaria de destinar crecientes recursos para construir más plantas generadoras.

Un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

Los Edificios Inteligentes son construcciones con un costo más elevado que los de tipo convencional, se logran ahorros importantes en el consumo de energía, mayor seguridad de los ocupantes y el periodo de vida útil del inmueble, equipo e instalaciones es mayor.

Los Edificios Inteligentes, controlan directamente por el FMS (Facility Management System), sistema de administración energética, el aire acondicionado e iluminación para asegurar su desempeño racional en cuanto al

consumo de energía eléctrica, dado que son los que más la consumen. Los demás sistemas consumen poco, comparados con los dos primeros y por tanto, en lo que respecta al ahorro de energía no son representativos. Sin embargo, no deja de tener relevancia la interacción con los primeros.

La envolvente del Edificio Inteligente, representa una piel protectora que actúa computarizadamente, con sensores que se activan respondiendo al clima exterior controlando la transmisión de calor o de frío por medio de materiales nuevos de características termo aislante, foto sensible, activando químicamente o electrónicamente, el cual permite obtener un confort superior en la arquitectura interior con mínimos costos en aire acondicionado y calefacción; esto no sólo repercute en el ahorro energético en sí, sino como efecto secundario, protege el medio ambiente como consecuencia de tener menos dispendio energético.

En el análisis comparativo del flujo luminoso y de la carga térmica en el Edificio de Alta Tecnología Arquímedes se ve claramente que el no seleccionar adecuadamente el tipo de cristal para la fachada para una orientación específica nos genera un mayor consumo de energía tanto para iluminación como para aire acondicionado debido a que el sistema envolvente es el directamente responsable.

El objetivo de seleccionar el cristal óptimo es el de evitar : la iluminación artificial, mayor carga de aire acondicionado y por lo tanto mayor gasto económico.

En el análisis y cumplimiento de la Norma NOM-008-ENER-2001 para el Edificio de Alta Tecnología Eclipse se aplicó a este y debido a que la ganancia de calor (ϕ_p) a través de la envolvente del edificio proyectado es menor que la ganancia de calor a través de la envolvente del edificio de referencia (ϕ_r), el Edificio de Alta Tecnología Eclipse cumple con la Norma.

El primer Edificio Inteligente en México en cumplir con dicha Norma, fue el Edificio de Alta Tecnología Eclipse, el cual limita la ganancia de calor de la envolvente con objeto de racionalizar el uso de la energía en los sistemas de enfriamiento.

Para determinar cualitativamente el grado de representatividad de los índices energéticos se utilizan herramientas estadísticas como el análisis de dispersión y el análisis correccional así como para establecer alguna hipótesis acerca del potencial de ahorro a alcanzarse mediante la adopción de sistemas de control.

Se analizó el potencial de ahorro energético del Edificio de Alta Tecnología Eclipse en cuanto al consumo eléctrico específico, en el cual se formulo la hipótesis, de que existe un potencial mínimo de ahorro por concepto de demanda máxima de 62.24 kW mensuales.

El resultado del análisis sobre el índice de consumo energético, densidad de energía eléctrica por área (kWh/m²-año), de los edificios de alta tecnología Arquímedes y Eclipse es menor que el de los edificios convencionales Semarnat y Bancomer.

Para este primer análisis, se demuestra que los edificios de alta tecnología consumen menos energía por metro cuadrado que los edificios convencionales.

El índice Energético más significativo para realizar análisis de consumo energético inclusive a nivel internacional es Índice de Densidad de Energía Eléctrica por Área (kWh / m²-año).

De la comparación Arquímedes contra Semarnat hay un ahorro anual en energía eléctrica del 10% y 241 barriles de combustible, se evita arrojar al medio ambiente 91 ton. CO₂, 1.6 ton. de SO₂, agua evaporada 1439 m³.

De la comparación de Eclipse contra Bancomer hay un ahorro anual de: 53% de energía eléctrica, 4069 barriles de combustible, se evita arrojar al medio ambiente 1541 ton. de CO₂, 28 ton. de SO₂, agua evaporada 7927m³.

En promedio los Edificios Inteligentes ahorran 20% de energía.

Al comparar dicho índice de los Edificios de Alta Tecnología contra los Edificios Convencionales vemos que son menores, con base en ello podemos afirmar que con Edificios de Alta Tecnología se obtienen los siguientes beneficios:

- El consumo de energía eléctrica es menor.
- Menor consumo de combustibles.
- Ahorros económicos.
- Cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas 007 y 008 de la Secretaría de Energía.
- Al consumir menos energía, contribuyen a que la inversión en plantas generadoras en el país sea menor.
- Contaminan menos.
- Son amigables con el entorno.

- Nuestros Recursos Naturales como agua, aire se contaminarán menos.
- Mejoramiento de los niveles de confort de los usuarios.

Cabe aclarar que el presente trabajo solo muestra una parte de lo que se puede hacer en cuanto al ahorro de energía en edificaciones de alta tecnología y puede servir como base para nuevas investigaciones debido a que nuestro país poco a poco tiende a la modernidad.

Formatos para el cumplimiento de la Norma NOM-008-ENER-2001

Formato 1

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO			
1.- Datos Generales			
1.1- Propietario			
Nombre	Secretaria de Energía		
Dirección	Insurgentes Sur No. 890		
Colonia	Del Valle		
Ciudad	México		
Estado	D.F.		
Código Postal	03600		
Teléfono	5282-1785		
1.2.- Ubicación de la Obra			
Nombre			
Dirección			
Colonia			
Ciudad			
Estado			
Código Postal			
Teléfono			
1.3.- Unidad de Verificación			
Nombre			
Dirección			
Colonia			
Ciudad			
Estado			
Código Postal		N° De Registro	
Teléfono		Fax:	
E-mail			

HOJA 1 DE 7

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 1.1

Formato 2 Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor

2.- Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor a través de la Envolvente (*)

2.1 - Ciudad
 Latitud °

2.2 - Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a) - Techo b) - Superficie inferior

c) - Muros

	Masivo	Ligero	Tragaluz y domo	<input type="text" value="18,8657"/>
Norte	<input type="text" value="19,7203"/>	<input type="text" value="25,5347"/>	Norte	<input type="text" value="20,2763"/>
Este	<input type="text" value="21,6683"/>	<input type="text" value="28,1601"/>	Este	<input type="text" value="20,5342"/>
Sur	<input type="text" value="21,1663"/>	<input type="text" value="27,7503"/>	Sur	<input type="text" value="20,6436"/>
Oeste	<input type="text" value="20,6659"/>	<input type="text" value="27,2867"/>	Oeste	<input type="text" value="20,9533"/>

d) - Partes transparentes

2.3 - Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m²K)

Techo Muro
 Tragaluz y domo Ventana

2.4 - Factor de ganancia de calor solar FG (W/m²)

Tragaluz y domo

Norte	<input type="text" value="102,1"/>
Este	<input type="text" value="139,9"/>
Sur	<input type="text" value="113,8"/>
Oeste	<input type="text" value="133,7"/>

2.5 - Barrera para vapor

Si No

2.6 - Factor de corrección de sombreado exterior (SE)

Número (**)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>
L/H o P/E (***)	<input type="text"/>						
W/H o W/E (***)	<input type="text"/>						
Norte	<input type="text"/>						
Este/Oeste	<input type="text"/>						
Sur	<input type="text"/>						

* Los valores se obtienen de la Tabla 1 para los incisos 2.2 a 2.5 y del Apéndice A, Tablas 2, 3, 4 y 5 según corresponda para el inciso 2.6

** Si las ventanas tienen algún tipo de sombreado se deberá usar una columna para cada tipo

*** Indicar el tipo de sombreado: 1 volado simple 2 volado extendido y 3 ventana rematada

Hoja 2 de 7

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 1.2

Formato 3 Cálculo Global de Transferencia de Calor.

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)
 (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) 1	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1,0	13	0,07692
<input type="text" value="Tintex AP, verde"/>	<input type="text" value="0,006"/>	<input type="text" value="0,115411"/>	<input type="text" value="0,051988"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1,0	8,1	0,12346
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \Sigma M$]			M <input type="text" value="0,252368"/> m ² K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [Fórmula $K = 1/ M$]			K <input type="text" value="0,252368"/> W/m ² K

* Estos valores se obtienen del Apéndice D
 ** Dar un número consecutivo (1,2 . N) el cual será indicado en el inciso 4.3
 *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
 **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
 ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

Hoja 3 de 7

Tabla 1 3

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Formato 3 Cálculo Global de Transferencia de Calor

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)
 (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1 - Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente X Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) 1	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (****)	1,0	13	0,07692
Concreto	0.25	1.74	0,143678
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1,0	9,4	0,106383

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior

[Fórmula: $M = \sum M$]

M m² K/W

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)

[Fórmula: $K = 1/M$]

K W/m² K

- * Estos valores se obtienen del Apéndice D
- ** Dar un número consecutivo (1,2 N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h, calculados de acuerdo al apéndice "B"

Tabla 1.4

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Formato 3 Cálculo Global de Transferencia de Calor

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)
(Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) l	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1,0	13	0,07692
Concreto armado	0,25	1,74	0,143678
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1,0	9,4	0,106383

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior

[Fórmula $M = \sum M$]

M m² K/W

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)

[Fórmula $K = 1/ M$]

K W/m² K

- * Estos valores se obtienen del Apéndice D
- ** Dar un número consecutivo (1,2 N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

Tabla 1.5

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Formato 4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

4.- Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

4.1 - Datos Generales

Temperatura interior (t) °C

4.2 - Edificio de referencia

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_e - t)]$$

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Global de Transferecia de Calor (W/m ² K) [K]	Area del edificio proyectado (m ²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción ϕ_{rci} (*) [KxAxFx(te-t)]
Techo	0,39057	671.5	0,95	32,0484	6,132356,33
Tragaluz y domo	5,952		0,05	18,8657	-1225,88
Muro norte	2,19968	1162.8	0,6	25,5347	820,6533
Ventana norte	5,319		0,4	20,2763	-11686,3
Muro este	2,19968	2732.58	0,6	28,1601	11396,69
Ventana este	5,319		0,4	20,5342	-25963,4
Muro sur	2,19968	1395.38	0,6	27,7503	5064,92
Ventana sur	5,319		0,4	20,6436	-12933,2
Muro oeste	2,19968	2244.20	0,6	27,2867	6772,87
Ventana oeste	5,319		0,4	20,9533	-19322,2
SUBTOTAL					-45319,7

* Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

4.2.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{rsi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de Sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m ²) [A]	Fracción de la componente [F]	Ganancia de Calor (W/m ²) [FG]	Ganancia por Radiación ϕ_{rs} (*) [CS x A x F x FG]
Tragaluz y domo	0,85	671,5	0,05	272,3	7771,10
Ventana norte	1,0	1162,8	0,4	102,1	47488, 75
Ventana este	1,0	2732,58	0,4	139,9	152915,2
Ventana sur	1,0	1395,36	0,4	113, 8	63516,79
Ventana oeste	1,0	2244,20	0,4	133,7	120020
SUBTOTAL					391711,8

Hoja 4 de 7

Tabla 1.6

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Formato 4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

4.- Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{psl} = \sum_{j=1}^m [A_j \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Material (**)	Coficiente de Sombreado (CS) (***)	Área (m ²) [A]	Ganancia de Calor (W/m ²) [FG]	Factor de sombreado exterior [SE] (****)	Ganancia por Radiación ϕ_{ps} [CS x A x FG x SE]
3.2	Tintex verde	0.22	pmt 9 1162,8	102,1	Número Valor	26118,81
3.3	Tintex verde	0.22	2732,5	139,9		84103,35
3.4	Tintex verde	0.22	1395,38	113,8		34934,23
3.5	Tintex verde	0.22	2244,20	133,7		66011,02
Total (Sumar todas las ϕ_{ps})						211167,4

* Abreviar considerando tipo: 1 tragaluz, 2 domo y 3 ventana y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur y 5 oeste. Por ejemplo 3.5 corresponde a una ventana en la orientación oeste
 ** Especifique la característica del material, por ejemplo: claro, entintado, etc
 *** Dato proporcionado por el fabricante
 **** Si la ventana tiene sombreado el número y el "SE" se obtienen del inciso 2.6, y si la ventana no tiene sombreado se deja en blanco el espacio para el número y el "SE" es 1,0

Tabla 1 8

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Formato 5 Resumen de Cálculo

5 - Resumen de Cálculo

5.1.- Presupuesto energético

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}$ $\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$ (W)
Referencia	(ϕ_{rc}) <input type="text" value="-45319,7"/>	(ϕ_{rs}) <input type="text" value="391711,8"/>	(ϕ_r) <input type="text" value="346392,1"/>
Proyectado	(ϕ_{pc}) <input type="text" value="76315,98"/>	(ϕ_{ps}) <input type="text" value="211167,4"/> pmt 10	(ϕ_p) <input type="text" value="287483,4"/>

5.2.- Cumplimiento

Si $(\phi_r > \phi_p)$ No $(\phi_r < \phi_p)$

Tabla 1.9

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Formatos para el cumplimiento de la Norma NOM-008-ENER-2001

Formato 1

FORMATO PARA INFORMAR DEL CÁLCULO DEL PRESUPUESTO ENERGÉTICO			
1.- Datos Generales			
1.1- Propietario			
Nombre	Secretaria de Energía		
Dirección	Insurgentes Sur No. 890		
Colonia	Del Valle		
Ciudad	México		
Estado	D.F.		
Código Postal	03600		
Teléfono	5282-1785		
1.2.- Ubicación de la Obra			
Nombre			
Dirección			
Colonia			
Ciudad			
Estado			
Código Postal			
Teléfono			
1.3.- Unidad de Verificación			
Nombre			
Dirección			
Colonia			
Ciudad			
Estado			
Código Postal		N° De Registro	
Teléfono		Fax:	
E-mail			

HOJA 1 DE 7

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 1.1

Formato 2 Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor

2.- Valores para el Cálculo de la Ganancia de Calor a través de la Envolvente (*)

2.1 - Ciudad
 Latitud °

2.2 - Temperatura equivalente promedio "te" (°C)

a) - Techo b) - Superficie inferior

c) - Muros

	Masivo	Ligero	Tragaluz y domo	<input type="text" value="18,8657"/>
Norte	<input type="text" value="19,7203"/>	<input type="text" value="25,5347"/>	Norte	<input type="text" value="20,2763"/>
Este	<input type="text" value="21,6683"/>	<input type="text" value="28,1601"/>	Este	<input type="text" value="20,5342"/>
Sur	<input type="text" value="21,1663"/>	<input type="text" value="27,7503"/>	Sur	<input type="text" value="20,6436"/>
Oeste	<input type="text" value="20,6659"/>	<input type="text" value="27,2867"/>	Oeste	<input type="text" value="20,9533"/>

d) - Partes transparentes

2.3 - Coeficiente de transferencia de calor "K" del edificio de referencia (W/m²K)

Techo Muro
 Tragaluz y domo Ventana

2.4 - Factor de ganancia de calor solar FG (W/m²)

Tragaluz y domo
 Norte
 Este
 Sur
 Oeste

2.5 - Barrera para vapor

Si No

2.6 - Factor de corrección de sombreado exterior (SE)

Número (**)	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>
L/H o P/E (***)	<input type="text"/>						
W/H o W/E (***)	<input type="text"/>						
Norte	<input type="text"/>						
Este/Oeste	<input type="text"/>						
Sur	<input type="text"/>						

* Los valores se obtienen de la Tabla 1 para los incisos 2.2 a 2.5 y del Apéndice A, Tablas 2, 3, 4 y 5 según corresponda para el inciso 2.6

** Si las ventanas tienen algún tipo de sombreado se deberá usar una columna para cada tipo

*** Indicar el tipo de sombreado: 1 volado simple 2 volado extendido y 3 ventana rematada

Hoja 2 de 7

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Tabla 1.2

Formato 3 Cálculo Global de Transferencia de Calor.

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)
 (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) 1	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1,0	13	0,07692
<input type="text" value="Tintex AP, verde"/>	<input type="text" value="0,006"/>	<input type="text" value="0,115411"/>	<input type="text" value="0,051988"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1,0	8,1	0,12346
Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior [Fórmula $M = \Sigma M$]			M <input type="text" value="0,252368"/> m ² K/W
Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k) [Fórmula $K = 1/ M$]			K <input type="text" value="0,252368"/> W/m ² K

* Estos valores se obtienen del Apéndice D
 ** Dar un número consecutivo (1,2 . N) el cual será indicado en el inciso 4.3
 *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con rellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
 **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
 ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de λ, calculados de acuerdo al apéndice "B"

Hoja 3 de 7

Tabla 1 3

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

Formato 3 Cálculo Global de Transferencia de Calor

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)
 (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1 - Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente X Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) 1	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (****)	1,0	13	0,07692
Concreto	0.25	1.74	0,143678
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1,0	9,4	0,106383

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior

[Fórmula: $M = \sum M$]

M m² K/W

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)

[Fórmula: $K = 1/M$]

K W/m² K

- * Estos valores se obtienen del Apéndice D
- ** Dar un número consecutivo (1,2 N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h, calculados de acuerdo al apéndice "B"

Tabla 1.4

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Formato 3 Cálculo Global de Transferencia de Calor

3.- Cálculo del Coeficiente Global de Transferencia de Calor de las Porciones de la Envolvente (*)
 (Háganse tantas hojas como porciones diferentes de la envolvente se tengan)

3.1.- Descripción de la porción Número (**)

Componente de la envolvente Techo Pared

Material (***)	Espesor (m) l	Conductividad Térmica (w/mK) h o λ (****)	M aislamiento térmico (m ² K/W) [1/(h o λ)]
Convección exterior (*****)	1,0	13	0,07692
Concreto armado	0,25	1,74	0,143678
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Convección interior	1,0	9,4	0,106383

Para obtener el aislamiento térmico total, sumar la M de todos materiales más la convección exterior e interior

[Fórmula $M = \sum M$]

M m² K/W

Coeficiente global de transferencia de calor de la porción (k)

[Fórmula $K = 1/M$]

K W/m² K

- * Estos valores se obtienen del Apéndice D
- ** Dar un número consecutivo (1,2 N) el cual será indicado en el inciso 4.3
- *** Anotar los materiales que forman la porción. Por ejemplo, si se desea calcular un muro de tabique con repellado en la superficie exterior y yeso en la superficie interior, se deben anotar los tres materiales
- **** Para los materiales se utilizan los valores λ del apéndice "D", o los proporcionados por los fabricantes
- ***** Para la convección exterior e interior se utilizan los valores de h, calculados de acuerdo al apéndice "B"

Tabla 1.5

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Formato 4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

4.- Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

4.1 - Datos Generales

Temperatura interior (t) °C

4.2 - Edificio de referencia

$$\phi_{rci} = \sum_{j=1}^n [K_j \times A_{ij} \times (t_e - t)]$$

4.2.1.- Ganancia por conducción (partes opacas y transparentes)

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente Global de Transferecia de Calor (W/m ² K) [K]	Area del edificio proyectado (m ²) [A]	Fracción de la componente [F]	Temperatura equivalente (K) [te]	Ganancia por Conducción ϕ_{rci} (*) [KxAxFx(te-t)]
Techo	0,39057	671.5	0,95	32,0484	6,132356,33
Tragaluz y domo	5,952		0,05	18,8657	-1225,88
Muro norte	2,19968	1162.8	0,6	25,5347	820,6533
Ventana norte	5,319		0,4	20,2763	-11686,3
Muro este	2,19968	2732.58	0,6	28,1601	11396,69
Ventana este	5,319		0,4	20,5342	-25963,4
Muro sur	2,19968	1395.38	0,6	27,7503	5064,92
Ventana sur	5,319		0,4	20,6436	-12933,2
Muro oeste	2,19968	2244.20	0,6	27,2867	6772,87
Ventana oeste	5,319		0,4	20,9533	-19322,2
SUBTOTAL					-45319,7

* Nota: Si los valores son negativos significa una bonificación, por lo que deben sumarse algebraicamente

4.2.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{rsi} = \sum_{j=1}^m [A_{ij} \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente	Coefficiente de Sombreado (CS)	Área del edificio proyectado (m ²) [A]	Fracción de la componente [F]	Ganancia de Calor (W/m ²) [FG]	Ganancia por Radiación ϕ_{rs} (*) [CS x A x F x FG]
Tragaluz y domo	0,85	671,5	0,05	272,3	7771,10
Ventana norte	1,0	1162,8	0,4	102,1	47488, 75
Ventana este	1,0	2732,58	0,4	139,9	152915,2
Ventana sur	1,0	1395,36	0,4	113, 8	63516,79
Ventana oeste	1,0	2244,20	0,4	133,7	120020
SUBTOTAL					391711,8

Hoja 4 de 7

Tabla 1.6

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Formato 4 Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor

4.- Cálculo Comparativo de la Ganancia de Calor (continuación)

4.3.2.- Ganancia por radiación (partes transparentes)

$$\phi_{psl} = \sum_{j=1}^m [A_j \times CS_j \times FG_j \times SE_j]$$

Tipo y orientación de la porción de la envolvente (*)	Material (**)	Coficiente de Sombreado (CS) (***)	Área (m ²) [A]	Ganancia de Calor (W/m ²) [FG]	Factor de sombreado exterior [SE] (****)	Ganancia por Radiación ϕ_{ps} [CS x A x FG x SE]
3.2	Tintex verde	0.22	pmt 9 1162,8	102,1	Número Valor	26118,81
3.3	Tintex verde	0.22	2732,5	139,9		84103,35
3.4	Tintex verde	0.22	1395,38	113,8		34934,23
3.5	Tintex verde	0.22	2244,20	133,7		66011,02
Total (Sumar todas las ϕ_{ps})						211167,4

* Abreviar considerando tipo: 1 tragaluz, 2 domo y 3 ventana y como orientación: 1 techo, 2 norte, 3 este, 4 sur y 5 oeste. Por ejemplo 3.5 corresponde a una ventana en la orientación oeste
 ** Especifique la característica del material, por ejemplo: claro, entintado, etc
 *** Dato proporcionado por el fabricante
 **** Si la ventana tiene sombreado el número y el "SE" se obtienen del inciso 2.6, y si la ventana no tiene sombreado se deja en blanco el espacio para el número y el "SE" es 1,0

Tabla 1 8

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Formato 5 Resumen de Cálculo

5 - Resumen de Cálculo

5.1.- Presupuesto energético

	Ganancia por Conducción (W)	Ganancia por Radiación (W)	Ganancia Total $\phi_r = \phi_{rc} + \phi_{rs}$ $\phi_p = \phi_{pc} + \phi_{ps}$ (W)
Referencia	(ϕ_{rc}) <input type="text" value="-45319,7"/>	(ϕ_{rs}) <input type="text" value="391711,8"/>	(ϕ_r) <input type="text" value="346392,1"/>
Proyectado	(ϕ_{pc}) <input type="text" value="76315,98"/>	(ϕ_{ps}) <input type="text" value="211167,4"/> pmt 10	(ϕ_p) <input type="text" value="287483,4"/>

5.2.- Cumplimiento

Si $(\phi_r > \phi_p)$ No $(\phi_r < \phi_p)$

Tabla 1.9

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

REFERENCIAS

1. Akimaru, H. Intelligent Building: Myth., Reality o Wishful Thinking?, IEEE Communications Magazine, USA, Abril 1991.
2. ATPAE. Memoria Técnica Seminario Nacional Sobre el Uso Racional de la Energía, del 21 al 28 de Septiembre de 1998.
3. Campos Hernández. Inteligencia Energética en los Edificios Inteligentes y Control Tecnológico. Artículo del Centro Nacional de Investigación en Computación del I.P.N., México 2000.
4. CONAE (Comisión Nacional para el Ahorro de Energía) Programa 100 Edificios Públicos, Reporte de Avances y resultados., (septiembre de 1998).
5. CONAE. Bases para el Ahorro de Energía en la Industria, Secretaría de Energía, Comisión de la Unión Europea. (1985).
6. CONAE. Diagnósticos energéticos, Secretaría de Energía. (1995).
7. David Morillón Gálvez, Ing. Jorge Castro Flores. Estrategias para efficientizar el uso de la energía eléctrica en edificios no residenciales. Memoria técnica de ATPAE, XVI Seminario Nacional sobre el uso racional de la energía y exposición de equipos y servicios (1995).
8. David Morillón Gálvez, Ing. Victor Hugo Hernández. Potencial Estimado de ahorro de energía y reducción de la demanda en iluminación de edificios comerciales. FIDE Energía Racional No 34 ene-mar 2000.
9. Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIFE). El reto es ahorrar. Memorias del tercer seminario peninsular, uso racional de la energía y exposición de equipos y servicios, Mérida, Yucatán (1995).
10. Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (marzo del 2000). Herramientas Tecnológicas. Arquitectura, Ingeniería y Construcción. Fundación Casa del Arquitecto,

11. Instituto Tecnológico de Estudios superiores de Monterrey. Vitro Vidrio Plano. Apuntes del Diplomado sobre Luz, Calor y Sonido. Ciudad de México, julio 1993.
12. José Carlos Díaz Olivares. La Ingeniería en Edificios de Alta Tecnología. Criterios de Diseño, Proyectos y Puesta en Servicio.. McGraw-Hill/ Iberdrola/ Ente Vasco de la Energía. Serie McGraw-Hill de Electrotecnologías. (1999).
13. Precios internos y externos de referencia de los principales energéticos, CFE (1989 y 1990).
14. Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica. Eclipse Insurgentes 890 (Inquilino: Secretaría de Energía). Revista FIDE (1999).
15. Premio Nacional de Ahorro de Energía Eléctrica. Plaza Arquímedes. Arquímedes 30. Revista FIDE (1997).
16. Secretaría de Energía. Balance Nacional de Energía, (1996, 1997, 1998, 1999 y 2000).
17. Secretaría de Energía. Prontuario del Sector de Energía, (1992-1997, 1998).
18. Víctor Sierra Madrigal, Alfonso Sansores Escalante. Manual Técnico de Cables de Energía. McGraw-Hill (1994).

REFERENCIAS DE SITIOS DE INTERNET

- Centro de Investigación y Docencia Económicas
<http://www.cide.mx/>
- Centro Interamericano de Estudios de Seguridad Social
<http://www.facmed.unam.mx/ciess/>
- Centro Universitario México
<http://www.umarista.edu.mx/CUMdes/Index.html>
- Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales
<http://www.cabin.gob.mx/>
- Comisión Federal de Electricidad
<http://www.cfe.gob.mx>
- Comisión Nacional para el Ahorro de Energía
<http://www.conae.gob.mx/>
- Department of Energy
<http://www.energy.gov/>
- Diario Oficial de la Federación
<http://www.gobernacion.gob.mx/general/asps/framain.asp>
- El Colegio de México
<http://www.colmex.mx/>
- El Colegio de Michoacán
<http://www.colmich.edu.mx/>
- Energy Efficiency and Renewable Energy Network
<http://www.eren.doe.gov/>
- Environmental Protection Agency
<http://www.epa.gov/>

- Federal Energy Management Program
<http://www.eren.doe.gov/femp/>
- Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
<http://www.fide.org.mx/>
- Instituto Mexicano del Edificio Inteligente
<http://www.imei.org.mx/>
- Instituto Nacional de Administración Pública
<http://www.org.org.mx/inap/>
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
<http://www.inegi.gob.mx/>
- Instituto Panamericano de Alta Dirección de Empresas
<http://www.ipade.mx/>
- Instituto Politécnico Nacional
<http://www.ipn.mx/>
- Instituto Tecnológico Autónomo de México
<http://www.itam.mx/>
- Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey
<http://www.mty.itesm.mx/>
- Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente
<http://www.iteso.mx/>
- Johnson Controls Intelligent Building Research Centre
<http://www.mpce.mq.edu.au/~ssmith>
- Lawrence Berkeley National Laboratory
<http://www.lbl.gov/>
- Luz y Fuerza del Centro
<http://www.lfc.gob.mx/>

- Norma relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo
http://www.stps.gob.mx/312/312_1025.htm
- Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética
www.conae.gob.mx/normas
- Presidencia de la República
<http://www.presidencia.gob.mx/>
- Reference Volume/ Application Volume. IESNA Lighting Handbook. Illuminating Engineering Society of America (1981)
<http://www.iesna.org>
- Secretaría de Contraloría y Desarrollo Administrativo
<http://www.secodam.gob.mx/>
- Secretaría de Energía
<http://www.conae.gob.mx/>
- Secretaría de Gobernación
<http://www.gobernacion.gob.mx/>
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público
<http://www.shcp.gob.mx/institu/inac.html>
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
<http://www.semarnat.gob.mx/>
- Universidad Anáhuac
<http://www.anahuac.mx/>
- Universidad de las Américas
<http://info.pue.udlap.mx/>
- Universidad Nacional Autónoma de México
<http://www.unam.mx/>