



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**"ANALISIS Y APLICACION DEL USO EFICIENTE  
Y RACIONAL DE LA ENERGIA ELECTRICA  
EN UN EDIFICIO INTELIGENTE"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

**JUAN MANUEL ENRIQUEZ SERRANO**

ASESOR DE TESIS: ING. ARTURO MORALES COLLANTES



CD. UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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.

**TESIS**

**COMPLETA**

## DEDICATORIAS.

### A ROSA MARÍA,

QUE ES UNA CHICA DE 59 AÑOS MUY ACTIVA, QUE AMA Y LLEGA SIEMPRE TEMPRANO A SU TRABAJO (PROEZA QUE A LA FECHA NO HE PODIDO IGUALAR). SIEMPRE TIENE TIEMPO DE AYUDAR A LOS DESPISTADOS QUE LA NECESITAN, QUIEN POR MUCHO TIEMPO HA SIDO MI PATROCINADORA OFICIAL, MI AMIGA Y QUE EN SUS TIEMPOS LIBRES SE DEDICA A SER MI MADRE, HECHO QUE ES LO DE MENOS EN NUESTRA AMISTAD.

### A FELIX Y A JUAN,

QUIENES ME HAN RECORDADO EL VALOR DE LA NOBLEZA Y EL TRABAJO. A QUIENES LA VIDA NOS HA PUESTO EN TRES LUGARES Y ÉPOCAS MUY DISTINTAS, VIVIENDO CADA QUIEN LO QUE TIENE QUE VIVIR, PERO QUE PESE A ELLO COINCIDIMOS EN LAS COSAS QUE REALMENTE SON IMPORTANTES.

### A MIGUEL ÁNGEL RANGEL,

QUE SIEMPRE HA CREÍDO EN MI PERSONA Y EN MI TRABAJO, ME HA APOYADO Y ESCUCHADO CUANDO MÁS LO HE NECESITADO, ME HA HECHO ADICTO AL CAFÉ DEL VIPS, A QUIEN LE AGRADEZCO MOSTRARME EL VALOR DE SER PRÁCTICO, JUSTO Y TRABAJADOR. CON QUIEN ME LA PASO NECEANDO COMO NIÑOS Y QUIEN POR MUCHO QUE TRATE DE NEGAR Y EVADIR LA RESPONSABILIDAD MORAL Y JURIDICA, TIENE GRAN PARTE DE LA AUTORIA INTELECTUAL DE ESTE TRABAJO.

### A MI TRES VECES H ESCUELA,

MI UNIVERSIDAD, QUE ES UNA MEZCLA DE MIS PROFESORES, COMPAÑEROS, AULAS Y JARDINES, QUE ME HA DADO TODO, UN ESPACIO PARA CRECER, PARA COMETER ERRORES, PARA MADURAR Y VOLVER A INTENTARLO. QUE SIEMPRE LLEVARÉ EN MI MENTE Y MI CORAZÓN, QUE SIEMPRE HA ESTADO AHÍ, QUE LE DA SENTIDO UN SENTIDO POSITIVO A MI EXISTENCIA, QUE ME HA DADO EL ORGULLO Y CORAJE DE PORTAR EL AZUL Y EL ORO, DE SER UN PUMA.



## AGRADECIMIENTOS.

AGRADEZCO INFINITAMENTE AL **ARQ. JOSÉ PICCIOTTO** Y AL **ING. GUILLERMO CAZAR**, ASÍ COMO A **CONDOMINIO CENIT PLAZA ARQUÍMEDES** POR HABER PRESTADO CON TANTA AMABILIDAD INNUMERABLES FACILIDADES Y ATENCIONES PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO, POR SER PICNEROS EN ESTE CAMPO Y POR BRINDARME LA OPORTUNIDAD DE SERVIRLES Y CUIDAR DE SU EDIFICIO POR LAS TARDES.

AL **ING. ARTURO MORALES COLLANTES**, POR DIRIGIR ESTA TESIS SIEMPRE CON TODA LA CONFIANZA QUE EN MI DEPOSITO DESDE UN PRINCIPIO Y HASTA LA CULMINACIÓN DE ESTA.

AL **ING. ALEX RAMÍREZ**, POR TRAER A ESTA ESCUELA TODA SU ARTILLERÍA BIBLIOGRÁFICA, SER MI PROFESOR DE ILUMINACIÓN Y POR SER, SIN DARSE CUENTA, EL MEDIO POR EL CUAL VOLVÍ A CREER EN MI CARRERA

AL **ING. MARTÍN HERNÁNDEZ BERNAL** POR SU VALIOSA COLABORACIÓN EN TODA LA PARTE DE ARMÓNICOS E ILUMINACIÓN, POR SU AFECTO SU CALIDAD HUMANA Y POR CONSERVAR NUESTRA AMISTAD DESDE HACE TANTO TIEMPO

A **SISTEMAS RACIONALES DE ENERGÍA S.A. DE C.V.** POR ESTAR AHÍ Y SER UNA DE MIS PRIMERAS ESCUELAS.

AL **ING. KEVIN PASQUA**, **ING. MIGUEL ÁNGEL REYES**, **ING. RICARDO MEDINA**, **ING. HECTOR ORTÍZ**, **ING. JUAN JOSÉ CONDE**, **SR. ANTONIO SÁNCHEZ**, **SR. ARMANDO GARDUÑO**, **SR. SERGIO PÉREZ** Y TODO **JOHNSON CONTROLS DE MÉXICO**, GRACIAS POR SER MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO Y BRINDAR UN POCO DE SU TIEMPO SIN EL CUAL NO HUBIERA SIDO POSIBLE LA REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO.

A LA **ING. XOCHITL GÁLVEZ**, DE HIGH TECH SERVICE MÉXICO, QUIEN A BIEN VINO A ESTA FACULTAD YA HACE CASI 6 AÑOS, DAR UNA BRILLANTE EXPOSICIÓN, POR RESPONDERME ALGUNAS PREGUNTAS Y POR DEJARME MUCHAS MÁS QUE AHORA EMPIEZO A ENTENDER

## TEMARIO.

### PRESENTACIÓN.

PRESENTACIÓN.	ix
---------------	----

### BIBLIOGRAFÍA.

BIBLIOGRAFÍA.	xii
---------------	-----

## CAPITULO 1.

### INTRODUCCIÓN ¿ PORQUE AHORRAR ENERGÍA ?

ANTECEDENTES.	2
---------------	---

¿QUE ES AHORRAR ENERGÍA?.	7
---------------------------	---

✓ CONCEPTOS DE USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGÍA.	7
--	---

BENEFICIOS DE AHORRAR ENERGÍA.	9
--------------------------------	---

✓ COSTOS.	10
-----------	----

✓ INSTALACIONES.	11
------------------	----

¿QUE SE HA HECHO A NIVEL INTERNACIONAL PARA AHORRAR ENERGÍA?.	17
---	----

✓ AMPLITUD Y EVOLUCIÓN DE LA DSM.	17
-----------------------------------	----

✓ OBJETIVOS Y TIPOS DE PROGRAMAS.	19
-----------------------------------	----

✓ ACTIVIDADES Y EL PAPEL DE LAS COMISIONES REGULADORAS.	20
---	----

EL MÉXICO DE HOY.	22
-------------------	----

✓ PERSPECTIVA MEXICANA DE LA DSM.	22
-----------------------------------	----

✓ ¿ CUANTA ENERGÍA SE PRODUCE EN MÉXICO ?.	25
--	----

✓ ¿ QUIENES OCUPAN MÁS ENERGÍA EN MÉXICO? Y ¿ CÓMO SE GASTA LA ELECTRICIDAD ?	27
---	----

✓ ESCENARIO TECNOLÓGICO ACTUAL.	31
---------------------------------	----

## CAPITULO 2.

### TARIFAS Y FACTORES ELÉCTRICOS.

TARIFAS ELÉCTRICAS.	39
---------------------	----

✓ NIVELES DE VOLTAJE.	40
-----------------------	----

✓ REGIONALIZACIÓN DE LAS TARIFAS.	40
-----------------------------------	----

✓ PERIODOS DE FACTURACIÓN.	44
----------------------------	----

✓ DEMANDA POR CONTRATAR.	44
--------------------------	----

✓ APLICACIÓN DEL TIPO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA.	44
---	----

✓ ESTRUCTURA DE LAS TARIFAS.	47
------------------------------	----

✓ PRINCIPALES RUBROS DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA, CONCEPTOS Y TÉRMINOS AUXILIARES.	48
--	----

° CARGO POR CONSUMO DE ENERGÍA.	43
---------------------------------	----

° CARGO POR DEMANDA MÁXIMA.	52
-----------------------------	----

ANÁLISIS Y APLICACION DEL USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGÍA ELECTRICA EN UN EDIFICIO INTELIGENTE.

CONCEPTOS ACERCA DE LOS PERIODOS DE PUNTA Y BASE	53
AJUSTE EN EL CARGO POR CONSUMO DE ENERGÍA POR VARIACIONES EN EL PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES.	56
CARGOS POR PERDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES	57
CARGO/ BONIFICACIÓN POR FACTOR DE POTENCIA	58
CARGO/BONIFICACIÓN POR DEMANDA INTERRUPTIBLE.	61
CARGO POR MANTENIMIENTO	63
CARGO POR DERECHO DE ALUMBRADO PÚBLICO.	63
AJUSTE PAULATINO DE LAS TARIFAS 1 A LA 9.	63
✓ INTEGRACION DE CARGOS EN LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA.	64

<b>FACTORES ELÉCTRICOS BÁSICOS QUE INTERVIENEN EN UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.</b>	<b>66</b>
✓ F. DE DEMANDA	67
✓ F. DE UTILIZACIÓN.	67
✓ F. DE CARGA.	68
✓ F. DE PERDIDAS.	69
✓ F. DE DIVERSIDAD.	69
✓ F. DE COINCIDENCIA.	69
✓ DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD).	71
✓ FACTOR K	75

## CAPITULO 3. METODOLOGÍA DE AHORRO ENERGÉTICO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES.

<b>MARCO DE REFERENCIA.</b>	<b>77</b>
-----------------------------	-----------

<b>METODOLOGÍA GENERAL.</b>	<b>80</b>
✓ RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.	81
* ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES.	82
≈ VISITA A LAS INSTALACIONES.	82
≈ RECAVACIÓN DE PLANOS Y CUADROS DE CARGA.	82
≈ CENSO DE CARGAS	83
≈ CARACTERIZACIÓN DE LAS CARGAS.	88
≈ ACTUALIZACIÓN DE PLANOS E INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN ADICIONAL.	86
* HÁBITOS EN EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.	87
≈ FACTURACIÓN HISTÓRICA.	87
≈ DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL USUARIO	92
≈ CENSO DE LAS COSTUMBRES DE USO DE LAS CARGAS.	92
≈ MEDICIONES EN CAMPO.	93
✓ DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL.	98
* DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LAS VARIABLES ELÉCTRICAS QUE INTERVIENEN EN LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA.	99
* DETERMINACIÓN DE LA CARGA INSTALADA TOTAL.	100
* PARTICIPACIÓN DE LAS CARGAS EN LA DEMANDA MÁXIMA DEL SISTEMA.	100
* PARTICIPACIÓN DE LAS CARGAS EN EL CONSUMO DEL SISTEMA.	100
* DETERMINACIÓN DE FACTORES ELÉCTRICOS.	110
* DETECCIÓN DE BAJO FP Y ALTO THD.	110

✓ DETECCIÓN DE POTENCIALES Y GENERACIÓN DE PROPUESTAS DE AHORRO.	111
◦ ¿ COMO SE PUEDE AHORRAR ENERGÍA ?	111
◦ ¿ QUE OPCIONES TENEMOS ?	112
≈ EMPLEO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS (EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA).	113
≈ PRACTICAS OPERACIONALES Y ADMINISTRATIVAS.	113
≈ CONTROLES AUTOMÁTICOS.	114
◦ ÁREAS DE OPORTUNIDAD	115
✓ EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE AHORRO.	119
◦ CONCEPTOS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA	119
≈ VALOR DEL DINERO EN EL TIEMPO	119
≈ FLUJOS DE EFECTIVO.	119
≈ EFECTOS DE LA INFLACIÓN.	120
≈ ECUACIONES FINANCIERAS.	121
≈ PERIODO DE RECUPERACIÓN.	122
≈ VPN.	122
≈ CAE.	123
≈ TIR.	124
≈ CAE.	124
≈ RELACIÓN BENEFICIO COSTO.	125
◦ GENERACIÓN BÁSICA DE PROPUESTAS.	126
◦ GENERACIÓN DE PROPUESTAS INDIVIDUALES.	128
≈ AGRUPAMIENTO DE PROPUESTAS INDIVIDUALES	131
≈ AHORRO POR MATERIALES.	132
◦ COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS.	134
◦ PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.	134
◦ EXPECTATIVAS DEL USUARIO ADICIONALES.	138

## CAPITULO 4. APLICACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS (EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA).

<b>MARCO DE REFERENCIA.</b>	140
<b>LAMPARAS DE ALTA EFICACIA.</b>	141
✓ FUENTES DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.	141
✓ ¿ CUÁL ES LA MEJOR LÁMPARA ?.	143
✓ CRITERIOS DE SELECCIÓN.	147
◦ POTENCIA NOMINAL.	147
◦ FLUJO LUMINOSO.	147
◦ EFICACIA.	148
◦ ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (IRC).	148
◦ VIDA.	149
◦ DEPRECIACIÓN DE LÚMENES.	150
◦ TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA (TCC).	151
✓ APLICACIÓN DE LAMPARAS AHORRADORAS.	152
◦ MARCO DE REFERENCIA.	152
◦ LAMPARAS FLUORESCENTES.	154
◦ LAMPARAS COMPACTAS FLUORESCENTES.	156

° LAMPARAS HID MEJORADAS.	161
° CAMBIO DE MORFOLOGÍA	163
<b>BALASTROS DE ALTA EFICIENCIA.</b>	164
✓ CRITERIOS DE SELECCIÓN DE UN BALASTRO.	166
° FACTOR DE BALASTRO (FB).	166
° FACTOR DE EFICACIA DEL BALASTRO (BEF)	166
° REGULACIÓN (REG).	167
° FACTOR DE POTENCIA (FP)	167
° CONDICIONES DE ARRANQUE Y OPERACION ADECUADAS.	167
° DISTORSION ARMONICA TOTAL (THD).	168
<b>LUMINARIOS DE ALTA EFICIENCIA.</b>	171
✓ CONSIDERACIONES GENERALES.	171
° REFLECTOR	172
° REFLECTORES ESPECULARES.	174
° REFRACTOR.	175
✓ USO DE HOJAS DE ESPECIFICACIONES.	175
° CURVAS DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA.	176
° COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN.	179
<b>MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.</b>	180
✓ CONCEPTOS BASICOS PREVIOS A LA SELECCIÓN DE UN MOTOR.	183
° VELOCIDAD SÍNCRONA.	183
° DESLIZAMIENTO.	183
° MÍNIMA VELOCIDAD PERMITIDA.	184
° TEMPERATURA DE OPERACIÓN.	184
° TIPO DE AISLAMIENTO.	184
° FACTOR DE SERVICIO.	184
° EFICIENCIA.	185
° PAR DE LA CARGA.	185
° POTENCIA MECÁNICA DE SALIDA.	186
° COMPORTAMIENTO PAR VELOCIDAD.	186
° CLASE DE DISEÑO DEL MOTOR.	188
✓ CRITERIOS DE SELECCIÓN DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN.	190
° PAR DE ARRANQUE.	190
° TIPO O SECUENCIA DE OPERACIÓN.	191
≈ VELOCIDAD Y CARGA CONSTANTE	191
≈ VELOCIDAD CONSTANTE - CARGA VARIABLE.	192
≈ VELOCIDAD VARIABLE - CARGA CONSTANTE.	195
≈ VELOCIDAD Y CARGAS VARIABLES.	195
✓ DIFERENCIAS DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO.	197
✓ APLICACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA.	198
✓ CALCULO DE AHORROS.	200
✓ RECOMENDACIONES GENERALES.	203

## TEMA 5. APLICACIÓN DE CONTROLES AUTOMÁTICOS (EDIFICIOS INTELIGENTES).

<b>¿QUE ES UN EDIFICIO INTELIGENTE ?</b>	<b>206</b>
✓ DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.	206
✓ SISTEMAS ADMINISTRADORES DE RECURSOS AUTOMATIZADOS	211
◦ CAMPOS DE APLICACION	213
◦ GENERALIDAD DE ELEMENTOS.	213
<b>COMPONENTES ELEMENTALES DE HARDWARE.</b>	<b>218</b>
✓ MÓDULOS DE CONTROL	218
◦ NCU	218
◦ NCM.	219
◦ DCM.	220
◦ XM.	220
◦ NEU.	221
◦ FM.	221
✓ CONTROLADORES DE APLICACIÓN ESPECÍFICA (ASC's)	222
◦ CONTROLADOR INTELIGENTE CONTRA INCENDIO (IFC).	222
◦ CONTROLADOR INTELIGENTE ACCESO (IAC).	223
◦ DX-9100.	224
◦ CONTROLADOR DE LABORATORIO Y PLANTA CENTRAL (LCP).	224
◦ CONTROLADOR UNITARIO (UNT).	225
◦ INTEGRADOR.	225
✓ ASC's APLICADOS AL AHORRO ENERGÉTICO.	226
◦ UNIDAD MANEJADORA DE AIRE (AHU).	226
◦ CONTROLADOR DE CAJA DE VOLUMEN VARIABLE (VAV).	229
≈ AHORROS POTENCIALES.	230
◦ CONTROLADOR INTELIGENTE DE ILUMINACIÓN (ILC).	231
≈ ACCESORIOS Y UTILIDADES.	233
≈ AHORROS POTENCIALES.	236
✓ INTERFACES DEL USUARIO.	237
◦ PANEL.	237
◦ ESTACIÓN DE TRABAJO DEL OPERADOR (OWS).	238
✓ COMUNICACIÓN EN RED.	239
◦ RED DE COMUNICACIÓN N1	239
◦ RESUMEN DE ESPECIFICACIONES N1.	244
<b>ARQUITECTURA DE SOFTWARE.</b>	<b>245</b>
✓ FMS DISTRIBUIDA .	245
◦ ¿ PORQUÉ LA FMS ES DISTRIBUIDA ?	246
✓ SOFTWARE ORIENTADO A OBJETOS.	249
◦ ATRIBUTOS.	253

<b>UTILIDADES APLICADAS A LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS.</b>	254
✓ CALENDARIZACIÓN DE EVENTOS (SCHEDULE).	255
" TIPOS DE CALENDARIZACIÓN.	256
✓ LIMITACIÓN DE DEMANDA/ROLADO DE CARGA.	258
" PROCEDIMIENTO.	263
✓ OPTIMIZACIÓN DE PARO/ARRANQUE DE EQUIPOS	270
<b>OPTIMIZACIÓN DE OTROS RECURSOS</b>	272
✓ PROCESAMIENTO DE REPORTES Y ALARMAS.	272
✓ ROLADO DE EQUIPOS.	274
✓ TOTALIZACIÓN DE EVENTOS.	275
✓ CAPTURA DE HISTORIAS Y TENDENCIAS.	277

## RESUMEN Y CONCLUSIONES.

<b>CAPITULO 1.</b>	281
<b>CAPITULO 2.</b>	285
<b>CAPITULO 3.</b>	293
<b>CAPITULO 4.</b>	305
<b>CAPITULO 5.</b>	321

## ANEXOS.

<b>ANEXO 1.</b>	
✓ TARIFAS ELÉCTRICAS. CUOTAS APLICABLES.	335
<b>ANEXO 2.</b>	
✓ FORMATOS DE LEVANTAMIENTO SUGERIDOS.	337
<b>ANEXO 3.</b>	
✓ CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS DE ILUMINACIÓN.	344
✓ EJEMPLOS DE HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE LÁMPARAS.	353
✓ TABLA COMPARATIVA DE BALASTROS FLUORESCENTES.	362
<b>ANEXO 4.</b>	
✓ EJEMPLOS DE HOJAS DE DATOS DE MOTORES.	367

# PRESENTACIÓN.

## DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad a nivel mundial se vive una aguda crisis económica, energética y ecológica de la cual se desprende el REORDENAMIENTO DE LOS MÉTODOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO de las instalaciones de las industrias, los comercios, las empresas públicas y privadas, los servicios públicos y los hogares. Bajo este marco de referencia

EL PROBLEMA ES PLANTEAR UNA METODOLOGÍA QUE INDIQUE Y PERMITA ANALIZAR LA APLICACIÓN DE LAS POSIBLES ALTERNATIVAS DIRIGIDAS A REDUCIR Y MANTENER LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LOS EDIFICIOS NO RESIDENCIALES POR DEBAJO DE AQUELLOS QUE SE OBTENDRIAN USANDO EQUIPOS Y MÉTODOS CONVENCIONALES.

Para lo anterior entiendase como:

1. Equipos y métodos de operación convencionales, aquellos que tienen un mayor costo de operación eléctrica en comparación con equipo de alta eficiencia y métodos de operación con automatización integral.
2. Edificios no residenciales, aquellos edificios de oficinas privadas y públicas, así como escuelas y comercios. Sin embargo, el metodología expuesta es general y se puede extender hacia otro tipo de consumidores como la industria.

## MÉTODO.

El **CAPÍTULO 1** se encarga de sensibilizar a los usuarios de los beneficios económicos y ecológicos que se desprenden de un reordenamiento de sus costumbres en cuanto al uso de la energía eléctrica

Previo a atacar directamente el problema es necesario plantear los conceptos de **CONSUMO ELÉCTRICO Y DEMANDA MÁXIMA**, así como todos los demás elementos de que integran los cargos aplicados a la **FACTURACIÓN ELÉCTRICA** y que quedan contenidos en la tarifa a la cual está ó estará inscrito el usuario en cuestión. Tales conceptos se detallan en el **CAPÍTULO 2**.

En el **CAPÍTULO 3** se describe una metodología general de diagnóstico energético que indica la conveniencia técnica y económica de las diferentes alternativas disponibles. En este capítulo se plantean dos grandes bloques de alternativas:

- EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA.
- CONTROLES AUTOMÁTICOS INTEGRALES.

Las características de operación y criterios generales de selección de los **EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA, SISTEMAS DE ILUMINACIÓN Y FUERZA**, se describen en el **CAPÍTULO 4**.

En especial el acoplamiento de los diferentes elementos y servicios que ofrece el edificio a **SISTEMAS DE CONTROL DIGITALES INTEGRALES** es la base de lo que se conoce como **EDIFICIO INTELIGENTE**, los cuales son la directriz de lo que se espera tener en el mercado inmobiliario como uno de los productos más solicitados en el corto plazo, de ahí el título del presente trabajo, ya que primero de todos los elementos de lo que es el ahorro de energía y luego se enfoque en particular a estos. En el **CAPÍTULO 5** se describen sus características más importantes.

## APLICACIÓN DEL MÉTODO.

La síntesis de este trabajo no se basa en una mera recolección bibliográfica, ni tampoco en el estudio de un caso en particular. Más bien se basa y ha encontrado su aplicación en experiencias laborales en cuanto a la creación de diagnósticos energéticos llevados a cabo para diferentes tipos de edificios no residenciales, así como la operación cotidiana de un "edificio inteligente", por parte de el expositor.

## RESULTADOS.

El resultado perseguido es en si el planteamiento de una metodología de ahorro energético y la descripción de las alternativas disponibles, empleando para ello palabras sencillas y diversas analogías

Dicho resultado se considera alcanzado una vez planteado lo anterior.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En el capítulo 3 se indican una serie de elementos de análisis económico que están dirigidos a la selección de las propuestas técnicas de ahorro energético. Sin embargo, esta serie de argumentos afortunada y contradictoriamente parecen ser menos necesaria cada día para ciertos sectores de usuarios

No quiere decir esto que se confíe ciegamente en los equipos de alta eficiencia y en la automatización integral de los equipos. Sin embargo, suceden dos fenómenos interesantes:

1. Poco a poco se ha despertado la inquietud de la necesidad de controlar y racionalizar el uso de la electricidad como parte de sus ajustes presupuestales que los usuarios forzosamente han tenido que tomar para dar respuesta a los efectos de la crisis económica que actualmente vive el país. **UN AHORRO HOY ES UN AHORRO PERMANENTE.**
2. Los "edificios inteligentes" han surgido como un **NUEVO PRODUCTO INMOBILIARIO** que es tomado cada vez más en cuenta por los pocos sectores de usuarios que son capaces de cubrir sus altos costos, pero que son parte de su estándares de operación y calidad.

## CONCLUSIONES.

Las conclusiones se exponen en una sección al final de los cinco capítulos. La exposición de ellas es por capítulos y se hace en base a dos o tres preguntas consideradas como directrices del mismo capítulo.

## JUSTIFICACIÓN.

El motivo de haber elegido este trabajo se basa en tres palabras claves:

**MEJORAR, SUPERAR Y CRECER.**

Desde mi punto de vista personal la ingeniería y en general cualquier actividad humana debe estar dirigida al mejoramiento y la superación constante de lo que las personas hacemos.

El crecer es la función fundamental a la que se deben los seres humanos y aunque en esta época se tengan rezagos significativos creo firmemente se den las condiciones para que exista pronto un reordenamiento de la forma en que vivimos. Así el presente trabajo trata de contribuir a ese reordenamiento que tanto nos hace falta, en fin esta inspirado en la inquietud de brindar una alternativa que permita:

- ✓ Disminuir los costos de facturación eléctrica ejercidos por el usuario.
- ✓ Favorecer todas las actividades y organización del usuario al optimizar empleo de sus recursos energéticos
- ✓ Contribuir a la optimización de los recursos petrolíferos con que contamos todos los Mexicanos.
- ✓ Reducir en la medida de lo posible las multimillonarias inversiones dirigidas al sector eléctrico (Que tarde que temprano a todos se nos cobra a través de impuestos).
- ✓ Contribuir al abatimiento del impacto ecológico generado por la quema de combustibles fósiles.
- ✓ Fomentar una nueva cultura energética.

Deseo indicar que este pequeño trabajo independientemente de las justificaciones anteriores está inspirado por el simple hecho de considerarlo de utilidad no solo para los usuarios de la energía eléctrica si no también para los "usuarios de este planeta" ya sea en una forma directa o indirecta.

Existen algunos comentarios que consideramos de valor y que están basados en la corta experiencia en el tema, más que respaldados por una fuerte bibliografía, pues otra de los motivos en que está inspirado este pequeño trabajo es el hecho de que cuenta mucho LA IMAGINACIÓN Y LA CREATIVIDAD PERSONAL en la búsqueda de las alternativas de ahorro energético.

### *¿Imaginación . . . creatividad . . . ?*

la imaginación es básica, el consumo de energía sigue inevitablemente la Ley de la conservación de la Energía y la Materia, que indica que no se destruye ni se genera si no que solo se transforma. Así toda la energía eléctrica que emplea el usuario se puede plasmar en una simple sumatoria. Sin embargo, el empleo íntimo de esa energía en el espacio y en el tiempo dentro de las instalaciones del usuario puede ser muy diverso.

Así, la *imaginación* del proyectista cuenta bastante para ver las instalaciones del usuario como un organismo íntegro y luego ver cada parte en forma independiente en forma tal que en la medida de lo posible quede caracterizado el "paciente".

Por otro lado aunque existen técnicas de ahorro bastante comprobadas, estas suelen ser costosas, siendo que tal vez la solución solo requería un pequeño "toque de genialidad". De lo anterior se desprende que la *creatividad* sea otra de las armas que desafortunadamente no se enseña en las aulas, pero que en el momento de conocerlas y emplearlas ya nada vuelve a ser igual.

Permítanme dar paso al presente trabajo esperando que cubra los mínimos requisitos para los cuales fue creado.

J.M.E.S.

OTOÑO DE 1996.

## BIBLIOGRAFÍA.

"TODA LA ENERGÍA QUE NECESITAMOS"  
JOSEF PLOG

MUY INTERESANTE (REVISTA INFORMATIVA).  
EDITORIAL PALSA S.A. DE CV. EDICIÓN ESPECIAL.  
MÉXICO D.F. MAYO 1993  
PP 4-15

"¿ PORQUÉ AHORRAR ENERGÍA?"

INTRODUCCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN (MEMORIAS).  
ALEX RAMÍREZ RIVERO  
ATPAE, IESNA SEC. MÉXICO, FIDE (EDICIÓN CONJUNTA)  
MÉXICO D.F. FEBRERO 1995

"BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 1993"

SECRETARÍA DE ENERGÍA MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL.  
MÉXICO D.F. OCTUBRE 1994.  
PP 77

"EVOLUCIÓN Y NUEVAS POLÍTICAS EN EL SECTOR ELÉCTRICO".

JESÚS SADA GAMIZ.  
FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA DEL SECTOR ELÉCTRICO  
REVISTA INFORMATIVA.  
MÉXICO D.F. AÑO 3 NUM 12 DIC. 1994.  
PP 21 - 25.

"QUINCE AÑOS DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN LOS ESTADOS UNIDOS".

ODON DE BUEN R..  
FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA DEL SECTOR ELÉCTRICO  
REVISTA INFORMATIVA.  
MÉXICO D.F. AÑO 4 NUM 15 JUN. 1995.  
PP 38-43.

"TARIFAS ELÉCTRICAS".

INTRODUCCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN (MEMORIAS).  
ALEX RAMÍREZ RIVERO.  
ATPAE, IESNA SEC. MÉXICO, FIDE (EDICIÓN CONJUNTA).  
MÉXICO D.F. FEBRERO 1995

"SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN".

ROBERTO ESPINOSA Y LARA.  
NORIEGA LIMUSA 1ER EDICIÓN.  
MÉXICO D.F. 1990.  
PP 530

"ESTUDIO DE ARMÓNICAS EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE BAJA TENSIÓN".

MARTÍN HERNÁNDEZ B. - VÍCTOR GARIBAY M.  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA.  
MÉXICO D.F. 1995.  
PP 166.

"MEDICIÓN Y FILTRADO DE ARMÓNICOS".

CIRCUITOR S.A.  
BARCELONA ESPAÑA 1991  
PP 20.

"METODOLOGÍA".

INTRODUCCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN (MEMORIAS).  
CARLOS ROMERO GARCÍA - JUSTO GUTIÉRREZ M.  
ATPAE, IESNA SEC. MÉXICO, FIDE. (EDICIÓN CONJUNTA).  
MÉXICO D.F. FEBRERO 1995

"ELECTRICAL ENERGY CONSERVATION".

A.V. FERRARO.  
ENGINEERING REPORT 694. ISSUE DATE 0385  
JOHNSON CONTROLS INC  
MILWAUKEE USA. 1985  
PP 34

"MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL USO EFICIENTE DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA Y EL COMERCIO".

COMISIÓN DE ENERGÉTICOS. SECRETARÍA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL  
GOBIERNO DE MÉXICO.  
MÉXICO D.F. 1977  
PP 248

"TALLERES DE FORMACIÓN DE COMITES DE AHORRO DE ENERGÍA".

ALFREDO AGUILAR GALVAN.  
SISTEMAS RACIONALES DE ENERGÍA - FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO  
DE ENERGÍA DEL SECTOR ELÉCTRICO (MEMORIAS).  
HUATULCO, OAXACA MÉXICO. 1995.  
PP 102.

"ANÁLISIS ECONÓMICOS".

INTRODUCCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN (MEMORIAS).  
LUIS FERNÁNDEZ GONZÁLEZ  
ATPAE, IESNA SEC. MÉXICO, FIDE (EDICIÓN CONJUNTA).  
MÉXICO D.F. FEBRERO 1995

"POWER QUALITY ANALYZER".

DRANETZ TECHNOLOGIES INC.  
BULLETIN 658 5-91 15K.  
NJ. USA MAY 1991  
PP 12.

"AR-4M ANALIZADOR DE REDES. MANUAL DE OPERACIÓN".

CIRCUITOR S.A.  
BARCELONA ESPAÑA 1990.  
PP 40.

"ILUMINACIÓN" (CATALOGO PRODUCTOS).

CROUSE HINDS DOMEX S.A. DE C.V.  
CAT. CHD  
MÉXICO D.F. 1995  
PP 61

"TERMINOLOGÍA"

PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE ILUMINACIÓN EXTERIOR (MEMORIAS)  
JAVIER ROMERO G.  
ATPAE, IESNA SEC. MÉXICO, FIDE (EDICIÓN CONJUNTA)  
MÉXICO D.F. AGOSTO 1994

"PHILIPS ILUMINACIÓN, CATALOGO COMPACTO DE ESPECIFICACIONES 1994"  
PHILIPS MEXICANA S.A. DE C.V.  
MÉXICO D.F. 1994.  
PP 27.

"LIGHTING CONSERVATION MEASURES"  
JOHNSON CONTROLS INC. LIGHTING SERVICES.  
TECHNICAL REPORT MAY 1994.  
MILWAUKEE USA. 1994  
PP 14

"COMPACT FLUORESCENT LAMP SELECTION GUIDE".  
JOHNSON CONTROLS INC. LIGHTING SERVICES.  
TECHNICAL REPORT  
MILWAUKEE USA. 1995  
PP 11

"ELECTRONIC BALLAST. NON DIMMABLE ELECTRONIC BALLASTS FOR FOUR FOOT  
FLUORESCENT LAMPS".  
LIGHTING RESEARCH CENTER RENSSELEAR POLYTECHNICAL INSTITUTE. NATIONAL LIGHTING  
PRODUCT INFORMATION PROGRAM.  
VOLUME 1 ISSUE 1 DECEMBER 1991.  
TROY NY. USA 1991.  
PP 15

"BALLAST SELECTION GUIDE".  
JOHNSON CONTROLS INC. LIGHTING SERVICES.  
TECHNICAL REPORT MAY 1994.  
MILWAUKEE USA. 1994  
PP 8

"BALASTROS AHORRADORES"  
INTRODUCCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN (MEMORIAS)  
ALFREDO BADILLO TREJO.  
ATPAE, IESNA SEC. MÉXICO, FIDE (EDICIÓN CONJUNTA).  
MÉXICO D.F. FEBRERO 1995

"BALASTROS"  
PRINCIPIOS Y APLICACIONES DE ILUMINACIÓN EXTERIOR (MEMORIAS).  
ERNESTO MENDOZA ESTRADA.  
ATPAE, IESNA SEC. MÉXICO, FIDE (EDICIÓN CONJUNTA).  
MÉXICO D.F. AGOSTO 1994.

"CURSO DE MÁQUINAS HIDRÁULICAS"  
MIGUEL REYES AGUIRRE.  
FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM -INGENIERÍA DE MÉXICO A.C.  
MÉXICO D.F. 1994.  
PP 136

**"MAQUINAS ELECTRICAS".**

STEPHEN J. CHAPMAN  
MCGRAW HILL. INTERAMERICANA S.A. DE C.V. 1ER EDICIÓN ESPAÑOL.  
MÉXICO D.F. 1992.  
PP 665

**"USO DE VARIADORES DE VELOCIDAD DE ESTADO SÓLIDO PARA AHORRAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE BOMBEO INDUSTRIAL.**

RAMÓN ROSAS MOYA  
FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA DEL SECTOR ELÉCTRICO  
REVISTA INFORMATIVA  
MÉXICO D.F. AÑO 5 NUM 19 ABR-JUN 1996.  
PP 20-23.

**"MOTORES" (CATALOGO).**

ABB MOTORES S.A. DE C.V.  
CAT. B-10-3000  
MÉXICO D.F. 1995.  
PAG. 24.

**"MANUAL ELÉCTRICO"**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CONDUCTORES CONELEC S.A. DE CV.  
CUARTA EDICIÓN MÉXICO D.F. 1990.  
PP 403

**"CONOZCA COMO AFECTA LA CARGA A LA EFICIENCIA DE SUS MOTORES".**

STEVE MECKER.  
FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA DEL SECTOR ELÉCTRICO  
REVISTA INFORMATIVA.  
MÉXICO D.F. AÑO 4 NUM 17 OCT-NOV 1995.  
PP 18-22.

**"RECOMENDACIONES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN MOTORES ELÉCTRICOS".**

FIDEICOMISO DE APOYO AL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA DEL SECTOR ELÉCTRICO  
FASCÍCULO ESPECIAL.  
MÉXICO D.F. 1994.  
PP 10

**"EDIFICIOS INTELIGENTES Y SU CONTROL DE SERVICIOS. TORRE PICASSO".**

ANTONIO CEBALLOS - FCO. VALVERDI  
QUIMICA HOY  
MADRID ESPAÑA MARZO 1989.  
PP 10

**"MODELO PARA EL DESARROLLO DE UN EDIFICIO INTELIGENTE".**

XOCHITL GALVEZ RUIZ.  
HIGH TECH SERVICE MÉXICO - INSTITUTO MEXICANO DEL EDIFICIO INTELIGENTE. EDIFINTEL  
(MEMORIAS).  
MÉXICO D.F. NOV. 1995.

**"DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE PROTECCIÓN HUMANA Y PATRIMONIAL".**

WOLFRAM OEHLER B.  
INSTITUTO MEXICANO DEL EDIFICIO INTELIGENTE. EDIFINTEL. (MEMORIAS).  
MÉXICO D.F. NOV. 1995.  
PP 17

"COINCIDENCIAS Y DIFERENCIAS EN LAS TENDENCIAS DE AUTOMATIZACIÓN PARA PROCESOS INDUSTRIALES Y EDIFICIOS INTELIGENTES".

JORGE W. SOSA H. - LORENZO OKIE G.

HONEYWELL - INSTITUTO MEXICANO DEL EDIFICIO INTELIGENTE. EDIFINTEL (MEMORIAS).

MÉXICO D.F. NOV. 1995.

PP 17

"SYSTEM ARCHITECTURE".

METASYS COMPANION TECHNICAL MANUAL CODE No. LIT-6181100

JOHNSON CONTROLS INC

MILWAUKEE USA JAN 1995

PP 16

"TRAINING MANUAL. HEATING AND COLLING SYSTEMS".

JOHNSON CONTROLS INC.

MILWAUKEE USA. 1995

PP 71

"N1 LOCAL AREA NETWORK".

METASYS NETWORK TECHNICAL MANUAL CODE No. LIT 636017

JOHNSON CONTROLS INC

MILWAUKEE USA. MARCH 1995

PP 48

"OPTIMAL STAR TIME".

METASYS NETWORK TECHNICAL MANUAL CODE No. LIT-636162

JOHNSON CONTROLS INC.

MILWAUKEE USA. 1991

PP 20

"APLICACIÓN DE CONTROLES".

INTRODUCCIÓN AL AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN (MEMORIAS).

CARLOS MENDOZA ELIZONDO.

ATPAE, IESNA SEC. MÉXICO, FIDE (EDICIÓN CONJUNTA).

MÉXICO D.F. FEBRERO 1995

"LIGHING CONTROL SYSTEMS.".

SELECTION GUIDE REF D33-08

MICROLITE CORPORATION

CHICAGO IL USA APR 1993

PP 86

"OPERATOR WORKSTATION USER MANUAL".

METASYS TECHNICAL MANUAL ORDER 634

JOHNSON CONTROLS INC.

MILWAUKEE USA. FEB 1993

PP 744.

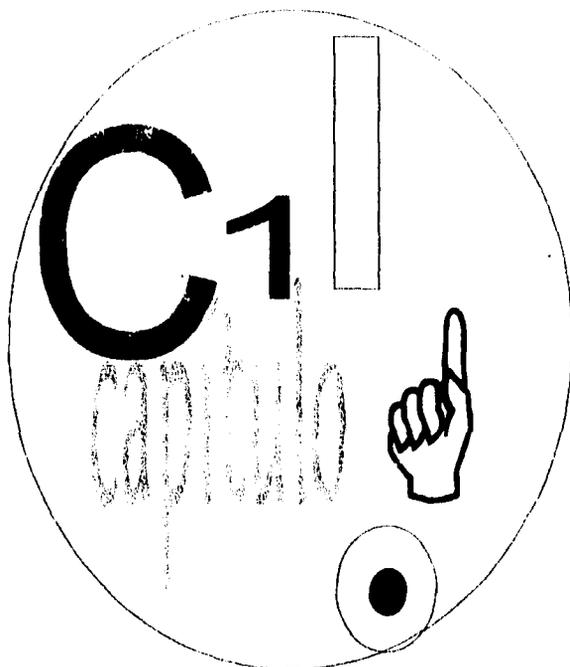
"DEMAND LIMITING AND LOAD ROLLING".

METASYS TECHNICAL MANUAL CODE No. LIT-636106

JOHNSON CONTROLS INC.

MILWAUKEE USA. 1995

PP 44



# INTRODUCCIÓN. ¿PORQUÉ AHORRAR ENERGÍA?.

## ANTECEDENTES.

La energía como tal siempre ha estado presente en la vida de la humanidad y es precisamente su conocimiento y el grado de dominación sobre ella lo que ha distinguido al hombre sobre los demás seres de este planeta.

Por milenios un modesto modo de dominio sobre las energías naturales tales como: El **FUEGO**, con que se calentaban y cocinaban los audaces humanos que en ese entonces lo conocieron por primera vez ; El **AIRE**, que impulsaba primitivos navíos o el impulso de que dada el **AGUA** de los rachuelos con que se hacia funcionar los primeros molinos, en conjunto con los recursos obtenidos de La **TIERRA**, hicieron al hombre un ser distinto ( No es gratuito que los alquimistas de la Edad Media consideraran al Fuego, al Aire, al Agua y a la Tierra como elementos básicos de las fuerzas y la materia manifiesta en todas y cada una de sus diversas formas ).

Sin embargo, al ser modesto ese dominio sobre las fuerzas naturales modesto también lo fue el impacto que el hombre causara sobre la naturaleza, sobre el medio ambiente global que lo envolvía. El hombre era muy distinto pero aun estaba ligado a ese cosmos terrestre.

En la medida que fue creciendo en numero y en capacidad de dominio sobre las fuerzas de ese cosmos en que vivía, en esa misma medida su modo de vida estaba mas ligado, por no decir atado, a la manera en que podía manejar su entorno natural. El dominio de la energía como medio de producción de bienes materiales y como medio de conservación de su propio estilo de vida se volvió el eje en que giraba toda actividad humana.

Hoy día pensar en un mundo sin energéticos, sin electricidad, sin automóviles, aviones o barcos que se desplacen gracias a la combustión de restos fósiles, sin fabricas ni comercios con grandes anuncios luminosos, es pensar en un mundo arcaico en uno que nunca hemos conocido. La historia de la humanidad ha sido en cierto modo la historia del dominio de los energéticos. Durante millones un modesto dominio sobre estos hicieron al hombre un modesto protagonista. Un frenético dominio sobre algunas fuerzas naturales trajeron también un frenético crecimiento de la humanidad.

Según el escritor Peter Atteslander si trasladamos los 250,000 años, que según algunos especialistas, ha vivido el hombre sobre el planeta a un lapso de una hora ( 250,000 años = 1 hora):

- |       |      |  |
|-------|------|--|
| 48.77 | min. | Hemos vivido en el paleolítico (81.3% de toda nuestra existencia).                                     |
| 5     | min. | Hemos vivido en el neolítico. (cultivo de plantas, domesticación de animales, uso del arco y flecha ). |
| 3.5   | min. | Hace que el hombre comenzó a trabajar el cobre.  |
| 2.5   | min. | Hace que comenzó a fundir el bronce.   |
| 0.15  | seg. | Hace que invento la imprenta.  |

- 0.05 seg. Hace que comenzó la revolución industrial.
- 0.0103333 seg. **Hace que le hombre comenzó a usar la electricidad.**
- 0.0100000 seg. Hace que circulo el primer automóvil.
- 0.0010000 seg. Hace que exploto la primer bomba nuclear.
- 0.0000010 seg. Hace (un nano segundo) que el hombre piso la luna.
- 0.0000001 seg. Hace (un pico segundo) que el hombre comenzó a pensar en los límites del crecimiento del mundo.

Según Alvin Toffler, ya no hablemos de 250,000 años desde que existe el hombre como ser biológico, pensemos en los últimos 50,000 años de historia de la humanidad en generaciones de 62 años cada una, es decir 800 generaciones en total, de las cuales las últimas 12 han creado todo lo que existe en el planeta y 2 han utilizado todos los bienes materiales con que contamos hoy, desde el más sencillo lápiz, la luz artificial con que nos iluminamos hasta la más sofisticada tecnología espacial. El 85% de los genios, de las personas que han hecho todos estos descubrimientos aun viven en esta generación.

**LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD HA SIDO FRENÉTICA Y GRAN PARTE DE ELLO, SI NO ES QUE TODO, SE LE DEBE AL DESARROLLO FRENÉTICO DE LOS ENERGÉTICOS EN TODAS SUS FORMAS.**

Pero, ¿Dónde reside su grandeza? ... La Física nos dice que la energía es la capacidad mayor o menor de realizar un trabajo o de producir un efecto. Cuando el viento empuje los veleros, en lugar de remar podemos descansar. Un radiador de gas al calentar nuestras casas en invierno evita que tengamos que ingerir menos alimentos que contengan grasas necesarias para mantener nuestro cuerpo con una temperatura por arriba de la temperatura ambiente en invierno. La electricidad prolonga la luz más allá del día y nos permite disfrutar de múltiple electrodomésticos y equipos electrónicos.

La pasmosa facilidad con que obtenemos un torrente de energía eléctrica simplemente apretando un solo botón, casi por milagro, nos hace olvidar la increíble complejidad del mundo de los energéticos y en especial el de la energía eléctrica.

La problemática energética del mundo radica en que la generación masiva de tales energéticos gira entorno del **CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES**, que tiene innumerables implicaciones:

⊗ **SON LIMITADOS E IRRENOVABLES.**

⊗ **GENERAN CONTAMINANTES.**

⊗ **HAN SIDO OBJETO DE ESPECULACIÓN Y DE INSTRUMENTO POLÍTICO.**

## ⊗ LÍMITES DE LA ENERGÍA FÓSIL.

El más simple y quizás el más drástico de los inconvenientes de la generación masiva de energía eléctrica en base a restos fósiles radica en que algún día se acabarán inevitablemente.

No podemos por el momento desarrollar procesos químicos que emulen la delicada y paciente transformación de la materia orgánica en petróleo, pero SI PODEMOS DIRIGIR SU CONSUMO HACIA ÁREAS DEL QUEHACER HUMANO DONDE SON IRREEMPLAZABLES, y así aplazar su extinción mientras que desarrollamos dichos procesos o encontramos alguna fuente energética alterna que sea competitiva con la quema de combustibles fósiles.

En E.U. el harina que se emplea para preparar galletitas es el equivalente para cubrir tres cuartas partes de la hambruna de toda África. Lo peor de esto es que dicha harina es refinada y es la menos nutritiva que pueda existir. En mi opinión algo similar está sucediendo con el petróleo, estamos haciendo un empleo totalmente inadecuado y hasta ofensivo.

**EL EMPLEO DE ELLOS DEBE SER DIRIGIDO A SECTORES DONDE SEAN IRREEMPLAZABLES Y DEBE DE BUSCARSE UNA FUENTE ENERGÉTICA ALTERNA QUE SEA REALMENTE COMPETITIVA CON LA PRIMERA.**

## ⊗ GENERACIÓN DE CONTAMINANTES.

Cuando quemamos un kilo de carbón o de petróleo en pocos minutos estamos liberando unos elementos y energía que tardaron miles de años en acumularse y en transformarse. La inyección repentina, masiva, concentrada y constante de estos elementos a la biosfera, ( Óxidos de Carbón, Azufre, Nitrógeno y Plomo ), sobrepasa la capacidad de la naturaleza para reintegrarlos a ella misma en formas útiles y necesarias para la vida.

Los medios de comunicación se encargan de recordarnos las consecuencias de esto:

- ⊕ **LLUVIA ÁCIDA.**
- ⊕ **POLUCIÓN DIVERSA.**
- ⊕ **INVERSIÓN TÉRMICA.**
- ⊕ **EFFECTO INVERNADERO.**

Este lastre negativo asociado al consumo masivo de combustibles fósiles no es justificable, pero si se puede explicar de manera simple:

**NUNCA HEMOS UTILIZADO TANTA ENERGÍA COMO HASTA AHORA Y HASTA HACE POCO NOS HEMOS DADO CUENTA DE SUS EFECTOS, ADEMÁS QUE SE ESTIMA QUE EN LO QUE VA DEL SIGLO SE HA GASTADO TANTA ENERGÍA COMO EN TODA LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD.**

## ⊗ HAN SIDO OBJETO DE ESPECULACIÓN Y DE INSTRUMENTO POLÍTICO.

La forma de gestionar la energía nunca ha sido una cuestión de equitatividad. Como todo bien material, los energéticos han sido objeto de especulación y como medio de control político a lo largo de todo el orbe. Cada sociedad en distintas épocas de la historia le ha dado un enfoque particular a esta cuestión:

los Chinos usaban la pólvora para los fuegos artificiales, pero nunca para las armas; En la Roma imperial estaban prácticamente prohibidos los molinos hidráulicos para la molienda para no desestabilizar el mercado de esclavos; En la Edad Media se prohibieron estrictamente los molinos de viento, para que se emplearan los riachuelos donde se podía tener más control y mayor facilidad de cobrar impuestos según la cantidad de grano molido.

No sería nada sorprendente pensar que mientras exista el petróleo habrá un seductor y espectacular mercado de automóviles, aunque los imperios automovilísticos ya hayan desarrollado prototipos de automóviles 100% eléctricos alternativos a los actuales. Pero si de todos modos tarde que temprano se implantará un creciente mercado de automóviles eléctricos ¿ Por qué no desarrollarlos ahora ? . . . La respuesta es sencilla los autos eléctricos son mucho más caros que uno convencional, así que no tendrían cabida el mercado actual, además de que reestructurar la industria automovilística sería tan costoso como hacer una nueva.

Por otro lado, en la actualidad la mayor parte de los energéticos se encuentran en los países subdesarrollados pero **NO** así las reglas que regulan su comercio, hecho que remarca su vulnerabilidad y los exponen a bloqueos, indignantes y diversas manipulaciones y hasta a invasiones.

Aún dentro de estos países existen muy diversas implicaciones de tinte político muy particulares de cada país y de cada momento político; Por ejemplo en México la electricidad de consumo doméstico esta altamente subsidiada. No así la gasolina. Y decir "subsidiada" es un decir ya que ese subsidio proviene de nuestros impuestos o bien de una indeseable deuda interna y una aplastante deuda externa

El cambiar el actual esquema energético mundial tiene dos alternativas básicas:

**1. DESARROLLAR FUENTES DE ENERGÍA ALTERNAS A LAS ACTUALES.**

**2. AHORRAR ENERGIA EN TODAS SUS FORMAS.**

## 1. DESARROLLO DE FUENTES DE ENERGÍA ALTERNAS A LAS ACTUALES.

Solo por mencionarlas las fuentes alternas de energía más prometedoras son:

 SOLAR.

 EÓLICA.

 MICROHIDROELÉCTRICA.

 BIOMASA.

 MAREMOTRÍZ.

En este sentido cualquier acción de desarrollo de fuentes alternas, además de evitar las emisiones inherentes de la quema de los invaluable combustibles fósiles, favorecerá la no dependencia de estos últimos y fomentará tarde que temprano el abaratamiento y la equitatividad comercial de la energía, ya que estas fuentes alternas por lo general se encuentran en todos las latitudes del orbe, lo que hace las exenta de manipulaciones políticas fomentando la autonomía de los pueblos.

Sin embargo tienen la desventaja principal de que son INTERMITENTES y un tanto ALEATORIAS.

## 2. AHORRAR ENERGIA EN TODAS SUS FORMAS.

La optimización de la energía y los energéticos es una práctica que debe ser llevada a cabo en forma paralela al desarrollo de fuentes energéticas alternas anteriormente descritas.

Haciendo una analogía con el cuerpo humano, lo importante de llevar a cabo una dieta, no es bajar de peso momentáneamente, si no más bien dar los lineamientos para llevar una alimentación habitual sana. No sólo se trata de comer menos, también se trata de comer lo necesario y lo que más nutra a nuestro organismo.

Más adelante veremos de una forma un poco más amplia a que se refiere el concepto de "AHORRAR ENERGÍA".

# ¿ QUÉ ES AHORRAR ENERGÍA ?

Hoy día existen múltiples circunstancias por las cuales el ahorro energético es una actividad en la que esta cifrada la labor de miles de personas en el mundo entero.

El objetivo de este escrito es dar a conocer tanto el concepto mismo, así como las posibilidades que puede ofrecer el ahorro energético tanto para los usuarios, las compañías suministradoras de energía eléctrica, la economía de un país y el urgente romote de las muy demeritadas condiciones ecológicas que imperan en el planeta.

Antes de seguir adelante debemos de comenzar por lo fundamental:

## ¿ QUE ES AHORRAR ENERGÍA ?

# CONCEPTOS DEL USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGÍA.

Para explicar estos dos conceptos recurriremos a un ejemplo muy sencillo:

Supongamos tener una sala de juntas que solo es usada por 3 o 4 horas una vez a la semana, para la junta de los lunes. En ella existen 10 luminarios fluorescentes que en conjunto requieren 1,800 W, de lunes a sábado y durante las 18 horas que se encuentra abierta la compañía las luces de esta sala se encuentran encendidas.

Suponemos que queremos que esta sala de juntas sea la nuestra de las acciones que puede llevar a cabo un programa de ahorro energético.

Sabemos que la compañía XXX S.A. DE C.V., firma de consultoría y distribuidor de lamparas y balastros ahorradores de energía, ofrece una serie de opciones en las cuales asegura poder hacer que la potencia demandada por los equipos de esta sala de juntas sea de 1,152 w, lo que representa un ahorro del 36% respecto de la demanda habitual. Por ultimo indican que sin cambiar sus costumbres de uso la inversión requerida con los ahorros obtenidos se puede amortizar en 12 meses.

Todo parece ser atractivo. Un ahorro energético de 36% con una recuperación de la inversión en 1 año.

Pero, hay algo que desde un principio nos suena mal. ¿ porque dejan las luces encendidas todo el tiempo si solo se usa la sala a lo más 4 horas a la semana. . . ?

El uso eficiente de la energía se puede entender como el empleo de equipos que consuman un mínimo de energía y sean capaces de dar el mismo o mejor servicio que el proporcionado por un equipo convencional.

El uso racional de la energía se refiere a dar lo adecuado a usuario a cambio de un costo adecuado.

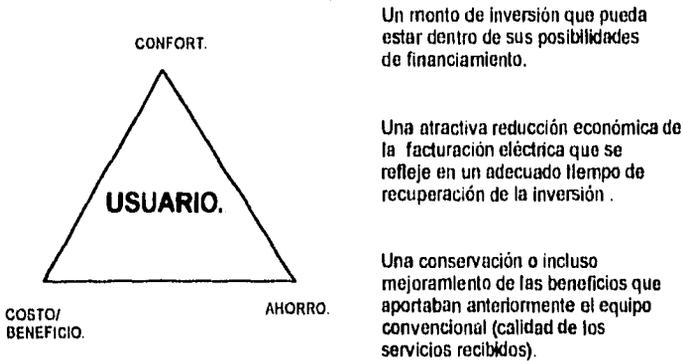
Por un lado tenemos que el empleo de equipos eficientes nos representa un ahorro energético y económico, que al usuario le puede ser de utilidad, pero el empleo, el cuidar la noción de costo-beneficio del uso de la energía eléctrica es a lo que se refiere el concepto de uso racional de la energía.

No importa que tan eficientes sean los nuevos equipos, el Watt y el Kilowatt-hora más caro es aquel que se consume y no se aprovecha. Sin embargo, el ahorro de energía no debe de entenderse como el apagar todas las luces, las bombas, el aire acondicionado aun requiriéndose. **No se debe de entender como el privar al usuario de la energía.**

Ahora bien, en este momento hay que recordar que **la calidad** es la característica de un producto o servicio de darle al consumidor o usuario lo adecuado para satisfacer sus necesidades a cambio de una aportación adecuada por parte de este.

El dar lo mismo y aun más de lo que recibe el usuario, a un costo razonable, es el enfoque que se pretende dar a las sugerencias de un diagnóstico energético.

En resumen, **debe de ser muy estrecha la relación entre la eficiencia de los equipos y su costo, en conjunto con la racionalidad con que el usuario emplee la energía eléctrica**, de tal forma que a fin de cuentas el usuario se beneficie con:



Debe de entenderse como confort todas aquellas condiciones que procuran al usuario realizar sus actividades de manera normal. Estas van desde la fuerza para sus equipos, la iluminación, el aire acondicionado etc.

**SÓLO SE ENTENDERÁ COMO AHORRO A  
AQUELLA DISMINUCIÓN EN EL EMPLEO DE LA  
ENERGÍA QUE EN NINGÚN MOMENTO  
DETERIORE EL CONFORT DE LOS USUARIOS.**

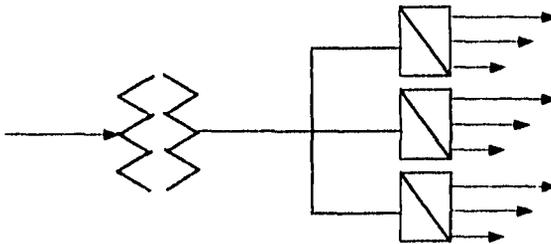
## BENEFICIOS DE AHORRAR ENERGÍA.

Independientemente del aspecto ecologista el ahorro de energía aporta una gran diversidad de beneficios tanto a los usuarios como a las compañías suministradoras de energía eléctrica. Tales beneficios básicamente se reflejan en dos áreas:

### # COSTOS.



### # INSTALACIONES.



## II) COSTOS .

El área que a primer instancia resulta ser más atractiva, tanto para los usuarios de la energía eléctrica así como para las compañías que se dedican a su generación y su suministro, sin duda alguna es el área de costos.

### PARA LOS USUARIOS:

- a) Para cualquier tipo de usuario resulta atractivo reducir los gastos derivados por facturación eléctrica. Hoy en día, sobre todo en momentos económicamente difíciles, **todo tipo de empresas privadas** de servicios o industriales, grandes, medianas o pequeñas, buscan optimizar todos sus recursos materiales y humanos, procurando para ello obtener el máximo beneficio al menor precio posible; Las **empresas y entidades de gubernamentales** también siguen el mismo esquema de optimización ya que los recursos aportados por los contribuyentes a través del gobierno estatal o federal son limitados y el aumentar impuestos provocaría mayor malestar por parte de la población. De manera similar las **familias** buscan un mayor aprovechamiento del gasto familiar, ya que lamentablemente hay quienes solo dependen de un salario mínimo.
- b) En el interior del país, el pago del **Servicio de Alumbrado Público (D.A.P.)** en la mayoría de los casos esta establecido mediante decretos locales, calculándose aplicando un porcentaje aprobado en cada estado a la facturación neta bonificada (no es gravado por el I.V.A.). Esto es que de la facturación derivada por energía eléctrica se hace un cargo adicional que se destina al servicio de alumbrado público. Este cargo varía de un 8 a un 10 %. Si el usuario ahorra energía en este caso tendrá un ahorro adicional. La ventaja es que de cualquier forma sigue recibiendo el mismo servicio de alumbrado público.
- c) Todas estas cuestiones de ahorro de energía son totalmente una cuestión dialéctica, ligan íntimamente a tanto a productores como a usuarios. Si los usuarios optimizan su consumo las compañías suministradoras y generadoras pueden disminuir sus costos de operación y mantenimiento y así podrán dirigir un mayor número de recursos hacia el reforzamiento de la **Cantidad, Calidad y Oportunidad** de los servicios ofrecidos al usuario.

### PARA LAS CÍAS SUM. :

- A) Al disminuir sus gastos de operación las compañías suministradoras se vuelven **MÁS COMPETITIVAS**, es decir, pueden competir ante otras compañías suministradoras. Cualquier ventaja técnica que se refleje en una ventaja económica sobre otras compañías la pondrá en mejor posición de mercado, volviéndose más rentables al captar un mayor número de consumidores de energía eléctrica. En otras palabras las cías suministradoras se vuelven un buen negocio para sus accionistas.

**B)** El ahorro que las compañías suministradoras obtienen cuando los usuarios eficientizan su consumo de energía se refleja directamente en la **DISMINUCIÓN DE INVERSIONES REQUERIDAS PARA ATENDER LA DEMANDA MÁXIMA Y EL CONSUMO DEL SISTEMA**. Si el usuario tiene un consumo óptimo esto evita el sobredimensionamiento de los equipos de suministro, lo que implica un abaratamiento de las instalaciones que requiere realizar las compañías para brindar el suministro a ese y en general a todos los demás usuarios.

**C)** En general, una disminución de la Demanda Máxima y el Consumo de todos los usuarios provocará una disminución de los recursos naturales que están implicados en la generación masiva de energía eléctrica. En el caso de México, como en el de muchos países en vías de desarrollo se refleja en una **DISMINUCIÓN DE COSTOS DIRIGIDOS A HIDROCARBUROS**.

## ‡ INSTALACIONES .

Además de la disminución de costos, los beneficios que aporta la implementación de un programa de ahorro energético, tanto para los usuarios como para las compañías suministradoras, se reflejan en una mejora de las condiciones operativas de sus instalaciones. En general cualquier beneficio que se presente en las instalaciones del usuario de una u otra manera **se reflejan en beneficios económicos**.

Por un lado, la cuantificación y el monto de estos beneficios depende muy particularmente de cada caso. A veces puede resultar de manera fácil cuantificar económicamente tales beneficios mientras que a veces resulta en extremo laborioso llegar a tales resultados. Por otra lado, para algunos usuarios llegan a representar cuantiosas cantidades dichos beneficios, en tanto que para otros usuarios no llegan a ser tan representativos.

**Las instalaciones son como nuestro propio cuerpo. Más allá de lo que sucede con en una simple consulta médica, no solo se pretende aliviar un padecimiento en particular, si no hacer que el paciente además pueda reestructurar su condición física y sus hábitos.**

## PARA LOS USUARIOS:

- a) La disminución de carga eléctrica trae como resultado una disminución de corriente en todos los conductores de la instalación del usuario. Tal disminución de corriente trae una **reducción de las pérdidas eléctricas por efecto Joule**. Tales pérdidas no aportan ningún beneficio al usuario y si tiene que pagar por el costo que representan.
- b) Otro aspecto técnico interesante para el usuario es que al reducir la corriente que circula por sus instalaciones existe un **mejoramiento de la regulación de voltaje**, que para ciertos equipos, sobrelodo electrónicos, resulta ser indispensable. Aunque los usuarios implementen en sus cargas críticas reguladores de voltaje, el implementar equipos de regulación a toda la instalación representaría una inversión enorme.
- c) La reducción de corriente disminuye el calor generado por efecto Joule que tienen que soportar los aislamientos de los conductores de la red del usuario. Al disminuir la temperatura en los aislamientos se conserva y prolonga su vida útil, lo que significa una **operación más confiable de las instalaciones y un menor gasto en mantenimiento (materiales y mano de obra)**. Existen procesos automatizados en los cuales al interrumpirse el suministro de energía eléctrica se reinicializa todo el proceso. También existen casos más críticos en los que una prolongada falta de suministro eléctrico provoca la pérdida de materias en procesamiento. Lo anterior se da mucho en la industria Química y Farmacéutica en las cuales las sustancias que se manejan tienen procesos extremadamente complicados y delicados. Tales eventos **representan cuantiosas pérdidas materiales** en muchos casos.
- d) En general dependiendo de los alcances que se le pretenda dar, como veremos en capítulos posteriores, un programa de ahorro energético puede ser lo bastante agresivo para poder lograr: **Optimizar las instalaciones eléctricas y la información que se dispone de ellas** al actualizar los planos unifilares y de detalle, mejorar los flujos de potencia internos (Balanceo de cargas), eliminar viejas anomalías en los sistemas, revisar la contratación con la cia. suministradora Etc.
- e) En ocasiones los alcances del programa de ahorro son tales que permiten una **disponibilidad de carga en las instalaciones para nuevas instalaciones que antes no se tenía**. El caso más simple lo encontramos en tableros de distribución sobrecargados, que al eliminar los desperdicios puede alimentar circuitos nuevos. Para cada caso en particular el costo de una nueva instalación depende de la ubicación y del valor de la nueva carga a alimentar. Una vez definidos estos podemos estimar cuanto nos representa en tiempo y en costo implementar cada VA's adicionales [NS / VA<sub>ADICIONAL</sub>]. **Siempre en instalaciones deterioradas y sobrecargadas resulta ser más elevado el costo de los KW adicionales que en instalaciones en buenas condiciones.**

**F]** El calor (debido a equipos ineficientes y pérdidas en los conductores en instalaciones deficientes principalmente tiene que ser absorbido por el aire acondicionado del usuario (AA). Así la reducción de la carga térmica de los equipos y la instalación significa **una reducción del consumo eléctrico de los sistemas de AA**. En el caso de no existir AA, tal reducción de carga térmica **incrementa el confort ambiental de las instalaciones** lo que a su vez significa una mayor **productividad del personal**. Sobre todo en zonas climas cálidos.

## PARA LAS CÍAS SUM. :

**A]** La reducción generalizada de la corriente demandada en los centros de consumo **reduce las pérdidas en las líneas de transmisión y distribución** de las compañías generadoras y suministradoras. Tales pérdidas contribuyen a hacer ineficiente la línea de transmisión

**B]** La reducción de corriente y pérdidas en las líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica representa una mejor regulación de voltaje, hecho que redundará en la **calidad del servicio ofrecido** a los usuarios.

**C]** En los equipos de las cías suministradoras al circular una menor corriente **se prolonga la vida útil** tanto de transformadores, conductores aislados, aislantes diversos. También aumenta su confiabilidad, con lo que **se evitan cuantiosas pérdidas durante apagones provocados por sobrecargas** en sus equipos.

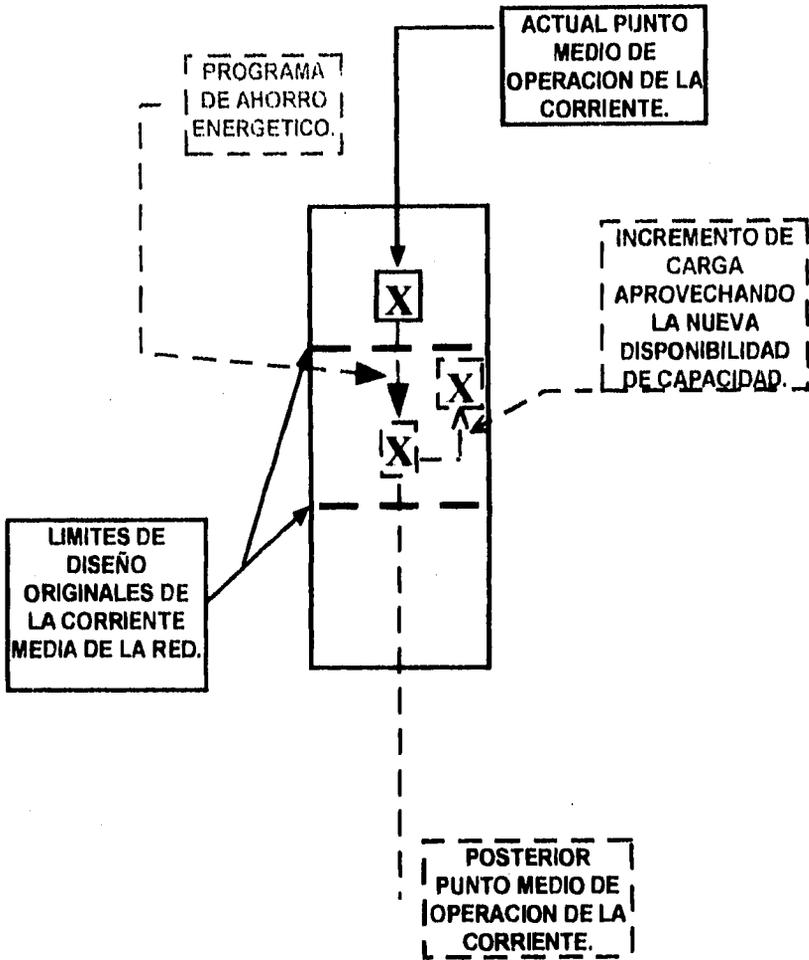
**D]** Históricamente la demanda de usuarios del servicio eléctrico ha ido en mayor aumento que la capacidad proyectada de los sistemas de suministro eléctrico, creciendo en forma desproporcionada, (sobre todo en zonas altamente pobladas como lo es la zona metropolitana del D.F.) tal crecimiento tiene ciertos inconvenientes. Al reducir este crecimiento **el crecimiento de la demanda de consumidores de E.E. puede ser mucho más ordenado y disponer de capacidad de suministro adicional**. Las acciones por parte de las cías. suministradoras tendientes a modificar el empleo de la E.E. de los usuarios se le conoce en el ámbito internacional como **DEMAND SIDE MANAGEMENT (DSM)**. Un poco más adelante veremos las acciones que el sector eléctrico en México ha tomado en este sentido.

<b>BENEFICIOS DE AHORRAR ENERGIA</b>	
<b>USUARIO</b>	<b>CIA'S. SUMINISTRADORAS GENERADORAS.</b>
<p><b>C O S T O S</b></p>	<p>DISMINUCIÓN DE GASTOS POR CONCEPTO DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA</p>
<p>MENOR PAGO DE IMPUESTOS POR DERECHO DE ALUMBRADO PÚBLICO.</p>	<p>DISMINUCIÓN DE LAS INVERSIONES DIRIGIDAS A INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE RESPUESTA AL CONSUMO Y A LA DEMANDA MÁXIMA DEL S.E.N.</p>
<p>ABATIMIENTO DE LOS COSTOS DE PRODUCCION (MENOR INTENSIDAD ENERGÉTICA PARA SUS PRODUCTOS).</p>	<p>UNA MEJORA EN LA DISTRIBUCIÓN SOCIAL DE LA ENERGIA TANTO EN CANTIDAD, CALIDAD Y OPORTUNIDAD.</p>
	<p>CONSERVACIÓN DE LAS RESERVAS PETROLERAS.</p>

<b>BENEFICIOS DE AHORRAR ENERGÍA</b>	
<b>USUARIO</b>	<b>CIA'S. SUMINISTRADORAS GENERADORAS.</b>
DISMINUCIÓN DE PERDIDAS EN LA RED INTERNA	DISMINUCIÓN DE PERDIDAS EN LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.
MEJORAMIENTO DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE. QUE IMPLICA UNA MAYOR VIDA A EQUIPOS ( EN ESPECIAL LA DE LOS EQUIPOS SENSIBLES).	MEJORAMIENTO DE LA REGULACIÓN DE VOLTAJE. LO QUE PERMITE BRINDAR A LA COMPAÑIA UN SERVICIO ELÉCTRICO CON MAYOR CALIDAD Y ASI CONSERVAR SU COMPETITIVIDAD ANTE OTRAS EMPRESAS.
AL REDUCIR LA CARGA TÉRMICA SOPORTADA POR LOS AISLANTES DE LOS EQUIPOS SE OBTIENE UNA CONSERVACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS MISMOS. LO CUAL IMPLICA UN MENOR NUMERO DE REEMPLAZOS.	
DISMINUCIÓN DE LA CARGA TÉRMICA EN EL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.	
MAYOR GRADO DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE LA RED INTERNA Y LOS EQUIPOS.	
MEJORAMIENTO DEL BALANCEO DE CARGA Y FLUJOS DE POTENCIA DE SU RED INTERNA.	
CAPACIDAD DISPONIBLE EN LOS ALIMENTADORES ACTUALMENTE EXISTENTES	

I  
N  
S  
T  
A  
L  
A  
C  
I  
O  
N  
E  
S

# AHORRO EN INSTALACIONES FUTURAS.



# ¿ QUÉ SE HA HECHO A NIVEL INTERNACIONAL PARA AHORRAR ENERGÍA ?

Dentro de los fenómenos más importantes que se han dado en el contexto del ahorro de la energía a nivel mundial es el llamado **ADMINISTRACIÓN DEL LADO DE LA DEMANDA (DSM, DEMAND SIDE MANAGENT)**. Fundamentada en la idea de que para las compañías suministradoras es más económico invertir en modificar los consumos de los usuarios que construir nuevas centrales eléctricas y nuevas redes de distribución. La DSM es una actividad que fue creada en los Estados Unidos hace más de 15 años.

La DSM tiene sus orígenes formales en una batalla legal hecha en 1975 por la compañía Pacific Gas and Electric (PG&E) a la California Utilities Commission, en el sentido de aumentar sus tarifas eléctricas. Tal solicitud manifestaba el impacto de la crisis petrolera en la industria eléctrica. En tal demanda se involucró la Environmental Defense Fund ( EDF ) y promovió la idea de que además de todas las ventajas que representaba para la sociedad la eliminación del desperdicio eléctrico, esto contribuía a mejorar la ecología.

Como resultado 5 años más tarde, en 1980, se desencadena una serie de cambios en la industria eléctrica de los Estados Unidos que, la producción de la energía eléctrica deja de ser un fin en sí mismo.

## AMPLITUD Y EVOLUCIÓN DE LA DSM.

### AMPLITUD.

De acuerdo al Electric Power Research Institute (EPRI) en EU hacia 1992 los programas concernientes a la DSM habían involucrado a :

- **18.6 MILLONES DE USUARIOS DOMÉSTICOS.**
- **730,000 COMERCIOS.**
- **145,000 USUARIOS INDUSTRIALES.**

Se tiene registrado que para lo anterior se invirtieron en programas de DSM 2,200 millones de Dólares, los cuales provinieron por parte de empresas generadoras y suministradoras de energía eléctrica y se estima que para 1996 se llegará a la cifra de 3,550 millones de Dólares, que para algunas empresas significa un 12% de sus gastos de inversión de capital en generación y distribución.

## EVOLUCIÓN.

Históricamente la DSM ha tenido 4 etapas o generaciones:

- # INFORMACIÓN AL USUARIO.
- # INCENTIVOS ECONÓMICOS.
- # ENFOQUE INTEGRAL.
- # TRANSFORMACIÓN DEL MERCADO.

### # INFORMACIÓN AL USUARIO.

Aparece a fines de la década de los 70's y se desarrolla hasta mediados de los 80's y tiene como premisa que para que los usuarios tuvieran una actitud de compra respecto de equipos de alta eficiencia, estos debían tener información precisa y accesible sobre las alternativas de uso eficiente de la energía eléctrica. La promoción de equipos a través de folletos y artículos tuvieron buena aceptación o parte de los usuarios. Sin embargo no se tuvieron los resultados esperados.

### # INCENTIVOS ECONÓMICOS.

Se presenta en la segunda mitad de la década de los 80's. Desafortunadamente la barrera económica, en todo momento una de las más fuertes, fue la que no pudo vencer la primer generación de acciones de la DSM. La información no fue lo suficientemente efectiva para vencer este obstáculo. La segunda generación de la DSM se caracterizó por una serie de incentivos económicos a los usuarios:

- ✓ Prestamos con bajas tasas de interés.
- ✓ Incentivos financieros que cubren una parte reducida del costo de la inversión.

La intención de estas políticas era la de reducir el impacto que representaba la inversión inicial en productos de alta eficiencia. En particular se enfocan en esta etapa a **LA ILUMINACIÓN Y EL AIRE ACONDICIONADO.**

Aunque los logros obtenidos demostraron su rentabilidad, incluso ante otras alternativas de inversión, no se llegó a la participación esperada.

### # ENFOQUE INTEGRAL.

Se caracteriza por un enfoque integral de las alternativas de ahorro de los usuarios: **TODOS LOS USOS FINALES DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA** ( Aparatos de oficina, electrodomésticos, iluminación, aire acondicionado, bombeo, computadoras, elevadores, fuerza en general, Etc.).

En esta etapa se incluyen esfuerzos sostenidos y muy bien dirigidos a la **MERCADOTECHNIA** y a altos niveles de **ASISTENCIA GERENCIAL Y TÉCNICA** de los usuarios. Sobretudo se enfoca a usuarios industriales y comerciales con consumos y demandas importantes y con potenciales de ahorro interesantes.

Esta etapa se caracteriza por la enorme atención que se le pone al seguimiento de las acciones, dela que depende la permanencia y consecución de sus logros.

### III) TRANSFORMACIÓN DEL MERCADO.

Esta etapa, que corre en lo que va de la década, se ve reforzada por varias razones muy poderosas, todas de índole económico y es quizás la etapa más crucial en la consolidación de una nueva cultura energética mundial.

La transformación del mercado es un proceso en el cual se involucran las innovaciones en eficiencia energética dentro de las características ofrecidas por los productos eléctricos y electrónicos a los consumidores. Estas innovaciones actualmente llegan a presentarse en sí como **UN PRODUCTO**, es decir que la actitud de compra del consumidor está más condicionada por los atributos del artículo más que su uso final.

Esta actitud de compra es válida y refuerza la permanencia de la compra de equipos eficientes. Es curioso ver que la normalización de los productos en países desarrollados como EU y Canadá es marcada por las reglas del mercado y no por una normatividad legislada.

En lo anterior ha tenido mucho que ver las **CERTIFICACIONES DE LABORATORIOS ESPECIALIZADOS**, (Unwrite Laboratories por ejem.), los **SELLOS DE ASOCIACIONES DE INDUSTRIALES** que han creado estándares de eficiencia (Green Lights por ejem.), así como las **CERTIFICACIONES DE CALIDAD TOTAL** (AS 900 por ejem. ), certificaciones no sólo del producto en sí sino de la calidad de los procesos necesarios para llegar a estos, dentro de los cuales el empleo de la energía eléctrica es fundamental.

En lugar de que se pretenda que instalación por instalación se ahorre energía, se busca que los productos de alta eficiencia se adhieran a la cultura de los consumidores.

## OBJETIVOS Y TIPOS DE PROGRAMAS.

### OBJETIVOS.

A primera instancia las características de la DSM se enfocan principalmente hacia objetivos bien claros.

PROPÓSITO.	MECANISMO.
1. EFICIENCIA ENERGÉTICA.	EQUIPOS EFICIENTES Y COSTUMBRES DE USO.
2. REDUCCIÓN DE PICOS.	COINCIDENCIA INNECESARIA DE PICOS.
3. DESPLAZAMIENTO DE PICOS.	TARIFAS HORARIAS.
4. LLENADO DE VALLES.	TARIFAS HORARIAS.
5. CONSTRUCCIÓN DE CARGAS.	PLANEACIÓN INTEGRAL.

En la eficiencia energética se pretende reducir el consumo de energía a través del uso equipos eficientes y de la racionalización del uso de las instalaciones eléctricas por parte del usuario. Para lograr la reducción de picos por un lado se sigue contemplando el uso y uso racional de equipos eficientes aunado a tratar de eliminar el encendido simultáneo de equipos cuando esto no sea necesario. El desplazamiento de picos y llenado de valles va muy de la mano con el punto anterior ya que se pretende motivar a ciertos sectores de los consumidores a demandar energía en forma equilibrada y repartida a lo largo del día, lo que redundará en la eficiencia global del sistema de generación y distribución. Por último, la construcción de las cargas representa básicamente proporcionar a los usuarios un enfoque del uso de la energía eléctrica no sólo como un consumo aislado, sino que pretende penetrar en las actividades del usuario hacer que tome un enfoque integral de sus actividades técnicas y administrativas, en su productividad y que tienen que ver finalmente con su consumo eléctrico.

## TIPOS DE PROGRAMAS.

Previo a mencionar las actividades principales y a como se delimita un programa de DSM, se recomienda que las empresas eléctricas comiencen por **Identificar por grupos a los usuarios** cuyos potenciales de ahorro sean tanto técnica como económicamente similares. De otra forma resultaría muy improductivo realizar planes estrictamente particulares para cada usuario.

De manera genérica estos programas y acciones se clasifican en 4 categorías:

- **INFORMACIÓN:** Manejo de folletos sobre formas específicas de ahorrar energía y/o auditorías a los usuarios pagados por las empresas eléctricas.
- **INSTALACIÓN DIRECTA:** Se implementan tecnologías específicas e involucran su instalación por la propia empresa eléctrica.
- **TARIFAS ALTERNATIVAS:** Las más comunes son las de tiempo de uso( punta y base). Además se cuenta con las tarifas de tipo interrumpible.
- **INCENTIVOS ECONÓMICOS:** Se refiere a los subsidios temporales y/o créditos blandos (con intereses mínimos o nulos) para compra de equipos de alta eficiencia, bonificaciones a fabricantes y distribuidores de equipos eficientes.

## ACTIVIDADES Y EL PAPEL DE LAS COMISIONES REGULADORAS.

### ACTIVIDADES DE LA DSM.

Básicamente son 3 las actividades que realiza un programa de DSM para llevar a cabo sus acciones sobre los usuarios previamente identificados:

PLANEACIÓN.  
IMPLEMENTARON.  
SEGUIMIENTO.

#### PLANEACIÓN:

Es necesario tener en la medida de lo posible el pleno conocimiento de acerca del comportamiento de los usuarios, más allá de lo reflejado en su facturación eléctrica, sus usos finales, con que acostumbran consumir energía, en que momento lo hacen, cada cuando y algo muy importante cuanto representa el gasto de energía dentro de su presupuesto.

**IMPLEMENTACIÓN:** A su vez se divide en varias etapas las cuales son:

- a) Planeación de implantación
- b) Adquisición de recursos humanos y materiales.
- c) Desarrollo de sistemas de control administrativo.
- d) Desarrollo de estrategias de mercado de los programas.
- e) Operación de la entrega de los programas de DSM.

**SEGUIMIENTO:** Es necesario darle una evaluación para determinar el alcance de sus resultados. (Típicamente cuando las inversiones realizadas en DSM son mayores a los 20 millones de Dólares en EU se acostumbra dar un seguimiento de sus efectos a lo largo de 2 años. Para inversiones menores se acostumbra dar seguimiento tan sólo 6 meses).

## EL PAPEL DE LAS COMISIONES REGULADORAS.

Las comisiones reguladoras en EU son mecanismos estatales que buscan la participación tanto de las empresas eléctricas como la participación de los usuarios en la justa delegación de responsabilidades y beneficios de las estrategias de ahorro energético.

Es un proceso de consenso ya que involucra deliberaciones entre planificadores y ejecutivos de las empresas eléctricas y los usuarios. El fin es llegar al desarrollo de un plan ayudará a suministrar servicios confiables y de bajo costo, estabilidad financiera de las empresas, rentabilidad razonable a las inversiones de los accionistas y protección del medio ambiente; La participación de estas comisiones se ha hecho básicamente en dos ámbitos:

### **A ] INCENTIVOS A LAS COMPAÑÍAS SUMINISTRADORAS. B ] PLANEACIÓN DE RECURSOS INTEGRADOS.**

**A ]** A partir de 1988 se promueven una serie de incentivos para premiar a las empresas eléctricas por las mejoras en la eficiencia de los usuarios, un premio a la DSM, a través de:

- I. Recuperación de inversiones donde los gastos en DSM de las empresas eléctricas se toman como gastos válidos o inversiones a largo plazo.
- II. Compensación por ingresos no recibidos: Los ingresos no recibidos son tomados como gastos válidos. Se ajustan las ganancias para que no se vean afectadas por variaciones de los volúmenes de venta.
- III. Reparto de ganancias en el cual la empresa eléctrica tiene una bonificación por su éxito en programas de DSM a partir de una cantidad preestablecida, un incremento en su tasa de retorno permitida o preferiblemente un porcentaje de los beneficios netos logrados.

**B ]** Dado que como inversión la DSM resultó ser rentable, en los EU se desarrolló una metodología conocida como **PLANEACIÓN DE RECURSOS INTEGRAL ( Integrated Resources Planation IRP)**, la cual estudia consistentemente varios recursos, tanto de demanda como de oferta, para encontrar soluciones a las necesidades de servicios de energía a los costos más bajos posibles.

Para 1990 17 estados de la Unión americana habían implementado IRP's totalmente operacionales.

# EL MÉXICO DE HOY.

Hoy día, nuestro país, en cuanto al sector eléctrico se refiere, se enfrenta a una doble presión económica:

1. **EL GASTO CORRIENTE.**
2. **SATISFACER LAS INVERSIONES PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

Estas obedecen a la necesidad de atender tanto a las existentes y nuevas centrales de producción eléctrica.

Otra preocupación del sector eléctrico se deriva de la combustión de energéticos fósiles dada su contribución a los problemas ecológicos, y si bien los principales consumidores de estos energéticos fósiles son el sector de transporte y algunas manifestaciones industriales, también, aun cuando en menor grado, contribuye la producción de electricidad.

Las inquietudes antes expuestas no son privativas de México y, por el contrario, su característica mundial explica, en alguna forma, la tendencia al cambio que se observa en el servicio público de la mayoría de los países, siendo relevante la búsqueda de una mayor productividad de las inversiones y de los gastos corrientes de las empresas responsables de dicho servicio.

Lo anterior ubica al sector eléctrico mexicano en una etapa de transición, en el que la es notable la busque competitiva de diversas manifestaciones tecnológicas y administrativas cuyas políticas cubran las expectativas de los usuarios.

## PERSPECTIVA MEXICANA DE LA DSM.

Poniendo la experiencia mexicana en ahorro de energía a la luz de la experiencia en la Unión Americana, se puede decir que en México se han realizado algunos de los pasos de la DSM, pero existen varios retrasos que han limitado su crecimiento en la escala de lo deseado y requerido por el país.

Sin embargo, más de 14 años de existencia de programas de ahorro energético en la CFE (antes PRONUREE, hoy PAESE con el apoyo económico de FIDE), además de los esfuerzos de la CONAE, han hecho posible que existan programas con características de tipo DSM en nuestro país.

En ese tiempo y con mayor intensidad en los últimos 5 años se han llevado al cabo múltiples actividades:

- Campañas de Información ( a través de folletos y seminarios).
- Programas piloto y de mediana escala en el sector residencial, más de 7 proyectos de lámparas compactas fluorescentes ( LUMIMEX ) y uno de aislamientos térmicos en casas de Mexicali B.C.
- Promoción de tarifas horarias para grandes usuarios (Contribución de la subdirección de Programación de CFE).

- Auditorías a usuarios comerciales e industriales por parte de FIDE a través de CONSULTORES PRIVADOS.
- Programas de ahorro en alumbrado público y bombeo municipal (FIDE).
- Normalización en construcciones nuevas y ampliaciones enfocadas a un uso eficiente de la energía eléctrica en alumbrado y aire acondicionado.
- Normalización del uso eficiente de la E.E. en motores, electrodomésticos ( CONAE).
- Otro aspecto importante que hay que mencionar es que poco a poco se avanza hacia una **NORMALIZACIÓN** que directamente busca implementar de raíz el uso eficiente y racional de la energía. En el reglamento de la **LEY DEL SERVICIO PÚBLICO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA** ( Mayo de 1993), se establece en su artículo 70 que el requerimiento de "un estudio sobre programas alternativos de ahorro de energía del que se desprenda la conveniencia o necesidad de ejecutar la obra en cuestión "refiriéndose a una instalación de generación eléctrica que se proponga).
- El surgimiento de empresas consultoras especializadas en el ahorro energético en todas sus formas, de donde el sector eléctrico es uno de los más diversificados.
- Cambio de horario de verano, que a partir del 7 de Abril, hasta el 10 de octubre de 1996, pretende aprovechar la mayor insolación de este periodo.

### **SIN EMBARGO, . . .**

Podemos enlistar los principales impedimentos con que México se debe de enfrentar antes de poder implementar programas del tipo DSM globales que permitan llegar más lejos :

- ⊗ Falta de **INFORMACIÓN A USUARIOS**.
- ⊗ Falta de estrategias agresivas de **PROMOCIÓN** de equipos eficientes.
- ⊗ **FALTA DE INFORMACIÓN DE LAS COMPAÑÍAS SUMINISTRADORAS** de las costumbres reales de consumo energético de sus usuarios.
- ⊗ **MONOPOLIZACIÓN** de la generación y distribución de la E.E. comercial.
- ⊗ Poco o nulo desarrollo **INTERNO DE PRODUCTOS DE ALTA EFICIENCIA**.
- ⊗ **CENTRALIZACIÓN** de decisiones.
- ⊗ **PARIDAD CAMBIARÍA** desfavorable para adquirir productos de importación.
- ⊗ Falta de **TARIFAS PROMOCIONALES (Horarias)** a consumidores domésticos.
- ⊗ Falta de una **ESTRUCTURA FORMAL** de la CFE orientada a la DSM.

Lo anterior no es razón para no continuar sino son los retos que hay que vencer en un mediano y largo plazo antes de seguir mejorando las condiciones económicas de vida de este país y evitar además del continuo deterioro del medio ambiente.

## PERO, ¿HACIA DONDE SE PRETENDE IR ? . . .

Es muy claro que la idea de todo lo anterior es llegar a un esquema en el que se comparta tanto beneficios como obligaciones entre las empresas suministradoras y los usuarios, apoyándose en:

- ⊕ LA CONSOLIDACIÓN DE LAS TARIFAS HORARIAS.
- ⊕ ACEPTACIÓN Y RESULTADOS DEL HORARIO DE VERANO.
- ⊕ LA INDUCCIÓN DE LAS INVERSIONES DE LOS USUARIOS EN LAS TECNOLOGÍAS DE AHORRO, EN LOS USOS INTENSIVOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.
- ⊕ LA COPARTICIPACIÓN DE DIVERSOS SECTORES EN ESAS INVERSIONES, INTERESADOS EN LA CONSERVACIÓN LA ECONOMÍA Y LA ECOLOGÍA.
- ⊕ LA INDUCCIÓN DE INVERSIONES PRIVADAS EN LA INDUSTRIA PARA LA AUTOGENERACIÓN Y AUTOCONSUMO.
- ⊕ APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
- ⊕ CREAR UNA NUEVA CULTURA DE AHORRO HACIA TODOS LOS RECURSOS (ELECTRICIDAD, AGUA, GAS, PAPEL, BASURA, ETC.).

Desafortunadamente, la crisis que actualmente vive el país ha elevado considerablemente los precios actuales de los equipos de iluminación y fuerza de alta eficiencia, así como los de cogeneración lo que provocado que un proyecto de este último tipo tenga en promedio un tiempo de recuperación de 8 a 9 años como mínimo.

Sin embargo, es de esperarse que los esfuerzos hecho par todas las partes involucradas den los frutos que se han perseguido desde un principio, además se estima el abatimiento intensivo y sistemático de la demanda máxima por división de distribución y por área de control, como parte de una asignación inteligente de las inversiones de generación y distribución.

## ¿CUANTA ENERGÍA SE PRODUCE EN MÉXICO?

A la producción total y absoluta de energéticos primarios que se producen dentro del territorio de cualquier país se le conoce como **PRODUCCIÓN BRUTA DE ENERGÍA PRIMARIA (PBEP)**. Ahora, esa cantidad de energéticos por lo general no es la misma que se ocupa dentro de ese mismo territorio. La diferencia se debe básicamente a las exportaciones y a las importaciones.

A la cantidad de energéticos, antes de sufrir transformación alguna, que se oferta en el mercado interno se le conoce como **OFERTA INTERNA BRUTA DE ENERGÍA PRIMARIA (OIBEP)**.

Para el caso de México de las 2, 126.548 Petacalorías producidas, por ejemplo en 1993, prácticamente el 90% de tales energéticos son **HIDROCARBUROS**, seguidos de la **BIOMASA**, la **ELECTRICIDAD** y el **CARBÓN**.

Ahora, del total de energéticos producidos dentro del país solo se ofertaron 1,339.475 Petacalorías en el mercado interno, es decir el 63% del total producido. Dentro de esa OIBEP podemos observar que se conserva la misma participación por tipo de energético.

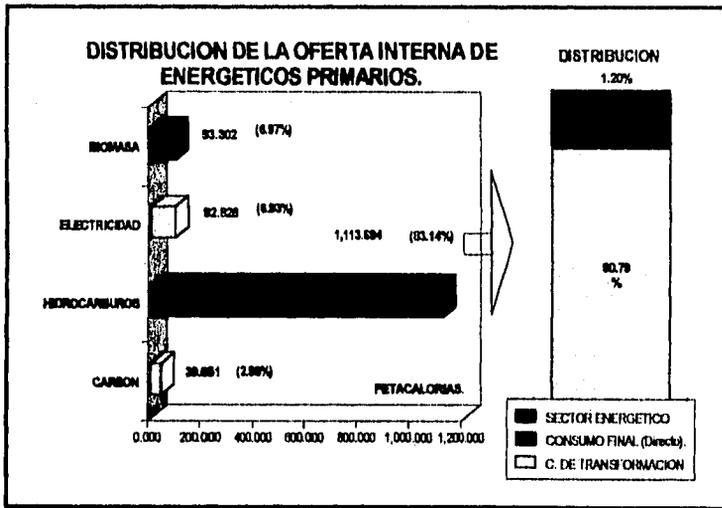
BALANCE NACIONAL 1993	PRODUCCION BRUTA DE ENERGIA PRIMARIA (PBEP)		OFERTA INTERNA BRUTA DE ENERGIA PRIMARIA (OIBEP)	
	Petacalorías	%	Petacalorías	%
<b>CARBON</b>	<b>32.538</b>	<b>1.53%</b>	<b>39.651</b>	<b>2.96%</b>
<b>HIDROCARBUROS</b>	<b>1,907.733</b>	<b>89.71%</b>	<b>1,113.694</b>	<b>83.14%</b>
Petróleo crudo.	1,473.803		724.512	
Condensados	64.239		35.510	
Gas no asociado.	50.441		50.259	
Gas asociado.	319.450		303.413	
<b>ELECTRICIDAD</b>	<b>92.828</b>	<b>4.37%</b>	<b>92.828</b>	<b>6.93%</b>
Nucleoenergía	12.876		12.876	
Geoenergía	14.669		14.669	
Hidroenergía	65.483		65.483	
<b>BIOMASA</b>	<b>93.449</b>	<b>4.39%</b>	<b>93.302</b>	<b>6.97%</b>
Bagazo de caña	21.346		21.199	
Leña	72.103		72.103	
<b>TOTAL</b>	<b>2,126.548</b>	<b>100.00%</b>	<b>1,339.475</b>	<b>100.00%</b>

**NOTA<sup>1</sup>:** Entiéndase en este sentido a la electricidad como energético primario a la producida a base de recursos no fósiles.

Ahora, la mayor parte de la OIBEP, un 90%, fue enviada a los centros de transformación, mientras que un 8% fue consumida directamente por los usuarios de estos energéticos. El 1.2% restante fue consumida internamente consumida por el propio sector productor de energéticos, de los cuales PEMEX tuvo el mayor consumo de energéticos.

En la siguiente tabla se muestran los datos anteriores y en la gráfica que la acompaña se resume la participación de por energético.

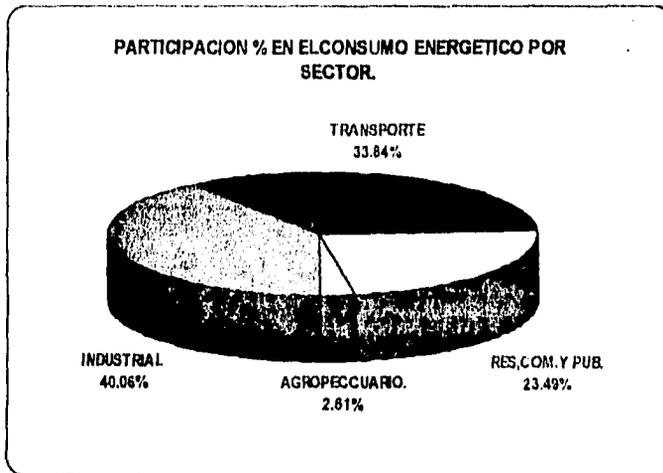
DESTINO O.I.B.E.P.	PETACALORIAS	%
C. DE TRANSFORMACION	1,216,075	90.79%
CONSUMO FINAL (Directo)	107,300	8.01%
SECTOR ENERGETICO	16,100	1.20%
<b>TOTAL:</b>	<b>1,339,475</b>	<b>100.00%</b>



# ¿QUIENES OCUPAN MÁS ENERGÍA?, Y ¿CÓMO SE GASTA LA ELECTRICIDAD?.

## ¿QUIENES OCUPAN MÁS ENERGÍA?.

Una vez teniendo una panorámica general de la oferta interna, tomemos idea de la participación de cada energético en cada sector consumidor de energía: El sector que más energéticos consume es el INDUSTRIAL, seguido del TRANSPORTE, el sector RESIDENCIAL, COMERCIAL Y PÚBLICO, estos últimos agrupados en un solo sector, teniendo por último la participación del sector AGROPECUARIO.



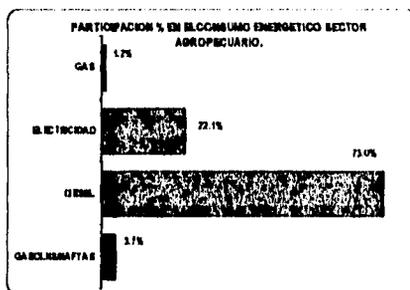
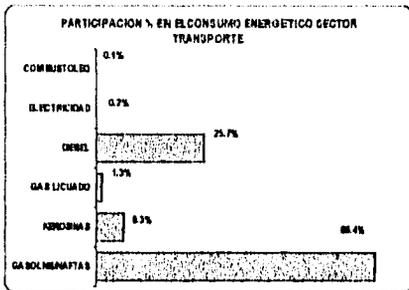
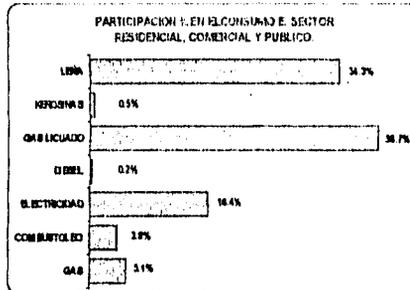
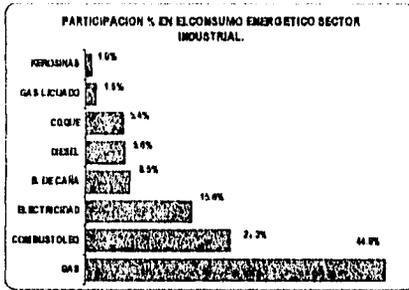
Ahora, el tipo energético más ocupado por cada sector varía en cada caso, dado que las necesidades y oportunidades de consumo en cada sector son distintas, La siguiente tabla concentra la participación de cada energético en el consumo promedio de cada sector.

CONSUMO FINAL DE ENERGIA 1993. ENERGETICO	SECTOR.			
	INDUSTRIAL	TRANSPORTE	RES.COM. Y PUB	AGROPECUARIO
GAS	44.0%		5.1%	1.2%
COMBUSTOLEO	21.3%	0.1%	3.8%	
ELECTRICIDAD	15.8%	0.2%	16.4%	22.1%
B. DE CAÑA	8.5%			
DIESEL	5.6%	25.7%	0.2%	73.0%
COQUE	5.4%			
GAS LICUADO	1.5%	1.3%	39.7%	
KEROSINAS	1.0%	8.3%	0.5%	
GASOLNS/NAFTAS		66.4%		3.7%
LEÑA			34.3%	
<b>TOTAL</b>	<b>40.06%</b>	<b>33.84%</b>	<b>23.48%</b>	<b>2.81%</b>

De la tabla anterior:

- A) Existe un relativo equilibrio en la distribución del consumo de energéticos entre los sectores Industrial, transporte y residencia, comercial y público ( Fácilmente es absorbida la participación del sector agropecuario).
- B) Continuamos teniendo una marcada predominancia de los productos petrolíferos (Gas e hidrocarburos en general) en el consumo de todos los sectores.
- C) La participación de las gasolinas y naftalinas primeramente sobresale con un 66.4% del total de Petacalorías consumidas por el sector transporte, porcentaje que se traduce a la larga en una participación global del 22.46% del consumo interno, y que por cierto es el más alto de todos, como energético refinado.
- D) Como energético la electricidad tiene de manera global solo una participación del 10.74%.

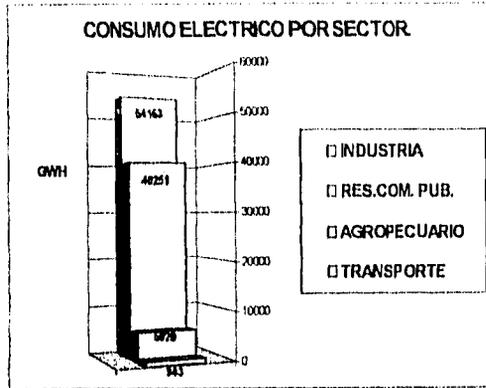
### DISTRIBUCIÓN DE LOS ENERGÉTICOS CONSUMIDOS POR SECTOR.



## Y, ¿COMO SE GASTA LA ELECTRICIDAD ?.

Hablando un poco más en específico de la eléctrica, tenemos que la Industria continúa demandando la mayor cantidad de energía seguida en segundo término del sector Residencial, Comercial y Público. La única variación es que el sector Agropecuario en este caso tiene un mayor consumo de energía eléctrica que el sector transporte.

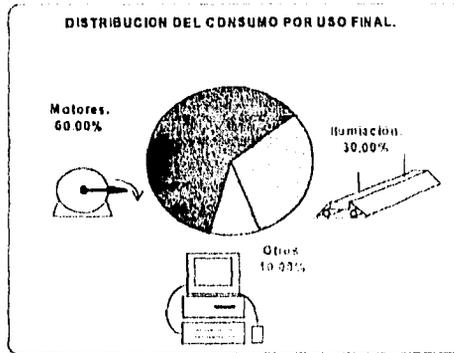
SECTOR	CONSUMO (GWH)	PARTICIPACION %
INDUSTRIA	54163	53.98%
RES.COM. PUBL.	40251	40.12%
AGROPECUARIO	5920	5.90%
TRANSPORTE	943	0.94%
TOTAL:	100,334	100.00%



## USOS FINALES DE LA ELECTRICIDAD.

Siendo la industria el sector de mayor consumo eléctrico es de esperarse que los **MOTORES (60%)**, principal "motor" de la mayoría de las plantas productivas, sean dentro de los usos finales el que encabeza la lista; En seguida de los motores tenemos a la **ILUMINACIÓN (30%)**, hecho prácticamente lógico dada la necesidad universal de los sistemas de alumbrado y su enorme injerencia dentro del sector Residencial, Comercial y Público, segundo sector consumidor de energía eléctrica. El resto de los usos finales de la electricidad son clasificados como **DIVERSOS** y ocupan aproximadamente el **10%** del gran total de consumo nacional.

Los porcentajes de participación típicos de los motores, la iluminación y las cargas diversas para cada tipo de usuario guardan proporciones particulares, las cuales comentaremos en próximos capítulos, porcentajes que marcarán las áreas de oportunidad de ahorro energético particular.

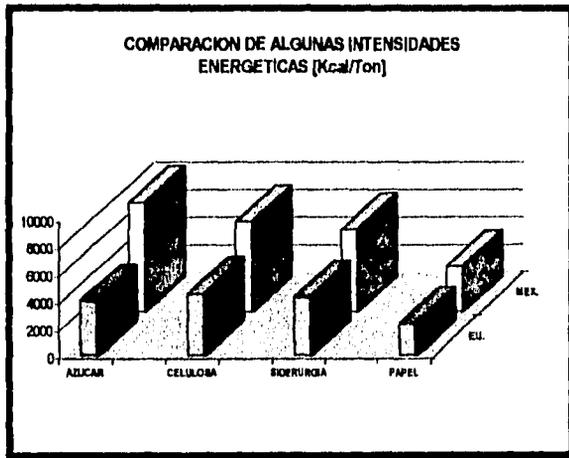


### ABATIMIENTO DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.

Regresando un poco a la disminución de la facturación eléctrica tenemos que esta se traduce en una eficientización del proceso productivo del usuario. Existen índices de que tan eficiente, y por tanto competitivo, es un determinado producto. En particular, *la intensidad energética*, es un parámetro que relaciona la energía consumida para realizar una unidad de producto terminado, por ejemplo [ KWH/barril de petróleo], [jules/gansito Marinela] etc.

Desafortunadamente por el tipo de tecnología que manejan los países subdesarrollados, las intensidades energéticas en promedio son mucho mayores que en los países desarrollados, que optimizan y pueden pagar costosos equipos eficientes.

El recientemente firmado TLC de América del Norte plantea mantener o elevar la calidad de los productos y disminuir el costo de los mismos. El usuario sí bien tiene que invertir, y como veremos adelante cantidades fuertes de dinero, puede obtener beneficios que lo colocan en una nueva dinámica de competitividad y abren su mentalidad a los nuevos requerimientos de la producción de hoy.

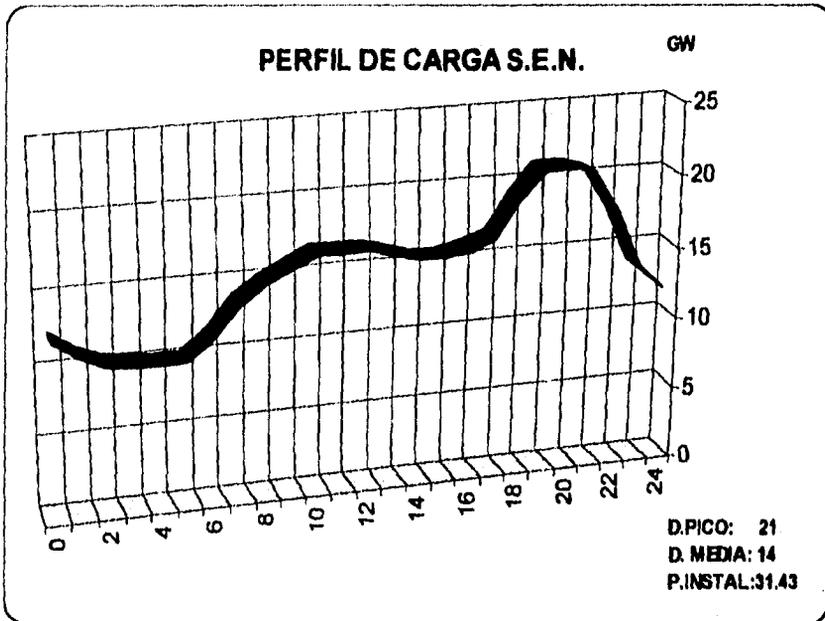


## ESCENARIO TECNOLÓGICO ACTUAL.

### ¿ QUÉ ES LO QUE REQUIERE EL PAÍS ?

Los requerimientos globales del país son grandes y en ocasiones son bastante específicos en para cada población en particular. Sin embargo, los dos parámetros más importantes con que podemos responder la pregunta original es sin duda la Demanda Máxima y el Consumo promedio, ya sea estos de un sistema local o bien de los sistemas interconectados.

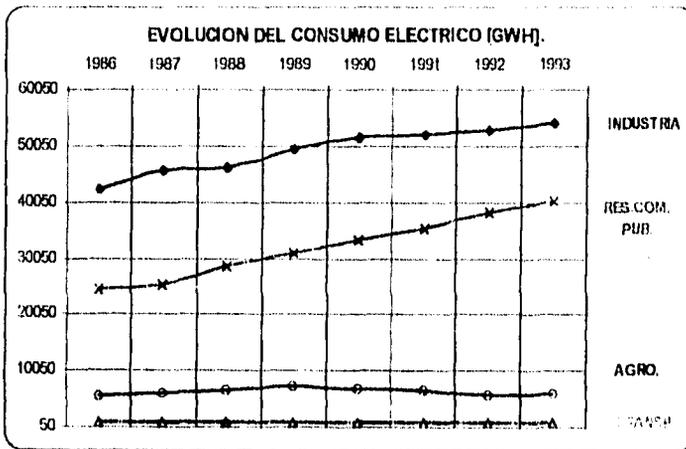
La demanda máxima del sistema sincrónico de seis áreas es de 17.7 [GW], en tanto que la demanda máxima del país es del orden de 21 [GW].



Gracias a la cada vez mayor capacidad de las interconexiones se han ido reduciendo los requerimientos de mayores inversiones para las centrales de alto rendimiento, a la vez que se mejora la reserva compartida entre dichas áreas interconectadas.

No obstante lo anterior, existe cada vez una mayor tendencia a incrementar la actual demanda de energía eléctrica en el país, sobre todo en el renglón del sector residencial público, de servicios y en el industrial como lo podemos observar en la siguiente tabla y gráfica que se presenta:

CONSUMO DE ELECTRICIDAD [GWH]				
AÑO	INDUSTRIAL	TRANSPT.	RES.COM PUB.	AGRO
1986	42,243.6	715.2	24,468.4	5,413.8
1987	45,587.3	751.3	25,401.1	6,018.5
1988	46,108.3	789.7	28,591.2	6,410.5
1989	49,522.9	772.2	31,040.5	7,217.6
1990	51,463.9	752.5	33,215.3	6,708.2
1991	52,189.6	806.0	35,291.2	6,498.8
1992	52,840.9	873.4	38,201.1	5,672.0
1993	54,172.5	943.2	40,258.4	5,920.8
PROMEDIO	49,266.1	800.4	32,058.4	6,232.5



Existe una tendencia al incremento de la demanda de energía eléctrica en el sector industrial y en el sector que engloba al residencial, comercial y público. En particular de sobre estos últimos la cada vez mayor promoción de electrodomésticos (provenientes del extranjero) y el incremento de electrificación en el país han contribuido a acentuar esta tendencia.

En cuanto al sector industrial se refiere tenemos hasta antes de 1994 una tendencia al crecimiento que por cierto no es tan pronunciada como la Residencial, Comercial y Pública. Desafortunadamente debido a la crisis económica que atraviesa nuestro país se espera que el balance de 1994 y 1995 refleje ya sea un estancamiento o bien incluso una baja de consumo como efecto del abatimiento de las actividades productivas.

Por otra parte es curioso ver que los sectores donde menos energía eléctrica se demanda conservan un mismo nivel de consumo. Para el Sector Transporte se refiere, lo anterior se entiende en cuanto que el energético que mayor pesa son las gasolinas y naftalinas, así como el diesel ( 68.4 y 25.7% respectivamente) además que las inversiones para ferrocarriles eléctricos, metro y trolebuses no se han visto incrementadas en forma vertiginosa; Algo similar sucede en el Sector Agrario, donde el diesel ocupa casi las tres cuartas partes del consumo energético y la electricidad solo el 22%. Aunque se conserve esta misma proporción entre los energéticos ocupados en estos dos últimos sectores, lo cierto es que no registran un incremento de demanda, lo que como ya indicamos antes puede indicar o bien un estancamiento o una baja de sus actividades productivas.

**NOTA:** EN EL PRESENTE SE INCLUYEN LA PARTICIPACIÓN DE CADA SECTOR EN EL CONSUMO ENERGÉTICO GLOBAL DEL PAÍS Y LA PARTICIPACIÓN DE LOS ENERGÉTICOS EN CADA SECTOR.

## ¿CON QUÉ CONTAMOS . . . ?

### EL SISTEMA INTERCONECTADO.

Con excepción de algunas pequeñas centrales aisladas, la capacidad de generación esta distribuida en nueve áreas de control, siete de las cuales participan en una extensa red nacional cuya mayor integración se apoya en los enlaces de 400 [KV] en su totalidad y en gran parte de los enlaces de 230 [KV].

Seis de ellas se mantienen sincronizadamente conectadas con alto grado de continuidad, incluyendo la península de Yucatán. Esta interconexión de estas seis áreas ha satisfecho tradicionalmente la demanda mayor de potencia durante el oloño, debido a que predominan en este periodo los valores máximos de los sistemas central, oriental y peninsular.

Sin embargo, durante los últimos años la demanda de primavera amenaza dominar las acciones del S.E.N. Lo anterior se debe a que la zona norte y las grandes urbes del sur se han climatizado en forma exponencial, gracias en parte al abaratamiento de las unidades paquete de uso domestico.

Además, la zona occidente atiende demandas de primavera (bombeo de agua para fines agrícolas y climatización) que paulatinamente se han incrementado en los últimos seis años. Dado que los recursos hidráulicas de gran parte de la mesa central los consume la CD. de México por lo que hay un déficit de agua para el campo, lo que ha obligado por un lado a bombear enormes cantidades del vital liquido por cientos de kilómetros a la ciudad, y por otro ha incrementado el uso de pozos y pozos profundos para el abastecimiento agrícola y poblacional tanto de esta zona, así como en la de todos aquellos lugares que el bombeo sea la última instancia para el abasto de agua que antes se lograba con la lluvia, los manantiales y ríos de cada región.

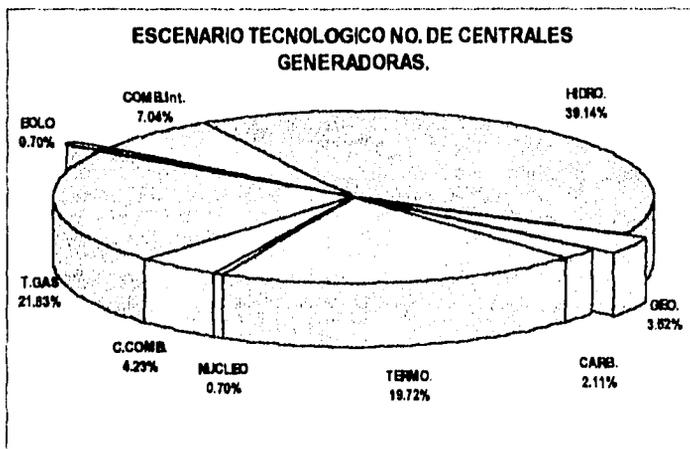
## NÚMERO DE CENTRALES Y CAPACIDAD INSTALADA.

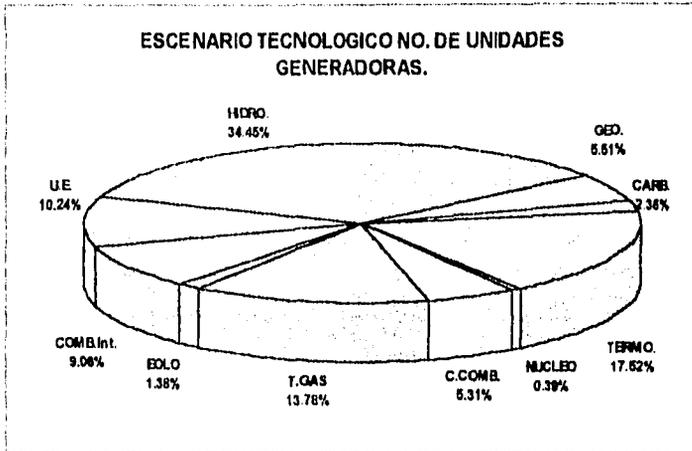
Para entender la problemática a que se enfrenta el sector eléctrico mexicano así como sus soluciones correspondientes es necesario visualizar con que se genera la electricidad en México. Para darnos una idea del actual Escenario Tecnológico a continuación presentamos el siguiente concentrado que delinea en nuestro país con que contamos para generar energía eléctrica:

TIPO DE CENTRAL*	No. DE CENTRALES	No. DE UNIDADES	CAPACIDAD INSTALADA (MW)	CLAVE
HIDROELECTRICA	57	175	8,828.13	HIDRO.
GEOTERMICA	5	28	752.90	GEO.
CARBOELECTRICA	3	12	4,000.00	CARB.
TERMOELECTRICA	28	89	13,303.87	TERMO.
NUCLEO ELECTRICA	1	2	875.00	NUCLEO
CICLO COMBINADO	6	27	2,200.84	C.COMB.
TURBO GAS	31	70	1,512.68	T.GAS.
EOLIELECTRICA	1	7	1.57	E.OLO
COMBUSTION INTERNA	10	48	103.02	COMB.Int.
U. DE EMERGENCIA	0	52	55.00	U.E.
TOTAL:	142	508	31,433.01	

Datos 1994\*.

La proporción del número del tipo de centrales generadoras y de unidades instaladas en el S.E.N. se muestra a continuación en las dos siguientes gráficas:

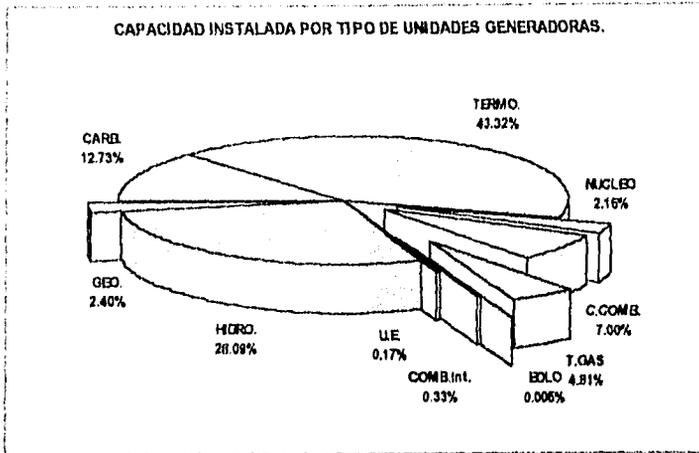




A primera instancia pareciera por el número de plantas generadoras y por el número de unidades de generación instaladas que la producción de energía en México se debe centrar en el ámbito de la Hidroeléctrica. Sin embargo, esto último no necesariamente sucede así.

El uso de cada una de las instalaciones de generación trata de seguir un programa de trabajo determinado por un cuidadoso estudio de aprovechamiento tecnológico. Cada central tiene un factor de planta determinado. En el caso de las hidroeléctricas la cantidad particular de MWH que anualmente contribuyen al S.E.N. se ve afectada por las condiciones pluviales reales de cada año, en tanto que la participación de las termoeléctricas es más constante ya que se cuentan por el momento para su funcionamiento con reservas petroleras suficientes (De hecho, la mayoría de las termoeléctricas se usan como respaldo ante una eventual sequía prolongada, mientras que las Turbo-jet sacan adelante la demanda durante los periodos de punta).

Lo anterior marca una amplia ventaja de las centrales termoeléctricas respecto de las hidroeléctricas. Dicha ventaja se refleja en la proporción de la capacidad instalada y la energía aportada al sistema como lo podemos apreciar en la siguiente gráfica:



Conviene hacer hincapié en que al ser el 56.66% de toda la potencia instalada en S.E.N. tecnología basada en hidrocarburos (Termoeléctrica, Turbo gas, Ciclo combinado y Combustión interna), es de esperarse una marcada dependencia de estos energéticos. Lo anterior desafortunadamente no solo es característica de México, si no que es un hecho mundial, refiriéndonos a los países subdesarrollados, salvo algunas excepciones como Brasil que cuenta con recursos hidráulicas en demasía .

**CERCA DE LA MITAD DE LAS 158 CENTRALES SON DE TIPO HIDROELÉCTRICO Y UN 20 % SON CENTRALES DE VAPOR CON ENERGÍA FÓSIL, LAS CUALES PRODUJERON EL 64% DE TODA LA ELECTRICIDAD CONSUMIDA EN EL PAÍS.**

Desafortunadamente dentro de las plantas termoeléctricas es que tenemos las eficiencias más bajas, hecho que dada la proporción que ocupan estas, se traduce en que el sistema de generación nacional se vea seriamente marcado por una baja eficiencia, comparativamente si se tuviera un equilibrio con las demás fuentes de generación. Estos hechos se explican partiendo de que en una planta hidroeléctrica las pérdidas son de tipo mecánico, mientras que en las termoeléctricas tenemos además pérdidas térmicas.

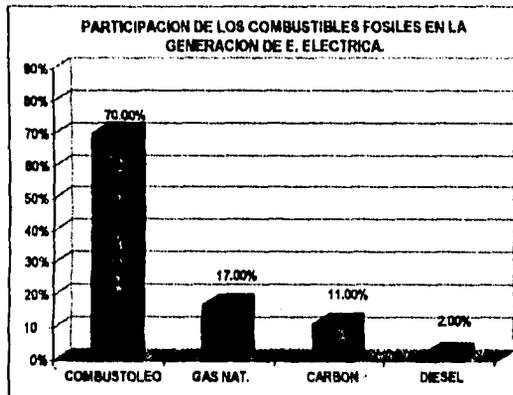
De un total de 315.912 las pérdidas por transformación en las centrales de generación eléctrica, para 1993, ascendieron a 207.1 Pelacalorías, de las cuales el 74.6 % se registró en las plantas térmicas convencionales, incluyendo la núcleo eléctrica y el 25.4 % correspondió a las centrales hidroeléctricas y geotérmicas. Lo anterior significó que en conjunto el sistema de generación tuviera una eficiencia del 34.44%.

En la siguiente tabla podemos apreciar la distribución de las pérdidas del sistema de generación eléctrica:

TECNOLOGÍA CENTRALES	PRODUCCIÓN (Gcal)	PERDIDAS		EFICIENCIA
<b>C. NO FÓSILES</b>	<b>88.152</b>	<b>52.603</b>	<b>65.83%</b>	<b>34.37%</b>
HIDROELECTRICA	65.463			
GEOTERMICA	14.669			
<b>C. FÓSILES</b>	<b>233.708</b>	<b>134.487</b>	<b>65.53%</b>	<b>34.47%</b>
TERMoeLECT	161.700			
CARBoeLECT.	24.673			
GASoeLECT	36.831			
NUCLEoeLECT	12.876			
<b>TOTAL</b>	<b>315.812</b>	<b>207.100</b>	<b>65.56%</b>	<b>34.46%</b>

NOTA: \* % del total de pérdidas.

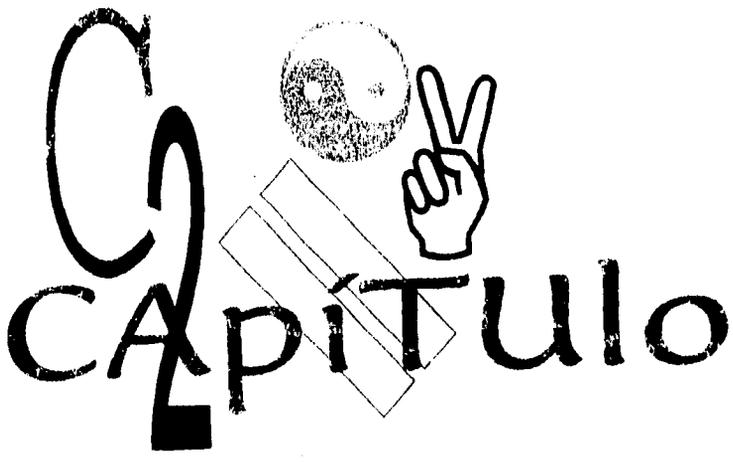
Dentro de esta marcada dependencia de hidrocarburos sobresale la dependencia del combustible, a pesar de la excelencia de seis instalaciones de ciclos combinados, cuyo combustible ideal es el gas natural, que desafortunadamente no ha sido suficiente para la operación de estas instalaciones (Actualmente Pemex aprovecha este gas en la generación propia de sus instalaciones marinas y terrestres operando con un mínimo de desperdicios). Del total de combustibles fósiles usados para la generación de energía CFE consume un 70% de combustible, un 17% de gas natural, un 11% de carbón y el 2% restante en diesel.



(No se incluye el energético asociado a los excedentes del autoabastecimiento y la importación, ni al combustible nuclear).

La dependencia histórica del combustible se ha incrementado en forma drástica, multiplicándose 4 veces en los últimos 20 años. El gas y el carbón podrían amortiguar esa dependencia si las oportunidades del gasto corriente así lo permitieran.

Es de esperarse que a mediano plazo se presente un equilibrio de la distribución de las tecnologías aplicadas a la generación eléctrica, equilibrio que se aplique tanto entre las fuentes fósiles como entre las otras fuentes de generación alternativas (Microhidráulica, Solar, Eólica, Maremotriz, Biomasa etc.).

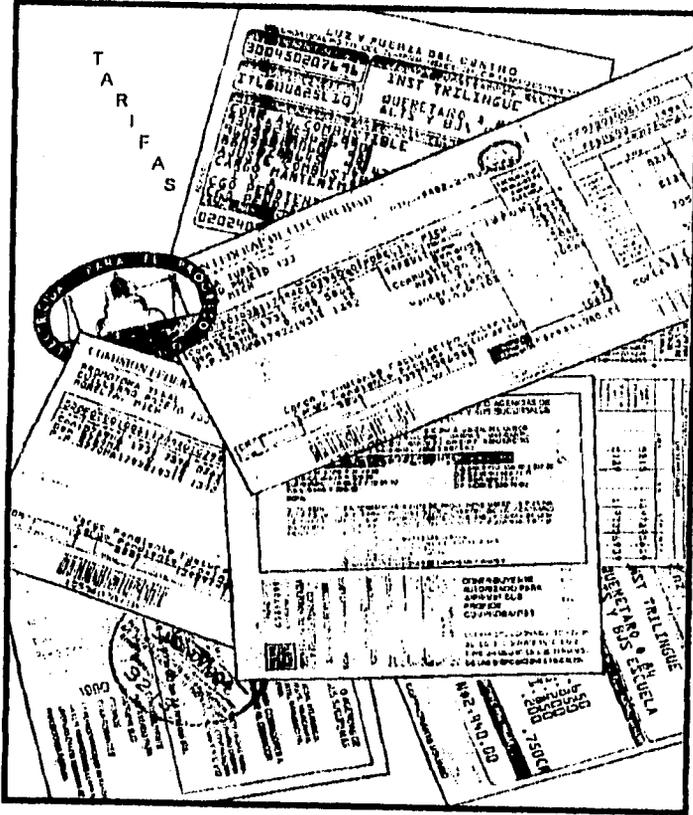


CAPÍTULO

TARIFAS  
Y  
FACTORES ELÉCTRICOS.

ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN EDIFICIO INTELIGENTE.

# TARIFAS ELÉCTRICAS.



**LAS TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA SON LAS DISPOSICIONES ESPECÍFICAS, QUE CONTIENEN LAS CUOTAS Y CONDICIONES QUE RIGEN A LOS SUMINISTROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA AGRUPADOS EN CADA CLASE DE SERVICIO.**

Para proyectar y comprobar en términos económicos los resultados de las estrategias de efficientización y control energético es necesario conocer como se estructura la facturación eléctrica bajo la cual el usuario está inscrito

*SOBRE LA FACTURACIÓN SE VERÁN REFLEJADAS NUESTRAS ACCIONES.*

## NIVELES DE VOLTAJE.

En nuestro país el generación y suministro de energía eléctrica comercial esta normalizado en cuanto a los niveles de voltaje y de frecuencia se refiere; La norma oficial mexicana NOM001 establece los niveles de voltaje normalizados para el suministro de energía eléctrica, los cuales son clasificados a continuación :

<b>BAJA TENSIÓN.</b>	Se entenderá como baja tensión a aquella que sea menor de 1 KV.
<b>MEDIANA TENSIÓN.</b>	Se entenderá como mediana tensión a aquella que sea mayor de 1000 V y no mayor de 35 KV.
<b>ALTA TENSIÓN NIVEL SUBTRANSMISIÓN</b>	Se entenderá como alta tensión nivel subtransmisión a aquella mayor de 32 KV y no mayor de 220 KV.
<b>ALTA TENSIÓN NIVEL TRANSMISIÓN</b>	Se entenderá como alta tensión nivel subtransmisión a aquella mayor de los 220 KV.

## REGIONALIZACIÓN DE LAS TARIFAS.

La estructura actual de las tarifas eléctricas se basa en los costos de suministro a los usuarios, por lo cual se han tomado en cuenta :

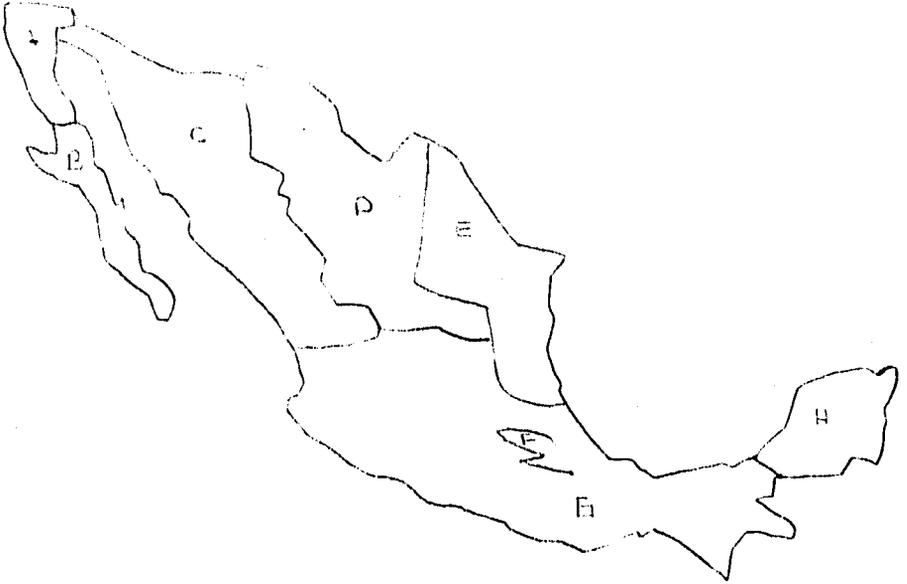
- FRONTERAS NATURALES.**
- LA ESTACIÓN DEL AÑO.**
- LOS HORARIOS DE CONSUMO.**
- EL NIVEL DE TENSIÓN DE SUMINISTRO.**
- LA DEMANDA MÁXIMA.**

Dadas las características geográficas, la densidad poblacional e industrial, la dispersión de los centros de consumo, entre otras, es que se planea los tendidos de alimentación eléctrica en alta tensión ( Nivel Transmisión ) evaluando los puntos de interconexión más convenientes en cada caso. Estas consideraciones provocan que la CFE haya dividido el territorio nacional por regiones.

A continuación se presenta un mapa de la república mexicana, donde se observa las regiones de suministro eléctrico. Los números se refieren a los porcentajes de las cuotas, con respecto de las cuotas en base 100% que se listan en la sección de cuotas y condiciones.

## REGIONALIZACIÓN TARIFARIA.

- A. BAJA CALIFORNIA NORTE
- B. BAJA CALIFORNIA SUR.
- C. NORESTE.
- D. NORTE
- E. NORESTE.
- F. CENTRAL.
- G. SUR.
- H. PENINSULAR.



BAJA CALIFORNIA NORTE	INV: 100 VER: 105	TODOS LOS MUNICIPIO DEL EDO DE BAJA CALIFORNIA NORTE Y Sn Luis Río Colorado (SONORA)
BAJA CALIFORNIA SUR	105	TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO DE BAJA CALIFORNIA SUR
NOROESTE.	INV: 100 VER: 105	TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO DE SINALOA  TODOS LOS MUNICIPIOS DE SONORA, EXCEPTO Sn Luis Río Colorado
NORTE.	103	TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO DE CHIHUAHUA TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO DE DURANGO MUNICIPIOS DE ZACATECAS: Chalchihuites, Jiménez, Sombrerete, Sain Alto, Jeréz, Juan Aldama, Río Grande, Fco. Murgía, Mazapil y Melchor Ocampo MUNICIPIOS DE COAHUILA: Torreón, Sn Pedro de las Colonias, Matamoros, Viesca, Parras de la Fuente y Fco. I. Madero
NORESTE.	100	TODOS LOS MUNICIPIOS DE NVO. LEÓN TODOS LOS MUNICIPIOS DE TAMAULIPAS TODOS LOS MUNICIPIOS DE COAHUILA EXCEPTO LOS COMPRENDIDOS EN LA REGION NORTE. MUNICIPIOS DE ZACATECAS: Concepción del Oro y El Salvador MUNICIPIOS DEL EDO. DE SAN LUIS POTOSÍ: Venegas, Central, Cerritos, Guadalcázar, Cd. Fernández, Río Verde, Sn Ciro de Acosta, Iagunillas, Sta. Catarina, rayon, Cárdenas, Alaquines, Cd. del Maiz, Cd. Valles, Tamazopo, Aquismón, Axtla, Tamazunchale, Huehuetlán, tamulín, Tancanhuitz, Tanlañas, Sn Antonio, Coscatlán, Tampamolón, Sn. Vicente Tancuayalab, Ebanó, Xilitla, Tampacán y Tanquian de Escobedo MUNICIPIOS DEL EDO. DE VERACRUZ: Pánuco, Tempoal, Pueblo Viejo, tampico Alto, Ozuluama de Mazcareñas, El Higo y Huayacocotla
CENTRAL	103	TODAS LAS DELEGACIONES DEL D.F. MUNICIPIOS DEL EDO. DE MEXICO: Tultepec, Tultitlán, Ixtapaluca, Chalco, Huixquilucan, Sn Mateo A., Toluca, Sta Cruz Atizapán, Cuautitlán, Coacnico, Cuautitlán I, Atizapán de Z., Tlalnepanitla, Naucalpan, Ecatepec, Chimalhuacan, Chicoloapan, Texcoco Cd. Netzahualcoyotl, los reyes la paz. MUNICIPIOS DEL EDO. DE MORELOS: Cuernavaca

SUR	100	TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE NAYARIT
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE JALISCO
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE COLIMA
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE MICHOACÁN
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE AGUASCALIENTES
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE GUANAJUATO
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE QUERÉTARO
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE HIDALGO
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE GUERRERO
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE TLAXCALA
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE PUEBLA
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE OAXACA
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE CHIAPAS
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE TABASCO
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE ZACATECAS SANLUIS POTOSÍ Y VERACRUZ NO COMPRENDIDOS EN LA REGION NDORESTE
TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE MEXICO Y MORELOS NO COMPRENDIDOS EN LA REGION CENTRAL.		
PENINSULAR	105	TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE YUCATAN
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE CAMPECHE
		TODOS LOS MUNICIPIOS DEL EDO. DE QUINTANA ROO

TOMANDO COMO REFERENCIA UN 100% PARA LA ZONA ECONÓMICA MÁS BAJA EL % INDICADO NOS DA LA PROPORCIÓN DE LAS CUOTAS DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS CORRESPONDIENTES A CADA REGIÓN. EN LA PARTE FINAL DEL CAPITULO SE INCLUYE UNA TABLA DE LAS CUOTAS APLICABLES A LA REGIÓN CENTRO LA CUAL PARA APLICARLA A LAS DEMÁS REGIONES DEL PAÍS BASTA CON APLICAR LA RELACION:

$$CUOTA_x = (X\% / 103\%) \cdot CUOTA_{CENTRO}$$

O BIEN SE RECOMIENDA CONSEGUIR LAS CUOTAS APLICADAS DE CADA REGIÓN DIRIGIÉNDOSE AL DEPARTAMENTO DE RELACIONES COMERCIALES DE LAS AGENCIAS DE CFE UBICADAS EN CADA COMUNIDAD.

## PERIODOS DE FACTURACIÓN.

Las compañías suministradoras facturará mensualmente ( de 28 a 33 días) los servicios de energía donde intervenga el elemento Demanda Máxima y bimestralmente ( de 57 a 64 días) los servicios donde no intervenga.

Las cuotas mensuales de las tarifas se aplicarán por mes calendario. Cuando el periodo de facturación no coincida con el mes calendario, de modo que tengan que aplicarse cuotas mensuales de las tarifas de diferente monto, se determinará el promedio diario de la energía para aplicar la tarifa vigente en cada día del periodo. Tratándose de la Demanda Máxima medida, las cuotas se correspondientes se aplicarán a aquella proporcionalmente a los días del periodo de facturación que estuvieron vigentes.

## DEMANDA POR CONTRATAR.

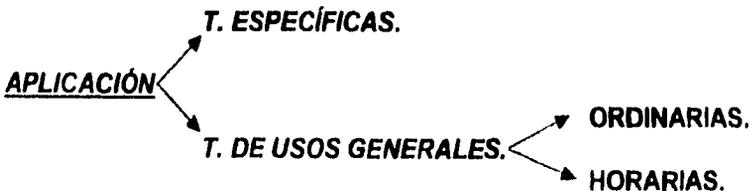
Un aspecto importante que se debe de tomar en cuenta tanto en la contratación de servicios nuevos así como en la actualización, cambio de tarifa o revisión del contrato con la compañía suministradora es la demanda contratada. La demanda por contratar es variable para cada tarifa. Esto se debe a que en un principio las tarifas están pensadas para un determinado perfil de condiciones de suministro.

En ningún caso la demanda contratada puede ser menor al 60% de la capacidad total en instalaciones del usuario.

Es muy importante que los usuarios, sobre todo los grandes consumidores tengan un seguimiento de sus instalaciones, sus consumos y la carga que demandan, ya que existen varios casos en los cuales oportunamente un simple cambio de tarifa puede significar un ahorro económico considerable sobre la facturación, para lo cual debe de haber una excelente comunicación entre las partes administrativas y técnicas (que muchas veces es nula) para dar un seguimiento de los beneficios y/o recargos que pueden tener derecho u obligación en cuanto a tipo de tarifas existentes.

## APLICACIÓN DEL TIPO DE SUMINISTRO DE ENERGÍA.

Antes de detallar en cada una de ellas, la primera clasificación que se le puede dar a las tarifas eléctricas va de acuerdo a la aplicación del suministro de energía.



### **T. específicas:**

- ⊕ Son aquellas que se aplican a los suministros usados para los propósitos que las mismas señalan.
- ⊕ A este grupo corresponden las siguientes: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 5, 5A, 6 y 9.

### **T. usos Generales:**

- ⊕ Son aquellas aplicables a cualquier servicio de suministro, exceptuando los específicos antes señalados, salvo la tarifa 6 a cuyo uso puede aplicarse la tarifa de uso general que corresponda a las condiciones de suministro.
- ⊕ En el grupo de tarifas ordinarias encontramos a las tarifas 2, 3, 7 y OM.
- ⊕ En cuanto al grupo de tarifas horarias tenemos a la HM, HS, HT, HSL, HTL y a la I30.

## **TARIFAS DE USO ESPECIFICO.**

- 1 SERVICIO DOMESTICO, SIN LIMITE DE CARGA Y SUMINISTRADO EN BAJA TENSIÓN.
- 1A SERVICIO DOMESTICO PARA LOCALIDADES CON TEMPERATURA MEDIA MÍNIMA DE VERANO DE 25 GRADOS CENTÍGRADOS.
- 1B SERVICIO DOMESTICO PARA LOCALIDADES CON TEMPERATURA MEDIA MÍNIMA DE VERANO DE 28 GRADOS CENTÍGRADOS.
- 1C SERVICIO DOMESTICO PARA LOCALIDADES CON TEMPERATURA MEDIA MÍNIMA DE VERANO DE 30 GRADOS CENTÍGRADOS.
- 1D SERVICIO DOMESTICO PARA LOCALIDADES CON TEMPERATURA MEDIA MÍNIMA DE VERANO DE 31 GRADOS CENTÍGRADOS.
- 5 SERVICIO SUMINISTRADO EN BAJA O ALTA TENSIÓN PARA EL ALUMBRADO DE CALLES, JARDINES Y PARQUES PÚBLICOS, ASÍ COMO DE SEMÁFOROS EN LAS CIUDADES DE MÉXICO D.F., GUADALAJARA Y MONTERREY; SIN LIMITE DE CARGA.
- 5A SERVICIO SUMINISTRADO EN BAJA O ALTA TENSIÓN PARA EL ALUMBRADO DE CALLES, JARDINES Y PARQUES PÚBLICOS, ASÍ COMO DE SEMÁFOROS EN EL RESTO DE LA REPÚBLICA ; SIN LIMITE DE CARGA.
- 6 SERVICIO SUMINISTRADO EN BAJA TENSIÓN DEDICADO AL BOMBEO DE AGUAS POTABLES O NEGRAS; SIN LIMITE DE CARGA.
- 9 SERVICIO DE SUMINISTRO, YA SEA EN ALTA O BAJA TENSIÓN QUE SE DESTINE AL BOMBEO DE AGUAS USADAS EN EL CULTIVO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS; SIN LIMITE DE CARGA.

## TARIFAS DE USOS GENERALES.

### ORDINARIAS.

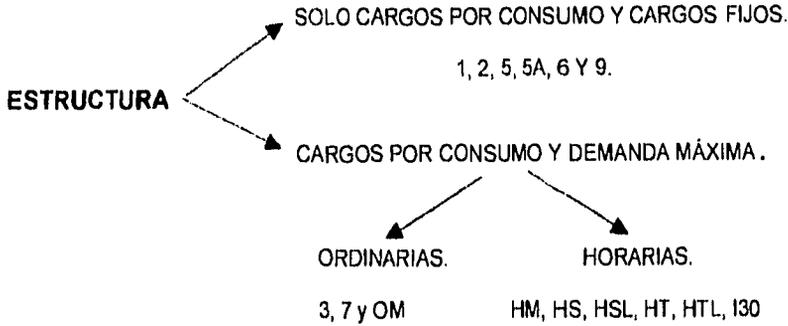
- 2 SERVICIO DE ENERGÍA EN BAJA TENSIÓN HASTA CON UNA DEMANDA MÁXIMA DE 25 KW.
- 3 PARA SERVICIOS EN BAJA TENSIÓN CON UNA DEMANDA MÁXIMA MAYOR DE 25 KW.
- 7 SERVICIO TEMPORAL EN ALTA O BAJA TENSIÓN, CON VIGENCIA NO MAYOR DE 30 DÍAS; SIN LIMITE DE CARGA.
- OM SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSIÓN CON DEMANDA MAYOR DE 20 KW Y MENOR DE 1000 KW.

### HORARIAS.

- HM SERVICIO GENERAL EN MEDIANA TENSIÓN Y QUE APLICA CUOTAS SOBRE LA ENERGÍA Y DEMANDA SUMINISTRADA DE MANERA HORARIA, CON DEMANDA DE 1000 KW EN ADELANTE.
- HS SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSIÓN (NIVEL SUBTRANSMISIÓN) QUE APLICA CUOTAS SOBRE LA ENERGÍA Y DEMANDA SUMINISTRADA DE MANERA HORARIA,
- HT SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSIÓN (NIVEL TRANSMISIÓN) QUE APLICA CUOTAS SOBRE LA ENERGÍA Y DEMANDA SUMINISTRADA DE MANERA HORARIA, CON DEMANDA MÁXIMA DE 1000 KW EN ADELANTE.
- HSL SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSIÓN PARA LARGA UTILIZACIÓN (NIVEL SUBTRANSMISIÓN) QUE APLICA CUOTAS SOBRE LA ENERGÍA Y DEMANDA SUMINISTRADA DE MANERA HORARIA, CON DEMANDA MÁXIMA DE 1000 KW EN ADELANTE.
- HTL SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSIÓN PARA LARGA UTILIZACIÓN (NIVEL TRANSMISIÓN) QUE APLICA CUOTAS SOBRE LA ENERGÍA Y DEMANDA SUMINISTRADA DE MANERA HORARIA, CON DEMANDA MÁXIMA DE 1000 KW EN ADELANTE.
- I30 PARA SERVICIO INTERRUMPIBLE SE APLICA A LOS USUARIOS DE LAS TARIFAS HS, HT, HSL, HTL QUE SOLICITEN ADICIONALMENTE INSCRIBIRSE EN ESTE SERVICIO Y QUE TENGAN UNA DEMANDA MÁXIMA MEDIDA EN PERIODO DE PUNTA O BASE, MAYOR O IGUAL A 20, 000 KW DURANTE LOS 3 MESES PREVIOS A LA SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN.

## ESTRUCTURA DE LAS TARIFAS.

Una segunda clasificación para las tarifas se puede hacer en función de la estructura, es decir del tipo de cargos aplicados



TARIFA.	DENOMINACIÓN.	CONDICIONES DE SUMINISTRO.	NIVEL.	CARGA.
1	RESIDENCIAL.	BAJA TENSIÓN SIN LIMITE DE CARGA.	BT	===
2	SERVICIOS GENERALES	BAJA TENSIÓN Y HASTA 25 KW.	BT	P < 25 KW
3	SERVICIOS GENERALES	BAJA TENSIÓN Y CARGAS MAYORES DE 25 KW.	BT	P > 25 KW
5 Y 6A	ALUMBRADO PUBLICO.	ALTA O BAJA TENSIÓN SIN LIMITE DE CARGA.	BT/AT	===
6	BOMBEO DE AGUAS.	MEDIANA O BAJA TENSIÓN SIN LIMITE DE CARGA.	BT /MT	===
7	SERVICIO TEMPORAL.	BAJA TENSIÓN SIN LIMITE DE CARGA.	BT	===
9	BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO AGRÍCOLA	MEDIANA O BAJA TENSIÓN SIN LIMITE DE CARGA.	BT /MT	===
OM	ORDINARIA MEDIANA TENSIÓN	MEDIA TENSIÓN Y CARGAS MAYORES A 20 KW Y MENORES A 1000 KW.	MT	20KW < P < 1000KW
HM	HORARIA MEDIANA TENSIÓN.	MEDIA TENSIÓN Y CARGAS MAYORES O IGUALES A 1000 KW.	MT	P > 1000KW
HS	HORARIA ALTA TENSIÓN.	ALTA TENSIÓN DE 35 A 220 KV.	ATS	35 < Vs < 220 KV
HT	HORARIA ALTA TENSIÓN.	ALTA TENSIÓN DE 220 KV O MAS.	ATT	Vs < 220 KV
H-SL	HORARIA ALTA TENSIÓN LARGA UTILIZACIÓN.	ALTA TENSIÓN NIVEL SUBTRANSMISIÓN DE 35 A 200 KV.	ATS	35 < Vs < 220 KV
H-TL	HORARIA ALTA TENSIÓN LARGA UTILIZACIÓN.	ALTA TENSIÓN NIVEL TRANSMISIÓN 220 KV O MAS	ATT	Vs < 220 KV
I-30	SERVICIO INTERRUMPIBLE.	ALTA TENSIÓN NIVELES SUB Y TRANSMISIÓN, CARGAS IGUALES A MAYORES A 20,000 KW.	ATS /ATT	P > 20,000 KW

# PRINCIPALES RUBROS DE LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA, CONCEPTOS Y TÉRMINOS AUXILIARES.

Si es que pretendemos hacer que a primera instancia el usuario se vea beneficiado con una atractiva reducción de su facturación eléctrica, es indispensable conocer a fondo todos los rubros, conceptos y parámetros eléctricos comunes a todas las cargas y que son tomados en cuenta por la mayoría de las compañías suministradoras de energía eléctrica, tanto en su planeación así como en el cobro de sus servicios. Después de lo anterior haremos una breve descripción de los cargos o rubros más importantes y comunes a todas las tarifas así como de una serie de términos auxiliares que nos darán una visión más amplia de la cuestión tarifaria en nuestro país.

## CARGO POR CONSUMO DE ENERGÍA.

### TRABAJO Y POTENCIA .

No hay que perder de vista que lo que nos interesa de la energía eléctrica es aprovecharla satisfaciendo nuestras necesidades. Una de la mas básicas se refiere al **trabajo**, a la capacidad de poder producir movimiento. El trabajo se puede definir como la aplicación continua de una fuerza a lo largo de una trayectoria cuya unidad básica son los joules [J].

$$W = \int F dr [J]$$

W: TRABAJO[J]  
F: FUERZA [N]  
r: TRAYECTORIA [m].  
[ N m ] = [ J ]

LA **POTENCIA** independientemente de la naturaleza de la fuente que la produzca, la potencia es la relación de la velocidad con que se realiza el trabajo, es decir, es el incremento del trabajo por unidad de tiempo, siendo su unidad básica los Watts (joules sobre segundo).

$$P = dW / dt [W]$$

P: POTENCIA. [W] = [ J/s ]

Esta manifestación de energía eléctrica, se le conoce como **POTENCIA REAL O ACTIVA**, y es la única capaz de convertirse en MOVIMIENTO, como hemos visto en su propia definición, pero también capaz de convertirse en CALOR, que son precisamente lo que requiere el usuario para sus actividades.

Uno de los efectos del paso de la corriente eléctrica por un conductor es la producción de calor, de una elevación de temperatura del propio conductor. A este efecto se le conoce como efecto joule. Esto, puede describirse en términos de la potencia eléctrica de la siguiente manera:

$$P = R I^2 [W]$$

P: POTENCIA REAL [W].  
R: RESISTENCIA EFECTIVA DEL CONDUCTOR [Ω].  
I: CORRIENTE DEL CONDUCTOR [A].

Así pues, la **energía consumida** por un usuario es la cantidad de potencia real que este emplea en un determinado intervalo de tiempo. Es decir el producto de la potencia demandada por el tiempo en que fue empleada.

$$E = P \Delta t \text{ [J]}$$

$$[\text{W}][\text{s}] = [\text{J}] = [\text{Nm}]$$

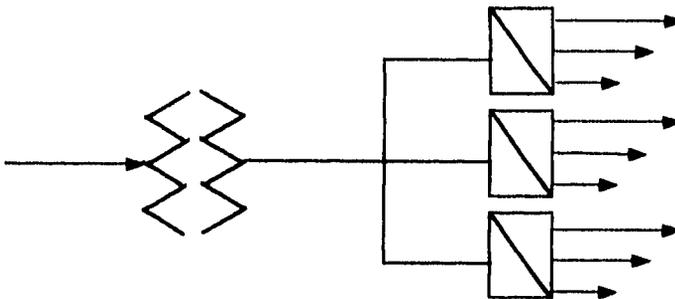
E: ENERGÍA CONSUMIDA [J]

P: POTENCIA REAL DESARROLLADA [W].

$\Delta t$ : INTER DE TIEMPO EN QUE SE DESARROLLA LA POTENCIA [s].

En un principio volvemos a encontrar a los joules como la unidad básica de energía. Sin embargo, en la práctica se expresan estos en términos de **KILOWATT-HORA** (  $1000 \times 60 \times 60 = 3,600,000$  joules)

**EL CARGO POR ENERGÍA CONSUMIDA ES EL MAS BÁSICO DE LOS FACTORES QUE CONSTITUYEN LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA Y PRECISAMENTE CUBRE LOS COSTOS DE LA ENERGÍA CON QUE EL USUARIO PUEDE REALIZAR SUS ACTIVIDADES.**



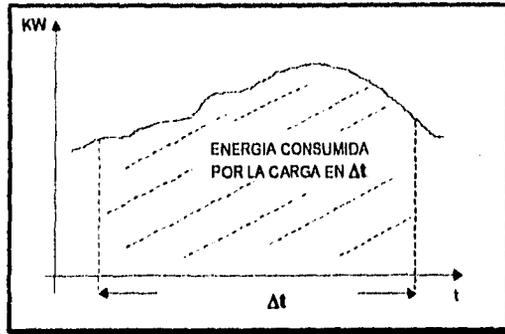
## PERFIL DE CARGA.

Tal energía se puede entender gráficamente como el área bajo la curva que describe la potencia demandada por la carga respecto del tiempo, pues recordemos que,

$$P = P_{(t)} \quad [W]$$

$$E = \int P dt \quad [J]$$

$$E = P \Delta t \quad [J]$$



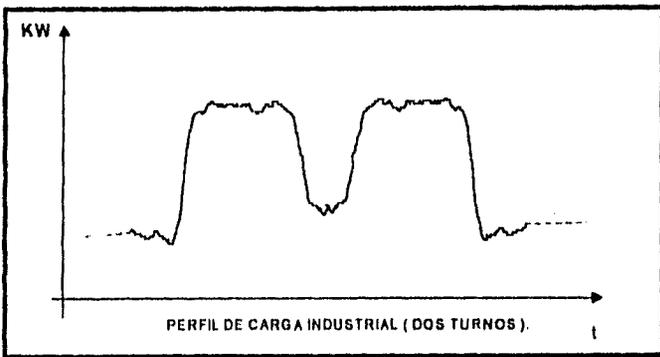
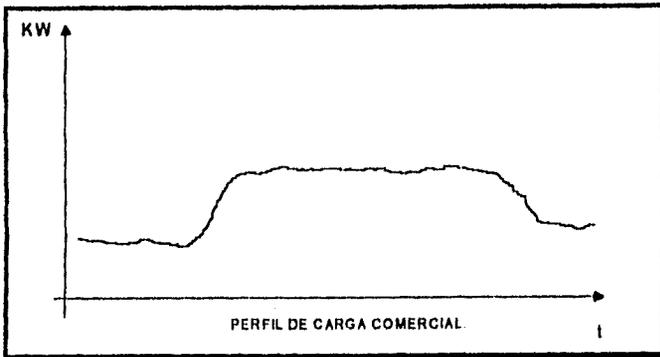
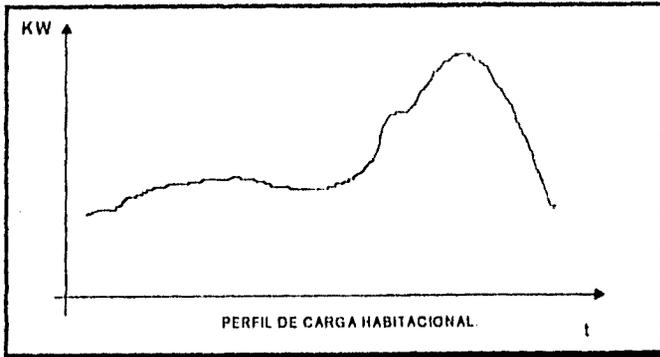
PERFIL DE CARGA.

Si consideramos a  $\Delta t$  igual a 24 hrs, entonces estaremos hablando de nuestro perfil de carga diario.

Como los consumidores tenemos una serie de actividades, de funciones, de costumbres distintas, que conforman nuestro itinerario, esas costumbres marcarán el uso que le demos a la energía eléctrica, que a su vez será plasmado en nuestro perfil de carga diario, mensual o anual.

## EL PERFIL DE CARGA ES UNA "FOTOGRAFÍA" DE NUESTRO COMPORTAMIENTO COMO USUARIOS DEL SERVICIO ELÉCTRICO.

Es de esperarse que si tenemos una serie de costumbres de uso más o menos fijas, con sus inevitables variantes, nuestro perfil de carga tendrá un comportamiento típico. A continuación se muestran algunos perfiles de carga típicos de diferentes usuarios.



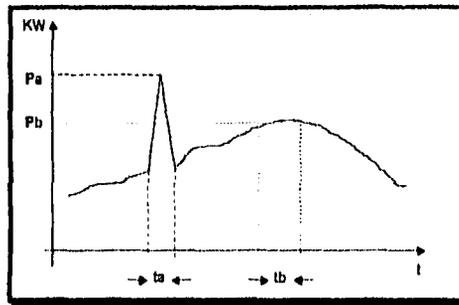
### DIFERENTES PERFILES DE CARGA .

## CARGO POR DEMANDA MÁXIMA.

LA **DEMANDA MÁXIMA** ES EL MÁXIMO VALOR PROMEDIO DE LA POTENCIA REAL, O DE CORRIENTE, QUE EL USUARIO HA REQUERIDO DE LA COMPAÑÍA SUMINISTRADORA DURANTE UN PERIODO ESPECIFICO DE TIEMPO.

Como la potencia es un parámetro instantáneo se requiere fijar un tiempo mínimo en que se debe de mantener este valor para considerarlo como máximo.

En la figura es claro que  $P_a$  es mayor que  $P_b$ . Sin embargo, como el período en que se desarrolla  $P_a$ , es decir  $t_a$ , es menor al tiempo mínimo preestablecido  $P_a$  no puede ser considerada como la demanda máxima. Por otro lado como  $t_b$  es al menos igual al tiempo mínimo  $P_b$  si puede ser considerada como demanda máxima del sistema.



Si  $t_a \geq t_{\text{mínimo}}$  y  $t_b \geq t_{\text{mínimo}}$  :  $P_b =$   
DEMANDA MÁXIMA DEL SISTEMA.

LA CFE en nuestro país ha determinado que la demanda es considerada como máxima siempre y cuando se mantenga con el mismo valor **POR LO MENOS 15 MINUTOS**. Este valor es clave para las compañías suministradoras, ya que, entre otros, con este calculan la regulación y la capacidad presente y a futuro del sistema de distribución.

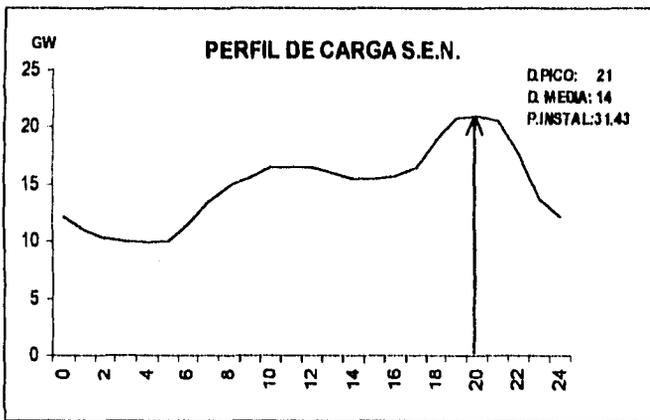
El cargo por concepto de demanda máxima se justifica en el sentido de que cuando el usuario hace funcionar su interruptor, este debe de recibir precisamente en este momento toda la energía que requiere.

**LA DEMANDA MÁXIMA ES EL CARGO QUE LAS COMPAÑÍAS SUMINISTRADORAS HACEN POR DAR LA COMPLETA DISPONIBILIDAD DE ENERGÍA EN CANTIDAD Y EN EL INSTANTE REQUERIDO POR EL USUARIO.**

## CONCEPTOS ACERCA DE LOS PERIODOS DE PUNTA Y BASE.

Algo muy simple, y que por cierto todos lo hemos padecido, es el siguiente. Cuando es "temporada alta", es decir cuando hay un periodo vacaciones generalizado, supongamos "semana santa", los hoteles están totalmente ocupados, el precio de los mariscos "por las nubes", si uno desea comer en un determinado lugar hay que hacer enormes filas pues todos desean entrar a comer al mismo lugar y lo que es peor al mismo tiempo, es decir en ese momento hay una gran demanda de mariscos. Uno complaciente de pareja o de la familia, en esos momentos esta dispuesto a pagar "una propina" al recepcionista del restaurant para ser atendidos en ese momento, además de arriesgarse a súbitos incrementos de los precios de la carta en esta temporada. Sin querer decir que le damos una propina a la CFE. o la CLFC., Algo similar pasa cuando pagamos el cargo por demanda máxima. Como las compañías suministradoras atienden a miles de usuarios el darles dicha energía en el instante solicitado implica un costo adicional aparte de lo que es su consumo.

De manera similar a lo que sucede con un consumidor, para una ciudad y en general para un país, las costumbres de uso marcan un perfil de carga típico, que reflejan sus costumbres de uso. Después de varios estudios estadísticos encontramos que el perfil de carga típico del sistema eléctrico nacional, (SEN), tiene una configuración similar a la siguiente:



El punto más alto de la gráfica indica cuando se está requiriendo la mayor cantidad de potencia del sistema, momento en el cual la mayoría de los usuarios están conectados y demandando energía. A este valor de potencia demandada se le conoce como demanda pico, que hasta el año pasado se mantenía al rededor de los 21 MW.

Lo anterior se repite en general para cualquier sistema de suministro de E.E. de cualquier compañía de suministradora, la cual como se comentó en un principio, tienen que hacer mayores esfuerzos técnicos y económicos para brindar su servicio en los momentos que la mayor parte de los usuarios así lo requieren. A las compañías suministradoras les conviene que la demanda de energía sea uniforme en el transcurso del día. De ahí que se hayan delineado las tarifas horarias, las cuales **motivan a los consumidores a emplear el servicio de E.E. durante las horas de menor demanda.**

A continuación se listan una serie de conceptos usados en la aplicación de las tarifas horarias.

**PERIODO DE PUNTA:**

→ Son las horas comprendidas **ENTRE LAS 18:00 Y LAS 22:00 HRS. DE LUNES A SÁBADO.**

→ Las regiones tarifarias de BCN, BCS y Noreste se exceptúan, para las cuales y durante los meses de junio a octubre será las horas comprendidas entre las 16:00 y las 22:00 Hrs.

→ Los días de descanso obligatorio contenidos en el Art. 74 de la Ley federal del Trabajo expedida por la STPS quedan fuera de esta consideración, así como los días que por acuerdo presidencial así lo indiquen.

**PERIODO DE BASE:**

Es el resto de las horas del mes, no comprendidas en el periodo de punta.

**ENERGIA DE PUNTA [  $E_{PUNTA}$  ]:**

Es la energía consumida durante el periodo de punta. (Aplicable solo a las tarifas HM, HS y HT).

**ENERGIA DE BASE [  $E_{BASE}$  ]:**

Es la energía consumida durante el periodo de base. (Aplicable solo a las tarifas HM, HS y HT).

**DEMANDA MÁXIMA MEDIA [  $DEM_{max}$  ]:**

Es la demanda media durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que cualquier otro intervalo de 15 minutos durante **todo el periodo de facturación.**

**DEMANDA MÁXIMA MEDIA EN PUNTA [  $DEM_{max PUNTA}$  ]:**

Se determina mensualmente durante cualquier intervalo de 15 minutos **en el periodo de punta**, en el cual el consumo de energía promedio sea mayor comparado con cualquier otro intervalo de 15 minutos comprendido dentro del mismo periodo de punta.

**DEMANDA MÁXIMA MEDIA EN BASE [  $DEM_{max BASE}$  ]:**

Se determina mensualmente durante cualquier intervalo de 15 minutos **en el periodo de base**, en el cual el consumo de energía promedio sea mayor comparado con cualquier otro intervalo de 15 minutos comprendido dentro del mismo periodo de base.

**DIFERENCIA DE DEMANDAS**  
**[  $DIF_{DEM}$  ]:**

Es la demanda máxima en base menos la demanda máxima en punta. Si la diferencia aritmética es negativa se considerará a la diferencia de demandas igual a cero.

$$DIF_{DEM} = DEM_{max\ BASE} - DEM_{max\ PUNTA}$$

**DEMANDA FACTURABLE**  
**[  $DEM_{FAC}$  ]:**

Es la suma de la Demanda Máxima en punta y la quinta parte de la Diferencia de demandas.  
 (Aplicable a tarifas HM, HS, HSL, HT y HTL)

$$DEM_{FAC} = DEM_{max\ PUNTA} + (DIF_{DEM}) / 5$$

**ENERGIA FACTURABLE EN PUNTA**  
**[  $E_{FAC.PUNTA}$  ]:**

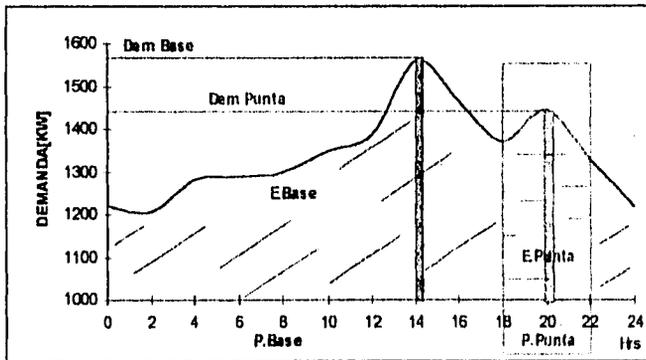
Es el máximo entre la energía consumida en punta y el 80% del producto de la demanda máxima en punta por el número de horas del periodo de punta.  
 (Aplicable a tarifas HSL Y HTL)

$$E_{FAC.PUNTA} = \text{MAX} [ E_{BASE}, (DEM_{max\ PUNTA} \times Hrs_{PUNTA} \times 0.80) ]$$

**ENERGIA FACTURABLE EN BASE**  
**[  $E_{FAC.BASE}$  ]:**

Es la diferencia entre la energía total consumida durante el periodo de facturación y la energía facturable de punta.  
 (Aplicable a tarifas HSL Y HTL)

$$E_{FAC.BASE} = E_{TOTALPERIODO} - E_{FAC.PUNTA}$$



## AJUSTE EN EL CARGO POR CONSUMO DE ENERGÍA POR VARIACIÓN EN EL PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES.

Esta cláusula se aplicará a la facturación de la energía consumida en las tarifas 2, 3, 7, OM, HM, HS, HSL y HTL para reflejar las variaciones de los precios de los combustibles empleados en la generación de la energía eléctrica.

Para cada mes calendario el monto de los ajustes se calcularán multiplicando el total de la energía consumida en dicho mes expresado en KWH por los factores mensuales de ajuste expresados en \$/KWH.

$$FA_j = FT_j \sum_{i=1}^5 a_i (P_i - PB_i)$$

j	Tarifa	Tensión	FT
1	HT y HTL	AT Niv T.	1.029
2	HS y HSL	AT Niv S.	1.042
3	OM y HM	MT	1.067
4	2,3 y 7	BT	1.104

i	Combustible	PB	a
1	Combt. Import.	0.23403 NS/Lit	0.031744
2	Combt. Nac.	0.19391 NS/Lit	0.104201
3	Gas natural	0.18410 NS/m <sup>3</sup>	0.442120
4	Diesel No.1	0.49130 NS/Lit	0.003048
5	Carbón	0.10041 NS/Kg	0.038062

- j: Expresa cada uno de los 4 niveles de tensión de suministro:
1. AT Nivel Transmisión ( HT y HTL ).
  2. AT Nivel Subtransmisión ( HS y HSL).
  3. MT ( OM y HM )
  4. BT ( 2,3 y 7 ).

- i: Expresa cada uno de los combustibles que se sujetan al ajuste:
1. Combustóleo importado.
  2. Combustóleo nacional, cotización Pemex, centro productor.
  3. Gas natural, cotización Pemex, zona centro.
  4. Diesel No.1, cotización Pemex, única a nivel nacional.
  5. Carbón, cotización MICARE que incluye manejo de cenizas, única a nivel nacional.

PBi Expresa el precio base de cada combustible ( Sin IVA).

Pi Expresa el precio de cada combustible, vigente en quincena anterior al mes calendario del cálculo del monto del ajuste.

ai Corresponde a los coeficientes de ajuste para cada combustible.

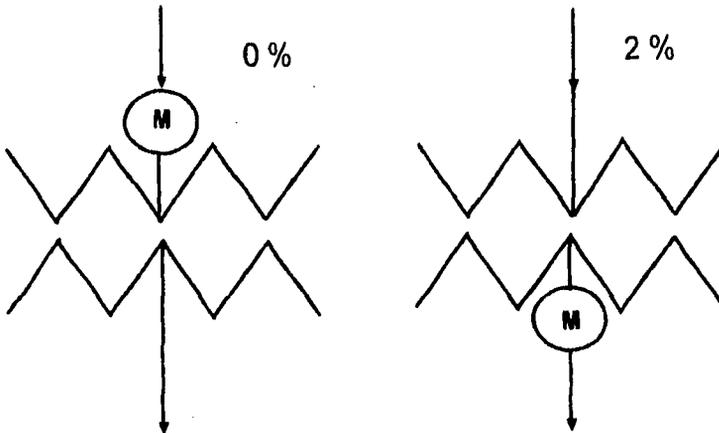
FTj Factor aplicable a cada uno de los cuatro niveles de voltaje de suministro.

## CARGOS POR PERDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES.

Hay que considerar que las pérdidas en los transformadores de la red de distribución también implican un costo, de ahí que exista una serie de consideraciones que en este sentido determinen como se absorben tales costos de transformación.

En general el servicio suministrado en Media o Alta tensión podrá efectuar las mediciones de consumo y Demanda máxima en el lado del primario o en el lado del secundario del transformador del usuario. Existen cuatro situaciones en las cuales se deben de considerar las pérdidas en los transformadores:

1. Si el usuario tiene su contratación en baja tensión, las pérdidas en los transformadores las absorbe la compañía suministradora.
2. Si el usuario tiene su contratación en Media y Alta Tensión, y sus medidores se encuentran después del secundario del transformador, la compañía suministradora efectúa un cargo del 2% por concepto de pérdidas en el transformador.
3. Si el usuario tiene su contratación en Media y Alta Tensión, y sus medidores se encuentran antes del primario del transformador, la compañía suministradora no efectúa cargo alguno, ya que las pérdidas en el transformador quedan contenidas en la medición.
4. Si la compañía suministradora tiene sólo disponible energía en baja tensión y el usuario requiere emplear un transformador para elevar su voltaje a Media o Alta tensión, la compañía suministradora bonificará un 2% sobre la medición o se recurre a otro convenio para hacerse cargo de las pérdidas de los transformadores.



## CARGO/ BONIFICACIÓN POR FACTOR DE POTENCIA.

### FACTOR DE POTENCIA.

La potencia es el producto de la corriente que fluye por el circuito y del voltaje sostenido en el mismo. Sin embargo, en los circuitos de corriente alterna, el amperaje requerido por los motores de inducción, transformadores, alumbrado fluorescente, hornos de inducción, soldadoras de resistencia esta formado por dos tipos corriente: La efectiva y La magnetizante.

1. **LA CORRIENTE EFECTIVA** es aquella que se convierte en trabajo útil por la acción del equipo . Por ejemplo, la rotación de un motor , la ejecución de un cordón de soldadura o el bombeo de agua. Esta corriente da como resultado la potencia activa medida en **KW**.
2. **LA CORRIENTE MAGNETIZANTE** , o reactiva, es aquella que se encarga de producir el flujo magnético necesario para la operación de aparatos de inducción. Sin esta no habrá flujo magnético a través del núcleo de un transformador , ni en el entrehierro de un motor de inducción. Esta corriente da como resultado la potencia reactiva expresada en **KVAR**.

En términos matemáticos la corriente total de un circuito. De corriente alterna se puede expresar como la suma vectorial de la corriente activa y reactiva:

$$I_c = I_R + j I_Q$$

Así mismo la potencia y la energía consumida derivadas de esta corriente tendrá una parte activa y otra reactiva:

$$S_c = P + j Q \text{ [VA]}$$

$$E_c = E_R + j E_Q \text{ [VAH]}$$

De hecho en todas sus formas se cumple que la energía eléctrica de un circuito de corriente alterna será la suma vectorial de su parte activa y su parte reactiva.

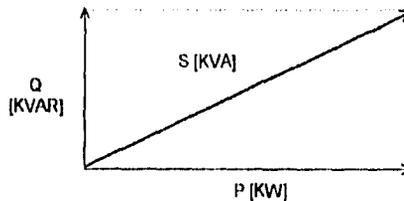


DIAGRAMA DE POTENCIAS.

EL FACTOR DE POTENCIA SE EXPRESA COMO LA RELACIÓN ENTRE LA CORRIENTE ACTIVA Y LA CORRIENTE TOTAL DEL CIRCUITO.

$$FP = I_R / I_L$$

$$FP = E_R / E_L$$

$$FP = P / S$$

En un sistema trifásico balanceado:

$$I_L = S_C / (\sqrt{3} V_L FP)$$

Para enviar una cierta cantidad de potencia a un consumidor, la central debe de transmitir una corriente mayor hacia un consumidor que tenga un bajo factor de potencia, que hacia otro que tenga uno mas alto. El valor de la corriente adicional no es registrado por el wathorimetro del consumidor y por lo tanto representa una perdida para la compañía suministradora. Esta conducción implica tanto cables de mayor calibre, así como un mayor tamaño de generadores, transformadores, interruptores de potencia y en general un mayor tamaño de cualquier equipo eléctrico que su diseño se base en su capacidad de conducción de corriente que implícitamente lleva consigo una elevación de costos de adquisición y mantenimiento.

En atención a la necesidad de compensar el monto de la inversión requerida para atender a los sistemas o usuarios con un bajo factor de potencia las compañías suministradoras han introducido en la facturación una cláusula en la que ofrece al usuario una **BONIFICACIÓN** sobre el monto de energía suministrada en caso de tener un alto factor de potencia, 90 % o más y una **MULTA** en caso de tener un bajo factor de potencia, es decir menor al 90%.

El cargo y la bonificación por un bajo y alto factor de potencia se calculan con las siguientes ecuaciones:

PARA UN BAJO FACTOR DE POTENCIA:

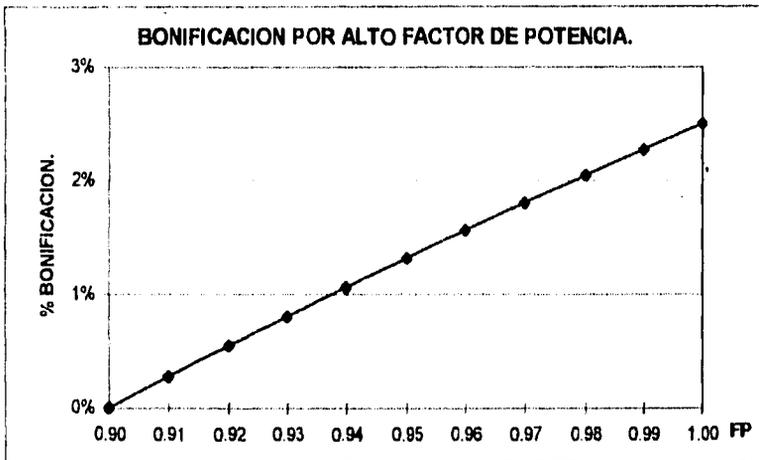
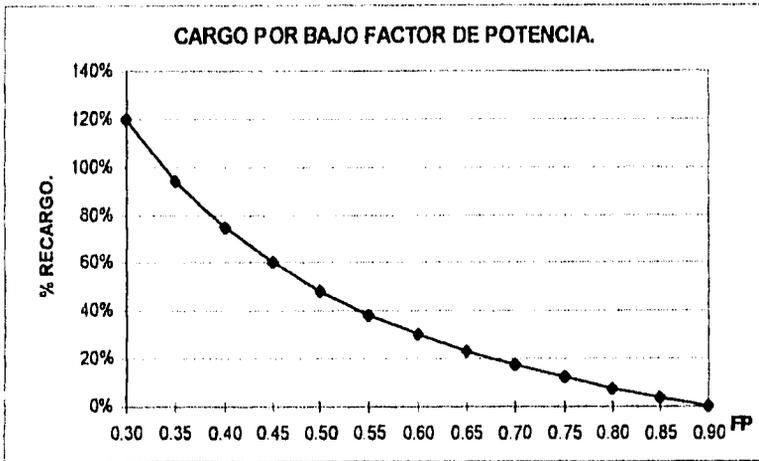
$$\% \text{ DE RECARGO} = (3/5) * ( (0.9/ FP) - 1 ) * 100\%$$

PARA UN ALTO FACTOR DE POTENCIA:

$$\% \text{ DE BONIFICACIÓN} = (1/4) * ( 1 - (0.9/FP) ) * 100\%$$

**EN NINGÚN CASO SE APLICARAN PORCENTAJES DE RECARGO SUPERIORES AL 120% NI PORCENTAJES DE BONIFICACIÓN MAYORES AL 2.5 %.**

## CARGOS Y BONIFICACIONES POR FACTOR DE POTENCIA.



## CARGO/ BONIFICACIÓN POR DEMANDA INTERRUMPIBLE.

Estos cargos o bonificaciones se aplican solamente a los usuarios que estén inscritos bajo de las tarifas HS, HSL, HT y HTL que soliciten inscribirse en este servicio y que tengan una **Demanda ya sea en Punta o en Base mayor o igual a 20,000 KW** durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción a esta tarifa

*La idea general es que los usuarios desarrollen 100% de manera normal sus actividades e interrumpan por si mismos el consumo de energía a petición de la compañía suministradora, previa notificación, recibiendo a cambio una bonificación sobre su facturación.*

Para llevar a cabo la aplicación de esta modalidad de tarifa el usuario debe de hacer dos contrataciones de demanda, una **Demanda Interrumpible contratada** y una **Demanda Firme contratada**.

### DEMANDA INTERRUMPIBLE CONTRATADA (DIC)

Debe ser igual o mayor a 7,000 KW, e igual o menor al 70% del promedio de su demanda en punta durante los tres meses previos a su solicitud de inscripción.

$$DEM_{int} \geq 7,000 \text{ KW}$$

$$DEM_{int} \leq 0.7 * \left( \sum_{i=1}^3 DEM_{Punta_i} \right) / 3$$

### DEMANDA FIRME CONTRATADA (DFC)

Debe ser mayor al 30% del promedio de su demanda en punta durante los tres meses previos a su solicitud de inscripción.

$$DEM_{firm} \geq 0.3 * \left( \sum_{i=1}^3 DEM_{Punta_i} \right) / 3$$

### CONDICIONES GENERALES DE INTERRUPCIÓN:

- El suministrador podrá solicitar al usuario la suspensión total o parcial de la Demanda interrumpible con una anticipación de 30 minutos como mínimo en la forma convenida con el usuario.
- La duración de las interrupciones podrán ser solicitadas por el usuario hasta por 4 horas en un día.
- El número de interrupciones acumuladas en un año calendario será como máximo 14.
- Las interrupciones que no hayan sido utilizadas por el suministrador no podrán ser acumulables al próximo año calendario.

## BONIFICACIONES.

### DEMANDA INTERRUPTIBLE BONIFICABLE (DIB).

La Demanda Interruptible Bonificable mensualmente será KW mínimos entre la Demanda Interruptible Contratada y el resultado de restar la Demanda de punta y la Demanda Firme Contratada.

$$DIB = DIC - ( DEM_{punta} - DFC )$$

En caso inferior a la DFC, la DIB será igual a cero.

Por cada KW de DEMANDA INTERRUPTIBLE BONIFICABLE se hará una bonificación mensual de acuerdo a la facturación del usuario. Para los usuarios inscritos en las tarifas HS y HSL gozarán de una bonificación un poco más atractiva que los inscritos en las tarifas HT y HTL.

TARIFA.	BONIFICACION [ NS / KW ]
HT y HTL	4.988
HS y HSL	5.237

## CARGOS POR INCUMPLIMIENTO.

Si el suministrador determina mediante sus aparatos de medición de demanda que el usuario no realizó total o parcialmente las interrupciones de energía al solicitárselas debidamente, el primero aplicará en la facturación un cargo equivalente a 6 veces el monto de la bonificación mensual correspondiente a la Demanda Interruptible no proporcionada.

Si dentro de un periodo de 12 meses el usuario reincide el suministrador podrá rescindir el convenio, además de ejercer las penalizaciones correspondientes.

La Demanda Interruptible **NO PROPORCIONADA** será la diferencia entre:

- Ⓐ El resultado de restar a la Demanda máxima medida durante el lapso de interrupción la Demanda Firme y Contratada
- Ⓑ El resultado de restar a la Demanda Interruptible Contratada la Demanda Interruptible Solicitada.

## CARGO POR MANTENIMIENTO.

A todas las tarifas descritas se les aplicará un cargo adicional mensual por mantenimiento, con excepción de la tarifa 6. ( se anexa al final de este capítulo un concentrado de las cuotas aplicables a cada una de las tarifas existentes).

## CARGO POR DERECHO DE ALUMBRADO PÚBLICO O POR SALARIO MÍNIMO (NO GRAVADO POR IVA).

Este cargo tiene sus particularidades:

- Es establecido en algunas entidades federativas, mediante decretos locales.
- Se calcula aplicando un porcentaje aprobado por el congreso local a la facturación neta bonificada. Tal porcentaje mucho depende de la **ZONA ECONÓMICA** donde se aplique, que directamente no tiene nada que ver con la regionalización tarifaria en que se divide el país.
- Los porcentajes aplicados varían desde un 1.5% hasta un 10% dependiendo de la tarifa a que estén inscritos cada tipo de usuario (10% es lo típico a nivel nacional).
- En ocasiones este cargo, aunque se calcula en base a un porcentaje, tiene un límite que está en función del monto del salario mínimo vigente en dicha localidad donde se aplica (para usuarios domésticos primordialmente).
- No causa I.V.A.

## AJUSTE PAULATINO DE LAS TARIFAS 1 A LA 9.

A partir del día 1 de Abril de 1995, publicado en el Diario Oficial de la Federación, entra en vigor un incremento paulatino en las tarifas eléctricas de la 1 (1A a 1D) hasta la tarifa 9.

TAL INCREMENTO ACUMULATIVO ES CALCULADO MULTIPLICANDO EL MONTO DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA POR 1.00797

Este incremento está pensado para que las tarifas eléctricas alcancen un valor comercial real, es decir se vayan eliminando los subsidios que anteriormente se destinaban a este rubro, ya que siempre se pensó en el servicio de energía eléctrica como un "producto de la canasta básica".

***Por lo anterior cada día se hace más importante considerar al ahorro energético como una actitud 100% indispensable.***

## INTEGRACIÓN DE CARGOS EN LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA.

A continuación se listan los cargos generales aplicables a las tarifas eléctricas, los cuales se aplicarán o no dependiendo del tipo de tarifa.

CARGO POR CONSUMO DE ENERGÍA.	A
Energía consumida (TOTAL) Energía facturable de punta. Energía facturable de base. Energía facturable de punta mínima. Energía facturable de punta excedente. Energía facturable de base.	
CARGO POR DEMANDA MÁXIMA.	B
Demanda máxima medida. Demanda máxima facturable.	
FACTURACIÓN BÁSICA	$C = A + B$
AJUSTE EN EL CARGO POR CONSUMO DE ENERGÍA POR VARIACIÓN EN EL PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES.	D
FACTURACIÓN BÁSICA AJUSTADA.	$E = C + D$
CARGO A SERVICIOS SUMINISTRADOS EN ALTA TENSIÓN Y MEDIDOS EN BAJA TENSIÓN.	$F = (0.02) * (E)$
FACTURACIÓN NORMAL	$G = E + F$
CARGO O BONIFICACIÓN POR FACTOR DE POTENCIA.	H
FACTURACIÓN NETA.	$I = G \pm H$
CARGO O BONIFICACIÓN POR DEMANDA INTERRUPTIBLE.	J

FACTURACIÓN NETA.	$K = I \pm J$
CARGO POR MANTENIMIENTO.	L
CARGO POR DERECHO DE ALUMBRADO PÚBLICO O POR SALARIO MÍNIMO (NO GRAVADO POR IVA)	M
IVA	$N = (0.15) * (K + L)$
FACTURACIÓN FINAL.	$O = K + L + M + N$

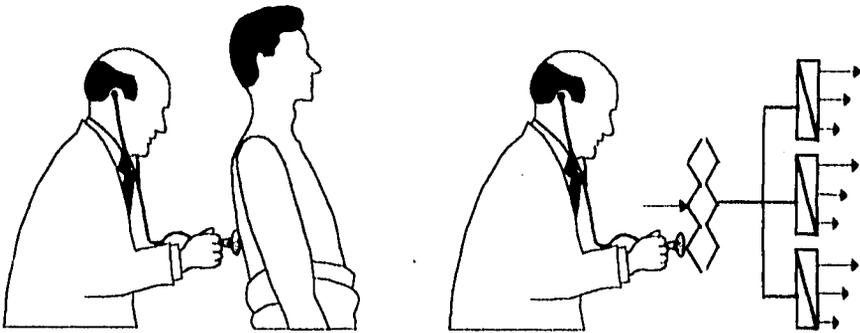
## FACTORES ELÉCTRICOS BÁSICOS QUE INTERVIENEN EN UN DIAGNOSTICO ENERGÉTICO.

De manera similar a lo que ocurre cuando acudimos a un médico, un diagnóstico debe de partir de una serie de indicios que intervienen en la formación de un criterio acerca de la situación actual de las instalaciones.

Un médico toma la presión arterial, el peso de la persona, el ritmo cardiaco, los reflejos la respuesta del oído, la visión etc. Todos y cada una de estos parámetros nunca actúan solos, mas bien en conjunto por lo que uno solo no llega a indicar gran cosa.

Además de una auscultación, (visita previa), el médico conforma su diagnóstico preliminar con ayuda de una historia clínica, de una serie de datos que a través del tiempo han marcado el comportamiento, la salud del paciente.

Estos dos aspectos son los que primero se llevan a cabo en el diagnóstico y tratamiento de un paciente; sin embargo, existen ocasiones en las que se requiere hacer una serie de análisis clínicos, una serie de pruebas y mediciones al paciente para estar seguros de diagnosticar efectivamente.



Para la mayoría de las personas el hablar de cantidades puede causar confusiones. Se ha comprobado que el uso de porcentajes o de valores por unidad facilita enormemente el manejo y el razonamiento de la información.

**LOS FACTORES ELÉCTRICOS SON VALORES EXPRESADOS EN POR UNIDAD QUE SON INDICADORES DE LA FORMA EN QUE SE ESTÁ EMPLEANDO LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL USUARIO.**

Además del FACTOR DE POTENCIA, los índices o factores eléctricos básicos más usados son:

- |  |   |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> FACTOR DE DEMANDA.     | <input checked="" type="checkbox"/> FACTOR DE DIVERSIDAD.   |
| <input checked="" type="checkbox"/> FACTOR DE UTILIZACIÓN. | <input checked="" type="checkbox"/> FACTOR DE COINCIDENCIA. |
| <input checked="" type="checkbox"/> FACTOR DE CARGA.       | <input checked="" type="checkbox"/> DISTORSIÓN ARMÓNICA*.   |
| <input checked="" type="checkbox"/> FACTOR DE PERDIDAS.    | <input checked="" type="checkbox"/> FACTOR K*.              |

### FACTOR DE DEMANDA ( $F_{Dem}$ ).

El  $F_{Dem}$  de un intervalo de tiempo dado, de un sistema o de una carga, está definido como la relación de la demanda máxima promedio de ese intervalo y la carga conectada del sistema (La cual es la suma de todas las potencias nominales de los equipos que constituyen la carga del usuario)

$$F_{Dem} = D_{MÁXIMA} / P_{CONECTADA} \leq 1$$

**EL  $F_{DEM}$  INDICA CUANTA DE LA CARGA CONECTADA PARTICIPA EN LA DEMANDA MÁXIMA.**

### FACTOR DE UTILIZACIÓN ( $F_u$ ).

Es la relación que existe entre la demanda máxima y la capacidad nominal de ese sistema, sus transformadores y conductores.

$$F_u = D_{MÁXIMA} / CAP_{NOMINAL} \leq 1$$

La capacidad nominal del sistema del usuario puede ser distinta a la carga instalada. Por ejemplo, tenemos que el transformador de la subestación es de 75 KVA's y su red interna está diseñada para conducir a plena carga hasta 75 KVA's, es decir su capacidad nominal es de 75 KVA's. Su carga instalada en ese momento es de 68 KVA's. En el mes de julio encontramos en el recibo de CFE. como demanda máxima 59 KW, con un factor de potencia de aproximadamente en promedio de 0.91, es decir, podemos estimar que se demandaron 64.83 KVA's. Por diseño no podemos rebasar los 75 KVA's, de todo lo instalado tenemos solo un poco menos, 68 KVA's pero de esos 68 KVA's sólo ocupamos máximamente en el mes de julio aproximadamente 65 KVA's.

**EL  $F_u$  INDICA CUANTA DE LA CAPACIDAD NOMINAL, TRANSFORMADORES Y CONDUCTORES, SE EMPLEAN DURANTE LA DEMANDA MÁXIMA DE TODO EL SISTEMA.**

## ☑ FACTOR DE CARGA.

Es la relación existente entre la demanda media (aveces conocida como promedio) y la demanda máxima, ambas de un cierto intervalo de tiempo.

$$F_c = D_{\text{MEDIA}} / D_{\text{MAXIMA}}$$

$$F_c \leq 1$$

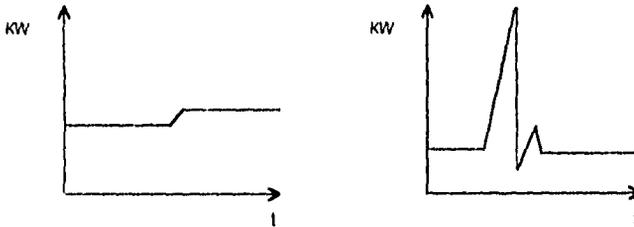
$$F_c > 0$$

La demanda media es un promedio de la demanda que el sistema requiere de la red de alimentación. Se calcula a partir del consumo registrado durante un periodo determinado entre el valor de ese periodo.

$$D_{\text{MEDIA}} = \text{KWH}_{\Delta T} / \Delta T$$

$\Delta T$  : PERIODO  
 $\text{KWH}_{\Delta T}$  : CONSUMO EN  $\Delta T$

Un ejemplo de una carga con factor de carga igual a uno es el alumbrado público o el alumbrado nocturno, que normalmente entra y sale de operación toda a la vez, tal que la tarifa de este servicio solo cobra consumo ya que la demanda media es igual a la demanda máxima lo que implica un aprovechamiento máximo de las instalaciones.



Supongamos que las figuras anteriores representan a dos cargas que en su facturación tienen el mismo consumo. Sin embargo en la primera el factor de carga es casi igual a uno, mientras que en la otra el factor de carga es mucho mas bajo, es decir que la capacidad del sistema esta siendo usada de una manera muy pobre.

**EL Fc INDICA BÁSICAMENTE EL GRADO CON QUE SE MANTIENE EL VALOR DE LA POTENCIA MÁXIMA DEMANDADA POR EL SISTEMA.**

Además implícitamente es un índice de la eficiencia del sistema. En la practica este fluctúa para diversos servicios entre 25% y 85%, en el limite inferior se tiene el peor de los casos y en el extremo el óptimo de los casos.

**☑ FACTOR DE PERDIDAS.**

Se define para un intervalo de tiempo dado como la relación existente entre el valor promedio de las pérdidas a lo largo de ese periodo y el valor de las pérdidas que se presentan durante el periodo de demanda máxima. Una de las varias ecuaciones con las cuales se puede calcular este factor es la siguiente:

$$F_{\text{PER}} = 0.3 F_c + 0.7 F_c^2$$

EL  $F_{\text{PER}}$  INDICA EL GRADO CON QUE SE MANTIENE EL VALOR DE LAS PERDIDAS QUE SE PRESENTAN EN LA DEMANDA MÁXIMA DEL SISTEMA A LO LARGO DE UN PERÍODO.

**☑ FACTOR DE DIVERSIDAD.**

Imaginemos al conjunto de cargas instaladas en la red del usuario. Unas entran y salen en diferentes momentos, es decir existe una diversidad en el empleo de las cargas. El factor de diversidad es la relación que existe entre la suma de las demandas máximas individuales del sistema y la demanda global del propio sistema.

$$F_{\text{DIV}} = \sum D_{\text{MAX}i} / D_{\text{MAX SISTEMA}} \geq 1$$

$D_{\text{MAX}i}$ : DEMANDA MÁXIMA DE LA  $i$ ÉSIMA CARGA.

$D_{\text{MAX SISTEMA}}$ : DEMANDA MÁXIMA GLOBAL DEL SISTEMA.

Este factor es igual a la unidad cuando las demandas máximas de las cargas ocurren simultáneamente. Si las cargas no son coincidentes entonces la suma de las demandas máximas individuales de las cargas será mayor que la demanda máxima global del sistema, dando como resultado un factor de diversidad mayor que la unidad.

EL FACTOR DE DIVERSIDAD EXPONE QUE TANTO DIFIEREN LAS DEMANDAS MÁXIMAS INDIVIDUALES DE CADA CARGA O GRUPOS DE CARGAS DE LA DE TODO EL SISTEMA.

**☑ FACTOR DE COINCIDENCIA.**

Este se define como el inverso del factor de diversidad.

$$F_{\text{COIN}} = D_{\text{MAX SISTEMA}} / \sum D_{\text{MAX}i} \leq 1$$

Dado que es el recíproco del factor de diversidad, el factor de coincidencia indica el grado de "desuniformidad", de dispersión con que operan en el tiempo las cargas del sistema.

## PRINCIPALES FACTORES ELÉCTRICOS.

$$F_{Dem} = D_{MÁXIMA} / P_{CONECTADA} \leq 1$$

$$F_U = D_{MÁXIMA} / CAP_{NOMINAL} \leq 1$$

$$F_C = D_{MEDIA} / D_{MÁXIMA} \leq 1$$

$$F_C > 0$$

$$D_{MEDIA} = KWH_{\Delta T} / \Delta T$$

$$F_{PER} = 0.3 F_C + 0.7 F_C^2 < 1$$

$$F_{DIV} = \sum D_{MAXi} / D_{MAX SISTEMA} \geq 1$$

$$F_{COIN} = 1/F_{DIV} \leq 1$$

## ☑DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD).

Este factor hace referencia a la cantidad de componentes armónicas contenidas en el voltaje y la corriente de las instalaciones del usuario. Antes de definirlo apropiadamente, a continuación se mencionan algunas definiciones necesarias para su mejor comprensión.

### VALOR RMS.

Dada la función  $V(t)$  de período  $T$ , su valor eficaz también llamado cuadrático medio (Root Medium Square en inglés), está definido por :

$$V_{rms} = \left[ (1/T) \left( \int_0^T [V(t)]^2 dt \right) \right]^{1/2}$$

### COMPONENTE FUNDAMENTAL.

Es la componente de orden 1 de la serie de Fourier de una señal de periódica ( 60 Hz para nuestro SEN).

### COMPONENTE ARMÓNICA.

Es una componente de orden mayor a 1 en la serie de Fourier de una señal periódica.

### ORDEN DE LA COMPONENTE (n).

Es un número el cual indica la proporción que existe entre la frecuencia de una armónica y la frecuencia fundamental.

### RANGO ARMÓNICO (DE UNA COMPONENTE ARMÓNICA)

Para una componente armónica de orden  $n$  de una onda distorsionada, es la relación ( el cual puede ser expresado en % ) del valor rms de esta componente armónica con el valor rms de la componente fundamental de la misma onda.

### CONTENIDO ARMÓNICO.

Es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los valores rms de las componentes armónicas excluyendo a la fundamental.

### DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL ( THD ).

Es la relación que existe del valor rms del contenido armónico y el valor rms de la señal periódica ( de todas las componentes armónicas incluyendo la fundamental).

$$THD = \sqrt{\frac{I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + I_5^2 + \dots}{I_1^2 + I_2^2 + I_3^2 + I_4^2 + \dots}}$$

### FACTOR ARMÓNICO ( HF ).

También conocido como **FACTOR DE DISTORSIÓN**, es la relación entre el contenido armónico y el valor rms de la componente fundamental.

$$THD = \frac{HF^2}{\sqrt{I_1^2 + HF^2}}$$

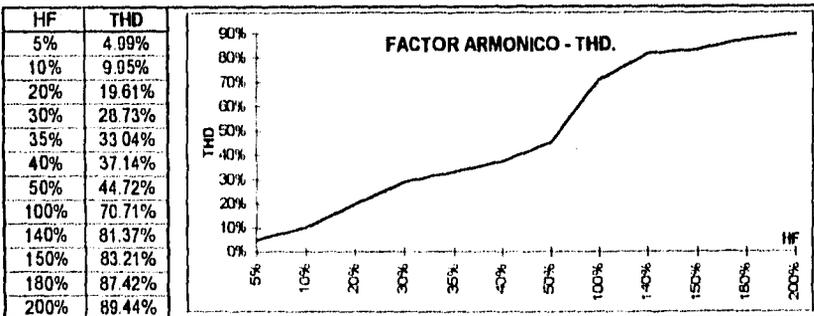
### RELACIÓN DE LAS COMPONENTES ARMÓNICAS Y EL THD.

Para calcular el valor de THD también lo podemos expresar de la siguiente manera:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum (I_n)^2}}{\sqrt{I_1^2 + \sum (I_n)^2}}$$

$I_n$  : Componente armónica n.  
 $n$  : Orden de la armónica.  
 $I_1$  : Componente fundamental.

Para valores mayores de HF, por ejemplo 150% que ya es bastante considerable, el porcentaje de de la distorsión armónica, 83.2% para este ejemplo, no va más allá del 100%. De lo anterior es que se pueda pensar que existe una relación lineal entre la magnitud de las componentes armónicas y el THD.



Cuando se está monitoreando una red eléctrica es interesante conocer la cantidad de distorsión tanto de la onda de voltaje como de corriente. Usualmente lo que podemos medir directamente son los valores rms del total de la forma de onda y el THD.

De la última ecuación:

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{\sum (I_n)^2}}{\sqrt{I_f^2 + \sum (I_n)^2}} = \frac{\sqrt{\sum (I_n)^2}}{I_{\text{rms}}}$$

De lo que se desprende:

$$\text{Componentes armónicas} = \sqrt{\sum (I_n)^2} = (\text{THD})(I_{\text{rms}})$$

$$\text{Componente fundamental} = I_f = \sqrt{I_{\text{rms}}^2 - \sum (I_n)^2}$$

## RELACIÓN ENTRE EL FACTOR DE POTENCIA Y EL THD.

El Factor de potencia por lo general es definido como la relación de la corriente real (o efectiva) entre la corriente aparente (o total). Con voltajes y corrientes senoidales puros esta relación puede ser expresada como el desplazamiento de fase entre las señales de voltaje y corriente. Si otras componentes de frecuencia están presentes en las señales de voltaje y/o corriente, la definición normal de factor de potencia (llamada propiamente factor de potencia desplazado) se debe modificar para incluir esta distorsión.

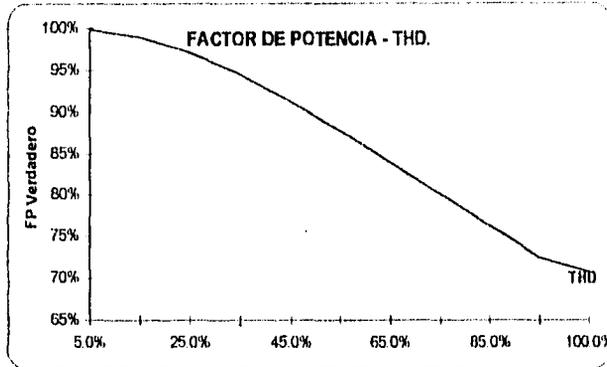
El factor de potencia en forma general está definido por:

$$\text{FP} = \frac{I_f \cos\theta}{I_{\text{rms}}}$$

Para cargas que generan armónicos el factor de potencia verdadero puede ser expresado como una función de la distorsión armónica total en forma de onda de corriente, asumiendo que la distorsión armónica de voltaje es baja (menor al 5%), tal que la relación del FP verdadero y el THD sea:

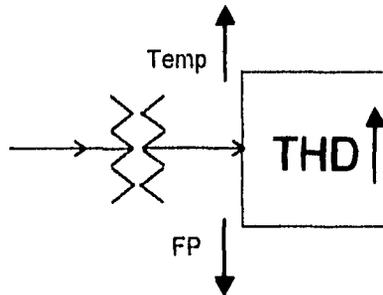
$$\text{FP} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{THD}^2}}$$

De manera gráfica se puede observar que para cargas electrónicas, donde el THD de corriente puede ser del orden del 70-90 %, su factor de potencia es de 0.6-0.75%.



Los balastos electrónicos que actualmente se colocan como la opción más adelantada en cuanto a equipos ahorradores se refiere, con THD en corriente abajo de 35% presentan un factor de potencia de verdadero no mayor del 94%.

En general la industria ha reconocido que cuando la onda de voltaje de corriente y la de voltaje tiene una frecuencia distinta a la de 60 Hz, existe un **CALENTAMIENTO ADICIONAL** en los equipos que cuentan con un núcleo de hierro, de los cuales el primero en verse afectado por este efecto son los **TRANSFORMADORES**, tanto de la red de distribución de las compañías suministradoras como los del usuario ( en caso do que tenga).



La NORMA ANSI/IEEE C57.12.00-1987. IEEE Standard General Requirements for Liquid Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers, reconoce este calentamiento adicional y delimita que los TRANSFORMADORES DE POTENCIA NO DEBEN DE ESTAR EXPUESTOS A MANEJAR CORRIENTES DE CARGA CON UN FACTOR ARMÓNICO MAYOR DE 5%.

La NORMA ANSI/IEEE C57.110-1986, Recommended Practice for Establishing Transformer Capability When Supplying Nonsinusoidal Load Currents, define que las corrientes de carga con contenido armónico son una posibilidad de desarrollar un método para mejorar un transformador debido a las altas frecuencias de la corriente de carga. Algunos fabricantes han usado esta norma para vender transformadores que son diseñados para manejar específicamente corrientes armónicas adicionales.

## FACTOR K.

Para la evaluación del calentamiento adicional producido por las corrientes armónicas, debe considerarse cada componente de la frecuencia en la corriente de carga. Si se usan los valores de corriente en por unidad, entonces el Factor K (llamado así por los fabricantes de transformadores tipo seco, tipo de aislamiento K), será:

$$k = \frac{\sum I_h^2 h^2}{I_{rms}^2}$$

Donde  $I_h$  es la corriente armónica por unidad asociada a la componente armónica  $h$

Las componentes más altas en frecuencia pueden tener un gran efecto en las pérdidas, igual que con las bajas magnitudes de corriente, debido al cuadrado de la frecuencia.

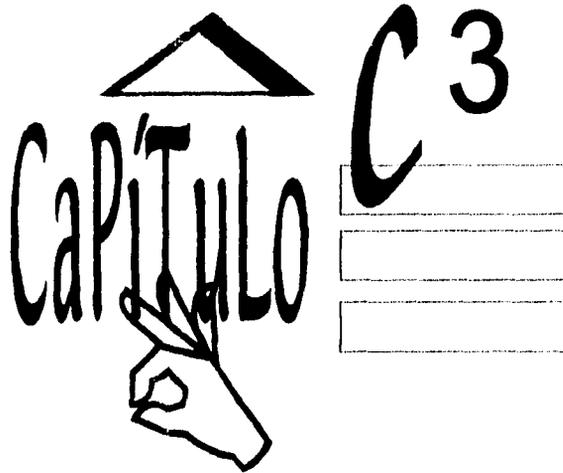
**EL FACTOR K ES UNA APROXIMACIÓN DEL EFECTO DEL CALENTAMIENTO ACTUAL PRODUCIDO POR LAS COMPONENTES ARMÓNICAS DE CORRIENTE.**

Una suma de corrientes que como resultado de un factor K de 4 indica que el transformador será expuesto a pérdidas parásitas que son 4 veces el valor que existiría únicamente con la corriente fundamental de carga.

Para poder soportar estos efectos el transformador:

- Debe de ser diseñado para minimizar las pérdidas generadas por las corrientes armónicas ó,
- Debe ser capaz de disipar el calor generado en los devanados antes de que los aislamientos se dañen.

En nuestro país no está contemplada en la reglamentación tarifaria el monto permisible de componentes armónicas que el usuario arroja a las redes de distribución de las compañías suministradoras. Sin embargo, no deja de ser posible, sobre todo para usuarios medianos y grandes que pronto sean contempladas estas medidas, como en otros países desde la década de los 80's.

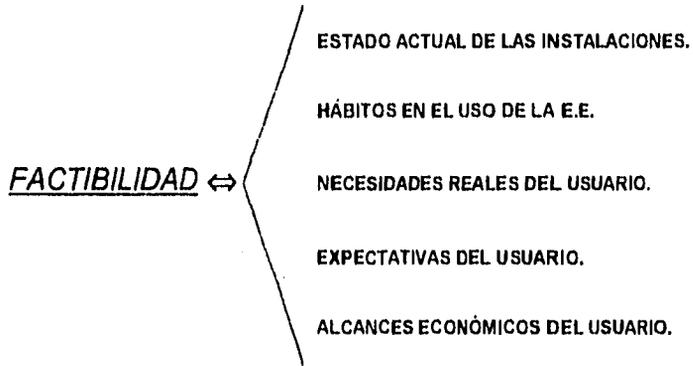


# METODOLOGÍA DE AHORRO ENERGÉTICO EN EDIFICIOS NO RESIDENCIALES.

## MARCO DE REFERENCIA.

La factibilidad de emplear una u otra técnica de ahorro energético y/o una determinada técnica de control automático en un edificio no residencial ya construido sólo puede ser determinada a partir de un análisis de la situación actual de edificio, de una profunda caracterización y de las expectativas de los usuarios.

En este sentido la caracterización del inmueble se tiene que llevar en cinco niveles, que por igual revisten de importancia decisiva en el proyecto.



### ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES.

Lo que se pretende aquí es primeramente determinar cuales son los actuales medios con que cuenta el edificio para proveerse de energía eléctrica. Conocer no solo cuanto consume y demanda, sino además a través de que lo hace, cual es el estado de sus "órganos vitales, de sus venas y sus sistemas reguladores".

Similar al cuerpo humano la condición física del individuo, el estado de sus órganos y sistemas vitales determina el tratamiento, los medicamentos y nuevos hábitos que debe seguir el paciente para cambiar efectivamente su salud, su realidad presente.

Aunque la aplicación de medicamentos y tratamientos estadísticamente se han estudiado lo suficiente para que el promedio de los individuos lo toleren y asimilen, siempre existe la necesidad de hacer varias consideraciones previas a la prescripción definitiva, hecho mismo que sucede con este tipo de "pacientes".

## HÁBITOS EN EL USO DE LA E.E.

Los hábitos que el usuario tiene al emplear la E.E. determinan por un lado el monto de la facturación eléctrica (aspecto muy importante en estos días de crisis económica) y a su vez determinan en gran parte el estado de las instalaciones.

Siguiendo con la similitud con el cuerpo humano este aspecto lo podemos relacionar cuando uno va a consultar a un dietista. Los hábitos alimenticios determinan tanto la salud interna como la complexión del individuo. En kilogramos dos personas pueden consumir igual cantidad de alimentos. Sin embargo, no es lo mismo si una consume un solo alimento y otra tiene una alimentación balanceada.

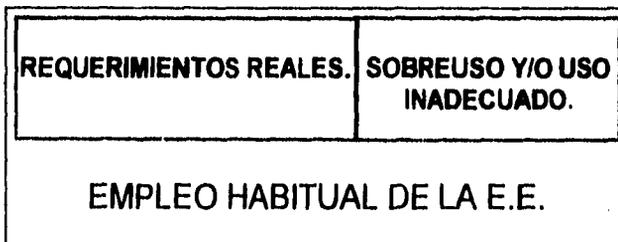
La calidad de alimentación de un individuo se determina por la cantidad, proporción y oportunidad que guardan los alimentos que integran su dieta cotidiana. Energía eléctrica solo hay una, aunque tenemos una serie de voltajes no tenemos propiamente una gama de "alimentos" eléctricos, pero si tenemos manera de dirigir con racionalidad y eficiencia su empleo, que es una manera de determinar la calidad de "alimentación" de nuestro usuario.

## NECESIDADES REALES DEL USUARIO.

Antes de seguir adelante tenemos que recordar que el único objetivo de la instalación eléctrica es cubrir las necesidades de alimentación eléctrica del usuario, sin ello no tendría sentido haberlas creado.

Un diseño o un rediseño de la instalación eléctrica tiene que partir de las necesidades del usuario, que implícitamente consideran las necesidades de la carga eléctrica. Sin embargo, en muchas ocasiones el usuario tiene costumbres de uso excesivas y/o inadecuadas, que comúnmente ignora. En esta parte del estudio tenemos que determinar las necesidades reales, los requerimientos mínimos y aceptables de energía eléctrica para que el usuario cubra sus actividades de manera eficaz.

Aunque cada caso particular puede ser totalmente distinto a los demás, tenemos que ser capaces de determinar donde comienza un empleo inadecuado de las instalaciones y de la energía eléctrica.



En esta parte del estudio tenemos que estar preparados tanto para encontrar excesos como deficiencias en el empleo de la E.E.; Por ejemplo, en cuanto a niveles de iluminación se refiere, muchas veces tenemos tanto niveles de iluminación excesivos como deficientes. Nuestra obligación como profesionistas es detectar uno y otro extremo y procurar un punto intermedio.

## EXPECTATIVAS Y ALCANCES ECONÓMICOS DEL USUARIO.

Las expectativas del usuario son una extensión de sus necesidades reales de operación. Tanto en el aspecto de automatización y control de sus cargas así como en la optimización de sus recursos el usuario tiene una expectativa tanto técnica como económica que hay que captar adecuadamente.

Hay usuarios que ya conocen bien a donde quieren llegar, ya sea teniendo ubicado el grado de sofisticación del control de cargas o bien, teniendo bien determinado el periodo de recuperación de la inversión para el caso de medidas de ahorro energético.

**EL ESTUDIO TIENE QUE SER DIRIGIDO A SATISFACER ADECUADAMENTE DICHAS EXPECTATIVAS, SIEMPRE, GUARDANDO UN COMPROMISO TANTO TÉCNICO COMO ECONÓMICO.**

Similar a una consulta a un cirujano plástico, el paciente tiene una expectativa de como le agradaría ver su perfil, como le gustaría tener sus facciones. Sin embargo, tenemos que saber como médicos si la expectativa del usuario es factible y que costo esta en disposición de pagar.



**NUNCA HAY QUE OLVIDAR EL PAPEL TAN IMPORTANTE QUE JUEGA EL FACTOR HUMANO. LAS EXPECTATIVAS DE TODAS LAS PARTES INVOLUCRADAS, YA QUE NO SOLO DE LA PARTE TÉCNICA DEPENDERÁ EL ÉXITO DEL DIAGNOSTICO.**

# METODOLOGÍA GENERAL.

Una vez comentado los aspectos que dan un marco de referencia en cuanto a lo entenderemos como la factibilidad del proyecto, pasemos a comentar los pasos de un diagnóstico energético que van precisamente dirigidos a determinar la existencia, la disponibilidad, la factibilidad de implementar medidas de ahorro energético y/o control automática en las instalaciones del usuario.

La metodología que se recomienda seguir que indique una serie de recomendaciones en pro del ahorro energético y/o de la implementación de controles automáticos puede ser englobada en los siguientes pasos:

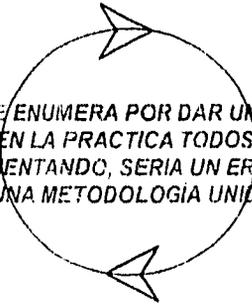
 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

 DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL.

 DETECCIÓN DE LOS POTENCIALES DE AHORRO.

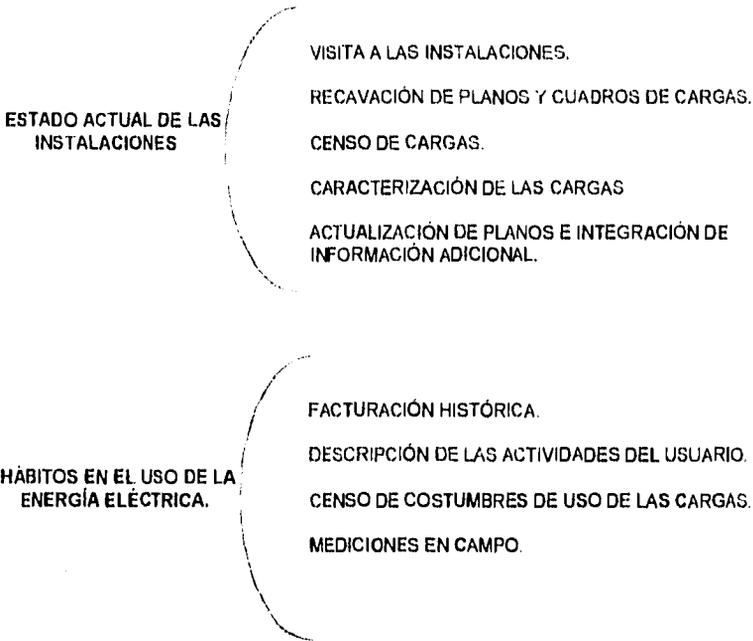
 EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE AHORRO.

(ESTA METODOLOGÍA SE ENUMERA POR DAR UN ORDEN LÓGICO A LA MISMA, SIN EMBARGO EN LA PRÁCTICA TODOS SUS PASOS SE VAN CONJUGANDO Y RETROALIMENTANDO, SERÍA UN ERROR TRATAR DE PENSAR EN ESTA COMO UNA METODOLOGÍA UNIDIRECCIONAL).



## III RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.

Esta parte del diagnóstico tiene por objetivo proveernos de todos los elementos técnicos y de organización que nos permita determinar tanto el ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES así como los HÁBITOS EN EL USO DE LA E.E.



Se recomienda el empleo de **FORMATOS TIPO**, los cuales deben de tener los datos más importantes y suficientes, adecuadamente clasificados y ponderados, evitando tener información de sobra para hacer más eficaz tanto su localización y análisis. A manera de anexo se incluyen algunos formatos que esperamos sean de utilidad y que es convenientemente ir innovando constantemente

**LA CREATIVIDAD A PARTIR DE ESTE MOMENTO ES 100%  
INDISPENSABLE.**

## ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES.

### VISITA A LAS INSTALACIONES.

Se debe de hacer un recorrido previo por las instalaciones del inmueble en cuestión antes que cualquier otra cosa. De este recorrido tenemos que tomar nota de los siguientes aspectos:

1. Tipo de actividades a las que se dedica el usuario.
2. Tipo de suministro que reciben y tarifa a la que está inscrito el usuario
3. Existencia y estado de ductos verticales de servicio.
4. Antiquedad de las instalaciones y equipo
5. Punto de acometida
6. Estado general de las instalaciones.

La idea de esta etapa es darse una idea de por donde se deben encaminar nuestras acciones. En este momento debemos procurar acompañarnos del usuario, que será una de las pautas más importantes para lo anterior ya que en ese momento este irá exponiendo sus inquietudes además que él está más familiarizado con la problemática del inmueble y con su organización.

### RECAVACIÓN DE PLANOS Y CUADROS DE CARGAS.

De manera general existen dos clases de planos y cuadros de equipos que debemos procurar obtener y tener bien separados:

#### PLANOS

✓ ELÉCTRICOS.

✓ SISTEMAS VARIOS.

La idea es que tengamos todos los elementos para cuantificar y **ubicar en el espacio** tanto la parte eléctrica como los otros sistemas.

Ambos revisten de gran importancia, ya que por un lado el enfoque de nuestro trabajo va encaminado precisamente sobre las cargas eléctricas y el control de circuitos ( P. Eléctricos ). Por otro lado en el momento de generar las propuestas de ahorro y hacer una cuantificación de materiales, equipo y mano de obra se debe tener en cuenta ya en obra con que implicaciones nos vamos a encontrar ( P. Varios ).

Por cuestiones prácticas se recomienda hacer una relación de los planos con que se cuenta y mantenerlos perfectamente separados unos de otros.

Los planos adicionales a que nos referimos por lo general son:

- ✓ Aire Acondicionado
- ✓ Instalación hidrosanitaria.
- ✓ Voz y datos.
- ✓ Seguridad ( c/ incendios y C.C. de TV).
- ✓ Distribución del mobiliario.
- ✓ Detalles arquitectónicos, etc.

De manera genérica la recavación de planos confiables en gran parte de los casos es difícil, ya que por lo general en caso de existir, el usuario tiene solamente los planos de proyecto. En obra existen prácticamente de manera inevitable modificaciones a lo proyectado originalmente y que aveces no se asientan en un reporte de entrega de obra ( si es que se entrega dicho reporte).

Desafortunadamente también en muchos de los casos ni siquiera se tienen planos arquitectónicos sobre los cuales uno pueda ir haciendo anotaciones e irse guiando en cuanto a sus dimensiones

## CENSO DE CARGAS.

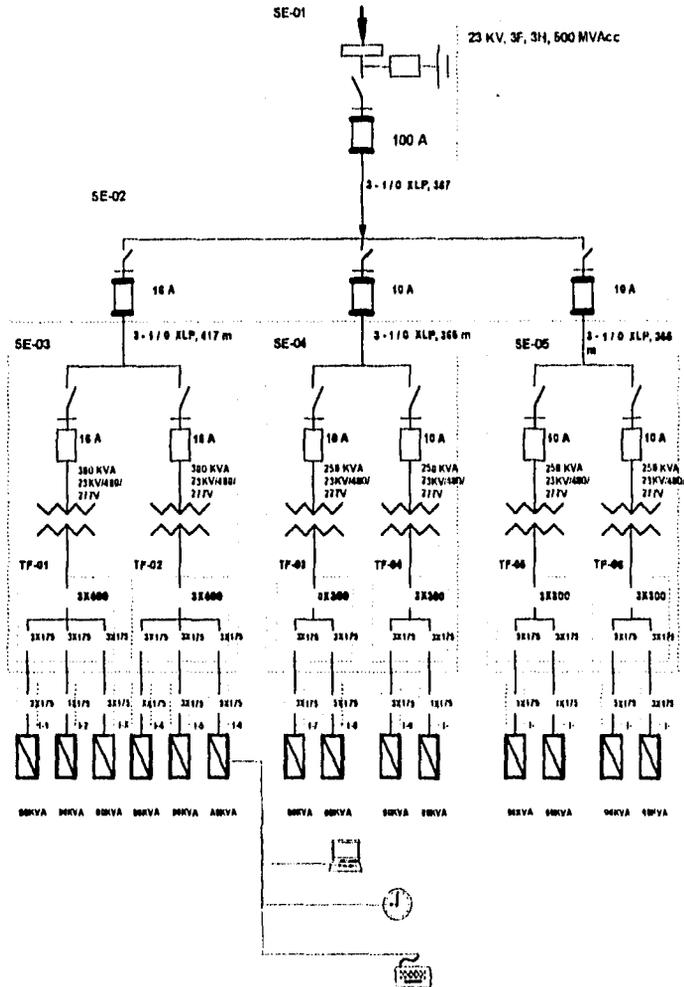
Además de los problemas antes expuestos, tenemos que la carga en sí, en la mayoría de los casos en el transcurso del tiempo, se ve modificada y similar a lo primero pocas veces se asienta en un plano o en un cuadro de carga. Sin embargo, no deja de ser importante y de gran utilidad el proveerse de la mayoría de planos disponibles.

De lo anterior se desprende la necesidad de hacer una evaluación precisa de las cargas partiendo de la información disponible y de una serie de visitas dirigidas en este sentido.

En este censo de cargas recomendamos hacerlo con el siguiente enfoque:

***Imaginemos que las instalaciones son una rama de un árbol: Del tronco principal de la rama se derivan otras ramificaciones y de ellas otras hasta llegar a las hojas, de ahí no hay nada más hacia adelante, en ningún momento se prolonga indefinidamente: Tiene un comienzo y un final .***

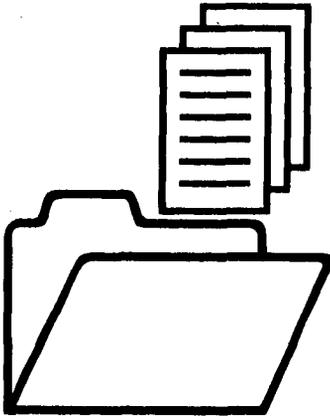
***La instalación eléctrica tiene un punto de acometida, del cual se deriva la alimentación de todas las cargas habidas y por haber. De ese punto se tiene una serie de tableros que son puntos de donde se derivan otros tableros y quizás de estos otros hasta llegar a las cargas finales, que son como las hojas del árbol. Fuera de ahí ya no hay nada adonde seguir alimentando, nada escapa a este esquema.***



***El levantamiento es una de las labores de mayor trascendencia en el diagnóstico y puede ser bastante ardua y complicada si no se tiene un orden adecuado.***

Se sugiere:

1. PARTIR DEL PUNTO DE ACOMETIDA HACIA EL INTERIOR DE LAS INSTALACIONES.
2. CUANTIFICAR EL NUMERO DE TABLEROS GENERALES Y DERIVADOS, HACIENDO UNA DISTINCIÓN DE TABLEROS NORMALES, DE EMERGENCIA E ININTERRUMPIBLES.
3. CUANTIFICAR EL NUMERO DE CIRCUITOS DE CADA TABLERO.
4. IDENTIFICAR LA CARGA CONECTADA A CADA CIRCUITO.
5. **CREAR UN CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN PARA TODAS LAS CARGAS.** TAL CÓDIGO DEBE INDICAR TIPO DE CARGA, TABLERO Y CIRCUITO AL QUE PERTENECE Y UBICACIÓN DENTRO DE LAS INSTALACIONES.
6. IDENTIFICAR EL HORARIO Y CALENDARIO DE OPERACIÓN HABITUAL DE CADA CARGA.\*
7. CLASIFICAR EL LEVANTAMIENTO DE CARGAS POR LAS ZONAS, SIN PERDER DE VISTA LA ZONA QUE CUBREN LOS TABLEROS AL QUE PERTENECEN LAS CARGAS.
8. EN CADA TABLERO HACER UNA CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CARGA.
9. CREAR UN CUADRO DE CARGA CONCENTRADO GLOBAL DEL INMUEBLE.
10. **CREAR UNA CARPETA DE TABLEROS Y CARGAS** QUE OFREZCA LA INFORMACIÓN EN MANERA CONCENTRADA.



**LA PRACTICA RECOMIENDA EL REALIZAR EL LEVANTAMIENTO DE CARGAS POR TABLEROS Y LUEGO POR RECINTOS. ESTO PUEDE HACERNOS AHORRAR TIEMPO Y TRABAJO ASÍ COMO DARNOS UNA VISIÓN MÁS AMPLIA DE LAS INSTALACIONES.**

\*ADELANTÁNDONOS UN POCO, AQUÍ SE COMIENZA A DETERMINAR LAS COSTUMBRES DE USO DE LAS CARGAS.

**COMO ANEXO SE MUESTRAN ALGUNOS FORMATOS TIPO QUE PUEDEN SER DE UTILIDAD.**

## CARACTERIZACIÓN DE LAS CARGAS.

En el momento de haber concluido de cuantificar las cargas nos podemos encontrar con varias situaciones:

- ☆ Hay poca diversidad de tipos de cargas instaladas. El usuario ha instalado a lo largo del tiempo el mismo tipo de iluminación interior, ha comprado motores de la misma capacidad y hasta de la misma marca.
- ☆ Existe una gran diversidad de tipos de equipos y marcas en todos los sistemas y el desgaste que se les ha dado también es muy diverso.

Para cada campo de sistema ( Iluminación, A.A., Bombeo etc.) podemos tomar como referencia que existe poca diversidad de equipos cuando tengamos que del 100% un 90% se reparte en menos de 4 tipos de equipos . en caso contrario se puede decir que hay una gran diversidad de equipos.

La caracterización a la que nos referimos en esta etapa del diagnóstico es la del acopio de información, **manuales de operación y mantenimiento** del tipo de carga que sea en proporción al total de su tipo más representativa.

Por ejemplo, para la iluminación fluorescente es recomendable hacerse de las hojas de especificaciones del tipo de lámpara y balastro de mayor empleo en las instalaciones ; Otro ejemplo, el A.A., aunque no se tenga una gran diversidad de equipos ya que a veces solo se tiene un equipo para todo el edificio, es conveniente caracterizar cuando y bajo que condiciones opera, que es lo que más favorece o impide su máxima eficiencia.

**DEBEMOS RECABAR LA INFORMACIÓN QUE CARACTERICE EL  
DESEMPEÑO DE NUESTRAS CARGAS.**

## ACTUALIZACIÓN DE PLANOS E INTEGRACIÓN DE INFORMACIÓN ADICIONAL.

Ya para este punto, debemos haber tomado nota de toda cuanta carga exista en nuestra instalación, es decir por donde se puede consumir E.E. y demandar potencia. Ahora hay que actualizar los planos tanto eléctricos como todos aquellos que consideremos revistan de importancia.

Así mismo debemos de haber tomado en cuenta el estado de las instalaciones y llevado un registro de las anomalías y mejoras que vista es conveniente llevar a cabo, **PLASMÁNDOLO EN UN REPORTE DEL ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES Y EN UN LISTADO DE MEJORAS** que es independientemente de las sugerencias de ahorro y/o automatización de cargas.

## HÁBITOS EN EL USO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

### FACTURACIÓN HISTÓRICA.

En este sentido debemos de recopilar la facturación de al menos 3 años a la fecha. Lo importante de ello es tener una idea de como ha sido históricamente el consumo de E.E. y demanda de potencia para:

- Ubicar a priori el área de oportunidad de ahorro energético que pudiera ser más atractiva (Consumo, Demanda y/o FP)
- Identificar los meses en que típicamente se presentan los mayores consumos y demandas del año.
- Caracterizar que tanto varían las costumbres de uso de la E.E. a lo largo del año.
- Corroborar si las actividades productivas del usuario guardan una relación proporcional con los consumos y demandas registradas.
- Ubicar un rango de facturación respecto del cual puedan partir nuestro diagnóstico, un punto de referencia para corroborar la efectividad de las medidas de ahorro energético sugeridas e implementadas.

En muchos de los casos esta información no se dispone o solo se tiene parcialmente. Si es necesario se puede solicitar a la compañía suministradora una copia del historial de facturación que debe de tener en sus archivos.

Se recomienda hacer una tabla donde se concentre la información así como una serie de gráficas cuya ordenada sea el periodo de facturación. Comentamos inicialmente que se debe recabar esta información de al menos 3 años a la fecha, en este sentido se recomienda presentar la información para su posterior análisis en:

- ⇒ Los tres últimos años de corrido.
- ⇒ Periodos de facturación paralelos de los años considerados.
- ⇒ Exclusivamente el último año de facturación.

Esta separación obedece a la sencilla razón de que en el transcurso del tiempo tanto las cargas como las costumbres de uso de las mismas pueden cambiar significativamente de un año a otro.

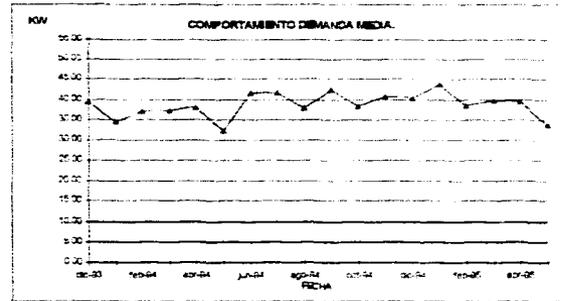
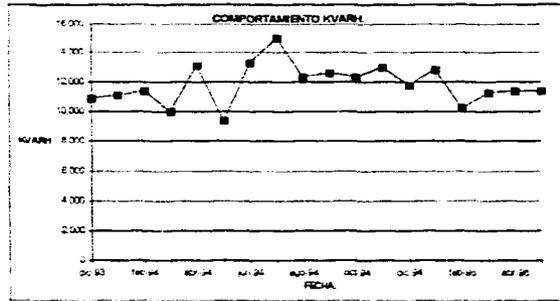
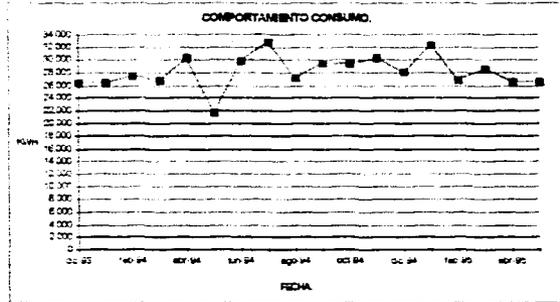
El tomar de corrido toda la información puede provocar que consideremos tanto cargas y costumbres de uso que ya no existen.

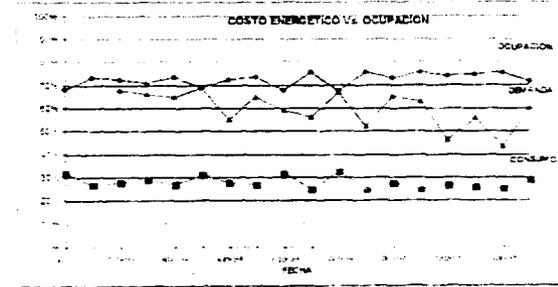
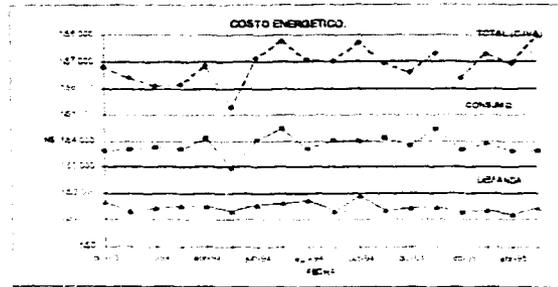
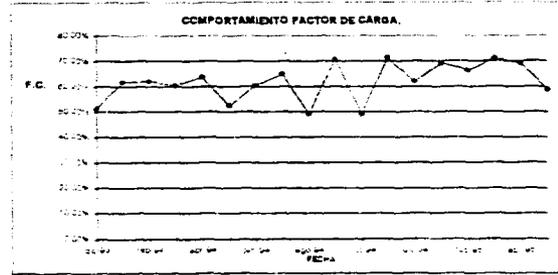
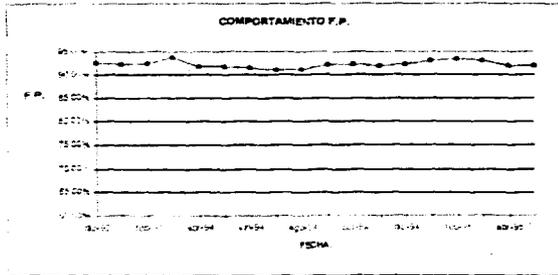
**ANÁLISIS DE USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.**

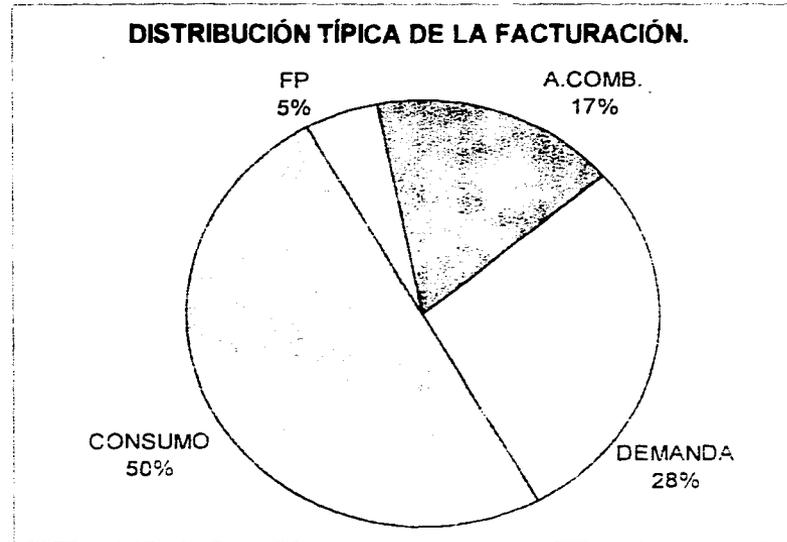
Usuario:  
Ubicación:

Tarifa:  
Cuenta No:  
Medidor kWh No:  
Medidor F.P. No:  
Medidor KW No:

PERIODO DE FACT.	FECHA LECTURA	No. DIAS	Ocupación %	DEMANDA MÁXIMA MEDIDA (KW)	CONSUMO MEDIDO (KWH)	KVARh	F.P. (%)	F.C. (%)	DEMANDA MEDIA (kW)	ENERGÍA EQUIV. (kWh/Día)	COSTO (%) DEMANDA	COSTO (%) CONSUMO	COSTO (NS) TOTAL CON IVA.
	08-11-93												
dic-93	06-12-93	28		77	26,480	10,877	92.50%	51.18%	39.40	946	31.44%	68.56%	NS\$ 800.00
ene-94	07-01-94	32		56	26,480	11,080	92.25%	61.57%	34.48	828	26.42%	73.58%	NS\$ 438.00
feb-94	07-02-94	31	68.00%	60	27,520	11,364	92.43%	61.65%	36.99	888	27.54%	72.46%	NS\$ 141.00
mar-94	09-03-94	30	66.00%	62	26,880	10,004	93.72%	60.22%	37.33	896	29.00%	71.00%	NS\$ 163.00
abr-94	11-04-94	33	65.00%	60	30,240	13,037	91.81%	63.64%	38.18	916	26.66%	73.34%	NS\$ 838.00
may-94	09-05-94	28	66.00%	62	21,650	9,359	91.81%	52.04%	32.25	774	31.01%	68.99%	NS\$ 257.00
jun-94	09-06-94	30	55.00%	69	29,920	13,202	91.49%	60.23%	41.56	997	27.70%	72.30%	NS\$ 104.00
jul-94	11-07-94	33	65.00%	64	32,880	15,038	90.64%	64.87%	41.52	966	26.46%	73.54%	NS\$ 731.00
ago-94	10-08-94	30	69.00%	77	27,280	12,318	91.14%	49.21%	37.89	905	31.74%	68.26%	NS\$ 034.00
sep-94	09-09-94	29	66.00%	60	26,520	12,558	92.02%	70.69%	42.41	1,018	24.62%	75.38%	NS\$ 982.00
oct-94	10-10-94	32	67.00%	78	29,440	12,318	92.25%	49.15%	38.33	920	32.25%	67.75%	NS\$ 674.00
nov-94	10-11-94	31	52.00%	57	30,240	12,964	91.91%	71.31%	40.65	975	24.48%	75.52%	NS\$ 940.00
dic-94	09-12-94	29	65.00%	65	29,080	11,758	92.24%	62.07%	40.34	968	27.38%	72.62%	NS\$ 805.00
ene-95	09-01-95	31	63.00%	63	32,400	12,795	93.01%	66.12%	43.55	1,045	24.57%	75.43%	NS\$ 291.00
feb-95	07-02-95	29	46.30%	58	26,800	10,243	93.41%	66.36%	38.51	924	26.11%	73.89%	NS\$ 398.00
mar-95	09-03-95	30	55.96%	56	26,640	11,283	93.04%	71.03%	39.78	955	25.72%	74.28%	NS\$ 252.00
abr-95	05-04-95	28	43.60%	57	28,560	11,362	91.94%	69.34%	39.52	949	24.94%	75.06%	NS\$ 919.00
may-95	09-05-95	33	60.10%	57	26,560	11,362	91.64%	56.83%	33.54	805	28.48%	71.52%	NS\$ 950.00
<b>TOTAL</b>		<b>547</b>	<b>955.99%</b>	<b>1138</b>	<b>507,600</b>	<b>212,922</b>	<b>16.59%</b>	<b>11.1251</b>	<b>696.24</b>	<b>16,709.71</b>	<b>496.56%</b>	<b>1303.44%</b>	<b>NS\$ 123,567.00</b>
DESVIACIÓN		1.72	0.08	7.34	2.560	1.356	0.007	0.07	3.01	72.24	0.03	0.03	NS\$ 641.29
Z (95%)		1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98	1.98
LIM. INF (95%)		29	57.00%	60	27,008	11,203	91.66%	58.56%	37.61	894.63	26.81%	70.81%	NS\$ 6,568.74
PROMEDIO		30	60.00%	63	26200	11829	92.00%	62.00%	39.00	928.00	28.00%	72.00%	NS\$ 6,865.00
LIM SUP (95%)		31	64.00%	87	28,392	12,455	92.34%	85.44%	40.39	981.37	28.19%	73.19%	NS\$ 7,181.28







*No basta saber cuanto se paga, es mas necesario saber como se distribuye ese gasto.*

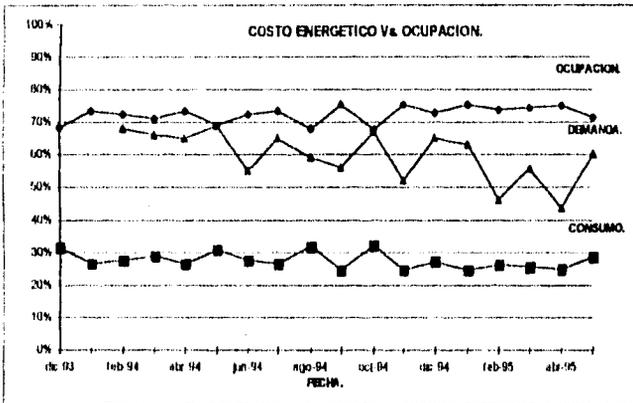
## DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DEL USUARIO.

Independientemente de la carga instalada y la información de las costumbres de uso de las cargas eléctricas que podamos obtener (*que incluso a veces hay que poner en tela de juicio*), se debe tomar una clara idea de la dinámica del inmueble y los ocupantes.

Los días y horarios de trabajo, un estimado de la ocupación de las instalaciones, la producción, los servicios atendidos, las pizzas vendidas, etc., es decir todas aquellas variables que indiquen la intensidad de actividades del usuario se debe comparar paralelamente a la facturación eléctrica.

El realizar este paso nos formará un criterio en cuanto a:

- ▲ Cuan verídica es la información proporcionada en cuanto a costumbres de uso.
- ▲ Si las costumbres de uso de la E.E. se justifican o no y de ahí si existe la posibilidad de cambiarlas sin menoscabo en la productividad de sus actividades.
- ▲ Las áreas de oportunidad de ahorro energético y/o control automático.



## CENSO DE LAS COSTUMBRES DE USO DE LAS CARGAS.

De lo que se trata aquí es indicar el **HORARIO TÍPICO DE OPERACIÓN DE TODAS LAS CARGAS CONECTADAS**, lo cual será la base para determinar sus consumos y cuales de esas cargas contribuyen a la Demanda Máxima de todo el sistema.

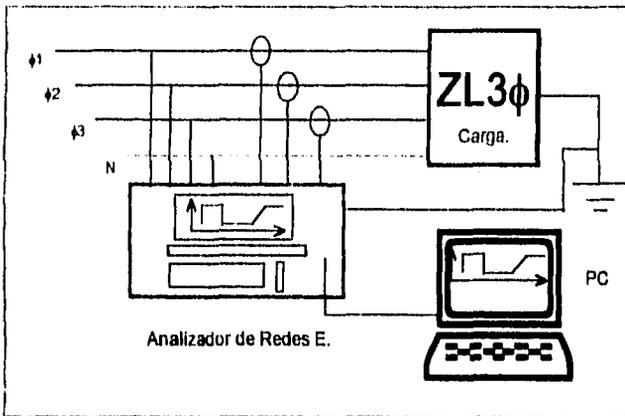
Esta etopa puede comenzar a primera instancia en el momento de hacer el censo de cargas. Sin embargo, se confirmará su veracidad después de observar su comportamiento y una vez haber realizado mediciones en campo, que es el siguiente paso a seguir.

## MEDICIONES EN CAMPO.

No existen palabras para describir la importancia que tiene la eficacia de las mediciones en campo.

Para llevar a cabo las mediciones de nuestro estudio se recomienda hacer empleo de un **ANALIZADOR DE REDES ELÉCTRICAS**, el cual es un dispositivo capaz de medir múltiples variables eléctricas almacenando tal información, disponible al usuario en múltiples cantidades y formas dependiendo del tipo y marca del equipo con que se cuente.

La configuración de conexión de un analizador de redes depende del sistema de alimentación que se este monitoreando (3 fases-4 hilos, 3 fases-3 hilos, 2 fases-3 hilos, 2 fases-2 hilos o 1 fase-2 hilos). Sin embargo, todas requieren del uso tanto de transformadores de potencial (TP's) como de transformadores de corriente (TC's). Los primeros son conectados directamente a las fases por medir en tanto que los segundos envuelven los conductores de las fases respectivas.



Actualmente la gran mayoría de los analizadores de redes eléctricas pueden conectarse a diversos dispositivos de procesamiento de información tales como Computadoras personales, fax, módem, impresoras etc. ; El mercado por su parte ha dirigido tal manejo de información hacia ambientaciones gráficas como es el de Windows de Microsoft, hecho que hace a este tipo de tecnología accesible a todas las personas con nociones básicas de este paquete. Sin embargo, el análisis correcto de la información sólo se puede hacer contando con una serie de elementos especializados en el tema .

Cada vez más usuarios, por lo general con tarifas OM hacia arriba, han optado por integrar un analizador fijo a el punto de acometida de sus instalaciones, con el fin de poder contar con la información precisa de sus consumos. Uno de los equipos más socorridos en nuestro país es el Power Logic de Square D.

Pero, ¿qué es lo que hay que medir . . . ? Para un periodo de facturación típico las mediciones más importantes son :

◆ **VOLTAJE**

VOLTAJE RMS PROMEDIO.  
RANGO DE VARIACIONES DE VOLTAJE .

◆ **FRECUENCIA DE SUMINISTRO.**

◆ **CORRIENTE.**

CORRIENTE MÁXIMA DEMANDADA (VALOR, HORA Y DURACIÓN EN QUE SE PRESENTA)  
PICOS DE CORRIENTE

◆ **POTENCIA REAL DEMANDADA.**

POTENCIA MÁXIMA DEMANDADA (VALOR, HORA Y DURACIÓN EN QUE SE PRESENTA)

◆ **POTENCIA REACTIVA DEMANDADA.**

POTENCIA REACTIVA MÁXIMA DEMANDADA (VALOR, HORA Y DURACIÓN EN QUE SE PRESENTA)

◆ **CONSUMO DE POTENCIA REAL.**

◆ **CONSUMO DE POTENCIA REACTIVA.**

◆ **FACTOR DE POTENCIA.**

◆ **DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL EN VOLTAJE.**

◆ **DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL EN CORRIENTE.**

Las mediciones eléctricas que comentaremos deben de contemplarse desde dos puntos de vista

» MEDICIONES GLOBALES

» MEDICIONES PUNTUALES.

» MEDICIONES GLOBALES.

Nos referimos a las mediciones globales a las que debemos de hacer abarcando más de una carga. Es decir aquellas hechas en los puntos que reporten la información de mayor importancia. Los puntos donde recomendamos medir son:

I. PUNTO DE ACOMETIDA ( TABLERO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL).

II. TABLEROS DERIVADOS DE MAYOR IMPORTANCIA.

Nos referimos a tableros de mayor importancia a aquellos en los a partir del levantamiento y las costumbres de uso recabadas son en los que se consume y demanda mayor energía.

Lo anterior se hace en esta forma para poder formar a partir de los perfiles de carga en los puntos más relevantes un diagrama de flujo global donde se pueda ubicar la participación de las cargas en la facturación eléctrica, hecho que nos dará un indicio de las áreas de oportunidad de ahorro y/o control automático de cargas más atractivas.

Si se recibe la energía en Media o Alta tensión y nuestros instrumentos de medición los colocamos en el lado de baja tensión, después del(os) transformador(es) no hay que olvidar añadir un 2% a nuestras mediciones de potencia y energía para que estemos acorde a la facturación de la compañía suministradora.

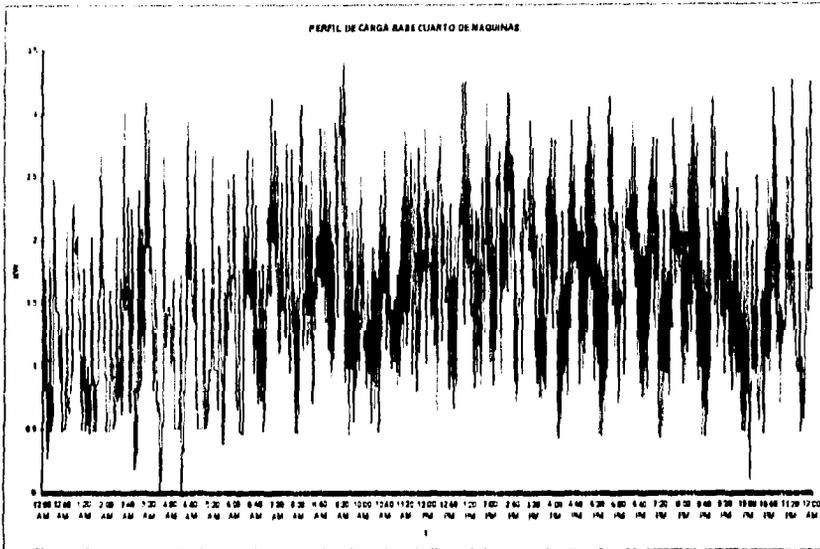
» MEDICIONES PUNTUALES.

En este sentido nos referimos a las mediciones particulares de los equipos y sistemas que demandan mayor potencia y consumen más energía y que además la experiencia nos indica puede ser una atractiva áreas de oportunidad. Existen dos casos:

• Cargas puntuales de gran potencia. Por ejemplo, motores de A. A. de gran capacidad.

• Numerosas cargas dispersas de poca potencia. Por ejemplo, alumbrado fluorescente estandarizado.

En el segundo caso las mediciones realizadas a una muestra poblacional nos dará un indicio de las condiciones de operación globales de la carga dispersa. Se recomienda hacer esto con un **MULTÍMETRO VERDADERO** y comparar estos valores con el medido con el analizador de redes, ambas mediciones deben coincidir. De no ser así se deben de investigar que sucede y si es necesario recurrir a una calibración de uno o ambos instrumentos.



*Debemos de dar el tiempo adecuado tanto al levantamiento de cargas así como a las mediciones en campo, es decir hay que conocer bien al paciente y hay que tomarle la presión arterial, el peso y los reflejos una y otra vez hasta que estemos convencidos que lo conocemos lo suficiente.*

A continuación se presentan algunas *recomendaciones* que tienen un alto grado de obiedad, hecho que es en donde radica su importancia, ya que al ser tan simples fácilmente se pierden de vista.

### SINCRONIZACIÓN DE CRONÓMETROS.

Es muy conveniente cuando se realizan mediciones simultáneas con analizadores de redes en puntos distintos de la instalación que estos sincronicen sus cronómetros y calendarios electrónicos. Esto nos dará la oportunidad de que los perfiles de carga y flujos de energía globales sean más precisos.

### TIEMPOS DE MUESTREO.

Al usar uno o varios analizadores de redes eléctricas para la toma de los perfiles de carga de varios puntos de importancia, mediciones globales, el tiempo de muestreo debe de ser exactamente el mismo.

Se recomienda además que este sea el mismo que el tiempo con que los instrumentos de medición de la compañía suministradora promedian y reportan la Demanda Máxima (15 min. para nuestro país).

### EXACTITUD VS. CANTIDAD.

La generalidad indica que la capacidad de almacenamiento de información de todos los analizadores de redes y sistemas de monitoreo de energía esta dada por x cantidad de kilobytes o megabytes. Tal cantidad se reparte en el número de mediciones reportadas. A menor tiempo de muestreo habrá un mayor número de mediciones y el perfil de carga será más exacto, pero se reducirá el tiempo en podamos llevar a cabo nuestras mediciones, sin inicializar el equipo.

Si se trata de mediciones puntuales se recomienda hacer dos mediciones: Una con un alto grado de precisión y otra standard igual al de las mediciones globales, igual a la con que los instrumentos de medición de la compañía suministradora promedia y reporta la Demanda Máxima.

### MARCAS DE POLARIDAD.

La mayoría de los Transformadores de corriente, TC's, tienen una marca de polaridad. En estas el instrumento se basa para determinar la dirección del flujo de energía, lo cual es fundamental para determinar correctamente el valor del factor de potencia.

### IDENTIFICACIÓN DE FASES.

Al realizar las mediciones se requiere tener perfectamente identificadas las fases. Esto es importante para determinar los desbalances de carga y su posible solución. Si es necesario realizar el perfil de carga por fase podemos tener graves errores si no tenemos convenientemente hecha tal identificación.

## *Pero, ¿ Cuándo hacerlas . . . . ? !*

Las mediciones como parte del levantamiento de cargas se deben llevar a cabo con toda la libertad posible. Poder prender y apagar los equipos sin que esto perjudique las actividades del usuario. En gran parte de los casos esto no es posible del todo, pero si se presenta la oportunidad hay que aprovecharla.

Las mediciones como parte de la toma de los perfiles de carga reales debe de hacerse obviamente mientras el usuario hace empleo de la E.E. Es importante que *nuestra presencia no condicione al usuario* en ningún momento, ya que esto puede modificar sus costumbres de uso ( Mucha gente lo ve a uno como un auditor y piensa que se va a tomar represalias a quienes desperdicien E.E.).

## DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL.

Dentro de un estudio energético, partiendo de toda la información y mediciones recolectadas previamente, uno de los aspectos principales es tener presente de la manera mas clara posible a que resultados queremos llegar.

De todos los datos obtenidos se recomienda:

- ⌘ DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES ELÉCTRICAS QUE INTERVIENEN EN LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA ( INCLUYENDO SU RESPECTIVO COSTO ).
- ⌘ DETERMINAR LA CARGA INSTALADA TOTAL EN EL INMUEBLE Y LA PARTICIPACIÓN DE CADA TIPO DE CARGA EN ELLA.
- ⌘ UBICAR LA PARTICIPACIÓN DE CADA UNA DE LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS, EN LA *DEMANDA MÁXIMA* DE TODO EL SISTEMA.
- ⌘ UBICAR LA PARTICIPACIÓN DE CADA UNA DE LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS, EN EL *CONSUMO* DE TODO EL SISTEMA.
- ⌘ DETERMINAR TODOS DE LOS FACTORES ELÉCTRICOS (FACTOR DE DEMANDA, DE UTILIZACIÓN, DE CARGA, DE PERDIDAS, DE DIVERSIDAD, DE COINCIDENCIA Y K ) PARA LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS DE MAYOR PARTICIPACIÓN EN LA FACTURACIÓN.
- ⌘ EN CASO DE EXISTIR UN BAJO FP Y/O UN ALTO CONTENIDO DE ARMÓNICOS UBICAR QUE Y DONDE SE ORIGINA.

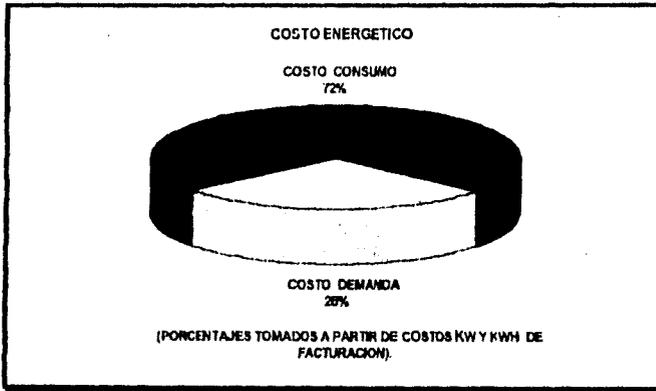
**ES DE SUMA IMPORTANCIA QUE SE ASIENTE DE ANTEMANO CON LUJO DE DETALLE EL MARCO DE REFERENCIA BAJO DEL QUE SE HA DETERMINADO LA SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL DEL INMUEBLE.**

- DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES ELÉCTRICAS QUE INTERVIENEN EN LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA ( INCLUYENDO SU RESPECTIVO COSTO ).

A partir de la facturación eléctrica recabada y desglosada por rubros se debe de llegar a determinar en promedio el comportamiento de la carga del inmueble.

SITUACION ACTUAL.			
	DEMANDA	CONSUMO	PAGO *
LIMITE INFERIOR:	60 [KW]	27,008 [KWH]	N\$6,568.74
PROMEDIO:	63 [KW]	28,200 [KWH]	N\$6,865.00
LIMITE SUPERIOR:	67 [KW]	29,392 [KWH]	N\$7,181.26

\* CONSIDERANDO SOLO COSTOS DE ENERGIA PARA EL MES DE JULIO 1995.



Es conveniente presentar la información en un cuadro resumen, anotando por separado las consideraciones y salvedades que den un respaldo adicional a las cifras obtenidas a primera instancia.

▮ **DETERMINAR LA CARGA INSTALADA TOTAL EN EL INMUEBLE Y LA PARTICIPACIÓN DE CADA TIPO DE CARGA EN ELLA.**

Con ayuda de la información recabada en el levantamiento de cargas y de costumbres de uso de las mismas se recomienda concentrar la información POR TIPO DE SISTEMAS ( ILUMINACIÓN, FUERZA, A.A. ETC.) con el objetivo de que tener un *panorama general de como se distribuye la energía en las instalaciones*, además de que en el momento de evaluar los potenciales de ahorro *detectar las áreas de oportunidad más atractivas*.



En este sentido es recomendable visualizar a la Carga Instalada con un valor extremo, ya que si el levantamiento está bien hecho y así lo indica no existe nada fuera de ella. Esta es la cota máxima a la cual podemos referir tanto la Demanda Máxima (si se encendiera todos los equipos) como el consumo (si se tuviera todos los equipos prendidos a toda hora del día y durante todo el período de facturación).

▮ **UBICAR LA PARTICIPACIÓN DE CADA UNA DE LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS, EN LA DEMANDA MÁXIMA DE TODO EL SISTEMA.**

Por un principio partimos de la carga instalada y de como está conformada. En la práctica encontramos valores de Demanda Máxima debajo de los límites extremos antes mencionados. Ahora tenemos que dejar en claro la participación de cada tipo de sistema o cargas representativas a la Demanda Máxima de todo el sistema.

No sólo es importante saber cuanto potencia aportan a la Demanda Máxima cada sistema de cargas. También es de suma importancia conocer en que momento del día y con que regularidad se hace dicha aportación durante el período de facturación.

▮ **UBICAR LA PARTICIPACIÓN DE CADA UNA DE LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS, EN EL CONSUMO DE TODO EL SISTEMA.**

De manera similar al punto anterior no solo se requiere saber cuanto es el global del consumo facturado, sino es más importante conocer la distribución de dicho rubro en las diferentes cargas.

Lo anterior lo podemos obtener después de cruzar la información contenida en el levantamiento de costumbres de uso y en las mediciones en campo.

## PERFILES DE PRUEBA.

Con la información contenida en la facturación histórica eléctrica se puede promediar y estimar el empleo típico de la E.E. para un lapso mínimo de un mes, dato bastante importante. Sin embargo, no es suficiente lo anterior.

Precisamente para llevar a cabo lo anterior los formatos usados en el levantamiento de cargas deben de contener un espacio para que se plasme tanto el horario como el calendario habitual de operación de todas las cargas eléctricas.

La información de los horarios de uso de cada carga nos permitirá construir su perfil de carga diario, que al sumarlo al de las demás cargas nos dará el perfil de carga global del inmueble. A estos perfiles los conoceremos como **PERFILES DE PRUEBA**.

De los perfiles de prueba hay que obtener tanto su Consumo como Demanda máxima, los que deben de aproximarse a lo facturado por la compañía suministradora y que de no ser así puede deberse a que:

- A) Existen cargas no consideradas,
- B) Los calendarios y los horarios de uso de las cargas son erróneos y/o parciales.
- C) La potencia de los equipos fue considerada de manera inconveniente.

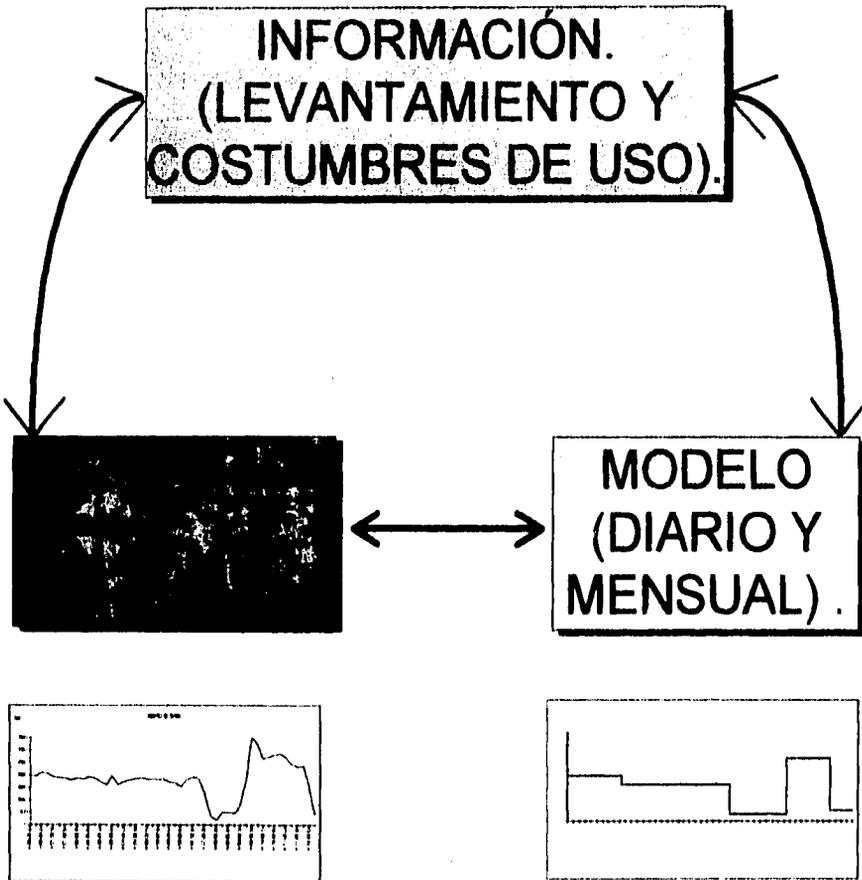
Para ejemplificar lo anterior tenemos el caso de un hotel en el interior de la república.

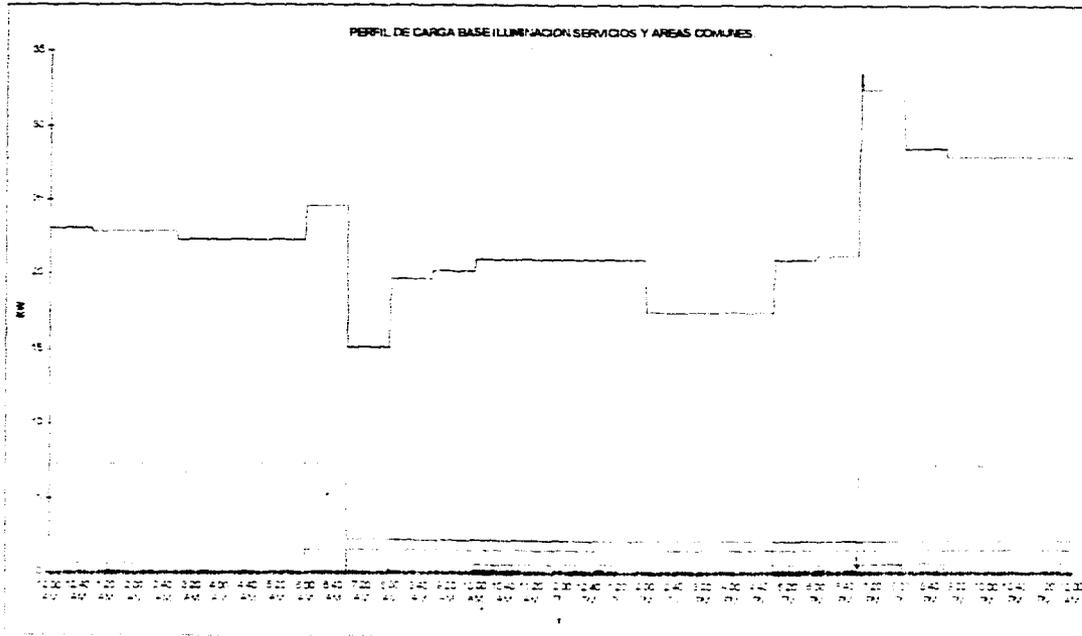
En la primera de las siguientes gráficas, realizadas a partir de la información recibida por parte de los usuarios y empleados del hotel, vemos que se han graficado las potencias demandadas por 29 grupos de circuitos de iluminación a lo largo de un día típico. Al sumar los 29 perfiles de carga obtenemos el perfil de prueba de la iluminación de las habitaciones, servicios ( restaurante, Loby-Bar, Recepción y oficinas) y áreas comunes ( pasillos y alumbrado exterior).

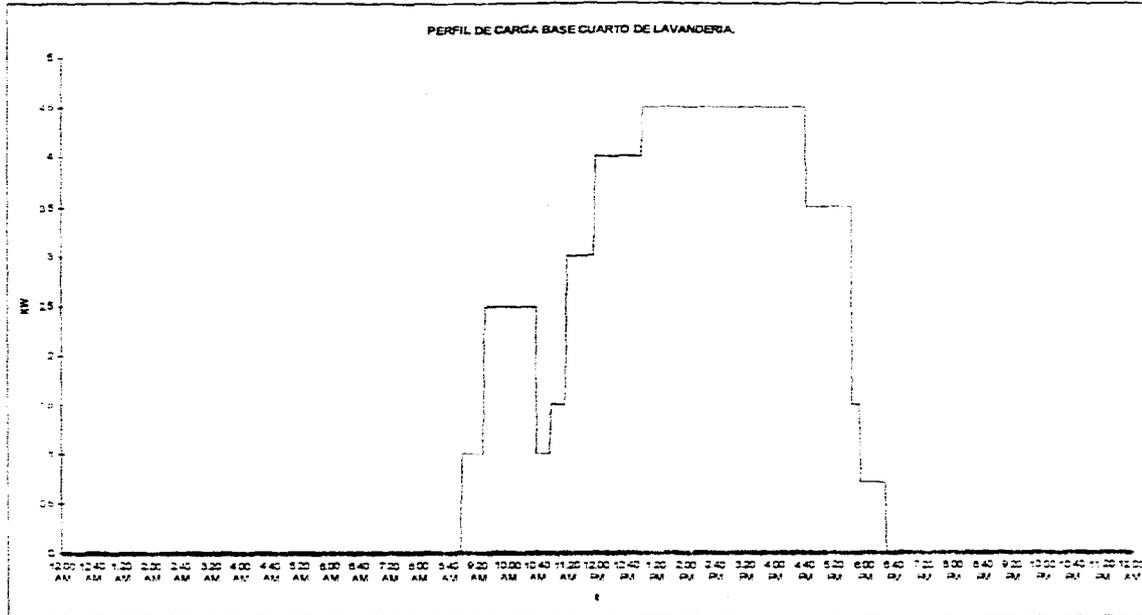
La siguiente gráfica indica el perfil de prueba de la lavandería del hotel en cuestión. Tal perfil de prueba se ha formado indirectamente a partir del número de cargas de ropa, los ciclos de lavado y secado (programados según el tipo ropa por lavar y secar) y la potencia demanda por las lavadoras y las secadoras así como la planchadora y un grupo de extractores de aire.

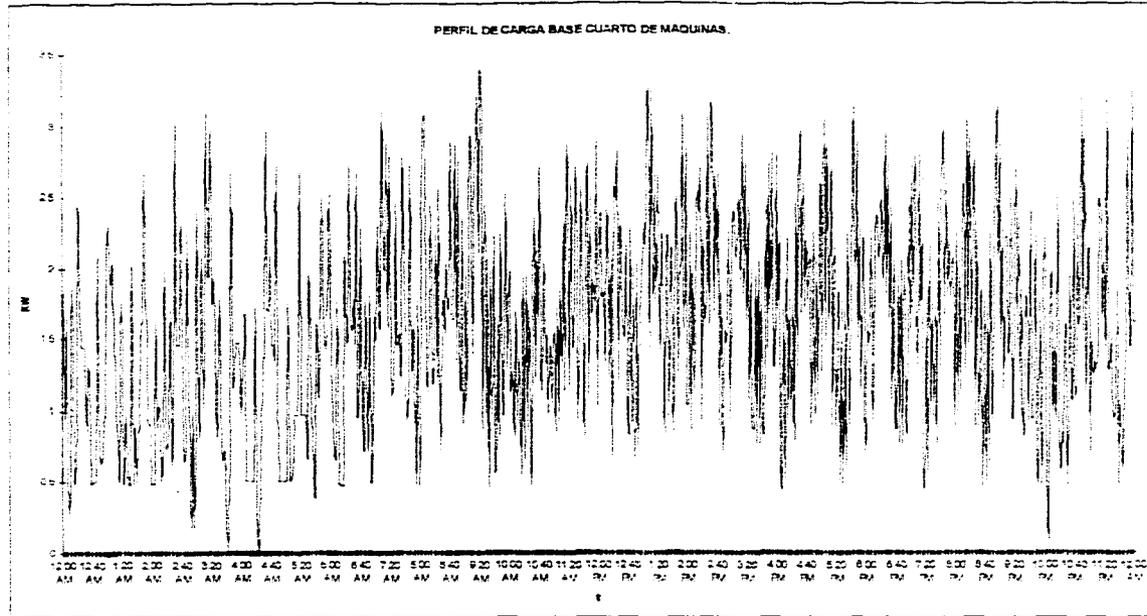
La siguiente gráfica es un perfil de carga real medido con un analizador de redes en el cuarto de máquinas del hotel ( Hidroneumático, bombas de recirculación de agua caliente, bombeo de sistema a linacos en azotea y ventiladores de calderas).

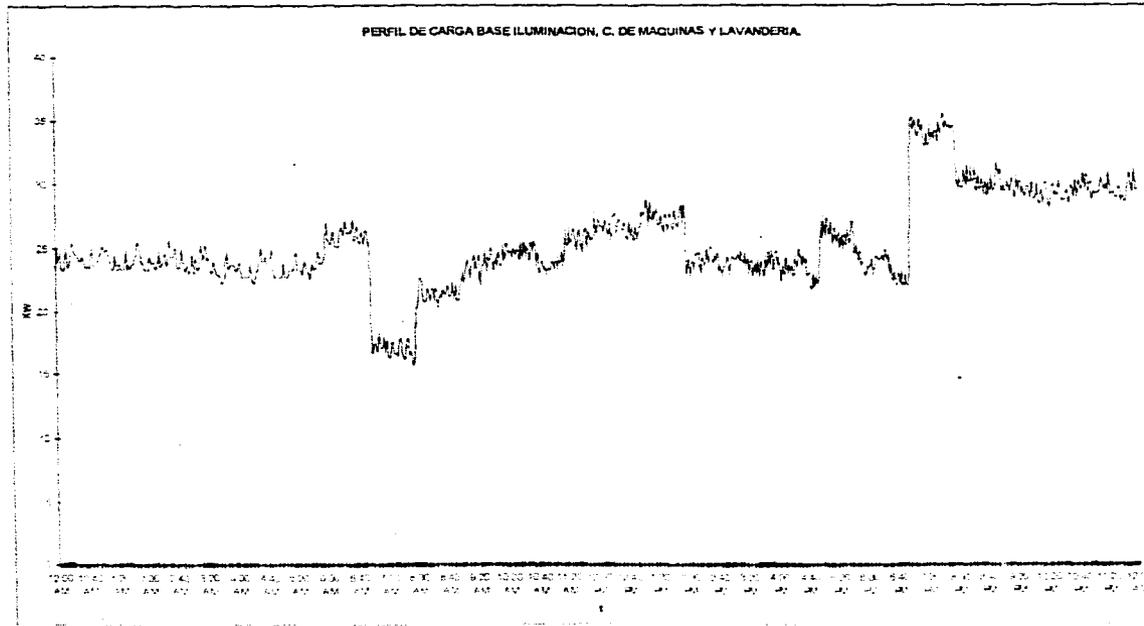
El siguiente gráfico se deriva de sumar los tres perfiles de carga, los dos de prueba y el medido, el cual debe ser comparado con las mediciones de campo reales y modificado cuantas veces sea necesario hasta que estemos convencidos de que hemos caracterizado el comportamiento del inmueble convenientemente.







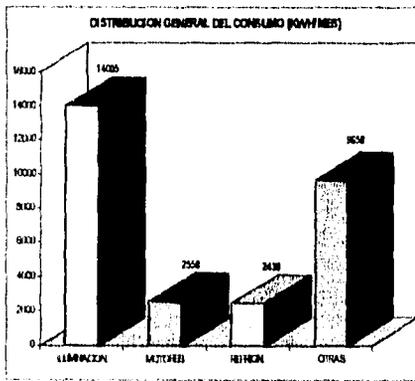
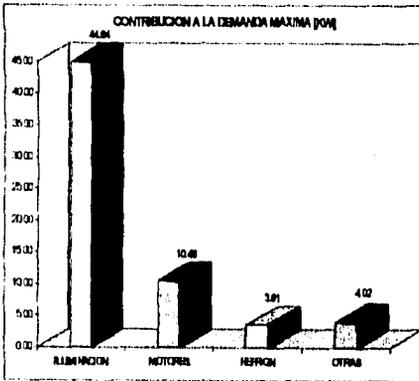
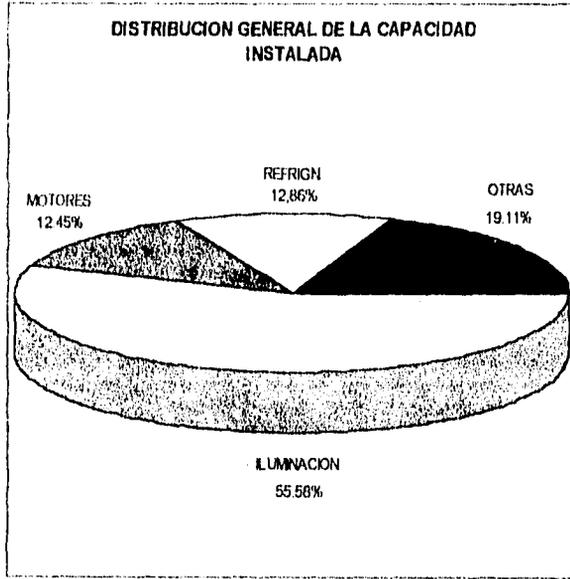


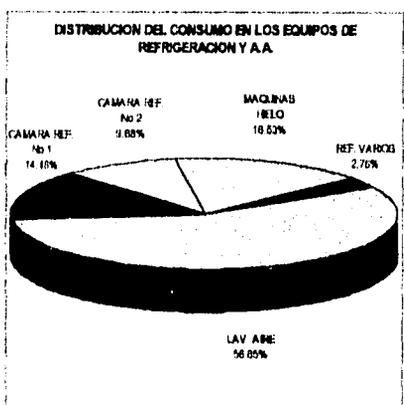
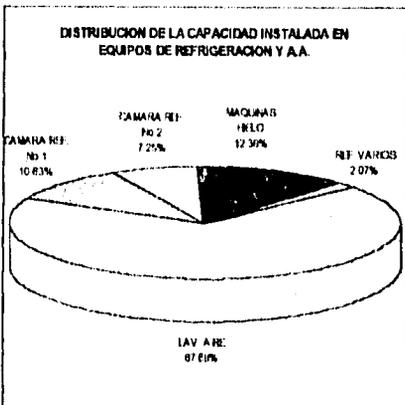
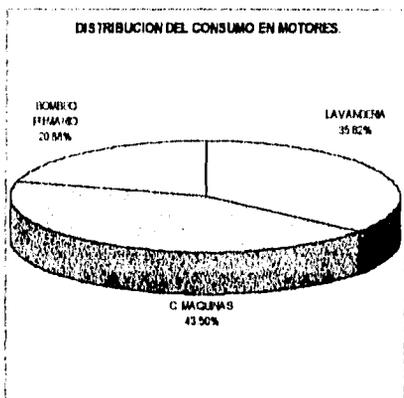
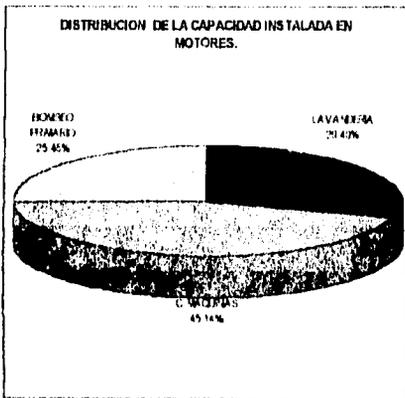
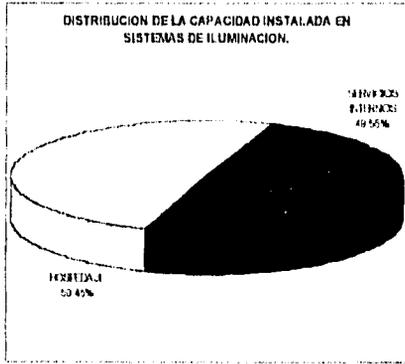


A continuación mostramos algunas gráficas donde se sugiere una manera de presentar de forma concentrada los resultados obtenidos en cuanto a la distribución de Carga Instalada, Demanda Máxima y Consumos de un inmueble dado.

RESUMEN DE CARGA INSTALADA POR TIPO DE SISTEMA.				
SISTEMA.			KW	%
<b>ILUMINACION.</b>				
SERVICIOS INTERNOS	KW	%		
	38.66	49.55%		
HOSPEDAJE	39.37	50.45%		
ILUMINACION			78.03	55.58%
<b>MOTORES.</b>				
LAVANDERIA	KW	%		
	5.14	29.40%		
C. MAQUINAS	7.892	45.14%		
BOMBEO PRIMARIO	4.45	25.45%		
MOTORES			17.40	12.45%
<b>REFRIGN.</b>				
LAV. AIRE	KW	%		
	12.219	67.66%		
CAMARA REF. No 1	1.92	10.63%		
CAMARA REF. No 2	1.31	7.25%		
MAQUINAS HIELO	2.238	12.39%		
REF. VARIOS	0.373	2.07%		
REFRIGN.			18.06	12.86%
<b>OTRAS</b>				
CARGAS DIVERSAS *	KW	%		
	26.83	100%		
OTRAS			26.83	19.11%
<b>TOTAL:</b>			<b>140.40 KW</b>	

RESUMEN DE CONSUMOS POR TIPO DE SISTEMA.							
SISTEMA.						KWH/Mes	%
<b>ILUMINACION.</b>							
SERVICIOS INTERNOS	KW	Hrs/Dia	Dia/Mes	KWH/Mes	%		
	38.66	11.12	30	12901	92.12%		
HOSPEDAJE	39.37	0.93	30	1104	7.88%		
ILUMINACION						14005	48.87%
<b>MOTORES.</b>							
LAVANDERIA	KW	Hrs/Dia	Dia/Mes	KWH/Mes	%		
	5.14	5.91	30	911	35.62%		
C. MAQUINAS	7.89	4.70	30	1112	43.50%		
BOMBEO PRIMARIO	4.45	4.00	30	534	20.88%		
MOTORES						2557	8.92%
<b>REFRIGN.</b>							
LAV. AIRE	KW	Hrs/Dia	Dia/Mes	KWH/Mes	%		
	12.22	3.78	30	1385	56.85%		
CAMARA REF. No 1	1.92	6.00	30	346	14.18%		
CAMARA REF. No 2	1.31	6.00	30	236	9.68%		
MAQUINAS HIELO	2.24	6.00	30	403	16.53%		
REF. VARIOS	0.373	6.00	30	67	2.76%		
REFRIGN.						2436	8.50%
<b>OTRAS</b>							
CARGAS DIVERSAS *	KW	Hrs/Dia	Dia/Mes	KWH/Mes	%		
	26.83	12.00	30	9659	100.0%		
OTRAS						9659	33.70%
<b>TOTAL:</b>						<b>28657 KWH/MES</b>	

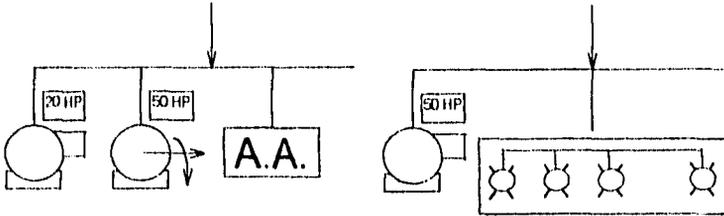




- DETERMINAR TODOS DE LOS FACTORES ELÉCTRICOS ( FACTOR DE DEMANDA, DE UTILIZACIÓN, DE CARGA, DE PERDIDAS, DE DIVERSIDAD, DE COINCIDENCIA Y K ) PARA LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS DE MAYOR PARTICIPACIÓN EN LA FACTURACION.

Este paso se recomienda hacerse en cuanto se tomen las siguientes consideraciones:

- ✓ Aplicarse entre cargas puntuales (cargas concentradas) que lleguen a ser *relevantes* respecto de la Demanda Máxima del sistema (Por ejemplo, motores de AA o Bombeo gran tamaño, al menos 15 HP).
- ✓ Aplicarse a cargas dispersas que tengan un encendido y apagado sincronizado o cuando menos regularmente simultáneo ( Por ejemplo, alumbrado interior, alumbrado exterior, grupos de motores pequeños con operación en grupo).



Por un lado el objetivo de este paso es determinar si la potencia demandada por las cargas más importantes y en general todas las cargas de la instalación está siendo distribuida en forma adecuada, esto es que en la facturación el Consumo siempre tenga mayor peso que la Demanda Máxima. Lo anterior además nos dará una guía en cuanto a las conveniencia o no de controlar tales cargas o grupos de cargas a través **DE CONTROLES AUTOMÁTICOS**.

- EN CASO DE EXISTIR UN BAJO FP Y/O UN ALTO CONTENIDO ARMÓNICOS UBICAR QUE Y DONDE SE ORIGINA.

En este sentido la corrección de un bajo factor de potencia no es directamente en sí una medida de ahorro energético, más bien es una prevención contra los recargos a que se hace uno acreedor cuando el factor de potencia registrado en la medición de la compañía suministradora es más bajo que lo permitido.

Por otro lado, el objetivo de ubicar al contenido armónico que provocan las cargas no-lineales si bien no va en función de obtener un ahorro energético directo, si va enfocado a **DETERMINAR EL GRADO DE CALIDAD Y SEGURIDAD DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA QUE SE PUEDE ESPERAR EN LAS INSTALACIONES**. (Recordemos que un alto contenido de armónicos puede ocasionar **INCONVENIENCIAS POR BAJO FACTOR DE POTENCIA, ERROR EN MEDICIONES DE POTENCIA, DESBALANCE DE CARGAS, FLOTACIÓN Y CALENTAMIENTO DEL NEUTRO Y HASTA PROBLEMAS GRAVES DE RESONANCIA QUE PUEDEN PONER EN PELIGRO LA INTEGRIDAD DEL PERSONAL OPERATIVO Y EL DE LAS PROPIAS INSTALACIONES**).

## DETECCIÓN DE LOS POTENCIALES DE AHORRO.

En esta etapa veremos de manera general hacia dónde dirigir nuestra atención en la búsqueda de las áreas de oportunidad de ahorro energético y las áreas de oportunidad de control automático.

### ¿ CÓMO SE PUEDE AHORRAR ENERGÍA ?

Las ecuaciones básicas que determinan al Consumo y la Demanda Máxima incluida en la facturación eléctrica son:

$$E_{\text{Sist } \delta} = \left( \sum_{i=1}^n P_i \Delta t_i \right)_{\delta}$$

$$\text{DemMax}_{\text{Sist } \delta} = \left( \sum_{i=1}^n C_i P_i \right)_{\delta}$$

$E_{\text{Sist } \delta}$ : Energía consumida por el sistema durante el periodo  $\delta$ .

$\text{DemMax}_{\text{Sist } \delta}$ : Demanda Máxima del sistema durante el periodo  $\delta$ .

$\Delta t_i$ : Tiempo de empleo de la carga  $i$ .

$C_i$ : Factor de contribución a la DemMax de la carga o conjunto de cargas  $i$ .

$P_i$ :  $P_{\text{SUMINISTRADA A LA CARGA } i}$      $P_i = P_{\text{APROVECHADA } i} / \eta$      $\eta = P_{\text{APROVECHADA}} / P_{\text{SUMINISTRADA}}$

Consideremos estas dos ecuaciones:

### ○ CONSUMO.

Para el consumo llevado a cabo durante un periodo de facturación  $\delta$  tenemos que este está determinado por la potencia demanda por cada una de las cargas multiplicada por su tiempo de uso. Así los potenciales de ahorro por Consumo pueden darse al:

1. REDUCIR LA POTENCIA DEMANDADA POR LAS CARGAS.
2. REDUCIR LAS HORAS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

## ○ DEMANDA MÁXIMA.

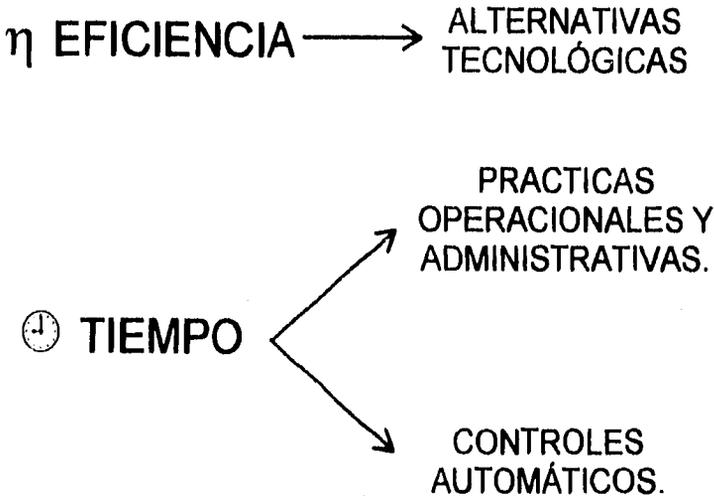
Para la Demanda Máxima que se presente durante un periodo de facturación ñ tenemos que esta es determinada directamente por la potencia demanda por cada una de las cargas y por su respectivo factor de contribución a la Demanda Máxima a todo el sistema (Ci). Entonces los potenciales de ahorro energético por Demanda Máxima pueden dirigirse hacia:

1. REDUCIR LA POTENCIA DEMANDADA POR LAS CARGAS.
2. DISTRIBUIR EL EMPLEO DE LAS CARGAS DE TAL FORMA QUE NO COINCIDA SU ENERGIZACIÓN CON LAS DE OTRAS (ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA).

## ¿ QUE OPCIONES TENEMOS ?

Tanto los potenciales de ahorro por Consumo como por Demanda se pueden dirigir hacia la **reducción de la potencia demanda por los equipos**, sin que esto de ninguna manera afecte el servicio que brindan las cargas, hecho que implica intrínsecamente a su **EFICIENCIA**.

Por otro lado, tanto la **reducción de las horas de uso** de los equipos, tendiente a abatir el Consumo, así como la **distribución del empleo de las cargas**, enfocada a reducir la Demanda Máxima del sistema, en todo momento implican el factor **TIEMPO**.



## EFICIENCIA.

### EMPLEO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.

Esto se refiere por un lado a la implementación de **EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA**, los cuales demandarán menos energía ofreciendo un desempeño similar o mejor al que los equipos convencionales ofrecen. Por otro lado, las alternativas tecnológicas contemplan también **EL REDISEÑO Y/O EL ACONDICIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS** existentes en el inmueble.

Ejemplifiquemos lo anterior pensando en un hipotético usuario, una Casa de Bolsa, que hoy en día están tan de moda. El sistema de iluminación general de sus oficinas utiliza lámparas fluorescentes convencionales operadas por balastos también convencionales. El arreglo por gabinete es de 4 lámparas de 21W con tonalidad Luz de día operadas por 2 balastos de 2x21 W en gabinetes de 60x60 cm con difusores de acrílico. El espaciamiento es muy reducido, lo que ocasiona existan niveles de iluminación por arriba de los recomendados por la IESNA (Illuminating Engineering Society of North America).

Por un lado tenemos la opción de implementar equipos de alta eficiencia, 4 lámparas de 17 W operadas por 2 balastos electrónicos de 2x17 W, lo cual redundaría en una disminución del Consumo de las oficinas. Sin embargo, podemos ir más allá, ya que, previo estudio de iluminación, podemos proponer una redistribución de los luminarios buscando eliminar los que no se requieran, sin que los niveles de iluminación queden por debajo de lo recomendado. Además, la tonalidad de las lámparas se puede seleccionar a Blanco Frío que ofrece una mayor eficacia (más lúmenes por Watt suministrado).

En un primer paso hemos empleado la tecnología para brindar al usuario un sustituto de sus equipos actuales por otros de mayor eficiencia. En un segundo paso se pretende emplear la técnica para rediseñar al propio sistema ya existente.

## TIEMPO.

### PRÁCTICAS OPERACIONALES Y ADMINISTRATIVAS.

En general se busca hacer una serie de **RECONSIDERACIONES A LA FORMA EN QUE SE EMPLEA LA ENERGÍA** en las instalaciones del usuario.

En estas reconsideraciones se contemplan tanto la *eliminación de las malas costumbres de operación de los equipos (desperdicios)* que inciden directamente sobre el consumo, así como la *distribución ordenada del empleo de los equipos de tal forma que se antinore la Demanda Máxima* total del sistema.

Ejemplifiquemos lo anterior pensando en una fábrica de jugos de naranja, en la cual además se fabrican los recipientes en donde se envasan los productos ahí elaborados. La producción de jugos actualmente se realiza en dos turnos, de 6:00 a 14:00 y de 14:00 a 22:00 hrs, de lunes a sábado presentándose la Demanda Máxima de la fábrica de las 11:00 a las 17:00 hrs de manera prácticamente invariable, ya que los procesos de mezclado, pasteurización y envasamiento del jugo tiene una secuencia perfectamente delimitada, ya que de ella depende la perfecta conservación del jugo.

En cuanto a la producción de los recipientes, esta tiene dos etapas: En la primera, que va de las 14:30 a las 18:00 hrs, se hace empleo de la maquinaria que derribe y moldea el plástico de los envases, que por cierto es la etapa que más consume energía. En una segunda etapa se etiquetan los envases en una máquina de mucho menor capacidad y en seguida de ello se mandan almacenar los envases terminados. Esto último va de las 18:00 a las 22:00 hrs.

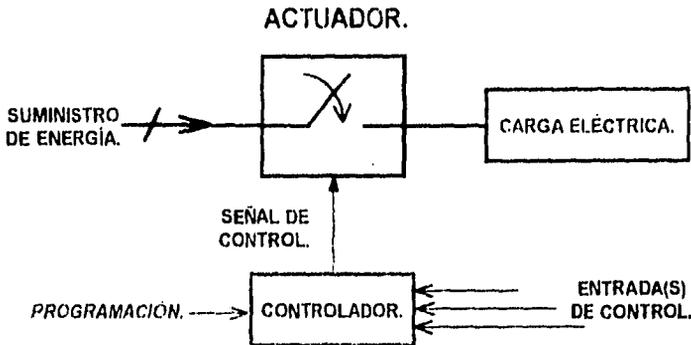
Una práctica operacional de ahorro energético es cambiar el turno de la producción de envases, ya que la Demanda Máxima de esta coincide con la de la producción de jugo. Como es independiente y no requiere llevarse a cabo en conjunto con otros procesos, como la de jugo, su horario se puede reubicar de tal suerte que la Demanda Máxima de la fábrica se vea reducida. Una opción sería que el turno de la producción de envases se llevara a cabo de las 6:00 a las 14:00 hrs.

Independientemente del manejo de la demanda a través de prácticas administrativas de la demanda, en la operación cotidiana de la maquinaria se debe de buscar eliminar los desperdicios teniendo la participación no solo de los operadores, sino también de las personas administrativas, directores de áreas, mantenimiento y vigilancia.

### CONTROLES AUTOMÁTICOS.

En este aspecto tenemos un número considerable de posibilidades, ya que existe una gran diversidad de controles automáticos, ya que hay desde los más sencillos como los temporizadores hasta sistemas integrales de cómputo dedicados al control de cargas.

Sin embargo, en general todos siguen un esquema bastante sencillo que es permitir o no la energización de la carga eléctrica que controlan.



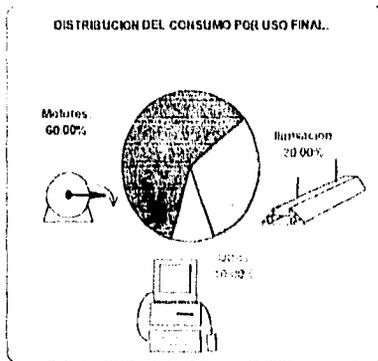
Tenemos una carga, la cual se puede energizar a través de un dispositivo actuador, el cual se controla a través de una señal de control, la cual está determinada por un dispositivo controlador al cual se le ha programado de antemano. Tal controlador recibe una o una serie de entradas de control a partir de las cuales este determina la señal de control que ha de enviar al actuador, el cual tiene como función básica y primordial la conexión y el corte del suministro de energía a la carga.

Dependiendo del tipo de actuador que se esté empleando se puede pensar en tener funciones de control adicionales, por ejemplo atenuación en cargas de alumbrado fluorescente a través de balastos electrónicos.

Ahora, la complejidad del arreglo depende del número de señales y si están o no en lazo cerrado, es decir en retroalimentación constante; También la complejidad depende de los pasos de programación y los alcances que de ella se pretendan, de los cuales parte una selección adecuada de estos controles.

## ÁREAS DE OPORTUNIDAD.

Típicamente tenemos que los usos finales de la energía eléctrica en un edificio no residencial se agrupan en MOTORES, ILUMINACIÓN Y OTROS, guardando proporciones respectivas.



LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD SON AQUELLAS EN LAS QUE SE PUEDEN OBTENER UNA MEJORA EN LA EFICIENCIA Y RACIONALIDAD CONQUE SE EMPLEA LA ENERGÍA ELÉCTRICA,

pero ¿ cómo detectar esas áreas ? En este sentido es conveniente tanto

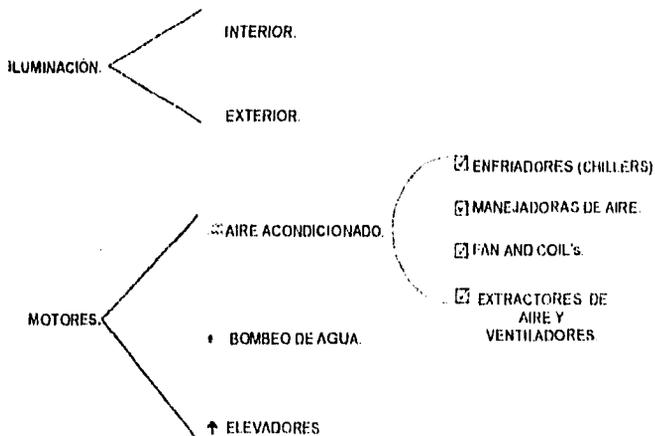
A) CONDNER EL PRINCIPIO DE OPERACIÓN Y LAS PARTES MÁS IMPORTANTES DE LOS EQUIPOS DE MAYOR USO.

B) CUANTIFICAR, VÍA LA INFORMACIÓN RECABADA, LOS EQUIPOS SUSCEPTIBLES A SER SUSTITUIDOS Y/O CONTROLADOS.

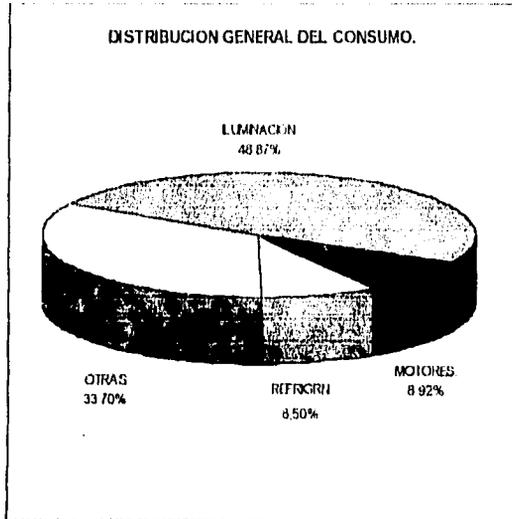
*La proporción que guardan estos tres bloques es particular para cada inmueble*

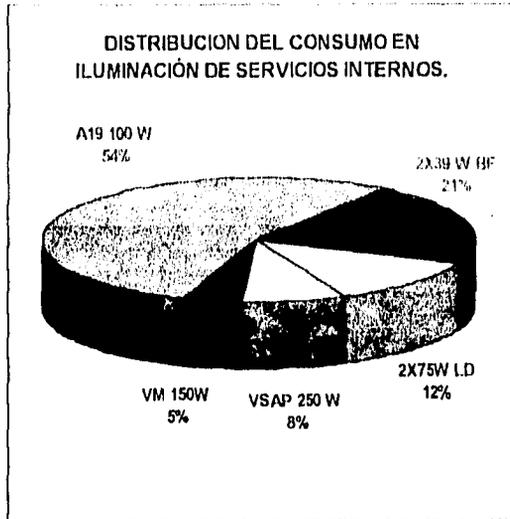
Hay que conocer de equipos y mantenerse actualizado en cuanto a los nuevos productos que ofrece el mercado, después, hay que enfocar tal tecnología a la realidad de nuestro inmueble.

### APLICACIONES TÍPICAS.



En este sentido es conveniente CUANTIFICAR, VÍA LA INFORMACION RECABADA, LOS EQUIPOS SUSCEPTIBLES A SER SUSTITUIDOS Y/O CONTROLADOS.





**LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD SE SELECCIONAN EN FUNCIÓN DE LA APORTACIÓN DE LOS EQUIPOS A LA FACTURACIÓN GLOBAL DEL INMUEBLE.**

No es sólo depende de la cantidad de equipos conectados, sino más bien depende de la forma en que afectan a la facturación eléctrica.

Tanto el consumo como la demanda se desglosan por áreas (iluminación y motores). Estas áreas se desglosan sucesivamente hasta llegar a los equipos que las constituyen. Muy probablemente no todos los equipos se puedan sustituir por equipos ahorradores, ni tampoco puedan ser controlados. Así las áreas de oportunidad se detectan de entre todos los equipos haciendo una distinción entre los :

**EQUIPOS QUE PUEDEN SER SUSTITUIDOS POR EQUIVALENTES AHORRADORES.**

Equipos que son de tipo convencional y/o en mal estado y que tienen un equivalente cuyos ahorros económicos son atractivos para el usuario.

Equipos de un uso intensivo son los que se deben de tomar en cuenta primeramente como áreas de oportunidad. **A MAYORES TIEMPOS DE UTILIZACIÓN TENDREMOS MAYORES AHORROS POTENCIALES.**

### 3.3. EQUIPOS QUE DEBERÍAN SER SUSTITUIDOS O CONTROLADOS

Equipos cuyo encendido y apagado está a cargo de personal de mantenimiento y que corren un alto riesgo de permanecer encendidos por negligencia o descuidos de operación involuntarios

No importa a primera instancia el tipo tecnología de las cargas, si es equipo ahorrador o no, lo que se va a analizar primeramente es que si con la simple reducción de horas de operación resulta atractivo implementar un control de la carga. El pensar adicionar a esto el empleo de equipos ahorradores es un segundo paso que se recomienda diferenciar del primero.

Es importante notar que independientemente de las cifras económicas se debe de tomar en cuenta las ventajas que aportan al usuario final el control de las cargas. Si cubren sus perspectivas entonces hay que implementarlas de inmediato.

### EQUIPOS QUE NO REQUIEREN SER SUSTITUIDOS O CONTROLADOS

Hay que evitar los porcentajes engañosos de equipos que en cuanto a carga instalada tienen un mayor peso, pero en cuanto a facturación no necesariamente sucede así. En general son:

- ° Equipos que prácticamente nunca se usan y cuyos ahorros obtenidos por sustitutos ahorradores son tan pequeños que el tiempo de recuperación de la inversión inicial resulta ser exageradamente largo
- ° Equipos que son de por sí ahorradores.
- ° Equipos que tienen un control de encendido y apagado integrado.

Para llevar un control de esta clasificación desde el momento de hacer el levantamiento de cargas en los formatos recomendados se sugiere incluir en una columna la clase de equipos, A, B ó C, que considere las anotaciones anteriores, aún antes de realizar cálculos previos. Luego, en una segunda columna después de hacer el análisis económico de los potenciales de ahorro se anota la clasificación definitiva, A, B, C o una combinación de estas.

**ES IMPORTANTE QUE LA ÉTICA DEL DISEÑADOR SE HAGA PRESENTE DADO QUE SI ES IMPLEMENTADA UNA MEDIDA EN ALGÚN CASO EN QUE NO SE AMERITE ESTO REPERCUTIRÁ TARDE QUE TEMPRANO EN LOS RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO Y CON ELLOS EN LA IMAGEN DE SU CREADOR.**

# EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE AHORRO.

Lo siguiente se expondrá en dos partes:

CONCEPTOS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA.  
GENERACIÓN BÁSICA DE PROPUESTAS.

## CONCEPTOS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA.

### VALOR DEL DINERO EN EL TIEMPO.

La evaluación económica de proyectos se sustentan en el concepto del valor del dinero a través del tiempo. Este concepto considera que

**EL DINERO VISTO COMO UN RECURSO FINANCIERO TIENE UN VALOR DISTINTO CONFORME TRANSCURRE EL TIEMPO.**

Un peso disponible hoy día tiene un valor mayor que aquel que se reciba en un futuro, debido a que el primero tiene la posibilidad de generar un cierto interés al ser invertido. Cabe hacer notar que este concepto es válido aún y cuando no existiera inflación. Pero, ¿de qué nos sirve este concepto?

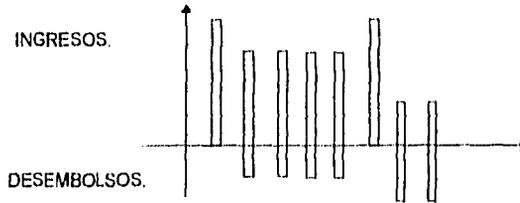
Simplemente porque los ahorros energéticos, así como los desembolsos de inversión inicial y costos de operación y mantenimiento tendrán un valor financiero distinto conforme transcurre el tiempo y como veremos adelante estos conceptos le permitirán al usuario elegir en una mejor forma entre todas las propuestas técnicas y económicas aquella que más convenga a sus intereses.

### FLUJOS DE EFECTIVO.

Un proyecto puede quedar representado por su flujo de efectivo, el cual muestra la serie de egresos e ingresos que se esperan en cada periodo de su vida útil.

Entiéndase por egresos:      Inversión inicial.  
   Costos de operación (facturación).  
   Mantenimiento (personal operativo y reposición de piezas).

Entiéndase por ingresos:      Ahorros económicos.



En este sentido se entiende a los ahorros como aquel dinero que el usuario se **evitará pagar** tanto por concepto de facturación eléctrica, así como por mantenimiento (en caso de existir).

En una gráfica como la anterior puede convenirse que todas aquellas cantidades positivas sean entendidas como ingresos en tanto que todas aquellas negativas sean entendidas como desembolsos, lo anterior como puro convencionalismo.

## EFFECTOS DE LA INFLACIÓN.

Como los flujos de efectivo se presentan en diferentes puntos del tiempo, se recomienda manejarlos en moneda constante, es decir deflactados de la inflación.

Si por una parte se espera que el costo de la energía crezca al mismo ritmo de la inflación, se manejará a un precio constante durante toda la vida útil del equipo.

Por otro lado, si se espera que el costo de la electricidad se incremente anualmente en X puntos porcentuales por arriba de la inflación, se representarán los costos de la energía crecientes al X% anual.

Entonces el valor del dinero estará considerado por medio de una tasa de intereses términos reales, es decir, por encima de la inflación.

Por ejemplo, con una tasa de incremento del 20% anual y con una inflación del 12% en el año equivale a una tasa real del 7.1%  $[(20-12)/1.12]$ .

$$i_{\text{Real}} = ( \Delta \text{Tarifa} \% - \Delta \text{Inflación} \% ) / ( 1 + (n/100) )$$

n - Número de meses considerado.

## ECUACIONES FINANCIERAS.

A continuación se presentan las ecuaciones básicas para el manejo de flujos de efectivo a través del tiempo mediante un tasa de descuento "i".

VALOR FUTURO (F) EN EL PERIODO n DE UNA CANTIDAD PRESENTE (P).

$$F = P (1+i)^n = P [F/P, i, n]$$

VALOR PRESENTE DE UNA CANTIDAD FUTURA.

$$P = F [ 1 / (1+i)^n ] = F [P/F, i, n]$$

VALOR PRESENTE (P) DE UNA SERIE DE n FLUJOS DE EFECTIVO UNIFORMES (A).

$$P = A ( [ (1+i)^n - 1 ] / i (1+i)^n ) = A [P/A, i, n]$$

ANUALIDAD EQUIVALENTE DE UNA CANTIDAD PRESENTE.

$$A = P ( [ i (1+i)^n ] / (1+i)^n - 1 ) = P [A/P, i, n]$$

VALOR FUTURO (F) DE UNA SERIE DE n FLUJOS DE EFECTIVO UNIFORMES (A).

$$F = A ( [ (1+i)^n - 1 ] - 1 ) = A [F/A, i, n]$$



## MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA.

### PERIODO DE RECUPERACIÓN (PR).

#### Concepto

Este método consiste en medir simplemente el tiempo en que tarda el inversionista para recuperar, mediante los ingresos que produce el proyecto (ahorros) la cantidad invertida inicialmente, sin considerar el valor del dinero en el tiempo.

#### Criterio

El criterio lo define el inversionista determinando el periodo, meses o años, en que espera recuperar su inversión.

#### Observaciones

Existen bastantes objeciones a este método, entre ellas una de las más frecuentes es que se trata de una **medida de liquidez y no de rentabilidad**.

Sin embargo, es útil para aquellas empresas medianas y pequeñas que carecen de una capacidad de financiamiento que les permita optar por proyectos que aún siendo intrínsecamente rentables, tengan periodos de reembolso muy largos.

Es útil como una herramienta de valoración preliminar para proyectos que no requieran un análisis muy detallado.

### VALOR PRESENTE NETO (VPN).

#### Concepto

Consiste en transformar a valor presente todos los componentes del flujo de fondos de un proyecto, vía una tasa de actualización.

Como la inversión total ( $S_0$ ) se realiza al inicio del proyecto, es decir en un tiempo cero, el VPN es la diferencia entre la inversión inicial y el flujo futuro de fondos actualizado.

$$VPN = \left[ \sum (S_i / (1+i)^i) \right] - S_0$$

Donde  $S_i$  es el componente neto del flujo de efectivo en el año  $i$ , normalmente de signo positivo.

Representa, en valor presente, la magnitud absoluta en que los ingresos equivalentes de un flujo de caja superan o son superados, por los egresos equivalentes de dicho flujo.

#### Criterio

Es común usar indebidamente como tasa de actualización a la tasa del costo de capital ( tasa que cobra la fuente de financiamiento), en lugar de una tasa mayor que tome en cuenta la participación del inversionista al realizar la financiación del proyecto.

Dicha tasa la llamaremos **TASA DE RENDIMIENTO MINIMA ATRACTIVA (TREMA)**. No está por demás recordar que esta además debe de considerarse en términos reales cuando los flujos de efectivo se expresen en moneda constante con la inflación descontada.

Si el VPN es positivo, significa que los beneficios son mayores que los costos y también significa que el rendimiento que se espera del proyecto es mayor que la TREMA. En este caso el proyecto debe emprenderse.

Cuando se tienen varios proyectos dirigidos a un mismo fin, se puede calcular el VPN de cada uno de ellos y así elegir aquel que tenga el mayor valor presente positivo.

**Criterio de selección.**

El VPN de un proyecto decrece conforme se usan tasas de descuento cada vez mayores y por lo tanto crece la posibilidad de no aceptarlo.

Con tasas muy altas una cantidad futura resulta ser un monto muy pequeño en el presente.

Como en otros métodos que consideran el valor del dinero en el tiempo, la tasa de actualización de descuento,  $i$ , apropiada se debe de determinar externamente al proyecto, tomando en cuenta el uso alternativo que se le puede dar al dinero en otros mecanismos de inversión y el riesgo al realizar la inversión.

Cuando las alternativas tienen diferente vida útil se requiere al realizar sus flujos de efectivo que estos tengan un periodo de análisis que sea mínimo común múltiplo de ellas con el fin de que sea equitativo el análisis.

Para la evaluación de proyectos mutuamente excluyentes se emplea la técnica de **ANÁLISIS INCREMENTAL**, la cual se basa en el principio de que el incremento de la inversión debe de representar mayores beneficios que otra con un desembolso menor. Tal beneficio adicional debe de justificar el incremento de la inversión.

Primero hay que determinar el flujo de efectivo que represente la diferencia entre los flujos de efectivo de las alternativas que se comparan.

Después, la selección de una alternativa en particular se basa considerando si tal incremento en la inversión inicial produce un rendimiento mayor a la TREMA fijada de antemano por el inversionista. Es decir que el incremento de la inversión se justifica si su VPN es positivo.

## **COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE).**

**Concepto.**

Consiste en transformar en anualidades equivalentes y uniformes todos los ingresos y gastos, incluida la inversión inicial, que ocurren durante la vida económica de un proyecto. Si esta anualidad es positiva significa que los beneficios son mayores a los costos y por tanto el proyecto debe ser llevado a cabo.

**Criterio.**

Cuando se conoce el flujo de efectivo de todas las alternativas se selecciona aquella que tenga un mayor CAE de signo positivo. Si todas las alternativas generan CAEs con valores negativos ningún proyecto debe llevarse a cabo.

#### Observaciones

Cuando las alternativas tienen diferente vida útil, el cálculo de las CAEs no requiere de realizar un flujo de efectivo para un periodo de análisis que sea mínimo común múltiplo de ellas, ya que implícitamente lo considera.

## TASA INTERNA DE RETORNO (TIR).

#### Concepto

La TIR se define como la tasa de interés  $i^*$  que reduce a cero el Valor presente, futuro y anual equivalente de una serie de ingresos y egresos. Esta representa la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, en forma tal que al final de la vida del proyecto el saldo no recuperado sea igual a cero.

El saldo no recuperado de la inversión es en cualquier punto de la vida del proyecto es la fracción de la inversión que aún no se ha recuperado hasta ese momento.

Si se tiene un solo proyecto para ser evaluado, la TIR se calcula de su flujo de efectivo en base al concepto del VPN, Valor futuro o anualidad equivalente, llegándose al mismo resultado en cualquiera de los casos.

#### Criterio

El criterio de decisión es sería emprender el proyecto si la TIR es mayor a la TREMA y rechazarlo en caso contrario.

El método de la TIR debe necesariamente aplicarse en forma incremental para ser congruente con el método de VPN.

Si se calcula la TIR para cada alternativa de inversión y se optará por el proyecto que generará mayor  $i^*$  se estaría adoptando el criterio de maximizar la eficiencia en la utilización del dinero, lo cual podría conducir a decisiones no tan convenientes. Por ejemplo, si una empresa establece una TREMA del 25%, preferirá un proyecto con una  $i^*$  de 30% y que requerirá una inversión de \$ 100, 000 en lugar de una alternativa con una inversión inicial de \$ 5,000 que genera una  $i^*$  de 60%

#### Observaciones

Una de las equivocaciones más frecuentes en la interpretación de la TIR es tomarla como tasa de interés que se gana sobre la inversión inicial del proyecto en cuestión.

La TIR no se puede calcular con sólo sus costos.

## COSTO DE LA ENERGÍA AHORRADA (CEA).

#### Concepto

Este consiste en transformar a anualidades equivalentes, mediante una tasa de descuento, los costos de inversión y mantenimiento por un lado de los equipos convencionales y por otro los de los equipos ahorradores.

La diferencia entre ambas anualidades es el costo adicional que tienen las medidas de ahorro energético, el cual se divide entre la energía ahorrada durante un año. Este resultado es el costo de la energía ahorrada.

**Criterio:**

El criterio de decisión es implantar la medida de ahorro si el costo de la energía ahorrada es mayor al costo de compra de la misma.

**Observaciones:**

La ventaja de este método radica en que la comparación se hace respecto a los precios y tarifas de la energía. Además, se puede comparar diferentes medidas con diferentes vidas útiles, debido a que se basa en el cálculo de anualidades equivalentes.

## RELACIÓN BENEFICIO-COSTO (RBC)

**Concepto**

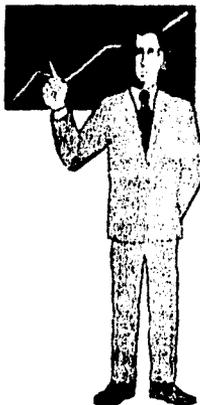
Es la relación del valor presente de los ahorros entre el valor presente de las inversiones. Para el análisis económico de las propuestas individuales se requiere obtener la TIR del flujo de efectivo total correspondiente a lo largo de la vida útil del equipo.

**Criterio**

El criterio es tomar la alternativa si la RBC es mayor que la unidad y si iguala y supera a la TREMA.

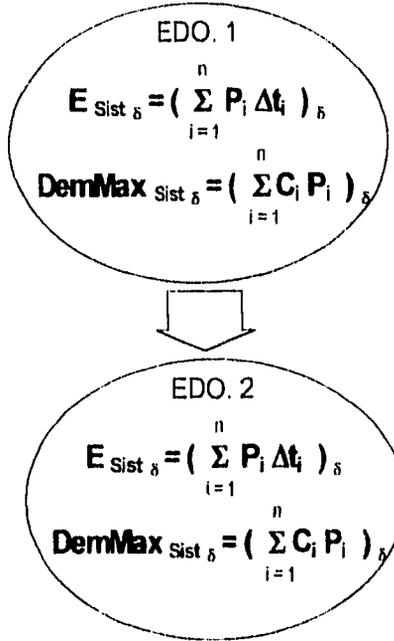
**Observaciones:**

El flujo al que nos referimos es la diferencia de los **pagos** y los **ahorros** obtenidos anualmente. Los pagos constituyen la Facturación, reposición de piezas y mano de obra por mantenimiento llevados a cabo por el usuario para mantener funcionando los equipos. Por otro lado los ahorros son constituidos tanto por los ahorros por facturación como por materiales. El monto de los pagos deben incluir todos los impuestos y cargos aplicables ya que estos deben ser **pagos netos**.



## GENERACIÓN BÁSICA DE PROPUESTAS.

Tenemos por un lado las instalaciones de usuario tal y como las encontramos (Estado 1) y por otro lado tal y como las deseamos encontrar ( Estado 2).



**Los ahorros energéticos son la diferencia entre uno y otro estado.**

Para llevar a cabo la generación de propuestas individuales antes que nada se debe determinar el comportamiento típico de la carga que consideramos tiene buenas perspectivas de ahorro energético (**SISTEMA ACTUAL**).

Luego, se procede a buscar un sistema alternativo que brinde una disminución de la energía consumida, ya sea un equipo ahorrador, la implementación de un control automático o bien una combinación de ambos (**SISTEMA PROPUESTO**).

Podemos hacer las siguientes definiciones:

**AHORRO EN CONSUMO.**- Es la energía mensual (KWH/mes) que se podrá ahorrar. Esta se deriva de la diferencia del consumo típico de las cargas del usuario y el consumo que se espera obtener después de implementar la medida de ahorro energético, ya sea el uso de equipo ahorrador y/o el empleo de controladores automáticos.

**AHORRO EN DEMANDA.**- Es la reducción en Demanda Máxima (KW) obtenible al aplicar la propuesta correspondiente, ya sea con el uso de equipo ahorrador y/o el empleo de técnicas operacionales (distribución de la demanda).

**AHORRO ECONÓMICO POR CONSUMO.**- Es el equivalente económico del ahorro en consumo obtenido al implementar la medida de ahorro. Se obtiene multiplicando la cuota aplicable por consumo (\$/KWH) por el ahorro en consumo obtenido (KWH).

**AHORRO ECONÓMICO POR DEMANDA MÁXIMA.**- Es el equivalente económico del ahorro en Demanda Máxima obtenido al implementar la medida de ahorro. Se obtiene multiplicando la cuota aplicable por Demanda (\$/KW) por el ahorro en Demanda Máxima obtenido (KW).

**AHORRO ECONÓMICO POR FACTOR DE POTENCIA.**- Es la reducción de los cargos que el usuario dejaría de pagar en su facturación eléctrica por dejar de operar con un bajo factor de potencia expresada en dinero. Aquí son incluidos las bonificaciones que obtendría al operar con alto factor de potencia. Es importante hacer notar que este ahorro considera en conjunto a todas las cargas instaladas en el inmueble.

**AHORRO ECONÓMICO POR ENERGÍA AL AÑO.**- Representa el importe en pesos del ahorro en Demanda Máxima, el ahorro en Consumo y por Factor de potencia.

**AHORRO ECONÓMICO POR MATERIALES (AHORRO POR MANTENIMIENTO).** - En caso de que los equipos propuestos además de ahorrar energía, su vida útil sea mayor que la de los equipos actuales, traerán otros ahorros económicos al reducir el número de repuestos y en el costo de mantenimiento.

**AHORRO ECONÓMICO TOTAL.**- Es la suma del ahorro económico por energía y el ahorro económico por materiales.

**FACTURA ELÉCTRICA ANUAL PAGADA.**- Es el pago de la energía eléctrica que típicamente paga el usuario en forma anual.

**PORCENTAJE DE AHORRO ECONÓMICO.**- Es la reducción esperada de la factura eléctrica, expresada en porcentaje, siempre y cuando no se modifique la tarifa eléctrica actual.

**INVERSIÓN PARA EL AHORRO DE ENERGÍA.**- Aquí se establece el monto por propuesta técnica considerado para su implementación. Se recomienda que el importe marcado no incluya IVA o impuestos de alguna otra especie.

**AMORTIZACIÓN POR AHORRO DE ENERGÍA.-** Es el tiempo de recuperación simple de la inversión obtenida de dividir dicha inversión entre los beneficios económicos esperados, tomando en cuenta sólo el ahorro económico por energía total.

**AMORTIZACIÓN POR AHORRO DE ENERGÍA Y MATERIALES.-** Es el tiempo de recuperación de la inversión obtenida de dividir dicha inversión entre los beneficios económicos esperados, tomando en cuenta tanto el ahorro económico por energía total, así como por materiales.

Como marco de referencia es claro que nos inclinaremos a pensar como una buena propuesta técnica aquella que arroje los máximos ahorros que traducidos a términos económicos justifiquen a la inversión inicial necesaria para llevar a cabo dicha propuesta. Sin embargo, las cifras por sí solas pueden ser un tanto engañosas por lo que a continuación mencionamos algunos conceptos económicos que servirán como herramientas que alineen el análisis y de toma de decisiones.

## GENERACIÓN DE PROPUESTAS INDIVIDUALES.

Tomando en cuenta al **SISTEMA ACTUAL** y al **SISTEMA PROPUESTO** las variables que se van a comparar son:

**POTENCIA DEMANDA.** Aquí podemos notar que de un sistema a otro la potencia puede variar con el empleo de equipos ahorradores ( $P_2 < P_1$ ).

**COSTUMBRES DE USO.** En este sentido podemos variar el tiempo de operación de los equipos ( de  $X_1$   $Y_1$  a  $X_2$   $Y_2$  ). Además, podemos desplazar la operación de la carga de forma tal que esta no contribuya a la Demanda Máxima de todo el sistema ( Llevar a  $C_2$  a un valor menor que el de  $C_1$ , cero en el mejor de los casos)

**CONSUMO ELÉCTRICO Y DEMANDA MÁXIMA.** Dadas las modificaciones de los puntos anteriores se procede a determinar el consumo y demanda esperados tanto para el sistema actual como para el propuesto.

**IMPORTES PAGADOS POR ENERGÍA CONSUMIDA.** Con los datos anteriores se determina a la fecha corriente el monto económico de los consumos energéticos de ambos sistemas.

Los ahorros potenciales son la diferencia entre una y otra propuesta. El tiempo de recuperación simple es la relación que existe entre los ahorros y la inversión necesaria para llevar a cabo el sistema propuesto.

La generación básica de propuestas puede hacerse considerando sólo una unidad de carga, siempre y cuando sea una muestra representativa de un conjunto el cual consideramos tiene un peso significativo a la facturación global del usuario. Además de ser idénticas tales cargas deben de tener costumbres de uso similares (encendido y apagado regularmente simultáneo). Por ejemplo, un extenso sistema de iluminación para áreas comunes, un conjunto de motores dedicados a bombeo o al sistema de aire acondicionado, etc.

Esta serie de cálculos se pueden hacer ya sea por periodo de facturación o en forma anual según convenga al análisis económico elegido.

En la página siguiente se muestra una hoja básica de comparación.

129

COMPARACION DE SISTEMAS.	Pot [KW]	COSTUMBRES DE USO.			Consumo Promedio [KWH/mes]	Demanda Máxima [KW/mes]	IMPORTE CONSUMO [\$/mes]	IMPORTE DEMANDA [\$/mes]	IMPORTE ENERGIA [\$/mes]
		DIA/mes.	Hrs/Dia.	Factor Ci					
		PROMEDIO	PROMEDIO	Demanda					
<b>SISTEMA ACTUAL</b> SE CONSERVAN LOS MISMOS EQUIPOS EXISTENTES ASI COMO SU EMPLEO.  <b>SISTEMA PROPUESTO.</b> SE EMPLEA UN EQUIPO AHORRADOR ALTERNATIVO EL CUAL BRINDA UN SERVICIO EQUIVALENTE ( O MEJOR )  INVERSION INICIAL SISTEMA PROPUESTO.  INV	P1	X1	Y1	C1	KWH1 = P1*X1*Y1	KW1 = C1*P1	D1 = Impte_Cons * KWH1	E1 = Impte_Dem * KW1	F1 = D1 - E1
	P2	X2	Y2	C2	KWH2 = P2*X2*Y2	KW2 = C2*P2	D2 = Impte_Cons * KWH2	E2 = Impte_Dem * KW2	F2 = D2 - E2
<b>AHORROS:</b>					G = KWH1 - KWH2	H = KW1 - KW2	I = D1 - D2	J = E1 - E2	K = F1 - F2
<b>TIEMPO DE RECUPERACION [mes]:</b>					L = I / INV      M = J / INV      N = K / INV				
Impte_Cons. IMPORTE POR KWH CONSUMIDO [\$KWH] Impte_Dem. IMPORTE POR KW DEMANDADO [\$KW] Ci. FACTOR DE CONTRIBUCIÓN A LA DEMANDA.									

Este tipo de hojas se recomienda se empleen como fichas de control perfectamente ordenadas, pudiendo generarse varias propuestas para un mismo sistema. La idea de manejarlas como fichas es poder intercambiarlas de forma tal que se tenga un máximo de flexibilidad, si no sirve una propuesta o encontramos una mejor simplemente se desecha y se sustituye.

COMPARACION DE SISTEMAS.	Pot [KW]	COSTUMBRES DE USO			Consumo Promedio [KW/mes]	Demanda Máxima [KW/mes]	IMPORTE CONSUMO [\$/mes]	IMPORTE DEMANDA [\$/mes]	IMPORTE ENERGIA [\$/mes]
		DiAs/mes PROMEDIO	Hrs/Día PROMEDIO	Factor CI Demanda					
SISTEMA ACTUAL 1									
SISTEMA PROPUESTO 2									
INVERSION INICIAL SISTEMA PROPUESTO	<b>AHORROS:</b>								
	<b>TIEMPO DE RECUPERACIÓN (mes):</b>								

COMPARACION DE SISTEMAS.	Pot [KW]	COSTUMBRES DE USO			Consumo Promedio [KW/mes]	Demanda Máxima [KW/mes]	IMPORTE CONSUMO [\$/mes]	IMPORTE DEMANDA [\$/mes]	IMPORTE ENERGIA [\$/mes]
		DiAs/mes PROMEDIO	Hrs/Día PROMEDIO	Factor CI Demanda					
SISTEMA ACTUAL 1									
SISTEMA PROPUESTO 2									
INVERSION INICIAL SISTEMA PROPUESTO	<b>AHORROS:</b>								
	<b>TIEMPO DE RECUPERACIÓN (mes):</b>								

COMPARACION DE SISTEMAS.	Pot [KW]	COSTUMBRES DE USO			Consumo Promedio [KW/mes]	Demanda Máxima [KW/mes]	IMPORTE CONSUMO [\$/mes]	IMPORTE DEMANDA [\$/mes]	IMPORTE ENERGIA [\$/mes]
		DiAs/mes PROMEDIO	Hrs/Día PROMEDIO	Factor CI Demanda					
SISTEMA ACTUAL 1									
SISTEMA PROPUESTO 2									
INVERSION INICIAL SISTEMA PROPUESTO	<b>AHORROS:</b>								
	<b>TIEMPO DE RECUPERACIÓN (mes):</b>								

COMPARACION DE SISTEMAS.	Pot [KW]	COSTUMBRES DE USO			Consumo Promedio [KW/mes]	Demanda Máxima [KW/mes]	IMPORTE CONSUMO [\$/mes]	IMPORTE DEMANDA [\$/mes]	IMPORTE ENERGIA [\$/mes]
		DiAs/mes PROMEDIO	Hrs/Día PROMEDIO	Factor CI Demanda					
SISTEMA ACTUAL 1									
SISTEMA PROPUESTO 2									
INVERSION INICIAL SISTEMA PROPUESTO	<b>AHORROS:</b>								
	<b>TIEMPO DE RECUPERACIÓN (mes):</b>								

COMPARACION DE SISTEMAS.	Pot [KW]	COSTUMBRES DE USO			Consumo Promedio [KW/mes]	Demanda Máxima [KW/mes]	IMPORTE CONSUMO [\$/mes]	IMPORTE DEMANDA [\$/mes]	IMPORTE ENERGIA [\$/mes]
		DiAs/mes PROMEDIO	Hrs/Día PROMEDIO	Factor CI Demanda					
SISTEMA ACTUAL 1									
SISTEMA PROPUESTO 2									
INVERSION INICIAL SISTEMA PROPUESTO	<b>AHORROS:</b>								
	<b>TIEMPO DE RECUPERACIÓN (mes):</b>								

## AGRUPAMIENTO DE PROPUESTAS INDIVIDUALES.

Una vez generado una propuesta o una serie de propuestas para cada uno de los sistemas que actualmente trabajan en el edificio, estas deben de agruparse en un cuadro donde se desglose y se resuma su participación al sistema en su conjunto.

### DESGLOSE DE AHORROS POR MEDIDAS DE AHORRO.

FECHA  
TIPO DE TARIFA  
COSTO DEL KW  
COSTO DEL KWH

CONCEPTO	MEDIDA 1	MEDIDA 2	MEDIDA ...	MEDIDA n	TOTAL
DEMANDA MÁXIMA ACTUAL [KW] AHORRO DEMANDA [KW] DEMANDA ESPERADA [KW]					
CONSUMO PROMEDIO ACTUAL [KWH/Mes] AHORRO CONSUMO [KWH/Mes] CONSUMO ESPERADO [KWH/Mes]					
FACTOR DE POTENCIA ACTUAL [%] MEJORAMIENTO EN FACTOR DE POTENCIA [%] FACTOR DE POTENCIA ESPERADO [%]					
IMPORTE AHORRO MENSUAL POR DEMANDA IMPORTE AHORRO MENSUAL POR CONSUMO IMPORTE AHORRO POR MEJORAMIENTO DE FP. IMPORTE MENSUAL TOTAL IMPORTE AHORRO ANUAL POR ENERGÍA TOTAL					
INVERSIÓN TIEMPO DE RECUPERACIÓN SIMPLE					

\* No se considera IVA

Hay que hacer notar que la tabla anterior está pensada para ser aplicada a tarifas 03 u OM donde se considera tanto Demanda Máxima como factor de potencia, naturalmente además del consumo. En caso de tener una tarifa distinta se debe de emplear una tabla adecuada donde se contemple solamente los rubros sobre los cuales vamos a tener un ahorro. Por ejemplo, para las tarifas horarias se tendrían los ahorros para el período base y para el período punta.

Es muy común que el tiempo de recuperación de la inversión tomando en cuenta sólo los ahorros por energía sea el parámetro final del análisis económico de las propuestas. Sin embargo, no necesariamente esto siempre resulta ser lo más adecuado ya que el tiempo de recuperación simple es una medida de flujo de efectivo pero no de rentabilidad.

## AHORRO POR MATERIALES.

Hasta este momento hemos hablado acerca de los ahorros por energía exclusivamente, es decir solamente se han tomado en cuenta los beneficios de los equipos durante su operación. Sin embargo, las cosas pueden ir más lejos. Como hemos mencionado con anterioridad en caso de que los equipos ofrezcan una mayor vida útil hay que considerar los ahorros que brindan la disminución de compras y mano de obra en mantenimiento.

Requerimos de los equipos ahorradores, así como de los convencionales, saber tanto su vida útil como el costo actual de implementarlos. Como se trata de una proyección debemos recurrir al concepto del valor del dinero respecto del tiempo por lo que se usará en específico la ecuación del **COSTO ANUAL EQUIVALENTE**, que implica el uso de una tasa  $i$  fijada por el usuario para el cálculo de la actualización de las inversiones.

CALCULO DE AHORROS POR MATERIALES.		
EQUIPO Ahorrador / Convencional	VIDA EQUIPO [Años]	INVERSION EN EQUIPO [\$]
A	V1	Inv1
A'	V1'	Inv1'
B	V2	Inv2
B'	V2'	Inv2'
C	V3	Inv3
C'	V3'	Inv3'
D	V4	Inv4
D'	V4'	Inv4'
E	V5	Inv5
E'	V5'	Inv5'

**TASA DE ACTUALIZACIÓN :  $i$**

$$\text{AHORRO}_{\text{MATERIALES}} = \text{CAE}_{\text{CONVENCIONAL}} - \text{CAE}_{\text{AHORRADOR}}$$

$$\text{CAE}_{\text{CONVENCIONAL}} = \sum \text{CAE}_{\text{CONVENCIONAL}}(J)$$

$$\text{CAE}_{\text{AHORRADOR}} = \sum \text{CAE}_{\text{AHORRADOR}}(J)$$

$$\text{CAE}(J) = \text{Inv}(J) [ \text{CAE}(J) / \text{Inv}(J), i, V(J) ]$$

**Los ahorros por materiales son la diferencia de los CAEs de los equipos convencionales y los CAEs de los equipos ahorradores.**

## OBTENCIÓN DE LA TASA INTERNA DE RETORNO Y RELACIÓN BENEFICIO/COSTO.

Para el análisis económico de las propuestas individuales se requiere obtener la TIR del flujo de efectivo total correspondiente a lo largo de la vida útil del equipo. El flujo al que nos referimos es la diferencia de los pagos y los ahorros obtenidos anualmente.

Los pagos constituyen la facturación, reposición de piezas y mano de obra por mantenimiento llevados a cabo por el usuario para mantener funcionando los equipos. Por otro lado los ahorros son constituidos tanto por los ahorros por facturación como por materiales; El monto de los pagos deben incluir todos los impuestos y cargos aplicables ya que estos deben ser **pagos netos**.

FLUJO DE EFECTIVO.			
Año	Inversión = Inv <sub>(t)</sub>	Ahorro = Aho <sub>(t)</sub>	Flujo = Inv <sub>(t)</sub> - Aho <sub>(t)</sub>
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
X			
<b>TASA DE ACTUALIZACIÓN: i.</b>			
Del cuadro anterior se desprende			
Tasa Interna de Retorno:		TIR	
Valor presente de las inversiones:		VPI	
Valor presente de los ahorros:		VPA	
Relación Beneficio-Costo:		$RBC = VPA / VPI$	

El cálculo de la TIR se lleva a cabo a mano de manera iterativa, el empleo de una calculadora financiera o bien mediante una hoja electrónica tipo Excel por ejemplo, donde requerimos emplear una tasa de actualización fijada de antemano.

Mediante la misma tasa de actualización obtenemos los valores presente tanto de los ahorros como de las inversiones realizadas durante la vida útil de los equipos. La relación Beneficio-Costo es la relación del valor presente de los ahorros entre el valor presente de las inversiones.

## COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS.

Una vez conformadas las alternativas individuales, estas pueden ser agrupadas en propuestas globales.

Por ejemplo. Tenemos un sistema de iluminación convencional el cual va a ser sustituido por uno de alta eficiencia. Hemos elegido por un lado el empleo de lámparas T8 32 W 3100 K, las cuales ya sea que sean operadas por balastos electromagnético o por balastro electrónico. Hasta este momento llevamos tres clases de equipos, que nos pueden dar dos combinaciones distintas, lámpara T8 con balastro electromagnético con un monto de inversión A, y lámpara T8 con balastro electrónico con un monto de inversión B.

Por otro lado, para aprovechar las luminarias existentes de 60x122 cm tenemos la alternativa de implementar reflectores especulares, a un monto de inversión C. Se prevé estos reflectores van a permitir reducir de 2 lámparas T8 32 W a solo 3 lámparas por gabinete.

Hasta este momento tenemos las siguientes opciones:

- 3 LAMPARAS T8, BALASTRO ELECTROMAGNÉTICO 3X32 W SIN REFLECTOR ESPECULAR.
- 3 LAMPARAS T8, BALASTRO ELECTRÓNICO 3X32 W SIN REFLECTOR ESPECULAR.
- 2 LAMPARAS T8, BALASTRO ELECTROMAGNÉTICO 2X32 W CON REFLECTOR ESPECULAR.
- 2 LAMPARAS T8, BALASTRO ELECTRÓNICO 2X32 W CON REFLECTOR ESPECULAR.

Tenemos 4 opciones, de las cuales se esperan tener distintos ahorros energía y materiales que arrojaran distintos índices de rentabilidad. Sin embargo,

SE SUGIERE PARA SISTEMAS DE LA MISMA ESPECIE LLEVAR A COSTOS UNITARIOS TODOS LOS GASTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS PROPUESTOS, EL CUAL LLAMAREMOS COSTO UNITARIO POR SERVICIO BRINDADO.

Por ejemplo:

- $\$/ Lux$  : Costo (mensual o anual) de cada Lux producido por alternativa.
- $\$/ Ton$  : Costo (mensual o anual) de cada tonelada de refrigeración producido por alternativa.
- $\$/m^3$  : Costo (mensual o anual) de cada metro cúbico de agua bombeada por alternativa.

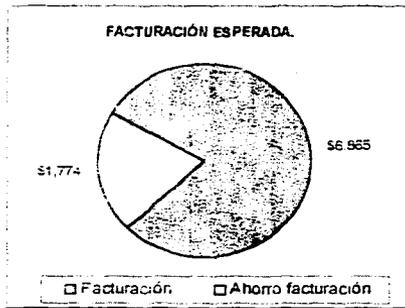
Con este criterio tenemos un dato adicional para hacer la mejor selección entre las diferentes alternativas con que contamos.

## PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Es recomendable hacer uso de un cuadro donde se agrupen los resultados meramente técnicos y económicos de todas las propuestas, tal como se muestran en las siguientes páginas.

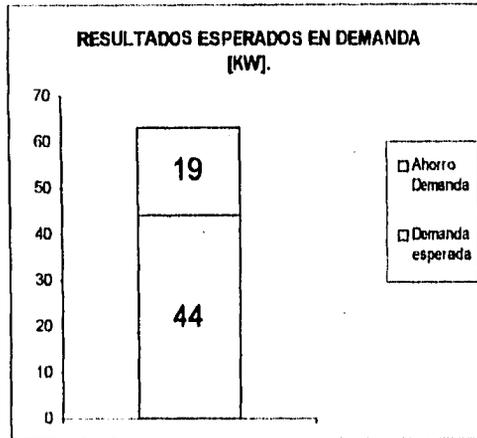
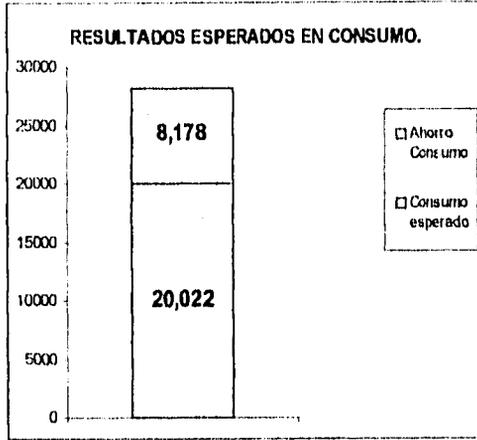
**RESUMEN DE MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO Y/O AUTOMATIZACIÓN.**

CONCEPTO.	PROPUESTA	PROPUESTA	...	PROPUESTA
	1	2		n
INVERSIÓN INICIAL.	A			
AHORRO EN CONSUMO (KWH/mes).	B			
AHORRO EN DEMANDA (KW/mes).	C			
AHORRO MEJORAMIENTO DE FACTOR DE POTENCIA %.	D			
AHORRO ECONOMICO EN CONSUMO (\$/mes).	E			
AHORRO ECONOMICO EN DEMANDA (\$/mes).	F			
AHORRO ECONOMICO MEJORAMIENTO DE FP (\$/mes).	G			
AHORRO ECONOMICO POR ENERGIA (\$/mes).	$H = E + F + G$			
AHORRO ECONOMICO ANUAL POR ENERGIA (\$/año).	$I = 12 * H$			
AHORRO ECONOMICO POR MATERIALES (\$/año).	J			
AMORTIZACION POR AHORRO DE ENERGIA (años).	$K = A / I$			
AMORTIZACION POR AHORRO EN MATERIALES (años).	$L = A / J$			
AMORTIZACION POR AHORRO DE ENERGIA Y MATERIALES (años).	$M = A / (I + J)$			
VALOR PRESENTE DE LA INVERSIÓN.	N			
VALOR PRESENTE DE LOS AHORROS.	O			
RELACION BENEFICIO/COSTO.	$P = O / N$			
TASA INTERNA DE RETORNO.	Q			
COSTO UNITARIO POR SERVICIO BRINDADO.	R			



SITUACION ACTUAL (DATOS HISTORICOS).				
	DEMANDA	CONSUMO	FP	FACTURACION
LIMITE INFERIOR:	[KW]	[KWH]		%
PROMEDIO:	[KW]	[KWH]		%
LIMITE SUPERIOR:	[KW]	[KWH]		%
AHORROS ESPERADOS.				
	DEMANDA	CONSUMO	FP	FACTURACION
AHORRO PROMEDIO:	[KW]	[KWH]		%
	%	%		%
SITUACION ESPERADA.				
	DEMANDA	CONSUMO	FP	FACTURACION
LIMITE INFERIOR:	[KW]	[KWH]		%
PROMEDIO:	[KW]	[KWH]		%
LIMITE SUPERIOR:	[KW]	[KWH]		%

\* CONSIDERANDO SOLO COSTOS DE ENERGIA PARA:



## EXPECTATIVAS DEL USUARIO ADICIONALES.

No solo de la evaluación económica se basa la selección de alternativas ya que cada una por lo general ofrece ventajas adicionales que solo pueden ser evaluadas por el usuario final.

Este tipo de criterios va muy de la mano con las condiciones arquitectónicas del lugar que en muchos de los casos son limitativas a la implementación de una u otra medida.

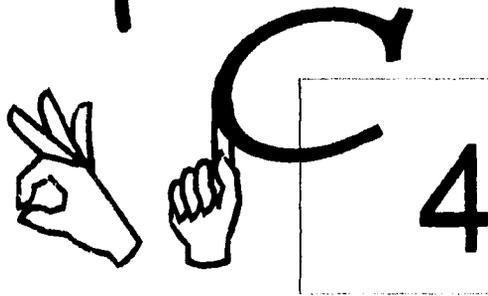
Por ejemplo. En el caso de sistemas de iluminación en base a nuestros cálculos luminotécnicos podemos proponer a determinada distribución de luminarias, empleando una lámpara X y un balastro electromagnético Y. Aunque tenemos el nivel de luxes necesario el usuario en este hipotético pero muy común caso, puede no gustarle esa alternativa solo por el hecho de que la vertical de las luminarias no coincide con la distribución de su mosaico, lo que implica disminuir el número de luminarios y con ello el nivel de iluminación.

Para atender esa petición sin descuidar el nivel de iluminación se ha hecho un estudio de iluminación tal que se pueden obtener los niveles de iluminación adecuados con el número de luminarias predispuesto solo que a condición de emplear balastro electrónico con un factor de balastro mayor al del electromagnético. Esto implica un costo adicional que hará obviamente se incrementen los costos de adquisición. Probablemente a la larga se recupere este incremento de inversión con el menor consumo que tienen típicamente el equipo electrónico.

Supongamos que en el peor de los casos resulta más caro el sistema electrónico que el electromagnético. Sin embargo, si el usuario y cliente deciden la opción más cara aún con que los índices económicos vistos sugieran lo contrario se va a hacer lo que el usuario decida.



# capítulo



## APLICACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS (EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA).

# APLICACIÓN DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA.

El marco de referencia se dirige principalmente al campo de la ILUMINACIÓN y al de FUERZA.

## ILUMINACIÓN.

Dentro de lo que es el campo de la iluminación nos encontramos que las alternativas tecnológicas se abocan hacia el lado de las lámparas fluorescentes (tanto compactas como tubulares) y de descarga mejoradas operadas a su por balastos de alta eficiencia

Conjuntamente a lo anterior el diseño de luminarios de alta eficiencia se va haciendo cada vez más importante; dentro de este marco encontramos que el mercado ofrece alternativas económicas como lo son los reflectores especulares aplicados en sustituciones y reacondicionamiento de luminarios poco eficientes .

## FUERZA.

Para el campo de los motores encontramos también que los usuarios han visto cada día con mejores expectativas a los motores de alta eficiencia, así como la aplicación de variadores de frecuencia para el control de velocidad y potencia consumida, como buenas alternativas para reducir los costos de operación y mantenimiento de un rubro que constituye una parte importante de la facturación eléctrica.

## ILUMINACIÓN.

- LÁMPARAS DE ALTA EFICACIA.
- BALASTROS AHORRADORES.
- LUMINARIOS DE ALTA EFICIENCIA.

## FUERZA.

- MOTORES DE ALTA EFICIENCIA
- APLICACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA

Para fines de exposición a continuación se darán algunos conceptos y anotaciones para la selección adecuada de las alternativas tecnológicas que el mercado ofrece; Como complemento se anexan algunos comentarios acerca de Luminotécnica básica y de Principios fundamentales de motores eléctricos, ya que se considera de utilidad mencionarlos.

# LÁMPARAS DE ALTA EFICACIA.

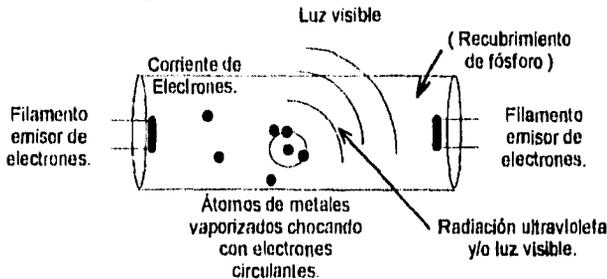
## FUENTES DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.

El elemento más básico de todos los sistemas de iluminación es la fuente luminosa, la cual transforma la energía eléctrica en radiación visible perceptible por el ojo humano. De su importancia que aquí se les ponga mayor atención y se detalle en ellas. Los principios de operación de las fuentes luminosas de mayor uso en la actualidad se reducen a dos:

**INCANDESCENCIA.** Esta se basa en el hecho de que ciertos materiales al elevar su temperatura a un cierto valor irradian luz visible. La manera en que elevan su temperatura es mediante el paso de la corriente eléctrica a través de ellos.



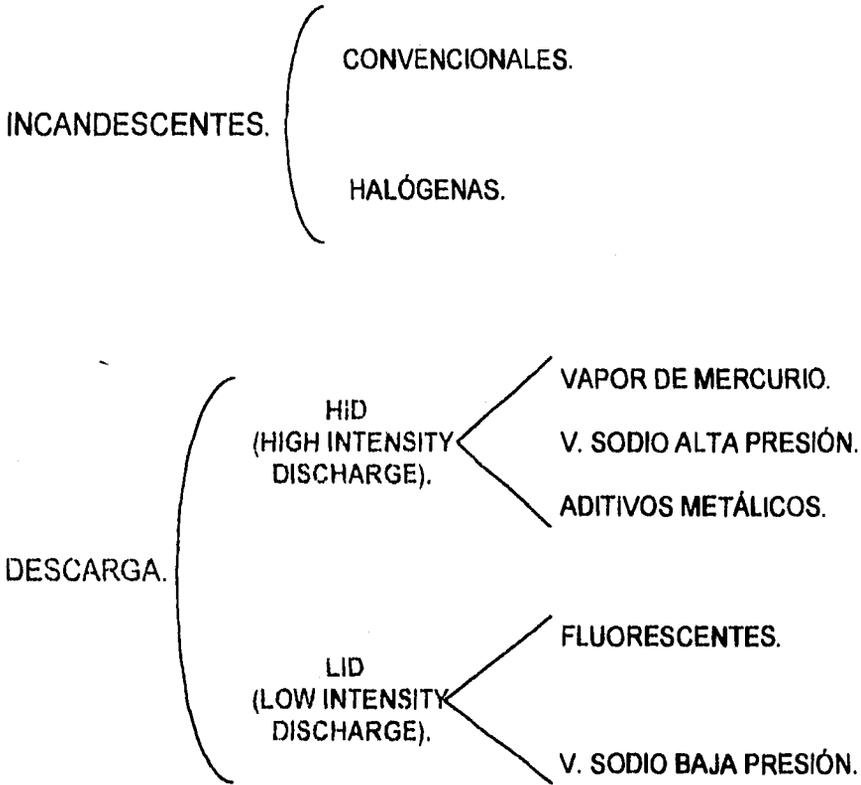
**DESCARGA.** Este principio de generación se basa en el hecho de que ciertos metales vaporizados con el paso de la corriente eléctrica a través de ellos desprenden radiaciones electromagnéticas. Algunas de estas radiaciones son visibles directamente o bien se adecuan convenientemente mediante el empleo de películas de fósforo para ser percibidas por el ojo humano.



Al establecerse el arco dentro del tubo de descarga la resistividad del plasma decrece estrepitosamente, de no haber algún dispositivo que regule dicha corriente esta se incrementaría indefinidamente destruyéndola lámpara. Así, **UN BALASTRO es un dispositivo diseñado para dar las condiciones de voltaje durante el arranque así como la regulación de la corriente durante la operación de la lámpara de descarga.**

Ambos principios, tanto el de incandescencia como el de descarga, tienen dentro de sí variantes lo que hace posible contar con diversos tipos de lámparas con características apropiadas para aplicaciones particulares.

## FUENTES DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.



Pudiera en este momento plantearse una pregunta

## ¿ CUÁL ES LA MEJOR LÁMPARA. . . ?

En apariencia esta pregunta es bastante sencilla. Sin embargo, el responder a esta no depende solo de un criterio, sino de varios conjugados a la vez; A continuación listaremos una serie de preguntas de lo más elementales:

1. ¿ QUÉ APLICACIÓN SE LE VA A DAR ?
2. ¿ QUE NIVEL DE ILUMINACIÓN SE REQUIERE OBTENER ?
3. ¿ ES IMPORTANTE LA REPRODUCCIÓN DE COLORES ?
4. ¿ SE TRATA DE UNA INSTALACIÓN NUEVA O UN REACONDICIONAMIENTO (RETROFIT) ?
5. ¿ EN QUE CONDICIONES AMBIENTALES PROMEDIO SE VA A OPERAR ?
6. ¿ EN QUE CONDICIONES SE ENCUENTRA LA INSTALACIÓN Y EL SUMINISTRO DE E. E. ?
7. ¿ SU EMPLEO VA A SER CONSTANTE O ESPORÁDICO ?
8. ¿ SE REQUIERE CONTROLAR EL NIVEL DE ILUMINACIÓN EN FORMA GRADUAL ?
9. ¿ SE REQUIERE QUE SU ENCENDIDO O REENCENDIDO SEA RÁPIDO ?

Estas preguntas están dirigidas a responder nuestro planteamiento original.

### 1. ¿ QUÉ APLICACIÓN SE LE VA A DAR ?

Esta pregunta va dirigida a hacia lo que se espera obtener del sistema de iluminación: Un nivel de iluminación propicio para transitar sin importar la reproducción de colores o viceversa, la exaltación de las tonalidades de los objetos iluminados a un nivel de iluminación muy alto.

Afortunadamente en el mercado se encuentran a disposición de los consumidores una amplia gama de fuentes luminosas las cuales son lo suficiente versátiles para ser aplicadas en forma directa a aplicaciones bien definidas.

Por un lado existen estudios muy serios realizados por instituciones tales como la Illuminating Engeneering Society of North America (IESNA) en los que se han determinado los niveles de iluminación adecuados a las distintas tareas realizadas por usuarios de diferentes edades.

### 2. ¿ QUE NIVEL DE ILUMINACIÓN SE REQUIERE OBTENER ?

En cualquiera de los métodos que calculan la iluminación de una determinada área de trabajo encontramos que es necesario que la lámpara pueda proveer un determinado Flujo luminoso ( $\phi$ ).

Entonces la lámpara en este sentido tiene que ser seleccionada de acuerdo a con el flujo determinado por el cálculo de iluminación.

El flujo por lo general se incrementa con la potencia de la lámpara, por lo que siguiendo este sentido la lámpara que tenga una mayor eficacia resultará la opción más costeable.

3. ¿ ES IMPORTANTE LA REPRODUCCIÓN DE COLORES ?

En este sentido uno debe considerar que tan importante es que el observador **aprecie** los colores de los objetos iluminados. Básicamente existen dos géneros de aplicaciones donde se requieren un alto rendimiento de color:

1. APLICACIONES COMERCIALES.

2. TAREAS VISUALES QUE REQUIEREN DE GRAN PRECISIÓN.

El ojo humano y la psicología humana bien acepta los colores cálidos aunados a un buen nivel de iluminación. Un alto IRC implica el acondicionamiento de los posibles compradores o espectadores de los objetos iluminados (incluye también la transmisión de eventos por T.V.). Tal reproducción de colores va dirigida en una buena parte a cumplir, o bien crear, las expectativas de confort, calidez y exclusividad de los espectadores.

Por otra parte el segundo género de aplicaciones engloba tareas como lugares peligrosos, actividades de joyería, deportes, diseño gráfico y artístico etcétera.

4. ¿ SE TRATA DE UNA INSTALACIÓN NUEVA O UN RETROFIT ?

En el caso de que se trate de una instalación nueva tenemos la ventaja que actualmente existe en el mercado una serie de luminarios mejorados que están diseñados para aprovechar al máximo los lúmenes entregados por la fuente luminosa.

Si tenemos el caso de un retrofit lámparas de alta eficiencia, tanto de descarga, fluorescentes e incandescentes mejoradas tienen el mismo tamaño que las lámparas convencionales e incluso las de alta eficiencia tienden a ser más pequeñas hecho que hace que se aproxime a una fuente ideal de luz puntual con la que se obtiene el máximo control y aprovechamiento.

Lo anterior es producto del mercado que busca colocar sus productos evitándole al usuario grandes adecuaciones a sus luminarios y a su instalación eléctrica.

5. ¿ EN QUE CONDICIONES AMBIENTALES PROMEDIO SE VA A OPERAR ?

La temperatura de operación (tanto hacia abajo como hacia arriba), la humedad y las vibraciones mecánicas son elementos básicos que se deben considerar tanto para la elección de la lámpara como del luminario.

La temperatura condiciona por un lado el arranque de la lámpara la cual a bajas temperaturas puede llegar a no encender, ( como en el caso de las compactas fluorescentes). Sin llegar al punto en que se funda los sobrecalentamientos para cualquier tipo de lámpara significa un deterioro de su vida útil y en su rendimiento, como en el caso de todas las lámparas de descarga.

La humedad excesiva puede jugar papel importante. Por ejemplo, en el caso de las fluorescentes tanto de arranque rápido como arranque instantáneo, cuando el tubo está seco existe una carga electrostática la cual reduce el voltaje de arranque necesario. La humedad excesiva puede producir una película en el tubo que hace necesario el empleo de voltajes de arranque todavía más altos de los normales.

La vibración mecánica hace posible que los elementos de la lámpara se microfisuren con mayor rapidez en comparación de condiciones normales. Para evitar esto el la ubicación y el montaje del luminario juega un papel determinante. Sin embargo, los fabricantes toman en cuenta el caso extremo en que las vibraciones mecánicas no se pueden atenuar lo suficiente, por ejemplo, existen lámparas incandescentes cuyo filamento está montado en un soporte no rígido que absorbe las vibraciones más que los soportes convencionales, incluso se catalogan tales focos como de USO INDUSTRIAL.

Por lo general las lámparas compactas fluorescentes lo mismo que las incandescentes convencionales se desarrollan para aplicaciones residenciales y de oficina, donde el nivel de vibraciones es moderado, por lo que no se recomienda para aplicaciones industriales o de interperio directa. Para lo cual se recomienda el uso de lámparas de descarga.

## 6. ¿ EN QUE CONDICIONES SE ENCUENTRA LA INSTALACIÓN Y EL SUMINISTRO DE E. ELÉCTRICA ?

Por un lado tenemos que considerar las condiciones que la lámpara va a recibir por parte de las instalaciones y el suministro de E. E. y otro lado cuidar el aspecto de como va a condicionar a las instalaciones la existencia de nuestra fuente luminosa.

Las lámparas incandescentes operadas con sobrevoltaje generan una mayor cantidad de iluminación. Sin embargo, acortan su vida útil y aceleran la depreciación lumínica, ya que el Tungsteno con que se conforma su filamento productor de luz se evapora más rápidamente, demandando más potencia al reducir su grosor y haciéndolo más susceptible a fallar por vibraciones o picos de corriente al arranque.

El funcionamiento de los balastos electromagnéticos que operan las lámparas de descarga, HID y LID, proporcionan los voltajes de arranque y operación dependiendo del voltaje de entrada. En este caso aquí entra la selección del balastro el cual debe ser capaz de absorber las variaciones de voltaje y atenuar los picos de voltaje de forma tal que la lámpara no afecte su vida ni su funcionamiento. Por ejemplo, en los casos que el suministro de energía tenga fuertes alzas o bajas de voltaje implica que el balastro seleccionado sea del tipo autorregulado tanto para lámparas HID como para lámparas LID.

Por otra parte tenemos que cuidar que el contenido armónico de las instalaciones no se vea incrementado por el equipo de descarga. Los balastos electromagnéticos para regular la corriente drenada a las lámparas tienen que saturar su núcleo, lo que provoca una distorsión de la corriente de línea. Los balastos electrónicos también de manera inevitable contribuyen a incrementar la Distorsión armónica total (THD) de las instalaciones.

En caso de que las instalaciones eléctricas ya estén muy saturadas de armónicos y además tengan de por sí desbalanceadas sus cargas esto provocará la aparición de un voltaje, corriente y sobrecalentamiento en el neutro. La elevación de voltaje en el neutro elevará los riesgos de una falla, la mala operación y daño de nuestros equipos electrónicos de uso dedicado que se encuentren conectados en nuestra red eléctrica. Para áreas de iluminación pequeñas la contribución de armónicos

puede no ser representativa. Sin embargo, para áreas extensas puede ser de importancia.

Por lo anterior se recomienda en el caso de alumbrado general de uso constante balancear al máximo las cargas las cargas conectadas a nuestros tableros así como procurar sobredimensionar y aterrizas sólidamente al neutro de nuestro sistema de alimentación.

No queremos decir que las incandescentes sean la salida, sino que hay que referirse a las hojas de especificaciones de los balastos para seleccionar sólo aquellos que **no posean más de un 30% de THD.**

## 7. ¿ SU EMPLEO VA A SER CONSTANTE O ESPORÁDICO ?

Los sistemas de iluminación como cualquier otro servicio tienen un costo. El implementar tecnología de punta y no usarla resulta incostruable. En el caso de áreas de muy baja afluencia se recomienda:

- No usar equipos eficientes ( por resultar incostruable el ahorro obtenido )
- No usar equipos de descarga ya que requieren de algunos minutos para encender y un poco más de tiempo para estabilizarse.

Por ejemplo, en bodegas de almacenamiento no muy transitadas se recomienda equipo fluorescente convencional y hasta de baja eficiencia, por su bajo costo de adquisición y poco empleo.

## 8. ¿ SE REQUIERE CONTROLAR EL NIVEL DE ILUMINACIÓN EN FORMA GRADUAL ?

Para aplicaciones determinadas se requiere de controlar la emisión luminosa de las lámparas por medio de atenuadores. No todas las lámparas se pueden atenuar. Por ejemplo, las fluorescentes tubulares de arranque instantáneo (Siinline) ni todas las compactas fluorescentes sobretodo las que tienen integrado su balastro electrónico.

En cuanto a lámparas de HID atenuables existen desde poco después de su creación sistemas de atenuación creados para esto fines. Sin embargo, pueden llegar a ocasionar problemas de arranque, cambio del contenido original de longitudes de onda ( corrimiento de color ) y hasta afectar la vida de la

lámpara. No obstante se sigue investigando llegar a atenuadores confiables y versátiles a un costo adecuado.

Afortunadamente para lámparas fluorescentes tubulares de arranque rápido los medios de atenuación comerciales ofrecen una buena opción a este respecto. Algunos balastos electrónicos cuentan con tales atenuadores ya integrados y que pueden integrarse a controles de iluminación inteligentes.

En cuanto a lámparas incandescentes y en especial las halógenas se recomienda no atenuarlas demasiado ya que al bajar el voltaje recibido en los extremos del filamento, la temperatura interna del bulbo de cuarzo puede no llegar a las condiciones óptimas para llevar a cabo el ciclo regenerativo del halógeno (250 a 1200 °C en las paredes del bulbo) trayendo como consecuencia el ennegrecimiento excesivo del bulbo y la aceleración de la depreciación lumínica de la lámpara. Estos es que la lámpara halógena se vuelve una lámpara incandescente común y corriente.

#### 9. ¿ SE REQUIERE QUE SU ENCENDIDO O REENCENDIDO SEA RÁPIDO ?

En este momento nos abocaremos a dos situaciones: Cuando hay un parpadeo o bien una interrupción franca del voltaje de alimentación las lámparas HID tardan algunos minutos en reencender y aun varios minutos más en estabilizarse. En el caso de áreas generales y en áreas comerciales

esto puede provocar hechos de vandalismo. Para atender esto existen dos opciones:

- EMPLEAR BALASTROS DE REENCENDIDO RÁPIDO
- IMPLEMENTAR ALUMBRADO INCANDESCENTE O FLUORESCENTE DE EMERGENCIA.

La primera opción consiste en emplear balastos con un ignitor electrónico especial que permite reencender lámparas tales como A.M. en cuestión de segundos. Sin embargo, estos provocan un deterioro de la vida de la lámpara.

Si se decide tomar esta opción se recomienda checar que la rigidez dieléctrica de la base de conexión soporte voltajes de al menos 5,000 V, ya que de no ser así se tendrán arcos que impedirán el reencendido de la lámpara y terminarán por dañar al balastro, la lámpara y al luminario.

El segundo caso es uno de los más usados, ya que se obtiene una respuesta a condiciones críticas en décimas de segundo y como su empleo no es cotidiano se justifica el empleo de equipo no ahorrador.

Como vemos una pregunta involucra otros elementos ( selección de balastos, luminarios, instalación eléctrica etcétera). Lo importante es que las expectativas de los usuarios sean cumplidas ampliamente sin dejar de lado el costo que ello implica.

En realidad las preguntas y respuestas antes expuestas son sólo algunas de las que se pueden plantear ya que cada edificio tendrá una serie de características propias que harán que una u otra consideración tenga mayor peso en la toma de decisiones del diseño del Sistema de Iluminación.

## CRITERIOS DE SELECCIÓN.

Para caracterizar a una fuente luminosa debemos recurrir a una serie de conceptos, los cuales se mencionan a continuación:

- POTENCIA NOMINAL (W ).
- FLUJO LUMINOSO ( $\phi$  ).
- EFICACIA ( $\eta$  ).
- ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR ( IRC ).
- VIDA .
- DEPRECIACIÓN DE LÚMENES.
- TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONAD TCC ( K ).

### → POTENCIA NOMINAL ( W ).

*Es la potencia demandada exclusivamente por la lámpara expresada en Watts [W].*

Condiciona el flujo luminoso y el tamaño y capacidad de disipación calorífica del luminario, que siempre aumentan en forma proporcional conforme aumenta la potencia de la lámpara.

Así mismo, condiciona el dimensionamiento de la instalación desde el punto de vista eléctrico, la sección del conductores de alimentación, nivel de voltaje de alimentación ( monofásico o bifásico), tamaño y coordinación de los dispositivos de protección, contribución a la carga térmica del inmueble (dimensionamiento del sistema de Aire Acondicionado, AA), etcétera.

### → FLUJO LUMINOSO ( $\phi$ ).

Es quizás el principal concepto que debemos de tener presente al seleccionar una lámpara. Esta *es la cantidad de flujo que la fuente luminosa es capaz de producir*, expresada en Lúmenes.

Cada tipo de lámpara tiene un tiempo promedio después del cual se considera esta ya ha madurado. Esto es que las variaciones de flujo luminoso conforme transcurre su vida son menores y se presentan de forma gradual, lo suficiente para tomar mediciones de iluminancia confiables.

Las hojas de especificaciones del fabricante presentan a este respecto por lo general el valor de LÚMENES INICIALES o LÚMENES NOMINALES, los cuales son los valores de flujo que alcanzan las lámparas después de haber madurado.

Por ejemplo, para la lámparas de descarga se estima un tiempo mínimo de maduración de 100 horas de uso y una hora después de encendida para poder realizar mediciones. En tanto, las incandescentes requieren al menos 20 horas de maduración y solo un par de minutos para estabilizarse y poder tomar mediciones.

→ EFICACIA ( $\eta$ ).

Uno de los rasgos más característicos de cualquier lámpara es su *habilidad para convertir la energía eléctrica en energía luminosa*, la cual es llamada Eficacia, que se denota por la letra griega Eta ( $\eta$ ).

$$\eta = \phi / P_{\text{eléctrica}} \text{ [Lm / W]}$$

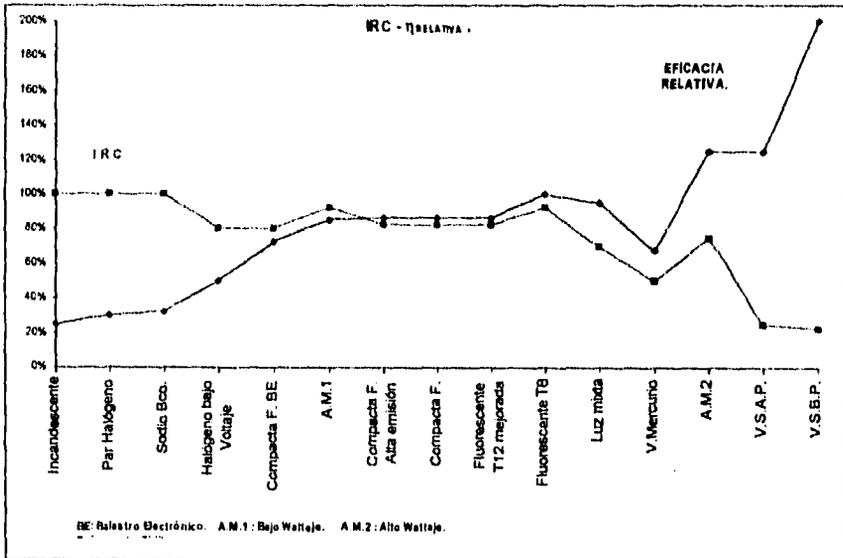
Hay que notar que no se trata directamente de la eficiencia, que es adimensional, aunque ambos conceptos tienen el mismo sentido; Durante el funcionamiento, la vida media y el costo de la energía condicionan la economía de operación de la instalación. Ya que los Watts demandados y consumidos tiene un costo económico definido, se puede evaluar el costo de los niveles de iluminación en (Lm / \$).

→ ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (IRC).

Biológicamente el ojo del ser humano ha evolucionado a partir de la luz radiada por el Sol, es decir, se ha perfeccionado a partir del fenómeno de la incandescencia. Desde la conquista del fuego y hasta apenas hace unos años, la humanidad en toda su historia ha visto la luz gracias a fuentes incandescentes. De lo anterior que lo que llamamos colores esté intrínsecamente ligada a esta principio de generación luminosa.

El índice de rendimiento de color de una lámpara es una medida de que tanto puede reproducir los colores de los objetos que ilumina como si lo hiciera la luz del Sol. Es decir, condiciona la mayor o menor *apreciación* de los colores respecto a las observaciones a la luz natural.

La escala es adimensional y va de 0 a 100%. A un mayor IRC se entenderá una mejor reproducción de los colores, donde el contenido de longitudes de onda proporciona una buena tonalidades cálidas ( longitudes altas, arriba de los 500 [nm] ).



Se ha tomado como referencia 100 [Lm] para obtener las eficacias relativas de las lámparas mostradas

→VIDA.

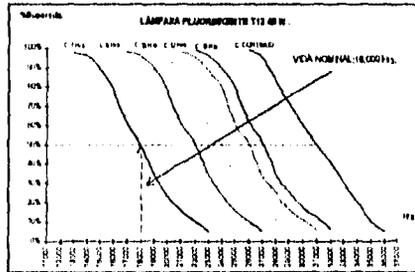
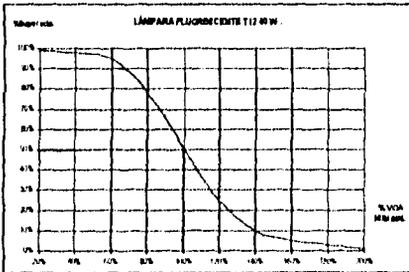
Como resultado de ligeras variaciones en el proceso de fabricación, además de que todas las lámparas tendrán condiciones de operación particulares, es prácticamente imposible lograr que todas y cada una de ellas funcionen durante todo el tiempo de vida estimado.

La **VIDA NOMINAL** presentada en las hojas de especificaciones de cada fabricante **toma como referencia un grupo considerable de lámparas en el que al menos el 50% de las lámparas se habrá fundido y el 50% restante todavía permanecerá encendido, dado un ciclo de trabajo.**

Un factor importante que se debe considerar es que en la mayoría de las lámparas los ciclos de encendido más cortos (arranques más frecuentes) reducen la vida y los ciclos de encendido mayores (arranques menos frecuentes) la incrementan. Por ejemplo, para las lámparas fluorescentes se considera por lo general, salvo que el fabricante lo indique, un ciclo de trabajo de 3 horas de encendido por 20 minutos de apagado.

Sin embargo, existe un concepto adicional llamado **VIDA ECONÓMICA**, la cual está enfocada a satisfacer los requerimientos que el usuario tiene, de ahí que esta se delimita en gran parte por apreciaciones particulares.

Por ejemplo. En el caso de que los niveles de iluminación sean especificados de una manera muy estricta, la depreciación luminosa puede llegar a forzarnos a realizar un reemplazo colectivo antes de llegar al término de la vida nominal de la lámpara. Otro caso es que el usuario puede considerar que la incidencia de lámparas fundidas puede comprometer sus actividades y que le resulte mejor saber en que momento va a realizar las maniobras de reemplazo de lámparas antes de estas fallen ( áreas de acceso muy restringido, estudios de TV, estadios deportivos, salas de exhibición, etcétera).



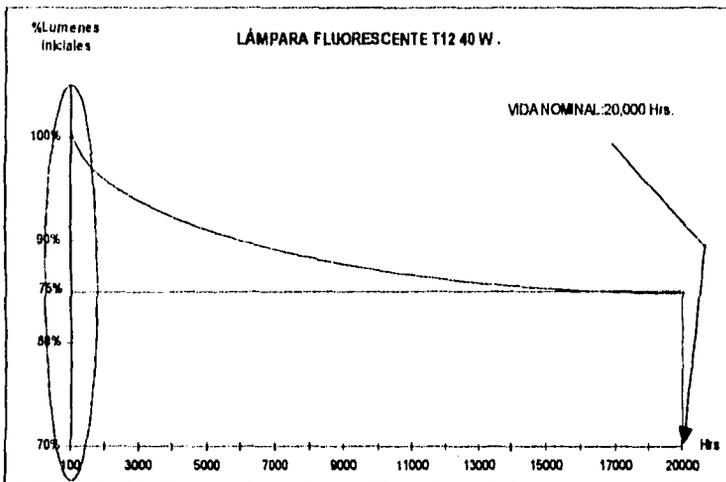
**Las lámparas fluorescentes comienzan a fallar con mayor frecuencia después de alcanzar el 70% de su vida nominal.**

## → DEPRECIACIÓN DE LÚMENES.

Es claro que las fuentes luminosas conforme se aplican van perdiendo paulatinamente sus características que poseían en el momento de su fabricación. El flujo luminoso no es la excepción.

Los fabricantes de lámparas pueden proporcionar las *curvas típicas de depreciación luminosa* de sus productos. Tales curvas indican la cantidad de flujo luminoso, en lúmenes, que la lámpara provee a lo largo de su vida; En el momento de comenzar la vida de la lámpara el flujo luminoso tiene su máximo valor. Este valor no debe de ser tomado en cuenta para efectos de diseño ni para efectos de medición de niveles de iluminancia, ya que a la postre el flujo decaerá en mayor o menor grado dependiendo del tipo de lámpara que se trate.

Para LÁMPARAS FLUORESCENTES, el flujo luminoso disminuye con mayor rapidez durante las primeras 100 horas de vida de operación que en cualquier otro momento. Tomando como referencia este valor (llamado lúmenes iniciales) el flujo luminoso decrece hasta el final de su vida promedio de un 10 a un 15%.



Tomando como ejemplo a las lámparas fluorescentes, dado que es inevitable la depreciación lumínica y estas comienzan a fallar con mayor frecuencia después de alcanzar el 70% de su vida nominal, para mantener un compromiso razonable entre el costo de operación y mantenimiento de la lámpara ( \$ / Lum ) y los niveles de iluminación se recomienda realizar el reemplazo colectivo de lámparas cuando se llega de un 65 o un 75 % de su vida nominal.

Por ejemplo, para lámparas T12 40 W 20, 000 Hrs, el reemplazo colectivo se recomienda hacerlo a las 14,000 Hrs de operación promedio.

→ **TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA, TCC ( K ).**

Es una forma de cuantificar *la tonalidad de la propia fuente luminosa*, empleando para ello una escala análoga de temperatura.

La temperatura de color es el lugar geométrico que describe el cuerpo negro en las coordenadas de cromaticidad conforme aumenta su temperatura, expresada en grados Kelvin [ K ].

El cuerpo negro es una aleación de metales de color negro ( sin mucha imaginación se deduce que de ahí su nombre), realizada a partir de 7 metales, los cuales en conjunto tienen la propiedad de radiar y/o absorber una gama muy amplia de longitudes de onda, prácticamente todas las longitudes de onda que conforman el espectro electromagnético visible.

Para delimitar el lugar geométrico del cuerpo negro este se va calentando y conforme aumenta su temperatura va cambiando de color. Como todos alguna vez hemos visto, al calentar un metal su color va de rojo(rojo vivo), anaranjado-amarillo a tonos blancos (rojo-blanco). A tonos de color rojizos una menor temperatura, a tonos de color azulado una mayor temperatura.

Así, las lámparas con tonalidad cálida se les asignará una baja temperatura de color, en tanto que a las lámparas con tonalidades blanco-azuladas se les asignará una alta temperatura de color.

TEMPERATURA DE COLOR K	CALIDO 2.600 3.400	NEUTRAL 3.900	FRIO 3.900 - 4.900	LUZ DE DIA 5.000
EFFECTOS Y AMBIENTES ASOCIADOS.	INTIMO HOGAR PERSONAL EXCLUSIVO CARO	AMIGABLE INVITANTE SENCILLO	FRESCO LIMPIO ORDENADO	BRILLANTE EFICIENTE ALERTA PRISA HIGIENE
APLICACIONES TÍPICAS	RESTAURANTES LOBIES BOUTIQUES BARES RECEPCIONES	LIBRERIAS OFICINAS PASILLOS	FAST-FOOD COCINAS ESCUELAS OFICINAS TALLERES	HOSPITALES LABORATORIOS IMPRESAS
TONOS CALIDOS BAJA TEMPERATURA DE COLOR.		TONOS FRIOS ALTA TEMPERATURA DE COLOR.		

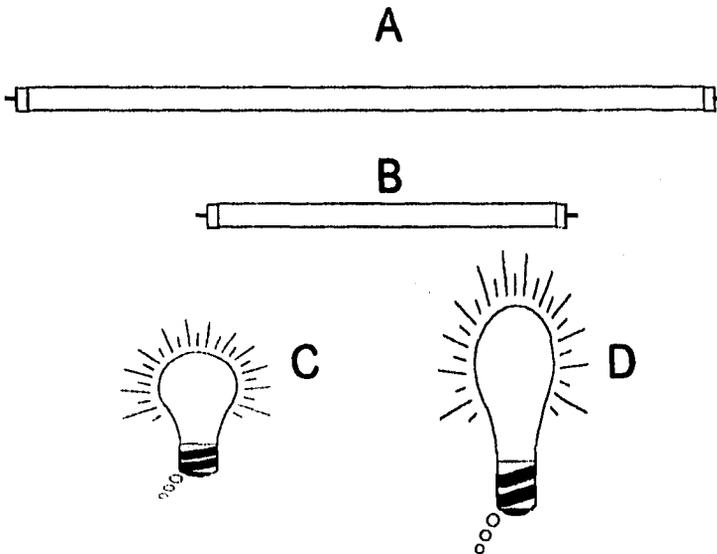
## APLICACIÓN DE LÁMPARAS DE ALTA EFICACIA.

### MARCO DE REFERENCIA.

En general todo el equipo de alta eficiencia, tanto lámparas como balastos, siguen los mismos principios de operación que sus análogos convencionales, sólo que están diseñados con materiales de mayor duración, componentes quirúrgicos mejorados y tendientes a presentar tamaños más compactos. Además, existe la posibilidad de encontrar tecnologías totalmente nuevas como lo son los balastos híbridos y electrónicos.

El empleo de materiales de mayor calidad y nuevas tecnologías implica investigación y maquinaria especializada, hechos que generan por un lado un costo mayor reflejado en el costo de adquisición, pero que se espera generen por otro lado un atractivo ahorro energético reflejado en la facturación eléctrica.

Pensemos en cuatro conjuntos básicos de lámpara-balastro convencionales:



En cuanto a los luminarios estos se diseñan partiendo de la forma y las dimensiones de la lámpara y en caso de alojarlo también considerando las dimensiones del balastro.

REFERENCIA	A	B	C	D
P. OPERACIÓN	FLUORESCENTE	FLUORESCENTE	INCANDESCENTE	MERCURIO
BULBO	TUBULAR	TUBULAR	A-19	ED120
LONGITUD	2.44 [m] (96')	1.22 [m] (42')	12.35 [cm]	29.2 [cm]
DIÁMETRO	3.81 [cm] ( 12/8' )	3.81 [cm] ( 12/8' )	6.03 [cm] ( 19/8' )	12.2 [cm]
POTENCIA TÍPICA	75 [W]	40 [W]	75 [W]	400 [W]
TEMP. DE COLOR	6,500 [K] Luz de día	6,500 [K] Luz de día	2,700 K	3,000[K] Bco. de Lujo
FLUJO	5,200 [Lm]	2,600 [Lm]	1,070 [Lm]	23,000 [Lm]
ALTURA DE MONTAJE	3 - 7 [m] "Sencilla" - "doble"	3 - 4 [m] "Sencilla"	2.5 - 3 [m] "Sencilla"	6 - 12 [m] "Doble" - "triple"
APLICACIONES	Interiores Recepciones Estacionamientos Bodegas	Interiores Oficinas Aulas	Interiores Recepciones Privados	Exteriores Estacionamientos Jardines

Para el **BLOQUE A Y B** la forma de las lámparas fluorescentes tubulares indica que el flujo luminoso se ha de distribuir longitudinalmente, es decir con mayor proporción a lo largo de la fuente. Esto último indica implícitamente que se pretende dar una iluminación general y uniforme. Podemos además notar que entre el bloque A y B en cuanto a longitud existe una relación de 2 a 1, misma que se aplica al flujo luminoso. Ambas pueden variar su altura de montaje. Sin embargo, se sugiere que sus alturas de montaje sean moderadas y recomendadas para interiores; Los luminarios que se comercializan por lo general cuentan con la misma versión tanto para A como para B (guardando las debidas proporciones).

Para el **BLOQUE C** en cuanto a morfología encontramos que la fuente incandescente tiende a ser una fuente puntual, hecho que favorecerá ya sea la acentuación de los colores o proporcionar una atmósfera de confort propia de lugares privados. El espacio reducido que ocupan permite que sean instaladas en casi cualquier lado, hecho que depende de la arquitectura del recinto a iluminar.

En cuanto al **BLOQUE D** basta decir que se aplica a exteriores, donde se busca cubrir áreas extensas y donde la tarea visual puede ser simplemente la de transitar con seguridad.

Depende de la aplicación particular la elección de la alternativa o alternativas tecnológicas para sustituir los sistemas convencionales por sistemas ahorradores. Sin embargo, mostramos a continuación un cuadro donde se indica la generalidad de las tales alternativas y donde se han comprobado sus beneficios:

SISTEMA CONVENCIONAL.	ALTERNATIVA TECNOLÓGICA.
<b>A Y B</b>	FLUORESCENTES AHORRADORAS.
<b>C</b>	COMPACTAS FLUORESCENTES.
<b>D</b>	HID MEJORADAS.
<b>A, B, C y D</b>	CAMBIO DE MORFOLOGÍA.

## LÁMPARAS FLUORESCENTES.

Existen tres tipos de lámparas fluorescentes, los cuales están definidos por los circuitos con los que se operan:

PRECALENTAMIENTO      ARRANQUE INSTANTÁNEO      ARRANQUE RÁPIDO.

### PRECALENTAMIENTO (PC).

1. Fue el primero en desarrollarse.
2. Las bases de las lámparas tienen dos terminales de conexión (pines).
3. Requiere de un arrancador separado que precalienta los electrodos al hacerles pasar corriente eléctrica, provocando con ello una emisión progresiva de electrones empleados en la descarga eléctrica en el interior del tubo.
4. Luego de calentar los electrodos intermite la corriente y aplica un voltaje de arranque lo suficientemente grande para establecer el arco de descarga.
5. El encendido de la lámpara requiere de algunos segundos, debido al proceso de precalentamiento de los electrodos.

### ARRANQUE INSTANTÁNEO (AI).

1. Fue introducido en 1944 para mejorar el lento encendido por precalentamiento.
2. El circuito de AI elimina la necesidad de un arrancador y simplifica el sistema y el tiempo de encendido de la lámpara, para lo cual se aplica un voltaje mucho más alto que el aplicado por el circuito de PC para vencer de golpe la resistencia a la descarga en el interior del tubo.
3. El paso de la corriente calienta los electrodos emisores de electrones lo que permite sostener la corriente de operación y de ahí que las bases de las lámparas tienen sólo una terminal de conexión.

### ARRANQUE RÁPIDO (AR).

1. Fue presentado en 1952 tanto la lámpara como el circuito de AR.
2. Este circuito enciende a la lámpara rápidamente sin necesidad de un arrancador, para lo cual se usan electrodos de baja resistencia lo que permite que su "precalentamiento" sea prácticamente instantáneo.
3. Los electrodos de las lámparas son calentados permanentemente con muy bajas pérdidas, lo cual requiere que tengan en sus dos terminales de conexión (similares a las de las lámparas de AR).
4. Las lámparas de AR pueden usarse en circuitos de PC, no así una de PC en un circuito de AR.
5. Existen versiones de lámparas de AR tanto circulares como en forma de U (curvalum).
6. Los balastos de AR son más reducidos y eficientes que los de AI para la misma potencia.
7. En lámparas tubulares, además del incremento de la eficacia, con el empleo de menores diámetros tienen una ventaja adicional que es el mayor control de la luz; Las lámparas T8 de 122 [cm] y T8 de 60 [cm] de longitud se han extendido para sustituir a lámparas T12 de longitud similar.

La selección de una lámpara fluorescente siempre significa un compromiso entre la eficacia y el color. La selección del mejor rendimiento de color usualmente significa una reducción de la eficacia. Las lámparas Blanco frío, Blanco cálido, Blanco y Luz de día tienen eficacias altas pero un CRI pobre. En cambio las lámparas de Blanco frío de lujo y Blanco cálido de lujo ofrecen un mayor CRI con una razonable eficacia.

A continuación mostramos una tabla que nos puede ayudar en la selección de lámparas fluorescentes mejoradas con dimensiones idénticas a las convencionales.

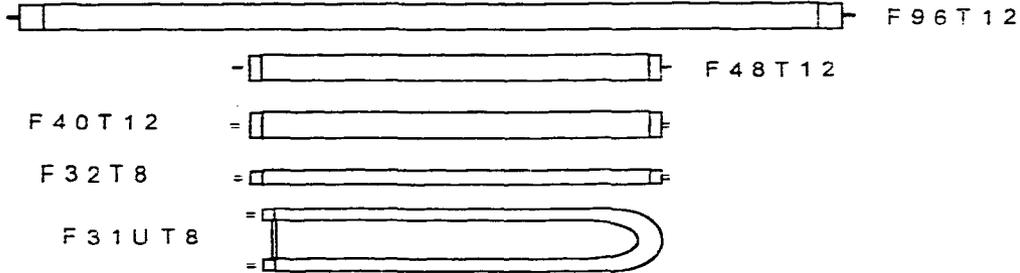
SELECCIÓN DE LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES

SISTEMA CONVENCIONAL							SISTEMA AHORRADOR EQUIVALENTE							BENEFICIOS OBTENIDOS			
Potencia [W]	Tipo de lámpara	Arranque	Vida [Hrs]	Flujo [Lm]	CRI %	TEMP. de color.	Potencia [W]	Tipo de lámpara	Arranque	Vida [Hrs]	Flujo [Lm]	CRI %	TEMP. de color.	AHORRO [W]	Vida [Hrs]	Flujo [Lm]	CRI [%]
75	FT12	A1	12,000	5,200	75	LD 6500 K	60	FT12	A1	12,000	5,430	62	BF 4100 K	15	0	2,000	-17
40	FT12	AR	20,000	2,600	76	LD 6500 K	34	FT12	AR	20,000	2,650	62	BF 4100 K	6	0	50	-17
							32	FT8	AR	20,000	3,050	65	BF 4100 K	5	20,000	3,050	6
39	FT12	A1	9,000	2,500	79	LD 6500 K	34	FT12	AR	20,000	2,650	62	BF 4100 K	5	11,000	150	-17
							22	FT8	AR	20,000	3,050	65	BF 4100 K	7	20,000	3,050	6
40	FT12 curv	AR	18,000	2,400	79	LD 6500 K	34	FT12 curv	AR	20,000	2,900	65	BF 4100 K	6	2,000	500	6
							31	FT8 curv	AR	20,000	2,900	65	BF 4100 K	9	2,000	500	6
24	FT12	A1	7,500	990	79	LD 6500 K	17	FT8	AR	20,000	1,400	65	BF 4100 K	4	12,500	410	6
35	FT12	AR P.C.	9,000	1,075	76	LD 5000 K	17	FT8	AR	20,000	1,400	65	BF 4100 K	3	11,000	326	6

A1 ARRANQUE INSTANTANEO  
AR ARRANQUE RÁPIDO  
P.C. PRECALENTAMIENTO

curv. CURVALUM  
LD LUZ DE DÍA  
BF BLANCO FRÍO

Flujo LUMENES INICIALES  
Vida SE CONSIDERA 3 HORAS DE ENCENDIDO POR ARRANQUE DE LA LÁMPARA



## LÁMPARAS COMPACTAS FLUORESCENTES

Son de un diámetro reducido ( T4 y T5 ), el cual se dobla para disminuir su tamaño. El hecho que su diámetro sea menor hace posible el uso de fósforos de alta calidad mejorando la reproducción de colores y la eficacia por lo que tienden a desplazar a los equipos incandescentes convencionales.

Existen básicamente tres tipos de lámparas compactas fluorescentes:

LAMPARAS T4.

LAMPARAS T5.

LAMPARAS CON BALASTRO INTEGRADO.

### LÁMPARAS T4.

- △ Su encendido por lo general es por precalentamiento.
- △ Se encuentran con 2 o 4 tubos, teniendo en ambos casos ya sea 2 o 4 pines.
- △ Las que tienen 2 poseen arrancadores integrados en sus bases.
- △ Son operadas por balastro electromagnético en la mayoría de los casos.
- △ Las lámparas T4 de 4 pines son especiales, no usan arrancador y pueden ser atenuadas por balastos electrónicos.

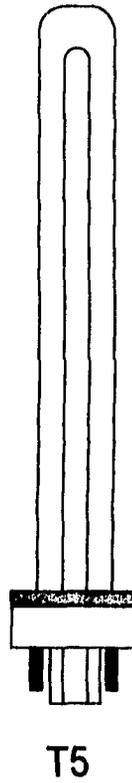
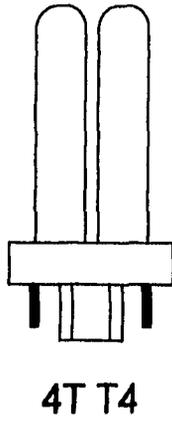
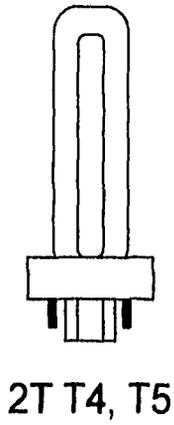
### LÁMPARAS T5.

- △ Se diseñan con doble tubo gemelo.
- △ Se aplican en la sustitución de lámparas fluorescentes convencionales de 21" (60 cm).
- △ Pueden ser operadas tanto con balastro electromagnético como con electrónico.

### LÁMPARAS CON BALASTRO INTEGRADO.

- △ El balastro que las opera puede ser de tipo electromagnético o bien electrónico.
- △ El balastro en este caso está integrado a la lámpara en una base que se puede introducir en cualquier base de conexión para lámpara incandescente ( base E26 ).
- △ Los costos de mantenimiento por sustitución son mayores ya que al fallar la lámpara o bien fallar el balastro se debe de cambiar la unidad completa.
- △ Existe una gran variedad de modelos, que prácticamente igualan las presentaciones de casi todas las lámparas incandescentes ( existen hasta tipo reflector).

## LÁMPARAS COMPACTAS FLUORESCENTES.



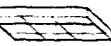
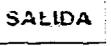
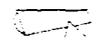
## PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS LCF.

- ↗ Aumento de eficacia. Las lámparas incandescentes en promedio tienen eficacias que van de los 8-15 [Lm/W], en tanto que las compactofluorescentes ofrecen eficacias que van de los 25-85 [Lm/W] tres a cuatro veces más que las primeras, lo anterior con empleo de balastro electromagnético.
- ↗ La vida típica de una compactofluorescente es de 9,000 a 20,000 horas de operación, de 10 a 12 veces más que la vida de las incandescentes que fluctúan entre 750 y 2,000 horas.
- ↗ Están diseñadas para ser sustituidas directamente en los luminarios ocupados por incandescentes, aunque además de ello existe en la actualidad un gran interés por el diseño de nuevos luminarios especiales para este tipo de lámparas.
- ↗ La tonalidad de este tipo de lámparas puede encontrarse desde los 2,700 K a los 4,100 K, es decir que prácticamente cuentan con las mismas tonalidades que las lámparas fluorescentes convencionales (excepto luz de día) y además con bajas temperaturas de color, 2,700 K, que proveen una atmósfera similar a las incandescentes.
- ↗ Al ser de bajos consumos se puede lograr un abatimiento de la carga térmica por concepto de iluminación de un 30 a un 85 %, lo cual dependiendo de las características del clima y del inmueble puede significar un ahorro del 10 al 30% de toda la carga térmica en su conjunto.
- ↗ Los ahorros económicos generados por el ahorro en consumo y en demanda (dependiendo de la tarifa y del perfil de carga del usuario) aunados a los ahorros por mantenimiento, pueden permitir un rápido ahorro retomo de la inversión inicial.
- ↗ No son recomendables para alturas de montaje mayores a 4 [m].
- ↗ No se recomiendan para aplicaciones que requieran haz de luz cerrado (menor a 20°), ya que en general su haz es difuso, aunque existen versiones tipo reflector parabólico.
- ↗ Se debe de considerar que las temperaturas de operación extremas afectan su funcionamiento. Lámparas de baja potencia (menos de 10 W) a menos de 4°C no pueden encender; En el extremo, arriba de lo 40°C cualquier compacta fluorescente tiene una reducción de más del 20% del flujo luminoso nominal.
- ↗ Como sucede con la mayoría de las lámparas de descarga la posición en que operan afecta el flujo luminoso entregado. La emisión de estas lámparas se mide con su base hacia arriba, pero cuando se operan con la base hacia abajo existe una reducción del flujo luminoso de un 15 a un 20%, aunque las nuevas versiones emplean una amalgama de mercurio que minimiza los efectos de la temperatura extrema y la posición de operación de la lámpara.
- ↗ Aunque generan distorsión armónica, la reducción de al menos un 70% de la carga en la línea compensa el efecto de la primera, lo que prácticamente asegura que el neutro no se sobrecalentará. Sin embargo, se recomienda checar este dato en las hojas de especificaciones, cuidando que no se sobrepase la distorsión armónica de un 30%.

TIPO DE LAMPARA	TIPO DE BALASTRO	POTENCIA [W]	EFICACIA [Lm/W]	VIDA <sup>1</sup> [Hrs]	LONGITUD		
					[cm]	[Pulg]	
INCANDESCENTE	===	25 - 150	8 - 20	750 - 2,000	· 17.78	· 7	
T4	TT	MAGNETICO	5 - 13	25 - 50	10,000	10.16 - 19.05	4 - 7 1/2
	QT	MAGNETICO	9 - 26	35 - 55	10,000	11.43 - 20.32	4 1/2 - 8
T5	TT	MAGNETICO	18 - 40	50 - 60	≤ 20,000	22.86 - 57.15	9 - 22 1/2
	TT	ELECTRONICO	18 - 40	70 - 85	15,000	22.86 - 57.15	9 - 22 1/2
LAMPARA Y BALASTRO INTEGRADO	MAGNETICO	15 <sup>2</sup>	45 - 50	9,000	15.24 - 22.86	6 - 9	
	ELECTRONICO	7 - 27 <sup>2</sup>	55 - 60	9,000	15.24 - 20.32	6 - 8	
CIRCULAR	MAGNETICO	20 - 40	35 - 60	12,000	16.51 - 40.64	6 1/2 - 16	

**NOTAS:** <sup>1</sup> La vida de las lámparas están basadas en 3 Hrs de encendido por un arranque.  
<sup>2</sup> Incluye potencia consumida en el balastro.

LAMPARA COMPACTA FLUORESCENTE				INCANDESCENTE POR REEMPLAZAR	
TIPO	REFERENCIA	Potencia [W]	Lm iniciales	Potencia [W]	Lm iniciales
LAMPARA-BALASTRO SEPARADOS	5 W TT	5	250	25 - 40	200 - 900
	7 W TT	7	400	40 - 60	500 - 700
	9 W TT	9	600	40 - 75	500 - 900
	13 W QT	13	900	75 - 100	900 - 1200
	28 W QT	28	1800	100 - 150	1200 - 2000
LAMPARA-BALASTRO INTEGRADOS	G.E. Compax	15	700	40 - 60	500 - 700
	Enrth Ligh SL18	18	1100	40 - 75	500 - 700

LAMPARA \ LUMINARIO	EMPROTRAR 	SOBREPONER 	COLGANTES 	EMPOTRAR 60 X 60 [cm] 	DECORATIVOS DE PARED 	SEÑALIZACION EMERGENCIA <b>SALIDA</b> 	REFLECTOR 
INCANDESCENTE	+	+	+	-	+	+	+
T4 T8	+	+	-	-	+	+	+
T4 T8	+	+	+	-	+	-	-
T5 T7	-	+	-	++	+	-	+
LAMP/BALAST INTEGR	+	-	++	-	-	-	-
CIRCULAR	-	+	+	-	+	-	-
REFLECTOR INTEGRADO	++	-	+	-	-	-	+
NOTAS:	++ MÁXIMO APROVECHAMIENTO. + RECOMENDADO - NO RECOMENDADO						

**No se trata en ningún momento de sustituir los sistemas convencionales por ahorradores indiscriminadamente ya que el primero puede de por sí estar mal concebido y aplicar sistemas ahorradores puede llegar a ser un desperdicio total.**

Supongamos una lámpara incandescente desnuda de 200 [W] a una altura de 5 metros aplicada en un pasillo. Si la queremos sustituir por lámparas compactas fluorescentes ( 2 o 3 de 23 W ) ya que "las incandescentes siempre se sustituyen por compactas fluorescentes", estaríamos en un grave error, ya que lo que debemos de sugerir es colocar un sistema fluorescente ( Por ejemplo, fluorescente 2x32 [W] 4100 K ).

## LÁMPARAS HID MEJORADAS.

Tradicionalmente en cuanto a iluminación exterior de fachadas, estacionamientos y jardines de edificios no residenciales se ha venido utilizando tanto lámparas HID de baja eficiencia, tales como VAPOR DE MERCURIO Y LUZ MIXTA, así como lámparas incandescentes de gran potencia, tales como IODO-CUARZO E INCANDESCENTES CONVENCIONALES.

### VAPOR DE MERCURIO Y LUZ MIXTA.

Las fuentes HID de vapor de mercurio (VM) y luz mixta (LM) en un principio fueron una buena y económica solución al problema de iluminar zonas exteriores extensas. Ambas emplean dentro de su tubo de descarga pequeñas porciones de mercurio para lograr la emisión de luz ultravioleta, que por medio de una película de fósforos que se encuentra en la superficie interior de su bulbo cambian tal radiación en luz visible para el ojo humano.

La única diferencia es que la de VM es operada por un balastro externo, mientras que la LM tiene en el interior de su bulbo un filamento resistivo, el cual actúa como balastro. La principal desventaja de ambas es su baja eficacia (de 45 a 57 y de 18 a 26 [Lm/W] respectivamente) y su muy alto % de depreciación lumínica que en promedio va de un 18% y llega a ser hasta de un 29%.

### ADITIVOS METÁLICOS

La tecnología ha mejorado el principio de operación de estas fuentes y ha logrado disponer de otras alternativas, tales como las lámparas de HALOGENUROS METÁLICOS o también conocidas como ADITIVOS METÁLICOS (AM), las cuales también emplean mercurio en su bulbo de descarga y sólo se diferencian en que añaden porciones ínfimas de halógenos que en comparación de sus antecesoras mercuriales mejoran notablemente su eficacia que va de los 74 a los 103 [Lm/W], todo esto en ocasiones aunado al mejoramiento de la película de fósforos que mejoran el CRI, el cual desafortunadamente suele depreciarse rápidamente en comparación de otras fuentes luminosas.

Este tipo de lámparas es bastante utilizado por tener temperaturas de color que va de sermicalidas a frías, similares a la tonalidad cálida de las lámparas de Iodo Cuarzo y a la tonalidad blancuzca del VM, lo que permite emplearse para resaltar colores y detalles de fachadas, jardines y zonas deportivas.

### VAPOR DE SODIO EN BAJA Y ALTA PRESIÓN.

Existen fuentes que en lugar de emplear Mercurio como su principal reactivo emplean Sodio, el cual dentro del tubo de descarga se somete a bajas o altas presiones, dando lugar al principio de operación de las lámparas de VAPOR DE SODIO EN BAJA Y ALTA PRESIÓN (VSBP y VSAP) respectivamente.

Sodio baja presión es la lámpara más eficiente que jamás se haya desarrollado (y de las de sodio la primera en diseñarse), proporcionando eficacias desde 98 a 180 [Lm/W] que las hacen las lámparas más rentables del mercado. Sin embargo no es siempre la mejor opción ya que su espectro electromagnético tiene una fuerte concentración de radiación amarilla-rojiza que tiende a distorsionar los colores. Además, su bulbo por diseño es mucho más alargado lo que complica su instalación y el control de la luz que proporciona y requiriendo de un gabinete más amplio.

Para dar respuesta a las necesidades de iluminación se desarrolló la lámpara de VSAP, la cual mejora la reproducción de colores que su compañera en baja presión (aunque no en la forma que lo hacen las de AM), con una eficacia poco menor que va de los 80 a los 126 [Lm/W]. Se recomienda emplearse en estacionamientos internos o externos donde sólo se requiere un nivel 5 o hasta 8 [Lux] y donde el CRI no afecte mucho la tarea visual.

## TABLA DE COMPARACIÓN DE FUENTES LUMINOSAS APLICADAS A ILUMINACIÓN EXTERIOR.

TIPO DE LAMPARA	POTENCIA* W	FLUJO Lúmenes	EFICACIA Lm/W	VIDA Nominal Hrs
<b>V. DE MERCURIO</b>	400	23,000	57.50	24,000
	250	13,000	52.00	24,000
	175	8,500	48.57	24,000
	125	6,200	49.60	18,000
	80	3,700	46.25	18,000
<b>LUZ MIXTA</b>	500	13,000	26.00	12,000
	250	5,500	22.00	12,000
	160	3,000	18.75	12,000
<b>ODO - CUARZO</b>	1,000	35,800	23.87	2,000
	1,000	21,400	21.40	3,000
	500	10,950	21.90	3,000
<b>INCANDESCENTE</b>	1,000	19,500	19.50	1,000
	500	9,825	19.65	1,000
	300	5,750	19.17	1,000
	200	3,450	17.25	1,000
	150	2,420	16.13	1,000
<b>SODIO ALTA PRESION</b>	400	50,000	125.00	24,000
	250	27,500	110.00	24,000
	150	16,000	106.67	24,000
	70	6,300	90.00	24,000
	50	4,000	80.00	24,000
<b>SODIO BAJA PRESION</b>	180	32,500	180.56	18,000
	135	22,500	166.67	24,000
	90	13,500	150.00	24,000
	55	8,000	145.45	24,000
	35	4,800	137.14	22,000
	18	1,770	98.33	22,000
<b>ADITIVOS METALICOS</b>	1,500	155,000	103.33	3,000
	1,000	110,000	110.00	12,000
	400	36,000	90.00	20,000
	250	20,500	82.00	10,000
	175	13,000	74.29	10,000

\* NO SE INCLUYEN PERDIDAS EN EL BALASTRO.

## CAMBIO DE MORFOLOGÍA.

El cambio de tecnología involucra sustituir los sistemas convencionales NO SOLO POR SUS EQUIVALENTES AHORRADORES, sino comenzando desde su *morfología*.

Este cambio además *implica implementar gabinetes distintos, hacer cambios en la decoración* (obra civil) y muy probablemente *adecuaciones en la instalación eléctrica*. Esto tiene un costo adicional que sólo se justifica si hay una notable reducción en el número de gabinetes, la potencia demandada y el consumo del sistema, es decir, solo si el análisis económico así lo indica.

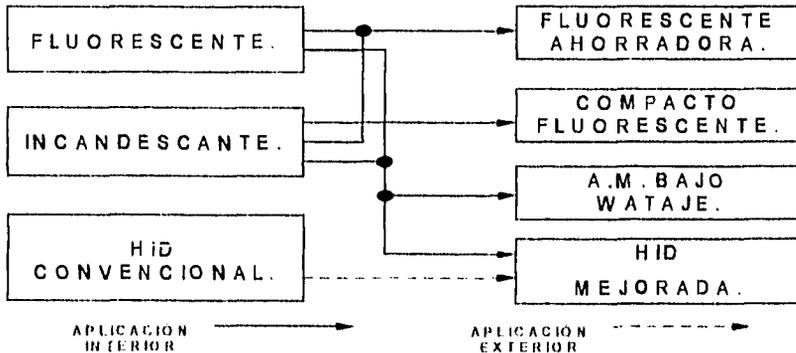
### EJEMPLOS.

Las lámparas fluorescentes colocadas a alturas mayores de 7 metros dejan de ser aprovechadas adecuadamente. Para dar el nivel de iluminación requerido por el usuario el sembrado resulta ser enorme así como sus correspondientes costos de adquisición y mantenimiento. Lo anterior típicamente se ve en supermercados viejos. Considerando el cambio de morfología la solución a este respecto sería usar lámparas de aditivos metálicos de potencia de 175, 250 o 400 W.

En interiores con alturas medianas dedicadas a áreas comunes, por ejemplo tránsito en centros comerciales, recepciones, salones de eventos o exhibiciones aún es común encontrar lámparas incandescentes tipo spot o A19 (incandescente convencional), lugares donde un cambio de morfología permitiría un mejor aprovechamiento de la energía. En este caso se sugiere usar aditivos metálicos de bajo wataje tipo cartucho de 75 o 150 W en gabinetes muy probablemente empotrados en plafón.

Para iluminación exterior encontramos comúnmente, además de HID convencional, lámparas incandescentes de lodo-cuarzo, las cuales solo se recomienda como luces de seguridad, y que pueden ser sustituidas por HID mejoradas de media y alta potencia ( 150, 250 ó 400 W).

### SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS.



**LOS COMENTARIOS ANTERIORES NO SON RECETAS DE COCINA, SINO GENERALIDADES QUE DEPENDEN DE CADA CASO. PARA ASEGURAR SU CORRECTA APLICACIÓN ES NECESARIO UN ESTUDIO DE ILUMINACIÓN QUE DESAFORTUNADAMENTE COMO SE HA COMENTADO QUEDA FUERA DE LOS ALCANCES DE ESTE TRABAJO.**

# BALASTROS DE ALTA EFICIENCIA.

Las alternativas en cuanto a balastos :

1. B. ELECTROMAGNÉTICOS DE ALTA EFICIENCIA.
2. B. ELECTRÓNICOS.
3. B. HÍBRIDOS.

## B. ELECTROMAGNÉTICOS DE ALTA EFICIENCIA.

Como su nombre lo indica estos dispositivos hacen uso de elementos electromagnéticos, inductancias y capacitores básicamente.

En realidad el principio de operación de los Balastos Electromagnéticos ahorradores con respecto de los convencionales es el mismo, solo que lo hace con elementos mejorados. Por ejemplo, los alambres con que se construyen los enbobinados son de un calibre mayor para evitar pérdidas por efecto joule; Los aislamientos son de una resistividad mas alta con lo que se disminuyen las fugas de corriente además de que dicho material aislante debe de ayudar a disipar de una forma más efectiva el calor generado; Las laminaciones de los transformadores y partes magnéticas son mas delgadas con lo que se disminuyen las corrientes parásitas y son hechas además con aleaciones especiales que reducen las pérdidas de flujo magnético.

Todos cuentan con una termoprotección que apaga al balastro si se calienta por arriba de límites preestablecidos, volviendo a conectarse al enfriarse y desconectándose de nuevo si se repite la alta temperatura (esto ayuda a identificar rápidamente un balastro que esta a punto de fallar).

## B. ELECTRÓNICOS.

Estos balastos son hechos empleando en gran parte elementos electrónicos. Su principio de operación es distinto al de los Electromagnéticos. Sin embargo simulan las condiciones de arranque y de operación requeridas por la fuente. Esta simulación se hace con pulsos de muy alta frecuencia, por lo que son silenciosos, aunque desafortunadamente si son de baja calidad pueden inyectar un alto número de armónicas al sistema del usuario.

**Son de peso más reducido y los que disipan menos calor. Son los mas eficientes, pero también los más caros.**

Además del nulo nivel de ruido audible, otra de las ventajas más importantes de su alta frecuencia de operación es que esta permite operar las lámparas a su potencia nominal obteniendo una mayor salida luminosa.

Los datos de salida de las lámparas están dadas en función de un balastro patrón electromagnético. Como el voltaje de alimentación tiene una frecuencia determinada, 60 Hz, la corriente de descarga cambiará de sentido 60 veces por segundo, mismas veces que se extinguirá. Dada la relativa baja respuesta del ojo humano a esta frecuencia es que no nos enteramos de que la lámpara se prende y se apaga.

El empleo de fósforos, como en el caso de las lámparas fluorescentes permite atenuar este efecto. Una vez que se ha extinguido la corriente los fósforos excitados por la luz ultravioleta permanecen irradiando luz mientras con el siguiente ciclo regresa la corriente. Al operar las lámparas a una alta frecuencia se aprovecha aún más el trabajo de los fósforos y se minimiza la percepción del corte de corriente en la lámpara; Existen dos posibilidades gracias al manejo de una mayor frecuencia de operación de los balastos electrónicos:

1. OPERAR LA LÁMPARA A UNA POTENCIA POCO MENOR A LA NOMINAL TAMBIÉN CON UNA PEQUEÑA DISMINUCIÓN EN LA SALIDA DE LÚMENES.
2. OPERAR LA LÁMPARA A UNA POTENCIA POCO MAYOR A LA NOMINAL CON UN AUMENTO EN LA SALIDA DE LÚMENES.

Esto lo podemos ver en las hojas de especificaciones del fabricante viendo el dato de factor de balastro (BF). Tomemos como ejemplo un balastro MARK V, marca Advance para operar una lámpara T8 de 32 W, con un voltaje de alimentación de 127V:

CATALOGO.	WATTS DE ENTRADA.	BF.
RIC-132TP	31	0.85 - 0.924
RIC-140TP	40	1.10

Lo anterior es aplicado al cálculo de iluminación donde el BF indica la eficacia real del balastro en cuanto a la producción de lúmenes disponibles. Con este factor el diseñador puede jugar con las distintas opciones de balastos para llegar a los niveles de iluminación requeridos.

$$E = \frac{(\# \text{ Lámparas}) (\text{Lum/Lámpara}) (\text{LLD}) (\text{LDD}) (\text{RSDD}) (\text{CU}) (\text{FB})}{\text{Área}}$$

COMO YA SE HA COMENTADO DESAFORTUNADAMENTE EL CALCULO DE ILUMINACIÓN QUEDA FUERA DE LOS ALCANCES DE ESTE TRABAJO, SOLO QUE ES IMPORTANTE INDICAR EN DONDE SE APLICAN LOS CONCEPTOS AQUÍ INDICADOS.

Otro aspecto importante es que gracias a su principio de operación pueden ser atenuados, hecho importante si el usuario tiene requerimientos muy precisos en ese sentido, por ejemplo, en hoteles, bares y restaurantes que durante cierta hora del día requiere una iluminación plena y a ciertas horas requiere una iluminación de ambientación adecuada.

## B. HÍBRIDOS.

Estos están realizados tanto elementos electrónicos como con elementos electromagnéticos. Tienen un costo intermedio y pueden ofrecer características superiores a las de los electromagnéticos pero no tan notables como las de los electrónicos.

## CRITERIOS DE SELECCIÓN DE UN BALASTRO.

El hecho que una lámpara sea ahorradora en ningún momento indica que nuestro sistema de iluminación por descarga será el óptimo, ya que este sólo puede entenderse como un conjunto LÁMPARA-BALASTRO.

Una vez seleccionada la fuente de iluminación procede seleccionar el balastro que la operará y solamente de la operación en conjunto de estos dos es que se podrá estimar la potencia demanda y las características de operación de nuestro sistema de iluminación.

Los parámetros que más comúnmente se deben de tomar en cuenta en la selección de un balastro, independientemente del tipo de lámpara que se trate son:

- FACTOR DE BALASTRO (O DE PERDIDAS) (FB).
- FACTOR DE EFICACIA DEL BALASTRO (BEF).
- REGULACIÓN (REG).
- FACTOR DE POTENCIA (FP).
- PROPORCIONE LAS CONDICIONES DE ARRANQUE Y OPERACIÓN ADECUADAS PARA LA LÁMPARA.
- DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD).

### FACTOR DE BALASTRO (FB).

Es la relación expresada en % entre la salida de la lámpara ( flujo luminoso o potencia eléctrica) al emplear un balastro específico con respecto de usar un balastro patrón ( balastro de laboratorio). Para calcular el FB puede usarse cualquiera de las dos expresiones:

Arranque rápido y precalentamiento.  $FB = ( P_{LÁMPARA C/ BALASTRO ESPECÍFICO} / P_{LÁMPARA C/ BALASTRO PATRÓN} ) \times 100 \%$

Arranque rápido.  $FB = ( \phi_{LÁMPARA C/ BALASTRO ESPECÍFICO} / \phi_{LÁMPARA C/ BALASTRO PATRÓN} ) \times 100 \%$

### FACTOR DE EFICACIA DEL BALASTRO (BEF).

Es una medida de la eficiencia energética del balastro, que se calcula como el cociente de :

$$BEF = FB / P_{LINEA}$$

Conforme mayor sea este valor mejor será la eficiencia de nuestro balastro.

EQUIPO FLUORESCENTE.		
BALASTRO	TIPO	BEF
2X32	AR	1.25
2X34	AR	1.17
2X40	AR	1.06
2X32	AI	1.23
2X39	AI	1.08
2X60	AI	0.712
2X75 o 2X74	AI	0.57

REF. Norma INMEX J 156-1994 SCFI

## □ REGULACIÓN (REG).

Es natural y prácticamente imposible evitar en balastos electromagnéticos que el propio balastro tienda a cambiar la potencia que entrega a la lámpara al variar el voltaje de suministro.

El fabricante debe de proporcionar una curva en la cual se observe la relación de Potencia de lámpara - Voltaje de suministro al balastro. Así, se debe de elegir aquel balastro que tanto antes como después de la tensión nominal la potencia de la lámpara cambie en forma suave, tal como lo recomienda ANSI.

Este criterio de selección es importante sobretodo en lugares donde se espera tener variaciones de voltaje medias o altas (10 - 20%) para disminuir en lo posible la variación de flujo luminoso y conservar la vida de la lámpara.

## □ FACTOR DE POTENCIA (FP).

Se define como la relación de la potencia real a la potencia aparente y se calcula como el cociente que resulte de:

$$FP = P_{LINEA} / (V_{LINEA} * I_{LINEA}) \times 100 \%$$

El máximo valor (ideal por cierto) que puede tenerse es 1. En la realidad esto no sucede así. Sin embargo, este factor no debe de ser menor a 90 %.

## □ PROPORCIONE LAS CONDICIONES DE ARRANQUE Y OPERACIÓN ADECUADAS PARA LA LÁMPARA.

La importancia de cumplir con los parámetros que a continuación nos referimos radica en la conservación de la fuente luminosa. El tiempo que se invierte en una adecuada selección del balastro hará menos probable el fallo masivo de lámparas y eso es contribuir a un ahorro por compra de materiales de reposición, aunque sea en forma indirecta.

### CONDICIONES DE ARRANQUE:

Voltaje de circuito abierto (VOC).

Corriente mínima y máxima de arranque (Factor de cresta).

Amplitud y posición del pulso de alto voltaje al arranque (sólo VSAP).

Voltaje de filamento (sólo fluorescente de arranque rápido).

### CONDICIONES DE OPERACIÓN:

Voltaje de lámpara.

Corriente de lámpara.

Potencia de lámpara.

Voltaje de filamento (sólo fluorescente de arranque rápido).

Lo que se hace aquí es cruzar la información de los fabricantes de lámparas y de balastos de forma tal que los valores requeridos y ofrecidos coincidan adecuadamente.



En especial de los parámetros anteriores, el Factor de cresta llama la atención dado que este indica que tanto afectamos la vida de la lámpara con la forma con que la arrancamos. El factor de cresta relaciona la corriente pico de arranque del balastro con el valor de corriente RMS de operación normal del mismo balastro.

$$FC = (I_{pico} / I_{RMS}) \times 100\%$$

El valor ideal de este factor es 1.41 ( raíz cuadrada de 2), pero comúnmente es mayor. El máximo valor permitido es de:

1.8	Fluorescentes Arranque instantáneo y todas la de HID.
1.7	Fluorescentes Arranque rápido y precalentamiento.

Conforme nos vamos alejando del valor de 1.41 la vida de la lámpara aumenta.

## □ DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD).

La onda de voltaje que alimenta a nuestro balastro es de tipo sinusoidal de lo cual se esperaría que se obtuviera una onda de corriente también sinusoidal similar a la primera. Sin embargo, esto no sucede así para la mayoría de las cargas eléctricas. El THD ( TOTAL HARMONIC DISTORSION) es una medida del grado con el cual el balastro ( o cualquier equipo eléctrico en general ) ha de distorsionar la forma de la corriente eléctrica

Para calcular el valor de THD también lo podemos expresar de la siguiente manera:

$$THD = \frac{\sqrt{\sum (I_n)^2}}{\sqrt{I_1^2 + \sum (I_n)^2}}$$

$I_n$  : Componente armónica n.  
 $n$  : Orden de la armónica.  
 $I_1$  : Componente fundamental.

Por dar un ejemplo para lámparas fluorescentes AR de 40 W operadas por balastos electromagnéticos típicamente el rango con que operan va de 12 a 20 % de THD, mientras que al ser operadas por balastos electrónicos el rango va de un 5 a un 30 % de THD, aunque en algunos equipos esta llega a más de un 40%.

En especial el Comité de Lámparas y Balastos Fluorescentes del ANSI (American National Standar Institute) ha recomendado que para estos equipos se tenga como *limite un 30%*. Esto se ha basado en los diseños estándares de la IEC (International Electrotechnical Commission).

Haciendo una recopilación de los criterios vistos:

FACTOR	CRITERIO DE SELECCIÓN.
FB	$\geq 92.5\%$ ELECTROMAGNÉTICO. $\geq 88.5\%$ ELECTRÓNICO.
BEF	TAN GRANDE COMO SEA POSIBLE.
REG	LA POTENCIA DE LA LAMPARA CAMBIE SUAVEMENTE CONFORME CAMBIA EL VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN AL BALASTRO.
FP	$\geq 90\%$
FC	$\approx 1.41$ MÁXIMO 1.7 PARA AR y PC. $\approx 1.41$ MÁXIMO 1.8 PARA AI y HID.
THD	$\leq 30\%$

A continuación se muestra una tabla de aplicación típica de sustitución de sistemas fluorescentes, la cual da una idea de los potenciales de ahorro que se tienen al aplicar balastros ahorradores (Además de ello se anexa un comparativo abierto de 6 de los mayores fabricantes de balastros electrónicos en EU).

**Para mayor información se recomienda consultar manuales de cada fabricante, ya que el objetivo de esta parte de la descripción de las alternativas de ahorro sólo es brindar los criterios más importantes de selección de equipos de iluminación eficientes.**

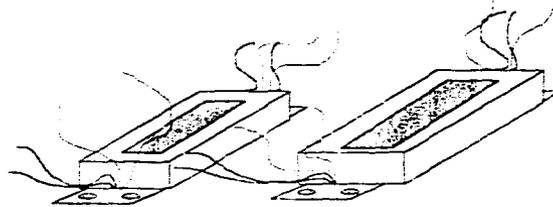
SELECCIÓN DE BALASTROS FLUORESCENTES.

SISTEMA CONVENCIONAL					SISTEMA AHORRADOR EQUIVALENTE					AHORROS OBTENIDOS	
LAMPARA			BALASTRO		LAMPARA			BALASTRO		Potencia	Porcentaje
Potencia [W]	Clase de lámpara	Tipo de Arranque	Tipo de Balastro	Potencia [W]	Potencia [W]	Clase de lámpara	Tipo de Arranque	Tipo de Balastro	Potencia [W]	[W]	%
75	FT12	A1	Electromagnético 1X75	100	60	FT12	A1	Electromagnético 1X60	60	39	38.5%
			Electromagnético 2X75	173				Electromagnético 2X60	123	50	28.9%
			Electromagnético 1X40	48				Electromagnético 1X34	43	5	10.4%
40	FT12	AR	Electromagnético 2X40	96	34	FT12	AR	Electrónico 1X32	36	10	20.8%
			Electromagnético 2X34	72				Electromagnético 2X34	72	24	25.0%
			Electromagnético 1X39	47				Electrónico 2X32	65	31	32.3%
35	FT12	A1	Electromagnético 1X35	47	34	FT12	AR	Electromagnético 1X32	43	4	8.5%
			Electromagnético 2X35	94				Electrónico 1X32	35	5	15.1%
			Electromagnético 2X34	72				Electromagnético 2X34	72	20	23.4%
40	FT12	AR	Electromagnético 2X40	96	34	FT12	AR	Electromagnético 2X34	72	24	25.0%
			Electromagnético 2X21	56				Electrónico 2X17	36	12	38.4%
			Electromagnético 2X50	52				Electrónico 2X17	36	18	31.3%

A1. ARRANQUE INSTANTÁNEO  
AR. ARRANQUE RÁPIDO

Curv. CURVALUM  
LD. LUZ DE DÍA

BF. BLANCO FRÍO  
PC. PRECALENTAMIENTO



# LUMINARIOS DE ALTA EFICIENCIA.

## GENERALIDADES Y COMPONENTES BÁSICOS.

Existe una situación muy particular en cuanto al tema de "Luminarios de alta eficiencia". Podemos pensar que tienen varios "puntos de operación", ya que independientemente de la eficiencia que manejen ( Flujo luminoso entregado / Flujo luminoso de la fuente.

El aprovechamiento de ellos depende de las condiciones físicas del recinto a iluminar.

A continuación indicaremos algunos conceptos dirigidos a formar un criterio de selección adecuado.

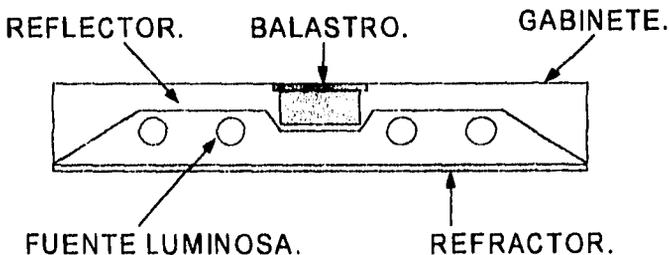
La finalidad del luminario es cumplir los siguientes puntos:

- I. Distribuir el flujo luminoso emitido por la lámpara aprovechándolo al máximo.
- II. Controlar el flujo luminoso de tal forma que la brillantez sea mínima, y con esto se obtenga un máximo confort visual.
- III. Tener propiedades mecánicas que permitan el correcto montaje de la lámpara, y en su caso el balastro, de forma tal que además se asegure su protección contra agentes externos del medio ambiente que rodea al luminario y que puede afectar su funcionamiento.

El sistema óptico de un luminario básicamente está compuesto por :

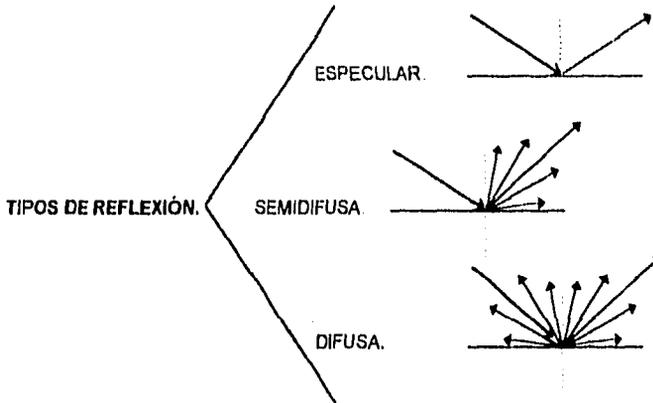
REFLECTOR.  
REFRACTOR.

Por un lado el **REFLECTOR** es el elemento que se encarga de la mayor parte del aprovechamiento del flujo luminoso producido por la lámpara, así como de su direccionamiento básico. Por otro lado el **REFRACTOR O DIFUSOR**, en caso de existir, se encarga de dar el control y direccionamiento final de dicho flujo, los cuales determinan el confort visual que proporciona el luminario.



## REFLECTOR.

Lleva a cabo su función en base al proceso de Reflexión, la cual dependiendo de los materiales y del acabado con que está construido puede ser de tipo Especular, Semidifusa o Difusa.



## MATERIALES.

El reflector puede ser fabricado en :

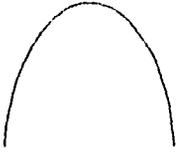
- ✓ Aluminio adonizado mate o brillante.
- ✓ Lámina de acero pintada en color blanco brillante.

De estos materiales depende el tipo de reflexión, especular, semidifusa o difusa, que a primera instancia se obtendrá del luminario. Independientemente del material con que esté fabricado, el reflector debe de tener un tratamiento contra corrosión que garantice la óptima eficiencia el mayor tiempo posible, prácticamente bajo cualquier tipo de condiciones ambientales.

## CONTORNO BÁSICO.

El contorno básico de un luminario **ES LA FORMA GENERAL QUE ADOPTA EL REFLECTOR**, cuya curvatura y comportamiento puede determinarse matemáticamente y que básicamente existen 4:

- Δ PARABÓLICO.
- Δ ELIPSOIDAL.
- Δ HIPERBÓLICO.
- Δ CIRCULAR.



PARABÓLICO.



ELIPSOIDAL.



HIPERBÓLICO.



CIRCULAR.

### TIPOS DE CONTORNOS BÁSICOS.

#### Δ PARABÓLICO.

- ◆ Produce un haz cerrado y bastante uniforme.
- ◆ Es el contorno típico de proyectores debido a su característica de poder dirigir los rayos de luz en dirección paralela a su eje focal.
- ◆ Dado que tiene un haz cerrado se obtiene gran confort visual cuando se aplica en luminarios fluorescentes interiores.
- ◆ Desafortunadamente no es del todo eficiente.

#### Δ ELIPSOIDAL.

- ◆ Se usa frecuentemente en interiores.
- ◆ Produce un haz más abierto pero un tanto desuniforme en comparación del parabólico.
- ◆ Es más eficiente que el parabólico.

#### Δ HIPERBÓLICO.

- ◆ Es similar al elipsoidal en cuanto a que tiene un haz abierto.
- ◆ Sin embargo, es menos eficiente que el elipsoidal ( Si se desea un haz abierto se recomienda optar por el elipsoidal).

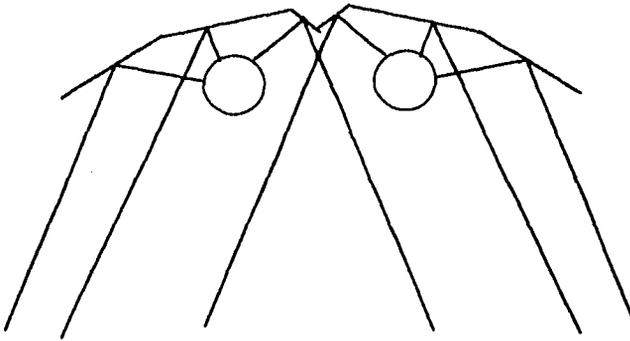
#### Δ CIRCULAR.

- ◆ Este tipo de luminario es el menos eficiente.
- ◆ Su haz es el más uniforme que existe.
- ◆ No se recomienda en general ya que una buena porción tanto de la radiación visible como de la calorífica salen y vuelven de nueva cuenta a la fuente luminosa, sobrecalentándola y envejeciéndola prematuramente.

## REFLECTORES ESPECULARES.

Los **reflectores especulares** son una solución económica para la rehabilitación de luminarios deteriorados o ineficientes. A continuación enumeramos algunas de sus principales características.

- Son unos espejos de aluminio de superficie reflectante, que se instalan dentro de los gabinetes de alumbrado fluorescente actualmente instalados, con el propósito de obtener una iluminación más eficiente.
- La superficie del material de los reflectores especulares se conserva libre de estática, por lo que no atrae partículas de polvo, lo que mantiene su eficiencia en reflexión y reduce las operaciones de limpieza.
- No se tornan amarillentos con el tiempo, lo que permite mantener también los niveles iniciales de reflexión.
- Por su diseño a la medida de todo tipo de gabinete y por sus ángulos de reflexión científicamente diseñados, evitan que parte de la luz quede "atrapada" dentro del propio gabinete y permita que ésta se pueda orientar y, en su caso, se pueda dirigir hacia el plano de trabajo para la plena satisfacción del usuario.
- Esta mejora en la eficiencia permite, previo estudio de iluminación, en un momento dado que el 50% de las lámparas y balastos actuales sean retirados, como una medida para ahorrar energía, mientras se mantienen similares niveles de iluminación.
- En el caso que únicamente se requiera aumentar los niveles de iluminación, se puede instalar un tipo de reflector especular utilizando el mismo número de lámparas y consecuentemente, con el mismo costo de energía.
- En ciertos casos el reflector especular, mejora estéticamente el aspecto de los gabinetes.



## REFRACTOR.

El refractor utiliza las leyes de refracción de los cuerpos transparentes.

### MATERIALES.

El refractor puede ser fabricado en :

- ✓ Cristal Borosilicato (Interiores).
- ✓ Cristal Hi-Stress ( Ambientes industriales).
- × Poliestileno (No recomendado).
- ✓ Acrílico (Interiores).

De estos materiales depende el control final del flujo luminoso, la protección de la lámpara, la seguridad de todo el equipo que se encuentre en su interior y es parte del diseño decorativo del luminario.

En general lo que se califica de los materiales usados en la fabricación del refractor son:

- PROPIEDADES DE TRANSPARENCIA (EFICIENCIA).
- ESTABILIDAD DE SU COLOR CON EL PASO DEL TIEMPO.
- DURABILIDAD.
- MALEABILIDAD PARA SER MOLDEADO EN PRISMAS PRECISOS.

Se recomienda preferir Acrílico en lugar de Poliestileno, Policarbonato o cualquier otro tipo de polímero.

En cuanto al tipo de acabado de los reflectores, el más usado y con el que se obtiene un mayor control y aprovechamiento de la luz es el tipo prismático.

## USO DE HOJAS DE ESPECIFICACIONES.

Las Hojas de especificaciones que el fabricante de equipos de iluminación nos proporciona son una de las herramientas más importantes con que podemos contar en el diseño o rediseño de los sistemas de iluminación interior o exterior de un inmueble.

En tales hojas vienen contenidas básicamente dos tipos de información:

**LA DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA.** Esta información indica en forma precisa como se distribuye en el espacio la luminosidad entregada por el conjunto Lámpara-Luminario, información crucial en el Método de Punto por Punto.

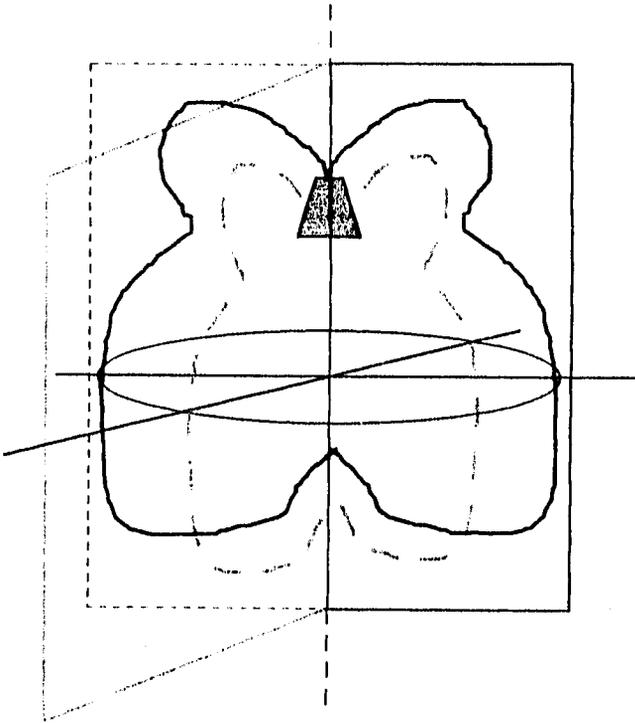
**LOS COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN (CU).** Estos son empleados en el método de Cavidad zonal, el cual proporciona el promedio de iluminación, sin tomar en cuenta las variaciones de los luxes en cada punto del área considerada.

Por lo general todos los datos incluidos en las hojas de especificaciones no pueden usarse directamente, sino que debe de ser afectados por FACTORES DE CORRECCIÓN para que se adecuen a nuestro proyecto particular.

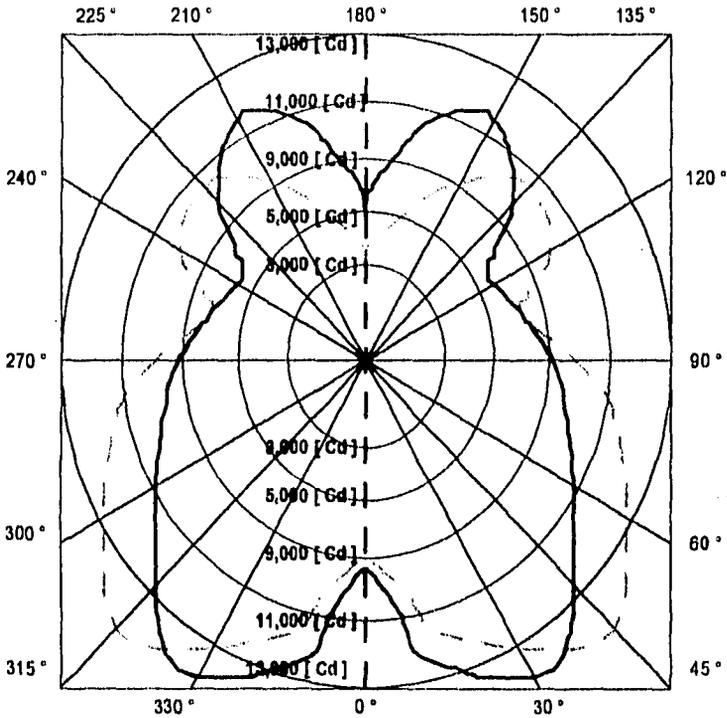
## CURVAS DE DISTRIBUCIÓN LUMINOSA.

Las fuentes luminosas usadas en la práctica tienen una superficie luminosa más o menos grande, cuya intensidad de radiación se ve afectada por la propia construcción de la fuente, presentando valores distintos en distintas direcciones. Si representáramos por medio de vectores la intensidad luminosa, expresada en Candelas, en un número infinito de direcciones del espacio, obtendríamos un cuerpo llamado SÓLIDO FOTOMÉTRICO.

## SÓLIDO FOTOMÉTRICO.



Haciendo pasar un plano por el eje vertical de simetría del sólido luminoso se obtendría una sección limitada por una curva, que se denomina CURVA DE DISTRIBUCIÓN LUMÍNICA O CURVA FOTOMÉTRICA, mediante la cual se puede determinar con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección.



Las curvas fotométricas se dibujan sobre coordenadas polares, en cuyo eje vertical se indica el valor, en Candelas, de cada círculo concéntrico.

El plano que hemos hecho pasar en forma paralela al eje vertical nos dará una curva que corresponda al corte del sólido fotométrico en esa dirección. Dependiendo de la forma de cada lámpara o de cada luminario existe la posibilidad que en un plano que sea perpendicular obtengamos una curva de distribución lumínica poco o hasta muy distinta a la que obtuvimos primeramente.

Así, las hojas de especificaciones que proporciona el fabricante incluye(n) la(s) curva(s) más representativa(s) del luminario en cuestión. Lo anterior es de utilidad cuando es necesario darle una cierta orientación al luminario de tal forma que en el plano de trabajo se obtenga la iluminación deseada.

Por otro lado, hay que tomar en cuenta que las curvas fotométricas, salvo que se indiquen lo contrario, se dan referidas a un flujo luminoso de 1,000 [Lm] y como el caso general es que la fuente emita un flujo mayor, los valores correspondientes de intensidad luminosa reales se encuentran mediante una simple relación lineal.

Por ejemplo, considerando la curva fotométrica ilustrada algunas líneas arriba, encontramos que en la dirección de 0°, justo abajo del luminario, esta proporciona una intensidad luminosa de 9,400 [Cd]. Suponiendo que se indique que la lámpara usada para determinar dicha curva emitió 16,000 [Lm] y si deseamos saber que intensidad luminosa tendremos en esa dirección, pero en esta ocasión empleando una lámpara con un flujo nominal de 20,000 [Lm], tendremos que:

$$I_{\text{REAL}} [\text{Cd}] = (\text{Fac}) * (9,400) [\text{Cd}] \quad \text{Fac} = 20,000/16,000 = 1.25$$

$$I_{\text{REAL}} [\text{Cd}] = 1.25 * 9,400 = 11,750 [\text{Cd}] \quad \text{Para esa dirección.}$$

## RECOMENDACIONES PARA ANALIZAR Y EVALUAR UNA CURVA FOTOMÉTRICA.

Tomando como el punto 0° como referencia:

1. Asegurarse que la curva tenga una escala enumerada con valores de potencia luminosa (Footcandels).
2. Asegurarse que esté indicado el flujo luminoso de la lámpara empleada en la prueba fotométrica.
3. Investigar si la curva representa la característica completa de la unidad y no sólo un plano específico únicamente.
4. Investigar la distribución del flujo luminoso contenido específicamente en las siguientes zonas :

0-180°	90-180°	0-60°
60-90°	0-30°	0-45°.

5. Cerciorarse que **LA RELACIÓN MÁXIMA DE ESPACIAMIENTO-ALTURA DE MONTAJE ( S / MH )** (espaciamento de luminarios, S y su altura de montaje, MH ) quede cubierta por el dato incluido en las hojas de especificaciones.
6. Cuando se trate de distribuciones concentradas o asimétricas, investigue la dirección de la potencia.

Deseamos puntualizar en las siguientes zonas:

0-180° El % de flujo luminoso que aquí se concentra nos indica el valor de eficiencia total del luminario.

90-180° Nos indica el % de luz transmitida arriba de la horizontal, que incidirá en el techo y que indirectamente llegará al plano de trabajo y que además evitará que el techo tenga un aspecto oscuro desagradable a la vista (Efecto caverna).

0-60° Indica el % útil sobre el plano de trabajo.

60-90° Debe estudiarse con cuidado ya que aquí la luz llega directamente a nuestros ojos.

0-30° y

0-45°. En áreas donde las unidades están montadas a relativamente bajas alturas, un mayor % del flujo en la zona de 30-60° llega a las paredes, de manera que para alturas de montaje medias ( 4.5 a 7.5 [m] ), solamente el flujo en la zona de 0-45° nos da una indicación de la luz útil hacia abajo.

Para alturas de montaje mayores ( más de 7.5 [m] ), debemos de considerar únicamente el flujo en la zona de 0-30°, como luz útil. Por dar un ejemplo, pensemos en un reflector tipo industrial, que por cierto en los últimos años se ha empleado bastante en edificios no residenciales con arquitectura modernista. En este caso el reflector industrial de alto montaje no es efectivo si produce un alto % de luminosidad en la zona arriba de los 30° del nadir o vertical.

## COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN.

NOTA: ANTES DE CONTINUAR HAY QUE SEÑALAR QUE ESTA INFORMACIÓN SOLO ES VÁLIDA PARA CASOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR DE LOCALES CON MORFOLOGÍA RECTANGULAR.

Supongamos que queremos iluminar una mesa con un foco común y corriente, el cual irradia luz en casi todas direcciones. Parte de la luz llega al plano de trabajo en forma directa, es decir, desde el foco a la mesa. Otra parte de la luz se refleja en el techo y en las paredes y con uno o varios rebotes llega finalmente a la mesa. A esa parte de la luz que tuvo que rebotar una o varias veces antes de llegar al plano de trabajo se le llama **COMPONENTE INDIRECTA**.

EL CU ESTÁ DIRIGIDO A CONSIDERAR QUE TANTO AFECTAN LAS CONDICIONES PARTICULARES DE CADA RECINTO AL APROVECHAMIENTO DEL FLUJO LUMINOSO PROPORCIONADO POR LA FUENTE LUMINOSA.

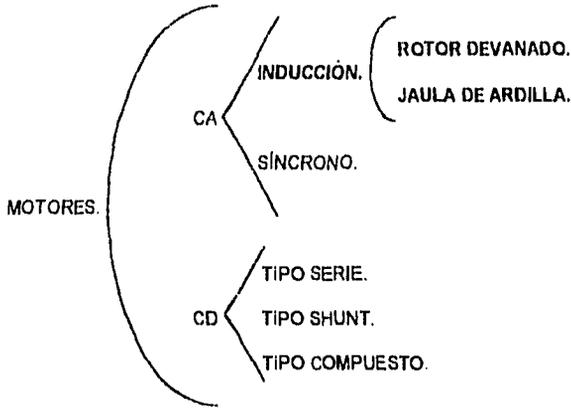
El coeficiente de utilización indica más que la simple eficiencia del luminario ( cantidad de Lúmenes que salen del luminario entre la cantidad de Lúmenes emitidos por la lámpara ), describe el grado de aprovechamiento que se obtiene en conjunto de las dimensiones del recinto, los colores de las paredes y la altura de montaje del luminario. Un mismo luminario empleado en dos locales con distintas dimensiones, aún pintados con colores idénticos, puede que arrojen CU's distintos, es decir que aún siendo el mismo luminario en un recinto se pueda aprovechar más que en otro.

Las hojas de especificaciones indican por lo general en forma tabular los coeficientes de utilización correspondientes al luminario en cuestión.

La descripción de la obtención de los Cus de los luminarios no está contenida en los alcances de este trabajo, por lo que se sigue consultando los catálogos de fabricantes, que incluso ofrecen en la mayoría de los casos formas sencillas y sintéticas de obtener su información.

# MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.

Los motores de CA son los más usados para la mayoría de aplicaciones tanto industriales como de servicios y son en los que pondremos nuestra atención desde este momento.



Un motor es una máquina eléctrica que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. Para lo anterior hace uso de los principios básicos de electromagnetismo, dividiéndose en una parte estática y una móvil (ESTATOR y ROTOR).

El estator se encarga de producir un campo electromagnético giratorio empleando el voltaje y corriente de alimentación presentes en sus devanados. Dicho campo giratorio será quien inducirá un voltaje sobre los devanados del rotor. Siendo que los devanados del rotor forman un circuito eléctrico cerrado en presencia de dicho voltaje inducido se producirá una corriente eléctrica que tendrá un sentido tal que formará un campo electromagnético con dirección igual pero de sentido opuesto al campo electromagnético que inicialmente generó el voltaje inducido en el rotor. Esta generación y oposición de campos creará un par mecánico, que actuando sobre el rotor, dándole movimiento finalmente.

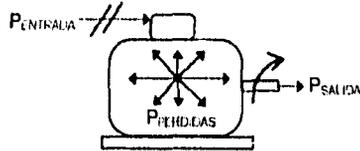
En este proceso de conversión de energía eléctrica a mecánica existen pérdidas de diversos tipos. El balance de potencia de cualquier motor de Inducción en general es:

$$P_{ENTRADA} = P_{SALIDA} + P_{PERDIDAS}$$

$P_{ENTRADA}$  : Potencia Eléctrica de entrada.

$P_{SALIDA}$  : Potencia Mecánica de salida.

$P_{PERDIDAS}$  : Pérdidas de potencia eléctrica, magnética y mecánica.



La potencia eléctrica de entrada se calcula por medio de:

$$P_{ENTRADA} = \sqrt{3} V_{línea} I_{línea} \cos \theta \quad [W] \quad \text{Trifásico.}$$

$$P_{ENTRADA} = V_{fase} I_{línea} \cos \theta \quad [W] \quad \text{Monofásico.}$$

En cuanto a las pérdidas tenemos que:

$$P_{PERDIDAS} = P_{SCL} + P_{COR} + P_{RCL} + P_{F&V} + P_{MISC}$$

$P_{SCL}$  : Pérdidas en el cobre del estator.

$P_{COR}$  : Pérdidas magnéticas en el núcleo.

$P_{RCL}$  : Pérdidas en el cobre del rotor.

$P_{F&V}$  : Pérdidas por fricción y ventilación.

$P_{MISC}$  : Pérdidas misceláneas.

Un motor de alta eficiencia tiene los mismos principios de operación que los convencionales, sólo que se caracteriza por un *mejoramiento en su diseño y en sus componentes*, con lo cual se pretende abatir las diferentes pérdidas que en el motor se presentan. A continuación haremos mención de las características de dichos componentes que hacen posible aumentar la eficiencia del motor.

#### PERDIDAS EN EL COBRE DEL ESTATOR ( $P_{SCL}$ ).

- ⇒ Aumento en el calibre de los conductores de cobre, lo cual reduce la resistencia eléctrica de los devanados y con ello las pérdidas por efecto Joule.
- ⇒ Para ayudar a la disipación calorífica de los devanados se hacen estudios asistidos por computadora que buscan controlar mejor el flujo de aire que ingresa al interior del motor.
- ⇒ Para evitar que el sobre calentamiento provoque fallas en el aislamiento del cobre se emplean barnices de mas alto grado de fusión ( en promedio 200 °C ), con mayor disipación calorífica y resistencia a la humedad.
- ⇒ El diseño de la carcaza está pensado para poder disipar el calor en forma más efectiva.

#### PERDIDAS MAGNÉTICAS EN EL NÚCLEO ( $P_{COR}$ ).

- ⇒ En cuanto al diseño del núcleo esto se procura realizar con una mayor área de laminaciones.
- ⇒ Empleo de acero al Silicio que permite una buena transmisión y confinamiento de las líneas de campo magnético dentro del cuerpo del estator pero que a su vez con su alta resistividad impida la formación de corrientes parásitas.
- ⇒ Laminaciones individuales de menores calibres a los convencionales para aumentar la resistencia del núcleo a las corrientes parásitas.
- ⇒ El entrehierro ( espacio entre el estator y el rotor ) se hace más reducido para evitar una mayor dispersión de las líneas de campo al pasar al rotor y así abatir las pérdidas de flujo en el núcleo.

### PERDIDAS EN EL COBRE DEL ROTOR ( $P_{RCL}$ ).

- ⇒ Al igual que en el estator, en el caso del rotor se aumenta el calibre de los conductores del devanado cobre (rotor devanado) y de las barras conductoras (rotor jaula de ardilla), lo cual reduce su resistencia eléctrica y con ello las pérdidas por efecto Joule.

### PERDIDAS POR FRICCIÓN Y VENTILACIÓN ( $P_{F&V}$ ).

- ⇒ El acero con que se realizan los rodamientos tiene mayor resistencia a las deformaciones y un acabado más terso que disminuye la fricción y permite con ello un bajo calentamiento de los mismos.
- ⇒ Se asegura el atado de las cabezas de los embobinados para evitar vibraciones excesivas.
- ⇒ En el diseño del ventilador cada vez más se emplea *plástico de alta resistencia mecánica*, el cual tiene un peso que va del 20 al 30% del peso de un ventilador análogo hecho de fierro. Al ser de plástico puede moldearse con enorme facilidad.

### PERDIDAS MISCELÁNEAS.

- ⇒ Las pérdidas misceláneas son próximas al 1% en la mayoría de los casos y sólo sirven para completar el balance energético.

***El concepto de motor de alta eficiencia ha existido desde la creación de los motores. Sin embargo, dados sus altos costos de esos momentos no fueron un éxito. Hoy, al tener constantes incrementos en las tarifas eléctricas las leyes del mercado hacen necesario y factible su uso.***

# CONCEPTOS BÁSICOS DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN.

A continuación se presentan los principales conceptos a considerarse en la selección de un MI:

VELOCIDAD SÍNCRONA ( $n_{SINC}$ ).  
 DESLIZAMIENTO (S).  
 MÍNIMA VELOCIDAD PERMITIDA.  
 TEMPERATURA DE OPERACIÓN.  
 TIPO DE AISLAMIENTO.  
 FACTOR DE SERVICIO (Fs).

EFICIENCIA.  
 PAR DE LA CARGA ( $\tau_{CARGA}$ ).  
 POTENCIA MECÁNICA DE SALIDA.  
 COMPORTAMIENTO PAR-VELOCIDAD-  
 POTENCIA.  
 CLASE DE DISEÑO DEL MOTOR.

## VELOCIDAD SÍNCRONA ( $n_{SINC}$ ).

La velocidad sincrónica es la velocidad del campo magnético giratorio que los devanados del estator generan a partir del voltaje y corriente suministrados a este, estando determinada por la siguiente ecuación:

$$n_{SINC} = 120 F / P \text{ [rpm]} \qquad \omega_{SINC} = 4 \pi F / P \text{ [r/s]}$$

- F : Frecuencia del voltaje de alimentación en Hz.
- P : Número de polos de la máquina
- $n_{SINC}$  : Velocidad sincrónica del motor en revoluciones por minuto.
- $\omega_{SINC}$  : Velocidad sincrónica angular del motor en radianes por segundo.

## DESLIZAMIENTO (S).

La velocidad real que desarrollará el motor de inducción siempre será menor a su velocidad sincrónica, debido al efecto de la carga que actuará como un freno. La velocidad real del motor será en condiciones nominales de operación muy cercana a la velocidad sincrónica. El deslizamiento (SLIP en inglés) es la diferencia que existe entre las velocidades sincrónica y real, y que puede estar expresado en rpm, r/s ó %.

$$S = n_{SINC} - n_m \text{ [rpm]} \qquad S = \omega_{SINC} - \omega_m \text{ [r/s]}$$

$$S = (n_{SINC} - n_m) / n_{SINC} \text{ 100 \%} \qquad S = (\omega_{SINC} - \omega_m) / \omega_{SINC} \text{ 100 \%}$$

Este dato es muy usado para definir la velocidad del motor en una manera rápida tomando en cuenta su velocidad sincrónica:

$$n_m = (1 - S) n_{SINC} \text{ [rpm]} \qquad \omega_m = (1 - S) \omega_{SINC} \text{ [r/s]}$$

- $n_m$  : Velocidad del motor en revoluciones por minuto.
- $\omega_m$  : Velocidad del motor en radianes por segundo.
- $\omega_m \text{ [r/s]} = 2\pi n_m / 60$

## MÍNIMA VELOCIDAD PERMITIDA.

Todos los motores llevan acoplados en su flecha un ventilador que aprovecha el giro de la misma para poder disipar calor por ventilación.

Se requiere conocer la menor velocidad permisible en el motor especificada en sus hojas de datos, para evitar el sobrecalentamiento de sus aislamientos debido a una baja velocidad en la flecha que acarree una deficiente ventilación.

El valor de esta velocidad es inversamente proporcional a la calidad de los aislamientos. A una mayor calidad de los aislamientos se podrá tener una velocidad de operación más baja.

*Entiéndase en este sentido como calidad no a la rigidez dieléctrica de los aislantes, sino a la resistencia al calor, ya que aún los barnices más sencillos presentan una alta rigidez dieléctrica, no así una alta resistencia al calor.*

## TEMPERATURA DE OPERACIÓN.

La temperatura del ambiente donde se va a operar el motor es otro de los aspectos a considerarse para la conservación de la vida útil, además de influir directamente sobre su eficiencia.

Los datos indicados en la placa de datos muestran un valor, por lo general en grados centígrados, el cual indica la máxima temperatura ambiental recomendada a la cual el motor debe de someterse.

## TIPO DE AISLAMIENTO.

Siguiendo con la idea del punto anterior, en cuanto a la calidad de los aislamientos tenemos que lo que nos interesa de ellos es su resistencia al calor, de ahí que estén normalizados en función de la temperatura a la cual comienzan a derretirse, teniéndose:

CLASE DE AISLAMIENTO.	MÁXIMA TEMPERATURA
A	105 °C
B	130 °C
C	155 °C
D	180 °C

ENTIÉNDASE QUE ESTA TEMPERATURA ES LA QUE TENEMOS EN EL INTERIOR DEL MOTOR.

## FACTOR DE SERVICIO (Fs).

En comparación con otros equipos, por ejemplo los sistemas de iluminación cuya carga eléctrica permanece prácticamente constante durante toda su operación, el punto de operación de los motores puede cambiar constantemente, así que las variaciones de carga hacia arriba deben de tomarse siempre en cuenta.

El factor de servicio (Fs) es un concepto creado para considerar sobrecargas transitorias. Este se aplica a la corriente (o potencia) nominal del motor e indica la cantidad de sobrecarga en corriente (o potencia) que el motor es capaz de soportar durante periodos cortos sin que esto afecte la vida del motor.

Por ejemplo, un motor con un Fs de 1.15 indica que este motor puede operarse, a 115% de su potencia nominal indicada en sus datos de placa.

*El valor de este factor depende de la calidad de los procesos de construcción propios del motor.*

## EFICIENCIA ( $\eta$ ).

Este es un parámetro que indica la relación de la potencia mecánica obtenida en la flecha respecto de la potencia eléctrica de entrada.

$$\eta_{\%} = ( P_{\text{MECÁNICA DE SALIDA [W]} } / P_{\text{ELÉCTRICA ENTRADA [W]} } ) * 100\%$$

## PAR DE LA CARGA ( $\tau_{\text{CARGA}}$ ).

El par, también llamado torque, es una medida del trabajo mecánico y que tiene la particularidad de desarrollarse en forma radial. El par que el motor debe desarrollar está dado por las características mecánicas de la carga a la que se va a impulsar

Definiéndose como:

$$\tau_{\text{Carga}} = I \alpha \text{ [Lb Ft]}$$

I: Primer Momento de inercia de la carga.

$\alpha$ : Aceleración angular.

$$\tau_{\text{Carga}} \text{ [N m]} = 1.356 \tau_{\text{Carga}} \text{ [Lb Ft]}$$

$\tau_{\text{Carga}} \text{ [N m]}$ : Par de la carga en Newtons-metro.

$\tau_{\text{Carga}} \text{ [Lb Ft]}$ : Par de la carga en Libras-pie.

Nota:

EL CALCULO DEL MOMENTO DE INERCIA DE LA CARGA, ASÍ COMO LA ACELERACIÓN ANGULAR MENCIONADAS ANTERIORMENTE SE DEJA PARA OTROS ESTUDIOS, YA QUE ESTE TRABAJO TIENE EL OBJETIVO DE INDICAR EN FORMA GENERAL LOS PARÁMETROS A CONSIDERAR EN LA SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE UN EDIFICIO NO RESIDENCIAL.

## POTENCIA MECÁNICA DE SALIDA.

La potencia mecánica disponible en la flecha, también conocida simplemente como salida, se define como el trabajo que se desarrolla en la flecha en forma radial por unidad de tiempo, la cual puede expresarse como:

$$P_{\text{SALIDA}} = \tau_{\text{Carga}} \omega_m \text{ [W]}$$

En caballos de potencia:

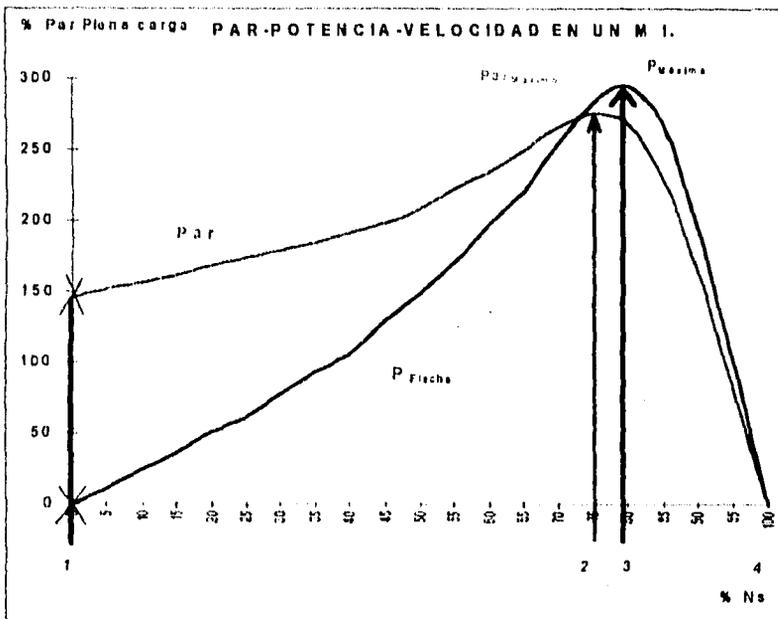
$$P_{\text{SALIDA}} \text{ [W]} = 746 P_{\text{SALIDA}} \text{ [HP]}$$

*Cuando compramos un motor básicamente estamos "comprando un paquete de potencia mecánica", es decir, estamos comprando la capacidad de mover una carga en forma radial y a una velocidad determinada.*

## COMPORTAMIENTO PAR-VELOCIDAD-POTENCIA.

El punto de operación de un motor está determinado por el par que imprime a la carga, la velocidad con que lo hace y derivándose de estos dos primeros aspectos la potencia mecánica que finalmente entrega a la carga. En la mayoría de los casos un motor desarrollará varios puntos de operación a lo largo del servicio que presta.

En la siguiente gráfica se muestran tanto el comportamiento del par como el de la potencia mecánica entregada por el motor a la carga respecto de la velocidad.



De la gráfica anterior podemos observar en los cuatro diferentes ejes dibujados que:

### EJE 1.

- El par producido al arranque del motor es ligeramente mayor que su par a plena carga, así el motor debe ser capaz de arrancar y poder arrastrar a la carga hasta su velocidad nominal. Sin embargo en este punto no se presenta el par máximo que se puede obtener del motor.
- En este punto la potencia transmitida a la carga es cero dado que no existe aún movimiento.
- El valor del par de arranque depende del diseño de las ranuras del rotor.

### EJE 2.

- El máximo par que el motor es capaz de producir ( llamado par máximo desarrollado o par de desenganche ) se presenta a velocidades que están por debajo de la velocidad sincrónica.
- La máxima potencia transmitida tampoco se presenta a esta velocidad de operación.

### EJE 3.

- La máxima potencia transmitida se presenta a una velocidad próxima a la velocidad sincrónica, pero nunca sin llegar a este valor.
- El par producido en este momento es un poco menor al máximo par producido (eje 2).

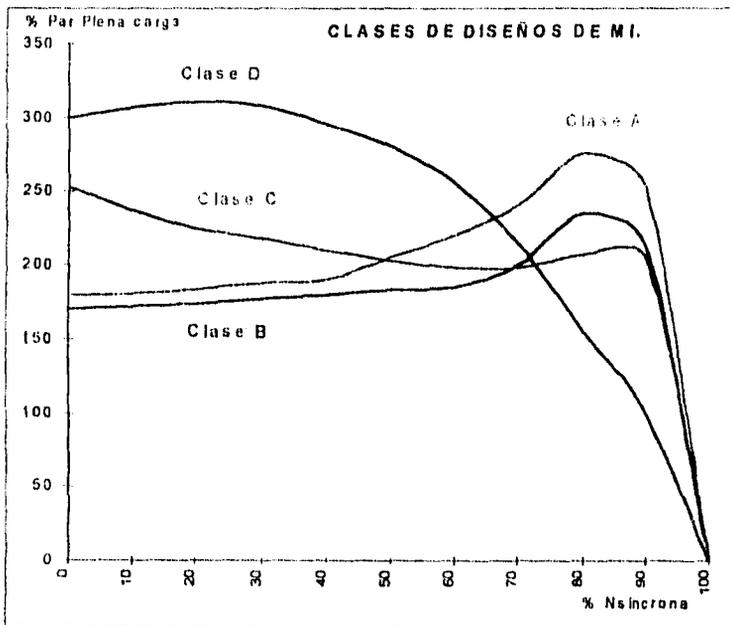
### EJE 4.

- Al igualar la velocidad sincrónica tanto par como potencia caen en forma vertiginosa.
- En el momento que se alcanza la velocidad sincrónica se tiene un par y potencia transmitidos nulos.

## CLASE DE DISEÑO DEL MOTOR.

Modificando las características de las ranuras de los rotores se puede obtenerse una gran variedad de curvas Par-Velocidad pensadas precisamente para satisfacer diferentes tipos de arranque.

Con el fin de ayudar al usuario a la selección apropiada de los motores para las variadas aplicaciones y para cualquier potencia la NEMA en América y la IEC en Europa han definido cuatro diseños normalizados, A, B, C y D, conocidos como *clases de diseños*.

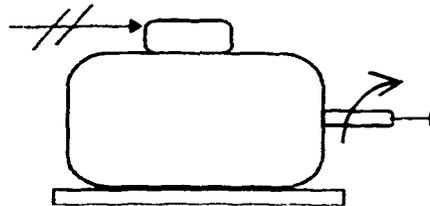


A continuación se resumen los aspectos sobresalientes de cada una de estas clases de diseños normalizados, enlucado esto a la adecuada selección del motor de acuerdo a la carga manejada:

**TABLA COMPARATIVA DE DISEÑOS DE MOTORES DE INDUCCIÓN.**

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
$T_{ARRANQUE}$	NORMAL $< T_{NOMINAL}$	NORMAL $< T_{NOMINAL}$	ALTO $\geq 2.5 T_{NOMINAL}$	MUY ALTO $\geq 2.75 T_{NOMINAL}$
$I_{LLEV}$	$5 I_{NOMINAL} < I_{ARR} < 8 I_{NOMINAL}$	$3.5 I_{NOMINAL} < I_{ARR} < 6 I_{NOMINAL}$	$< 3 I_{NOMINAL}$	$< 3 I_{NOMINAL}$
$S_{PLENA CARGA}$	BAJO $< 5\%$	BAJO $< 5\%$	BAJO $< 5\%$	ALTO 11 - 17%
$T_{USO}$	$2T_{NOMINAL} < T_{USO} < 3T_{NOMINAL}$	$2T_{NOMINAL} < T_{USO} < 3T_{NOMINAL}$	$5T_{NOMINAL} < T_{USO} < 2.5T_{NOMINAL}$	$T_{USO} > 3T_{NOMINAL}$
<b>USOS</b>	VENTILADORES, BOMBAS, TORNOS, MAQUINAS DE HERRAMIENTAS.	SIMILARES A LAS DE A	BOMBAS CARGADAS, COMPRESORES Y BANDAS TRANSPORTADORAS CARGADAS	VOLANTES, TALADROS, PRENSAS Y CIZALLAS
<b>OBSERVACIONES</b>	ECONOMICOS	SE RECOMIENDA USAR B SOBRE A DADA SU BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE	REQUIEREN ROTORES CON DOBLE JAULA DE ARDILLA POR LO QUE SON COSTOSOS	SOLO RECOMENDADOS PARA INERCIAS EXTREMADAMENTE GRANDES

NOTA: ENTIENDASE NOMINAL COMO PLENA CARGA



## CRITERIOS DE SELECCIÓN DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN.

El criterio básico para seleccionar un motor es simplemente el **CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DE PAR Y VELOCIDAD QUE REQUIERE NUESTRA CARGA**, de forma tal que su desempeño en cuanto a aprovechamiento de energía sea óptimo. Para lo cual es necesario ubicar dos características propias de la carga:

Δ PAR DE ARRANQUE.

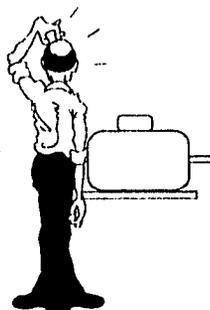
Δ TIPO O SECUENCIA DE OPERACIÓN.

Δ PAR DE ARRANQUE.

Uno de los puntos más críticos de operación de cualquier motor siempre se presenta a su arranque, que es el momento donde se tiene que vencer su propia inercia estática, además de la propia de todo aquello que esté en ese momento conectado a su flecha. En muchas aplicaciones el par de operación nominal en comparación con el par de arranque es mucho menor.

En el ámbito del mantenimiento, donde por lo general la inmediatez predomina sobre la planeación es bastante común que se termine sobredimensionando los motores que inicialmente tiene que vencer una gran inercia, aunque en el resto de su operación requiera sólo de un par moderado o hasta de un par bajo.

Ya que como al primer intento el motor no arranca, este se cambia por otro de mayor potencia y si este no arranca se cambia sucesivamente hasta que la carga arranca a la primera.



Para cubrir el aspecto del arranque del motor se requiere **CONSIDERAR LA CLASE DE DISEÑO DEL MOTOR ( A, B, C o D)**, con el fin de evitar el sobredimensionamiento del motor en este sentido.

## Δ TIPO O SECUENCIA DE OPERACIÓN.

Existen 4 casos a los que nos podemos enfrentar el momento de la selección de un motor:

	CARGA CONSTANTE.	CARGA VARIABLE.
VELOCIDAD CONSTANTE.	CASO A.	CASO B.
VELOCIDAD VARIABLE.	CASO C.	CASO D.

**EL CONTROL DE VELOCIDAD RECOMENDADO ES A TRAVÉS DE EQUIPOS VARIADORES DE FRECUENCIA DE ESTADO SÓLIDO (VFD'S POR SUS SIGLAS EN INGLÉS) DE LOS CUALES SE HABLARÁ UN POCO MÁS ADELANTE.**

### CASO A. VELOCIDAD Y CARGA CONSTANTES.

Considerando que la carga a mover y la velocidad a la que lo hará son constantes la selección del motor es relativamente sencilla.

1. Lo primero que se tiene que hacer para seleccionar un motor es ubicar el par requerido:

$$\tau = I \alpha \text{ [Lb Ft]}$$

I: Primer Momento de inercia de la carga.

$\alpha$ : Aceleración angular.

2. Después de lo anterior se busca un motor que a su potencia nominal sea capaz de entregar el par necesario a una velocidad cercana a la de sincronismo. El par de salida en función de los HP's está definido como:

$$\tau = 5252 \text{ HP} / n_m \text{ [Lb Ft]}$$

3. Se considera que los HP marcados en la placa del motor son los HP mecánicos entregados en la salida del motor, en la flecha de este.
4. Tomando a primera instancia un deslizamiento "grande", un 5% , por lo general y se considera que la velocidad marcada en la placa del motor es la velocidad de sincronismo. Es decir que:

$$n_m = 0.95 n_{\text{SINC}}$$

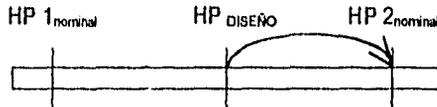
### CRITERIO.

El par obtenido bajo estas condiciones es el par que se espera tener a plena carga, el cual se compara con el par que deseamos obtener del motor.

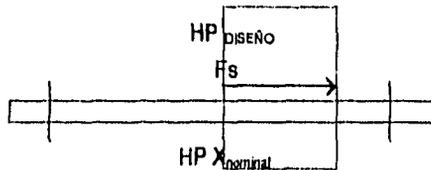
$$5252 \text{ HP} / (0.95 n_{\text{SINC}}) \geq \tau$$

*Si el motor propuesto cubre con el par demandado se considera como un buen candidato.*

Cuando el motor elegido se encuentra entre dos potencias adyacentes, se elige la superior para asegurar que se cubrirán los requerimientos de potencia mecánica de la carga.



Cuando prácticamente se iguala con la potencia nominal comercial de un motor se puede elegir a este tomando en cuenta que para absorber pequeños incrementos de carga en este caso se cuenta con el factor de servicio, evitando así el sobredimensionamiento del motor.

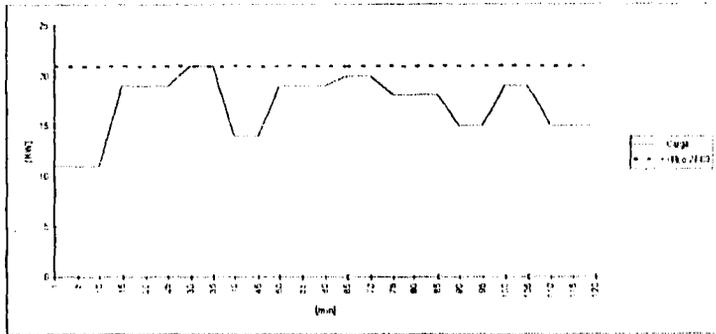


### CASO B. VELOCIDAD CONSTANTE - CARGA VARIABLE.

Como se ha comentado con anterioridad, en cuanto al ahorro de energía, una de las causas que existen mayores desperdicios en los equipos de fuerza es el sobredimensionamiento, no sólo al arranque sino también durante la operación regular del motor.

A continuación se describe un método de selección basado en la demanda de potencia mecánica real por parte de la carga.

Consideremos que la gráfica mostrada a continuación representa la secuencia de operación, la cual se repite en forma regular, y que debe de cumplir el motor que elijamos



- Si elegimos el motor **basados en la potencia pico  $P_{pico}$** , que es la máxima que nuestro proceso requiere, entonces estaremos **sobredimensionados** en la mayor parte del tiempo de operación, eso sin contar que se quisiera dar todavía el tan afamado factor de seguridad.
- **Tampoco es recomendable** emplear exclusivamente el **promedio aritmético** de las potencias demandas ya que los picos tenderían a la larga a sobredimensionar el motor, o bien, las muestras que se presentan momentáneamente tenderían a subdimensionarlo.

### CRITERIO.

1. Multiplique el cuadrado de las potencias demandadas para cada parte del ciclo de operación por el tiempo necesario para completar esa parte del ciclo de operación.
2. Luego se dividen la suma de productos resultante entre el tiempo en marcha.
3. Si el motor es detenido parte del ciclo de operación, sólo debe considerar una parte del tiempo en paro, la mitad para motores abiertos y una tercera parte para motores cerrados.

$$P_{RMS\Delta T} = \sqrt{\frac{\sum (P_i^2 \Delta t_i)}{\sum \Delta t_i + (t_{OFF}/k)}}$$

- $P_i$  : Es cada uno de los valores de la potencia demandada por la carga.  
 $\Delta t_i$  : Es el tiempo que se sostiene la potencia demandada por la carga  
 $T$  : Es periodo total del ciclo de operación del motor.  $T = \sum \Delta t_i + t_{OFF}$   
 $P_{RMS\Delta T}$  : Potencia RMS del ciclo de trabajo  $\Delta T$ .  
 $t_{OFF}$  : Tiempo de paro del motor durante el ciclo de operación.  
 $k$  : Factor de corrección por disipación ( $k=2$  m. abiertos y  $k=3$  para m. cerrados).

Podemos observar de la ecuación anterior que al intervenir el término  $\Delta t$ , se descartan tanto los picos como las muescas momentáneas y da un mayor peso a las potencias que tienen un mayor tiempo de demanda a lo largo del ciclo de operación de la carga.

Con el valor de  $P_{RMS\Delta t}$  partiremos en una primera aproximación para buscar en los catálogos de especificaciones de motores aquel que cumpla con los requerimientos de potencia de nuestra carga y que designaremos  $P'_{RMS\Delta t}$ , sin perder de vista al par de arranque que previamente debimos haber determinado.



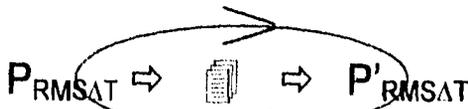
ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Sin embargo, los picos demandados no pueden dejarse de lado. Para esto se procura cubrirlos con el  $F_s$  del motor.

De no lograrlo se tienen dos opciones:

1. BUSCAR UN MOTOR DE LA MISMA POTENCIA  $P'_{RMS\Delta t}$  CON UN  $F_s$  MAYOR, Y/O
2. PROBAR CON UN MOTOR QUE TENGA LA POTENCIA INMEDIATA SUPERIOR.

En realidad se trata de un proceso iterativo en el que intervienen todos los factores antes comentados.



ESPECIFICACIONES DEL FABRICANTE

Para el caso en que la carga de los motores sea variable y no se tenga dispuesto un control de velocidad, ( de ahí que se considero que se tendrá una velocidad constante ), se requiere averiguar la POTENCIA RMS desarrollada por el motor a lo largo de su ciclo de operación.

### CASO C. VELOCIDAD VARIABLE - CARGA CONSTANTE.

Dadas las curvas típicas VELOCIDAD-EFICIENCIA de los motores de inducción y mientras la carga se conserve constante, se puede considerar que la eficiencia se conserva como constante de un 50 a un 95 % de la velocidad síncrona.

$$\eta : \text{CONSTANTE} \quad (50\% n_{\text{SINC}} < n_m < 95\% n_{\text{SINC}})$$

Debido a:

- A.- Para que la eficiencia conserve prácticamente intacto su valor. Para velocidades más bajas la eficiencia decrece (ya sea por baja frecuencia de alimentación o bien por sobrecarga). Esto mismo sucede al operar el motor sin carga.
- B.- Para mantener la mínima ventilación requerida por los aislamientos. Con esto se asegura que los aislamientos tendrán un mínimo de ventilación con la cual disiparán el calor generado por el paso de la corriente eléctrica.

Para poner la potencia de salida en función de la frecuencia de alimentación tenemos que:

$$\begin{aligned} \eta &= P_{\text{SAL}} / P_{\text{ENT}} & P_{\text{ENT}} &= P_{\text{SAL}} / \eta \\ \omega_{\text{SINC}} &= (4\pi / P) F \text{ [r/s]} & \omega_m &= (4\pi / P) (1-S) F \text{ [r/s]} \\ P_{\text{SAL}} &= \tau \text{ [Nm]} \omega_m \text{ [r/s]} & P_{\text{SAL}} &= \tau \text{ [Nm]} (4\pi / P) (1-S) F \text{ [r/s]} \end{aligned}$$

Tomando en cuenta esta última ecuación en función de la frecuencia de alimentación:

$$P_{\text{ENT}} = ( (4\pi / P) / \eta ) \tau (1-S) F$$

Así la potencia demandada por los motores es linealmente proporcional a la frecuencia eléctrica de alimentación, salvo que la nueva frecuencia eléctrica de alimentación tiene que ser igual o mayor al 50% de la frecuencia nominal del motor.

#### CRITERIO.

Hay dos situaciones a esta respecto:

- A. Por lo general, el control de velocidad se hace presente cuando estamos implementando medidas de ahorro energético sobre equipos ya instalados, aquí la selección del motor ya fue hecha y basta con implementar el control de velocidad adecuado.
- B. En el caso de tener que hacer una selección del motor se hace un análisis similar al descrito en el caso B donde se averigua la potencia RMS demandada. **La única diferencia es que previamente las potencias demandadas se calculan tomando en cuenta la frecuencia a la que se va a operar el motor.**

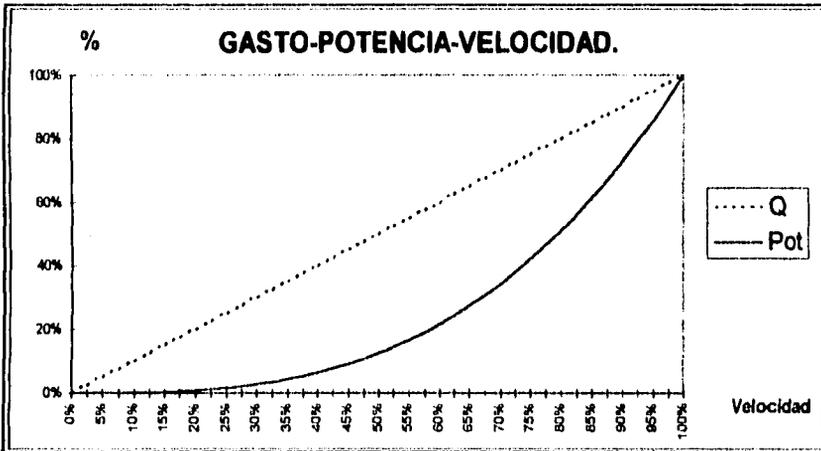
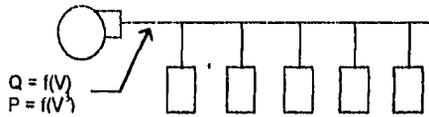
### CASO D. VELOCIDAD Y CARGA VARIABLES.

Este es el caso típico de muchos de los actuales sistemas de HVAC y BOMBEO, en los que se hace uso del control de velocidad para obtener un mayor beneficio de la electricidad que consume el edificio.

Supongamos que tenemos una red de distribución, de aire o agua, en la que los diferentes usuarios tienen distintos consumos a lo largo del día, siendo el gasto demandado también variable.

Tanto para los sistemas de distribución de Aire Acondicionado como para los de bombeo, con *gastos de aire (CFM's) y agua (m<sup>3</sup>/s) variables*, respectivamente, existe las siguientes características:

- EL GASTO ES FUNCIÓN DE LA VELOCIDAD DEL MEDIO IMPULSOR (VENTILADOR O BOMBA).
- LA POTENCIA MECÁNICA REQUERIDA PARA MANTENER EL GASTO ES FUNCIÓN DEL CUBO DE LA VELOCIDAD.



Esta última característica implica que los potenciales de ahorro en los motores de las UMAs y los equipos de bombeo con gasto variable son enormes, ya que una disminución en el *gasto* requerido se reflejará en forma cúbica sobre la potencia eléctrica demandada por el motor.

**CRITERIO.**

El criterio de selección es una combinación de los casos B y C.

## DIFERENCIAS DE LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO.

A continuación se enumeran algunas diferencias relativas a los dos tipos de motores sobre los cuales está dirigido nuestro estudio.

### JAULA DE ARDILLA.

#### VENTAJAS.

Menor costo inicial.  
Construcción más sencilla.  
Menor espacio requerido.  
No produce chispas que puedan provocar incendios.

#### DESVENTAJAS.

La corriente de arranque es más elevada que el rotor devanado.  
El control de la corriente de arranque requiere de aparatos sofisticados y costosos.  
El par de arranque es siempre el mismo.  
La velocidad es fija, es decir, no existe un método práctico de control continuo de velocidad.  
Es sensible a arranques repetidos ( requiere de un diseño especial para estos casos).

**SE RECOMIENDA PARA APLICACIONES DONDE SE ESPERA TENER CARGA Y VELOCIDAD CONSTANTES.**

### ROTOR DEVANADO.

#### VENTAJAS.

Puede arrancar con carga tomando una corriente de arranque menor que de la de plena carga.  
Se puede operar a velocidades bajas.  
Se puede disponer del par máximo cuando se requiere.  
Es menos susceptible a arranques repetidos.  
Cuando tiene arranques con cargas pesadas y/o más frecuentes produce una menor caída de voltaje en la línea de voltaje.

#### DESVENTAJAS.

Construcción más sencilla.  
Su costo inicial es más alto que el de jaula de ardilla.  
Ocupa más espacio.  
Produce chispas en su colector que pueden causar incendios.

**SE RECOMIENDA PARA APLICACIONES DONDE SE DESEA TENER UN CONTROL DE LA VELOCIDAD, YA SEA CON CARGA CONSTANTE O VARIABLE.**

# APLICACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA (VFD).

El empleo de los VARIADORES DE FRECUENCIA (VARIABLE FREQUENCY DRIVER) sirve para lograr el **control de la velocidad y la potencia eléctrica demandada de los motores** por medio de la frecuencia del voltaje de alimentación, para lo cual se hace uso de dispositivos de estado sólido.

Estos dispositivos se recomiendan en el caso de que la velocidad de la carga pueda variar hacia abajo de su valor nominal a lo largo de su secuencia de operación, en especial para aplicaciones de

## HVAC Y BOMBEO CON GASTOS VARIABLES.

Por ejemplo, a lo largo del día las manejadoras de aire, uno de los principales equipos usados en HVAC, tienen una diferente demanda de aire acondicionado, lo que permite tener un control de la velocidad sobre los motores que impulsan sus ventiladores. A menor gasto de aire demandado, se requiere una menor velocidad del ventilador y por lo tanto menor potencia eléctrica demandada.

## CONSIDERACIONES PARA EL USO DE VFD's.

### CONTROL DE VOLTAJE Y PAR.

En un motor cualquiera se cumple la siguiente condición:

$$\phi = V / (K N_{\text{esp}} F)$$

$$\phi = K' V / F$$

$$K' = K N_{\text{esp}}$$

Donde:

$\phi$ : Flujo.      V: Voltaje aplicado.      K: Constante del motor.       $N_{\text{esp}}$ : Número de espiras.

El flujo total que es transmitido del estator al rotor, y que es directamente responsable de la conversión electromagnética, queda en función de la relación voltaje-frecuencia, *V/F*. Para que el flujo permanezca constante y así el par disponible se conserve constante conforme varía la frecuencia el voltaje debe de hacerlo en esta misma proporción.

## OPERAR SIEMPRE ARRIBA DE LA MÍNIMA FRECUENCIA PERMITIDA.

Aunque la mayoría de los VFD's ofrecen frecuencias de alimentación desde 1 Hz, esto no se recomienda dado que con ello se elevaría la temperatura de los aislamientos causando deterioro en su vida útil o hasta daños a los mismos.

$$F \geq 0.5 F_{\text{NOMINAL}}$$

## CONSIDERAR EL FACTOR DE SERVICIO.

Ya que el  $F_s$  está relacionado con el sobrecalentamiento permisible del motor, este se debe de considerar en la aplicación de variadores de frecuencia.

**MOTORES CON  $F_s$  MENORES A 1.15 NO DEBEN CONTROLARSE  
CON VFD's.**

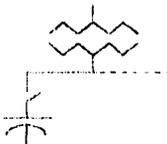
## AUMENTO DE LA THD Y REDUCCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

La operación de estos dispositivos es variada. Existen algunos que para lograr la variación de la frecuencia recortan la onda de voltaje de alimentación. En cambio hay otros que mantienen la forma senoidal variando la frecuencia entregada.

En ambos casos se crea una distorsión de la corriente suministrada a los devanados del estator, lo que provoca que:

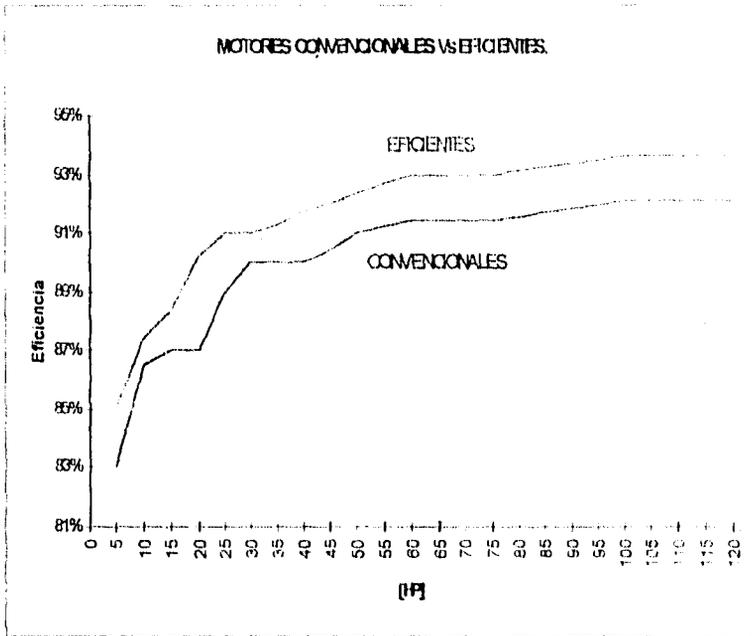
- A. Aumentan las pérdidas por el incremento de corrientes parásitas en los núcleos del motor y del transformador de la subestación eléctrica.
- B. Disminuye el factor de potencia de toda la instalación al incrementarse la componente de armónicos.

La implementación de estos dispositivos debe de ser acompañado de capacitores y filtros adecuados que corrijan el factor de potencia y manejen la componente de armónicas respectivamente, que hasta el día de hoy son inevitables.



# CÁLCULO DE AHORROS.

Presentamos un comparativo de las eficiencias promedio de motores convencionales y de alta eficiencia.



Los ahorros se pueden calcular en función del tipo de operación prevista para el motor, que para nuestro estudio los casos de interés son :

CASO	CARGA	VELOCIDAD	APLICACIÓN
1	CONSTANTE	CONSTANTE	BOMBEO, VENTILACIÓN, FAN & COILS (A Velocidad Constante)
2	VARIABLE	VARIABLE	MANEJADORAS DE AIRE Y BOMBEO (A velocidad variable)

En el **CASO 1** tenemos tanto velocidad como carga constantes, lo cual puede tener aplicaciones tales como bombeo de agua potable, agua helada y condensada de torres de enfriamiento, extractores de monóxido de carbono, unidades lavadoras de aire y en general los ventiladores de unidades de aire acondicionado que trabajen a velocidad constante. En el **CASO 2** se considera que la velocidad variable del motor se debe a la aplicación de variadores de frecuencia (VFD's).

### CASO 1. VELOCIDAD Y CARGA CONSTANTE.

Al hacer una comparación de dos motores de la misma potencia empleados para brindar el mismo servicio tenemos que:

$$\eta_a = P_{a\text{-SALIDA}} / P_{a\text{-ENTRADA}} \quad \text{KW}_{\text{AHORRO}} = P_{a\text{-ENTRADA}} - P_{b\text{-ENTRADA}} \quad \eta_b = P_{b\text{-SALIDA}} / P_{b\text{-ENTRADA}}$$

$$P_{a\text{-ENTRADA}} = P_{a\text{-SALIDA}} / \eta_a \quad P_{b\text{-SALIDA}} = P_{b\text{-ENTRADA}} = P_{a\text{-SALIDA}} \quad P_{b\text{-ENTRADA}} = P_{a\text{-SALIDA}} / \eta_b$$

$$\text{KW}_{\text{AHORRO}} = P_{a\text{-SALIDA}} / \eta_b - P_{a\text{-SALIDA}} / \eta_a$$

De donde:

$$\text{KW}_{\text{AHORRO}} = P_{\text{SALIDA}} ( 1 / \eta_a - 1 / \eta_b )$$

$$\text{KW}_{\text{AHORRO}} \% = ( 1 / \eta_a - 1 / \eta_b ) 100\%$$

$$\text{KWH}_{(\text{AHORRO})\delta} = P_{\text{SALIDA}} ( 1 / \eta_a - 1 / \eta_b ) \text{Hrs}_{\delta}$$

$$\text{KWH}_{(\text{AHORRO})\delta} \% = ( 1 / \eta_a - 1 / \eta_b ) 100\%$$

Donde:

- $P_{a\text{-ENTRADA}}$ ,  $P_{b\text{-ENTRADA}}$ : POTENCIAS DE ENTRADA DE LOS MOTORES a Y b [KW].
- $P_{\text{SALIDA}}$ : POTENCIA MECÁNICA DE SALIDA [KW].
- $\eta_a$ ,  $\eta_b$ : EFICIENCIAS DE LOS MOTORES a Y b.
- $\text{KW}_{\text{AHORRO}}$ : AHORRO EN DEMANDA MÁXIMA.
- $\text{KWH}_{(\text{AHORRO})\delta}$ : AHORRO EN CONSUMO DURANTE EL PERIODO  $\delta$ .
- $\text{Hrs}_{\delta}$ : HORAS DE OPERACIÓN DEL PERIODO  $\delta$ .

*Se recomienda mantenerse constantemente actualizados en cuanto a las hojas de especificaciones y manuales de los fabricantes, ya que al diversificarse el empleo de equipos de alta eficiencia, existen constantes mejoras a las eficiencias de los motores.*

### CASO 2. CARGA Y VELOCIDAD VARIABLE.

**AHORRO EN DEMANDA MÁXIMA:**

Si el motor contribuye típicamente a la Demanda Máxima entonces:

$$\text{KW}_1 = P \quad \text{KW}_2 = P (F_1 / F_2)^3$$

$$\text{KW}_{\text{AHORRO}} = P [ 1 - (F_1 / F_2)^3 ]$$

$$\text{KW}_{\text{AHORRO}} \% = 1 - (F_1 / F_2)^3 100\%$$

Donde:

- $KW_1$  : Demanda sin VFD [KW].
- $KW_2$  : Demanda con VFD [KW].
- $P$  : Potencia demandada por el motor [KW].
- $F_1$  : Frecuencia de operación sin VFD  $F_1 = 60$  Hz.
- $F_2$  : Frecuencia de operación con VFD en el momento de la Demanda máxima del sistema [Hz].

Aquí el punto interesante es determinar a que velocidad de operación se espera tener durante el periodo de Demanda Máxima, no a la que en promedio se espera obtener durante el día. Probablemente en la mayoría de los casos en este momento se tenga una velocidad de operación alta, próxima al 100%, debido a que en este periodo se espera tener el máximo de demanda de aire acondicionado, por lo que en este sentido puede que el ahorro por Demanda Máxima no sea muy significativo.

### AHORRO EN CONSUMO:

El consumo sin el uso de VFD en el periodo  $\delta$ :

$$KWH_{1\delta} = P \text{ Hrs}_\delta$$

Usando VFD:

$$KWH_{2\delta} = P [ \sum ( (F_i / F_1)^3 \text{ Hrs}_i )_\delta ]$$

El ahorro en el periodo  $\delta$ :

$$KWH_{(Ahorro)\delta} = P ( \text{Hrs}_\delta - [ \sum ( (F_i / F_1)^3 \text{ Hrs}_i )_\delta ] )$$

$$KWH_{(Ahorro)\delta} \% = ( ( \text{Hrs}_\delta - [ \sum ( (F_i / F_1)^3 \text{ Hrs}_i )_\delta ] ) / \text{Hrs}_\delta ) 100\%$$

Donde:

- $KWH_\delta$  : Consumo en el periodo  $\delta$  [Hrs].
- $P$  : Potencia del motor [KW].
- $\text{Hrs}_\delta$  : Horas de uso en el periodo  $\delta$  (sin VFD) [Hrs].
- $F_i$  : Frecuencia de operación  $i$  [Hz].
- $\text{Hrs}_i$  : Horas de operación a la frecuencia  $F_i$  [Hrs].

De la última ecuación tenemos que el término  $\sum ( (F_i / F_1)^3 \text{ Hrs}_i )_\delta$  es la clave para que los ahorros previstos se calculen adecuadamente. No debe considerarse este término como un número único y constante. Lo correcto es averiguar con la mayor exactitud por cuanto tiempo se sostendrá cada frecuencia eléctrica de operación. Para llegar a determinar cada  $F_i$  con su respectivo  $\text{Hrs}_i$ , se sugiere llevar a cabo una estimación del gasto de aire acondicionado en función de la carga térmica típica a lo largo de un día de actividades en el edificio y a lo largo de un periodo de facturación, estudios que quedan fuera de los alcances de este trabajo.

## RECOMENDACIONES ADICIONALES.

A continuación se enumeran algunas recomendaciones que cubren los puntos antes vistos así como algunos puntos adicionales:

- Seleccionar el motor de acuerdo a su ciclo de trabajo. Operar un motor para servicio continuo, en accionamientos de operación intermitente, con frecuentes arranques y paros, ocasiona una depreciación de sus aislamientos y de sus características de operación y eficiencia.
- Si la carga lo permite, seleccionar motores de alta velocidad, ya que estos motores trabajan con mayor eficiencia y con un factor de potencia mayor.
- Sustituir los motores antiguos y de uso frecuente por motores de alta eficiencia.
- En caso de querer mejorar el factor de potencia de la instalación se recomienda concentrarse en los motores de mayor capacidad y con mayor número de horas de operación.
- Cuando se requiera de tener control de la velocidad del motor sustitúyanse las poleas, moloredutores, bandas, engranes, etc. por variadores de frecuencia electrónicos, con lo que se evitarán las pérdidas mecánicas en tales acoplamientos.
- Verificar en las hojas del fabricante si existe alguna restricción en cuanto a la posición de operación del eje del motor. Procurar no operar los motores con ejes de rotación oblicuos respecto de la horizontal para evitar mayores desgastes en sus cojinetes ( Los motores se diseñan considerando que la operación de su eje será horizontal o vertical ).
- Preferir el acoplamiento individual. En accionamientos con un grupo de motores, así se consigue que cada motor trabaje lo más cerca posible a su carga máxima y con ello a su máxima eficiencia.
- Instalar acoplamientos flexibles en aquellos motores sometidos a un número elevado de arranques súbitos. Con esto se pueden atenuar los efectos de una alineación defectuosa, reducir los esfuerzos de torsión en la flecha y disminuir las pérdidas por fricción.
- Instalar sistemas de control de temperatura en el aceite de lubricación de cojinetes de motores de gran tamaño a fin de reducir las pérdidas por fricción.
- Evitar hasta donde sea posible el arranque simultáneo de motores para evitar incrementar la Demanda Máxima del sistema en su conjunto.
- Efectuar correctamente la instalación eléctrica y el montaje de los motores y de su carga.
- Aterrizar sólidamente la carcasa de los motores. Esto, en caso de existir una falla de los aislamientos, sin que esto cause un corto circuito y sin que operen las protecciones, significa una fuga constante de energía.
- Dimensionar generosamente los conductores de toda la instalación de fuerza.

- ☑ Corregir en caso de existir desbalances notables (más del 5%) en el voltaje de alimentación de los motores trifásicos, ya que esto incide en la eficiencia y en la conservación de las partes eléctricas y mecánicas de los motores.
- ☑ Sustituir los controles de velocidad hechos a base de resistencias por variadores de frecuencia electrónicos.
- ☑ Revisar periódicamente las conexiones del motor, las de su arrancador y demás accesorios. Conexiones flojas significan puntos de sobrecalentamientos y caídas de tensión.
- ☑ Mantener en buen estado los portaescobillas, escobillas, conmutadores y anillos colectores en motores de CD, sincrónicos y de rotor devanado, ya que también significan puntos de sobrecalentamientos y lo que es peor, puntos de caída de voltaje.
- ☑ Mantener libre de obstrucciones externas e internas (mantenimiento preventivo) el sistema de ventilación del motor.
- ☑ En caso de aplicar pintura para la conservación de los equipos, retirar la pintura antigua y nunca permitir que se tenga una capa de pintura excesiva sobre la superficie del motor. Con el tiempo un motor con varias capas de pintura cambia drásticamente su capacidad de disipación calorífica.
- ☑ Incluir dentro del mantenimiento preventivo a motores las pruebas de caracterización típicas a los motores ( Prueba de aislamiento, medición de resistividad a conductores en devanados, rotor bloqueado etc ). para determinar el deterioro de sus partes, así como posibles fallas futuras.
- ☑ Revisar periódicamente los ejes del motor y la transmisión y en general los medios de transmisión mecánica de la carga, tales como poleas, engranes, bandas etc, aplicando lubricante y cosmético antiderrapante según se requiera.
- ☑ Efectuar limpieza del motor al menos una vez por año, con el propósito de eliminar la suciedad, el polvo, y objetos extraños que afecten su funcionamiento.
- ☑ En caso de poderse llevar a cabo, evitar la concentración de equipo en recintos pequeños, alejar siempre que se pueda los motores de fuentes de calor artificial o natural ( calderas por ejemplo). Cuidar que las condiciones del local donde se vallan a alojar dichos motores sean favorables para una buena ventilación.
- ☑ La principal desventaja de los motores con rotor jaula de ardilla es que no existe un método de control continuo de regulación de velocidad (aunque sean más económicos tanto en adquisición como en mantenimiento comparándolos con un rotor devanado).



**APLICACIÓN DE CONTROLES  
AUTOMATICOS.  
( EDIFICIOS INTELIGENTES ).**

# ¿QUÉ ES UN EDIFICIO INTELIGENTE?

## DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

***Se considera como un edificio inteligente, aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia de los servicios que brinda a sus ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación y extender su ciclo de vida, garantizando una mayor productividad de sus ocupantes estimulada por un ambiente de máximo confort, para lo cual se hace uso de técnicas avanzadas de Ingeniería computacional, comunicaciones y de control digital.***

Se puede usar el término "inteligente" si tomamos en cuenta que en un edificio se instalan kilómetros de cables para los sistemas de cómputo, telecomunicaciones, control y seguridad, funcionando similar al sistema nervioso de los seres humanos. En un extremo existen sensores que indican las condiciones de cada una de las diferentes partes del cuerpo, del edificio. Al otro lado debe existir un "cerebro" (o una serie de "cerebros") que es capaz de coordinar las acciones de los equipos.

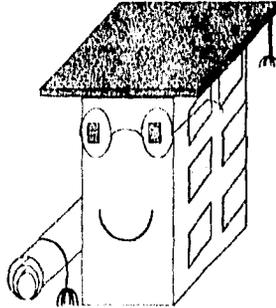
El cerebro una vez enterado de lo que sucede realiza una serie de algoritmos lógicos y aritméticos que determinan que es lo que hay que hacer. La información que ahí se genera se regresa a través de los mismos medios de comunicación no hacia los sensores, si no hacia los órganos y sistemas motrices que tomarán acción directa para transformar la realidad que nos atañe.

Durante la mayor parte del tiempo los equipos o sistemas trabajan de manera automática, similar a lo que en el cuerpo humano sucede con el pulso cardíaco, la respiración y el sistema simpático. Sin embargo, en el momento de que surge una eventualidad nuestro pensamiento toma consciencia de que hay que realizar una serie de acciones determinadas.

Por ejemplo, en un momento dado existe una situación la cual nos indica que tenemos que correr, en nuestro cerebro se genera la instrucción global llamada "correr", que puede tener diferentes categorías (rápido, regular o lento). En forma paralela el cerebro envía internamente y de manera automática cada a los centros nerviosos correspondientes que emitan a los órganos que supervisan y que interviene en dicha operación las instrucciones necesarias para correr.



Un edificio inteligente interactúa con diversos sistemas a través de sensores y dispositivos de retroalimentación que le indican como está funcionando. En base a ello toma la decisión pertinente para mantener las condiciones adecuadas ya sea para mantener una temperatura agradable, encender o apagar circuitos de iluminación para mantener un nivel de iluminación adecuado y detectar si la seguridad de algún área ha sido violada, si existe algún conato de incendio en algún punto, si algún equipo requiere de mantenimiento, o bien determina si la cantidad de energía eléctrica está excediendo el límite previsto y lo adecúa, o si existe peligro inminente realiza lo necesario para una evacuación inmediata, tal como activar voceo de emergencia, liberar puertas de emergencia, detener elevadores, iluminar áreas pertinentes, arrancar unidades de presurización, etc.



## CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

Bajo la definición anterior se pueden resumir las siguientes características que definen a un edificio inteligente:



## FLEXIBILIDAD.

Esta es una de sus principales características, ya que si un edificio es flexible se le puede catalogar como edificio inteligente a lo largo de su vida útil.

La flexibilidad se caracteriza por agrupar los siguientes atributos:

- ✓ CAPACIDAD PARA INCORPORAR NUEVOS O FUTUROS SERVICIOS.
- ✓ CAPACIDAD PARA MODIFICAR LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE SUS ÁREAS Y ASÍ ADAPTARSE A LAS NUEVAS NECESIDADES DE LOS USUARIOS SIN PERDER LA OPORTUNIDAD Y EL NIVEL DE SERVICIOS DISPONIBLES.

Una característica importante para facilitar la flexibilidad de las instalaciones es que todos los diseños se realicen por módulos, es decir tomando como unidades distancias tipo en el diseño arquitectónico y en las diferentes instalaciones.

Cabe la posibilidad de que en un principio se sobredimensione a cambio de disponer de la infraestructura necesaria para futuros cambios. Ya que los errores en esta etapa pueden afectar toda la vida útil del edificio además de acarrear costos muy superiores en fases posteriores. **EL DISEÑO ELÉCTRICO Y DE COMUNICACIONES SON DE LOS MÁS IMPORTANTES QUE TIENE QUE SER CONSIDERADO DESDE ESTE PUNTO DE VISTA.**

Se ha encontrado en la práctica que en cuanto a flexibilidad los sistemas más flexibles son todo tipo de cableados. Una distribución horizontal de las distintas redes (precableado de LAN, teléfono, energía eléctrica, TV, etc.) es necesaria para garantizar esta flexibilidad.

## INTEGRACIÓN.

Este concepto se refiere a que los servicios que se proporcionan a los usuarios del edificio se integran, se comparten y centralizan en un mismo equipo, en un mismo sistema.

La integración se caracteriza por:

- ✓ PERMITIR UNA MAYOR RENTABILIDAD DE LOS EQUIPOS.
- ✓ PERMITIR UNA MEJOR ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS DEL EDIFICIO.

El concepto de integración de servicios no es nuevo. Sin embargo en las últimas dos décadas los avances en los campos de la tecnología de control, cómputo y telecomunicaciones le han dado un mayor impulso a este concepto.

La integración en cuanto a la automatización de servicios está dirigida a tres grandes sistemas:

SISTEMA BÁSICO DE CONTROL.

SISTEMA DE SEGURIDAD.

SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA.

## SISTEMA BÁSICO DE CONTROL.

Es aquel que nos permite monitorear el estado de las distintas instalaciones y actuará de acuerdo a lo propuesto, evitando fallas dentro de su funcionamiento. Asimismo será el responsable de mantener los distintos grados de confort, y de llevar las estadísticas de mantenimiento para cada equipo, eliminando así las grandes cuadrillas de personal para mantener en funcionamiento todas las instalaciones.

## SISTEMA DE SEGURIDAD.

Dentro de este sistema existen dos aspectos: LA PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS.

La protección de las instalaciones va dirigida a prevenir y combatir siniestros, por ejemplo incendios; Muy ligada a esta la protección de las personas va dirigida al control de acceso y vigilancia de las instalaciones, por ejemplo, la prevención de robos.

## SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA.

Con el sistema básico de control del edificio, realizar un ahorro en el consumo de energía y llevar a cabo un control de la demanda es prácticamente implícito, ya que los equipos serán programados para que estos operen en situaciones de máximo rendimiento, lo cual se verá reflejado en un ahorro en comparación de métodos de operación convencionales.

## DISEÑO.

El diseño del edificio contempla tanto el aspecto *exterior*, (arquitectónico), como el *interior*, (la ergonomía y la distribución de espacios). Existen dos casos en los cuales se puede basar el diseño inicial del edificio:

1. Cuando se conoce quienes serán los futuros usuarios. En este caso se facilita enormemente el éxito de la labor de diseño ya que puede y debe existir una estrecha colaboración y comunicación entre el grupo de personas que llevarán a cabo la ingeniería y los futuros usuarios en donde se indiquen las perspectivas y necesidades que el diseño debe cumplir.
2. Cuando no se conoce quienes serán los futuros usuarios. En este caso se hace uso de la experiencia de los diseñadores para cumplir con las necesidades básicas de un número considerado de usuarios.

En ambos casos el diseño debe considerar un sobredimensionamiento primario que aunque sea a costa de un incremento de la inversión inicial, resulta ser más rentable en comparación de grandes adiciones y modificaciones futuras, ya que no debe de perderse de vista que habrá

## COJUNCIÓN DE DIFERENTES SISTEMAS EN UN MISMO ESPACIO.

Este aspecto es muy delicado cuando la conformación de los presupuestos están limitados a una cantidad fija y existen problemas de financiamiento sobre todo de liquidez, ya que un sobredimensionamiento en cualquiera de los sistemas que forman la infraestructura del edificio bajo estos términos es muy mal visto. Nuestra obligación como asesor técnico es hacerle ver al cliente de las ventajas que le traerá lograr la infraestructura del edificio a un límite razonable para cada fase del mismo.

## CONFORT-PRODUCTIVIDAD.

La firma de consultoría holandesa Twyntra Gudde describe la relación que existe entre los edificios de oficinas y los criterios de diseño durante la últimas décadas:

### TENDENCIAS EN OFICINAS.

- 60's → **EFICIENCIA OPERACIÓN-ORGANIZACIÓN.**
- 70's → REDUCCIÓN DE **COSTOS** DE OPERACIÓN.
- 80's → **CALIDAD.**
- 90's → **CREATIVIDAD Y TRABAJO EN EQUIPO DE LAS PERSONAS.**

Es bastante curioso ver que se pierde de vista que la principal labor del edificio es proporcionar los elementos suficientes para que los usuarios desarrollen sus actividades, siendo indispensable elevar y mantener la calidad de vida de los ocupantes del edificio a través de todos los servicios que ofrezcan las instalaciones.

## SISTEMAS ADMINISTRADORES DE RECURSOS AUTOMATIZADOS.

Un SISTEMA ADMINISTRADOR DE RECURSOS, SAE (FACILITY MANAGEMENT SYSTEM, FMS desde este momento), es una conjunción de elementos de software y hardware dedicados a supervisar una red de controladores inteligentes dirigido a:

**LOGRAR EL ÓPTIMO USO DE LOS RECURSOS Y SERVICIOS CON QUE CUENTA UN EDIFICIO, PROCURANDO EL MÁXIMO CONFORT, SEGURIDAD Y PLENA SATISFACCIÓN DE TODOS SUS OCUPANTES, AL MENOR COSTO DE OPERACIÓN POSIBLE.**

A partir de este momento se hará una breve exposición de las características generales de las redes FMS, auxiliándonos de una en particular llamada comercialmente **METASYS™**, desarrollada por Johnson Controls International. Pero, ¿Porqué Metasys . . . ?

*Dadas sus características y utilidades engloba la mayor parte de las ventajas que ofrecen la mayoría de las marcas comerciales dirigidas al control de edificios Inteligentes. Además es la primera en crear un protocolo de comunicación abierta a nivel de software que permite interactuar con equipos de más de 160 marcas comerciales.*

De modo standard entre otras posibilidades se incluyen utilidades tales como:

- ✓ CONTROL DIGITAL DE TODOS LOS SISTEMAS (LOGIC CONTROL).
- ✓ ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA (BUILT-IN ENERGY MANAGEMENT).
- ✓ CALENDARIZACIÓN DE EVENTOS (SCHEDULING).
- ✓ CONTROL Y MONITOREO DIRECTO, TANTO EN MODO LOCAL COMO EN MODO REMOTO.

### ✓ CONTROL DIGITAL DE TODOS 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 solo tiene sistemas automatizados, sino que de requerirse todos estos se coordinan unos a otros de forma tal que sean uno a la vez.*

### ✓ ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA (BUILT-IN ENERGY MANAGEMENT).

Dentro del FMS 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 (BUILT-IN ENERGY MANAGEMENT, **BEM**), también llamado SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA (ENERGY MANAGEMENT SYSTEM, **EMS**).

**EL SISTEMA OPERA EN FORMA TAL QUE LOS COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL EDIFICIO SE ABAJO RESPECTO DE LOS QUE SE TUVIERAN CON PROCEDIMIENTOS CONVENCIONALES.**

### ✓ 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.

### ✓ CONTROL Y MONITOREO DIRECTO, TANTO EN MODO LOCAL COMO EN MODO 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 en un ambiente 100% amigable.

## CAMPOS DE APLICACIÓN.

### AIRE ACONDICIONADO ( HVAC ).

PROCESO DE REFRIGERACIÓN.  
PROCESO DE CALEFACCIÓN.  
CONTROL DE HUMEDAD.  
GENERACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.  
DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.

### ACCESO Y SEGURIDAD.

LECTORAS DE TARJETAS.  
MONITOREO DE OCUPACIÓN.  
COMUNICACIÓN AUTOMÁTICA CON DEPARTAMENTO DE POLICÍA  
Y BOMBEROS.

### SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

DETECCIÓN DE INCENDIO.  
SUPERVISIÓN DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS.  
SECUENCIA DE OPERACIÓN DE TODO LOS EQUIPOS ANTE  
SINIESTROS.

### ILUMINACIÓN.

ENCENDIDO/APAGADO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN.  
CONTROL DE NIVELES DE ILUMINACIÓN.

### FUERZA.

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.  
PLANTA DE EMERGENCIA.

### SERVICIOS.

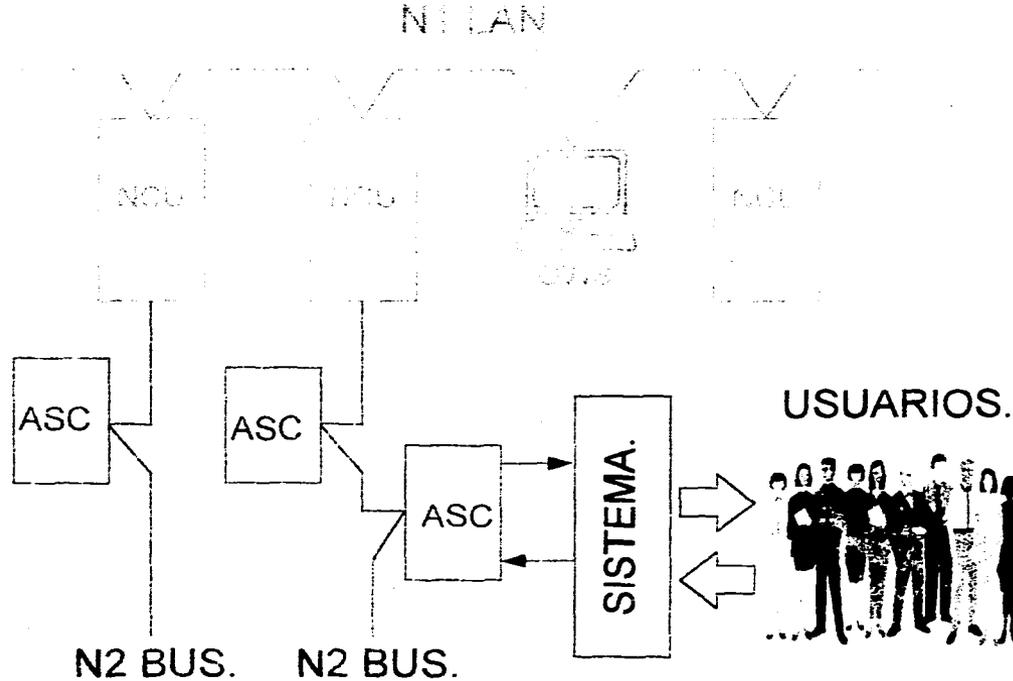
ELEVADORES.  
ESCALERAS ELÉCTRICAS.  
BOMBEO DE AGUAS.

Entre otras aplicaciones.

### GENERALIDAD DE ELEMENTOS.

En la siguiente figura se muestran los componentes básicos de una red FMS.

## ARQUITECTURA BÁSICA DE UN FMS.



ANÁLISIS Y APLICACIÓN DEL USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN UN EDIFICIO INTELIGENTE.

## USUARIOS Y EQUIPOS

Por un lado tenemos una serie de **USUARIOS**, que son la pauta de todas nuestras consideraciones de diseño, y a los cuales se les desea brindar una determinada gama de servicios.

Los servicios a los que nos referimos, tales como aire acondicionado, iluminación, control de acceso, sistema contra incendio, sistemas de seguridad, elevadores, escaleras eléctricas etc, son los **EQUIPOS O SISTEMAS** que vamos a controlar por medio de nuestra red inteligente. Estos sistemas pueden ser fabricados bajo distintas marcas comerciales, siendo una de las principales características de un buen FMS la capacidad de poder integrar y coordinar el funcionamiento de equipos realizados por distintos fabricantes.

## CONTROLADORES DE APLICACIÓN ESPECÍFICA (ASCS).

El FMS tiene por objetivo controlar y optimizar el desempeño de todos aquellos sistemas requeridos por los usuarios, para la cual se emplean **controladores inteligentes** (Application Specific Controllers **ASCS**, también llamados Intelligent Controllers, **ICs**) que tienen la capacidad de controlar a tales sistemas por sí solos ( Standalone controllers).

Por un lado existen ASCS dedicados a controlar procesos bien definidos, en tanto que existen otros que tienen una programación abierta la cual ofrece mayor flexibilidad y que cubren una buena parte de las necesidades de control de la mayoría de las aplicaciones solicitadas por los usuarios.

Sin embargo, existen diversos equipos que de fábrica tienen integrados sus propios controladores. Para ser integrados, monitoreados y controlados además por nuestra red existen ASCS que sirven para establecer comunicación con el controlador propio del equipo. Esto último se logra a través de convenios comerciales para poder integrar equipos de diversos fabricantes por medio de **PROTOSCOLOS DE COMUNICACIÓN ABIERTOS** (Non proprietary).

## MÓDULOS DE CONTROL (NCU).

Dependiendo del tipo aplicación y de la complejidad del sistema por controlar es posible, y bastante común para áreas extensas, que se requiera implementar una gran cantidad de ASCS similares o una combinación de diferentes tipos.

Ya sea uno u otro caso los ASCS deben estar supervisados por un controlador que tenga en la red una mayor jerarquía. Tales controladores son llamados genéricamente **Unidades Controladoras de Red** (Network Controller Unit, **NCU** desde este momento) los cuales están internamente constituidos por diversos submódulos que dan flexibilidad y capacidad de extensión al NCU, los cuales también trabajan en modo standalone (En próximas líneas se describirán tales submódulos mencionados).

## INTERFACES A USUARIO

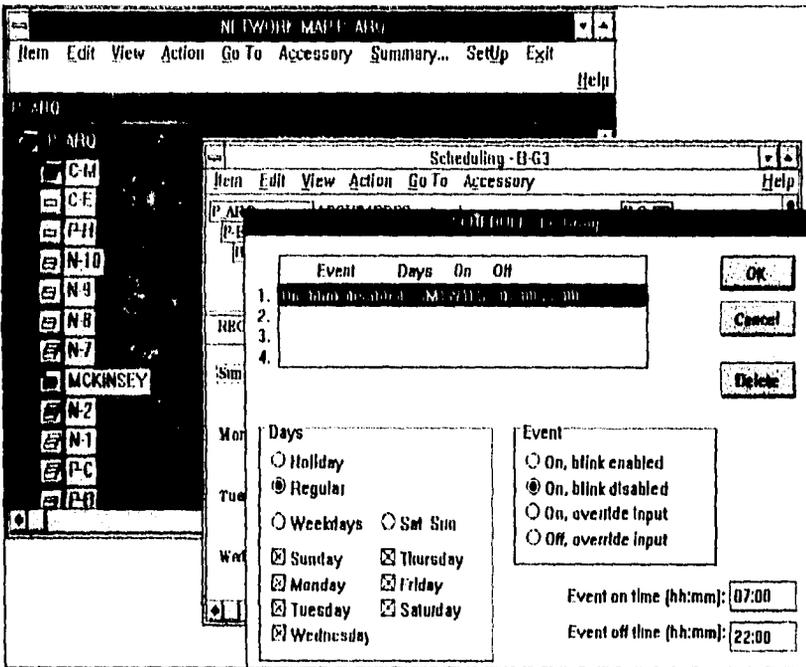
Una de las características más importantes de los sistemas inteligentes es la capacidad de interacción **DIRECTA Y ÁGIL** con un operador, también llamado gerente de red, por medio de una serie de interfaces de comunicación y operación.

Existen cuatro tipos de interfaces a usuario para estos efectos:

PANEL y PC.

En la versión PANEL, que es un conjunto de módulos donde se encuentra el software que opera a la red, el operador puede acceder a esta por medio de una terminal clase TV-100 conectada a un puerto local o a un puerto remoto de comunicaciones. Esta versión es recomendada para personal que tenga a su cargo funciones de monitoreo muy bien determinadas. Por ejemplo, el personal de vigilancia puede tener un monitor que exclusivamente supervisa el sistema de acceso y el sistema de detección de incendio.

En la versión PC, llamada *Estación de trabajo del operador* (Operator Work Station, OWS), todo el software está contenido en el disco duro una computadora personal común y corriente, la cual es la **INTERFACE DE MAYOR NIVEL EN LA RED**. Gracias a la ambientación gráfica que ofrecen paquetes tales como **WINDOWS™**, los cuales sólo corren en una PC, se facilita enormemente el manejo de información, el cual se vuelve ágil y dinámico.



GRACIAS AL DESARROLLO DE LOS MEDIOS INFORMÁTICOS Y A LA MERCADOTECNIA SE PUEDE CONTAR CON UN AMBIENTE AMIGABLE PARA LLEVAR A CABO LAS LABORES DE PROGRAMACIÓN Y MONITOREO DE LOS DISTINTOS SISTEMAS QUE INTEGRAN A LA RED.

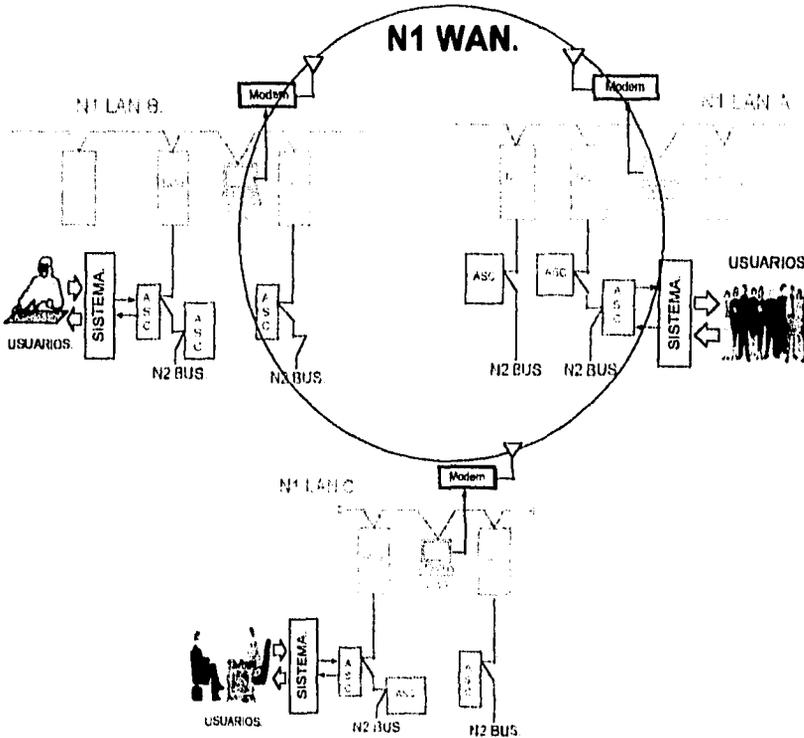
## COMUNICACIÓN EN RED.

Todos los ASCs que reportan a un mismo NCU están conectados formando una red cuya configuración por lo general es tipo BUS. A este nivel de la red se le conoce como nivel **N2 BUS** o simplemente **N2**.

Así mismo todos los NCU's se conectan en red local (Local Area Network, **LAN**), incluida en esta la OWS. A este nivel de la red se le conoce como nivel **N1 LAN** o simplemente **N1**.

La conexión en red no sólo se puede llevar cabo a nivel de **N1 LAN**, que típicamente engloba a un solo edificio. Esta se puede hacer a nivel de diversos inmuebles propiedad de un mismo usuario el cual desee desde una OWS acceder y supervisar su desempeño.

Para lo anterior se conectan las **N1LAN**, por medio de diversos medios de comunicación, formando una red extensa, (**Wide Area Network, WAN**), conocida como **N1 WAN**.



# COMPONENTES ELEMENTALES DE HARDWARE.

Los componentes de Hardware elementales con que funciona una red FMS pueden ser agrupados en los siguientes grupos:

MÓDULOS DE CONTROL.  
CONTROLADORES DE APLICACIÓN ESPECÍFICA (ASC).  
INTERFACES A USUARIO.  
COMUNICACIÓN EN RED

## MÓDULOS DE CONTROL.

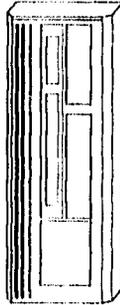
Los módulos de control son los dispositivos que ya sea en forma individual y/o en conjunto con otros módulos, supervisan y coordinan el desempeño de los ASCs. Las características principales de tales dispositivos son:

- ⊕ Configuración modulada\*.
- ⊕ Trabajan en red extendida.

\* Aunque existen diversas versiones. Sólo describiremos los módulos de mayor uso hasta el momento.

## NETWORK CONTROL UNIT (NCU).

- ⇒ En sí es un panel, es decir un gabinete, con dimensiones adecuadas para alojar a una familia de módulos de control, de procesamiento de información y de puntos de interface.
- ⇒ Sus puertos de comunicación y Slots con que cuenta permite adaptarse a las necesidades del usuario conforme este así lo requiera, adicionando puntos a la red sin afectar los puntos ya implementados.



NCU

## NETWORK CONTROL MODULE (NCM).

- ⇒ Es el primer nodo de inteligencia de la red y el cual reside físicamente dentro del gabinete del NCU.
- ⇒ El NCM coordina y supervisa las actividades de todos los puntos y los lazos de control alambrados físicamente al NCU, así como las de todos los NEU y ASCs conectados a nivel de N2 BUS. También da soporte a las interfaces con operador OWS portátiles (Lap Top) e impresoras.
- ⇒ El NCM soporta la utilidad de ADD™ (la cual se comentará más adelante) trabaja en conjunto con la red N1 LAN y el BUS de comunicaciones N2 BUS para brindar acceso a la base de datos de los valores de los puntos conectados a la red.
- ⇒ Los submódulos del NCM ( NIM, L2, módem, RS232) permiten ampliar las opciones de comunicación, memoria y número de entradas/ salidas hacia los dispositivos implementados dentro de la red.
- ⇒ Existen diferentes modelos los cuales constantemente buscan optimizar espacio y ofrecer mayor capacidad.
- ⇒



NCM

COMPARACION DE			
MODELO NCM	100	200	300
CONFIGURACIÓN	MODULOS	MODULOS	PIEZA ÚNICA
MEMORIA	640 [ KB ]	1.4 [ MB ]	10 [ MB ]
PUERTOS	2	2	4
ALIMENTACIÓN	110/220 V	110/220 V	60 ó 240 V
CONEXION A N1	DIRECTA	DIRECTA	CON ETHERNET
TARJETA	ARCNET INTEGRADA A LA MOTHERBOARD DEL NCM	ARCNET INTEGRADA A LA MOTHERBOARD DEL NCM	ARCNET/ETHERNET EN SLOT DE COMUNICACIÓN.
PRECIO	\$	\$\$	\$\$\$

## DIGITAL CONTROL MODULE (DCM).

- ⇒ Es el módulo de procesamiento de información principal, el cual contiene un procesador 386, que es suficientemente rápido para procesos HVAC, iluminación, acceso y demás sistemas y servicios que se ofrecen en un edificio inteligente ( para procesos industriales dependiendo de las especificaciones de diseño es que se pueda o no aplicar este tipo de controladores).
- ⇒ Es un módulo de interface y control que reside ya sea en un NCU o en un NEU. Este permite el control digital directo sobre los dispositivos analógicos o binarios conectados de hasta 10 lazos de control (Loops), los cuales pueden ser muestreados a diferentes velocidades, que van de 1 a 32,767 segundos, hecho que depende de la naturaleza del proceso.
- ⇒ *El DCM tiene constante sintonización de los parámetros de cada lazo de control. Esto significa que como los procesos dinámicos cambian, las constantes de los procesos PID son ajustadas constantemente para compensar los cambios en los procesos y así asegurar la salida deseada de los sistemas.*
- ⇒ Permite tener en forma rápida un reporte que llega al operador de la red, a través de la OWS, acerca de los cambios de estado (Change of State, COS) y alarmas generadas en los puntos que están conectados a los ASCs que supervisa cada NCU. Esto es de utilidad para poder ejecutar acciones en cuanto se presenten anomalías dentro de la red procurando así seguridad en su desempeño.
- ⇒ En caso de hacer operaciones manuales (**OVERRIDES**) el NCM sirve como conexión directa a los ASCs y de ahí a los actuadores que ejecutarán tales comandos. Al ser retirados el NCM permitirá restablecer el control automático de la red.



DCM

## POINT MULTIPLEX MODULES (XM).

- ⇒ Es una interface que reside en el NCU o en el NEU.
- ⇒ Este incrementa la capacidad de conexión a puntos del NCU. Si los puntos están agrupados en un lugar distante, el XM permite una manera económica de conectarlos al NCM (sobre la red N2 BUS), sin necesidad de alambrados separados de cada uno de los dispositivos de entrada y salida.
- ⇒ Además es un monitor de puntos binarios, el cual controla relevadores ya sean momentáneos o mantenidos eléctricamente.



XM

## NETWORK EXPANSION UNIT (NEU).

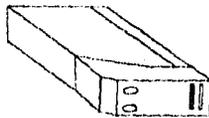
- ⇒ Es un gabinete que contiene los mismo módulos configurables que cualquier NCU, pero sin el módulo de procesamiento central (NCM).
- ⇒ Su función es ser una plataforma para monitorear y distribuir las señales de control a los diferentes puntos de la red, así como regresar la información de nuevo al NCU.



NEU

## FUNCTION MODULES (FM).

- ⇒ Es una interface que maneja señales de entrada y salida tanto analógicas como binarias ( voltaje, presión y corriente) dentro de valores mundialmente estandarizados (compatibilidad con tecnología TTL).
- ⇒ Su importancia radica en la capacidad de acoplar diferentes sistemas de instrumentación (Por ejemplo, señales de entrada neumáticas de 0 a 25 PSI las convierte a señales de corriente de 0 a 20 mA), permitiendo flexibilidad en remodelaciones.
- ⇒ Con lo anterior favorece y extiende la integración de los equipos ya instalados a la red FMS con el ahorro económico que esto conlleva.



FM

## CONTROLADORES DE APLICACIÓN ESPECÍFICA (ASC).

Se describen a continuación los ASCs de mayor uso.

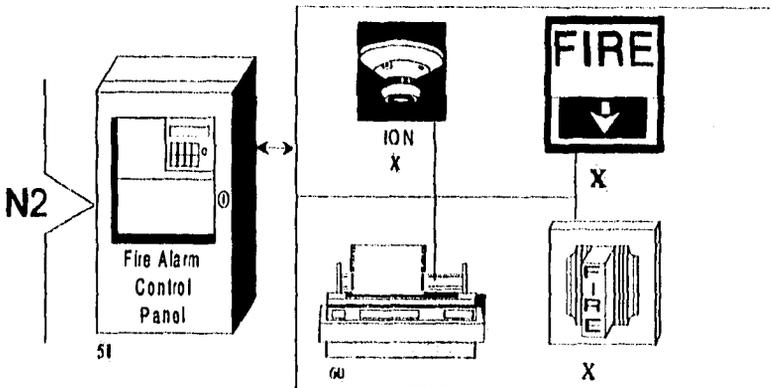
### INTELLIGENT FIRE CONTROLLER (IFC).

Es el módulo de monitoreo principal de un sistema de detección de incendios. Este en particular trabaja en modo standalone. Dada su importancia la red FMS exclusivamente sólo monitorea la información que este controlador genera, a partir la cual la red toma acciones pertinentes para la prevención de incendios.

Este módulo se auxilia tanto de detectores de humo de diversos tipos, estaciones manuales de emergencia (pull station), señalización, impresoras, módems, etc.

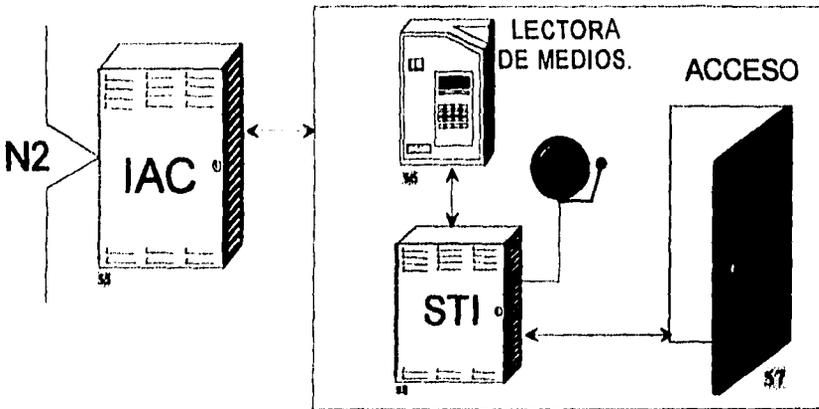
La red en caso de alarma a través de la lectura del IFC puede tomar acciones tales como:

- ▲ Apagado de sistemas HVAC que puedan avivar el posible fuego.
- ▲ Encendido de unidades presurizadoras de escaleras de emergencia y recintos de seguridad.
- ▲ Notificación vía módem a la estaciones de bomberos y policía, así como radiocalizadores de los responsables del edificio.
- ▲ Monitoreo de bomba de sistema contra incendios.
- ▲ Control de elevadores, iluminación y acceso durante y después de la alarma de incendio.



## INTELLIGENT ACCES CONTROLLER (IAC).

- ↳ Este tiene básicamente las funciones de contener y ejecutar el software adecuado para supervisar y controlar todos los dispositivos de ingreso de información (lectoras de medios), actuadores de acceso (chapas eléctricas), medios de seguridad (alarnas) y radioalarmas.
- ↳ La secuencia de ingresos y egresos de un determinado recinto se programa a través del AIC pudiendo ser tan rigurosa y completa de forma tal que el equipo no sea burlado en ningún momento.
- ↳ Al estar integrado en red a otros ASCs es posible obtener acciones de control sobre la iluminación y el aire acondicionado. Por ejemplo, al entrar a un determinado recinto, el IAC reporta a su respectivo NCU supervisor, el cual envía una señal que le indica a un ILC la presencia de personas en X zona del edificio de forma tal que hay que encender la iluminación en ese momento hasta que se rellenen. Cosa similar que puede hacerse sobre las UMAS y las cajas de volumen variable que surten de aire acondicionado dicha área.
- ↳ La importancia de este tipo de módulo es que participa en medida de la seguridad del edificio y de sus usuarios ante posibles intrusos, que por desgracia suele ser más común en nuestros días, y lo cual ha propiciado la aparición de un amplio mercado de seguridad, incluidos los circuitos cerrados de televisión (CCTV), así como una serie de compañías de seguridad privadas.

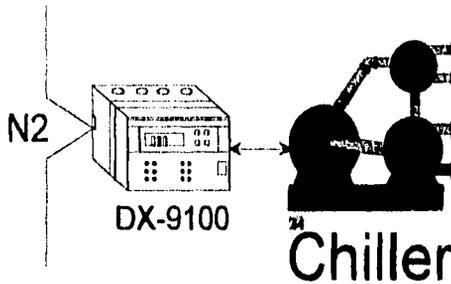


## EXTENDED DIGITAL CONTROLLER (DX-9100).

↳ Es un controlador digital con múltiples aplicaciones:

- ↳ Generadores de agua helada (Chillers).
- ↳ Generadores de agua caliente (Boilers).
- ↳ Manejadoras de aire (Air handles).
- ↳ Iluminación.

↳ Esto puede operar en modo standalone y/o integrado a la red inteligente.

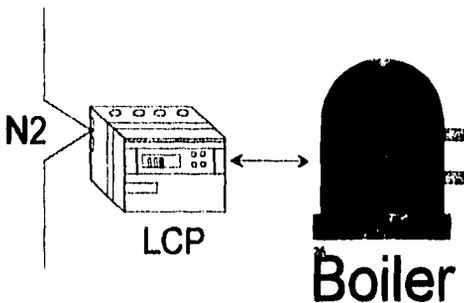


## LAB AND CENTRAL PLANT (LCP).

↳ Es un controlador digital con múltiples aplicaciones:

- ↳ Generadores de agua helada (Chillers).
- ↳ Generadores de agua caliente (Boilers).
- ↳ Control preciso de HVAC en ambientes de laboratorio.

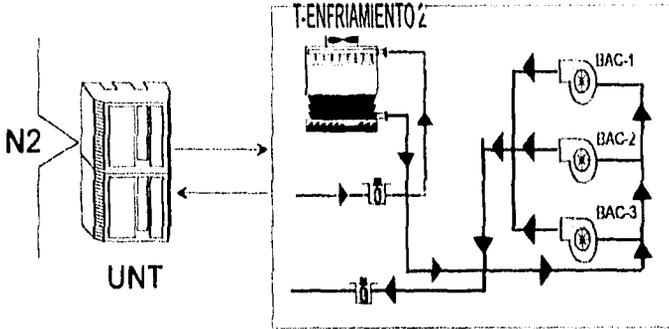
↳ Esta última aplicación es donde se denota su alto grado de desempeño.



## UNITARY (UNT).

↳ Es un controlador digital con múltiples aplicaciones:

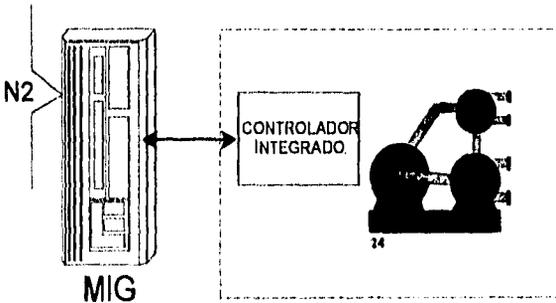
- ↳ Unidades paquete de aire acondicionado.
- ↳ Ventiladores.
- ↳ Fan & coils.
- ↳ Bombas de calor (Heat pumps).
- ↳ Otras unidades terminales aplicadas a
- ↳ HVAC de zonas simples.



## INTEGRADOR (MIG).

↳ NO ES PROPIAMENTE UN CONTROLADOR, sino es una interface de comunicación con los controladores diseñados por otros fabricantes.

↳ La función de este MIG es lograr el monitoreo de otros equipos en la red, por medio de un protocolo de comunicaciones abierto (non proprietary), dirigido esto a aprovechar la instrumentación existente en los equipos con el consiguiente ahorro económico que esto representa.



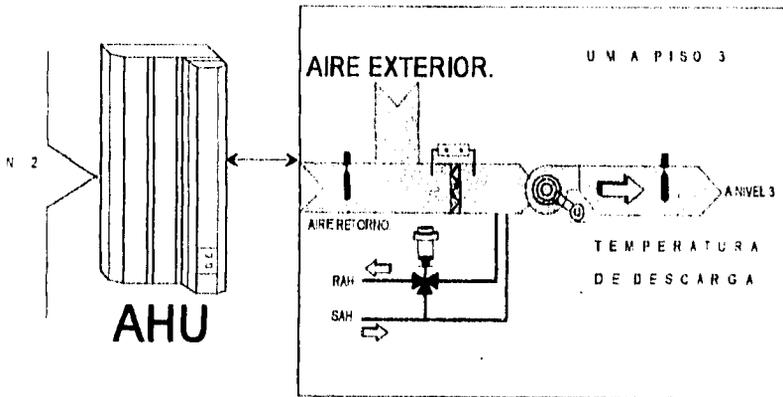
## ASC's APLICADOS AL AHORRO ENERGÉTICO.

De los ASC's a continuación mencionados. **AHU** (en operación con sistemas de volumen variable, **VAV**) e **ILC**, se caracterizan por lograr un óptimo desempeño de los sistemas de HVAC e iluminación, sistemas que tienen bastante peso en la facturación eléctrica típica de todo tipo de edificios no residenciales.

### AIR HANDLING UNIT (AHU).

↳ Es un sistema completo de control digital para las aplicaciones más comunes de **UNIDADES MANEJADORAS DE AIRE (UMA)**.

↳ Aunado a una familia de accesorios adecuados, tales como sensores presencia y de temperatura con o sin opción de calibración directa por el usuario, detectores de presión diferencial de flujo de aire, etc., permiten flexibilidad ya sea para nuevas construcciones o en remodelaciones.



Tenemos un recinto donde se genera calor por diversas causas, ya sea por la presencia de personas, iluminación, diversas máquinas, ganancia térmica por insolación, etc., y al cual se pretende inyectar aire frío para abatir su temperatura hasta llegar a un valor deseado.

Empleando un ventilador eléctrico el aire frío se obtiene al hacerlo pasar por un intercambiador de calor, el cual es un serpentín en cuyo interior circula agua a una baja temperatura, 7 u 8 °C; El aire cede calor al agua fría a través de las paredes del serpentín, obteniéndose así el enfriamiento del aire.

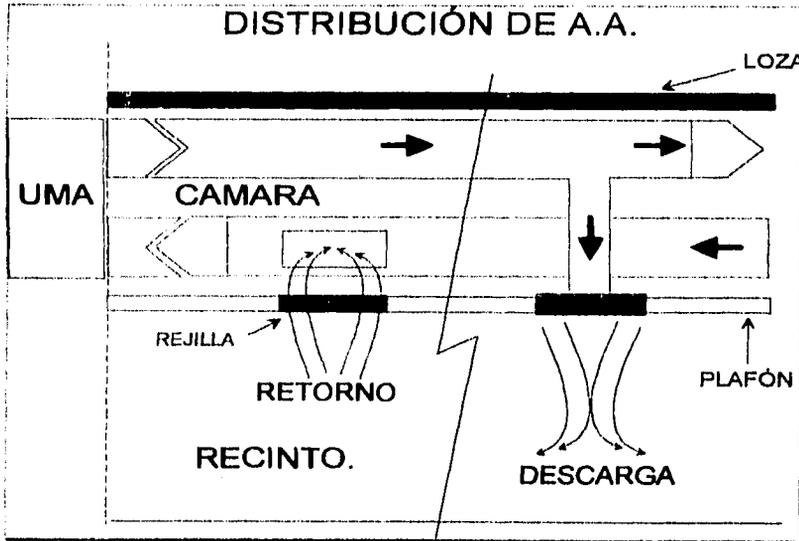
Existen dos factores que determinan la cantidad de calor intercambiado en el serpentín:

- ⊗ EL GASTO DE AGUA HELADA QUE CIRCULA EN SU INTERIOR.
- ⊗ LA VELOCIDAD CON QUE PASA EL AIRE POR EL INTERCAMBIADOR.

La AHU por un lado controla el gasto de agua helada actuando sobre una válvula colocada en la línea de alimentación del serpentín. A mayor gasto de agua mayor intercambio de calor.

Por otro lado la AHU **CONTROLA A UN VARIADOR DE FRECUENCIA QUE A SU VES CONTROLA LA VELOCIDAD DE UN MOTOR ELÉCTRICO QUE MUEVE AL VENTILADOR**. A menor velocidad habrá un mayor intercambio de calor, pero disminuirá la cantidad de aire inyectado, en pies cúbicos por minuto (CFMs), al recinto en cuestión.

El aire que se inyecta tiene una menor temperatura que el que se haya en ese momento dentro del recinto. Por convección el aire caliente sube a las partes más altas y pasa al interior del plafón (cámara) en forma natural por medio de rejillas de retorno, en forma forzada succionado por ventiladores de extracción o bien a través del sistema de succión de la misma UMA, tal como se muestra a continuación.



Todo el aire caliente es succionado de forma tal que regrese a la UMA y vuelva a ser enfriado, inyectándose de nuevo al interior del recinto.

Las UMAs también tienen la posibilidad de calentar el aire. Solo que esta vez el agua que circula por el serpentín es agua caliente. El proceso de calefacción del aire es similar al proceso de enfriamiento antes descrito.

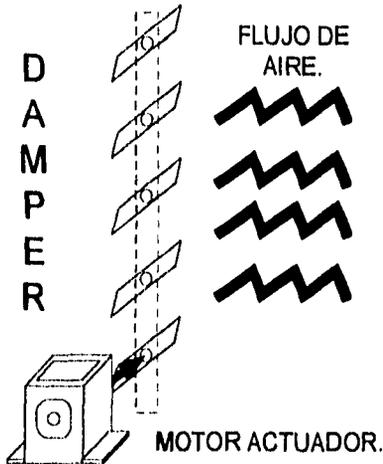
Pareciera muy simple todo esto. Sin embargo, no sólo se trata de inyectar aire frío o aire caliente a nuestro recinto. También se tiene que renovar en una cierta cantidad de aire fresco del exterior. De no hacerse así esto provocaría que el aire se enrareciera, concentrándose dióxido y monóxido de carbono y se atendería la formación de esporas y microbios en suspensión, lo cual afectaría el confort, la productividad y sobretodo la salud de los usuarios del edificio.

Así la AHU puede atender otros dos factores claves en el servicio de HVAC:

- ⊗ LA VENTILACIÓN Y RENOVACIÓN DE AIRE FRESCO.
- ⊗ EL CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE.

La AHU dependiendo de la configuración del sistema HVAC tiene que regular la cantidad de aire que se renueva desde el exterior y que es mezclada con el aire que se recicla, por medio de persianas reguladoras de aire, llamadas **DAMPERS**.

Al cambiar el grado de apertura de sus persianas, conociendo las dimensiones del ducto, a una determinada presión estática, se puede conocer la cantidad de aire que pasa en ese momento por la caja.

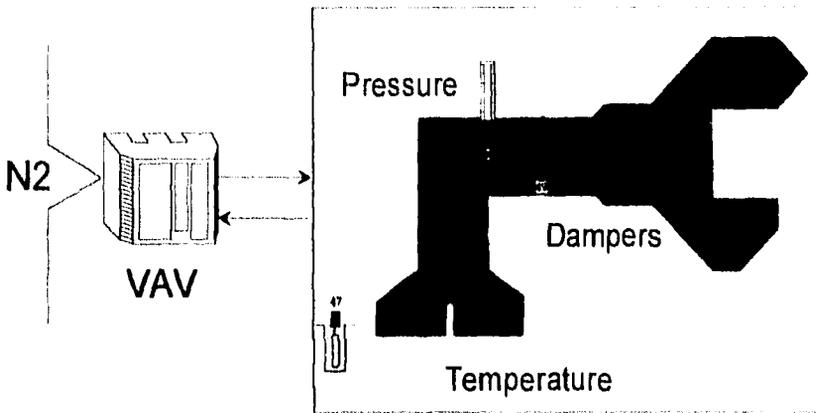


La posición de las persianas es controlada por la tarjeta VAV a través de un motor actuador de CD.

En climas templados y cálidos por lo general no se lleva a cabo este proceso de regulación. Pero si se usa en climas extremadamente fríos, donde incluso hay que precalentar el aire que llega desde el exterior para evitar que congele el agua que circula por el serpentín.

## VARIABLE AIR VOLUME BOX (VAV).

- ↳ Es un controlador que controla la cantidad de flujo de aire que pasa por un ducto y que descarga en un determinado recinto.
- ↳ El ducto puede ser de diversas configuraciones.



No basta con distribuir el aire frío o caliente a los distintos recintos de nuestro edificio. Como se comentó anteriormente es necesario controlar tanto la temperatura así como la cantidad de aire que es inyectada por unidad de tiempo.

La tarjeta VAV se programa de acuerdo a la temperatura deseada en el recinto y a la cantidad de aire mínima y máxima que debe dejar pasar, además de otros parámetros para cubrir las necesidades de confort de los usuarios.

La temperatura del recinto es medida por la VAV por medio de un termostato colocado en el recinto. La cantidad de aire se cuantifica indirectamente usando un dispositivo que mide la presión diferencial de la entrada a la salida de la caja, el cual es llamado DPT (**Diferential Pressure Transductor**).

El porcentaje de apertura de la caja determinará la cantidad de aire inyectada al recinto. En cuanto se aproxime la temperatura leída desde el termostato a la temperatura de confort programada, la caja comenzará a cerrar. Si aumenta la temperatura la caja tenderá a abrirse para alcanzar de nuevo la temperatura de confort.

**AHORROS POTENCIALES.**

La conjunción del control sobre la UMAs y las cajas de volumen variable, dan como resultado el ahorro energético en dos formas:

1. LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA QUE CONLLEVA EL AJUSTE DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR DEL VENTILADOR DE LA UMA A TRAVÉS DEL USO DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA ( DE LAS DOS ESTA REDUCCIÓN ES LA DE MAYOR PESO).
2. LA REDUCCIÓN DEL GASTO DE AGUA HELADA O CALIENTE QUE TENDRÍA QUE HABERSE GENERADO YA SEAN EN LOS CHILLERS O EN LOS BOILERS DEL EDIFICIO.

A continuación se muestra un comparativo típico del desempeño de un conjunto de equipos con y sin la implementación de estos controladores:

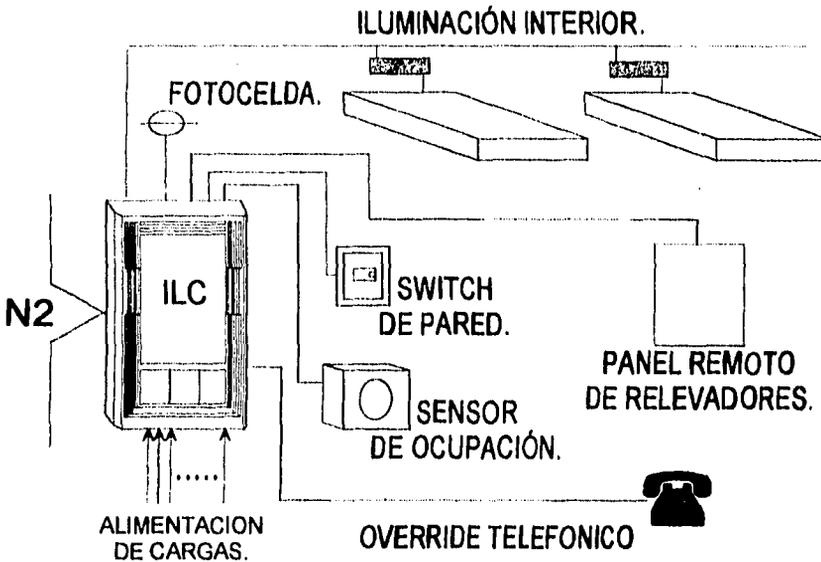
Monthly Energy Profile											
		3:01:03	5:00 PM		HOURS THIS MONTH:		744				
SYSTEM1	OAT1	32.8	<b>CALCULATE RUNTIME</b>								
SYSTEM2	OAT2	47.6									
SYSTEM3	OAT3	33.6									
15-HP BOILERS		BOILER1:	33,362	KBTU	MAIN	BOILER1:	23,997	#			
		BOILER2:	16,196	KBTU	BOILERS	BOILER2:	60,042	#			
CHILLER	MONTHLY MAX:	68.2	TONS		MAKE-UP WATER:		2,869.79	GALLONS			
SYSTEM	OBJECT	TONS	HP	KW Compressor	KW Fan	RUN TIME Hours	KWhrs. w/out EMS Fan	KWhrs. w/EMS Fan			
AHU-1	UNIT-1	15	3	23	2.80	322.3	1879.9	901.6			
AHU-1	UNIT-2	50	8	76	7.23	670.2	4861.2	4843.4			
AHU-1	UNIT-3	50	8	76	7.23	670.2	4861.2	4843.4			
AHU-1	UNIT-4	50	8	76	7.23	670.2	4861.2	4867.0			
AHU-1	UNIT-5	30	5	46	4.66	645.2	3133.2	1352.7			
AHU-1	UNIT-6	12	2	18	1.99	290.1	1335.8	1333.9			
AHU-1	UNIT-7	3	1	5	0.99	670.6	668.4	178.7			
AHU-1	UNIT-8	3	1	5	0.99	179.7	668.4	218.6			
AHU-1	UNIT-9	15	3	23	2.80	220.0	1879.9	993.3			
AHU-1	UNIT-10	60	8	92	7.23	358.9	4861.2	3363.0			
TOTALS:		288	47	440	43.15	4695.4	23011.40	22716.00			
TOTAL SAVINGS:		TONS	HP	KW	KW	Hours	KWhrs.	KWhrs.			
		6294.60 KWhrs.									

**Se tiene que típicamente estos sistemas pueden ofrecer de un 20 hasta un 30% de ahorro en consumo para este rubro.**

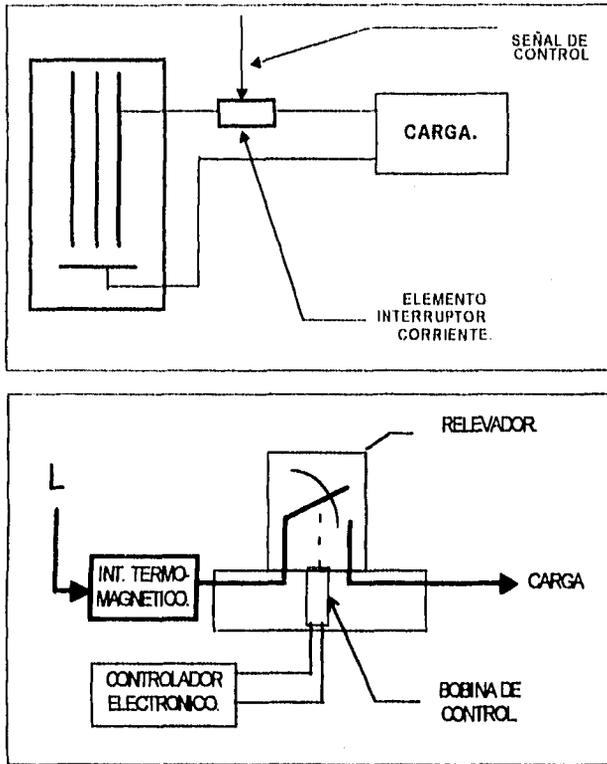
Para calcular el impacto sobre la facturación global tendríamos que ubicar que % representa de esta misma.

## INTELLIGENT LIGHTING CONTROLLER (ILC).

- ↳ Es un sistema que permite el control de encendido y apagado de circuitos de iluminación y otras cargas controladas por interruptores. Este puede operar tanto en modo standalone como en red.
- ↳ Se puede programar circuito por circuito de suerte tal que el tiempo en que permanezcan las luces encendidas sea solo el necesario para satisfacer las necesidades del usuario y mantener un nivel de iluminación adecuado para las labores de vigilancia y mantenimiento nocturno en su caso, evitando de manera agresiva y directa el desperdicio que pudiera suscitarse por descuidos.
- ↳ Este es una de las herramientas más solicitadas por los usuarios de edificios no residenciales dada su flexibilidad y fácil operación.
- ↳ Este controlador se auxilia de accesorios tales como fotoceldas, sensores de presencia, switches de pared, dimmers integrados y balastros electrónicos, etc, para optimizar aún más el empleo de la iluminación.



*La acción de control sobre las cargas se hace a través de relevadores electromagnéticos que interrumpen o no la alimentación eléctrica de las cargas.*



Básicamente encontramos dos tipos de controladores de carga:

#### ☞ PANEL DE RELEVADORES.

#### ☞ TABLEROS INTEGRALES.

- A) En los paneles de relevadores vienen montados en un gabinete propio que se coloca junto al centro de carga donde están los circuitos que se desean controlar. Se conectan las salidas de los interruptores termomagnéticos de cada circuito. Cuando la señal de control a sí lo indica los relevadores permiten el paso de la corriente, siendo este el tipo de ILC más usual.
- B) Los tableros integrales son tableros de distribución de energía eléctrica en cuyos interruptores termomagnéticos están integrados un relevador similar al descrito en el punto anterior, es decir que tienen integrados en un solo paquete tanto la protección termomagnética como al relevador de control. Este tipo de tableros es una idea realizada por *WestingHouse* y *Microlite electronics Co.*

**AMBOS TIENEN CAPACIDAD DE MANEJAR HASTA 40 CIRCUITOS.**

## ACCESORIOS Y UTILIDADES.

### VERRIDE TELEFÓNICO.

Esta utilidad permite el encendido y apagado de los circuitos conectados al ILC vía telefónica, lo cual permite tener un control de la iluminación en forma remota.

Lo anterior se lleva a cabo ya sea por medio de un generador de tonos el cual se coloca en la bocina de algún teléfono o bien por medio de una terminal remota conectada vía módem a la red.

### SWITCH DE PARED.

La programación regular de los circuitos desde un principio queda establecida por medio de una programación adecuada. Sin embargo, existe la facilidad de que los usuarios operen indirectamente al ILC cuando ocasionalmente así lo requieran.

Supongamos que en un área X del edificio existen usuarios de oficinas o bien personal de limpieza y mantenimiento que se han de quedar a trabajar hasta tarde.

Por medio de un switch de pared común y corriente que esté conectado a una tablilla de entradas externas del ILC, el accionario manda una señal que el propio ILC identifica para comenzar una programación especial en la cual se encenderá por un tiempo adicional la iluminación del o las áreas que así previstas.

Por lo general se programa dar iluminación por periodos de una hora, hasta medianoche. Una vez entrada la madrugada se prefiere programar tiempos de encendido más cortos, por ejemplo 20 minutos, dado que es más probable que las personas se retiren conforme avanza la noche, evitando así desperdicios de energía.

Ahora, esta señal que viene del switch de pared también puede usarse para activar otros dispositivos tales como el arranque de manejadoras de aire o algún otro tipo de dispositivo similar.

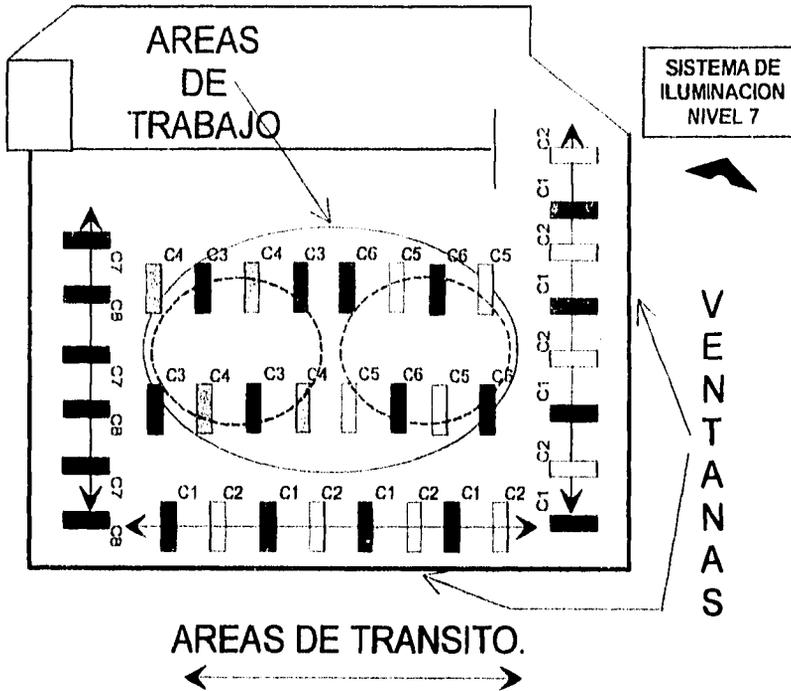
### FOTOCELDAS.

Las fotoceldas son dispositivos sensibles a la luz que al acoplarse a los ILC permiten automatizar el encendido y apagado de circuitos de iluminación tanto exteriores como interiores.

La SALIDA de ellas puede ser **BINARIA** ó **ANALÓGICA**. La primera se emplea para el Encendido y Apagado total de los circuitos, mientras que la segunda da una señal de voltaje continuo utilizado por dimmers especiales que ajustan la salida de luz de las lámparas fluorescentes que controlan para mantener un nivel de iluminación programado aprovechando parte de la iluminación natural.

Para este último tipo de control se requiere que las lámparas sean de arranque rápido y sus balastos sean electrónicos ( véase lámparas ahorradoras capítulo 4).

El empleo de las fotoceldas debe ser considerado desde el diseño de la instalación eléctrica para evitar adecuaciones costosas. Los circuitos deben estar seccionados de forma que su apagado no interfiera con otras áreas donde sí se requiera mantener encendida la iluminación. La aplicación típica de las fotoceldas, binarias o analógicas, es en las zonas perimetrales con extensos vanos.



En la figura podemos observar que los circuitos están seccionados de tal forma que al encenderse o apagarse la iluminación de las áreas de tránsito no se afecta el nivel de iluminación de las áreas de trabajo. Bajo estas circunstancias si se puede considerar el empleo de fotoceldas para controlar la zona perimetral.

En caso de que se tuvieran intercalados los circuitos de ambas áreas no podríamos aprovechar la aportación natural de luz proveniente del exterior a través de las ventanas sin entorpecer las labores de las áreas de trabajo.

### CENSORES DE PRESENCIA.

Se mencionan dada su importancia como dispositivos auxiliares de los ASCs dentro de la red.

Estos dispositivos son simples interruptores de corriente eléctrica que se activan a partir de una señal que indican la presencia de una persona en el interior de un recinto. Existen tres tipos de sensores:

- ULTRASÓNICO.
- INFRARROJO.
- DUALES.

### ☑ ULTRASÓNICO.

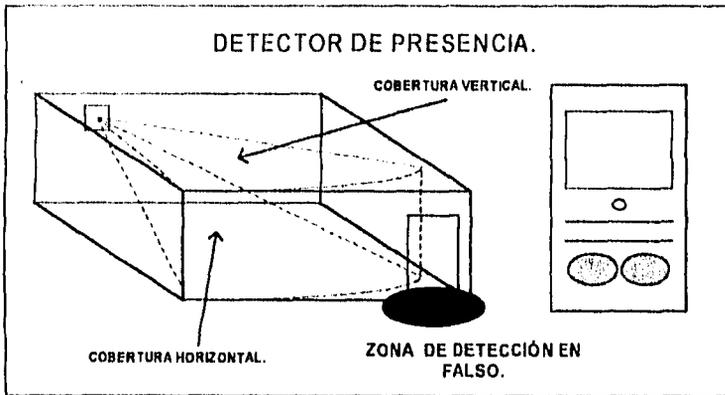
Su principio de operación es sencillo, generan una señal ultrasónica en el recinto donde están ubicados, en el momento que esta señal se distorsiona, ante la presencia de una persona, se activa el censor y un relevador permite el paso de la corriente que llega a la carga eléctrica.

### ☑ INFRARROJO.

De manera similar al ultrasónico genera un haz infrarrojo que sale y regresa constantemente al censor. Si el haz es desviado, ante el movimiento de un objeto, el relevador del censor se activa alimentando a la carga eléctrica.

### ☑ DUALES.

Este tipo tiene integrado tanto el sistema ultrasónico como el infrarrojo.



En la figura la parte sombreada indica la zona en la que no debe haber detección ya que muy probablemente existirían falsos encendidos. El alcance debe incluir sólo lugares donde expresamente indiquen la intención del usuario de usar la iluminación.

Existen en el mercado una gran variedad de marcas y modelos, tamaños, potencias y voltajes, lo que ofrecen distintas opciones además del encendido y apagado de la iluminación. Por ejemplo, hay algunos que detectan el nivel de iluminación y atenúan la iluminación de tipo fluorescente en forma totalmente automática.

Se recomienda al elegir un detector tomar en consideración:

- I. La ocupación del recinto y el tiempo de retraso (el tiempo que dura encendido el censor después de no detectar movimiento no debe de afectar la vida de las lámparas y tampoco debe de afectar el confort de los ocupantes con intermitencia indeseada).
- II. La aportación de radiación natural y/o artificial que proporciona el exterior del recinto.
- III. No deben de tener falsos encendidos (detección de movimiento fuera del área de barrido preestablecida).

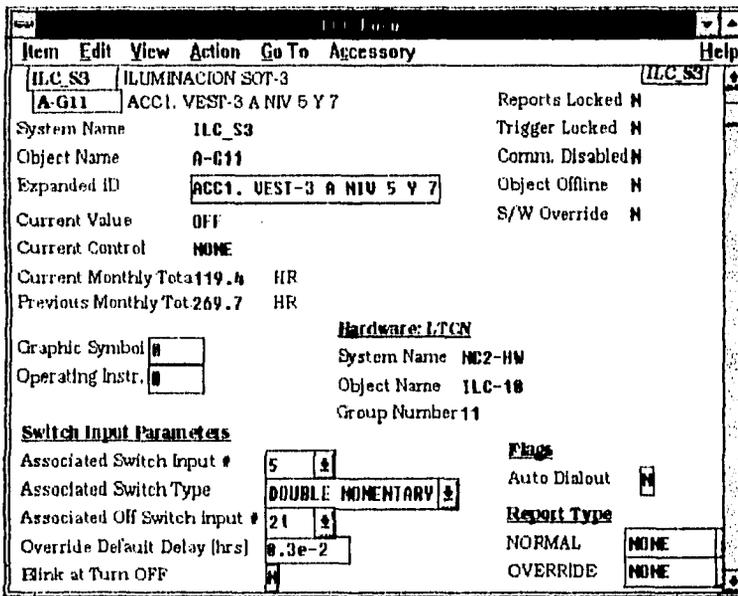
IV. No debe de tener ángulos muertos. La ubicación de estos dispositivos se debe de ubicar según el tipo de operación y considerando los ángulos de coberturas verticales y horizontales incluidas en los datos del fabricante.

V. Debe de tenerse especial cuidado en el aterrizamiento de los mismos dado que son delicados y aparte de generar falsos encendidos pueden dañarse permanentemente.

SIRVEN COMO UNA MEDIDA DE MODERNIZACIÓN TECNOLÓGICA QUE PUEDE AYUDAR A ABATIR EL CONSUMO POR ILUMINACIÓN PERO NO SON UNA MEDIDA EN LA QUE SE DEBE DE BASAR UN DIAGNOSTICO ENERGÉTICO, MÁS BIEN EL ENFOQUE QUE SE LES DEBE DAR ES EL DE DISPOSITIVOS AUXILIARES.

### AHORROS POTENCIALES.

Los ahorros que se pueden obtener de la implementación de estos los ILC's y de sus equipos auxiliares depende de la operación original que se ha venido llevando a cabo. La nueva programación de entrada va a actuar sobre el cumplimiento de los horarios establecidos.



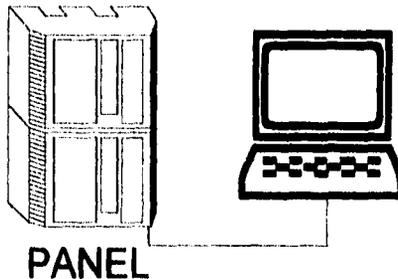
En la figura anterior podemos observar que es posible llevar un registro de las horas de operación del circuito del ILC en cuestión, con lo que es posible darle seguimiento a los consumos del sistema de iluminación del edificio.

## INTERFACES A USUARIO.



### PANEL (PANEL).

- ⇨ Este módulo usa una tarjeta electrónica contenida en un gabinete.
- ⇨ Dentro de este gabinete existen tanto con conexiones a la red como dispositivos de comunicaciones.
- ⇨ La función de este módulo es realiza funciones globales de control, tales como calendarización de eventos y limitación de demanda.



Se sugiere para:

- ↳ Aplicaciones donde la interface a usuario este 100% dedicada a la red.
- ↳ Lugares de trabajo pesado donde típicamente existe vibraciones, polvos temperaturas extremas ( entre 0 y 50 C), etc., dado que el gabinete es cerrado y el monitor puede estar ubicado en un lugar más propicio.

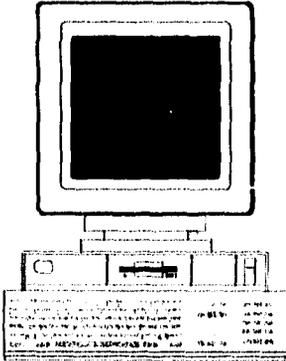
## ESTACIÓN DE TRABAJO DEL OPERADOR OWS

La OWS contiene en su disco duro el software conveniente para establecer la comunicación y control sobre todos los puntos de la red (en la sección de software se detallará más acerca de esta interfaz).

Esta versión de interface es la más usada para los gerentes operadores de la red dadas las siguientes razones:

- ° En una PC se puede cargarse y actualizarse todo el software que el FMS requiere para operar a todos los puntos de la red.
- ° Al tener disponibles un disco duro y un drive externo (de 3.5") se puede almacenar y manipular información de una manera más amplia.
- ° La interface de comunicación con el operador del sistema ( acceso directo al monitoré, comandos de control, a las bases de datos etc.) se desarrolla en todo momento bajo **AMBIENTE WINDOWS™**.
- ° El empleo de un Mouse agiliza el acceso a los campos de las pantallas que las redes FMS ofrecen, hecho que redundo en un notable desempeño del operador ya sea bajo operación normal del sistema o bien bajo alguna contingencia.
- ° La capacitación del personal de operación será rápida y efectiva, ya que el operador realizará las funciones de su trabajo como *una extensión de las utilidades de Windows*, al cual debe de estar familiarizado como requisito.
- ° En caso de que no sepa exactamente un X procedimiento la ambientación permitirá que este se guíe casi por sí solo, con una rápida asimilación del proceso.

### ESPECIFICACIONES:



59

Memoria.	1 MB mínimo.
Flopy disk	3.5 In, 1.44 MB.
Hard disk	40 MB mínimo.
Monitor	VGA en color o compatible.
Mouse	Bus para Mouse.
Software	DOS Ver 5.0 mínimo Windows 3.1 o 3.11.
Comunicación	ARCNET. Convertidor RS232/RS485.

## COMUNICACIÓN EN RED.

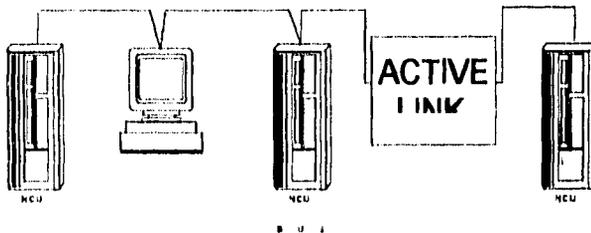
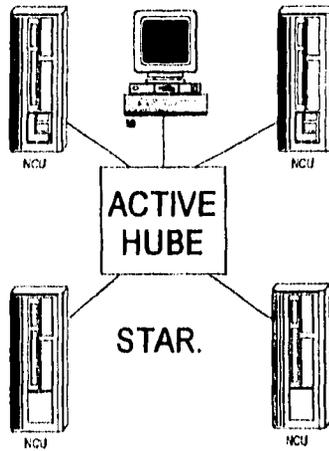
Los accesorios empleados son productos estándares empleados en cualquier tipo de red informática, de cuya configuración depende el empleo de distintos dispositivos auxiliares en su correcta comunicación.

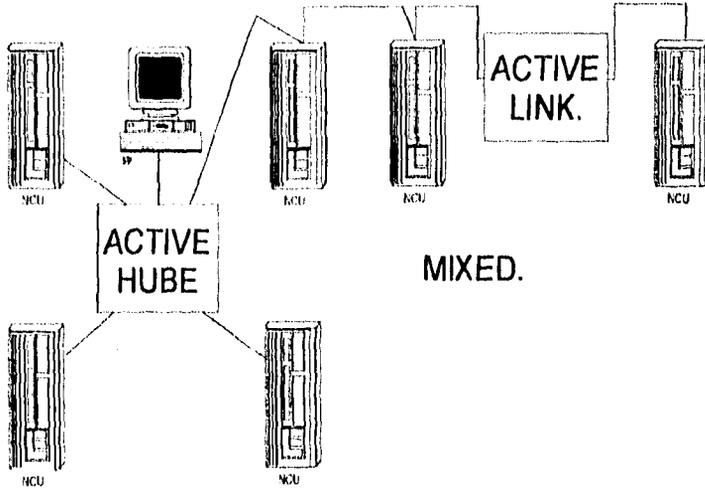
### RED DE COMUNICACIONES N1.

Una LAN es una combinación de hardware y software que permite la comunicación entre dos o más computadoras (entiéndase computadora como medio de proceso y almacenamiento de información) para **compartir bancos de información, recursos de hardware y de software.**

Las posibles configuraciones de red que se pueden formar son las siguientes:

- CONFIGURACIÓN ESTRELLA (STAR).
- CONFIGURACIÓN BUS (BUS).
- CONFIGURACIÓN MIXTA (MIXED).





Las configuraciones antes mostradas tienen algunas características que las distinguen unas de otras. En el siguiente cuadro se resumen tales diferencias:

CONFIGURACIONES DE RED.		
COSTO.	MAS BAJO	BUS
	MAS ALTO	ESTRELLA
FACILIDAD DE INSTALACION.	MAS FACIL	MIXTA
	MAYOR DIFICULTAD	BUS
FACILIDAD DE MANTENIMIENTO Y SOLUCION DE PROBLEMAS.	MAS FACIL	ESTRELLA
	MAYOR DIFICULTAD	MIXTA
FLEXIBILIDAD.	MAXIMA	BUS
	MINIMA	MIXTA
CONFIABILIDAD.	MAYOR	ESTRELLA
	MENOR	BUS
		MIXTA

DADO LO ANTERIOR, LA CONFIGURACION MAS USADA ES LA BUS, POR SU ALTA CONFIABILIDAD, SU BAJO COSTO Y FACIL IMPLEMENTACION.

## TARJETA DE COMUNICACIÓN.

A cada dispositivo direccionado dentro de N1, incluidas los NCU y las OWSs, se le conoce como **NODO**. En tanto que a cada sección eléctrica continua de cable que es terminada en ambos extremos se le conoce como **SEGMENTO DE RED**.

En el caso de Metasys la comunicación entre nodos y la integración de segmentos se logra a partir del uso de una tarjeta desarrollada por la Datapoint Corporation Of San Antonio Texas, llamada **ARCNET™**, que tiene las siguientes características:

- △ Transmite un mensaje digital a la vez.
- △ La velocidad de transmisión que desarrolla es de 2.5 [Mbaud] (2.5 megabits por segundo), velocidad que aunque sea poca comparada con otro tipo de tarjetas, como Ethernet a 10 [Mbaud], es apropiada para aplicaciones de una FMS).
- △ Es determinista, hecho que significa que el tiempo de respuesta en la transmisión entre dos nodos puede ser predecida.
- △ En caso de que la red, ya sea en configuración BUS o MIXTA, sufra un corte o una falla de comunicación, a ambos lados de la red los segmentos separados actuarán por su lado como una red individual.
- △ Se expande con gran facilidad.

## REPETIDORES ACTIVOS.

La red usa dos tipos de repetidores:

- HUB.** Son repetidores multipuertos, que retransmiten los mensajes digitales a todos y cada uno de los nodos conectados a la red en estrella. Son además una manera de aislar a un nodo de otro.
- LINK.** Son repetidores bipuertos, que transmiten los mensajes digitales entre los nodos.

Características:

**COMO MÁXIMO SE PUEDEN MANEJAR 255 NODOS A NIVEL DE N1.**

- ↳ Para configuración Bus se recomienda colocar un repetidor cada cuatro nodos.
- ↳ Cada nodo no debe de estar separado de otro a más de la distancia permitida según el medio de comunicación usado, a menos de colocar un repetidor entre ellos.
- ↳ Cada nodo terminal, nodo colocado en un extremo de la red, debe de tener una resistencia de fin de línea ( Resistencia End of Line, REOL) de 93 [Ω].

**MEDIOS DE COMUNICACIÓN.**

El hardware de comunicación que se emplea en la red puede ser de tres tipos:

PAR TRENZADO	(TWISTED PAIR, TP)
CABLE COAXIAL	(COAX, CO)
FIBRA ÓPTICA	(OPTICAL FIBER, OF)

Es claro que la aplicación de uno u otro medio de comunicación depende de la longitud de separación existente entre los nodos.

<b>MAXIMAS DISTANCIAS EN CONFIGURACIÓN ESTRELLA.</b>			
MEDIO DE COMUNICACIÓN	CO.	TP	OF
HUB - HUB	610 m	100 m	1830 m
HUB - NODO ó LINK.	385 m	115 m	No aplicable.

<b>MÁXIMAS DISTANCIAS EN CONFIGURACIÓN BUS.</b>		
MEDIO DE COMUNICACIÓN	MÁXIMA DISTANCIA SIN REPETIDOR.	
Coaxial Nodo 1 - Nodo 2	385 m	
Coaxial Nodo 1 - Nodo 3	363 m	
Coaxial Nodo 1 - Nodo 4	341 m	
Coaxial Nodo 1 - Nodo 5	319 m	
Par trenzado Nodo 1 - Hub/Link	115 m	
Fibra óptica Hub/Link - Hub/Link	18.288 Km	

PARA CADA PARTE DE LA CONFIGURACIÓN MIXTA SE APLICAN ESTOS CRITERIOS POR SEPARADO.

El cable coaxial es preferido sobre el par trenzado, aunque más barato, dado que evita mejor interferencias electrostáticas.

La fibra óptica aunque costosa tiene menores limitantes en cuanto a distancia. Sin embargo, si se quieren enlazar nodos a distancias muy grandes es una buena solución. Por ejemplo, para enlazar NCU's colocados en los extremos de un aeropuerto. Hacia el exterior del edificio también se puede utilizar este medio de comunicación aunque el enlace se puede hacer vía telefónica empleando un módem, o bien un radio módem, si existe una línea directa sin obstáculo alguno entre los nodos a comunicar.

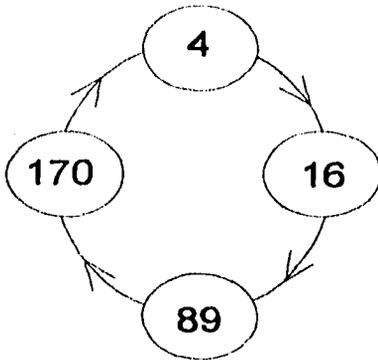
## OPERACIÓN.

La N1 LAN da soporte a la naturaleza distribuida de la red FMS, en la cual cada nodo desarrolla funciones distintas a los demás y en forma independiente, contactando a los demás solamente para conseguir y compartir información.

N1 es una red de FICHA DE PASO, (TOKEN-PASSING). Una ficha, Token, es una combinación única de bits que dan a un nodo otorgan a un nodo la oportunidad para transmitir información. La ficha es transmitida continuamente de un nodo a otro.

Cuando un nodo recibe la ficha, este se convierte momentáneamente en UN NODO MAESTRO DE LA RED, el cual en este momento puede ya sea transmitir un mensaje, si es que tiene uno, o bien puede pasar la ficha al nodo cuya dirección es la inmediata superior.

Cuando se llega al nodo con la mayor dirección, este pasa la ficha al nodo con la dirección más baja, repitiéndose este proceso en forma continua.



En la figura el nodo 4 pasa la etiqueta a el nodo 16, el cual pasa esta al nodo 89, el cual lo mismo pasándola hacia el nodo 170. El nodo 170 pasa esta al nodo 4 para comenzar a pasarla como al principio.

Los beneficios de usar este tipo de protocolo son los siguientes:

- ⇨ NO HAY POSIBILIDAD QUE EXISTA UNA COLISIÓN ENTRE LOS DATOS, DADO QUE SOLAMENTE UN NODO PUEDE TRANSMITIR A UN TIEMPO.
- ⇨ EL PROTOCOLO DE FICHA ES JUSTO PARA TODOS LOS NODOS, DADO QUE CADA NODO TIENE LA MISMA OPORTUNIDAD DE TRANSMITIR DATOS.
- ⇨ ESTE PROTOCOLO ESTA DISEÑADO DE TAL FORMA QUE EL TIEMPO DE RETARDO DE ACCESO PARA UNA DETERMINADA RED CON UN X NÚMERO DE NODOS , PUEDA SER CALCULADO DE ANTEMANO.
- ⇨ LA RED SE AUTOCONFIGURA CON LA ADICIÓN O LA BAJA DE NODOS EN UNA FORMA EXTREMADAMENTE RÁPIDA. EL PROCESO DE RECONFIGURACIÓN ES TOTALMENTE TRANSPARENTE AL USUARIO YA QUE ESTO SOLO DURA NO MÁS DE 61 MILISEGUNDOS.

RESUMEN DE ESPECIFICACIONES N1.	
PROTOCOLO	TOKEN-PASSING, COMPATIBLE CON ARCNET, DYNAMIC DATA ACCESS™ DDA.
CHEQUEO DE ERROR.	CICLO REDUNDANTE (CRC).
VELOCIDAD DE COMUNICACIÓN.	2.5 [Mbaud]
NODOS DIRECCIONABLES.	HASTA 255 NODOS.
METODO DE TERMINACIÓN.	RESISTENCIA DE FIN DE LINEA, REOL (93 $\Omega$ ) EN CADA SEGMENTO DE BUS.
PROTECCIÓN DE DESCARGA.	ONDA DE VOLTAJE DE PRUEBA IEE 587 Y 492, ARRIBA DE 1500 [V].
MEDIOS DE COMUNICACIÓN.	*PAR TRENZADO ( CABLE TELEFÓNICO, 24 [AWG] O MAYOR, 100 $\Omega$ ) A 1 [MHz]. *CABLE COAXIAL (RG-62/U). *FIBRA OPTICA ( 62.5 [MICRONS], DUPLEX.
CONFIGURACIONES.	ESTRELLA, BUS ó MIXTA ( ESTRELLA + BUS ).
COMPONENTES ESTRELLA.	HUB ACTIVO DE 4 A 16 PUERTOS. CONECTOR BNC EN T ( UNO POR CADA OWS Y EN CADA NCM). REOL (EN CADA OWS, TARJETA DE COMUNICACIÓN TERMINAL Y NCM).
COMPONENTES BUS.	LINK ACTIVO DE DOS PUERTOS. COAXIAL: ESTANDAR MICROSYSTEMS ACTIVE LINK. FIBRA OPTICA: ESTANDAR MICROSYSTEMS ACTIVE LINK-OPT2. CONECTOR BNC EN T ( UNO POR CADA OWS, NCM Y ACTIVE LINK). REOL (EN CADA NODO Y ACTIVE LINK QUE ESTÉ EN EL FINAL DE LA LINEA).

## ARQUITECTURA DE SOFTWARE.

El entender la estructura básica del software de una red FMS permite entender mejor su funcionamiento a nivel de Hardware ya que el Hardware resulta ser una extensión de la lógica interna del software.

### FMS DISTRIBUIDA.

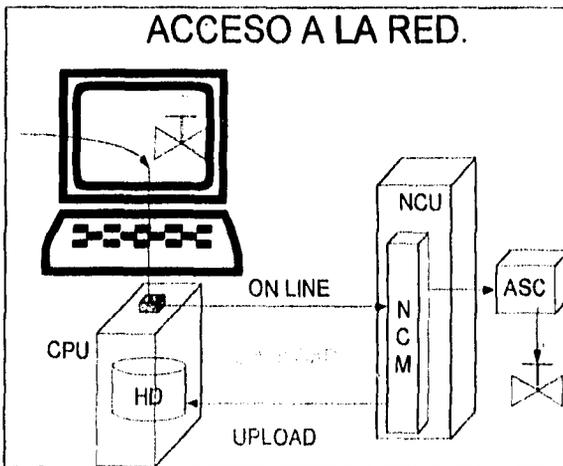
Antes que nada hay que poner en claro que **LA OWS NO ACTÚA COMO EL CEREBRO DE LA RED**, sino que solo es un medio de ingreso para poder **programar**:

- ✓ La operación de la red.
- ✓ La generación de bases de datos.
- ✓ La generación de reportes y resúmenes.
- ✓ Otras funciones (que se discutirán más adelante).

La programación inicial es enviada del disco duro ( HD ) de la OWS a los NCMs, que son la memoria principal de los NCU que se encuentran distribuidos en el edificio, y los cuales tienen la tarea de supervisar el control que llevan a cabo los controladores inteligentes directamente sobre los equipos. Este proceso es llamado **DOWNLOAD**.

Existen varias acciones que el operador puede grabar en el NCM del NCU usando exclusivamente la memoria volátil (RAM) de la OWS con el objetivo de modificar los parámetros de operación de los equipos. A este proceso se le conoce como **ON LINE ó HOT LINE**.

La información grabada en cada NCU, puede ser llamada para actualizar la base de datos de la OWS. Este proceso es llamado **UPLOAD**.



Dado lo anterior, la función principal de la OWS no es centralizar la inteligencia del sistema, solo ser un punto de programación.

## ¿POR QUÉ LA FMS ES DISTRIBUIDA ?.

La arquitectura de una red FMS debe tener características de una red distribuida. Los controladores inteligentes y los NCU's permiten el control en modo standalone de sistemas HVAC, iluminación, prevención de incendio y seguridad. Sin embargo, cuando esos controladores son conectados a la red N1LAN y N2BUS, pueden acceder información unos de otros de forma que se requiera que realicen operaciones en una forma coordinada.

Existen varias razones que justifican lo anterior, las cuales se listan y comentan a continuación:

- INTEGRACIÓN SIN COSTURA E INTERACCIÓN.
- FLEXIBILIDAD.
- CONFIABILIDAD.
- PODER DE EXPANSIÓN.
- ACCESO DINÁMICO DE INFORMACIÓN: DDA™.
- INTERACCIÓN E INTEGRACIÓN CON SOFTWARE DE WINDOWS™ DE TERCERA PARTIDA: METALINK™.

### INTEGRACIÓN SIN COSTURA E INTERACCIÓN (SEAMLESS INTEGRATION AND INTERACTION).

Una de las principales ventajas de que la FMS sea distribuida es que mientras que el control es descentralizado, la administración de la información permanece integrada.

Mientras que la integración significa que todas las partes del sistema están unidas unas a otras y se puede compartir la información, la interacción significa que cuando una de los componentes de la red se encuentra haciendo algo las otras partes de la red entienden y responden adecuadamente a esta acción.

Integración sin costura o independiente (Seamless integration) significa que todos los elementos del sistema "hablan", por así decirlo, el mismo idioma sin necesidad de complicadas interfaces o duplicación en el alambrado de comunicación.

### FLEXIBILIDAD.

Una red FMS tiene la flexibilidad necesaria para todo tipo de edificios, lo cual es llevado a cabo por la *distribución de funciones* de la FMS en una familia de controladores compatibles, redes de comunicación y dispositivos de interface a operadores, los cuales son confeccionados para atender sus requerimientos específicos, sin salir del presupuesto.

### CONFIABILIDAD.

El hecho de hablar de "inteligencia" en edificios no solo implica la operación normal, sino que necesariamente implica pensar en todas aquellas contingencias que pueden ocurrir. Una ruptura en la comunicación en alguna parte de la red no debe causar que se caiga todo el sistema dado que todos los controladores trabajan en modo independiente.

Una utilidad de seguridad adicional es que la red se **reconfigura** si las comunicaciones se ven interrumpidas. Cuando las comunicaciones se restablecen la red reconoce todos sus componentes para detectar daños, actualizar los programas y bases de datos de todos los controladores del edificio.

## □ PODER DE EXPANSIÓN.

La arquitectura de una red FMS permite extenderse tanto a nivel de NLAN como a nivel de N2BUS en forma rápida y económica, ya que no es necesario añadir aditamentos cuando se requiera adicionar mas puntos a la red o incluso cuando se requiera adicionar más NCU's.

La expansión es modulada y localizada de modo que esta no afecta la instalación de hardware existente requiriéndose solo la actualización de las bases de datos general en la parte específica que se ha de adicionar.

## □ ACCESO DINÁMICO DE INFORMACIÓN: DDA™.

Una ventaja adicional a nivel del manejo de información es que la red FMS permite la el acceso dinámico a la información dado el empleo de un software especializado, en particular para Metasys llamado ACCESO DINÁMICO DE DATOS ( DYNAMIC DATA ACCESS™, DDA ), el cual conjunta al software orientado a objetos, el seamless hardware/software integration y la transparencia de la red, elementos que constituyen lo que es llamado EL BLOQUE FUNDAMENTAL DEL EDIFICIO (FUNDAMENTAL BUILDING BLOCK).

¿ Qué tiene de especial DDA ? . . .

En otros sistemas, se tenía que definir un grupo de variables dentro de la red la cuales eran tratados como VALORES DE DATOS GLOBALES. No solamente se tenía que anticipar la información que fuera necesitada, sino que solo se disponía de los valores actuales de las variables definidas.

Con el empleo de DDA es posible localizar y traer la información en cualquier momento. Por ejemplo, todos los *atributos* de los puntos ( valor actual, valores límites, calendarios e históricos ), de toda la red, son disponibles en todo momento desde la OWS.

## □ INTERACCIÓN E INTEGRACIÓN CON SOFTWARE DE WINDOWS™ DE TERCERA PARTIDA.

Una red FMS no sólo corre bajo ambiente Windows™. Otra de las ventajas más importantes de DDA es la *integración* e *interacción* de la información de la red con aplicaciones que corren bajo ambiente Windows. Por ejemplo Excel™.

Esto es que no sólo se puede leer información de la red, sino que de este software la red toma información que se traducen en comandos que toma para llevar a cabo acciones sobre los dispositivos de la red en tiempo real.

Lo anterior se logra a través del uso de un software especial

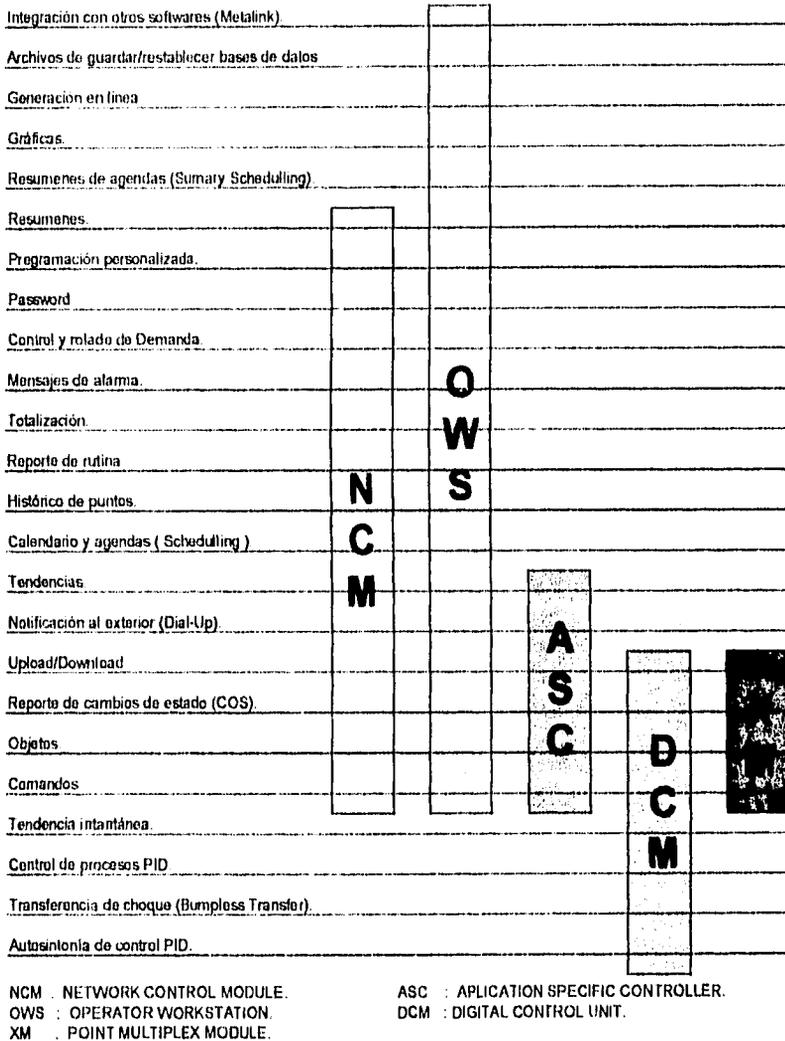
El empleo de este software permite la generación de reportes en forma automática, lo cual redundo en un mejoramiento del mantenimiento del sistema y en general del cumplimiento de la expectativa de todos los usuarios de disponer de información periódica del estado de la FMS.



## ¿COMO SE DISTRIBUYE EL SOFTWARE?.

En la siguiente figura se puede observar que el software con sus utilidades y bases de datos se encuentran en varios lugares y bajo formas diferentes.

DISTRIBUCIÓN DE SOFTWARE.



## BASES DE DATOS GLOBALES.

Algunas de las bases de datos de la red FMS están acotadas en forma global, lo cual significa que estas están contenidas y sincronizadas automáticamente en todos los nodos de la red ( NCMs Y OWS ).

Los datos globales están ligados para asegurar la contabilidad de la red desde el momento en que cada nodo tiene la información actual y correcta en forma disponible. La siguiente información está automáticamente ligada en forma global:

NOMBRES DE LOS SISTEMAS.	PASSWORD.
TIEMPO ACTUAL.	CALENDARIO GLOBALES.
RUTAS DE REPORTES.	DIRECTORIOS DE NCMs, OWSs E IMPRESORAS.

Como la información puede entrar al sistema por una de las OWS, tal información es identificada por una etiqueta llamada TIME STAMP, la cual indica cuando se ha colocado información nueva dentro del sistema.

Cada nodo genera una transmisión donde indica su presencia y su Time stamp a todas las partes de la red. Los otros nodos esperan recibir tal transmisión, en caso de que estos nodos vean una Time stamp nueva, estos pedirán se actualice su base de datos.

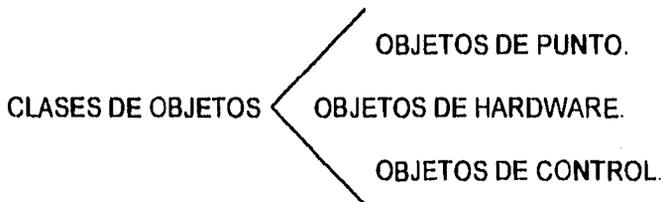
## SOFTWARE ORIENTADO A OBJETOS.

Prácticamente todas la programación de las funciones fundamentales de las redes FMS están representadas como **objetos**.

Toda la información de un objeto en específico está disponible a los demás objetos independientemente donde se encuentre localizando el objeto en la red FMS.

Los dispositivos físicos, de hardware, dentro de la red están definidos y direccionados a través del software. Los puntos de campo (llamados simplemente puntos), combinaciones de ellos, procesos de control, controladores, OWS e impresoras son llamados objetos.

Existen 3 clases de objetos dentro de la red:



Tienen en común lo siguiente:

- SON DEFINIDOS.
- TIENEN UN NOMBRE O IDENTIFICACIÓN ÚNICA.
- TIENEN SU PROPIA BASE DE DATOS.

Es importante puntualizar que cada objeto tiene su propia base de datos, la cual es un archivo que contiene toda la información referente al objeto, tal como su nombre, donde está localizado dentro de la red, datos de ingeniería, asignaciones de entrada/salida, cual es su estatus y cual su valor actual.

Cada objeto debe estar relacionado con un dispositivo de hardware que lo administra, es decir que contiene toda su base de datos, así que cada objeto tiene que ser definido específicamente para un dispositivo administrador determinado.

## OBJETOS DE PUNTO.

Un objeto de punto es una definición que el software asigna a los dispositivos de campo pertenecientes a la red. Esta representación puede tomar valores ya sea analógicos o binarios.

Los objetos de punto más comunes son:

- Acumulador (Accumulator, **ACM**).
- Entrada analógica (Analog Input, **AI**).
- Salida analógica digital (Analog Output, **AO**).
- Entrada binaria (Binary Input, **BI**).
- Salida binaria (Binary Output, **BO**).
- Ajuste de salida analógica (Analog Output Setpoint, **AOS**).

## ACUMULADOR (**ACM**).

Un ACM se vale de una entrada binaria, BI, del controlador donde existe para dar recibir información del exterior. La información que recibe es por medio de pulsos los cuales se hacen presentes cuando una cantidad específica de materiales o energía ha sido medida. Típicamente los ACMs se usan en la medición de variables eléctricas tales como KW y KWH.

## ENTRADA ANALÓGICA (**AI**).

Una AI recibe, filtra y le da escala a una señal de voltaje, corriente o presión proveniente de los puntos de campo. El resultado que arroja este proceso es un valor con diversas unidades tales como °F, °C, PSI, Rpm, Volts, Ampers, KW, etc.

## SALIDA ANALÓGICA (**AO**).

Una AO comanda y da escala a una cantidad de voltaje, corriente o presión que sale de los ASCs y que son señales que llevan a cabo acciones de control sobre los puntos de campo. Típicamente estas señales se emplean para dar posición a válvulas o dampers a través de motores actuadores o bien envían la señal que comanda la salida de un variador de frecuencia que alimenta y controla la velocidad de un motor, de un ventilador por ejemplo.

### ENTRADA BINARIA (BI)

Una BI monitora la señal proveniente de un switch o un relevador externo al ASC, de modo tal que da un estatus de los equipos tal como Encendido/Apagado, Abierto/Cerrado, Arrancado/Parado.

### SALIDA BINARIA (BO).

Un punto BO determina señales de Voltaje que van a dispositivos que se basan en señales binarias, de Encendido/Apagado. Por ejemplo,

### AJUSTE DE SALIDA ANALÓGICA (AOS).

Llamado simplemente Set Point, es una dato numérico que se incluye en los procesos de control y el cual se utiliza constantemente para lograr que el sistema llegue al punto de operación deseado por el usuario. Típicamente los AOS que se usan son los de temperatura de confort de cada recinto que son surtidos por el sistema HVAC.

### OBJETOS DE HARDWARE.

Es el nombre que se le da a un dispositivo empleado por el operador o bien a un controlador. Los objetos fundamentales de hardware son:

OWS.	Impresora.
NCM.	DCM.
XM.	ASC.

### OBJETOS DE CONTROL.

Es el nombre que se le da a un proceso de información digital que combina múltiples objetos de punto para desarrollar una función. Los tipos de objetos de control son:

<b>Lazo PID (PID Loop)</b>	Zona de iluminación (Lighting zone)
<b>Administradores (Objet Manager)</b>	Secuencia de control (Control sequence)
Grupo de demanda límite (Demand limiting group)	

Dentro de los Objetos de Control más importantes se encuentran los lazos PID y los administradores. A continuación se comentan los primeros, dejando para un poco más adelante los segundos.

### LAZO PID (PIDL)

Los objetos PIDL es un software que genera salidas, binarias y/o analógicas, para mantener el valor de una variable de nuestros sistemas a controlar dentro de un límite deseado.

Los PID residen exclusivamente en los DCM de la red, desde donde mantienen la salida de los lazos cerrados de control usando en ello una colección de entradas y otras variables para desarrollar cálculos numéricos y emitir comandos; Las entradas vienen desde los objetos de entrada analógicos (AI). Las salidas son enviadas a los objetos de salida analógicas (AO).

El propósito de los objetos PIDL son llevar a cabo acciones de control de tipo PROPORCIONAL, INTEGRAL Y DERIVATIVO, para lo cual los cálculos realizados toman en cuenta los valores PASADO, PRESENTE y FUTURO (estimado) de las variables analógicas de entrada para ajustar las salidas a un nivel correcto.

Existen aplicaciones muy concretas de procesos de HVAC que están ya plasmados en PIDLs. Se estudia el comportamiento del sistema de antemano, se lleva a una representación en variables de estado y a través de la solución numérica de las ecuaciones matriciales generadas se emiten las salidas que mantendrán funcionando a nuestro proceso dentro de los parámetros programados.

No es objetivo de este trabajo detallar en los procesos de control antes mencionados, ya que esto pertenece a otro estudio.

## ORGANIZACIÓN DE LOS OBJETOS.

Para dar organización y una mayor facilidad de acceso a la red los objetos se agrupan a nivel software de manera similar a lo que se hace dentro de la organización de subdirectorios. Partiendo de que cada objeto es un archivo único, un grupos de archivos pueden al agruparse formar un subdirectorio. Este a su vez puede estar contenido en otros subdirectorios tantos como deseemos, o más bien tantos como permitan tener una mayor agilidad en su manejo.

De manera similar:

- ♣ Los objetos se pueden agrupar para formar grupos de objetos.
- ♣ Los grupos de objetos se pueden agrupar formando lo que se llama sistemas.
- ♣ Los sistemas al unirse a otros sistemas pueden formar grupos de sistemas.
- ♣ Estos últimos grupos de sistemas constituyen a la red.

Los objetos tienen un *nombre único*, el cual consta de: Nombre del sistema y Nombre del objeto, y que siguen la sintaxis:

SISTEMA \ OBJETO.

Por ejemplo:

AHU\_1\ CLG\_VALV ←  
AHU\_2\ CLG\_VALV ←  
AHU\_1\ COOL\_T  
AHU \ RETN\_FAN

Estos dos nombres pertenecen a objetos distintos, ya que el nombre del sistema es distinto aunque los nombres de los objetos sean iguales.

El nombre de cada objeto varía de acuerdo a las necesidades de cada red y se incluye la posibilidad de contar con una etiqueta de identificación llamada IDENTIFICACIÓN EXTENDIDA, ID.

## ATRIBUTOS.

Los atributos son valores específicos y característicos para un objeto determinado y que lo distinguen de los demás. Existen dos clases de atributos: Los que son *fijos* desde el momento de dar de alta al objeto y los *dinámicos* que cambian constantemente durante los procesos de control.

Ejemplos de atributos fijos son el nombre del objeto, sus unidades, límites de alarma, etc.

Ejemplos de atributos dinámicos son el estatus del objeto, valor actual, etc.

## ¿POR QUÉ SON IMPORTANTES LOS ATRIBUTOS ?

Los objetos y sus atributos son el corazón del software que emplean las FMS para llevar a cabo las acciones de control. Estos en conjunción con los Objetos administradores (Object Manager) ligando las acciones del sistema le dan congruencia. Los Object Manager son programas de software que residen en los NCMs y que administran los objetos y a sus atributos. Tan pronto como el objeto es definido el software crea un registro de este. Los dispositivos administradores rastrean y mantienen actualizados la información de los atributos de cada objeto.

Por ejemplo, si se cambian los límites de una alarma en el monitoreo de voltajes de la subestación, un Object Manager actualiza los archivos de las bases de datos de las entradas analógicas con esta información.

Los programas del NCM leen desde y escriben sobre los atributos de los objetos que administran. Leer desde un atributo significa que el Object Manager va al archivo del objeto y lee el valor de atributo deseado. La información se emplea en ese momento para realizar el control de alguno de los sistemas del edificio; Escribir sobre un atributo significa que un programa del NCM envía información al archivo del objeto para actualizarlo con un nuevo dato.

Control System Locus VAV

Item Edit View Action Go To Accessory Help

**Hardware:** System Name NC5-HW  
Object Name UAV-112  
Model Name UAV1

**Flags:** Auto Dial-up N

**Report Type:** Override NONE

Display Attribute AI\_1  
Decimal Position 1

NT Command Attribute AO\_1

Analog inputs    Analog outputs    Set Point

Binary Data

# UTILIDADES APLICADAS AL AHORRO ENERGÉTICO.

Las **UTILIDADES** (Features) son programas de software que se llevan a cabo desde una interface de comunicación a usuario y que trabajan sobre los **objetos** para:

- DESARROLLAR ACCIONES DE CONTROL.
- RECOPIRAR INFORMACIÓN EN FORMA SISTEMÁTICA.

Se pueden clasificar en:



## OPERACIÓN.

Este tipo de utilidades está dirigido a poder llevar **acciones de control en forma directa** sobre los equipos ya sea en una **forma manual** o bien en **forma programada**.

## ADMINISTRACIÓN.

Estas tienen por objetivo llevar a cabo un registro y control de información que apoya las **labores de mantenimiento** de las instalaciones y **administración** de los recursos y servicios que ofrece la red. Por ejemplo, es muy común que en edificios de oficinas los servicios como HVAC tengan una cuota por unidad de volumen de aire acondicionado suministrado. Con este tipo de utilidades se puede llevar a cabo la cuantificación de los consumos de cada usuario.

## SEGURIDAD.

Dada la importancia de la **integridad de los ocupantes** del edificio y el alto costo de **las instalaciones** es que la red debe de ofrecer un alto nivel de confiabilidad en la detección y protección contra intrusos así como la **prevención de daños** a los equipos (Recordemos que en la red FMS intervienen sistemas de iluminación, acceso, sistemas de detección y prevención de incendio, sistemas que deben de guardar un alto grado de seguridad).

## AHORRO ENERGÉTICO.

Las utilidades aquí presentadas tienen por objetivo llevar a cabo la **operación de los equipos de manera** que la energía eléctrica se emplee en una **forma racional**, manteniendo los costos de operación y mantenimiento abajo de lo que se tendría con métodos de operación convencional.

Las utilidades más importantes aplicadas al uso racional de la energía eléctrica se engloban en:

- CALENDARIZACIÓN DE EVENTOS.
- LIMITACIÓN DE DEMANDA/ROLADO DE CARGA.
- MODELO ADAPTATIVO DE ARRANQUE/PARO.

## ○ CALENDARIZACIÓN DE EVENTOS (SCHEDULE).

En ciertas ocasiones el más grave y el primer problema que se debe resolver en la operación de cualquier tipo de edificio es cumplir con los horarios establecidos de arranque y paro de los equipos. Este problema se presenta a nivel de todo tipo de cargas, llámese ILUMINACIÓN O HVAC.

REGULAR SCHEDULE		
Sunday:	OFF	
	07:00	
Monday	ON	OFF
	06:00	21:30
Tuesday	ON	OFF

LA UTILIDAD DE CALENDARIZACIÓN PERMITE AL USUARIO PROGRAMAR LA FECHA Y HORA EN LA QUE VA A TOMAR EFECTO UN COMANDO O UNA UTILIDAD SOBRE UN OBJETO DETERMINADO.

Entiéndase objeto en el amplio sentido de la palabra, ya que al calendarizar un comando no sólo se refiere al arranque y paro de los equipos (que es una de sus mayores aplicaciones dirigidas al empleo racional de la energía). Esta utilidad además permite calendarizar Setpoints para aplicaciones particulares o bien la emisión de resúmenes y reportes del estado de la red. Por ejemplo, la cuantificación mensual de los consumos eléctricos.

## TIPOS DE CALENDARIZACIÓN.

Previendo las necesidades más comunes a la gran mayoría de usuarios la programación de eventos se lleva a cabo en 4 clases de calendarización:

REGULAR.                      ALTERNATIVA.                      FESTIVA.                      TEMPORAL

### 1. C. REGULAR (Regular).

Este tipo de programación se emplea durante las jornadas de operación normal de los equipos. Los días habilitados para estos efectos van de lunes a domingo. La red FMS hasta que no se le indique lo contrario toma a todos los días como regulares y ejecuta la programación calendarizada en forma regular sobre todos los puntos de la red.

### 2. C. ALTERNATIVA (Alternative).

En el caso de tener prevista una programación distinta a la regular se emplea una de tipo alternativa. Los días habilitados para estos efectos también van de lunes a domingo (Este tipo de calendarización se recomienda para periodos vacacionales).

### 3. C. FESTIVA (Holiday).

Este tipo de calendarización es similar a la calendarización temporal, ya que está prevista para cubrir días con actividades distintas a las cotidianas. Sin embargo, tiene habilitado un sólo día de programación el cual es usado sobretodo para días festivos.

Es muy común que la idiosincrasia particular de la zona geográfica donde está ubicado nuestro edificio tenga días festivos, que por lo general son aislados unos de otros y en los cuales las actividades programadas son invariables para este tipo de días. Por ejemplo, si se decide que la iluminación interior del piso 5 de nuestro edificio permanezca apagada en los días de descanso obligatorio, no importará si es Navidad o el aniversario del día de la independencia de nuestro país, en ambos casos lo importante es que las luces permanezcan apagadas.

### 4. C. TEMPORAL (Temporary).

En caso de que eventualmente, es decir de manera imprevista, se desee cambiar la programación de los equipos se dispone de esta utilidad, la cual automáticamente borra su programación una vez cumplida. Por ejemplo, si se tiene que hacer labores de mantenimiento correctivo en un ducto de aire acondicionado se puede programar que la UMA que surte a ese ducto permanezca apagada durante 8 horas sólo el día que se vaya a llevar a cabo dicho mantenimiento preventivo.

CALENDARIZACION DE COMANDOS Y UTILIDADES.			
Tipo de calendarización.	Días habilitados por omisión.	Definición.	Prioridad relativa.
Regular.	7 (Domingo - Sábado)	Calendario general	4
Alternativo.	7 (Domingo - Sábado)	Calendario general	3
Festivo.	1	Calendario general	2
Temporal.	n	Particular.	1

## CONSIDERACIONES.

Para lograr lo anterior la red FMS en todos los dispositivos administradores de equipos, (OWSS, NCU, NCMs y ASCs), se tiene incluido un reloj y un **calendario generalizado** el cual indica la clase de día (Regular, alternativo o festivo) que se le ha asignado a cada día en particular

Schedule Calendar						
Item	Edit	View	Action	Go To	Help	
Accessory						
JUNE 1996						
SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
						1 ALT
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11				15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30						

Este calendario se actualiza en forma dinámica, es decir que en cuanto detecta un cambio se registra en ese momento en todos los dispositivos administradores de equipo **surtiendo efecto sobre todos los puntos de la red.**

Como podemos ver en la tabla mostrada unas líneas arriba la calendarización se lleva a cabo siguiendo un orden de prioridad relativa. A nivel de calendarización los horarios temporales tienen el nivel más alto ya que pueden ser usados para cubrir contingencias, eventos totalmente fuera de lo previsto. Como los días festivos pueden presentarse dentro de periodos con calendarización alternativa la calendarización festiva tiene una prioridad mayor que la programación alternativa, pero sigue siendo de menor prioridad que la temporal. Por último tenemos en cuanto a prioridad a la calendarización regular.

Por otro lado tenemos que los días de calendarizaciones regular, alternativa y festiva tienen que ser definidos a través del calendario general. Como los horarios temporales son sólo eso, temporales, se definen en particular para cada objeto calendarizado de manera que no afectan a los demás objetos de la red, es más, una vez cumplidos se borran automáticamente para que no efecten la demás programación que se lleva a cabo sobre el objeto en cuestión.

## ○ LIMITACIÓN DE DEMANDA/ROLADO DE CARGA (DEMAND LIMITING/LOAD ROLLING, DL/LR).

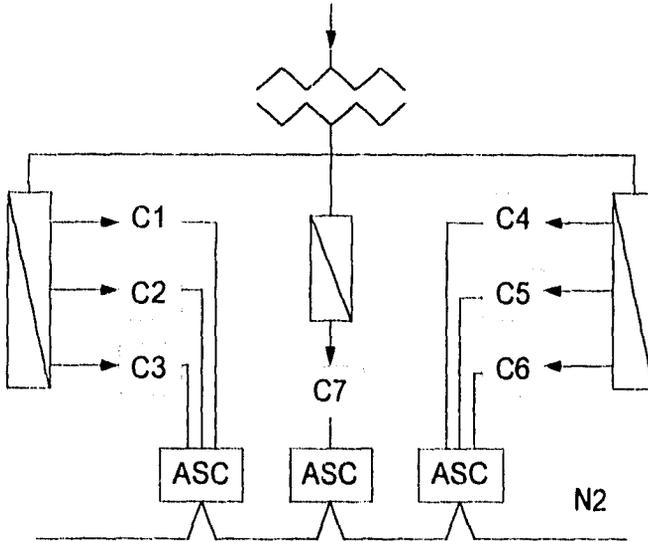
Este tipo de utilidad como su nombre lo indica esta dirigida a limitar la Demanda Máxima del sistema durante las horas pico.

La manera en que limita la demanda es por medio de la desconexión de los equipos consumidores de energía de forma tal que la potencia demandada por el sistema se conserve por debajo de un límite previamente determinado y de ahí que hablen de una LIMITACIÓN DE DEMANDA.

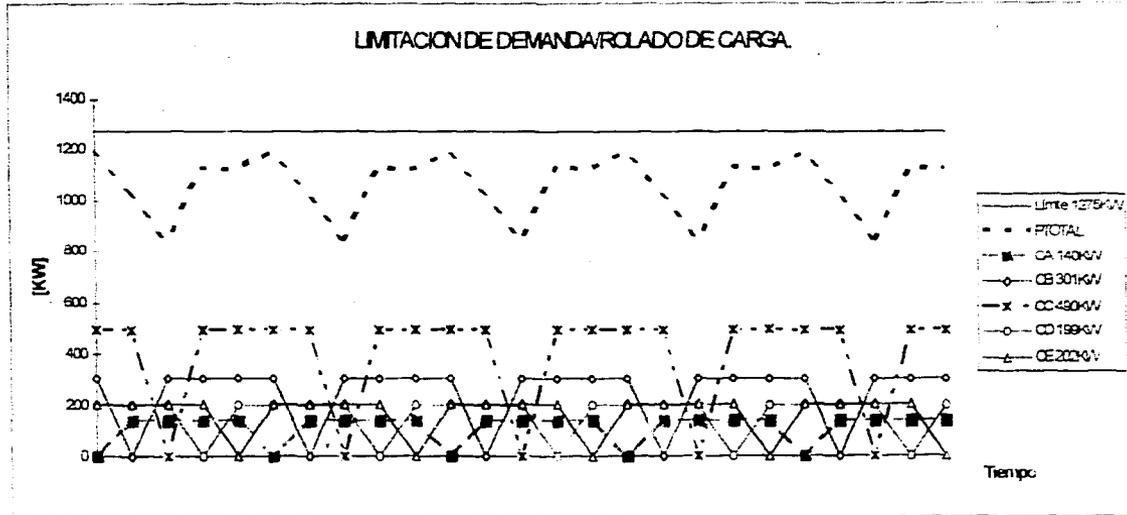
La desconexión de cargas implica que los usuarios tengan una falta de servicios. Supongamos el peor de los casos donde el periodo de Demanda Pico es prolongado y la falta de servicios no puede ser prolongada. Además, se requiere de todo tipo de servicios empleados por los usuarios (por tales razones este es el periodo pico).

Lo que procede en este caso es darle una secuencia de desconexión a las cargas, de forma tal que los usuarios tengan una mínima interrupción de sus servicios y todos ellos gocen los servicios el mayor tiempo posible durante el periodo pico. Al hablar de una secuencia de desconexión y conexión de cargas nos estamos refiriendo a un ROLADO DE CARGA.

### LIMITACION DE DEMANDA/ROLADO DE CARGA



*La idea es muy sencilla: Aprovechar los dispositivos disponible a nivel de N2 para el apagado selectivo, momentáneo y secuencial de cargas eléctricas con el objetivo de limitar la Demanda Máxima a través del uso de una utilidad de software especial.*



Para usar la utilidad DL/LR se requiere crear un objeto de software llamado OBJETO DE GRUPO DE CARGA (Load Group Object, LGO) donde se define un conjunto de cargas.

- Cada NCM puede contener hasta 4 LGOs, pudiéndose asociar hasta 500 cargas por cada NCM.
- Físicamente las cargas asociadas a cada LGO pueden estar en cualquier lugar de la red FMS, esto es que las cargas no necesariamente tienen que estar en el mismo NCM donde fue definido el LGO.
- No puede haber duplicidad de cargas, es decir una carga sólo se puede asociar a un solo LGO.

Item	Description	Value	Units
POT-500	CONSUMO TRANSF. 500 KVA	84.82	KWH
POT-750	CONSUMO TRANSF. 750 KVA	322.62	KWH
VOL-750A	FASE A VOLT. TRANSF. 750	238.6	VOLT
VOL-750B	FASE B VOLT. TRANSF. 750	238.7	VOLT
VOL-750C	FASE C VOLT. TRANSF. 750	238.1	VOLT
COR-750A	FASE A CORR. TRANSF. 750	454.1	AMPER
COR-750B	FASE B CORR. TRANSF. 750	536.6	AMPER
COR-750C	FASE C CORR. TRANSF. 750	405.5	AMPER
VOL-500A	FASE A VOLT. TRANSF. 500	122.2	VOLT
VOL-500B	FASE B VOLT. TRANSF. 500	122.4	VOLT
VOL-500C	FASE C VOLT. TRANSF. 500	122.2	VOLT
COR-500A	FASE A CORR. TRANSF. 500	343.1	AMPER
COR-500B	FASE B CORR. TRANSF. 500	431.7	AMPER
COR-500C	FASE C CORR. TRANSF. 500	355.6	AMPER

Como vimos al comienzo de la descripción del software la red permite compartir información y recursos en tiempo real.

La información disponible en el monitoreo de los transformadores de la subestación en una parte de la red se emplea para llevar a cabo las estrategias de DL/LR.

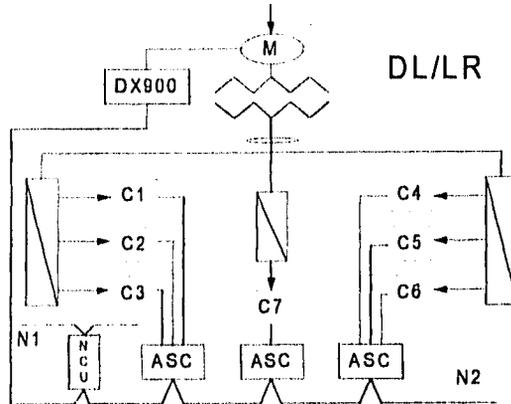
PROCESOS DE LA UTILIDAD

La utilidad DL/LR se puede dividir en dos procesos:

LIMITACIÓN DE DEMANDA.

ROLADO DE CARGA.

Ambos procesos requieren de la medición en tiempo real de la demanda del conjunto y se auxilian de procesos iterativos de prospección de la demanda, cálculos aritméticos así como de una lógica binaria bien definida.



La utilidad DL repite cada minuto la siguiente secuencia:

- A. Se lee la entrada de medición de demanda del sistema.
- B. DL proyecta la demanda que se espera tener para ese intervalo ( $KW_{PROYECTED}$ ,  $KW_{PROY}$ ). Si el valor proyectado excede el valor de DTL, DL calcula la corrección requerida, la cual es un valor dado en unidades de potencia y que representa los KW que serán desconectados ( $KW_{SHEDDING}$ ,  $KW_{ST}$ ) para poder conservar la demanda por debajo del DTL.
- C. Si los  $KW_{PROY}$  están arriba del DTL, DL selecciona las cargas dadas de alla con el nivel más bajo de prioridad hasta que se alcanza un valor equivalente al valor de  $KW_{ST}$ .
- D. DL desconectará las cargas en rotación del nivel 4 que hayan sido seleccionadas.
- E. Si se desconectan todas las cargas de nivel de prioridad 4 y aún no se alcanza el  $KW_{ST}$  requerido se continúa con las cargas cuyo nivel sea el inmediato superior, nivel 3.
- F. Si aún no se alcanza los  $KW_{ST}$  se continúa con el siguiente nivel de prioridad y así hasta llegar al nivel de prioridad más alto.
- G. De no lograrse lo anterior aún desconectando todas las cargas disponibles ( las dadas de alta para tales efectos ) la red emitirá un reporte donde indique que no se ha podido alcanzar el nivel de control de la carga deseado.
- H. DL compara el tiempo que ha sido apagada cada una de las cargas y lo compara con el tiempo mínimo de apagado que le fue asignado. Cuando este tiempo mínimo de apagado se alcanzó sólo entonces , DL checa los estatus de alarma (que están dados de alta para que el usuario mantenga un mínimo confort). Si el estatus de alarma está activado se libera la operación de la carga.
- I. DL compara el tiempo que ha sido apagada cada una de las cargas y lo compara con el tiempo máximo de apagado que le fue asignado. Cuando se alcanza este tiempo máximo se libera la carga.

La utilidad LR repite cada minuto la siguiente secuencia:

- A. LR sumará las potencias nominales de todas las cargas de prioridad 3 que hayan sido actualmente desconectadas por el proceso DL.
- B. LR toma el valor de las cargas desconectadas por DL como base para comenzar el proceso de rolado de cargas. En todo momento el valor de las cargas que a la vez van a permanecer desconectadas y cuyos encendidos y apagados se irán rotando tienen que mantener el nivel de demanda del conjunto por debajo del DTL.
- C. LR encenderá y apagará secuencialmente en forma rotacional las cargas del nivel 3 que hayan sido seleccionadas.
- D. Si aún no se alcanza los  $KW_{SL}$  o si una vez alcanzados aumenta la carga rebasando los  $KW_{PROY}$  se continúa con el siguiente nivel de prioridad y así hasta llegar al nivel de prioridad más alto.
- E. De no lograrse lo anterior aún desconectando todas las cargas disponibles ( las dadas de alta para tales efectos ) la red emitirá un reporte donde indique que no se ha podido alcanzar el nivel de control de la carga deseado.
- F. LR compara el tiempo que ha sido apagada cada una de las cargas y lo compara con el tiempo mínimo de apagado que le fue asignado. Cuando este tiempo mínimo de apagado se alcanzó sólo entonces, LR checa los estatus de alarma (que están dados de alta para que el usuario mantenga un mínimo confort). Si el estatus de alarma está activado se libera la operación de la carga.
- G. LR compara el tiempo que ha sido apagada cada una de las cargas y lo compara con el tiempo máximo de apagado que le fue asignado. Cuando se alcanza este tiempo máximo se libera la carga.

LAS CARGAS NO SE DESCONECTARÁN SI:

- LA CARGA SE ENCUENTRA ASEGURADA POR UNA INSTRUCCIÓN DE BLOQUEO.
- EL OBJETO DEL PUNTO DE CARGA SE ENCUENTRA DESHABILITADO, FUERA DE LÍNEA O EN ALARMA.
- SI EL OBJETO DEL PUNTO DE CARGA SE ENCUENTRA FUERA DE OPERACIÓN POR HORARIO.
- SI EL OBJETO DEL PUNTO DE CARGA ESTÁ CONTROLADO POR UN COMANDO CON UN NIVEL DE PRIORIDAD MÁS ALTO.
- SI EL OBJETO DEL PUNTO DE CARGA FUE ENCENDIDO POR MENOS TIEMPO QUE EL TIEMPO MÍNIMO DE ENCENDIDO.
- SI EL OBJETO DEL PUNTO DE CARGA FUE RECIENTEMENTE LIBERADO Y AÚN NO CUMPLE CON UN TIEMPO MÍNIMO DE LIBERAMIENTO.

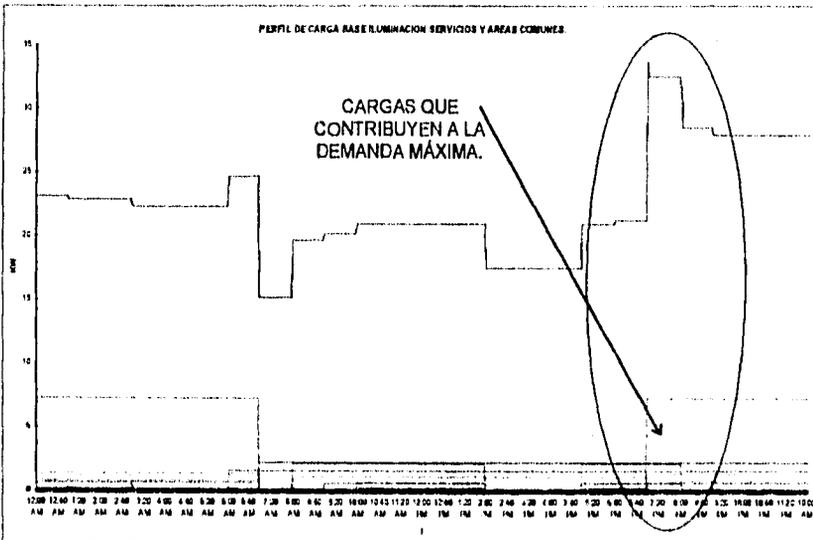
## PROCEDIMIENTO.

El procedimiento descrito aquí describe los pasos y consideraciones necesarias para implementar la utilidad DL/LR, los cuales son:

- ▲ DEFINICIÓN DEL PERFIL DE CARGA.
- ▲ CARACTERÍSTICAS DE LA TARIFA.
- ▲ DEFINICIÓN DEL TIPO DE CARGAS SELECCIONABLES
- ▲ DEFINICIÓN DE CARGA LIMITE.
- ▲ ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES.
- ▲ DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE APAGADO.

### ▲ DEFINICIÓN DEL PERFIL DE CARGA.

Antes que nada se debe tener completamente claro como contribuyen las cargas a la Demanda Máxima de todo el sistema. Para lo anterior en el caso de edificios que han sido sujetos a un estudio de ahorro energético se puede usar el análisis visto en el capítulo 3, donde se indica la importancia de tener en lo posible caracterizado el perfil de carga típico de todo el conjunto.



#### 4. CARACTERÍSTICAS DE LA TARIFA.

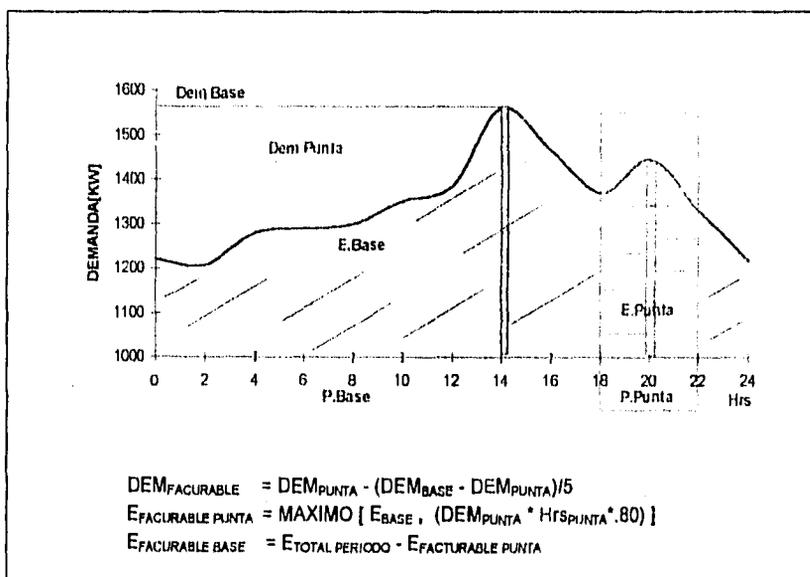
En este momento debemos de revisar las características de la tarifa en la que está contratado el servicio de energía eléctrica. Pero, ¿ Para qué ?

*Simplemente para obtener el mayor provecho de la limitación de demanda y el rolado de carga.*

En el caso de OM existe una sola cuota por KW demandado, *no importando en que momento del día se presente la Demanda Máxima*, hecho similar para el consumo.

Para el caso de las TARIFAS HORARIAS existen los conceptos de periodo de base y periodo de punta. En este último el costo de KW es más caro que en el primero, así que es mejor llevar a cabo la limitación de demanda aquí que en el periodo base, ya que obtendremos más beneficios. Respecto del consumo pasa algo similar, los KWH en el periodo punta son más caros que los KWH consumidos en el base (para más información refiérase al capítulo 2 donde se detalla las características de cada tarifa).

Ahora, lo anterior se lleva a cabo aquí en México, en el caso de otros países las tarifas tienen características similares pero pueden tener particularidades que deben tomarse en cuenta para que la implementación de este tipo de estrategias rinda los mayores beneficios.



En general las utilidades DL/LR, cuentan con la posibilidad de dar de alta varios niveles de limitación de demanda (Demand Target Level, DTL), los cuales para darle congruencia al sistema sólo se pueden aplicar uno a la ves.

Auxiliado de la utilidad de calendarización de eventos (Shedule) se puede programar que en el transcurso del día se corra la utilidad de DL/LR con diferentes DTLs, teniendo un nivel de limitación de la demanda mayor en las horas del periodo punta donde más reditúa implementar este tipo de acciones.

#### 4. DEFINICIÓN DEL TIPO DE CARGAS SELECCIONABLES.

En esta etapa se ve involucrado de manera decisiva el criterio de los usuarios de los equipos ya que de este depende asignar que tipo de sistemas pueden ser desconectados.

En el caso de edificios pertenecientes a un sólo usuario, a una sola empresa, donde por lo general las decisiones son centralizadas y acatadas, es más posible implementar este tipo de estrategias.

En el caso de edificios, sobre todo de oficinas, donde existen diferentes condóminos es más difícil llegar a un acuerdo. Por ejemplo, en el caso de aire acondicionado es muy común que las UMAs sean compartidas por diferentes empresas en un mismo piso. Si uno o ambos condóminos se opone a dejar de recibir aire acondicionado es muy probable que La Administración del edificio descarte la posibilidad de implementar en esa UMA la limitación de demanda y el rolado de carga.

A continuación se listan tentativamente los tipos de cargas que se pueden incluir en este tipo de estrategia:

- SISTEMA HIDROSANITARIO.
- SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO.
- ILUMINACIÓN EXTERIOR DECORATIVA.
- ILUMINACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS CUBIERTOS.
- EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO.
- ELEVADORES.

#### SISTEMA HIDROSANITARIO.

Las cargas que conforman al sistema hidrosanitario de antemano pueden ser programadas para desconectarse durante las horas de demanda pico o bien ser incluidas dentro de la estrategia de DL/LR con una baja prioridad sin causar muchos inconvenientes a los usuarios.

Los tanques de almacenamiento de agua pueden ser programados para llenarse antes de las horas de demanda pico. Si el periodo pico es muy prolongado y se vacían antes de que este concluya queda todavía el respaldo de la utilidad de DL/LR que lo desconectará momentáneamente y luego volverá a conectarlo.

Cuando se tiene en el arreglo hidrosanitario un sistema de recolección de agua pluvial para su tratamiento, las maniobras de filtrado y tratamiento pueden desplazarse a las horas de menor demanda sin mucho problema ya que su uso no es inmediato y por lo tanto no prioritario.

Si los sanitarios dependen estrictamente de un sistema hidroneumático se recomienda que este **no** sea desconectado.

#### □ SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO.

El sistema de extracción de monóxido de carbono en estacionamientos subterráneos, muy comunes en edificaciones nuevas, es un sistema muy importante, ya que las altas concentraciones de este gas proveniente de los automotores afectan la *salud* y la *productividad* de los ocupantes del edificio.

Como todos los gases tienden a subir el monóxido de carbono tarde que temprano alcanza a los niveles de oficinas, a menos que existan en los accesos que van de los estacionamientos a las oficinas *puertas selladas herméticas* que impidan el paso de los gases. Sin embargo, de todas maneras queda la necesidad de desalojar dichos gases del área de estacionamientos.

Para edificios de oficinas es bastante probable que se tengan bien tipificadas las horas de mayor tránsito vehicular:

- Mañanas: Cuando todo mundo (quien tiene carro) llega a trabajar.
- Medio día: Quizás con un poco menos de intensidad que en las mañanas, cuando las personas salen y regresan de comer.
- Tarde-noche: Al término de las labores, cuando la mayor parte del personal se retira.

Así ubicados estos periodos se puede programar que el sistema de extracción de monóxido de carbono se active preferentemente en estos horarios.

No obstante su importancia, estos sistemas pueden ser incluidos dentro de las estrategias de DL/LR con una baja prioridad.

#### □ ILUMINACIÓN EXTERIOR DECORATIVA.

Hay que considerar que desde un principio la iluminación decorativa, tanto interior como exterior, debe ser diseñada de una manera eficiente (empleando equipos de alta eficiencia) y debe además de ser empleada en forma racional (sólo el tiempo que así lo amerite). De lo anterior se desprende que en general la iluminación decorativa exterior no representa una carga considerable.

Sin embargo, puede incluirse en un caso extremo en la estrategia de DL/LR o bien ser programada para que opere fuera de las horas pico.

#### □ ILUMINACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS CUBIERTOS.

A partir de aquí comienza a complicarse el asunto. La iluminación de estacionamientos cubiertos está ahí por una parte para que el conductor pueda conducir adecuadamente y por otro lado está ahí para facilitar las labores del personal de vigilancia y así evitar robos parciales o totales a los vehículos.

Por lo anterior a primera instancia se antoja poco conveniente incluir este tipo de cargas en las estrategias de DL/LR.

Sin embargo, existen algunas soluciones:

- EMPLEO DE CIRCUITOS DE EMERGENCIA.
- SECCIONAMIENTO DE CIRCUITOS.

EMPLEO DE CIRCUITOS DE EMERGENCIA.

Por un lado en todo diseño eléctrico siempre se deben tener circuitos de emergencia que den un nivel de iluminación mínimo para que se desarrollen las labores de vigilancia y de tránsito peatonal y vehicular dentro del estacionamiento. Así que los circuitos de emergencia nunca deben ser incluidos en este tipo de estrategias.

SECCIONAMIENTO DE CIRCUITOS.

¿Qué pasa en muchos de los malos diseños de iluminación? Existe uno o dos interruptores para un estacionamiento muy extenso. Casi todo encendido o casi todo apagado. Si queremos bajo estas condiciones incluir a estos circuitos en la limitación de demanda y rolado de carga tendremos graves problemas.

Una solución adicional es seccionar los circuitos de forma tal que se incrementen en número. Al existir un mayor número de circuitos el rolado de cargas se hará en forma *más selectiva, apagándose iluminación en una forma escalonada y "suave"* y no de una forma abrupta como sucedería en el caso de tener un número pequeño de circuitos. En el caso extremo los circuitos de emergencia darán un nivel de iluminación mínimo que asegure la integridad de los vehículos y las labores de tránsito.



Adicionalmente se recomienda el uso de sensores de presencia, los cuales se ubican en una zona donde se evita falsos encendidos de forma que la iluminación sólo se emplea cuando detecta a una persona que expresamente desea dirigirse o proviene de su automóvil.

#### □ EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO

La posibilidad del apagado de los equipos de aire acondicionado parte del concepto de INERCIA TÉRMICA DE LOS RECINTOS, el cual indica de manera general que los cambios de temperatura en cualquier recinto hacia arriba como hacia abajo se presentan en una forma relativamente lenta.

El sistema de generación de agua helada en un principio no debe de incluirse en las estrategias de DL/LR ya que por lo general después de haber parado estos equipos un nuevo arranque requiere de un tiempo de estabilización relativamente grande. Por ejemplo, un equipo tornillo al dejar de funcionar el mismo frío generado enfría su propio aceite así que tendrá que pasar hasta 1 hora para que las resistencias de precalentamiento hagan que el aceite llegue de nuevo a la temperatura apropiada para el arranque.

Así que un paro en el sistema de generación de agua helada puede ser una medida poco recomendable, a menos de que esta suceda:

- › En días fríos con poca carga térmica.
- › Poco antes de que termine el servicio de aire acondicionado.
- › La inercia térmica del edificio sea tan grande que la temperatura no se incremente muy por arriba de la temperatura de confort de los usuarios, antes de que se vuelva a restablecer el sistema de agua helada.

En embargo, las unidades de aire acondicionado ( sobre todo UMAs, Lavadoras de aire y Fan and Coils) sí pueden ser incluidas en las estrategias de DL/LR tomando en consideración que los recintos tienen una "INERCIA TÉRMICA",

Si tenemos varias unidades de aire acondicionado atendiendo una misma área, varios equipos pequeños, al llevarse a cabo en una forma secuencial su apagado permitirá que el acondicionamiento del aire en esa zona **no se interrumpa por completo**.

La cuestión se complica cuando de un sólo equipo, de suficiente capacidad, depende todo el acondicionamiento del aire de una zona.

En cualquiera de los casos mencionados anteriormente se recomienda hacer un estudio de acondicionamiento de aire para asegurarse de los alcances de las estrategias de DL/LR.

*Desafortunadamente no es objetivo de este trabajo hacer un estudio de carga e inercia térmica, sólo se menciona con el objeto de hacer referencia hacia donde se debe dirigir el estudio correspondiente.*

□ ELEVADORES.

Si la hora en que se presenta la demanda pico en el inmueble no coincide con las horas en que más se ocupan los elevadores, es bastante factible que una parte de los elevadores se incluyan en la estrategia de DDLR. Aquí el conocimiento de la dinámica del edificio y sus ocupantes es importante y decisivo.

Sólo cuando se dispone de varios elevadores, se puede pensar en sacar de operación alguno de ellos. Por ejemplo, si se tiene 4 elevadores uno de ellos puede pararse definitivamente durante el período de demanda pico. Adicionalmente se recomienda que se programen los elevadores para que cuando un usuario requiera de uno de ellos no acuda más que uno, el más cercano, al piso en cuestión.

▲ DEFINICIÓN DE CARGA LIMITE.

Es bastante común que esta sea determinada en base a un análisis económico básico. ¿ Cuanto quiere ahorrar en términos monetarios ?. Bueno, para llegar a esa cantidad requieren un número X de KW ahorrados. La diferencia entre la demanda máxima típica y la cantidad X de KW ahorrados es la carga que debo de indicar como límite.

▲ ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES.

Es básico señalar un orden de prioridad con el cual se ponderará la continuidad del servicio eléctrico en las cargas que determinemos entren en este tipo de estrategias.

Como se comentó en la descripción de la utilidad, la limitación de demanda y el retraso de carga se llevará a cabo a primera instancia sobre las cargas de menor prioridad, siguiendo consecutivamente con las de mayor prioridad de ser necesario.

▲ DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE APAGADO.

Aquí se establece por un lado EL TIEMPO MÍNIMO Y EL TIEMPO MÁXIMO DE APAGADO DE CADA CARGA. El primero indica el tiempo que la carga deberá permanecer apagada antes de que la red intente volver a energizarla. El segundo indica el tiempo que una vez transcurrido la red energizará la carga hasta el próximo ciclo de rolado de carga ( si es que la limitación de demanda así lo requiere).

En general existen dos posibilidades:

- ✓ EMPLEAR TIEMPOS DE APAGADO MENOS PROLONGADOS Y MÁS FRECUENTES.
- ✓ EMPLEAR TIEMPOS DE APAGADO MÁS PROLONGADOS Y MENOS FRECUENTES.

Considerando que las compañías suministradoras emplean un tiempo mínimo o base para determinar la potencia máxima demandada por el usuario, se recomienda que los tiempos de apagado sean múltiplos de la mitad de dicho tiempo mínimo, es decir:

$$T_{OFF} = ( n/2 ) ( t_{MÍNIMO} ) \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Cuando el tiempo de apagado es menor al tiempo base.

$$T_{OFF} = k + ( N/2 ) ( t_{MÍNIMO} ) \quad N = 0, 1, 2, 3, \dots \quad k = 1, 2, 3, \dots$$

Cuando el tiempo de apagado es mayor al tiempo base.

En el mejor de los casos, y de permitirlo así la carga, se recomienda emplear múltiplos enteros del tiempo mínimo o base. Lo anterior para que la desconexión de las cargas tenga un mayor efecto en el abatimiento de la Demanda Máxima del sistema.

## ○ MODELO ADAPTATIVO DE TIEMPO OPTIMO DE ARRANQUE/PARO (OPTIMAL START/STOP TIME ADAPTATIVE MODELING, OST).

ESTA UTILIDAD ESTÁ DIRIGIDA A EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, LOS CUALES APROVECHANDO EL CONCEPTO DE INERCIA TÉRMICA PUEDEN RECORTAR SUS HORAS DE OPERACIÓN SIN DEJAR DE BRINDAR UN BUEN SERVICIO AL USUARIO.

Antes de seguir adelante es conveniente aclarar que de por sí la operación de las cajas de volumen variable tiende a hacer eficiente la distribución del aire acondicionado. En cuanto los sensores de temperatura colocados en los recintos indican un valor de temperatura cercano al valor de la temperatura de confort programada las cajas disminuyen el paso del aire, lo cual provoca que la presión estática en el ducto aumente. Dicho incremento captado por un sensor adecuado causará que la velocidad del ventilador disminuya (con el consiguiente ahorro energético) para que la presión estática llegue al punto de ajuste programado.

No obstante a la operación automática del equipo, se busca con esta utilidad evitar la operación de los equipos de aire acondicionado cuando exista una baja OCUPACIÓN EN LOS RECINTOS SUMINISTRADOS DE AIRE ACONDICIONADO, al principio y/o al término de la jornada laboral donde la ocupación es menor que en horas intermedias y donde se busca que este tipo de equipos permanezcan parados.

***Lo importante es que el algoritmo de esta estrategia en forma dinámica se adapta a las características térmicas de los recintos atendidos a lo largo de las estaciones del año.***

### CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN.

Comencemos por considerar el inicio de un nuevo día laboral. Tenemos que la temperatura en nuestros recintos va en ascenso. Dado que los recintos deben tener un preenfriamiento antes de que se genere la mayor carga térmica se requiere estimar de cuanto tiempo que se dispone para preenfriarlo antes de que la temperatura sobrepase el límite de confort de los usuarios.

Al término de la jornada laboral, cuando la temperatura del recinto va en descenso, se debe determinar el momento donde se considera que el recinto tiene una baja ocupación y puede conservar la temperatura dentro de un rango de confort adecuado, aún con los equipos de aire acondicionado apagados.

Para llevar a cabo lo anterior esta utilidad se auxilia de algunos objetos (programas y puntos de ajuste propios de los recintos en cuestión). A continuación se describen tales objetos:

- AJUSTE DE TEMPERATURA (SET POINT).

Este es uno de los datos de mayor importancia, el cual considera la temperatura de confort de los ocupantes.

- CONSTANTE DE PREENFRIAMIENTO DEL EDIFICIO (PBC).

Este dato considera la relación entre el tiempo previo de encendido de los equipos respecto del incremento de la temperatura,  $[16.2 \text{ min}/(C^\circ)^2]$ , o bien  $5 \text{ min}/(F^\circ)^2$ .

- TIEMPO MUERTO DE PREENFRIAMIENTO (PDT).

Es el tiempo que tarda en responder la temperatura del recinto después de arrancado el equipo.

- TIEMPO DE OCUPACIÓN DEL EDIFICIO (BOT).

Este es el tiempo estimado de ocupación de las instalaciones.

- TIEMPO MÁXIMO DE PREENFRIAMIENTO (PMXT).

Es un valor límite superior del tiempo calculado de preenfriamiento. Para indicar su valor se puede emplear un objeto analógico o bien puede ser un valor constante.

- TIEMPO MÍNIMO DE PREENFRIAMIENTO (PMNT).

Es un valor límite inferior del tiempo calculado de preenfriamiento. Para indicar su valor se puede emplear un objeto analógico o bien puede ser un valor constante.

- PROCESO DE ADAPTACIÓN DE PREENFRIAMIENTO.

Esta utilidad hace uso de un programa de software que toma como base un tiempo diferencial entre el BOT y el PDT para determinar el tiempo óptimo para el arranque y paro de los equipos.

## OPTIMIZACIÓN DE OTROS RECURSOS.

Como se indicó al principio de esta sección, otro de los aspectos fundamentales por los cuales las redes FMS tienen buenas expectativas de continuar extendiéndose es que se cuentan con utilidades cuyo objetivo es llevar un registro y control de información **que apoya las labores de mantenimiento** de las instalaciones y **administración** de los recursos y servicios brindados, lo que **trae consigo ahorros indirectos al requerirse menos horas hombre empleadas en dichas labores.**

Algunas de las utilidades de mayor uso en este sentido son:

- ▲ PROCESAMIENTO DE REPORTES Y ALARMAS.
- ▲ ROLADO DE EQUIPOS.
- ▲ TOTALIZACIÓN DE EVENTOS.
- ▲ CAPTURA DE HISTORIAS Y TENDENCIAS.

### ▲ PROCESAMIENTO DE REPORTES Y ALARMAS.

#### DESCRIPCIÓN.

Dado que la red refresca su base de datos en forma dinámica, esta debe permitir la generación inmediata y automática de reportes hacia la OWS cuando un o una serie de puntos de la red llegan a tener un valor considerado como condiciones de alarma.

Type	Time	Date	Item
JCB_User	20:43:03	04/11/96	C-M\HVAC\U-PRES\SEC-FRES
JCB_User	20:39:35	04/11/96	C-M\HVAC\U-PRES\SEC-FRES
ALARM	20:39:34	04/11/96	P-B\INC_PB\Z06
ALARM	20:39:23	04/11/96	P-B\INC_PB\Z06
JCB_User	20:39:23	04/11/96	C-M\HVAC\U-PRES\SEC-FRES
ALARM	20:39:20	04/11/96	NCUS\NCU-HW\NC1-HW\IPC-2020
ALARM	20:39:14	04/11/96	P-B\INC_PB\Z06
JCB_User	20:39:14	04/11/96	C-M\HVAC\U-PRES\SEC-FRES
JCB_User	20:39:04	04/11/96	C-M\HVAC\U-PRES\SEC-FRES
ALARM	20:39:03	04/11/96	P-B\INC_PB\Z06
JCB_User	20:38:53	04/11/96	C-M\HVAC\U-PRES\SEC-FRES
ALARM	20:38:52	04/11/96	P-B\INC_PB\Z06
JCB_User	20:38:40	04/11/96	C-M\HVAC\U-PRES\SEC-FRES

Se muestra el reporte de alarma, en tiempo real, del sistema de detección de incendio y el arranque de la secuencia de operación de unidades de presurización.

Esto permite por un lado disponer de la información necesaria para tomar acciones de control sobre los equipos y las instalaciones y por otro lado nos permite seguir trabajando mientras no se genere tal reporte, es decir, nos evita invertir tiempo en monitoreo.

Las alarmas se engloban comúnmente en:

- > DETECCIÓN Y COMBATE CONTRA INCENDIO.
- > DETECCIÓN DE INTRUSOS EN ÁREAS RESTRINGIDAS.
- > CONDICIONES CRÍTICAS EN EQUIPOS
- > LIMITACIÓN DE DEMANDA MÁXIMA., ETC.

Por ejemplo, como se muestra en la imagen anterior la red emite un reporte crítico del sistema de detección de incendio, en que zona y en que nivel del edificio (Zona 6 de planta baja), indicando además que la secuencia de presurización de escaleras y recintos de seguridad ha comenzado.

Además de este tipo de reportes podemos programar la generación de una reportes críticos que nos permitan atender condiciones anómalas en los equipos de la FMS, tales como cuando la temperatura y/o la presión del aceite de los generadores de agua helada ha llegado a cierto valor que consideramos crítico y límite antes de que podamos atender al equipo y este se dañe.

En cuanto al manejo de los recursos energéticos tenemos que este tipo utilidades puede indicarnos que la potencia o corriente demandada por el sistema ha rebasado un límite prefijado; Cuando el factor de potencia ha descendido por debajo de un valor aceptable, etc.

## ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES.

La generación de alarmas requiere de la asignación de prioridades para cada tipo de alarma. Está prácticamente normalizado que los reportes de los sistemas de detección y combate contra incendio tengan el más alto grado de prioridad.

## ACCIONES PARALELAS.

La generación de alarmas como objeto toma acción sobre otros objetos dentro de la red para generar señales y acciones en caso de alarmas críticas, incendio o temblor. Por ejemplo, accionando sirenas, luces estroboscópicas, intermitencia de iluminación de emergencia para señalar rutas de evacuación.

## DIRECCIONAMIENTO.

El direccionamiento de las alarmas ( Message Routing ) es otro aspecto importante para la generación de estas. Por ejemplo, si en la red tenemos una OWS exclusiva para el personal de mantenimiento de aire acondicionado e iluminación y tenemos otra exclusiva para el personal de vigilancia que controla el sistema de acceso y seguridad así como el sistema de detección y prevención contra incendio, es bastante claro que a cada quien se direccionará las alarmas que más competen a sus labores.

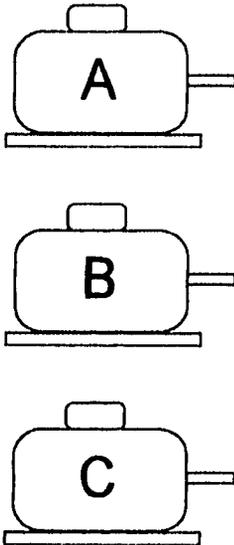
## ▲ ROLADO DE EQUIPOS.

### DESCRIPCIÓN.

El rolado de equipos es una utilidad que permite secuenciar el empleo de los equipos para que su desgaste sea uniforme y se preserve su vida útil, ya que evita que se sobrecargue y sobre desgaste unos más que otros.

Supongamos que tenemos 3 motores de 20 HP para el suministro de agua helada del edificio, llamados motores 1, 2 y 3. El gasto del sistema sólo requiere de dos de ellos, dejando uno como reserva en caso de que falle uno de los otros dos. Si encendemos siempre el 1 y el 2, el 3 permanecerá sin desgaste. El uso continuo puede ser un factor importante del desgaste y la eficiencia de los motores así que lo recomendable es que los tres motores se empleen de forma equitativa, que rolen su encendido, sus horas de operación.

## ROLADO DE EQUIPOS.



Día	Motor A	Motor B	Motor C
1	ON	ON	OFF
2	ON	OFF	ON
3	OFF	ON	ON
4	ON	ON	OFF
5	ON	OFF	ON
6	OFF	ON	ON
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
n-2	ON	ON	OFF
n-1	ON	OFF	ON
n	OFF	ON	ON

## ▲ TOTALIZACIÓN DE EVENTOS. DESCRIPCIÓN.

Este tipo de utilidad nos permite obtener la cuenta de eventos, ya sean de tipo binario o analógicos.

Lo importante de esta utilidad es que nos proporciona información útil tanto para la administración de los recursos de la red así como para llevar a cabo los programas de mantenimiento.

### ADMINISTRACIÓN.

En este caso la totalización de eventos se puede dirigir a la cuantificación de:

- ✓ CONSUMOS ELÉCTRICOS ( KWH, KVARH, ETC).
- ✓ CONSUMOS DE AIRE ACONDICIONADO ( KCF).

Status	Item	Description	Value	Units
POT-500	CONSUMO	TRANSF.	500 KVA	65.43 KWH
FP-500	F.POT.	TRANSF.	500 KVA	94.29 %
FP-750	F.POT.	TRANSF.	750 KVA	79.79 %
POT-750	CONSUMO	TRANSF.	750 KVA	275.07 KWH

...END...

### OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

Aquí la utilidad de totalización de eventos nos permite llevar acciones tales como:

- ✓ HORAS DE SERVICIO DE LOS EQUIPOS
- ✓ NUMERO Y HORA DE ARRANQUE DE LOS EQUIPOS.

El seguimiento de las horas de servicio de los equipos nos auxilia a determinar en que momento se les debe de dar mantenimiento. Por ejemplo, el primer cambio de aceite de un Chiller despues de las primeras 150 horas de uso, o el cambio masivo de lámparas fluorescentes después de haber alcanzado el 70% de su vida nominal, etc.

REPORTE DE CONSUMO DE AIRE ACONDICIONADO

	1995		1996										
	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	
CF-1	127668.4	80665.0	59503.5	69044.3	59034.2	50137.8	49520.0	45897.2	60100.2	56052.0	62230.9	64905.5	
CF-2	95241.5	66895.0	50168.6	56654.6	50258.7	51938.9	50984.0	46360.7	48664.7	51706.0	60331.7	66940.3	
CF-3	60703.4	44862.0	23773.5	30116.5	25452.0	30819.6	23885.5	21228.9	26151.3	25508.0	20084.7	19635.2	
CF-4	45004.2	32234.0	24339.2	31480.9	27901.5	26982.5	26221.2	22889.2	22883.4	24187.5	23518.3	25528.8	
CF-5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5739.8	4851.7	4040.3	2655.4	
CF-6	55470.3	39285.0	29292.1	34697.7	36306.6	29421.8	25065.7	22279.4	24251.5	27146.2	30975.8	29812.9	
CF-7	84342.7	74347.0	43527.4	57205.0	49421.9	47324.5	42464.8	36384.9	44072.7	48079.6	48798.6	50392.2	
CF-8	129340.3	80828.0	47507.0	55124.2	47129.8	51658.9	45471.0	38270.6	42700.5	47585.5	50355.0	49121.7	
CF-9	82438.3	60816.0	43149.6	50068.4	42807.3	48191.3	41980.1	34631.9	37651.8	44789.1	47575.6	48911.5	
CF-10	50246.6	43707.0	23703.2	27503.8	23515.1	25617.7	23530.7	19543.4	21155.6	22727.7	24816.7	24827.6	
CF-11	48144.1	33215.0	23009.1	20502.6	19368.4	21611.0	17862.8	14050.0	14019.2	22931.2	35010.9	23189.3	
CF-12	11512.7	9584.0	7004.8	4820.6	4566.6	5295.5	5314.6	3800.3	3745.0	4775.4	4729.0	5601.0	
CF-13	8572.9	7327.0	3157.4	3587.7	3713.1	3517.1	3178.5	1050.5	2686.1	2985.6	4028.5	4149.7	
CF-14	37678.0	15600.0	3142.9	2410.0	2720.7	3915.8	3893.4	3176.5	4790.9	4335.1	5781.0	4719.5	
CF-15	11512.7	9198.0	5389.4	6957.4	5255.9	5493.3	3147.1	1809.7	1918.1	3637.3	5662.7	6039.0	
CF-16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CF-17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CF-18	180016.9	131552.0	97342.6	129081.8	100039.8	116558.0	75628.5	65339.8	81614.6	78760.4	79317.1	68804.2	
CF-19	3244.0	4657.0	5352.0	5613.0	6929.0	5892.7	5872.1	7456.4	6508.1	6539.2	4946.7	4946.7	
CF-20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
CF-21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTAL 7-10	346427.9	259658.0	157887.2	190501.4	162874.1	171990.4	153446.6	128930.8	145624.9	163161.9	172589.9	173253.0	
CF-TOTAL	1027771.0	733459.0	488707.4	584217.5	503125.4	524591.7	444050.6	382725.1	449675.6	476539.4	504220.0	501178.5	

## ▲ CAPTURA DE HISTORIAS Y TENDENCIAS.

### DESCRIPCIÓN.

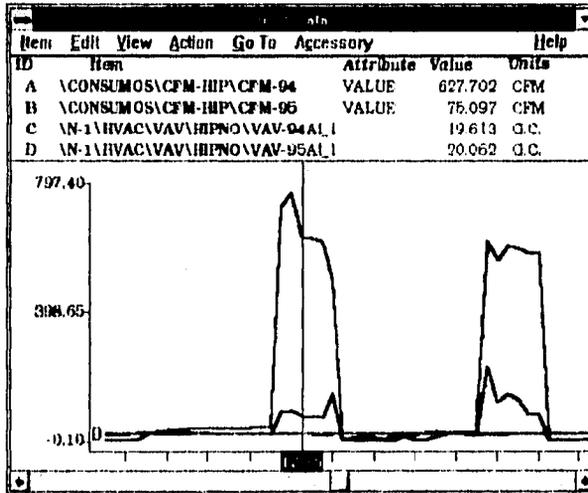
Este tipo de utilidades nos permiten dar registro del comportamiento en tiempo real de distintas variables sobre la red.

Se cuenta con la utilidad de HISTORIA que está pensada para OBJETOS BINARIOS tales como:

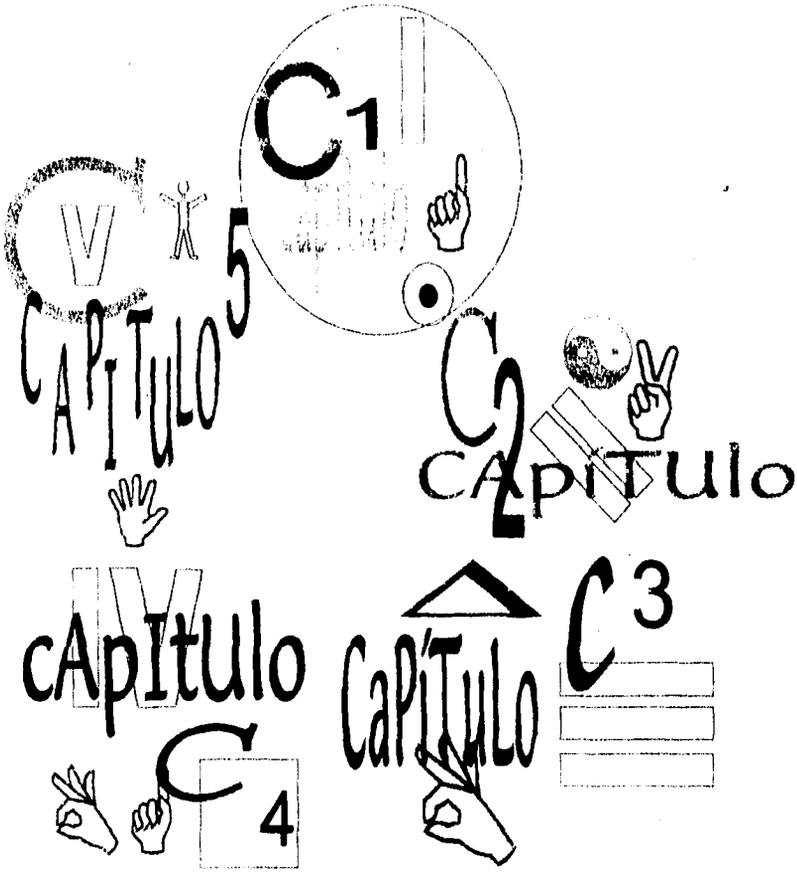
- Encendido/Apagado.
- Alarma/Normal.
- Alto/Bajo.
- Ocupado/Desocupado, etc.

Se cuenta con la utilidad de TENDENCIA, pensada para OBJETOS ANALÓGICOS, tales como:

- Temperatura.
- Presión.
- Demanda instantánea de aire acondicionado.
- Demanda eléctrica (Potencia o corriente), etc.



En la figura se observa la tendencia de cuatro variables respecto del tiempo: Dos gastos instantáneos de aire acondicionado (A y B) y dos temperaturas (C y D) correspondientes a un recinto de terminado.



RESUMEN  
Y  
CONCLUSIONES.

# RESUMEN Y CONCLUSIONES.

A continuación se hace un resumen a manera de conclusiones de los puntos más importantes tocados en los cinco capítulos expuestos, para lo cual se contesta una serie de preguntas dirigidas a ello.

## CAPITULO 1.

¿ POR QUÉ AHORRAR ENERGÍA ELÉCTRICA ?.

¿ QUÉ ES AHORRAR ENERGÍA ELÉCTRICA ?.

¿ QUE BENEFICIOS SE OBTIENEN ?.

¿ HACIA ADONDE SE PRETENDE IR ?.

## CAPITULO 2.

¿ QUÉ IMPORTANCIA TIENE ENTENDER EL MECANISMO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS ?.

¿ CUALES SON LOS PRINCIPALES RUBROS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA Y DE QUE SE DERIVAN ?

¿ QUÉ INDICAN LOS FACTORES ELÉCTRICOS ?.

## CAPITULO 3.

¿ HACIA ADONDE VA DIRIGIDO UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA UN EDIFICIO NO RESIDENCIAL ?.

¿ CUALES SON LOS PASOS Y QUE RECOMENDACIONES SON ÚTILES AL HACER UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ?.

## CAPITULO 4.

¿ QUÉ VENTAJAS SE OBTIENEN AL EMPLEAR EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA ?.

¿ DE QUE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DISPONEMOS EN CUANTO A EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA ?.

¿ CUALES SON LOS CRITERIOS BÁSICOS DE LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ENFOCADO AL AHORRO ENERGÉTICO ?.

¿ CUALES SON LOS CRITERIOS BÁSICOS DE LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA MOTRIZ ENFOCADO AL AHORRO ENERGÉTICO ?.

¿ CÓMO SE CALCULAN LOS AHORROS QUE SE PUEDEN OBTENER EN LOS SISTEMAS DE FUERZA?.

## CAPITULO 5.

¿ QUÉ ES Y CUALES SON LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UN EDIFICIO INTELIGENTE?

¿ QUÉ ES Y CUALES SON LAS PRINCIPALES PARTES UNA RED FMS ?.

¿ CUALES SON LAS ESTRATEGIAS QUE MÁS CONTRIBUYEN A UN USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ?.

¿ CUALES SON LOS CONTROLADORES DE APLICACIÓN ESPECÍFICA DE MAYOR USO APLICADOS AL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y SUS PRINCIPALES POSIBILIDADES ?.

## CAPITULO 1.

### ¿ POR QUÉ AHORRAR ENERGÍA ELÉCTRICA ?.

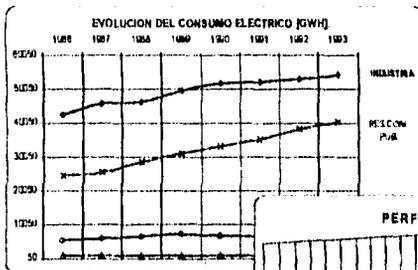
Existen básicamente dos motivos por los cuales es conveniente ahorrar energía eléctrica:

1. Una gran parte de las fuentes de generación de energía eléctrica en nuestro país se basan en la quema de **COMBUSTIBLES FÓSILES** (64% del consumo nacional en 1994), lo cual representa graves inconvenientes a la economía y ecología nacional, dado que:

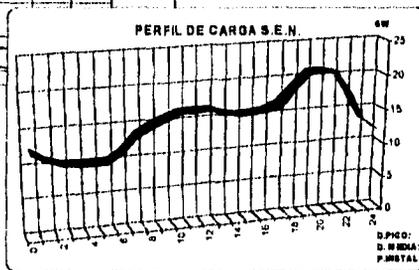


- ⊗ SON LIMITADOS E IRRENOVABLES.
- ⊗ GENERAN CONTAMINANTES.
- ⊗ SON OBJETO DE ESPECULACIÓN E INSTRUMENTO POLÍTICO.

2. Las compañías que se dedican a la generación y distribución de energía eléctrica para atender la Demanda Máxima y al Consumo del Sistema Eléctrico Nacional, requieren hacer **INVERSIONES CADA VES MÁS GRANDES** que resultan incosteables conservando las actuales tarifas, resultando más conveniente inducir un empleo racional, eficiente y distribuido de la energía eléctrica.



CFE LYF

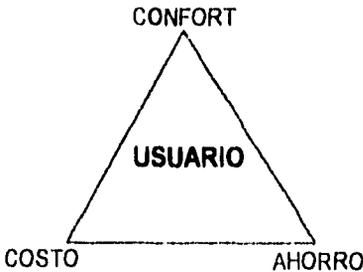


## ¿ QUÉ ES AHORRAR ENERGÍA ELÉCTRICA ?.

- △ EL **USO EFICIENTE** DE LA ENERGÍA SE PUEDE ENTENDER COMO EL EMPLEO DE EQUIPOS QUE CONSUMAN UN MÍNIMO DE ENERGÍA Y SEAN CAPACES DE DAR EL MISMO O MEJOR SERVICIO QUE EL PROPORCIONADO POR UN EQUIPO CONVENCIONAL.
- △ EL **USO RACIONAL** DE LA ENERGÍA SE REFIERE A DAR LO ADECUADO AL USUARIO A CAMBIO DE UN COSTO ADECUADO.
- △ **NO SE DEBE DE ENTENDER COMO EL PRIVAR AL USUARIO DE LA ENERGÍA.**
- △ EL WATT Y EL KILOWATT-HORA MAS CARO ES AQUEL QUE SE CONSUME Y NO SE APROVECHA.

**SOLO SE ENTENDERÁ COMO AHORRO A AQUELLA DISMINUCIÓN EN EL EMPLEO DE LA ENERGÍA QUE EN NINGÚN MOMENTO DETERIORE EL CONFORT DE LOS USUARIOS.**

*Debe ser muy estrecha la relación entre la eficiencia de los equipos y su costo, en conjunto con la racionalidad con que el usuario emplee la energía eléctrica, de tal forma que a fin de cuentas el usuario se beneficie con:*



Un monto de inversión que pueda estar dentro de sus posibilidades de financiamiento.

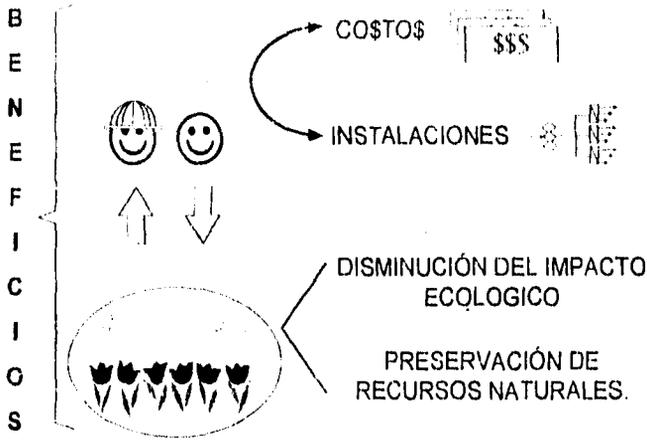
Una atractiva reducción económica de la facturación eléctrica que se refleje en un adecuado tiempo de recuperación de la inversión .

Una conservación o incluso mejoramiento de los beneficios que aportaban anteriormente el equipo convencional (calidad de los servicios recibidos).

## ¿ QUÉ BENEFICIOS SE OBTIENEN ?.

Los beneficios que se obtienen al implementar una serie de medidas técnicas y administrativas en pro del ahorro energético se ubican en los siguientes niveles:

### ECONÓMICOS Y AMBIENTALES



### ECONÓMICOS.

- ✓ Estos beneficios alcanzan tanto a los usuarios como a las compañías generadoras y suministradoras de energía eléctrica.
- ✓ Los beneficios económicos, es decir los ahorros derivados del ahorro energético, se reflejan de manera directa en la **DISMINUCIÓN DE LOS COSTOS** de la facturación eléctrica y de las inversiones requeridas para atender el consumo y la demanda de los usuarios.
- ✓ Los ahorros se reflejan de manera indirecta en el mejoramiento del estado de operación y los requerimientos de mayor mantenimiento de sus **INSTALACIONES**.

### AMBIENTALES.

- ✓ Los beneficios ambientales alcanzan a todos.
- ✓ La **DISMINUCIÓN DEL IMPACTO ECOLÓGICO** en el caso particular de nuestro país, que genera más de la mitad del consumo con tecnologías basadas en la quema de hidrocarburos, se ven reflejados en la disminución de la emisión de partículas contaminantes a la atmósfera.
- ✓ Atendiendo lo anterior, dada la dependencia tan grande que se tiene hacia los hidrocarburos, (83.14% de la oferta interna de energéticos primarios), una disminución del empleo de estos en la generación de electricidad permitirá preservarlos y/o dirigirlos hacia áreas donde sean irremplazables, paralelamente a la búsqueda de fuentes alternativas de generación de energía.

## ¿ HACIA DONDE SE PRETENDE IR ?

Es muy claro que la idea es llegar a un esquema en el que se compartan tanto beneficios como obligaciones entre las empresas suministradoras y los usuarios apoyándose en:

- ⊕ LA CONSOLIDACIÓN DE LAS TARIFAS HORARIAS
- ⊕ ACEPTACIÓN Y RESULTADOS DEL HORARIO DE VERANO
- ⊕ LA INDUCCIÓN DE LAS INVERSIONES DE LOS USUARIOS EN LAS TECNOLOGÍAS DE AHORRO, EN LOS USOS INTENSIVOS DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.
- ⊕ LA COPARTICIPACIÓN DE DIVERSOS SECTORES EN ESAS INVERSIONES, INTERESADOS EN LA CONSERVACIÓN LA ECONOMÍA Y LA ECOLOGÍA.
- ⊕ LA INDUCCIÓN DE INVERSIONES PRIVADAS EN LA INDUSTRIA PARA LA AUTOGENERACIÓN Y AUTOCONSUMO.
- ⊕ APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS ALTERNATIVAS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
- ⊕ CREAR UNA NUEVA CULTURA DE AHORRO HACIA TODOS LOS RECURSOS (ELECTRICIDAD, AGUA, GAS, PAPEL, BASURA, ETC).

***Desafortunadamente, la crisis que actualmente vive el país ha elevado considerablemente los precios de los equipos de iluminación y fuerza de alta eficiencia, así como la adquisición de equipos y sistemas de control inteligente dirigidos al uso racional de la energía.***

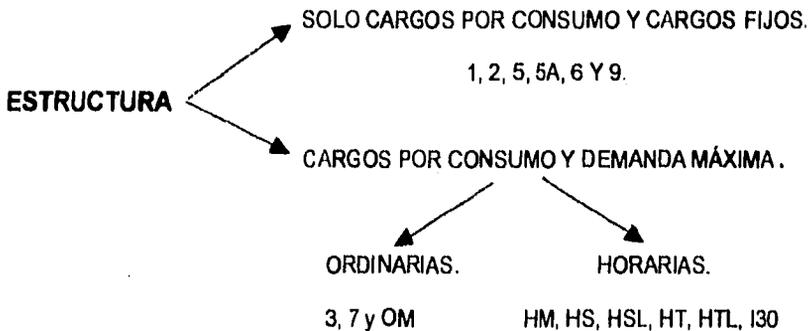
**SIN EMBARGO, ES DE ESPERARSE QUE LOS ESFUERZOS HECHO PAR TODAS LAS PARTES INVOLUCRADAS DEN LOS FRUTOS QUE SE HAN PERSEGUIDO DESDE UN PRINCIPIO.**

## CAPÍTULO 2.

### ¿ QUÉ IMPORTANCIA TIENE ENTENDER EL MECANISMO DE LAS TARIFAS ELÉCTRICAS ?.

- PARA SABER QUE Y POR QUE SE NOS COBRA
- PARA UBICAR COMO Y EN QUE RUBROS DE LA FACTURACIÓN SE PUEDEN OBTENER MAYORES AHORROS.
- PARA PROYECTAR Y COMPROBAR EN TÉRMINOS ECONÓMICOS LOS RESULTADOS DE LAS ACCIONES DE AHORRO ENERGÉTICO.
- ES BÁSICO SU ENTENDIMIENTO PARA LLEVAR A CABO UNA ADECUADA ADMINISTRACIÓN DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS DEMANDADOS POR NUESTRAS INSTALACIONES.

Las tarifas eléctricas se pueden dividir básicamente, por el tipo de cargos que les son aplicados, en tarifas que consideran consumo y cargos fijos y en tarifas que además consideran la Demanda Máxima. A su vez estas últimas pueden dividirse en Ordinarias y en Horarias, tal como se muestra en la siguiente figura:

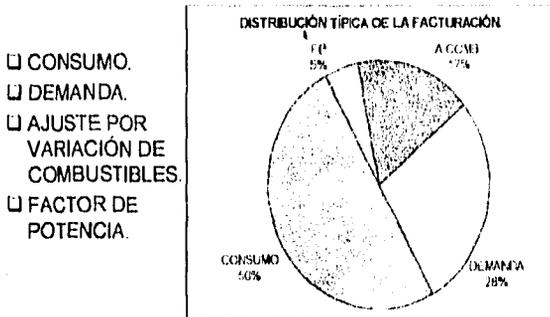


Las tarifas que consideran Demanda Máxima corresponden a aquellos servicios cuya carga contratada son 25 KW como mínimo. Tales servicios pueden ser considerados de medianos a grandes.

TARIFA.	DENOMINACIÓN.	CONDICIONES DE SUMINISTRO.	NIVEL.	CARGA.
1	RESIDENCIAL.	BAJA TENSION SIN LIMITE DE CARGA.	BT	===
2	SERVICIOS GENERALES	BAJA TENSION Y HASTA 25 KW.	BT	P < 25 KW
3	SERVICIOS GENERALES	BAJA TENSION Y CARGAS MAYORES DE 25 KW.	BT	P > 25 KW
5 Y 5A	ALUMBRADO PUBLICO.	ALTA O BAJA TENSION SIN LIMITE DE CARGA	BT/AT	===
6	BOMBEO DE AGUAS	MEDIANA O BAJA TENSION SIN LIMITE DE CARGA.	BT /MT	===
7	SERVICIO TEMPORAL.	BAJA TENSION SIN LIMITE DE CARGA.	BT	===
9	BOMBEO DE AGUA PARA RIEGO AGRÍCOLA.	MEDIANA O BAJA TENSION SIN LIMITE DE CARGA.	BT /MT	===
OM	ORDINARIA MEDIANA TENSION	MEDIA TENSION Y CARGAS MAYORES A 20 KW Y MENORES A 1000 KW.	MT	20KW < P < 1000KW
HM	HORARIA MEDIANA TENSION	MEDIA TENSION Y CARGAS MAYORES O IGUALES A 1000 KW.	MT	P > 1000KW
HS	HORARIA ALTA TENSION.	ALTA TENSION DE 35 A 220 KV.	ATS	35 < V <sub>s</sub> < 220 KV
HT	HORARIA ALTA TENSION.	ALTA TENSION DE 220 KV O MAS.	ATT	V <sub>s</sub> < 220 KV
H-SL	HORARIA ALTA TENSION LARGA UTILIZACION.	ALTA TENSION NIVEL SUBTRANSMISION DE 35 A 200 KV.	ATS	35 < V <sub>s</sub> < 220 KV
H-TL	HORARIA ALTA TENSION LARGA UTILIZACION.	ALTA TENSION NIVEL TRANSMISION 220 KV O MAS.	ATT	V <sub>s</sub> < 220 KV
I-30	SERVICIO INTERRUMPIBLE.	ALTA TENSION NIVELES SUB Y TRANSMISION, CARGAS IGUALES A MAYORES A 20,000 KW.	ATS /ATT	P > 20,000 KW

## ¿ CUALES SON LOS PRINCIPALES RUBROS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA Y DE QUE SE DERIVAN ?

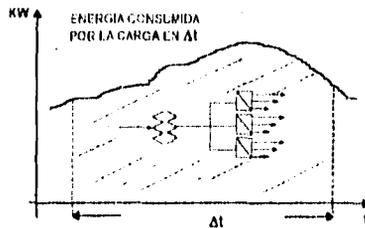
Dependiendo del tipo de servicio solicitado por el usuario en cuestión existirán diferentes cargos que integrarán su correspondiente tarifa. Sin embargo, poniendo especial atención a los servicios que más energía consumen, de tarifa 3 en adelante, podemos pensar que los rubros de facturación más importantes son EL CONSUMO Y LA DEMANDA, tal como lo podemos ver en la siguiente figura:



**El Consumo tiene el mayor peso en la mayoría de los casos, el cual es seguido por la Demanda Máxima y que en conjunto representan del 75 al 80 % de la facturación total.**

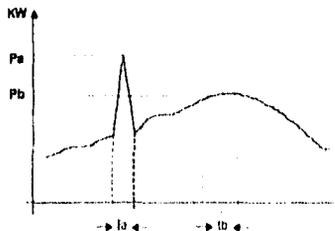
### ↳ CONSUMO:

Cubre los **costos de producción** de la energía eléctrica.



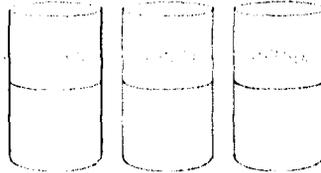
### ↳ DEMANDA:

Cubre las inversiones hechas en capacidad de instalaciones para entregar con completa **disponibilidad** la energía eléctrica a los usuarios.



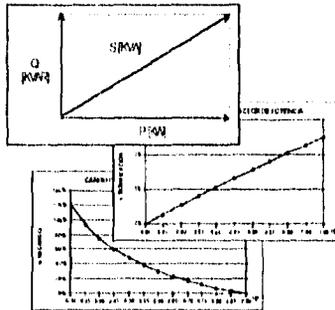
↳ AJUSTE POR VARIACIÓN DE COMUSTIBLES:

Cubre la variación en los **precios de los combustibles** empleados en la producción de la energía eléctrica.



↳ FACTOR DE POTENCIA:

Cubre el desgaste y sobredimensionamiento de los conductores y equipos de las cías. suministradoras derivados de un bajo FP en las instalaciones del usuario.



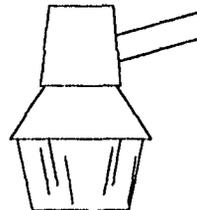
↳ MANTENIMIENTO:

Cubre los costos de mantenimiento de los equipos de las compañías suministradoras de energía eléctrica.



↳ ALUMBRADO PÚBLICO\*:

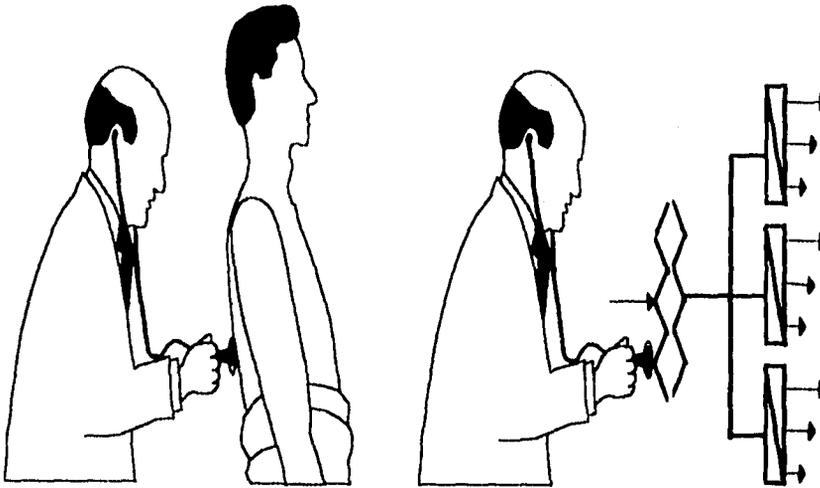
Es un cargo establecido sólo en algunas entidades federativas para cubrir este tipo de servicio. Típicamente es un 10% del costo de energía (Consumo+Demanda).



## ¿ QUÉ INDICAN LOS FACTORES ELÉCTRICOS ?.

Para la mayoría de las personas el hablar de cantidades puede causar confusiones. Se ha comprobado que el uso de porcentajes o de valores en por unidad facilita enormemente el manejo de la información.

LOS FACTORES ELÉCTRICOS SON VALORES EXPRESADOS EN POR UNIDAD QUE SON INDICADORES DE LA FORMA EN QUE SE ESTÁ EMPLEANDO LA ENERGÍA Y LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL USUARIO.



***De manera similar a lo que ocurre cuando acudimos a un médico, un diagnóstico debe de partir de una serie de indicios que intervienen en la formación de un criterio acerca de la situación actual de las instalaciones.***

## PRINCIPALES FACTORES ELÉCTRICOS.

$$F_{Dem} = D_{MÁXIMA} / P_{CONECTADA} \leq 1$$

$$F_U = D_{MÁXIMA} / CAP_{NOMINAL} \leq 1$$

$$F_C = D_{MEDIA} / D_{MÁXIMA} \leq 1 \quad F_C > 0$$

$$D_{MEDIA} = KWH_{AT} / \Delta T$$

$$F_{PER} = 0.3 F_C + 0.7 F_C^2 < 1$$

$$F_{DIV} = \Sigma D_{MAXi} / D_{MAX SISTEMA} \geq 1$$

$$F_{COIN} = 1 / F_{DIV} \leq 1$$

$$THD = \frac{\sqrt{\Sigma (I_n)^2}}{\sqrt{I_r^2 + \Sigma (I_n)^2}} = \frac{\sqrt{\Sigma (I_n)^2}}{I_{rms}}$$

$$k = \frac{\Sigma I_n^2 h^2}{I_{rms}^2}$$

$$F_{DEM} = D_{MAX} / P_{CONECTADA}$$



Uso de los equipos durante la Demanda máxima.

$$F_u = D_{MAX} / CAP_{NOMINAL}$$



Uso del transformador y los conductores en la Demanda máxima

$$F_c = D_{MEDIA} / D_{MAX}$$



Que tan sostenido es el pico de demanda en el periodo de facturación, si es esporádico o constante.

$$F_{PER} = 0.3 F_c + 0.7 F_c^2$$



Que relación existe entre las pérdidas que existen en periodo de facturación respecto de las que se presentan durante el pico de demanda.

$$F_{DIV} = (\sum D_{MAX i}) / D_{MAX SIST} \quad \Rightarrow$$

Expone que tanto difieren las demandas máximas individuales de cada carga al momento de presentarse la demanda máxima del sistema.

$$F_{COIN} = D_{MAX SIST} / (\sum D_{MAX i}) \quad \Rightarrow$$

Expone que tanto coinciden las demandas máximas individuales de cada carga al momento de presentarse la demanda máxima del sistema.

$$THD = \frac{\sqrt{\sum (I_n)^2}}{\sqrt{I_1^2 + \sum (I_n)^2}} \quad \Rightarrow$$

$I_n$ : Componente armónica n.  
 n: Orden de la armónica.  
 $I_1$ : Componente fundamental.

Expone que tanto se ha distorsionado la corriente o el voltaje debido a las cargas no-lineales que son empleadas por el usuario.

$$k = \frac{\sum I_h^2 h^2}{I_{rms}^2} \quad \Rightarrow$$

Donde  $I_h$  es la corriente armónica por unidad asociada a la componente armónica h

Es una aproximación del calentamiento de los conductores derivado de la cantidad de armónicas en la corriente.

Similar a lo que sucede con la eficiencia de cualquier máquina, no existe un criterio estrictamente cuantitativo que se haya establecido para determinar si los factores encontrados sean buenos o malos. Sin embargo, podemos tomar como criterio el **PROCURAR APROXIMARNOS A LOS VALORES IDEALES**. Por ejemplo, si sabemos que el Factor de Carga puede ser menor o igual a uno, el mejor de los casos es que se aproxime a la unidad ya que en ese caso el pico de demanda se mantiene durante la mayor parte del periodo de facturación, hecho que evita que el usuario y la compañía suministradora sobredimensionen sus alimentadores y sus transformadores innecesariamente.

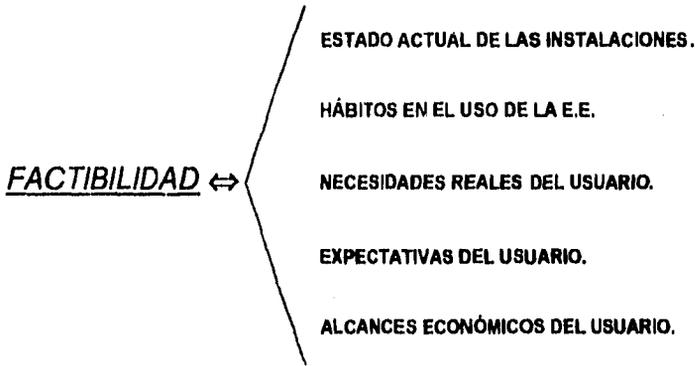
## CAPITULO 3.

### ¿ HACIA A DONDE VA DIRIGIDO UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA UN EDIFICIO NO RESIDENCIAL?.

Un diagnóstico energético va dirigido hacia la conciliación de dos vertientes :

- A. LA CARACTERIZACIÓN PROPIA DEL INMUEBLE.
- B. LA CARACTERIZACIÓN DE LAS EXPECTATIVAS Y POSIBILIDADES DEL USUARIO.

En este sentido tales caracterizaciones se tienen que llevar en cinco niveles, que por igual revisten de importancia decisiva en el proyecto:



#### ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES.

Lo que se pretende aquí es primeramente determinar cuales son los actuales medios con que cuenta el edificio para proveerse de energía eléctrica. Conocer no solo cuanto consume y demanda, sino además a través de que lo hace, cual es el estado de sus "órganos vitales, de sus venas y sus sistemas reguladores".

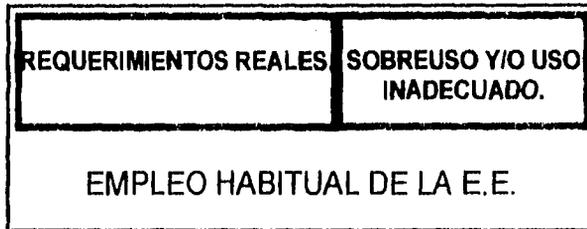
#### HÁBITOS EN EL USO DE LA E. E.

Estos determinan por un lado el monto de la facturación eléctrica ( aspecto muy importante en estos días de crisis económica) y a su vez determinan en gran parte el estado de las instalaciones.

## NECESIDADES REALES DEL USUARIO.

Un diseño o un rediseño de la instalación eléctrica tiene que partir de las necesidades del usuario, que implícitamente consideran las necesidades de la carga eléctrica. Sin embargo, en muchas ocasiones el usuario tiene costumbres de uso excesivas y/o inadecuadas, que comúnmente ignora

Esto va dirigido a determinar las necesidades reales, los requerimientos mínimos y aceptables de energía eléctrica para que el usuario cubra sus actividades de manera eficaz.



## EXPECTATIVAS Y ALCANCES ECONÓMICOS DEL USUARIO.

Las expectativas del usuario son una extensión de sus necesidades reales de operación. Tanto en el aspecto de automatización y control de sus cargas así como en la optimización de sus recursos, el usuario tiene una expectativa tanto técnica como económica.

Hay usuarios que ya conocen bien adonde quieren llegar ya sea en el grado de sofisticación del control de cargas, además de tener determinado de antemano un período de recuperación de la inversión para el caso de medidas de ahorro energético. El estudio tiene que ser dirigido a satisfacer adecuadamente dichas expectativas, siempre, guardando un compromiso tanto técnico como económico.



NUNCA HAY QUE OLVIDAR EL PAPEL TAN IMPORTANTE QUE JUEGA EL FACTOR HUMANO. LAS EXPECTATIVAS DE TODAS LAS PARTES INVOLUCRADAS YA QUE NO SOLO DE LA PARTE TÉCNICA DEPENDERÁ EL ÉXITO DEL DIAGNÓSTICO.

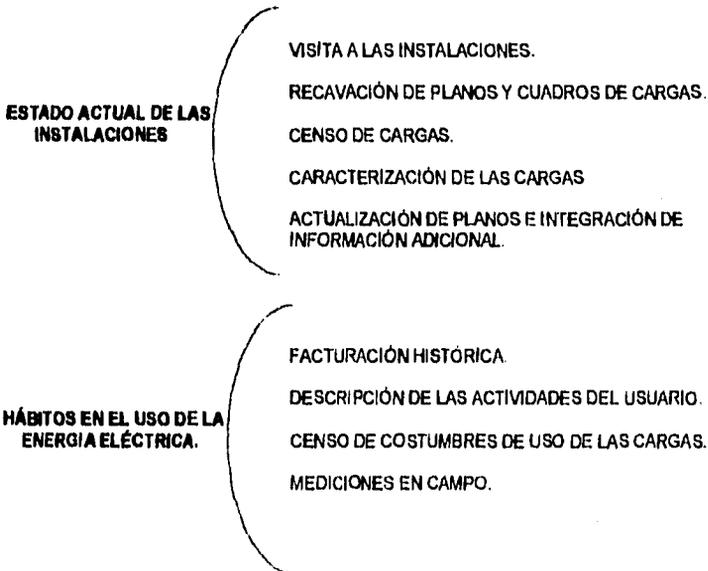
## ¿ CUALES SON LOS PASOS Y QUE RECOMENDACIONES SON ÚTILES AL HACER UN DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO ?.

La metodología aquí sugerida se resume en los siguientes pasos:

-  **RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.**
-  **DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL.**
-  **DETECCIÓN DE LOS POTENCIALES DE AHORRO.**
-  **EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE AHORRO.**

### **RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.**

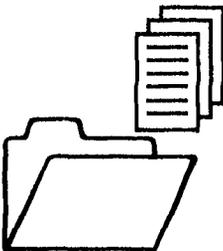
Esta parte del diagnóstico tiene por objetivo proveernos de todos los elementos técnicos y de organización que nos permita determinar tanto el **ESTADO ACTUAL DE LAS INSTALACIONES** así como los **HÁBITOS EN EL USO DE LA E.E.**



SE RECOMIENDA EL EMPLEO DE **FORMATOS TIPO**, LOS CUALES DEBEN DE TENER LOS DATOS MÁS IMPORTANTES Y SUFICIENTES, ADECUADAMENTE CLASIFICADOS Y PONDERADOS, EVITANDO TENER INFORMACIÓN DE SOBRA PARA HACER MÁS EFICAZ TANTO SU LOCALIZACIÓN Y ANÁLISIS.

*El levantamiento es una de las labores de mayor trascendencia en el diagnóstico y puede ser bastante ardua y complicada si no se tiene un orden adecuado. Se sugiere:*

1. PARTIR DEL PUNTO DE ACOMETIDA HACIA EL INTERIOR DE LAS INSTALACIONES.
2. CUANTIFICAR EL NÚMERO DE TABLEROS GENERALES Y DERIVADOS, HACIENDO UNA DISTINCIÓN DE TABLEROS NORMALES, DE EMERGENCIA Y/O ININTERRUMPIBLES.
3. CUANTIFICAR EL NÚMERO DE CIRCUITOS DE CADA TABLERO.
4. IDENTIFICAR LA CARGA CONECTADA A CADA CIRCUITO.
5. **CREAR UN CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN PARA TODAS LAS CARGAS.** TAL CÓDIGO DEBE INDICAR TIPO DE CARGA, TABLERO Y CIRCUITO AL QUE PERTENECE Y UBICACIÓN DENTRO DE LAS INSTALACIONES (ESTE CÓDIGO PUEDE VARIAR DEPENDIENDO SI HAY ALGUNA OTRA VARIABLE QUE AMERITE SIEMPRE TENERSE EN CUENTA).
6. IDENTIFICAR EL HORARIO Y CALENDARIO DE OPERACIÓN HABITUAL DE CADA CARGA.
7. CLASIFICAR EL LEVANTAMIENTO DE CARGAS POR LAS ZONAS, SIN PERDER DE VISTA LA ZONA QUE CUBREN LOS TABLEROS AL QUE PERTENECEN LAS CARGAS.
8. EN CADA TABLERO HACER UNA CLASIFICACIÓN POR TIPO DE CARGA.
9. CREAR UN CUADRO DE CARGA CONCENTRADO GLOBAL DEL INMUEBLE.
10. **CREAR UNA CARPETA DE TABLEROS Y CARGAS** QUE OFREZCA LA INFORMACIÓN TANTO DE MANERA CONCENTRADA ASÍ COMO TAMBIÉN EN FORMA DESGLOSADA.



**LA PRACTICA RECOMIENDA EL REALIZAR EL LEVANTAMIENTO DE CARGAS POR TABLEROS Y LUEGO POR RECINTOS. ESTO PUEDE HACERNOS AHORRAR TIEMPO Y TRABAJO ASÍ COMO DARNOS UNA VISIÓN MÁS AMPLIA DE LAS INSTALACIONES.**



## DETERMINACIÓN DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL.

Dentro de un estudio energético, partiendo de toda la información y mediciones recolectadas previamente, uno de los aspectos principales es tener presente de la manera más clara posible a que resultados queremos llegar.

De todos los datos obtenidos se recomienda:

- ❑ DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO TÍPICO DE LAS PRINCIPALES VARIABLES ELÉCTRICAS QUE INTERVIENEN EN LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA ( INCLUYENDO SU RESPECTIVO COSTO ).
- ❑ DETERMINAR LA CARGA INSTALADA TOTAL EN EL INMUEBLE Y LA PARTICIPACIÓN DE CADA TIPO DE CARGA EN ELLA.
- ❑ UBICAR LA PARTICIPACIÓN DE CADA UNA DE LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS, EN LA *DEMANDA MÁXIMA* DE TODO EL SISTEMA.
- ❑ UBICAR LA PARTICIPACIÓN DE CADA UNA DE LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS, EN EL *CONSUMO* DE TODO EL SISTEMA.
- ❑ DETERMINAR TODOS DE LOS FACTORES ELÉCTRICOS (FACTOR DE DEMANDA, DE UTILIZACIÓN, DE CARGA, DE PERDIDAS, DE DIVERSIDAD, DE COINCIDENCIA Y K ) PARA LAS CARGAS O GRUPOS DE CARGAS DE MAYOR PARTICIPACIÓN EN LA FACTURACIÓN.
- ❑ EN CASO DE EXISTIR UN BAJO FP Y/O UN ALTO CONTENIDO DE ARMÓNICOS UBICAR QUE Y DONDE SE ORIGINA.

A partir de aquí es que debemos de echar mano de la información recopilada con anterioridad, la cual debe ser evaluada convenientemente. Este proceso se debe de retroalimentar hasta que estemos 100% convencidos de que hemos determinado las costumbres de uso reales típicas al menos de 6 meses a la fecha, sobre de las cuales basaremos nuestras consideraciones y predicciones acerca de los resultados que esperamos obtener después de implementar las medidas de ahorro energético.

**ES DE SUMA IMPORTANCIA QUE SE ASIENTE DE ANTEMANO CON LUJO DE DETALLE EL MARCO DE REFERENCIA BAJO DEL QUE SE HA DETERMINADO LA SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL DEL INMUEBLE.**

**DETECCIÓN DE LOS POTENCIALES DE AHORRO.**

La detección de los potenciales de ahorro energético van dirigidas básicamente hacia la reducción del CONSUMO y la DEMANDA, los cuales quedan determinados por las siguientes ecuaciones:

$$E_{\text{Sist } \delta} = \left( \sum_{i=1}^n P_i \Delta t_i \right) \delta$$

$$\text{DemMax}_{\text{Sist } \delta} = \left( \sum_{i=1}^n C_i P_i \right) \delta$$

$E_{\text{Sist } \delta}$ : Energía consumida por el sistema durante el periodo  $\delta$ .

$\text{DemMax}_{\text{Sist } \delta}$ : Demanda Máxima del sistema durante el periodo  $\delta$ .

$\Delta t_i$ : Tiempo de empleo de la carga  $i$ .

$C_i$ : Factor de contribución a la DemMax de la carga o conjunto de cargas  $i$ .

$P_i$ : P<sub>SUMINISTRADA A LA CARGA</sub>.  $P_i = P_{\text{APROVECHADA}} / \eta$   $\eta = P_{\text{APROVECHADA}} / P_{\text{SUMINISTRADA}}$

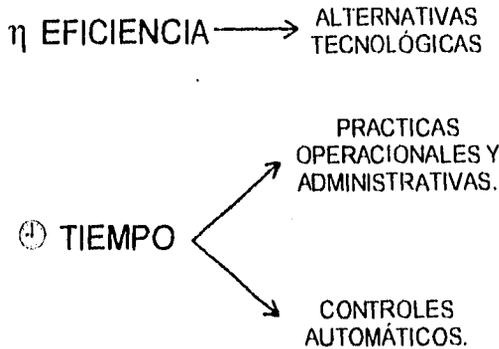
CONSUMO: Los potenciales de ahorro en cuanto a Consumo pueden dirigirse hacia:

1. REDUCIR LA POTENCIA DEMANDADA POR LAS CARGAS.
2. REDUCIR LAS HORAS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

DEMANDA: Los potenciales de ahorro en cuanto a Demanda pueden dirigirse hacia:

1. REDUCIR LA POTENCIA DEMANDADA POR LAS CARGAS.
2. DISTRIBUIR EL EMPLEO DE LAS CARGAS DE TAL FORMA QUE NO COINCIDA SU ENERGIZACIÓN CON LAS DE OTRAS (ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA).

En ambos casos tenemos involucrados dos factores : EFICIENCIA Y TIEMPO



## EFICIENCIA.

### EMPLEO DE ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS.

Esto se refiere por un lado a la implementación de **EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA**, los cuales demandarán menos energía ofreciendo un desempeño similar o mejor al que los equipos convencionales ofrecen. Por otro lado, las alternativas tecnológicas contemplan también **EL REDISEÑO Y/O EL ACONDICIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS** existentes en el inmueble.

## TIEMPO.

### PRÁCTICAS OPERACIONALES Y ADMINISTRATIVAS.

En general se busca hacer una serie de **RECONSIDERACIONES A LA FORMA EN QUE SE EMPLEA LA ENERGÍA** en las instalaciones del usuario.

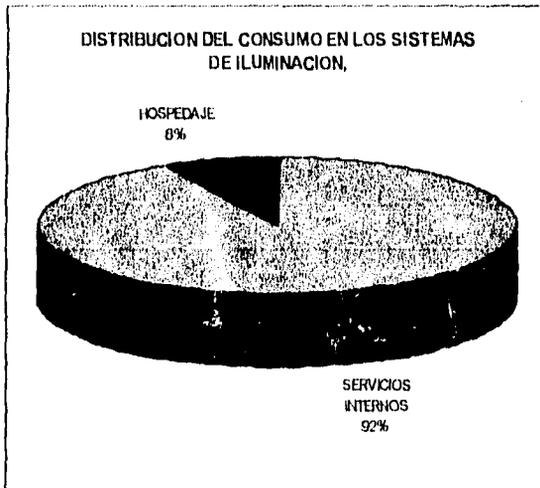
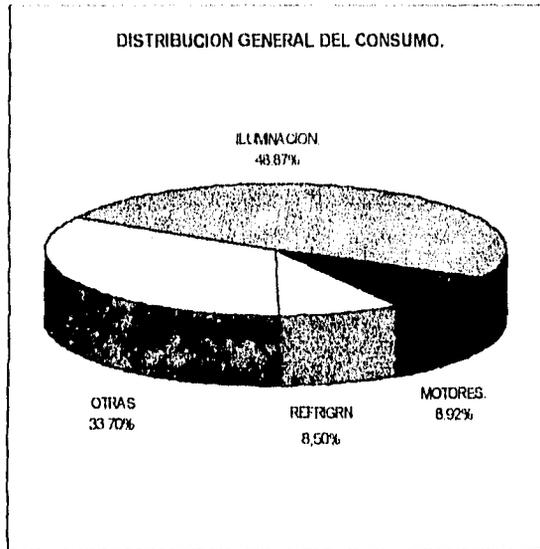
En estas reconsideraciones se contemplan tanto la *eliminación de las malas costumbres de operación de los equipos (desperdicios)* que inciden directamente sobre el consumo, así como la *distribución ordenada del empleo de los equipos de tal forma que se aminore la Demanda Máxima* total del sistema.

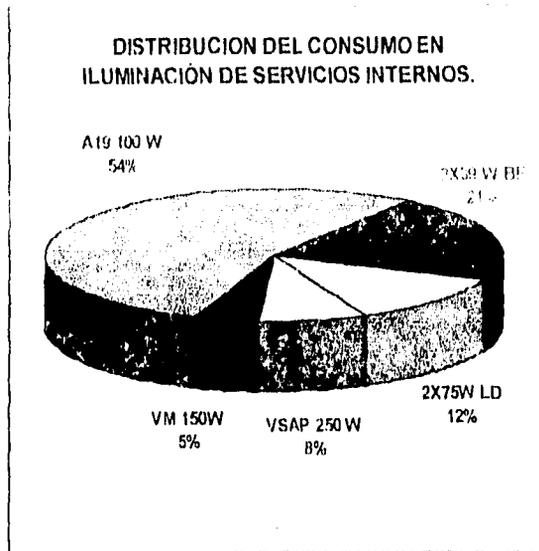
### CONTROLES AUTOMÁTICOS.

En este aspecto tenemos un número considerable de posibilidades, dado que existe una gran diversidad de controles automáticos, los hay desde los más sencillos como los temporizadores hasta sistemas integrales de cómputo, **QUE SON LA BASE DE LOS EDIFICIOS INTELIGENTES**, los cuales se detallan en el capítulo correspondientes.

## ÁREAS DE OPORTUNIDAD.

Las áreas de oportunidad son aquellas en las que se pueden obtener una mejora en la eficiencia y racionalidad con que se emplea la energía eléctrica. En este sentido es conveniente **CUANTIFICAR, VIA LA INFORMACIÓN RECABADA, LOS EQUIPOS SUSCEPTIBLES A SER SUSTITUIDOS Y/O CONTROLADOS.**





**LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD SE SELECCIONAN EN FUNCIÓN DE LA  
APORTACIÓN DE LOS EQUIPOS A LA FACTURACIÓN GLOBAL DEL  
INMUEBLE.**

No es sólo depende de la cantidad de equipos conectados, sino más bien depende de la forma en que afectan a la facturación eléctrica.

Lo anterior haciendo una distinción entre:

**EQUIPOS QUE PUEDEN SER SUSTITUIDOS POR EQUIVALENTES AHORRADORES**

Equipos que son de tipo convencional y/o en mal estado y que tienen un equivalente cuyos ahorros económicos son atractivos para el usuario. Equipos de un uso altamente intensivo son los que primero se deben de tomar en cuenta como áreas de oportunidad. A mayores tiempos de utilización tendremos mayores ahorros potenciales.

**EQUIPOS QUE PUEDEN SER CONTROLADOS POR SISTEMAS AUTOMÁTICOS**

Equipos cuyo encendido y apagado está a cargo de personal de mantenimiento y que corren un alto riesgo de permanecer encendidos por negligencia o descuidos de operación involuntarios.

No importa a primera instancia el tipo tecnología de las cargas, si es equipo ahorrador o no, lo que se va a analizar primeramente es que si con la simple reducción de horas de operación resulta atractivo implementar un control de la carga. El pensar adicionar a esto el empleo de equipos ahorradores es un segundo paso que se recomienda diferenciar del primero.

## PERIODO DE RECUPERACIÓN Y PERIODO DE RECUPERACIÓN

Hay que evitar los porcentajes engañosos de equipos que en cuanto a carga instalada tienen un mayor peso, pero en cuanto a facturación no necesariamente sucede así. En general son:

- Equipos que prácticamente nunca se usan y cuyos ahorros obtenidos por sustitutos ahorradores son tan pequeños que el tiempo de recuperación de la inversión inicial resulta ser muy largo para el usuario.
- Equipos que son de por sí ahorradores.
- Equipos que tienen un control de encendido y apagado integrado.

*Para llevar un control de esta clasificación desde el momento de hacer el levantamiento de cargas en los formatos recomendados se sugiere incluir en una columna la clase de equipos, A, B ó C, que considere las anotaciones anteriores, aún antes de realizar cálculos previos. Luego, en una segunda columna después de hacer el análisis económico de los potenciales de ahorro se anota la clasificación definitiva, A, B, C o una combinación de estas.*



## EVALUACIÓN DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS DE AHORRO.

La generación y evaluación de las alternativas de ahorro energético requieren considerar dos clases de conceptos:

**CONCEPTOS Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN ECONÓMICA.  
GENERACIÓN BÁSICA DE PROPUESTAS.**

EN CUANTO AL ANÁLISIS ECONÓMICO DE CADA UNA DE LAS ALTERNATIVAS DE AHORRO SE RECOMIENDA:

✦ La evaluación económica de proyectos se sustenta en el concepto del valor del dinero a través del tiempo. Este concepto considera que **EL DINERO VISTO COMO UN RECURSO FINANCIERO TIENE UN VALOR DISTINTO CONFORME TRANSCURRE EL TIEMPO.**

✦ Un peso disponible hoy día tiene un valor mayor que aquel que se reciba en un futuro, debido a que el primero tiene la posibilidad de generar un cierto interés al ser invertido. Cabe hacer notar que este concepto es válido aún y cuando no existiera inflación.

✦ Como los flujos de efectivo se presentan en diferentes puntos del tiempo, **SE RECOMIENDA MANEJARLOS EN MONEDA CONSTANTE, ES DECIR DEFLACTADOS DE LA INFLACIÓN.** Si se espera que el costo de la energía crezca al mismo ritmo de la inflación, se manejará a un precio constante durante toda la vida útil del equipo. Si se espera que el costo de la electricidad se incremente anualmente en X puntos porcentuales por arriba de la inflación, se representarán los costos de la energía crecientes al X% anual. De esta forma el valor del dinero estará considerado por medio de una tasa de intereses términos reales, es decir, por encima de la inflación.

✦ Existen bastantes objeciones al método de PERIODO DE RECUPERACIÓN, una de las más frecuentes es que se trata de una **medida de liquidez y no de rentabilidad.** Sin embargo, es útil para aquellas empresas medianas y pequeñas que carecen de una capacidad de financiamiento.

- ⚡ Es común usar indebidamente como tasa de actualización a la tasa del costo de capital ( tasa que cobra la fuente de financiamiento), en lugar de una tasa mayor que tome en cuenta la participación del inversionista al realizar la financiación del proyecto, llamada TASA DE RENDIMIENTO MÍNIMA ATRACTIVA (TREMA).
- ⚡ Con tasas muy altas una cantidad futura resulta ser un monto muy pequeño en el presente
- ⚡ El VPN es la diferencia entre la inversión inicial y el flujo futuro de fondos actualizado. **El criterio es que si el VPN es positivo, significa que los beneficios son mayores que los costos y también significa que el rendimiento que se espera del proyecto es mayor que la TREMA.** En este caso el proyecto debe emprenderse.
- ⚡ Cuando se conoce el flujo de efectivo de todas las alternativas el criterio es seleccionar aquella que tenga un mayor COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE) de signo positivo. Si todas las alternativas generan CAEs con valores negativos ningún proyecto debe llevarse a cabo
- ⚡ La TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) se define como la tasa de interés  $i^*$  que reduce a cero el Valor presente, futuro y anual equivalente de una serie de ingresos y egresos. Esta representa la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, en forma tal que al final de la vida del proyecto el saldo no recuperado sea igual a cero. **El criterio de decisión es sería emprender el proyecto si la TIR es mayor a la TREMA y rechazarlo en caso contrario.**
- ⚡ El método del COSTO DE LA ENERGÍA AHORRADA (CEA) consiste en transforonar a anualidades equivalentes, mediante una tasa de descuento, los costos de inversión y mantenimiento por un lado de los equipos convencionales y por otro los de los equipos ahorradores. La diferencia entre ambas anualidades es el costo adicional que tienen las medidas de ahorro energético, el cual se divide entre la energía ahorrada durante un año. Este resultado es el costo de la energía ahorrada. **El criterio de decisión es implantar la medida de ahorro si el costo de la energía ahorrada es mayor al costo de compra de la misma.**
- ⚡ La RELACIÓN BENEFICIO-COSTO (RBC) es la relación del valor presente de los ahorros entre el valor presente de las inversiones. Para el análisis económico de las propuestas individuales se requiere obtener la TIR del flujo de efectivo total correspondiente a lo largo de la vida útil del equipo. El flujo al que nos referimos es la diferencia de los pagos y los ahorros obtenidos anualmente. Los pagos constituyen la facturación, reposición de piezas y mano de obra por mantenimiento llevados a cabo por el usuario para mantener funcionando los equipos. Por otro lado los ahorros son constituidos tanto por los ahorros por facturación como por materiales. El monto de los pagos deben incluir todos los impuestos y cargos aplicables ya que estos deben ser **pagos netos**. **El criterio es que la RBC debe ser mayor a la unidad, lo que significa que los beneficios superan a los costos, en caso contrario el proyecto no aporta más costos que beneficios.**

#### EN CUANTO A LA GENERACIÓN DE PROPUESTAS DE AHORRO ENERGÉTICO:

Para la generación de propuestas individuales se debe determinar el comportamiento típico de la carga que consideramos tiene buenas perspectivas de ahorro energético (**SISTEMA ACTUAL**). Luego, se procede a buscar un sistema alterno que brinde una disminución de la energía consumida, ya sea un equipo ahorrador, la implementación de un control automático o bien una combinación de ambos (**SISTEMA PROPUESTO**).

La generación de propuestas, de alternativas de ahorro energético que se conforman para su posterior evaluación van dirigidas a encontrar básicamente dos tipos de ahorros económicos:

1. AHORRO ECONÓMICO POR ENERGÍA.
2. AHORRO ECONÓMICO POR MATERIALES.

Ahorros que generarán en suma lo que es llamado **AHORRO ECONÓMICO TOTAL**.

- ⌘ Cada tipo de ahorro, se deriva de la comparación de un sistema convencional y el propuesto ahorrador de energía. Esta diferencia primero se hace a nivel de diferentes variables, KW o KWH, que se traducen posteriormente en variables económicas.
- ⌘ Los datos que se van a comparar son: **LA CARGA, LAS COSTUMBRES DE USO, EL MONTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO Y DEMANDA MÁXIMA, LOS IMPORTES PAGADOS POR ENERGÍA CONSUMIDA ASÍ COMO LOS DE MANTENIMIENTO.**
- ⌘ Este análisis puede hacerse considerando sólo una unidad de carga o bien considerando un conjunto de cargas de características similares, pudiéndose hacer esta comparación por periodo de facturación o en forma anual según convenga al análisis económico elegido.
- ⌘ Posterior a la generación de propuestas para cada carga o sistemas de cargas se recomienda agrupar tales propuestas en un cuadro donde se pueda observar el ahorro que representan sobre el Consumo y la Demanda del sistema, además de su respectivo tiempo o periodo de recuperación simple.
- ⌘ Luego se calculan los **AHORROS POR MATERIALES** también llamados por **MANTENIMIENTO**, la **TASA INTERNA DE RETORNO** a través de un análisis de flujo de efectivo así como de la **RELACIÓN DE BENEFICIO/COSTO**.
- ⌘ Todo lo anterior está dirigido a poder hacer un comparativo de diferentes propuestas de ahorro tentativas para un mismo sistema. Para facilitar la selección de la mejor alternativa se sugiere para sistemas de la misma especie llevar a costos unitarios todos los gastos de operación y mantenimiento de los equipos propuestos, llamado **COSTO UNITARIO POR SERVICIO BRINDADO**.
- ⌘ La **PRESENTACIÓN DE RESULTADOS DEBE SER CONCISA** y contener todos los datos que sean de interés para la persona que va a analizarlos, pudiendo ser una combinación de datos técnicos y económicos.
- ⌘ La selección de la(s) alternativas también puede ser condicionada por aspectos subjetivos, no necesariamente económicos, que el cliente considera de importancia. Tales aspectos deben ser cubiertos por las propuestas desde el principio mismo de ser concebidas.

## CAPITULO 4.

### ¿ QUÉ VENTAJAS SE OBTIENEN AL EMPLEAR EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA ?.

Las ventajas que se esperan obtener de la implementación de equipos de alta eficiencia básicamente son:

- UNA DISMINUCIÓN EN EL CONSUMO Y LA DEMANDA MÁXIMA**, disminución que se refleja en su *facturación* como un atractivo ahorro económico para el usuario, SIN MENOSCABO DEL SERVICIO QUE BRINDA EL SISTEMA.
- UNA MAYOR VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS**, incremento de *horas de operación* que se refleja en un *ahorro económico por materiales y mantenimiento*.

La mayor parte de los equipos de alta eficiencia cumplen con ambas ventajas, aunque hay sus excepciones ( Por ejemplo, las lámparas Slimline de 60 W, que son ampliamente usadas para sustituir a las de 75 W, tienen exactamente la misma vida útil de 12,000 Hrs.) . Sin embargo, la primer ventaja siempre se cumple

### ¿ DE QUÉ ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS DISPONEMOS EN CUANTO A EQUIPOS DE ALTA EFICIENCIA ?.

El marco de referencia se dirige principalmente al campo de la ILUMINACIÓN y al de FUERZA.

#### ILUMINACIÓN.

- LÁMPARAS DE ALTA EFICACIA.
- BALASTROS DE AHORRADORES.
- LUMINARIOS DE ALTA EFICIENCIA.

#### FUERZA

- MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.
- APLICACIÓN DE VARIADORES DE FRECUENCIA.

La proporción que guardan las aplicaciones de los equipos son particulares de cada inmueble.

## ¿ CUALES SON LOS CRITERIOS BÁSICOS DE LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN ENFOCADO AL AHORRO ENERGÉTICO ?.

En cuanto a lo que es la **FUENTE DE ILUMINACIÓN** tenemos que los criterios de selección básicos son:

- POTENCIA NOMINAL ( W ).
- FLUJO LUMINOSO (  $\phi$  ).
- EFICACIA (  $\eta$  ).
- ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR ( IRC ).
- VIDA .
- DEPRECIACIÓN DE LÚMENES.
- TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA TCC ( K ).

### → POTENCIA NOMINAL ( W ).

*Es la potencia demandada exclusivamente por la lámpara expresada en Watts [W]. Condiciona el flujo luminoso y el tamaño y capacidad de disipación calorífica del luminario, que siempre aumentan en forma proporcional conforme aumenta la potencia de la lámpara. Así mismo, condiciona el dimensionamiento de la instalación desde el punto de vista eléctrico.*

### → FLUJO LUMINOSO ( $\phi$ ).

Es quizás el principal concepto que debemos de tener presente al seleccionar una lámpara. Esta *es la cantidad de flujo que la fuente luminosa es capaz de producir*, expresada en Lúmenes. Las hojas de especificaciones del fabricante presentan a este respecto por lo general el valor de LÚMENES INICIALES o LÚMENES NOMINALES, los cuales son los valores de flujo que alcanzan las lámparas después de haber madurado.

### → EFICACIA ( $\eta$ ).

Uno de los rasgos más característicos de cualquier lámpara *es su habilidad para convertir la energía eléctrica en energía luminosa*, la cual es llamada Eficacia, que se denota por la letra griega Eta ( $\eta$ ).

$$\eta = \phi / P_{\text{eléctrica}} \text{ [ Lm / W ]}$$

Hay que notar que no se trata directamente de la eficiencia, que es adimensional, aunque ambos conceptos tienen el mismo sentido; Durante el funcionamiento, la vida media y el costo de la energía condicionan la economía de operación de la instalación, ya que los Watts demandados y consumidos tiene un costo económico definido, se puede evaluar el costo de los niveles de iluminación en (Lm/ \$) .

→ **ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR ( IRC ).**

El índice de rendimiento de color de una lámpara **es una medida de que tanto puede reproducir los colores de los objetos que ilumina como si lo hiciera la luz del Sol.** Es decir, condiciona la mayor o menor **apreciación** de los colores respecto a las observaciones a la luz natural. La escala es adimensional y va de 0 a 100%. A un mayor IRC se entenderá una mejor reproducción de los colores, donde el contenido de longitudes de onda proporciona una buena tonalidades cálidas ( longitudes altas, arriba de los 500 [nm] )

→ **VIDA.**

La **VIDA NOMINAL** presentada en las hojas de especificaciones de cada fabricante **toma como referencia un grupo considerable de lámparas en el que al menos el 50% de las lámparas se habrá fundido y el 50% restante todavía permanecerá encendido, @ un ciclo de trabajo.**

Un factor importante que se debe considerar es que en la mayoría de las lámparas los ciclos de encendido más cortos (arranques más frecuentes) reducen la vida y los ciclos de encendido mayores (arranques menos frecuentes la incrementan.

→ **DEPRECIACIÓN DE LÚMENES.**

Es claro que las fuentes luminosas conforme se aplican van perdiendo paulatinamente sus características que poseían en el momento de su fabricación. El flujo luminoso no es la excepción. Los fabricantes de lámparas pueden proporcionar las **curvas típicas de depreciación luminosa** de sus productos.

→ **TEMPERATURA DE COLOR CORRELACIONADA, TCC ( K ).**

Es una forma de **cuantificar la tonalidad de la propia fuente luminosa**, empleando para ello una escala análoga de temperatura.

A las lámparas con tonalidad cálida se les asignará una baja temperatura de color, en tanto que a las lámparas con tonalidades blanco-azuladas se les asignará una alta temperatura de color.

Cuando se trata de lámparas de HID o LID en cuanto a los **BALASTROS** tenemos que los criterios de selección básicos son:

- FACTOR DE BALASTRO (O DE PERDIDAS) (FB).**
- FACTOR DE EFICACIA DEL BALASTRO (BEF).**
- REGULACIÓN (REG).**
- FACTOR DE POTENCIA (FP).**
- PROPORCIONE LAS CONDICIONES DE ARRANQUE Y OPERACIÓN ADECUADAS PARA LA LÁMPARA.**
- DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD).**

**□ FACTOR DE BALASTRO (FB).**

Es la relación expresada en % entre la salida de la lámpara ( flujo luminoso o potencia eléctrica) al emplear un balastro específico con respecto de usar un balastro patrón ( balastro de laboratorio). Para calcular el FB puede usarse cualquiera de las dos expresiones:

Arranque rápido y precalentamiento.  $FB = ( P_{LÁMPARA / BALASTRO ESPECÍFICO} / P_{LÁMPARA / BALASTRO PATRÓN} ) \times 100 \%$

Arranque rápido.  $FB = ( \dot{Q}_{LÁMPARA / BALASTRO ESPECÍFICO} / \dot{Q}_{LÁMPARA / BALASTRO PATRÓN} ) \times 100 \%$

**□ FACTOR DE EFICACIA DEL BALASTRO (BEF).**

Es una medida de la eficiencia energética del balastro, que se calcula como el cociente de :

$$BEF = FB / P_{LINEA}$$

Conforme mayor sea este valor mejor será la eficiencia de nuestro balastro. Lo anterior lo podemos observar en la relación que guarda en el cálculo del nivel de iluminación (método de cavidad zonal):

$$E = \frac{(\#Lámparas) (Lum/Lámpara) (LLD) (LDD) (RSDD) (CU) (P_{LINEA}) (BEF)}{\text{Área}}$$

**□ REGULACIÓN (REG).**

El fabricante debe de proporcionar una curva en la cual se observe la relación de Potencia de lámpara - Voltaje de suministro al balastro. Así, se debe de elegir aquel balastro que tanto antes como después de la tensión nominal la potencia de la lámpara cambie en forma suave, tal como lo recomienda ANSI. Este criterio de selección es importante sobretodo en lugares donde se espera tener variaciones de voltaje medias o altas (10 - 20%) para disminuir en lo posible la variación de flujo luminoso y conservar la vida de la lámpara.

**□ FACTOR DE POTENCIA (FP).**

Se define como la relación de la potencia real a la potencia aparente y se calcula como el cociente que resulte de:

$$FP = P_{LINEA} / ( V_{LINEA} \cdot I_{LINEA} ) \times 100 \%$$

El máximo valor ( ideal por cierto) que puede tenerse es 1. En la realidad esto no sucede así. Sin embargo, este factor no debe de ser menor a 90 %.

**☐ PROPORCIONE LAS CONDICIONES DE ARRANQUE Y OPERACIÓN ADECUADAS PARA LA LÁMPARA.**

La importancia de cumplir con los parámetros que a continuación nos referimos radica en la conservación de la fuente luminosa.

**CONDICIONES DE ARRANQUE:**

- Voltaje de circuito abierto (VOC)
- Corriente mínima y máxima de arranque (Factor de cresta).
- Amplitud y posición del pulso de alto voltaje al arranque (sólo VSAP).
- Voltaje de filamento (sólo fluorescente de arranque rápido).

**CONDICIONES DE OPERACIÓN:**

- Voltaje de lámpara.
- Corriente de lámpara.
- Potencia de lámpara.
- Voltaje de filamento (sólo fluorescente de arranque rápido).

**☐ DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL (THD).**

El THD ( TOTAL HARMONIC DISTORSION) es una medida del grado con el cual el balastro ( o cualquier equipo eléctrico en general ) ha de distorsionar la forma de la corriente eléctrica

En especial el Comité de Lámparas y Balastros Fluorescentes del ANSI (American National Standar Institute) ha recomendado que para estos equipos se tenga como *límite un 30%*. Esto se ha basado en los diseños estándares de la IEC (International Electrotechnical Commission).

Haciendo una recopilación de los criterios vistos:

FACTOR	CRITERIO DE SELECCIÓN.
FB	$\geq 92.5\%$ ELECTROMAGNÉTICO $\geq 88.5\%$ ELECTRÓNICO.
BEF	TAN GRANDE COMO SEA POSIBLE.
REG	LA POTENCIA DE LA LAMPARA CAMBIE SUAVEMENTE CONFORME CAMBIA EL VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN AL BALASTRO.
FP	$\geq 90\%$
FC	$\approx 1.41$ MÁXIMO 1.7 PARA AR y PC. $\approx 1.41$ MÁXIMO 1.8 PARA AI y HID.
THD	$\leq 30\%$

En cuanto al **LUMINARIO** tenemos lo siguiente, dirigido a formar un criterio de selección adecuado:

### FINALIDAD.

La finalidad del luminario es cumplir los siguientes puntos:

- I. Distribuir el flujo luminoso emitido por la lámpara aprovechándolo al máximo.
- II. Controlar el flujo luminoso de tal forma que la brillantez sea mínima, y con esto se obtenga un máximo confort visual.
- III. Tener propiedades mecánicas que permitan el correcto montaje de la lámpara y en su caso el balastro, de forma tal que además se asegure su protección contra agentes externos del medio ambiente que rodea al luminario y que puede afectar su funcionamiento.

### REFLECTOR.

El contorno básico del reflector es uno de las características principales del luminario que determinarán la distribución del flujo luminoso de provisto por la fuente luminosa.

#### Δ PARABÓLICO.

- ◆ Produce un haz cerrado y bastante uniforme.
- ◆ Es el contorno típico de proyectores debido a su característica de poder dirigir los rayos de luz en dirección paralela a su eje focal.
- ◆ Dado que tiene un haz cerrado se obtiene gran confort visual cuando se aplica en luminarios fluorescentes interiores.
- ◆ Desafortunadamente no es del todo eficiente.

#### Δ ELIPSOIDAL.

- ◆ Produce un haz más abierto pero un tanto desuniforme en comparación del parabólico.
- ◆ Es más eficiente que el parabólico.

#### Δ CIRCULAR.

- ◆ Este tipo de luminario es el menos eficiente.

### REFRACTOR.

En cuanto a la selección del refractor de los materiales usados en su fabricación se califica:

- PROPIEDADES DE TRANSPARENCIA (EFICIENCIA).
- ESTABILIDAD DE SU COLOR CON EL PASO DEL TIEMPO.
- DURABILIDAD (RESISTENCIA MECÁNICA).
- MALEABILIDAD PARA SER MOLDEADO EN PRISMAS PRECISOS.

→ Se recomienda **PREFERIR ACRÍLICO** en lugar de Poliestireno o sobre cualquier otro tipo de polímero.

→ En cuanto al tipo de acabado de los reflectores, el más usado y con el que se obtiene un mayor control y aprovechamiento de la luz es el tipo **PRISMÁTICO**.

## HOJAS DE ESPECIFICACIONES.

Las Hojas de especificaciones que el fabricante de equipos de iluminación nos proporciona son una de las herramientas más importantes con que podemos contar en el diseño o rediseño de iluminación.

En tales hojas vienen contenidas básicamente en dos tipos de información:

### LA DISTRIBUCIÓN DE LA INTENSIDAD LUMINOSA. LOS COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN (C.U).

Todos los datos incluidos en las hojas de especificaciones no pueden usarse directamente, sino que debe de ser afectados por FACTORES DE CORRECCIÓN para que se adecuen a nuestro proyecto particular.

Las recomendaciones para analizar y evaluar una curva fotométrica tomando como el punto 0° como referencia deseamos puntualizar en las siguientes zonas:

0-180°. El % de flujo luminoso que aquí se concentra nos indica el valor de eficiencia total del luminario.

0-90°. Nos indica el % de luz transmitida arriba de la horizontal, que incidirá en el techo y que indirectamente llegará al plano de trabajo y que además evitará que el techo tenga un aspecto oscuro desagradable a la vista (Efecto caverna)

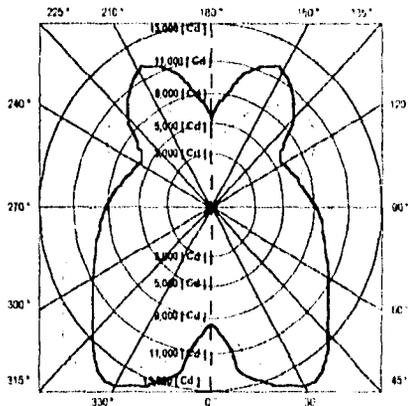
0-60°. Indica el % útil sobre el plano de trabajo.

60-90°. Debe estudiarse con cuidado ya que aquí la luz llega a nuestros ojos directamente.

0-30° y

0-45°. En áreas donde la unidades están montadas a relativamente bajas alturas, un mayor % del flujo en la zona de 30-60° llega a las paredes, de manera que para alturas de montaje medias ( 4.5 a 7.5 [m] ), solamente el flujo en la zona de 0-45° nos da una indicación de la luz útil hacia abajo.

Para alturas de montaje mayores ( más de 7.5 [m] ), debemos de considerar únicamente el flujo en la zona de 0-30°, como luz útil.



## REFLECTORES ESPECULARES.

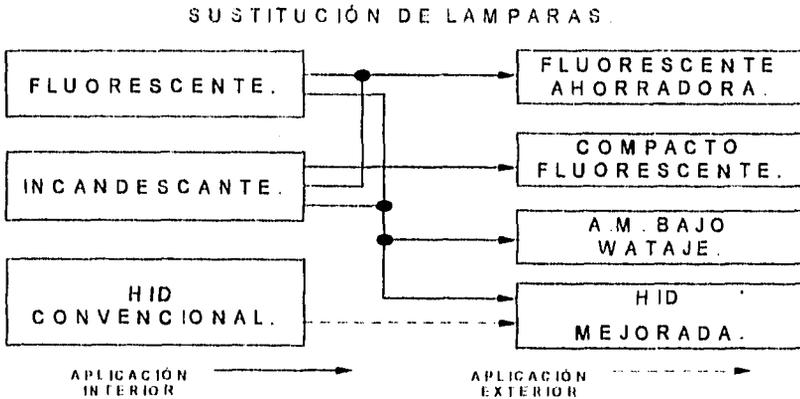
Los **reflectores especulares** son una solución económica para la rehabilitación de luminarios fluorescentes deteriorados e ineficientes.

- › Son laminaciones de aluminio que sirven como reflector y evitan que parte de la luz quede "atrapada" dentro del propio gabinete y permita que ésta se pueda orientar y, en su caso, se pueda dirigir hacia el plano de trabajo.
- › En el caso que únicamente se requiera aumentar los niveles de iluminación, se puede instalar un tipo de reflector especular utilizando el mismo número de lámparas y consecuentemente, con el mismo costo de energía. Sin embargo, su uso se ha orientado a disminuir el número de lámparas existentes en los gabinetes.
- › Su uso solo se recomienda en instalaciones ya existentes. Para instalaciones nuevas se recomienda comprar desde un principio luminarios con curvas de distribución adecuadas.

## CAMBIO DEL TIPO DE FUENTE LUMINOSA.

Además del cambio de tecnología (cambio de equipo convencional por un análogo ahorrador), existe la posibilidad de hacer un cambio desde la **morfología, la naturaleza misma de la fuente luminosa**.

La figura engloba de manera muy genérica los cambios de sistemas de iluminación más típicos.



El cambio de un tipo de fuente por otra depende de la disponibilidad de espacio, las condiciones de la instalación eléctrica y la arquitectura del recinto o serie de recintos donde se pretende llevar a cabo tal sustitución.

Esta se técnica se recomienda siempre y cuando el costo de las adecuaciones a las instalaciones eléctricas, la posible implementación de nuevos luminarios y todos los cambios arquitectónicos que ello implique se recuperen con los ahorros derivados de dicho cambio.

## ¿ CUALES SON LOS CRITERIOS BÁSICOS DE LA SELECCIÓN DE UN SISTEMA MOTRIZ ENFOCADO AL AHORRO ENERGÉTICO ?.

*El enfoque que se te ha dado a este trabajo está dirigido a los motores de inducción (MI).*

### CRITERIO BÁSICO.

El criterio básico para seleccionar un motor es simplemente el **CUMPLIR LOS REQUERIMIENTOS DE PAR Y VELOCIDAD QUE REQUIERE NUESTRA CARGA**, de forma tal que su desempeño en cuanto a aprovechamiento de energía sea óptimo.

Para lo anterior es necesario ubicar dos características propias de la carga:

- △ PAR DE ARRANQUE.
- △ TIPO O SECUENCIA DE OPERACIÓN.

### △ PAR DE ARRANQUE.

Es bastante común que los motores inadecuadamente se sobredimensionen para vencer la inercia estática de la carga, aunque durante su operación normal el par demandado sea mucho menor. Este sobredimensionamiento repercute en que el motor tenga un punto de operación de baja eficiencia.

Con el fin de ayudar al usuario a la selección apropiada de los motores para las variadas aplicaciones y para cualquier potencia la NEMA en América y la IEC en Europa han definido cuatro diseños normalizados, A, B, C y D, conocidos como *clases de diseños*, los cuales proporcionan diferentes curvas Par-Velocidad. El problema de sobredimensionamiento por Par de arranque se ataca seleccionando considerando tales clases de diseños.

Las clases de diseño C y D se recomiendan para inercias elevadas, mientras que la A y B se recomiendan para inercias normales.

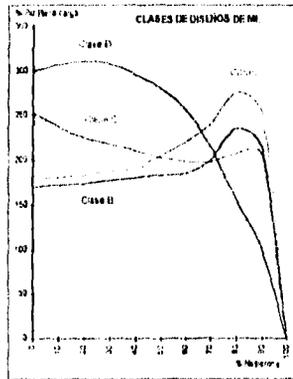
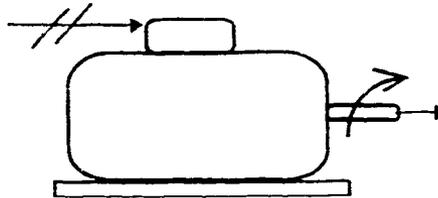


TABLA COMPARATIVA DE DISEÑOS DE MOTORES DE INDUCCIÓN.

	A	B	C	D
$T_{\text{ARRANQUE}}$	NORMAL $< T_{\text{NOMINAL}}$	NORMAL $< T_{\text{NOMINAL}}$	ALTO $\geq 2.5 T_{\text{NOMINAL}}$	MUY ALTO $\geq 2.75 T_{\text{NOMINAL}}$
$I_{\text{ARR}}$	$5 I_{\text{NOMINAL}} < I_{\text{ARR}} < 8 I_{\text{NOMINAL}}$	$3.5 I_{\text{NOMINAL}} < I_{\text{ARR}} < 6 I_{\text{NOMINAL}}$	$< 3 I_{\text{NOMINAL}}$	$< 3 I_{\text{NOMINAL}}$
$S_{\text{PLENA JAUJA}}$	BAJO $< 5\%$	BAJO $< 5\%$	BAJO $< 5\%$	ALTO 11 - 17%
$T_{\text{MÁXIMO}}$	$2T_{\text{NOMINAL}} < T_{\text{MÁXIMO}} < 3T_{\text{NOMINAL}}$	$2T_{\text{NOMINAL}} < T_{\text{MÁXIMO}} < 3T_{\text{NOMINAL}}$	$5T_{\text{NOMINAL}} < T_{\text{MÁXIMO}} < 25T_{\text{NOMINAL}}$	$T_{\text{MÁXIMO}} > 3T_{\text{NOMINAL}}$
USOS	VENTILADORES BOMBAS, TORNO, MAQUINAS DE HERRAMIENTAS	SIMILARES A LAS DE A.	BOMBAS CARGADAS, COMPRESORES Y BANDAS TRANSPORTADORAS CARGADAS	VOLANTES TALADROS PRENSAS, CIZALLAS
OBSERVACIONES	ECONÓMICOS.	SE RECOMIENDA USAR B SOBRE A DADA SU BAJA CORRIENTE DE ARRANQUE.	REQUIEREN ROTORES CON DOBLE JAULA DE ARDILLA POR LO QUE SON COSTOSOS	SOLO RECOMENDADOS PARA INERCIAS EXTREMADAMENTE GRANDES.

NOTA: ENTIENDASE NOMINAL COMO PLENA CARGA



### A TIPO O SECUENCIA DE OPERACIÓN.

Existen 4 casos a los que nos podemos enfrentar el momento de la selección de un motor:

	<b>CARGA CONSTANTE.</b>	<b>CARGA VARIABLE.</b>
<b>VELOCIDAD CONSTANTE.</b>	CASO A.	CASO B.
<b>VELOCIDAD VARIABLE.</b>	CASO C.	CASO D.

**EL CONTROL DE VELOCIDAD RECOMENDADO ES A TRAVÉS DE EQUIPOS VARIADORES DE FRECUENCIA DE ESTADO SÓLIDO (VFD'S POR SUS SIGLAS EN INGLÉS).**

Para obtener la potencia del motor que más conviene para cubrir estos 4 casos se dispone de dos métodos:

1. CÁLCULO DE LA POTENCIA EN FUNCIÓN DEL PAR REQUERIDO.
2. CÁLCULO DE LA POTENCIA RMS DE LA SECUENCIA DE OPERACIÓN.

#### 1. CÁLCULO DE LA POTENCIA EN FUNCIÓN DEL PAR REQUERIDO.

1. Lo primero que se tiene que hacer para seleccionar un motor es ubicar el par requerido:
2. Después de lo anterior se busca un motor que a su potencia nominal sea capaz de entregar el par necesario a una velocidad cercana a la de sincronismo.
3. Se considera que los HP marcados en la placa del motor son los HP mecánicos entregados en la salida del motor, en la flecha de este.
4. Tomando a primera instancia un deslizamiento "grande", un 5% , por lo general y se considera que la velocidad marcada en la placa del motor es la velocidad de sincronismo. Es decir que:

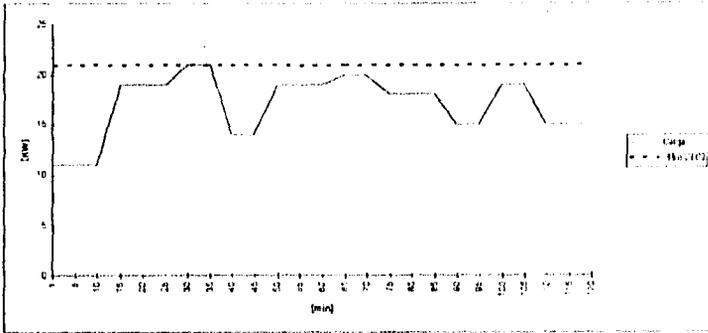
El par obtenido bajo estas condiciones es el par que se espera tener a plena carga, el cual se compara con el par que deseamos obtener del motor.

$$5252 \text{ HP} / (0.95 n_{\text{SINC}}) \geq \tau$$

**Si el motor propuesto cubre con el par demandado se considera como un buen candidato.**

## 2. CÁLCULO DE LA POTENCIA RMS DE LA SECUENCIA DE OPERACIÓN

La gráfica mostrada representa la secuencia de operación que debe de cumplir el motor que elijamos:



- Si elegimos el motor basados en la potencia pico  $P_{Pico}$ , que es la máxima que nuestro proceso requiere, entonces estaremos sobredimensionados en la mayor parte del tiempo de operación.
1. Multiplique el cuadrado de las potencias demandadas para cada parte del ciclo de operación por el tiempo necesario para completar esa parte del ciclo de operación.
  2. Luego se dividen la suma de productos resultante entre el tiempo efectivo de en marcha.
  3. Si el motor se detenido parte del ciclo de operación, sólo debe considerarse una parte del tiempo restante, la mitad de ese tiempo para motores abiertos y una tercera parte para motores cerrados.

$$P_{RMS\Delta T} = \sqrt{\frac{\sum (P_i^2 \Delta t_i)}{\sum \Delta t_i + (t_{OFF}/k)}}$$

- $P_i$  : Es cada uno de los valores de la potencia demandada por la carga.  
 $\Delta t_i$  : Es el tiempo que se sostiene la potencia demandada por la carga.  
 $T$  : Es periodo total del ciclo de operación del motor.  $T = \sum \Delta t_i + t_{OFF}$   
 $P_{RMS\Delta T}$  : Potencia RMS del ciclo de trabajo  $\Delta T$ .  
 $t_{OFF}$  : Tiempo de paro del motor durante el ciclo de operación.  
 $k$  : Factor de corrección por disipación ( $k=2$  m. abiertos y  $k=3$  para m. cerrados).

$$P_{RMS\Delta T} \Rightarrow \text{[Icono de motor]} \Rightarrow P'_{RMS\Delta T}$$

Se acude a los catálogos de los fabricantes para encontrar el motor con la potencia que cubra la potencia RMS del ciclo de operación de nuestro motor.

### CASO A. VELOCIDAD Y CARGA CONSTANTES.

SE RECOMIENDA EL MÉTODO 1.

### CASO B. VELOCIDAD CONSTANTE - CARGA VARIABLE.

SE RECOMIENDA EL MÉTODO 2.

### CASO C. VELOCIDAD VARIABLE - CARGA CONSTANTE.

SE RECOMIENDA EL MÉTODO 2.

En el caso de tener que hacer una selección del motor se hace un análisis similar al descrito en el caso B donde se averigua la potencia RMS demandada. *La única diferencia es que previamente las potencias demandadas se calculan tomando en cuenta la frecuencia a la que se va a operar el motor a lo largo de su secuencia de operación.*

$$P_{ENT} = (4\pi / P) / \eta) \tau (1-S) F$$

Así la potencia demandada por los motores es linealmente proporcional a la frecuencia eléctrica de alimentación, salvo que la nueva frecuencia eléctrica de alimentación tiene que ser igual o mayor al 50% de la frecuencia nominal del motor.

### CASO D. VELOCIDAD Y CARGA VARIABLES.

SE RECOMIENDA HACER UNA COMBINACIÓN DE LOS CASOS B Y C.

Este es el caso típico de los actuales sistemas de HVAC, el cual es importante para los fines de este trabajo dirigido a edificios no residenciales, caso en el que se hace uso del control de velocidad para obtener una mayor optimización de los recursos energéticos que consume el edificio.

### APLICACIÓN DE MOTORES JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO.

Dadas sus características podemos concluir que:

LOS MOTORES JAULA DE ARDILLA SE RECOMIENDAN PARA APLICACIONES CON VELOCIDAD Y CARGA CONSTANTES.

LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO SE RECOMIENDAN PARA APLICACIONES CON VELOCIDAD VARIABLE Y CARGA CONSTANTE.

## ¿ CÓMO SE CALCULAN LOS AHORROS EN QUE SE PUEDEN OBTENER EN LOS SISTEMAS DE FUERZA?.

### APLICACIÓN DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.

Este es el caso típico de las cargas con velocidad y carga constantes (caso A), sobre los cuales se implementa un motor de alta eficiencia.

#### AHORRO EN DEMANDA MÁXIMA:

$$KW_{\text{AHORRO}} = P_{\text{SALIDA}} ( 1 / \eta_a - 1 / \eta_b )$$

$$KW_{\text{AHORRO}} \% = ( 1 / \eta_a - 1 / \eta_b ) 100\%$$

#### AHORRO EN CONSUMO:

$$KWH_{(\text{AHORRO})\delta} = P_{\text{SALIDA}} ( 1 / \eta_a - 1 / \eta_b ) Hrs_{\delta}$$

$$KWH_{(\text{AHORRO})\delta} \% = ( 1 / \eta_a - 1 / \eta_b ) 100\%$$

Donde:

- $P_{\text{ENTRADA}}, P_{\text{ENTRADA}}$ : POTENCIAS DE ENTRADA DE LOS MOTORES a Y b [KW].
- $P_{\text{SALIDA}}$ : POTENCIA MECÁNICA DE SALIDA [KW].
- $\eta_a, \eta_b$ : EFICIENCIAS DE LOS MOTORES a Y b RESPECTIVAMENTE.
- $KW_{\text{AHORRO}}$ : AHORRO EN DEMANDA MÁXIMA.
- $KWH_{(\text{AHORRO})\delta}$ : AHORRO EN CONSUMO DURANTE EL PERIODO  $\delta$ .
- $Hrs_{\delta}$ : HORAS DE OPERACIÓN DEL PERIODO  $\delta$ .

## APLICACION DE VARIADORES DE FRECUENCIA.

### AHORRO EN DEMANDA MÁXIMA:

El ahorro en el periodo  $\delta$ :

$$KW_{\text{AHORRO}} = P [ 1 - (F_1 / F_2)^3 ]$$

$$KW_{\text{AHORRO}} \% = 1 - (F_1 / F_2)^3 \cdot 100\%$$

Donde:

- $KW_1$  : Demanda sin VFD [KW].
- $KW_2$  : Demanda con VFD [KW].
- $P$  : Potencia demandada por el motor [KW].
- $F_1$  : Frecuencia de operación sin VFD  $F_1 = 60$  Hz.
- $F_2$  : Frecuencia de operación con VFD en el momento de la Demanda Máxima, [Hz].

Aquí el punto interesante es determinar que frecuencia de operación se espera tener durante el periodo de Demanda Máxima. Lo más probable es que en la mayoría de los casos se tenga una velocidad de operación alta, próxima al 100%, por lo que en este sentido puede que el ahorro por Demanda máxima no sea muy significativo.

ES UN ERROR MUY FRECUENTE CONSIDERAR LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN IGUAL AL VALOR QUE EN PROMEDIO SE ESPERA OBTENER DURANTE EL DÍA, POR LO PUEDE QUE LOS AHORROS POR DEMANDA MÁXIMA NO SE CUMPLAN BAJO ESTA CONSIDERACIÓN.

### AHORRO EN CONSUMO:

Si el motor contribuye típicamente a la Demanda Máxima entonces:

$$KWH_{(\text{Ahorro})\delta} = P (Hrs_{\delta} - [ \sum ( (F_i / F_1)^3 Hrs_i )_{\delta} ] )$$

$$KWH_{(\text{Ahorro})\delta} \% = ( (Hrs_{\delta} - [ \sum ( (F_i / F_1)^3 Hrs_i )_{\delta} ] ) / Hrs_{\delta} ) \cdot 100\%$$

Donde:

- $KWH_{\delta}$  : Consumo en el periodo  $\delta$  [Hrs].
- $P$  : Potencia del motor [KW].
- $Hrs_{\delta}$  : Horas de uso en el periodo  $\delta$  (sin VFD) [Hrs].
- $F_i$  : Frecuencia de operación  $i$  [Hz].
- $Hrs_i$  : Horas de operación a la frecuencia  $F_i$  [Hrs].

Para llegar a determinar cada  $F_i$  con su respectivo  $Hrs_i$ , se sugiere llevar a cabo una estimación del gasto de aire acondicionado en función de la carga térmica típica a lo largo de un día de actividades en el edificio.

## CONSIDERACIONES PARA EL USO DE VFD's.

### CONTROL DE VOLTAJE Y PAR.

Para que el flujo permanezca constante y así el par disponible se conserve constante conforme varía la frecuencia el voltaje debe de hacerlo en esta misma proporción.

$$\phi = K' V / F \quad V / F : \text{Constante}$$

### OPERAR SIEMPRE ARRIBA DE LA MÍNIMA FRECUENCIA PERMITIDA.

Para no causar deterioro a los aislamientos del motor se recomienda operar al menos arriba del 50% de la velocidad nominal del motor.

$$F \geq 0.5 F_{\text{NOMINAL}}$$

### CONSIDERAR EL FACTOR DE SERVICIO.

Ya que el  $F_s$  está relacionado con el sobrecalentamiento permisible del motor, este se debe de considerar en la aplicación de variadores de frecuencia.

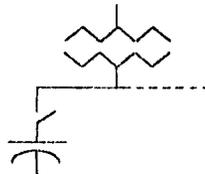
**MOTORES CON  $F_s$  MENORES A 1.15 NO DEBEN CONTROLARSE CON VFD's.**

### AUMENTO DE LA THD Y REDUCCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

La operación de estos dispositivos crea una distorsión de la corriente suministrada a los devanados del estator, lo que provoca que:

- A. Aumentan las pérdidas por el incremento de corrientes parásitas en los núcleos del motor y del transformador de la subestación eléctrica.
- B. Decrezca el factor de potencia de toda la instalación al incrementarse la componente de armónicos.

La implementación de estos dispositivos debe de ser acompañado de capacitores, filtros adecuados que corrijan el factor de potencia y manejen la componente de armónicas respectivamente, que hasta el día de hoy son inevitables.



## CAPITULO 5.

### ¿ QUE ES Y CUALES SON LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE UN EDIFICIO INTELIGENTE ?

#### DEFINICIÓN.

*Se considera como un edificio inteligente , aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia de los servicios que brinda a sus ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación y extender su ciclo de vida, garantizando una mayor productividad de sus ocupantes estimulada por un ambiente de máximo confort, para lo cual se hace uso de técnicas avanzadas de ingeniería computacional, comunicaciones y de control digital.*

Para cumplir con su cometido los servicios que son brindados en el edificio se controlan por medios computacionales, que integran la supervisión de uno y cada uno de los equipos.

#### CARACTERÍSTICAS.

Bajo la definición anterior se pueden resumir las siguientes características que distinguen a un edificio inteligente:

FLEXIBILIDAD.  
INTEGRACIÓN.  
DISEÑO.  
CONFORT-PRODUCTIVIDAD.

#### FLEXIBILIDAD.

La flexibilidad se caracteriza por agrupar los siguientes atributos:

- ✓ CAPACIDAD PARA INCORPORAR NUEVOS O FUTUROS SERVICIOS.
- ✓ CAPACIDAD PARA MODIFICAR LA DISTRIBUCIÓN FÍSICA DE SUS ÁREAS Y ASÍ ADAPTARSE A LAS NUEVAS NECESIDADES DE LOS USUARIOS SIN PERDER EL NIVEL DE SERVICIOS DISPONIBLES.

Para facilitar la flexibilidad de las instalaciones es que todos los diseños se realicen por módulos, es decir tomando como unidades distancias tipo en el diseño arquitectónico y en las instalaciones.

Cabe la posibilidad de que en un principio se sobredimensione a cambio de disponer de la infraestructura necesaria para futuros cambios.

## INTEGRACIÓN.

Este concepto se refiere a que los servicios que se proporcionan a los usuarios del edificio integran, se comparten y centralizan en un mismo equipo, en un mismo sistema. La integración se caracteriza por:

- ✓ PERMITIR UNA MAYOR RENTABILIDAD DE LOS EQUIPOS.
- ✓ PERMITIR UNA MEJOR ADMINISTRACIÓN DE LOS SISTEMAS DEL EDIFICIO.

La integración en cuanto a la automatización de servicios está dirigida a tres grandes sistemas:

**CONTROL.      SEGURIDAD.      AHORRO DE ENERGÍA.**

### SISTEMA BÁSICO DE CONTROL.

Es aquel que nos permite monitorear el estado de las distintas instalaciones y actuará de acuerdo a lo propuesto, evitando fallas dentro de su funcionamiento. Asimismo será el responsable de mantener los distintos grados de confort, y de llevar las estadísticas de mantenimiento para cada equipo, eliminando así las grandes cuadrillas de personal para mantener en funcionamiento todas las instalaciones.

### SISTEMA DE SEGURIDAD.

Dentro de este sistema existen dos aspectos: LA PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y LA PROTECCIÓN DE LAS PERSONAS.

### SISTEMA DE AHORRO DE ENERGÍA.

Con el sistema básico de control del edificio, realizar un ahorro en el consumo de energía y llevar a cabo un control de la demanda es prácticamente implícito, ya que los equipos serán programados para que estos operen en situaciones de máximo rendimiento, lo cual se verá reflejado en un ahorro en comparación de métodos de operación convencionales.

## DISEÑO.

El diseño arquitectónico y el de los servicios deben considerar un sobredimensionamiento primario que aunque sea a costa de un incremento de la inversión inicial, resulta ser más rentable en comparación de grandes adiciones y modificaciones futuras, ya que no debe de perderse de vista que habrá la

**COJUNCIÓN DE DIFERENTES  
SISTEMAS EN UN MISMO ESPACIO.**

## CONFORT-PRODUCTIVIDAD.

La principal labor del edificio es proporcionar los elementos suficientes para que los usuarios desarrollen sus actividades. Es indispensable elevar y mantener la calidad de vida de los ocupantes del edificio a través de todos los servicios que ofrezcan las instalaciones.

## ¿ QUÉ ES Y CUALES SON LAS PRINCIPALES PARTES UNA RED FMS ?.

Un SISTEMA ADMINISTRADOR DE RECURSOS, SAE (FACILITY MANAGEMENT SYSTEM, FMS desde este momento), es una conjunción de elementos de software y hardware dedicados a supervisar una red de controladores inteligentes dirigido a:

**LOGRAR EL ÓPTIMO USO DE LOS RECURSOS Y SERVICIOS CON QUE CUENTA UN EDIFICIO, PROCURANDO EL MÁXIMO CONFORT, SEGURIDAD Y PLENA SATISFACCIÓN DE TODOS SUS OCUPANTES, AL MENOR COSTO DE OPERACIÓN POSIBLE.**

De modo standard en una FMS se incluyen utilidades tales como:

- ✓ CONTROL DIGITAL DE TODOS LOS SISTEMAS (LOGIC CONTROL).
- ✓ ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA (BUILT-IN ENERGY MANAGEMENT).
- ✓ CALENDARIZACIÓN DE EVENTOS ( SCHEDULING).
- ✓ CONTROL Y MONITOREO DIRECTO (MODO LOCAL Y MODO REMOTO).

### ✓ CONTROL DIGITAL DE TODOS LOS SISTEMAS (LOGIC CONTROL)

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.

### ✓ ADMINISTRACIÓN ENERGÉTICA (BUILT-IN ENERGY MANAGEMENT, 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.

### ✓ CALENDARIZACIÓN DE EVENTOS ( SCHEDULING).

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.

### ✓ CONTROL Y MONITOREO DIRECTO (MODO LOCAL Y MODO 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.

## CAMPOS DE APLICACIÓN.

A continuación se listan los servicios de un edificio integrados a la FMS.

### AIRE ACONDICIONADO ( HVAC ).

PROCESO DE REFRIGERACIÓN.  
PROCESO DE CALEFACCIÓN.  
CONTROL DE HUMEDAD.  
GENERACIÓN DE AIRE ACONDICIONADO.  
DISTRIBUCIÓN DE AIRE ACONDICIONADO

### ACCESO Y SEGURIDAD.

LECTORAS DE TARJETAS.  
MONITOREO DE OCUPACIÓN.  
COMUNICACIÓN AUTOMÁTICA CON DEPARTAMENTO  
DE POLICÍA Y BOMBEROS.

### SISTEMA CONTRA INCENDIOS.

DETECCIÓN DE INCENDIO.  
SUPERVISIÓN DE SISTEMA CONTRA INCENDIOS.  
SECUENCIA DE OPERACIÓN DE TODO LOS EQUIPOS  
ANTE SINIESTROS.

### ILUMINACIÓN.

ENCENDIDO/APAGADO DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN.  
CONTROL DE NIVELES DE ILUMINACIÓN.

### FUERZA.

SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.  
PLANTA DE EMERGENCIA.

### SERVICIOS.

ELEVADORES.  
ESCALERAS ELÉCTRICAS.  
BOMBEO DE AGUAS.

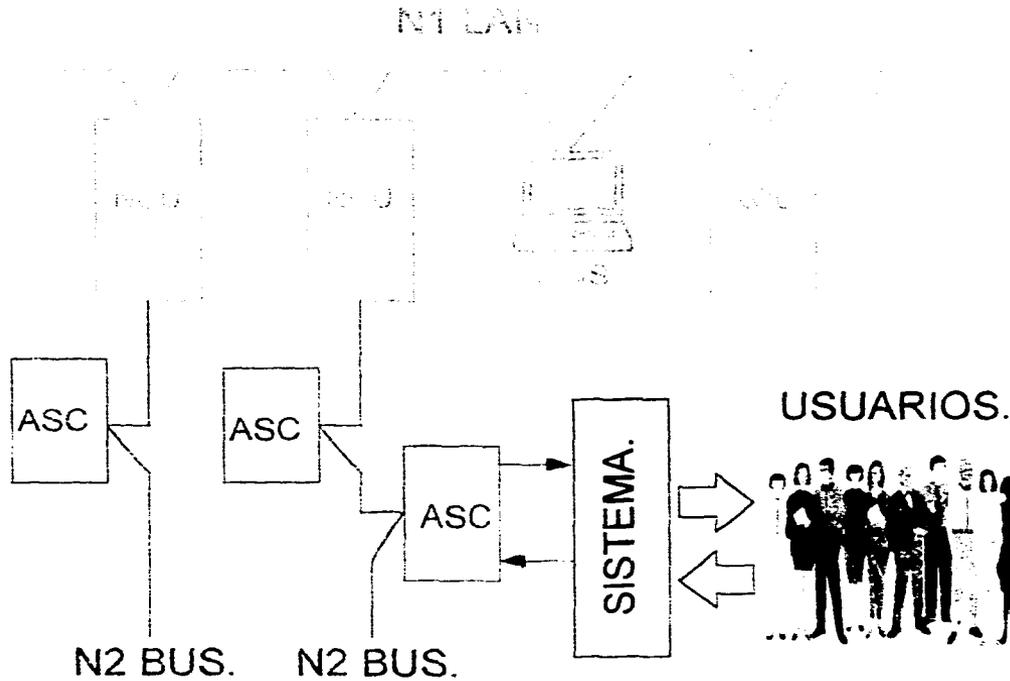
Entre otras aplicaciones.

## ARQUITECTURA BÁSICA.

Al ser una conjunción de elementos de Hardware y de Software, indicaremos por separado unos y otros tipos de elementos.

En la siguiente figura se muestran los componentes básicos de una red FMS.

# ARQUITECTURA BÁSICA DE UN FMS.



## USUARIOS Y EQUIPOS

Por un lado tenemos una serie de **USUARIOS**, que son la pauta de todas nuestras consideraciones de diseño, y a los cuales se les desea brindar una determinada gama de servicios. Los servicios son los **EQUIPOS O SISTEMAS** que vamos a controlar por medio de nuestra red inteligente.

## CONTROLADORES DE APLICACIÓN ESPECÍFICA (ASCs).

La FMS para controlar y optimizar el desempeño de los sistemas emplea *controladores inteligentes* (Application Specific Controllers **ASCs**, también llamados *Intelligent Controllers, ICs*) que tienen la capacidad de controlar a tales sistemas en modo independiente (Standalone controllers).

Por un lado existen ASCs dedicados a controlar procesos bien definidos, así como los hay de programación abierta lo cual ofrece flexibilidad que responde a la mayoría de las aplicaciones solicitadas por los usuarios.

## MÓDULOS DE CONTROL (NCU).

Los ASCs deben estar supervisados por un controlador que tenga en la red una mayor jerarquía. Tales controladores son llamados genéricamente *Unidades Controladoras de Red* (Network Controller Unit, **NCU** desde este momento) los cuales están internamente constituidos por diversos submódulos que dan flexibilidad y capacidad de extensión al NCU, los cuales también funcionan en modo estandarone

## INTERFACE A USUARIO.

Una de las características más importantes de los sistemas inteligentes es la capacidad de interacción **DIRECTA Y ÁGIL** de un operador y la red. El uso de una PC es la versión más difundida de las interfaces a usuario. En su disco duro está contenido todo el software.

**Esta PC es llamada Estación de trabajo del operador (Operator Work Station, OWS).**

Gracias a la ambientación Windows, que es posible tener dentro de la OWS, se facilita el manejo de información, el acceso ágil y dinámico.

## COMUNICACIÓN EN RED.

Todos los ASCs que reportan a un mismo NCU están conectados formando una red cuya configuración por lo general es tipo BUS. A este nivel de la red se le conoce como nivel **N2 BUS** o simplemente **N2**.

Así mismo todos los NCU's se conectan en red local (Local Area Network, **LAN**), incluida en esta la **OWS**. A este nivel de la red se le conoce como nivel **N1 LAN** o simplemente **N1**.

La conexión en red no solo se puede llevar cabo a nivel de **N1 LAN**, que típicamente engloba a un solo edificio. Esta se puede hacer a nivel de diversos inmuebles propiedad de un mismo usuario el cual desee desde una **OWS** acceder y supervisar su desempeño. Para lo anterior se conectan las **N1LAN**, por medio de diversos medios de comunicación, formando una red extensa, (Wide Area Network, **WAN**), conocida como **N1 WAN**.

## ¿ CUALES SON LAS ESTRATEGIAS QUE MÁS CONTRIBUYEN A UN USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ?.

Por un lado, los equipos controlados por ASC's desde un principio tienen una operación racional, ya que sólo demandarán los recursos estrictamente necesarios para su operación. Por ejemplo, se tiene un control directo sobre las válvulas de suministro de agua helada o caliente de los equipos de HVAC lo que hace que los Chillers y las calderas operen gastando sólo la energía necesaria para llevar el agua demandada a la temperatura requerida.

Por otra parte, existen utilidades de software que tienen por objetivo llevar a cabo la *operación de los equipos de manera* que la energía eléctrica se emplee en una forma *racional*, manteniendo los costos de operación y mantenimiento abajo de lo que se tendría con métodos de operación convencional, dentro de las cuales destacan básicamente:

- CALENDARIZACIÓN DE EVENTOS.
- LIMITACIÓN DE DEMANDA/ROLADO DE CARGA.
- MODELO ADAPTATIVO DE ARRANQUE/PARO.

### ○CALENDARIZACION DE EVENTOS (SCHEDULE).

En ciertas ocasiones el más grave y el primer problema que se debe resolver en la operación de cualquier tipo de edificio es cumplir con los horarios establecidos de arranque y paro de los equipos. Este problema se presenta a nivel de todo tipo de cargas, llámese ILUMINACIÓN Ó HVAC.

LA UTILIDAD DE CALENDARIZACIÓN PERMITE AL USUARIO PROGRAMAR LA FECHA Y HORA EN LA QUE VA A TOMAR EFECTO UN COMANDO O UNA UTILIDAD SOBRE UN OBJETO DETERMINADO.

Entiéndase objeto en el amplio sentido de la palabra, ya que al calendarizar un comando no sólo se refiere al arranque y paro de los equipos (que es una de sus mayores aplicaciones dirigidas al empleo racional de la energía). Esta utilidad además permite calendarizar los puntos de ajuste de los equipos, (Setpoints), para aplicaciones particulares o bien la emisión de resúmenes y reportes del estado de la red. Por ejemplo, la cuantificación mensual de los consumos eléctricos.

Previendo las necesidades más comunes a la gran mayoría de usuarios la programación de eventos se lleva a cabo en 4 clases de calendarización:

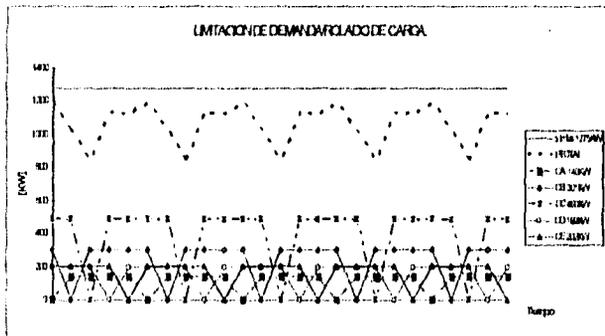
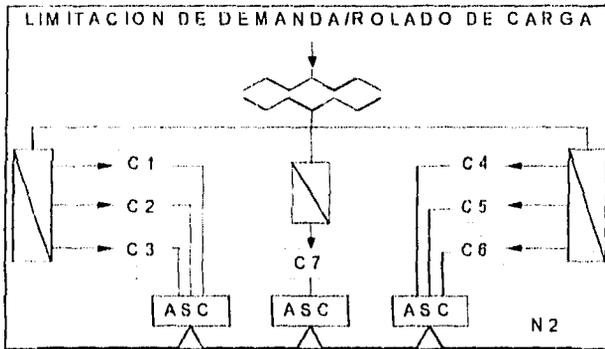
1. C. REGULAR (Regular).
2. C. ALTERNATIVA (Alternative).
3. C. FESTIVA (Holiday).
4. C. TEMPORAL (Temporary).

## ○LIMITACIÓN DE DEMANDA/ROLADO DE CARGA (DEMAND LIMITING/LOAD ROLLING, DL/LR).

Este tipo de utilidad como su nombre lo indica esta dirigida a limitar la demanda máxima del sistema durante las horas pico por medio de la desconexión de los equipos consumidores de energía de forma tal que la potencia demandada por el sistema se conserve por debajo de un límite previamente determinado (LIMITACIÓN DE DEMANDA).

La desconexión de cargas implica que los usuarios tengan una falta de servicios. Supongamos el peor de los casos donde el período de demanda pico es prolongado y la falta de servicios no puede ser prolongada y además se requiere emplear a la vez todos los servicios que demandan los usuarios ( por obvias razones este es el período pico).

Lo que procede en este caso es darle una secuencia de desconexión a las cargas, de forma tal que los usuarios tengan una mínima interrupción de sus servicios y por lo tanto ellos gocen los servicios el mayor tiempo posible durante el período pico ( ROLADO DE CARGA ).



**La idea es muy sencilla: Aprovechar los dispositivos disponible a nivel de N2 para el apagado selectivo, momentáneo y secuencial de cargas eléctricas con el objetivo de limitar la Demanda Máxima a través del uso de una utilidad de software especial.**

## PROCEDIMIENTO.

El procedimiento descrito aquí describe los pasos y consideraciones necesarias para implementar la utilidad DL/LR, los cuales son:

- ♣ DEFINICIÓN DEL PERFIL DE CARGA.
- ♣ CARACTERÍSTICAS DE LA TARIFA.
- ♣ DEFINICIÓN DEL TIPO DE CARGAS SELECCIONABLES.
- ♣ DEFINICIÓN DE CARGA LÍMITE.
- ♣ ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES.
- ♣ DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE APAGADO.

### ♣ DEFINICIÓN DEL PERFIL DE CARGA.

Antes que nada se debe tener completamente claro como contribuyen las cargas a la Demanda Máxima de todo el sistema. La importancia de lo anterior es trabajar directamente con las cargas que participan en la Demanda Máxima del edificio.

### ♣ CARACTERÍSTICAS DE LA TARIFA.

En este momento debemos de revisar las características de la tarifa en la que está contratado el servicio de energía eléctrica. *Simplemente para obtener el mayor provecho de la limitación de demanda y el rolado de carga.*

En el caso de OM existe una sola cuota por KW demandado, *no importando en que momento del día se presente la Demanda máxima*, hecho similar para el consumo.

Para el caso de las TARIFAS HORARIAS existen los conceptos de periodo de base y periodo de punta. En este último el costo de KW y KWH son más caros que en el primero, así que es mejor llevar a cabo la limitación de demanda aquí que en el periodo base, ya que obtendremos más beneficios.

### ♣ DEFINICIÓN DEL TIPO DE CARGAS SELECCIONABLES.

En esta etapa se ve involucrado de manera decisiva el criterio de los usuarios de los equipos ya que de este depende asignar que tipo de sistemas pueden ser desconectados.

En el caso de edificios pertenecientes a un sólo usuario, a una sola empresa, donde por lo general las decisiones son centralizadas, es más posible implementar este tipo de estrategias. En el caso de edificios, sobre todo de oficinas, donde existen diferentes condóminos es más difícil llegar a un acuerdo.

Los tipos de cargas que se pueden incluir en este tipo de estrategia:

- SISTEMA HIDROSANITARIO.
- SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO.
- ILUMINACIÓN EXTERIOR DECORATIVA.
- ILUMINACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS CUBIERTOS.
- EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO.
- ELEVADORES.

#### □ SISTEMA HIDROSANITARIO

Las cargas que conforman al sistema hidrosanitario de antemano pueden ser programadas para desconectarse durante las horas de demanda pico o bien ser incluidas dentro de la estrategia de DL/LR con una baja prioridad sin causar muchos inconvenientes a los usuarios.

Si los sanitarios dependen estrictamente de un sistema hidroneumático se recomienda que este no sea desconectado.

#### □ SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO.

No obstante su importancia, estos sistemas pueden ser incluidos dentro de las estrategias de DL/LR con una baja prioridad.

#### □ ILUMINACIÓN EXTERIOR DECORATIVA.

Hay que considerar que desde un principio la iluminación decorativa, tanto interior como exterior, debe ser diseñada de una manera eficiente (empleando equipos de alta eficiencia) y debe además de ser empleada en forma racional (sólo el tiempo que así lo amerite).

Sin embargo, puede incluirse en un caso extremo en la estrategia de DL/LR o bien ser programada para que opere fuera de las horas pico.

#### □ ILUMINACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS CUBIERTOS.

A primera instancia se antoja poco conveniente incluir este tipo de cargas en las estrategias de DL/LR. Sin embargo, existen algunas soluciones:

EMPLEO DE CIRCUITOS DE EMERGENCIA.

SECCIONAMIENTO DE CIRCUITOS.

#### □ EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO.

La posibilidad del apagado de los equipos de HVAC parte del hecho que los cambios de temperatura en cualquier recinto hacia arriba como hacia abajo se presentan en una forma relativamente lenta.

El sistema de generación de agua helada en un principio no debe de incluirse en las estrategias de DL/LR ya que por lo general después de haber parado estos equipos un nuevo arranque requiere de un tiempo de estabilización relativamente grande.

Es bastante factible llevar a cabo este tipo de utilidades si tenemos varias unidades de aire acondicionado atendiendo una misma área, varios equipos pequeños, al llevarse a cabo en una forma secuencial su apagado permitirá que el acondicionamiento del aire en esa zona *no se interrumpa por completo*.

La cuestión se complica cuando de un sólo equipo, de suficiente capacidad, depende todo el acondicionamiento del aire de un piso.

En cualquiera de los casos mencionados anteriormente se recomienda hacer un estudio de acondicionamiento de aire para asegurarse de los alcances de las técnicas de DL/LR.

□ ELEVADORES

Si la hora en que se presenta la demanda pico en el inmueble no coincide con las horas en que más se ocupan los elevadores, es bastante factible que una parte de los elevadores se incluyan en la estrategia de DL/LR

Sólo cuando se dispone de varios elevadores, se puede pensar en sacar de operación alguno de ellos.

▲ DEFINICIÓN DE CARGA LIMITE.

Es bastante común que esta sea determinada en base a un análisis económico básico. ¿ Cuanto quiero ahorrar en términos monetarios ?. Bueno, para llegar a esa cantidad requiero un número X de KW ahorrados. La diferencia entre la demanda máxima típica y la cantidad X de KW ahorrados es la carga que debo de indicar como límite.

▲ ASIGNACIÓN DE PRIORIDADES.

Es básico señalar un orden de prioridad con el cual se ponderará la continuidad del servicio eléctrico en las cargas que determinemos entre en este tipo de estrategias.

▲ DETERMINACIÓN DE TIEMPOS DE APAGADO.

Aquí se establece por un lado EL TIEMPO MÍNIMO Y EL TIEMPO MÁXIMO DE APAGADO DE CADA CARGA. En general existen dos posibilidades:

- ✓ EMPLEAR TIEMPOS DE APAGADO MENOS PROLONGADOS Y MÁS FRECUENTES.
- ✓ EMPLEAR TIEMPOS DE APAGADO MÁS PROLONGADOS Y MENOS FRECUENTES.

Considerando que las compañías suministradoras emplean un tiempo mínimo o base para determinar la potencia máxima demandada por el usuario, se recomienda que los tiempos de apagado sean múltiplos de la mitad de dicho tiempo mínimo, es decir:

$$T_{OFF} = ( n/2 ) ( t_{MÍNIMO} ) \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

Cuando el tiempo de apagado es menor al tiempo base.

$$T_{OFF} = k + ( N/2 ) ( t_{MÍNIMO} ) \quad N = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$k = 1, 2, 3, \dots$$

Cuando el tiempo de apagado es mayor al tiempo base

En el mejor de los casos, y de permitirlo así la carga, se recomienda emplear múltiplos enteros del tiempo mínimo o base. Lo anterior para que la desconexión de las cargas tenga un mayor efecto en el abatimiento de la demanda máxima del sistema.

## MODELO ADAPTATIVO DE TIEMPO OPTIMO DE ARRANQUE/PARO (OPTIMAL START/STOP TIME ADAPTATIVE MODELING, OST).

ESTA UTILIDAD ESTÁ DIRIGIDA A EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO, LOS CUALES APROVECHANDO EL CONCEPTO DE INERCIA TÉRMICA PUEDEN RECORTAR SUS HORAS DE OPERACIÓN SIN DEJAR DE BRINDAR UN BUEN SERVICIO AL USUARIO.

Se busca con esta utilidad evitar la operación de los equipos de aire acondicionado cuando exista una baja OCUPACION EN LOS RECINTOS SUMINISTRADOS DE AIRE ACONDICIONADO, al principio y/o al término de la jornada laboral donde la ocupación es menor que en horas intermedias se busca que este tipo de equipos permanezcan parados.

***Lo importante es que el algoritmo de esta estrategia en forma dinámica se adapta a las características térmicas de los recintos atendidos a lo largo de las estaciones del año.***

Comencemos por considerar el inicio de un nuevo día laboral. Aquí el sistema estima el tiempo que se dispone para preenfriar nuestros recintos antes de que la temperatura sobrepase el límite de confort de los usuarios.

Al término de la jornada laboral, cuando la temperatura del recinto va en descenso. Aquí el sistema estima el momento donde se considera que el recinto tiene una baja ocupación y puede conservar la temperatura dentro de un rango de confort adecuado, aún con los equipos de aire acondicionado apagados.

## ¿ CUALES SON LOS CONTROLADORES DE APLICACIÓN ESPECÍFICA DE MAYOR USO APLICADOS AL USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA Y SUS PRINCIPALES POSIBILIDADES ?

Los ASC's que más se usan son los

- CONTROLADORES INTELIGENTES DE ILUMINACIÓN (ILC).
- CONTROLADORES DE UNIDADES MANEJADORAS DE AIRE (AHU).
- CONTROLADORES DE CAJAS DE AIRE DE VOLUMEN VARIABLE.

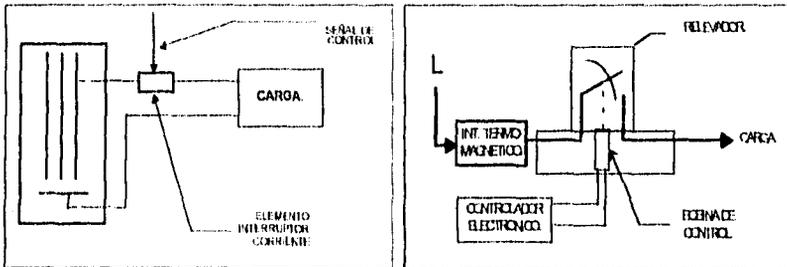
### ➤ CONTROLADORES INTELIGENTES DE ILUMINACIÓN (ILC).

Se puede programar circuito por circuito de suerte tal que el tiempo en que permanezcan las luces encendidas sea solo el necesario para satisfacer las necesidades del usuario y mantener un nivel de iluminación adecuado para las labores de vigilancia y mantenimiento nocturno en su caso.

La acción de control sobre las cargas se hace a través de relevadores electromagnéticos que interrumpen o no la alimentación eléctrica de las cargas.

Este controlador se auxilia de accesorios tales como fotoceldas, sensores de presencia, switches de pared, dimers integrados y balastos electrónicos, etc, para optimizar aún más el empleo de la iluminación.

**EL AHORRO ENERGÉTICO SE HACE PRESENTE DADO QUE EL ILC PERMITE EL CONTROL DE ENCENDIDO Y APAGADO DE CIRCUITOS DE ILUMINACIÓN Y OTRAS CARGAS CONTROLADAS POR INTERRUPTORES, EVITANDO DE MANERA AGRESIVA Y DIRECTA EL DESPERDICIO QUE PUDIERA SUSCITARSE POR DESCUIDOS.**



### ➤ CONTROLADORES DE UNIDADES MANEJADORAS DE AIRE (AHU).

Las principales variables que controla la AHU en el proceso de HVAC son:

- ⊗ TEMPERATURA DE DESCARGA.
- ⊗ VENTILACIÓN (CANTIDAD DE AIRE INYECTADO).
- ⊗ RENOVACIÓN DE AIRE FRESCO.
- ⊗ CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE.

⊗ TEMPERATURA DE DESCARGA.

Para ello controla a través de las válvulas de agua helada y/o agua caliente el gasto de agua que circula en el interior del intercambiador de calor. A mayor gasto de agua mayor intercambio de calor.

**EL AHORRO ENERGÉTICO SE PRESENTA DADO QUE LAS MANEJADORAS DEMANDAN SÓLO LA CANTIDAD DE AGUA HELADA (CALIENTE) QUE REQUIEREN DE LOS CHILLERS (CALDERAS) QUE LAS ALIMENTAN.**

⊗ VENTILACIÓN (CANTIDAD DE AIRE INYECTADO).

Para esto la AHU *controla a un variador de frecuencia que a su vez controla la velocidad de un motor eléctrico que mueve al ventilador*. A menor velocidad habrá un mayor intercambio de calor, pero disminuirá la cantidad de aire inyectado, en pies cúbicos por minuto (CFMs) al recinto en cuestión.

⊗ RENOVACIÓN DE AIRE FRESCO.

Para esto la AHU puede controlar la proporción de aire fresco que desde el exterior se mezcla con el aire que retorna del piso controlando la posición de unas persianas de control de volumen de aire llamadas Dampers. En climas templados y cálidos por lo general no se lleva a cabo este proceso de regulación, pero si se usa en climas extremadamente fríos, donde incluso hay que precalentar el aire que llega desde el exterior para evitar que congele el agua que circula por el serpentín.

Esta variable **no reporta ahorro energético significativo**, sino sólo es una medida implementada para mantener el **confort y calidad** del aire suministrada a los ocupantes.

⊗ CONTROL DE LA HUMEDAD RELATIVA DEL AIRE.

El control de la humedad relativa del aire puede llevarse a cabo por medio de la conexión y desconexión de la alimentación de unas lámparas de cuarzo de luz ultravioleta que vaporizan agua la cual se inyecta a los recintos para elevar la cantidad de humedad relativa.

Esta variable **no reporta ahorro energético significativo**, sino sólo es una medida implementada para mantener el **confort y calidad** del aire suministrada a los ocupantes.

➤ **CONTROLADORES DE CAJAS DE AIRE DE VOLUMEN VARIABLE.**

Controla la cantidad de flujo de aire que pasa por un ducto y que descarga en un determinado recinto, pudiéndose ser el ducto puede ser de diversas configuraciones. Su objetivo es mantener la temperatura de confort programada con la inyección de aire proveniente de la UMA.

La conjunción del control sobre las UMAs y las cajas de volumen variable, dan como resultado el ahorro energético en dos formas:

1. LA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA QUE CONLLEVA EL AJUSTE DE LA VELOCIDAD DEL MOTOR DEL VENTILADOR DE LA UMA A TRAVÉS DEL USO DE UN VARIADOR DE FRECUENCIA ( DE LAS DOS ESTA REDUCCIÓN ES LA DE MAYOR PESO).
2. LA REDUCCIÓN DEL GASTO DE AGUA HELADA O CALIENTE QUE TENDRÍA QUE HABERSE GENERADO YA SEAN EN LOS CHILLERS O EN LOS BOILERS DEL EDIFICIO.

**Se tiene que típicamente pueden ofrecer de un 20 hasta un 30% de ahorro en consumo para este rubro.**

Para calcular el impacto sobre la facturación global tendríamos que ubicar que % representa de esta misma.

**ANEXO 1.**

**TARIFAS ELECTRICAS**

**CUOTAS APLICABLES.**

**GERENCIA COMERCIAL**  
**SUBGERENCIA DE ESTADÍSTICAS ECONÓMICAS**

**TARIFAS GENERALES AUTORIZADAS**

A PARTIR DEL 1o DE ABRIL DE 1995  
 Nueva 5

CATEGORÍA	CARGO FUO O DEM.	CARGO POR CONSUMO					MINIMOS	DI PUNTO DE GARANTIA			
		175	26.50	5075	70100	101.500		ADICIONAL	UN IBO	DOS IBO'S	TRES IBO'S
01	BALANCEAL	07914	11329	14915	17304	19132	62254	6.0355	6.36	31.78	39.72
	CARGO POR MANTO	5.08	5.82	6.79	6.79	8.47	13.06				
02	CARGO FUO	1.50	56100				ADICIONALES	5.6454	14.04	170.19	255.28
	CARGO POR MANTO	42546	791				26431				
03	CARGO FUO	58.2476						420.77525			
	CARGO POR MANTO										
04	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
05	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
05A	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
06	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
07	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
08	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
09	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
10	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
11	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
12	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
13	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
14	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
15	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
16	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
17	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
18	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
19	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
20	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
21	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
22	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
23	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
24	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
25	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
26	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
27	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
28	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
29	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
30	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
31	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
32	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
33	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
34	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
35	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
36	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
37	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
38	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
39	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
40	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
41	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
42	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
43	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
44	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
45	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
46	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
47	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
48	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
49	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
50	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
51	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
52	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
53	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
54	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
55	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
56	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
57	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
58	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
59	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
60	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
61	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
62	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
63	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
64	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
65	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
66	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
67	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
68	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
69	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
70	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
71	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
72	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
73	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
74	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
75	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
76	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
77	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
78	CARGO FUO										
	CARGO POR MANTO										
79	CARGO FUO										

**ANEXO 2.**

**FORMATOS DE  
LEVANTAMIENTO DE  
INFORMACIÓN  
SUGERIDOS.**

UBICACIÓN.		
NOMBRE DE LA EMPRESA: CALLE Y NÚMERO: LOCALIDAD: TELEFONO: RESPONSABLE TÉCNICO: RESPONSABLE ADMINISTRATIVO: OBSERVACIONES:	COLONIA: C.P.: FAX: TEL: TEL:	
LOCALIZACIÓN DEL SUMINISTRO.		
ZONA DE DISTRIBUCIÓN: COMPAÑÍA SUMINISTRADORA: TARIFA: No. CUENTA: No. Y FECHA DE CONTRATO: DEMANDA CONTRATADA: OBSERVACIONES:		
TIPO DE OPERACIÓN.		
REGIMEN DE OPERACIÓN:                      ( ) CONTINUO.      ( ) ESPORÁDICO.      HR./AÑO: OBSERVACIONES:		
ACTIVIDADES DESARROLLADAS.		
GIRO: TIPO DE PRODUCTOS: CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN ANUAL: PRODUCCIÓN ANUAL ACTUAL: % DE PRODUCCIÓN: OBSERVACIONES:		

<b>SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.</b>	
UBICACIÓN: SERVICIO: NEMA: MARCA: No. DE SERIE.	
CROQUIS UBICACIÓN.	DIGRAMA.
OBSERVACIONES: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
<b>TRANSFORMADOR.</b>	
CAPACIDAD [KVA]: CONEXIÓN: Z%:  AISLAMIENTO: MÁXIMA TEMPERATURA:	TENSIÓN PRIMARIO: TENSIÓN SECUNDARIO: MEDICIÓN CIA. SUMINISTRADORA. ( ) PRIMARIO. ( ) SECUNDARIO. MCA. - SERIE:
OBSERVACIONES: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	
<b>PLANTA DE EMERGENCIA.</b>	
CAPACIDAD [KW]: COMBUSTIBLE: CONSUMO COMBUSTIBLE:	HORAS DE OPERACIÓN: GENERACIÓN [KWH/MES]: MARCA - SERIE:
OBSERVACIONES: <hr/> <hr/> <hr/> <hr/>	



<b>IDENTIFICACION:</b> TIPO Y MCA: _____ SERVICIO: <u>NORMAL</u> SECUENCIA DE 1 TABLERO: 2 TABLERO - CTD. PREVIOS: 3 4							<b>LEVANTAMIENTO DE TABLEROS</b> ALIMENTACION PRINCIPAL: VOLTS _____ FASES _____ FASES _____ FASES / HILOS _____ FASES _____ No SAUDAS OCUPADAS _____ NEUTRO _____ MARZO _____ TIERRA F _____ C. INT _____ MONTELE _____												
<b>DISTRIBUCION DE CARGAS</b>							<b>DISTRIBUCION DE CARGAS</b>												
No.	CTD	CARGA CONECTADA DESCRIPCION	SERVICIO			CA. CU AWG	CAB IN	M/22 PMA	FASE A	FASE B	FASE C								
			HRS	WTS	V.A. 25														
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			
40																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%; padding: 2px;">MODIFICACIONES</td> <td style="width: 20%; padding: 2px;">Fecha</td> </tr> <tr> <td style="height: 15px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="height: 15px;"></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="height: 15px;"></td> <td></td> </tr> </table>											MODIFICACIONES	Fecha							
MODIFICACIONES	Fecha																		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 2px;">FASE A</td> <td style="width: 33%; padding: 2px;">FASE B</td> <td style="width: 33%; padding: 2px;">FASE C</td> </tr> <tr> <td style="height: 15px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="height: 15px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>									FASE A	FASE B	FASE C							NOTAS: _____ _____	
FASE A	FASE B	FASE C																	

AWG		CANALIZACIONES				LOCALIZACION			
		CPD Cant. Duct.	CPG Cant. Duct.	DUCTO Cant. Duct.	CHAROLA Cant. Ancho.	EDIFICIO			
		ACOMETIDA				NIVEL:			
		DERIVADOS				AREA:			
						COORDENADAS:			
Marco Trayectoria	Circ. Int.	Cant. Gu. AWG	SERVICIO			CARGA CONECTADA		COT.	L.
			V.A. (vnt)	Cant.	HRS USG	DESCRIPCION			
									2
									4
									6
									8
									10
									12
									14
									16
									18
									20
									22
									24
									26
									28
									30
									32
									34
									36
									38
									40
									42
									44
									46
									48
		<b>CARGA TOTAL CONECTADA (KVA):</b>							
		<b>DESBALANCE (%):</b>							

IDENTIFICACION: _____												
TIPO: _____												
SERVICIO: _____												
D.D.	SERVICIO	COSTO ACTUAL DE CONSUMO [MWH]	COSTO ALTERNATIVO [MWH]	DEMANDA [KW]			POTENCIA [KW]	C.V.E.	POTENCIA [KW]	COSTO [MWH]	COSTO [MWH]	DEMANDA [KW]
				Maxima	Comercial	Promedio						
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
31												
32												
33												
34												
35												
36												
37												
38												
39												
40												
POTENCIA TOTAL INSTALADA [KW] CONSUMO MENSUAL PROMEDIO [MWH] DEMANDA MAXIMA [KW] FACTOR DE DEMANDA				OBSERVACIONES								

CLAVE	TAB.CTO.	Φ%	MEDICIÓN A MOTORES.			DATOS ELÉCTRICOS DE PLACA				DATOS MECÁNICO DE PLACA			
			V1-N	V2-N	V3-N	V1-V2	V2-V3	V1-V3	FP	FP	FP	FP	
MCA	FS	NEMA	VOLTAJE			Pa (KW)	Pa (KW)	Pa (KW)	Pa (KW)	Pa (KW)	Pa (KW)	Pa (KW)	
ASLAM.	T Dis °C	T Op °C	V1-V2	V2-V3	V1-V3	PROMEDIO DE MEDICIONES ELÉCTRICAS.				MEDICIONES MECÁNICAS			
<b>UBICACIÓN.</b>  NIVEL ÁREA	CORRIENTE			DIFERENCIA				DIFERENCIA					
	IL1	IL2	IL3	KW1	KW2	KW3	FP1	FP2	FP3	KVAR1	KVAR2	KVAR3	
	T.I.P.O DE CONTROL			DIAGRAMA DE CONEXIONES									
	SERVICIO:			HISTORIAL DE MANTENIMIENTO									
				FECHA	SERVICIO RECIBIDO								
OBSERVACIONES:													



## **ANEXO 3.**

### **CONCEPTOS COMPLEMENTARIOS DE ILUMINACIÓN.**

### **EJEMPLOS DE HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE LÁMPARAS.**

### **TABLA COMPARATIVAS DE BALASTROS FLUORESCENTES.**

# TERMINOLOGÍA Y UNIDADES BÁSICAS EN LUMINOTECNIA.

## TEORÍA DE LUZ Y COLOR.

Actualmente la teoría más aceptada en cuanto a la naturaleza de la luz es la CUÁNTICA, la cual indica que su emisión es en forma de partículas, mientras que su propagación es en forma de onda electromagnética.

Propuesta por Max Planck (1858-1947) y Albert Einstein (1879-1955), por un lado establece que la energía de emisión fotoeléctrica varía en forma directamente proporcional a su frecuencia de emisión.

Por otra parte, establece que la luz tienen un doble comportamiento, como partícula pero también como radiación, cuya emisión es discontinua; Tales partículas, llamadas **CUANTOS o FOTONES** ( nombre dado por N. Lewis), poseen masa, impulso y energía proporcional a la frecuencia de su propagación.

El espectro electromagnético es una escala continua de radiación. La naturaleza física de la radiación es la misma en toda la escala. La velocidad de propagación de las ondas electromagnéticas es la misma que la velocidad de la luz (  $C = 299,793 \text{ [Km/s]}$  ) y la única diferencia es su frecuencia y su longitud de onda. El sentido de propagación de una onda electromagnética es perpendicular al de los campos eléctricos y magnéticos, siendo ambos perpendiculares entre sí.

$$V = \lambda f$$

$$V = \lambda f / n$$

$\lambda$  Longitud de onda: Distancia entre dos crestas (o valles consecutivos)

Su unidad fundamental es el metro [m]. Sin embargo, dado el rango del espectro electromagnético en que nos abocaremos se usa de manera generalizada un submúltiplo, el nanómetro.

$$1 \text{ [nm]} = 1 \times 10^{-9} \text{ [m]}$$

$n$ : Índice de refracción del medio. Este es un número adimensional, igual a 1 para el vacío y menor que uno para cualquier otro medio de propagación.

$f$  Frecuencia: Número de crestas de onda que pasan por un punto determinado en un segundo.

Su unidad fundamental es el Hertz [Hz].

LA LONGITUD DE ONDA Y LA VELOCIDAD PUEDEN VARIAR DEPENDIENDO DEL MEDIO EN QUE SE PROPAGUEN, PERO LA FRECUENCIA ES BAJA E INDEPENDIENTE DEL MEDIO.

**"Todo es del color del cristal con que se mira . . .",** dicta la sabiduría popular.

Visto como un todo, el espectro electromagnético es 100% continuo hacia arriba como hacia abajo. Como un todo en sus partes, dentro de esto existe un rango especial de radiación perceptible para el ojo humano, el cual se encuentra entre la longitud de onda de 3,800 [Å] a 7,800 [Å] ( 380 [nm] a 780 [nm] ). Las longitudes de onda abajo o arriba de este rango no estimulan a los receptores del ojo humano.

EL COLOR en particular es un término que se deriva de las diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético visible. Para una determinada colección de longitudes de onda captadas por nuestros ojos nuestro cerebro asociará por medio de abstracciones una concepto llamado color. La combinación de diferentes longitudes de onda conformarán diferentes abstracciones y conceptos que quedarán representados para nosotros como diferentes colores.

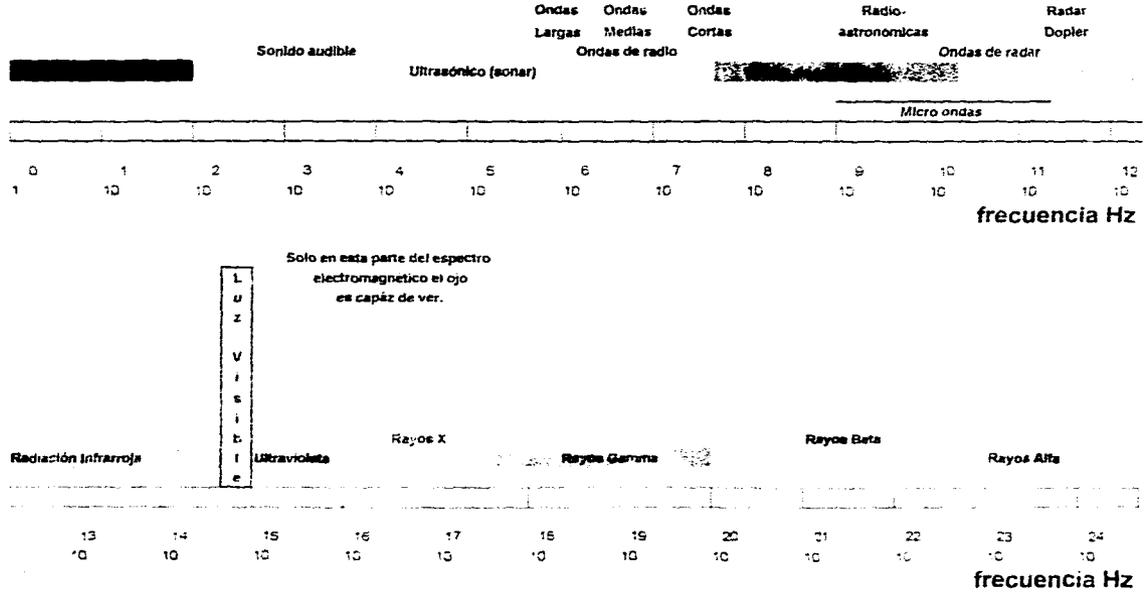
El color no es una propiedad física de las cosas que vemos, es un efecto de las ondas de luz reflejadas ( en otras palabras rebotada ) o que pasan a través de varios objetos translúcidos.

Así llegamos a un conclusión interesante, los colores no existen como tal, o mas bien dependen de tres elementos básicos:

- A. EL OJO HUMANO.
- B. LA FUENTE LUMINOSA.
- C. EL OBJETO A ILUMINAR.

- A. De la salud física del primero ( e inherentemente del cerebro), depende el grado de percepción de la luz. Para personas de edad avanzada se dificulta la percepción de la luz, captada por los conos y bastones que en la retina posemos todos los seres humanos.
- B. De la colección de longitudes de onda que la fuente luminosa sea capaz de emitir solo una parte de esta será reflejada por el objeto a iluminar. Aunque el objeto refleje todas las longitudes de onda, si la fuente no contiene un determinado "color", el objeto nunca podrá reflejar dicho color. En las fuentes de luz convencionales se procura que las longitudes de onda emitidas contengan todos los colores posibles.
- C. De la combinación de materiales y de su composición física depende la longitud de ondas que el objeto sea capaz de absorber y reflejar. Un objeto no puede ser capaz de radiar longitudes de onda que no sea capaz de absorber; En esto intervienen otros factores tales como la textura y la brillantez que dan características visuales particulares al objeto iluminado.

La Luz a fin de cuentas se comporta como cualquier otra energía, de lo que podemos deducir que sigue el principio de conservación, es decir que no se crea ni se destruye sino que se transforma, se atenúa, se transmite y de alguna manera, no directa, se almacena. La noción de que la luz sigue la lógica de otras energías a las cuales ya estamos familiarizados es de utilidad para comprenderla un poco más.



## UNIDADES FUNDAMENTALES EN LUMINOTECNIA:

Una buena parte de las unidades y terminología giran al rededor de la fuente luminosa, como veremos a continuación:

- FLUJO LUMINOSO.
- CANTIDAD DE LUZ (ENERGÍA LUMINOSA).
- RENDIMIENTO LUMÍNICO (EFICACIA)
- INTENSIDAD LUMINOSA.
- ILUMINANCIA o ILUMINACIÓN.
- LUMINANCIA.

### FLUJO LUMINOSO $\phi$ [Lm].

Flujo luminoso ( $\phi$ ) o Potencia luminosa es como se le llama a la energía radiante de una fuente que produce una sensación luminosa en el ojo humano, cuya unidad es el lumen [Lm].

En términos técnicos un Lumen se puede definir como la radiación electromagnética monocromática de una frecuencia de  $540 \times 10^{12}$  [Hz] ( 555 [nm] ) y con una potencia de energía radiante de 1/683 [W].

Un Watt de energía radiante de longitud de onda de 555 [nm] en el aire equivale aprox. 683 [Lm].

Como vemos el flujo luminoso esta relacionado directamente a una cantidad de energía desarrollada en un tiempo determinado, es decir esta relacionado con una potencia, con una longitud de onda determinada, es decir con una frecuencia a la cual el ojo humano es sensible.

### CANTIDAD DE LUZ (ENERGÍA LUMINOSA) Q [ Lm Hr ]

De manera similar a la energía eléctrica se tiene que la energía luminosa se mide como una unidad de potencia, luminosa en este caso, por unidad de tiempo. En otras palabras, un determinado flujo luminoso por unidad de tiempo.

$$Q = \phi \times t$$

Esta unidad nos muestra cuantos lúmenes, potencia luminosa, es capaz de proporcionar una fuente luminosa en un determinado tiempo. Para cálculos económicos tiene importancia el conocer la cantidad de luz que una lámpara puede proporcionar a través de su vida.

### □ RENDIMIENTO LUMÍNICO (EFICACIA) $\eta$ [Lm / W].

El rendimiento luminoso o Eficacia de una fuente de luz indica el flujo que emite por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención.

Se representa por la letra griega ETA ( $\eta$ ) y sus unidades son lúmenes por Watt

$$\eta = \phi / \text{Pot}_{\text{Eléctrica}} \quad [\text{Lm/W}]$$

Si lográramos desarrollar una lámpara que trabajara sin pérdidas y que entregara luz a una longitud de onda de 555 [nm], tendría un rendimiento lumínico de 683 [Lm/W], el cual sería el máximo valor que podemos obtener de una fuente luminosa.

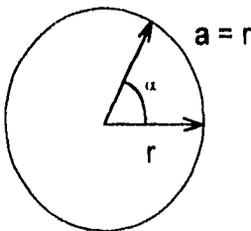
Como solo una parte de la potencia eléctrica entregada a la fuente se transforma en luz visible tenemos que las fuentes de luz artificiales tienen eficacias mucho menores.

### □ INTENSIDAD LUMINOSA $I$ [Cd].

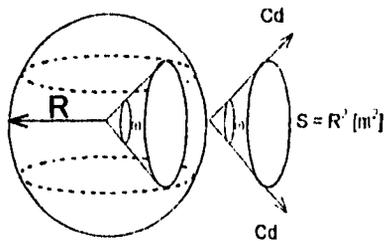
La intensidad luminosa de una fuente de luz en una determinada dirección es igual a la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualesquiera cuyo eje coincida con la dirección considerada y el valor de dicho ángulo sólido este expresado en estereoradianes y cuyas unidades son llamadas CANDELAS [Cd].

$$I \text{ [Cd]} = \phi / \omega \quad [\text{Lm/Sr}]$$

Al igual que un radian se define como el ángulo plano que corresponde a un arco de circunferencia cuya longitud sea igual su radio, un estereoradian se define como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya área sea igual al cuadrado del radio de la esfera.



$$\text{PERÍMETRO}_{\text{CIRCULO}} = 2 \pi r$$



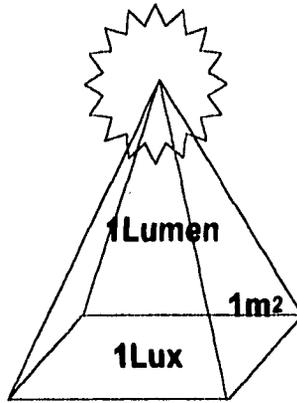
$$\text{SUPERFICIE}_{\text{ESFERA}} = 4 \pi R^2$$

## □ ILUMINANCIA o ILUMINACIÓN [Lux]

Se define como la relación entre el flujo luminoso y la superficie que ilumina. Su unidad es el Lux.

$$E \text{ [Lux]} = \phi / A \text{ [Lm/m}^2\text{]}$$

Un Lux se define como la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe un Lumen uniformemente repartido y cuya medición se realiza a través de un aparato llamado LUXÓMETRO



Algo para pensar . . .

### ALGUNOS EJEMPLOS DE NIVELES DE ILUMINACION.

MEDIO DIA DE VERANO AL AIRE LIBRE CON EL CIELO DESPEJADO.	100, 000	Lux
MEDIO DIA DE VERANO AL AIRE LIBRE CON EL CIELO CUBIERTO.	20, 000	Lux
LUGAR DE TRABAJO BIEN ILUMINADO EN UN RECINTO ANTERIOR.	1, 000	Lux
BUEN ALUMBRADO PUBLICO.	20 - 40	Lux
NOCHE DE LUNA LLENA	0.25	Lux
NOCHE SIN LUNA SOLO A LA LUZ DE LAS ESTRELLAS.	0.01	Lux

***La capacidad del ojo y el cerebro humano en cuanto al rango de niveles de iluminación que puede manejar es increíblemente enorme, aunque no con una precisión similar pero podemos ver tanto con la luz proveniente de las estrellas como con el más intenso día de verano.***

□ LUMINANCIA L [nt].

La luminancia de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente que es vista por el observador situado en esa misma dirección.

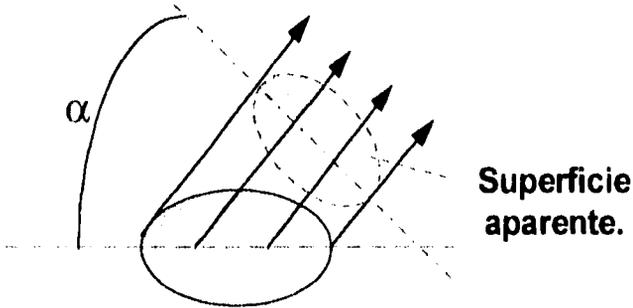
Su unidad básica es el NIT [nt] o candela por metro cuadrado, la cual tiene un submúltiplo que es el STILB [sb] que es candela por centímetro cuadrado empleado para fuentes de elevadas luminancias.

$$L \text{ [nt]} = I \text{ [Cd]} / A_{\text{aparente}} \text{ [m}^2\text{]}$$

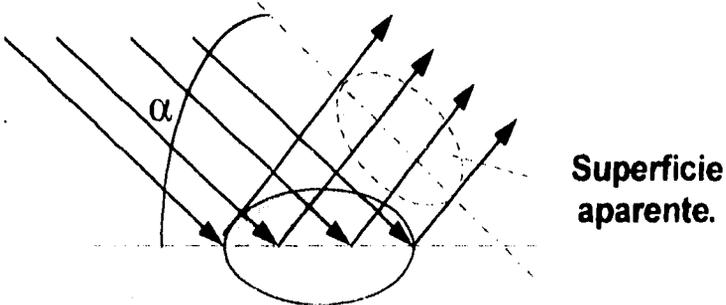
$$\begin{aligned} 1 \text{ [nt]} &= 1 \text{ [Cd / m}^2\text{]} \\ 1 \text{ [sb]} &= 1 \text{ [Cd / cm}^2\text{]} \\ &= 10,000 \text{ [nt]} \end{aligned}$$

$$A_{\text{aparente}} = S \text{ Cos } \alpha$$

**Luminancia directa.**



**Luminancia indirecta.**



La luminancia es lo que produce en el ojo a sensación de CLARIDAD, pues la luz no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La percepción es en realidad la percepción de la diferencia de luminancias, pudiéndose decir que el ojo humano ve diferencia de luminancias y no de iluminación.

## MANEJO DE UNIDADES.

Aunque se espera que próximamente el sistema métrico, SI, se vea 100% implementado en los países anglosajones y sobretodo en EU gran cantidad de información fotométrica está expresada con unidades derivadas del sistema inglés. De lo anterior que tomemos en cuenta una serie de conversiones necesarias para el manejo de dicha información.

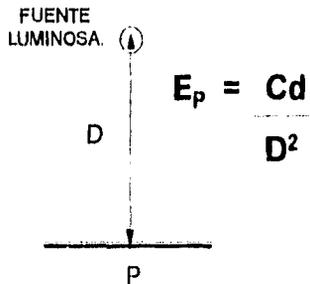
Sólo los términos que involucran unidades de longitud y área, se ve afectados por esta conversión.

CANTIDAD	UNIDAD EN S. INTERNACIONAL.	UNIDAD EN S. INGLES.	CONVERSION.
ILUMINANCIA	Lux	Footcandel	
	$\text{Lux} = \text{lm} / \text{m}^2$	$\text{Fc} = \text{lm} / \text{ft}^2$	$1 [\text{Fc}] = 10.76 [\text{Lux}]$
LUMINANCIA	$\text{nt} = \text{cd} / \text{m}^2$	Footlambert	
		$\text{Fl} = (1/\pi) (\text{cd} / \text{ft}^2)$	$1 [\text{Fl}] = 3.426 [\text{nt}]$
		$\text{Fl} = (452/\pi) (\text{cd} / \text{Pulg}^2)$	$1 [\text{Fl}] = 452 [\text{cd} / \text{Pulg}^2]$

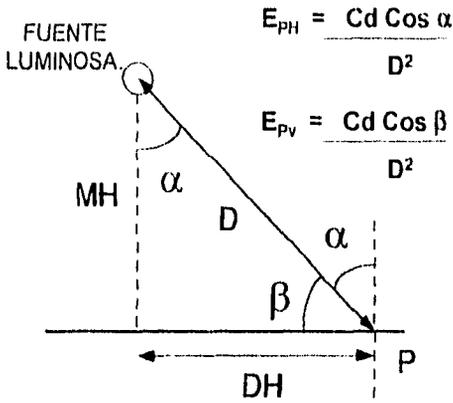
## PRIMERA LEY DE KEPLER Y LEY DEL COSENO DE LAMBERT.

Ahora, para determinar el nivel de iluminación a partir del dato de Cd's en una dirección determinada se requiere conocer la distancia de la fuente luminosa al punto de interés, ya sea en metros para obtener el nivel de iluminación en Luxes o bien en Pies para obtenerlo en Footcandels. Luego se emplea la primer ley de Kepler, también llamada del inverso cuadrado de la distancia.

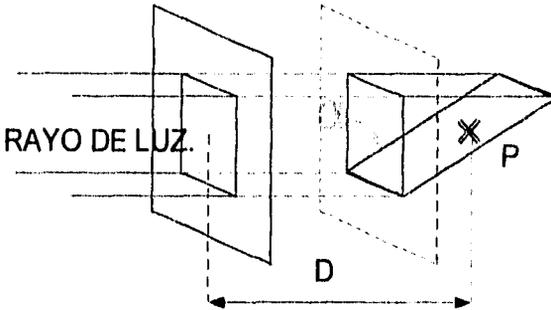
En esta famosa ley de Kepler se establece que la intensidad luminosa de la luz incidente en un punto determinado es inversamente proporcional al cuadro de la distancia que existe entre dicho punto y la fuente luminosa.



La ley de Lambert considera que la iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia del rayo de luz respecto de la normal. Cuando el rayo cae perpendicularmente sobre una superficie, siendo el ángulo cero grados, el coseno unitario y la iluminación máxima.



$$E_p = \frac{Cd \cos(\alpha)}{D^2}$$



**Lámparas Fluorescentes ECON-O-WATT**

34w Arranque Rápido.

30w y 60w Arranque Instantáneo.

DATOS ELECTRICOS Y TECNICOS.

(sujeto a cambios sin previo aviso)

Clave	Código	Potencia Lámpara (watts)	Color	Temperat. de Color (Kelvin)	Índ. Rend. de Color (CRI)	Arranque	Longitud (mm) (1)	Luminos. Inicial (2)	Vida Prom. (hrs) (3)	Prezas por caja
04268	F40/LW/RS/EW-II	34	B. Ligero	4100	51	Rápido	1220	2925	20000	30
	F40/CW/RS/EW-II	34	B. Frio	4100	67	Rápido	1220	2775	20000	30
	F40/ D/RS/EW-II	34	Luz de Día	6500	79	Rápido	1220	2350	20000	30
	F40/SI/RS/EW-II	34	Super LDD	5000	69	Rápido	1220	2550	20000	30
04265	F40/30U/RS/EW-II	34	ULTRA 30U	3000	85	Rápido	1220	2925	20000	30
	F40/35U/RS/EW-II	34	ULTRA 35U	3500	85	Rápido	1220	2925	20000	30
	F40/41U/RS/EW-II	34	ULTRA 41U	4100	85	Rápido	1220	2925	20000	30
	F40/50U/RS/EW-II	34	ULTRA 50U	5000	85	Rápido	1220	2925	20000	30
04242	F48T12/LW/EW	30	B. Ligero	4100	51	Instantáneo	1220	2500	9000	30
	F48T12/CW/EW	30	B. Frio	4100	67	Instantáneo	1220	2675	9000	30
	F48T12/SD/EW	30	Super LDD	5000	69	Instantáneo	1220	2330	9000	30
04236	F96T12/LW/EW	60	B. Ligero	4100	51	Instantáneo	2440	6000	12000	15
	F96T12/CW/EW	60	B. Frio	4100	67	Instantáneo	2440	5600	12000	15
	F96T12/ D/EW	60	Luz de Día	6500	79	Instantáneo	2440	4840	12000	15
04243	F96T12/SD/EW	60	Super LDD	5000	69	Instantáneo	2440	5220	12000	24
04254	F96T12/30U/EW	60	ULTRA 30U	3000	85	Instantáneo	2440	5860	12000	15
	F96T12/35U/EW	60	ULTRA 35U	3500	85	Instantáneo	2440	5860	12000	15
04324	F96T12/41U/EW	60	ULTRA 41U	4100	85	Instantáneo	2440	5860	12000	15
	F96T12/50U/EW	60	ULTRA 50U	5000	85	Instantáneo	2440	5860	12000	15

Bulbo .....	T38(T12)	Voltaje de Lámpara (volts)	
Casquillo		34w .....	84
34w .....	G13	30w .....	77
60w .....	Fa8	60w .....	15
		Corriente de Lámpara (amperes)	
Notas: (1) Incluyendo portalámparas.		34w .....	0.450
(2) Flujo lum. después de 100 hrs. de encendido.		30w .....	0.435
(3) Apagado y encendido cada 3 hrs.		60w .....	0.440

## Lámparas de Descarga de Aditivos Metálicos.

### DATOS ELECTRICOS Y TECNICOS.

(sujeto a cambios sin previo aviso)

Posición de operación	Universal
MH 1500w CL MH1500/BU	Horizontal y base arriba
Tiempo de encendido (80% de intensidad)	3 - 5 min.
Tiempo de re-encendido	10 - 15 min.
Corriente máxima de la lámpara	
Factor de Cresta	1.8
Índice de Rendimiento de Color	65
Bulbo fosforado	70
Temperatura de Color	3700K
Bulbo fosforado	3300K
Máxima temperatura del bulbo	400 C
Máxima temperatura de la base	210 C
Mínima temperatura de operación	-30 C
Base	E40

Clavo	Descripción	Potencia	Voltaje	Volt. de circ.	Corriente	Flujo	Eficiencia	Balastro	Bulbo	Acabado	Long. máx. (mm)	Vida útil (hrs)	Piezas por caja (mm)
		Lámpara (watts)	Lámpara (volts)	abierto min. (volts)	Lámpara (amps)	Lámpara luminoso (lum)							
19510	MH 175w CL MH175/U	175	132	382	1.5	13000	74	M57	ED-28	Claro	211	10000	12
19509	MH 175w F MH175/C/U	175	132	382	1.5	13000	74	M57	ED-28	Fosforado	211	10000	12
19503	MH 250w CL MH250/U	250	133	382	2.1	20500	82	M58	ED-28	Claro	211	10000	12
19508	MH 250w F MH250/C/U	250	133	382	2.1	20500	82	M58	ED-28	Fosforado	211	10000	12
18502	MH 400w CL MH400/U	400	135	382	3.3	36000	90	M59	ED-37	Claro	282	20000	6
18501	MH 1000w CL MH1000/U	1000	268	530	4.1	110000	118	M47	BT-58	Claro	400	12000	6
19507	MH 1500w CL MH1500/BU	1500	268	530	6.2	155000	103	M48	BT-58	Claro	400	3000	6

## Lámparas Fluorescentes TL 80

### DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS.

(sujetos a cambios sin previo aviso)

Corriente de lámpara .....	0.265 amps.
Bulbo .....	T 8
Base .....	G 13
Vida promedio .....	20,000 hrs.
Piezas por caja .....	25

Clave	Descripción	Potencia Lámpara (watts)	Flujo luminoso (lum)	Eficiencia (lum / watt)	Temperatura de color (K)	Rendimiento de color (Ra)	Longitud máxima (cm)
--	TL80 17w 30u T8	17	1400	82	3000	85	61
--	TL80 17w 35u T8	17	1400	82	3500	85	61
--	TL80 17w 41u T8	17	1400	82	4100	85	61
--	TL80 25w 30u T8	25	2250	90	3000	85	91
--	TL80 25w 35u T8	25	2250	90	3500	85	91
--	TL80 25w 41u T8	25	2250	90	4100	85	91
--	TL80 32w 30u T8	32	3050	95	3000	85	122
--	TL80 32w 35u T8	32	3050	95	3500	85	122
04004	TL80 32w 41u T8	32	3050	95	4100	85	122
--	TL80 40w 30u T8	40	3800	95	3000	85	152
--	TL80 40w 35u T8	40	3800	95	3500	85	152
--	TL80 40w 41u T8	40	3800	95	4100	85	152

### Lámparas Fluorescentes compactas PL\*

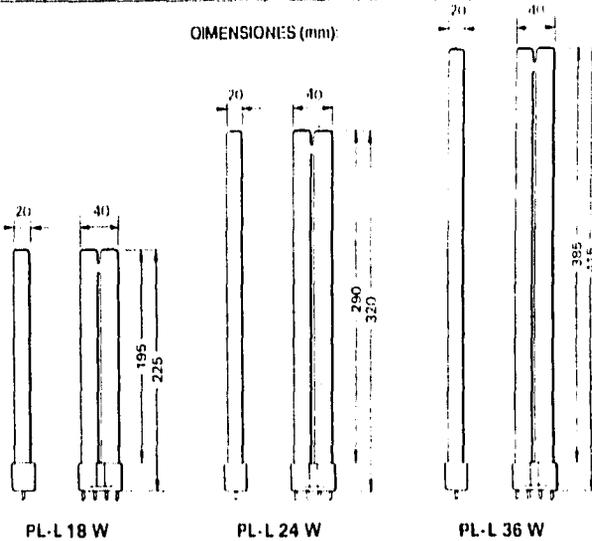
PL-L 18w, 24w y 36w

#### DATOS ELECTRICOS Y TECNICOS.

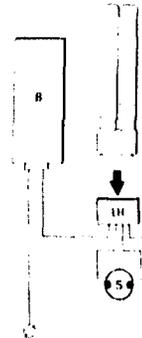
(sujetos a cambios sin previo aviso)

Clavo	Tipo	Potencia Lámpara (watts)	Temperat. de Color (Kelvin)	Rendim. de Color (Ra)	Base	Voltaje Lámpara (Volts)	Corriente Lámpara (mAmps)	Longitud máxima (mm)	Flujo Luminoso Lámparas	Vida promedio (hrs)
19814	PL* 18	18	2700	82	2G11	60	370	225	1250	10,000
	PL* 18	18	3000	82	2G11	60	370	225	1250	10,000
	PL* 18	18	4100	82	2G11	60	370	225	1250	10,000
	PL* 24	24	2700	82	2G11	89	340	320	1800	10,000
	PL* 24	24	3000	82	2G11	89	340	320	1800	10,000
	PL* 24	24	4100	82	2G11	89	340	320	1800	10,000
	PL* 36	36	2700	82	2G11	109	430	415	2900	10,000
	PL* 36	36	3000	82	2G11	109	430	415	2900	10,000
	PL* 36	36	3500	82	2G11	109	430	415	2900	10,000
	PL* 36	36	4100	82	2G11	109	430	415	2900	10,000

OIMENSIONES (mm):



CONEXIONES:



**Lámparas Fluorescentes Compactas Electrónicas.**  
**Earth Light SL\* 17w, SL\* 18w, R-40.**  
**SL-S 15w, 20w, 23w.**

**DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS.**

(sujeto a cambios sin previo aviso)

Voltaje de operación .....	120 v
Posición de servicio .....	Universal
Temperatura de operación .....	-15 / 60 C
Factor de potencia .....	0.60
Rendimiento de color (CRI) .....	82 Ra
Temperatura de color .....	2700 K
Vida promedio .....	10,000 hrs
Baso .....	E 26
Balastro .....	Electrónico

Clave	Tipo	Corriente de Operación		Flujo Luminoso (lúmenes)	Eficiencia (lúmen / watt)	Sustituye a Lámparas Incandescentes de:	Piezas por caja
		Potencia Lámpara (watts)	Lámpara (in amps)				
10004	SL*E 17w EARTH LIGHT	17	265	950	56	60w / 75w	8
19816	SL*E 18w EARTH LIGHT	18	240	1150	61	75w	6
19822	SL*E 18w R-40	18	240	800	44	75w R40	6
10005	SL-S 15w	15	230	900	60	60w / 75w	6
10006	SL-S 20w	20	265	1200	60	75w	6
10007	SL-S 23w	23	325	1550	67	100w	6

Clave	Tipo	Longitud		Diámetro	
		Máxima A (mm)	Máxima B (mm)	Máximo A (mm)	Máximo B (mm)
10004		150	74	74	74
19816		183	74	74	74
19822		184	127	127	127
10005		125	59	59	59
10006		142	59	59	59
10007		158	59	59	59

**Notes:**

- El flujo luminoso se mide al inicio de la vida de la lámpara
- Esta lámpara no debe ser utilizada en combinación con circuitos de control de flujo luminoso (dimmers); de lo contrario la vida de la lámpara se verá sustancialmente reducida.
- Toma alrededor de 60 segundos para que la lámpara alcance el 100% del nivel de flujo luminoso.

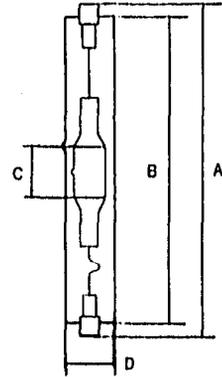
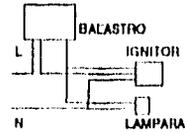
## Lámparas de Descarga MHN-TD de Aditivos Metálicos.

### DATOS ELECTRICOS Y TECNICOS.

(sujetos a cambios sin previo aviso)

Posición de operación	Horizontal (hasta 45 grados)
Tiempo de encendido	4 min.
(80% de intensidad)	
Tiempo de re-encendido	7 min.
Pulso de voltaje para encendido	70w: 1800 volts
	150w: 2800 volts
	250w: 2800 volts
Corriente máxima de la lámpara	
Factor de Cresta	1.8
Indice de Rendimiento de Color	70w: 80
	150w: 85
	250w: 85
Temperatura de Color	4200K
Balastro	70w: ANSI M85
	150w:
	250w:
Máxima temperatura del bulbo	70w: 500 C
	150w: 650 C
	250w: 650 C
Máxima temperatura de la base	70w: 250 C
	150w: 250 C
	250w: 250 C
Mínima temperatura de operación	-30 C
Base	70w: R7s
	150w: R7s
	250w: FC2
Acabado	Claro
Empaque, piezas por caja	12

Conexiones :



Dimensiones (mm):

	A	B	C	D
MHN-TD 70w	114	115	7	20
MHN-TD 150w	132	125	18	23
MHN-TD 250w	163	139	27	25

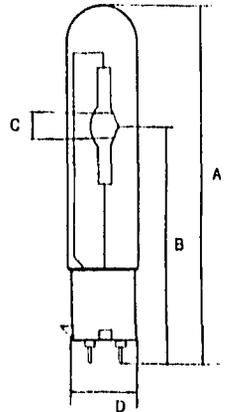
Clavo	Descripción	Potencia Lámpara (watts)	Voltaje Lámpara (volts)	Volt. de circ. abierto mín. (volts)	Corriente Lámpara (amps)	Flujo luminoso (lum)	Intensidad luminosa		Long máx (mm)	Long. del tubo de descarga (mm)	Vida útil (hrs)
							promedia (cd/cm2)	Eficiencia (lum/watt)			
10512	MHN-TD 70w	75	90	198	0.88	5500	1500	73	114	7	10000
03318	MHN-TD 150w	148	90		1.8	11250	1500	76	132	18	10000
6/n	MHN-TD 250w	250	100		3.0	20000	1800	80	163	27	10000

## Lámparas de Descarga MHN-T de Aditivos Metálicos.

### DATOS ELECTRICOS Y TECNICOS.

( Sujeto a cambios sin previo aviso )

Posición de operación .....	Universal
Tiempo de encendido .....	8 min.
(80% de Intensidad)	
Tiempo de re-encendido .....	10 min.
Pulso de voltaje para encendido .....	70w: 1800 - 4500 volts
	150w: 2800 - 4500 volts
Corriente máxima de la lámpara	
Factor de Cresta .....	1.8
Índice de Rendimiento de Color .....	70w: 80
	150w: 85
Temperatura de Color .....	4000K
Balastro .....	70w: ANSI M85
	150w:
Máxima temperatura del bulbo .....	70w: 425 C
	150w: 500 C
Máxima temperatura de la base .....	70w: 240 C
	150w: 240 C
Mínima temperatura de operación .....	-30 C
Base .....	70w: PG-12-2
	150w: PGX-12-2
Empaquo, piezas por caja .....	12

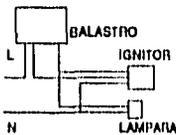


Dimensiones (mm):

	A	B	C	D
MHN-T 70w	149	91	7	31
MHN-T 150w	149	91	15	36

Clave	Descripción	Potencia Lámpara (watts)	Voltaje Lámpara (volts)	Volt. de circ. abierto min. (volts)	Corriente Lámpara (amps)	Flujo luminoso (lum)	Eficiencia (lum/watt)	Bulbo	Acabado	Long. máx. (mm)	Long. del tubo de descarga (mm)	Vida útil (hrs)
19511	MHN-T 70w	75	80	198	0.98	5100	68	T-10	Claro	149	7	8000
e/n	MHN-T 150w	147	95		1.8	11000	73	T-10	Claro	149	15	8000

Conexiones:



## Lámparas de Descarga de Sodio de Alta Presión Econo-watt.

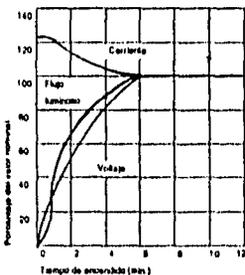
### DATOS ELECTRICOS Y TECNICOS.

(sujeto a cambios sin previo aviso)

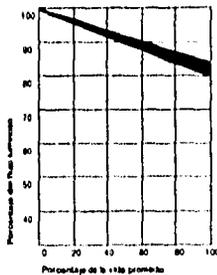
Posición de operación .....	Universal
Tiempo de encendido .....	4 min.
(80% de intensidad)	
Tiempo de re-encendido .....	2 min.
Corriente máxima de la lámpara	
Factor de Cresta .....	1.8
Índice de Rendimiento de Color .....	21
Temperatura de Color .....	2100K
Máxima temperatura del bulbo .....	400 C
Máxima temperatura de la base .....	210 C
Acabado del bulbo .....	Claro
Vida promedio .....	24000 horas
Piezas por caja .....	12 piezas

Clave	Descripción	Potencia Lámpara (watts)	Voltaje Lámpara (volts)	Corriente Lámpara (amps)	Flujo luminoso (lum)	Eficiencia (lum / watt)	Balastro	Bulbo	Base	Long. máx (mm)	Long del tubo de descarga (mm)
3317	SON 225w EW C225S50	225	80	3.2	27500	122	S50	ED-18	E-40	248	62
3318	SON 360w EW C360S51	360	80	4.9	47500	132	S51	ED-18	E-40	248	74

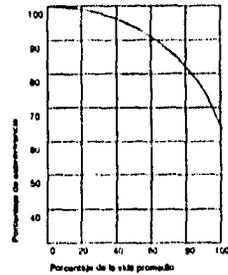
Características durante el encendido y calentamiento.



Mantenimiento del flujo luminoso



Curva de mortalidad



**Lámparas de Descarga de Sodio de Baja Presión.**

**DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS.**

(sujepto a cambios sin previo aviso)

Posición de operación	
Sox 18w, 35w, 55w	Horizontal y base arriba
Sox 90w, 135w, 180w	Horizontal
Flujo luminoso al final de la vida útil	100%
Brillo	10 cd/cm <sup>2</sup>
Índice de Rendimiento de Color	--
Temperatura de Color	1700K
Acabado del bulbo	Claro
Base	BY22
Máxima temperatura del bulbo	150 C
Máxima temperatura de la base	150 C

Clave	Descripción	Potencia	Voltaje	Corriente	Flujo	Eficiencia	Baleastro	Bulbo	Long.	Vida útil	Tiempo de Puesta	
		Lámpara (watts)	Lámpara (volts)	Lámpara (amps)	luminoso (lum)				máx. (mm)		encendido (hrs)	por caja (min)
32898	SOX-E 18w	18	87	0.35	1770	98	SOX 18	T17	216	22000	15	20
32880	SOX 35w	35	70	0.60	4808	137	SOX 35	T17	310	22000	7	9
32788	SOX 55w	55	109	0.59	8000	145	SOX 55	T17	425	24000	7	9
32395	SOX 90w	90	112	0.94	13500	150	SOX 90	T21	528	24000	9	9
32883	SOX 135w	135	164	0.85	22500	187	SOX 135	T21	775	24000	9	9
32581	SOX 180w	180	240	0.91	32500	181	SOX 180	T21	1120	18000	9	9

Manufacturer	Trade Name	Catalog Number	Starting Method	Compatibility			Operating Frequency	Input Power	Ballast Factor (%)	BE F	T.H.D. (%)	Improvement Respect Comp
				T-10	34w T-12	40w T-12						
<b>T-8 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING ONE (1) T-8 LAMP</b>												
Advance Transformer Co	Advance Discrete Electronic Ballast	REL 3P32 RH-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL 3P32-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL 4P32 RH-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL 4P32-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC 133 TP	Rapid				>20 kHz					
	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC 140 TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					Yes
Electronic Ballast Technology, Inc	EBT	SSB2 120-132 IS LH	Instant				60 kHz					Yes
Electronic Ballast Technology, Inc	EBT	SSB3 120-132 LH	Rapid				60 kHz					Yes
MagneTek	MagneTek Triad	B331120	Instant				27 kHz					Yes
MagneTek	MagneTek Triad	B332120L	Instant				25 kHz					Yes
Valmont Electric	Umpa Master	E132P1132	Instant				24 kHz					Yes
<b>T-8 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING TWO (2) T-8 LAMPS</b>												
Advance Transformer Co	Advance Discrete Electronic Ballast	REL 3P32 RH-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL 3P32-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL 4P32 RH-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL 4P32-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC 2S30 TP	Rapid				>20 kHz					
	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC 2S40 TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					Yes
Electronic Ballast Technology, Inc	EBT	SSB2 120-230 IS LH	Instant				60 kHz					Yes
Electronic Ballast Technology, Inc	EBT	SSB3 120-230 LH	Rapid				60 kHz					Yes
Etia Industries Inc	Etia Sinusoida Electronic Ballast	E2P 12048	Rapid				25 kHz					Yes
GTE Sullivan	GTE Sullivan	SS120-2TR-32	Rapid				50 kHz					Yes
GTE Sullivan	GTE Sullivan	SS120-3TR-32	Instant				50 kHz					Yes
MagneTek	MagneTek Triad	B331120	Instant				27 kHz					Yes
MagneTek	MagneTek Triad	B332120L	Instant				25 kHz					Yes
Motorola Lighting Inc	Motorola	LM2 RL 18-10L 120	Rapid				35-40 kHz					Yes
OSRAM Lighting	Osram	QT120 QT 2X32 120 IS	Instant				20-23 kHz					Yes
Smalwood P.D. SCI	Saver Plus	SSB24120	Rapid	Yes		Yes	28 kHz					Yes
Valmont Electric	Umpa Master	E331SR120G01	Rapid				24 kHz					Yes
Valmont Electric	Umpa Master	E332P1205D1	Instant				24 kHz					Yes

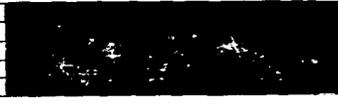
(For all lamp ballast comparisons, current crest factor (CCF) is less than 1.7 and power factor is greater than 0.9.)

Manufacturer	Trade Name	Catalog Number	Starting Method	Compatibility			Operating Frequency	Input Power	Ballast Factor (%)	BEF	THD (%)	Equivalent Power Factor
				T-10	34w T-12	40w T-12						
<b>T-8 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING THREE (3) T-8 LAMPS</b>												
Advance Transformer Co	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-3P32-RH-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-3P32-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-4P32-RH-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-4P32-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC-3S32-TP		Rapid			>20 kHz					
Exec. Ballast Techn., Inc.	EBT	SSB2-120-3/32 IS LH	Instant				60 kHz					
GTE Sylvania	GTE Sylvania	SS120-4T8-32	Instant				50 kHz					
	GTE Sylvania	SS120-4T8-32	Instant				50 kHz					
MagneTek	MagneTek Triad	B332H20	Instant				27 kHz					
	MagneTek Triad	B332H20HP	Instant				25 kHz					
	MagneTek Triad	B332H20L	Instant				25 kHz					
Motorola Lighting Inc.	Motorola	M5-RH-T8-ILL-120	Rapid				35-40 kHz					
OSRAM Corporation	Quicktronic	QT020 QT 3x32 120 IS	Instant				20-27 kHz					
Valmont Electric	Ultra-Mer	E432PH120GO1	Instant				24 kHz					
	Ultra-Mer	E432PH120GO1	Instant				24 kHz					
<b>T-8 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING FOUR (4) T-8 LAMPS</b>												
Advance Transformer Co	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-4P32-RH-TP	Instant				>20 kHz					
	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-4P32-TP	Instant				>20 kHz					
Exec. Ballast Techn., Inc.	EBT	SSB2-120-4/32 IS LH	Instant				60 kHz					
GTE Sylvania	GTE Sylvania	SS120-4T8-32	Instant				50 kHz					
MagneTek	MagneTek Triad	B432H20	Instant				27 kHz					
	MagneTek Triad	B432H20HP	Instant				25 kHz					
	MagneTek Triad	B432H20L	Instant				25 kHz					
Motorola Lighting Inc.	Motorola	M4-RH-T8-ILL-120	Rapid				35-40 kHz					
OSRAM Corporation	Quicktronic	QT100 QT 4x32 120 IS	Instant				20-27 kHz					
Valmont Electric	Ultra-Mer	E432PH120GO1	Instant				24 kHz					

(For all lamp-ballast combinations, current crest factor (CCF) is less than 1.7 and power factor is greater than 90.)

Manufacturer	Trade Name	Catalog Number	Starting Method	Compatibility			Operating Frequency	Input Power	Ballast Factor (%)	E.F.F.	T <sub>10</sub> (h)	Inductance Reactor Core
				T-8	34w T-12	40w T-12						
<b>T-10 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING ONE (1) T-10 LAMP</b>												
Advance	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-1S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>50 Hz					
Transformer Co.	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC-145-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>50 Hz					
MagneTek	MagneTek Triad	B140T120	Rapid		Yes	Yes	27 Hz					
<b>T-10 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING TWO (2) T-10 LAMPS</b>												
Advance	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-2S40-TP	Rapid		Yes	Yes	>50 Hz					
Transformer Co.	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC-2S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>50 Hz					
Etra Industries, Inc.	Etra Sinusoidal Electronic Ballast	E2P-120A2	Rapid		Yes	Yes	25 Hz					
MagneTek	MagneTek Triad	B340R120	Rapid		Yes	Yes	32 Hz					
MagneTek	MagneTek Triad	B240T120	Rapid		Yes	Yes	26 Hz					
Matsushita Lighting Inc.	Matsushita	M2-RN-T12-ILL-120	Rapid		Yes	Yes	35-40 Hz					
Smallwood P.O. SCI	Saver Plus	SEB24120	Rapid	Yes		Yes	29 Hz					
<b>T-10 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING THREE (3) T-10 LAMPS</b>												
Advance	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-3S40-TP	Rapid		Yes	Yes	>50 Hz					
Transformer Co.	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC-3S40-TP	Rapid		Yes	Yes	>50 Hz					
MagneTek	MagneTek Triad	B340T120	Rapid		Yes	Yes	22 Hz					
Matsushita Lighting Inc.	Matsushita	M3-RN-T12-ILL-120	Rapid		Yes	Yes	35-40 Hz					

(For all lamp-ballast combinations current crest factor (CCF) is less than 1.7 and power factor is greater than 90.)

Manufacturer	Trade Name	Catalog Number	Starting Method	Compatibility			Operating Frequency	Input Power	Ballast Factor (%)	B.E.F.	T.H.D. (%)	Temperature Rise (°C)
				T-8	T-10	40w T-12						
<b>34-Watt T-12 Lamps</b>												
				<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING ONE (1) 34-WATT T-12 LAMP</b>								
Advance Transformer Co.	Advance Discrete Electronic Ballast	REL1S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	523 Hz					
Advance Transformer Co.	Advance Mark V Electronic Ballast	R/C-140-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	522 Hz					
MagneTek	MagneTek Triad	B140T120	Rapid	Yes	Yes	Yes	27 Hz					
	MagneTek Triad	B240R120HP	Rapid	Yes	Yes	Yes	26 Hz					
Thomas Industries	Thomas Industries	REB 140-120	Rapid			Yes	41 Hz					
Vilment Electric	Ultra-Miser	E140SR120	Rapid			Yes	24 Hz					
<b>34-Watt T-12 Lamps</b>												
				<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING TWO (2) 34-WATT T-12 LAMPS</b>								
Advance Transformer Co.	Advance Discrete Electronic Ballast	REL2S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	523 Hz					
Advance Transformer Co.	Advance Mark V Electronic Ballast	R/C 2S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	523 Hz					
Etra Industries, Inc.	Etra Sinusoid Electronic Ballast	E2P 12G42	Rapid	Yes	Yes	Yes	26 Hz					
Omega Corporation	ISU-BA	SB 12042 LHD	Rapid	Yes	Yes	Yes	26 Hz					
MagneTek	MagneTek Triad	B240R120	Rapid	Yes	Yes	Yes	27 Hz					
	MagneTek Triad	B240R120HP	Rapid	Yes	Yes	Yes	27 Hz					
Motorola Lighting Inc.	Motorola	M3 RN-T12-ILL-120	Rapid	Yes	Yes	Yes	35 Hz					
Shawco P.C. SCI	Saver Plus	SEB24120 2	Rapid	Yes	Yes	Yes	27 Hz					
Thomas Industries	Thomas Industries	REB 240-120	Rapid			Yes	41 Hz					
Vilment Electric	Ultra-Miser	E240SR120G01	Rapid			Yes	24 Hz					
<b>34-Watt T-12 Lamps</b>												
				<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING THREE (3) 34-WATT T-12 LAMPS</b>								
Advance Transformer Co.	Advance Discrete Electronic Ballast	REL3S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	523 Hz					
Advance Transformer Co.	Advance Mark V Electronic Ballast	R/C 3S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	523 Hz					
MagneTek	MagneTek Triad	B340T120	Rapid	Yes	Yes	Yes	27 Hz					
Motorola Lighting Inc.	Motorola	M3 RN-T12-ILL-120	Rapid	Yes	Yes	Yes	35 Hz					
Vilment Electric	Ultra-Miser	E340SR120	Rapid			Yes	24 Hz					
<b>34-Watt T-12 Lamps</b>												
				<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING FOUR (4) 34-WATT T-12 LAMPS</b>								
MagneTek	MagneTek Triad	B44CR120	Rapid		Yes		35 Hz					

(For all lamp ballast combinations current crest factor (CCF) is less than 1.7 and power factor is greater than .95.)

Manufacturer	Trade Name	Catalog Number	Starting Method	Compatibility			Operating Frequency	Input Power	Ballast Factor (%)	B.E.F.	T.H.D. (%)	Independent Report Code#
				T-8	T-10	34w T-12						
<b>40-Watt T-12 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING ONE (1) 40-WATT T-12 LAMP</b>												
Advance Transformer Co	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-1S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					
Advance Transformer Co	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC-140-TP	Instant	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					
Electronic Ballast Technology, Inc.	EBT	SSB1-120-140 LH	Rapid	Yes	Yes	Yes	60 kHz					
Electronic Ballast Technology, Inc.	EBT	SSB3-120-140 LH	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					
MagneTek	MagneTek Triad	B140T120	Rapid	Yes	Yes	Yes	27 kHz					
MagneTek	MagneTek Triad	B240R120HR	Rapid	Yes	Yes	Yes	25 kHz					
Thomas Industries	Thomas Industries	REB 140-120	Rapid			Yes	41 kHz					
Valmont Electric	Ultra-Miser	E140SR120	Rapid			Yes	24 kHz					
<b>40-Watt T-12 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING TWO (2) 40-WATT T-12 LAMPS</b>												
MAGNETIC BALLASTS	Energy saving magnetic		Rapid			Yes	60 Hz					
Isolated for comparison purposes	Cathode cut out magnetic		Rapid			Yes	60 Hz					
	Cathode cut out magnetic (full light)		Rapid			Yes	60 Hz					
Advance Transformer Co	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-2S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					
Advance Transformer Co	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC-2S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					
Electronic Ballast Technology, Inc.	EBT	SSB1-120-240 LH	Rapid	Yes	Yes	Yes	60 kHz					
Electronic Ballast Technology, Inc.	EBT	SSB3-120-240 LH	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					
Ema Industries, Inc.	Ema Sinusoidal Electronic Ballast	ESP-120A	Rapid	Yes	Yes	Yes	30 kHz					
Electronic Corporation	ELC-BA	GB-1200-120	Rapid			Yes	60 kHz					
MagneTek	MagneTek Triad	B240R120	Rapid	Yes	Yes	Yes	25 kHz					
MagneTek	MagneTek Triad	B240R120HR	Rapid	Yes	Yes	Yes	25 kHz					
MagneTek	MagneTek Triad	B240T120	Rapid	Yes	Yes	Yes	24 kHz					
Motrolaw Lighting Inc.	Motrolaw	M3 RL T12HLL120	Rapid	Yes	Yes	Yes	15-27 kHz					
Omega World of Light	Omega Plus	SOB24-120	Rapid	Yes	Yes	Yes	30 kHz					
Thomas Industries	Thomas Industries	REB 240-120	Rapid			Yes	41 kHz					
Valmont Electric	Ultra-Miser	E240SR120GT	Rapid			Yes	24 kHz					
<b>40-Watt T-12 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING THREE (3) 40-WATT T-12 LAMPS</b>												
Advance Transformer Co	Advance Discrete Electronic Ballast	REL-3S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					
Advance Transformer Co	Advance Mark V Electronic Ballast	RIC-3S40-TP	Rapid	Yes	Yes	Yes	>20 kHz					
Electronic Ballast Technology, Inc.	EBT	SSB1-120-340 LH	Rapid	Yes	Yes	Yes	60 kHz					
MagneTek	MagneTek Triad	B340T120	Rapid	Yes	Yes	Yes	24 kHz					
Motrolaw Lighting Inc.	Motrolaw	M3 RL T12HLL120	Rapid	Yes	Yes	Yes	15-27 kHz					
Valmont Electric	Ultra-Miser	E340SR120	Rapid			Yes	24 kHz					
<b>40-Watt T-12 Lamps</b>												
<b>BALLAST PERFORMANCE WHILE OPERATING FOUR (4) 40-WATT T-12 LAMPS</b>												
MagneTek	MagneTek Triad	B440R120	Rapid			Yes	20 kHz					

(For a lamp ballast combinations current crest factor (CCF) is less than 1.7 and power factor is greater than 95.)

## **ANEXO 4.**

# **EJEMPLOS DE HOJAS DE DATOS DE MOTORES.**

## **DIMENSIONES STANDAR.**

**Motores MBT en 2 y en 4 polos**

Tipo (MBT)	Potencia de salida kW	Velocidad CP	Velocidad RPM	Eficiencia %	Factor de pot.	Corriente primaria a 440V A	$I_a$ A	M Kgfm	$M_a$ M	$M_{max}$ M	Momento de inercia J	Peso neto aprox. Kg
<b>2 polos, 3600 RPM Velocidad síncrona. (60 Hz)</b>												
48 (718)	0.37	0.50	3455	69	0.93	0.85	6.0	0.10	3.6	4.2	0.0008	7.5
48 (718)	0.55	0.75	3355	68	0.84	1.00	5.6	0.16	3.8	4.4	0.0008	7.5
48 (718)	0.75	1.00	3410	69	0.91	1.60	4.4	0.22	2.7	3.2	0.0008	7.5
1431 (905)	1.12	1.50	3560	78	0.86	2.30	8.6	0.30	3.3	4.6	0.0020	14.0
1451 (905)	1.50	2.00	3470	84	0.90	2.70	8.0	0.41	4.0	5.2	0.0030	17.0
1451 (905)	2.24	3.00	3490	84	0.90	3.80	7.2	0.62	2.6	3.4	0.0030	17.0
1841 (1125)	3.73	5.00	3500	82	0.90	6.50	8.0	1.02	3.2	3.9	0.0080	38.0
2131 (1325)	5.60	7.50	3460	80	0.87	10.00	8.0	1.53	2.3	3.6	0.0150	43.0
2131 (1325)	7.46	10.00	3500	85	0.90	13.50	7.4	2.04	2.4	3.6	0.0150	47.0
2541 (1605)	11.20	15.00	3460	86	0.90	16.00	7.4	3.05	2.0	3.0	0.0600	105.0
2541 (1605)	14.92	20.00	3475	84	0.90	21.00	7.0	4.10	1.9	3.0	0.0600	110.0
28415 (1805)	18.65	25.00	3500	88	0.87	32.50	5.2	5.10	1.9	2.7	0.1200	134.0
28415 (1805)	22.30	30.00	3500	89	0.90	35.00	6.8	6.10	1.8	2.7	0.1500	165.0
32415 (2055)	29.84	40.00	3500	89	0.82	55.00	3.8	8.20	1.6	2.1	0.2000	197.0
32415 (2055)	37.30	50.00	3500	86	0.83	63.50	6.7	10.23	1.9	2.6	0.2300	205.0
36415 (2255)	44.76	60.00	3520	90	0.90	79.00	6.3	12.20	1.7	2.2	0.3100	290.0
36415 (2255)	55.95	75.00	3540	90	0.92	84.00	7.5	14.89	2.7	3.0	0.3100	300.0

**4 polos, 1800 R. P. M. velocidad síncrona. (60 Hz)**

48 (714)	0.18	0.25	1615	59	0.79	0.51	3.1	0.11	2.1	2.4	0.0008	5.5
48 (718)	0.37	0.50	1635	62	0.75	1.10	3.7	0.22	3.0	3.5	0.0012	7.0
1431 (905)	0.55	0.75	1710	60	0.60	1.50	5.8	0.31	3.0	3.7	0.0025	14.0
1431 (905)	0.75	1.00	1710	89	0.66	2.00	5.8	0.41	4.4	4.9	0.0035	14.0
1451 (905)	1.12	1.50	1705	65	0.72	2.50	5.8	0.62	4.1	4.7	0.0035	14.0
1451 (905)	1.50	2.00	1675	77	0.83	3.50	5.0	0.85	3.0	3.6	0.0050	15.0
1821 (1125)	2.24	3.00	1720	80	0.84	4.60	7.5	1.24	3.2	3.7	0.0100	24.5
1841 (1125)	3.73	5.00	1715	85	0.90	6.60	6.2	2.10	3.1	3.5	0.0150	30.0
2131 (1325)	5.60	7.50	1735	84	0.88	10.00	7.6	3.10	2.7	3.1	0.0220	43.5
2151 (1325)	7.46	10.00	1710	87	0.86	14.60	5.4	4.10	1.8	2.6	0.0300	53.0
2541 (1605)	11.2	15.00	1715	93	0.90	16.30	5.2	6.20	1.8	2.6	0.0300	88.0
2541 (1605)	14.92	20.00	1750	87	0.90	23.00	4.3	8.20	2.0	2.7	0.0400	130.0
2841 (1805)	18.65	25.00	1760	85	0.87	32.00	4.0	10.30	1.7	2.0	0.2000	130.0
2841 (1805)	22.38	30.00	1740	86	0.89	37.00	5.5	12.40	2.0	2.3	0.2400	154.0
3241 (2055)	29.84	40.00	1750	88	0.84	52.00	5.6	16.40	2.2	2.6	0.3000	205.0
3641 (2255)	37.30	50.00	1770	90	0.82	70.00	5.4	20.30	1.6	2.0	0.3000	250.0
3641 (2255)	44.76	60.00	1750	91	0.84	79.50	4.8	24.50	1.4	1.8	0.3600	290.0
3651 (2255)	55.95	75.00	1760	93	0.84	107.00	6.5	36.41	2.5	2.7	0.5800	300.0

1)  $I_a$  = Corriente de arranque/corriente a plena carga

$M_a/M$  = Par de arranque/Par a plena carga

$M_{max}/M$  = Par máximo/Par a plena carga

2) Momento de inercia J = 1/4 GD<sup>2</sup>

Secciónes también en armador 56.  
Nota: entre los corrientes se da el armador IEC equivalente

**Motores MBT en 6 y en 8 polos**

Tipo	Potencia de salida	Velocidad	Eficiencia	Factor de potencia	Corriente primaria	Corriente secundaria	M	M <sub>a</sub>	M <sub>máx</sub>	Momento de inercia	Peso neto
ARMAZÓN	KW CP	RPM	%		a 440 V	I	kj/m	M	M	de inercia	aprox kg
					A					kgm <sup>2</sup>	

**6 polos, 1200 RPM velocidad síncrona. (60 Hz)**

143T	(190S)	0.37	0.50	1150	58	0.59	150	4.6	0.31	4.2	3.8	0.0040	140
145T	(190L)	0.55	0.75	1150	58	0.56	230	4.6	0.47	4.4	4.9	0.0050	160
145T	(190L)	0.75	1.00	1140	65	0.66	290	4.2	0.63	3.3	3.9	0.0050	160
182T	(112S)	1.12	1.50	1150	75	0.77	300	5.1	0.94	2.8	3.2	0.0100	250
182T	(112S)	1.50	2.00	1130	76	0.85	350	4.0	1.30	2.0	2.3	0.0100	250
184T	(112M)	2.24	3.00	1140	78	0.81	500	6.8	1.90	1.6	3.8	0.0150	305
213T	(132S)	3.73	5.00	1140	82	0.85	700	5.4	3.10	1.9	2.6	0.0300	450
215T	(132M)	5.60	7.50	1135	83	0.88	1000	5.0	4.70	1.6	2.6	0.0300	510
254T	(160M)	7.46	10.00	1160	85	0.75	1550	5.6	6.20	1.6	2.3	0.1000	750
256T	(160L)	11.20	15.00	1150	85	0.85	2000	5.1	9.30	1.5	2.7	0.1400	1300
286T	(180L)	14.92	20.00	1160	85	0.84	2700	3.7	12.34	1.5	2.3	0.2400	1550
324T	(200M)	18.65	25.00	1140	82	0.85	3400	4.4	15.70	1.6	2.4	0.3000	1800
326T	(200L)	22.38	30.00	1160	77	0.74	5300	6.0	18.50	1.6	2.3	0.3500	2050
365T	(225M)	29.84	40.00	1170	88	0.85	5400	6.5	24.50	1.5	2.4	0.8100	2400

**8 polos, 900 R. P. M. velocidad síncrona. (60 Hz)**

143T	(190S)	0.26	0.35	850	53	0.50	140	2.9	0.30	3.8	4.4	0.0040	140
145T	(190L)	0.55	0.75	810	62	0.63	200	3.0	0.56	2.8	3.4	0.0050	160
182T	(112S)	0.75	1.00	855	66	0.60	250	4.3	0.84	2.9	3.6	0.0100	235
182T	(112S)	1.12	1.50	820	65	0.74	320	3.3	1.30	1.8	2.3	0.0100	235
184T	(112M)	1.50	2.00	825	69	0.68	430	3.8	1.70	3.1	3.7	0.0150	300
213T	(132S)	2.24	3.00	840	76	0.73	520	3.9	2.50	3.7	4.2	0.0220	430
215T	(132M)	3.73	5.00	855	77	0.75	850	4.1	4.20	1.6	2.4	0.0300	520
254T	(160M)	5.60	7.50	860	84	0.77	1100	5.4	6.24	1.9	3.0	0.1300	1000
256T	(160L)	7.46	10.00	850	81	0.76	1550	5.0	8.42	1.9	2.9	0.1400	1050
286T	(180L)	11.20	15.00	870	84	0.75	2200	4.0	12.50	1.5	2.4	0.2400	1600
326T	(200L)	14.92	20.00	850	80	0.80	3200	6.8	16.80	1.4	2.2	0.3500	2050
364T	(225S)	18.65	25.00	860	86	0.75	3800	6.5	20.30	1.4	2.1	0.6900	2900
365T	(225M)	22.38	30.00	880	87	0.78	4300	5.7	24.40	1.4	2.2	0.8300	2900

- 1) I<sub>arr</sub> = Corriente de arranque/corriente a plena carga  
 M<sub>a</sub>/M = Par de arranque/Par a plena carga  
 M<sub>máx</sub>/M = Par máximo/Par a plena carga  
 2) Momento de inercia J = 1/4 GD<sup>2</sup>

Disponibles también en armazón S6  
 Nota: Entre el paréntesis se da el armazón IEC equivalente

**Motores MBT de 2 Velocidades con polos conmutables, Dahlander**

Tipo MBT	No. de polos	Potencia de Salida KW CP		Velocidad RPM	Corriente primaria a 440V A	M <sub>a</sub> /M <sub>1</sub>	Momento de inercia J 2) Kgm <sup>2</sup>	Peso Neto aprox kg
<b>2/4 polos, 3600/1800 RPM velocidad síncrona (60 Hz)</b>								
145T ( 90L)	2	0.746	1.00	3360	2.6	2.7	0.003	17
	4	0.55	0.75	1670	2.0	2.5		
145T ( 90L)	2	1.12	1.50	3430	2.5	3.0	0.003	17
	4	0.746	1.00	1720	2.0	3.2		
182T (112S)	2	1.50	2.00	3490	3.4	3.2	0.010	23
	4	1.12	1.50	1760	2.9	3.2		
184T (112M)	2	2.24	3.00	3460	5.0	2.4	0.008	30
	4	1.50	2.00	1744	3.3	2.6		
213T (132S)	2	3.73	5.00	3470	8.0	1.5	0.015	43
	4	2.24	3.00	1755	4.5	2.0		
215T (132M)	2	5.60	7.50	3430	10.3	1.6	0.030	43.5
	4	3.73	5.00	1725	6.6	1.8		
254T (160M)	2	7.46	10.00	3440	12.5	1.8	0.06	88
	4	5.60	7.50	1740	10.5	1.7		
256T (160L)	2	11.20	15.00	3520	19.0	1.8	0.07	105
	4	7.46	10.00	1760	13.5	1.7		
286T (180M)	2	14.92	20.00	3525	25.0	1.8	0.15	155
	4	11.20	15.00	1750	24.5	1.7		
326T (200L)	2	22.38	30.00	3530	36.0	1.9	0.20	205
	4	14.92	20.00	1750	28.0	1.7		
365T (225M)	2	29.84	40.00	3540	46.0	1.8	0.31	250
	4	18.65	25.00	1760	34.0	1.7		

**4/8 polos, 1800/900 RPM velocidad síncrona (60 Hz)**

145T ( 90L)	4	0.746	1.00	1710	2.0	2.4	0.005	16
	8	0.55	0.75	790	2.5	2.1		
182T (112S)	4	1.22	1.50	1730	2.6	2.5	0.010	23
	8	0.746	1.00	850	4.0	2.7		
184T (112M)	4	1.50	2.00	1741	3.2	2.3	0.015	30
	8	1.12	1.50	864	4.0	2.4		
213T (132S)	4	2.24	3.00	1680	4.3	2.0	0.030	43
	8	1.50	2.00	863	4.1	2.0		
215T (132M)	4	3.73	5.00	1725	7.5	2.4	0.030	52
	8	2.24	3.00	860	7.5	2.9		
254T (160M)	4	5.60	7.50	1730	10.0	1.8	0.100	88
	8	3.73	5.00	860	11.0	1.9		
256T (160L)	4	7.46	10.00	1750	13.9	1.9	0.140	105
	8	5.60	7.50	870	15.8	1.7		
286T (180L)	4	11.20	15.00	1750	20.2	1.5	0.240	155
	8	7.46	10.00	870	21.1	1.6		
326T (200L)	4	14.92	20.00	1740	28.0	1.8	0.300	200
	8	11.20	15.00	851	29.0	1.6		
365T (225M)	4	22.30	30.00	1750	36.0	1.7	0.430	250
	8	14.92	20.00	870	34.0	1.6		

1) Ia/I<sub>1</sub> = Corriente de arranque/corriente a plena carga

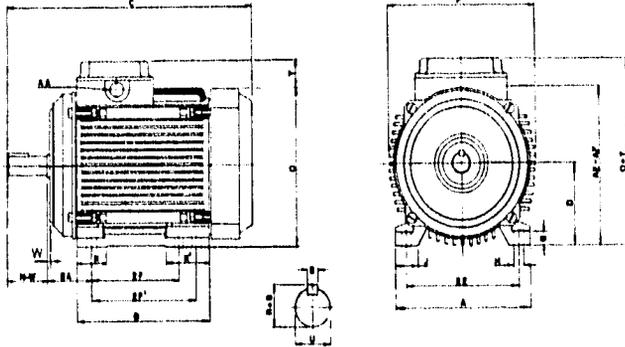
M<sub>a</sub>/M<sub>1</sub> = Par de arranque/Par a plena carga

M<sub>máx</sub>/M = Par máximo/Par a plena carga

2) Momento de inercia J = 1/4 GD<sup>2</sup>

\* Disponibles también en armazón 56

Nota: Entre el paréntesis se da el armazón IEC equivalente.

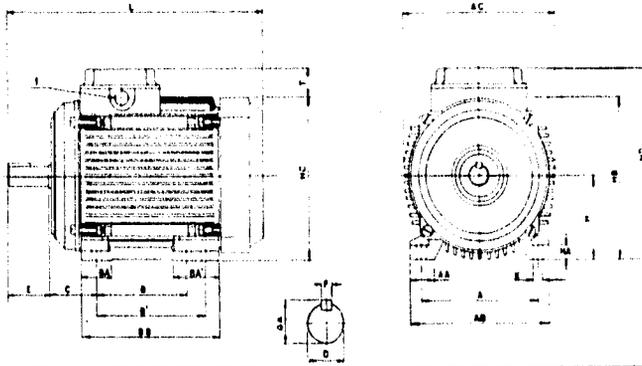


**Normas NEMA**

**Dimensiones en pulgadas**

Amazón MBI A	AA	AE-AF	B	BA	C	D	2E	2F	2F	G	
48	5.50	0.90	5.42	4.44	1.75	10.00	3.00	4.33	2.75	3.50	0.50
56	6.70	0.90	6.57	5.90	2.75	12.48	3.50	4.87	3.00	0	0.43
143T	6.70	0.90	6.57	5.90	2.25	12.86	3.50	5.50	4.00	5.00	0.43
145T	6.70	0.90	6.57	5.90	2.25	12.86	3.50	5.50	4.00	5.00	0.43
182T	8.74	1.13	8.37	6.85	2.75	15.22	4.50	7.50	4.50	5.50	0.56
184T	8.74	1.13	8.37	6.85	2.75	15.22	4.50	7.50	4.50	5.50	0.56
213T	9.64	1.13	9.52	8.26	3.50	18.78	5.25	8.50	5.50	7.00	0.52
215T	9.64	1.13	9.52	8.26	3.50	18.78	5.25	8.50	5.50	7.00	0.52
254T	11.89	1.95	13.25	11.57	4.25	24.11	6.25	10.00	8.25	10.00	0.64
256T	11.89	1.95	13.25	11.57	4.25	24.11	6.25	10.00	8.25	10.00	0.64
284S	13.77	1.95	14.66	13.38	4.75	26.00	7.00	11.00	9.50	11.00	1.00
284T	13.77	1.95	14.66	13.38	4.75	27.41	7.00	11.00	9.50	11.00	1.00
286TS	13.77	1.95	14.66	13.38	4.75	26.00	7.00	11.00	9.50	11.00	1.00
286T	13.77	1.95	14.66	13.38	4.75	27.41	7.00	11.00	9.50	11.00	1.00
324TS	15.74	2.97	17.35	14.17	5.25	28.45	8.00	12.50	10.50	12.00	1.10
324T	15.74	2.97	17.35	14.17	5.25	30.00	8.00	12.50	10.50	12.00	1.10
326TS	15.74	2.97	17.35	14.17	5.25	28.45	8.00	12.50	10.50	12.00	1.10
326T	15.74	2.97	17.35	14.17	5.25	30.00	8.00	12.50	10.50	12.00	1.10
364TS	17.55	2.97	19.27	14.76	5.88	30.65	9.00	14.00	11.25	12.25	1.20
364T	17.55	2.97	19.27	14.76	5.88	32.78	9.00	14.00	11.25	12.25	1.20
365TS	17.55	2.97	19.27	14.76	5.88	30.65	9.00	14.00	11.25	12.25	1.20
365T	17.55	2.97	19.27	14.76	5.88	32.78	9.00	14.00	11.25	12.25	1.20

ARMAZÓN MBI	H	J	K	K'	N-W	O	O-1	P	R-S	S	U
48	0.40	1.05	1.22	1.22	1.88	5.74	7.0	5.5	0.705	0.168	0.625-5/8
56	0.39	1.61	1.65	2.52	1.88	6.96	8.62	6.93	0.705	0.168	0.625-5/8
143T	0.39	1.61	1.65	2.52	2.25	6.96	8.62	6.93	0.959	0.168	0.875-7/8
145T	0.39	1.61	1.65	2.52	2.25	6.96	8.62	6.93	0.959	0.168	0.875-7/8
182T	0.47	1.53	1.61	2.40	2.75	8.87	10.6	8.70	1.236	0.250	1.125-1 1/8
184T	0.47	1.53	1.61	2.40	2.75	8.87	10.6	8.70	1.236	0.250	1.125-1 1/8
213T	0.47	1.65	1.61	3.11	3.38	10.13	11.74	9.76	1.513	0.312	1.375-1 3/8
215T	0.47	1.65	1.61	3.11	3.38	10.13	11.74	9.76	1.513	0.312	1.375-1 3/8
254T	0.53	1.87	2.44	4.25	4.00	12.36	15.28	12.22	1.771	0.375	1.625-1 5/8
256T	0.53	1.87	2.44	4.25	4.00	12.36	15.28	12.22	1.771	0.375	1.625-1 5/8
284TS	0.55	2.24	2.75	4.14	3.25	13.93	16.69	13.78	1.791	0.375	1.625-1 5/8
284T	0.55	2.24	2.75	4.14	4.62	13.93	16.69	13.78	2.091	0.500	1.875-1 7/8
286TS	0.55	2.24	2.75	4.14	3.25	13.93	16.69	13.78	1.791	0.375	1.625-1 5/8
286T	0.55	2.24	2.75	4.14	4.62	13.93	16.69	13.78	2.091	0.500	1.875-1 7/8
324TS	0.71	2.32	2.81	3.44	3.75	15.64	20.35	15.55	1.791	0.500	1.875-1 7/8
324T	0.71	2.32	2.81	3.44	5.25	15.64	20.35	15.55	2.345	0.500	2.125-2 1/8
326TS	0.71	2.32	2.81	3.44	3.75	15.64	20.35	15.55	2.091	0.500	1.875-1 7/8
326T	0.71	2.32	2.81	3.44	5.25	15.64	20.35	15.55	2.345	0.500	2.125-2 1/8
364TS	0.71	2.60	2.53	3.46	3.75	17.76	22.27	17.52	2.091	0.500	1.875-1 7/8
364T	0.71	2.60	2.53	3.46	5.88	17.66	22.27	17.52	2.646	0.625	2.375-2 3/8
365TS	0.71	2.60	2.53	3.46	3.75	17.66	22.27	17.52	2.091	0.500	1.875-1 7/8
365T	0.71	2.60	2.53	3.46	5.88	17.66	22.27	17.52	2.646	0.625	2.375-2 3/8

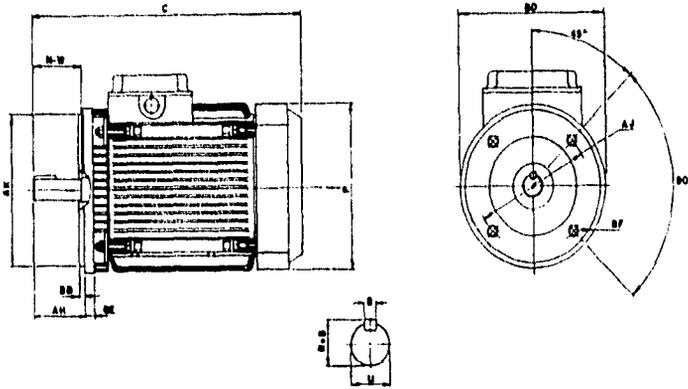


**Normas IEC**

**Dimensiones en milímetros**

ARMAZÓN A	AA	AB	AC	B	B'	BA	BA'	BB	C	D	
MBT (2E)	(J)	(A)	(P)	(2F)	(2F')	(K)	(K')	(B)	(BA)	(U)	
71	110	27	140	140	70	90	31	49	113	45	14
90S	140	41	170	176	103	125	42	64	150	60.4	24
90L	140	41	170	176	103	125	42	64	150	60.4	24
122S	190	39	222	221	114	140	41	61	174	72.8	28
112M	190	39	222	221	114	140	41	61	174	72.8	28
132S	216	42	250	248	140	178	41	79	210	89	38
132M	216	42	250	248	140	178	41	79	210	89	38
160M	254	47.5	302	310	210	254	62	108	294	108	42
160L	254	47.5	302	310	210	254	62	108	294	108	42
180M	279	57	350	351	241	279	70	105	340	121	48
180L	279	57	350	351	241	279	70	105	340	121	48
200M	318	69	400	395	267	305	71.3	87.3	360	133	55
200L	318	69	400	395	267	305	71.3	87.3	360	133	55
225S	356	66	446	445	286	311	64	88	374.5	149	60
225M	356	66	446	445	286	311	64	88	374.5	149	60
225L	356	66	446	445	286	311	64	88	374.5	149	60
225M	356	66	446	445	286	311	64	88	374.5	149	60
225M	356	66	446	445	286	311	64	88	374.5	149	60
225M	356	66	446	445	286	311	64	88	374.5	149	60

ARMAZÓN E	F	GA	H	HA	HB	HC	HD	I	K	L	
MBT	(S)	(R+S)	(D)	(G)	(AE-AF)	(O)	(O+1)	(AA)	(H)	(C)	
71	30	5	16	71	12.7	133	146	180	23	8	242
90S	50	8	27	90	12	168	178	220	23	10	323
90L	50	8	27	90	12	168	178	220	23	10	323
112S	60	8	31	112	12	210.5	223	267	28.6	12	377.7
112M	60	8	31	112	12	210.5	223	267	28.6	12	377.7
132S	80	10	41	132	12	240.5	256	297	28.6	12	471.2
132M	80	10	41	132	12	240.5	256	297	28.6	12	471.2
160M	110	12	45	160	17	337.8	315.2	389.3	50.8	13.5	620
160L	110	12	45	160	17	337.8	315.2	389.3	50.8	13.5	620
180M	110	14	51.5	180	27.6	374.5	356	426	50.8	14	690
180L	110	14	51.5	180	27.6	374.5	356	426	50.8	14	690
200M	110	16	59	200	25	438.4	394	513.7	92	18	737
200L	110	16	59	200	25	438.4	394	513.7	92	18	737
225S	140	18	64	225	27	486	445	562	92	18	823
225M	140	18	64	225	27	486	445	562	92	18	823
225L	140	18	64	225	27	486	445	562	92	18	823
225M	140	18	64	225	27	486	445	562	92	18	823
225M	140	18	64	225	27	486	445	562	92	18	823



**Normas NEMA C**

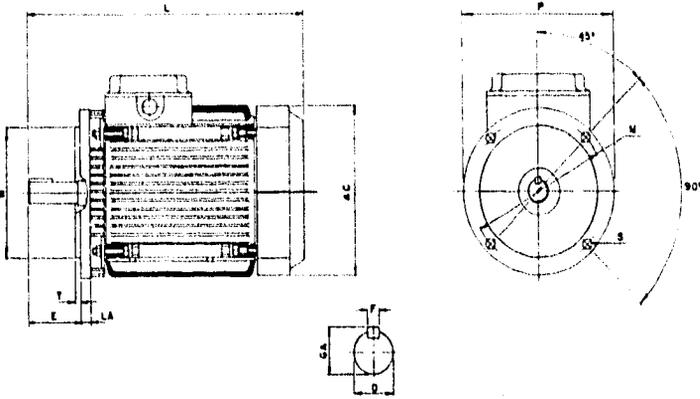
**Dimensiones en pulgadas**

ARMAZON MBT	AH	AJ	AK	BB	BD	No BNOs BE	BF	C	N-W	P	R+S	S	U	
48C	1.88	5.675	4.500	0.15	6.50	3/8-16	4	10.10	1.88	5.5	0.705	0.188	0.625 = 5/8	
59C	1.88	5.675	4.500	0.15	6.50	3/8-16	4	12.48	1.88	6.93	0.705	0.188	0.625 = 5/8	
1431C	Y 1451C	2.12	5.675	4.500	0.16	6.50	3/8-16	4	12.86	2.25	0.959	0.188	0.875 = 7/8	
1821C	Y 1841C	2.62	7.250	6.500	0.25	9.00	1/2-13	4	15.22	2.75	8.70	1.236	0.250	1.125 = 1 1/8
1821CH	Y 1841CH	2.62	5.675	4.500	0.16	6.50	3/8-16	4	15.22	2.75	8.70	1.236	0.250	1.125 = 1 1/8
2131C	Y 2151C	3.12	7.250	6.500	0.25	9.00	1/2-13	4	18.78	3.38	9.76	1.513	0.312	1.375 = 1 3/8
2541C	Y 2561C	3.75	7.250	6.500	0.25	10.00	1/2-13	4	24.11	4.00	12.08	1.791	0.375	1.625 = 1 5/8
2841C	Y 2861C	4.38	9.000	10.500	0.25	11.25	1/2-13	4	27.41	4.62	13.81	2.091	0.500	1.875 = 1 7/8
2841SC	Y 2861SC	3.00	9.000	10.500	0.25	11.25	1/2-13	4	26.00	3.25	13.81	1.791	0.375	1.625 = 1 5/8
3241C	Y 3261C	5.00	11.000	12.500	0.25	14.00	5/8-11	4	30.00	5.25	15.55	2.345	0.500	2.125 = 2 1/8
3241SC	Y 3261SC	3.50	11.000	12.500	0.25	14.00	5/8-11	4	28.45	3.75	15.55	2.091	0.500	1.875 = 1 7/8
3641C	Y 3651C	5.62	11.000	12.500	0.25	14.00	5/8-11	8	32.78	5.68	27.36	2.646	0.625	2.375 = 2 3/8
3641SC	Y 3651SC	3.50	11.000	12.500	0.25	14.00	5/8-11	8	30.65	3.75	17.36	2.091	0.500	1.875 = 1 7/8

**No Normas NEMA D**

**Dimensiones en pulgadas as**

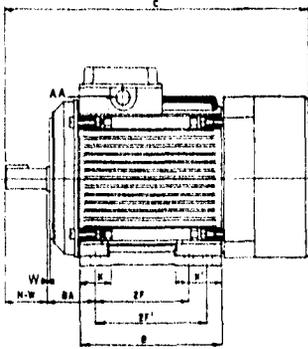
ARMAZON MBT	AH	AJ	AK	BB	BD	BE	BF	BF	C	N-W	P	R+S	S	U	
48D	1.88	10.00	9.000	0.25	11.0	0.50	0.53	4	10.22	1.88	5.50	0.705	0.188	0.625 = 5/8	
1431D	Y 1451D	2.25	10.00	9.000	0.25	11.0	0.50	0.53	4	12.86	2.25	0.959	0.188	0.875 = 7/8	
1821D	Y 1841D	2.75	10.00	9.000	0.25	11.0	0.50	0.53	4	15.23	2.75	8.70	1.236	0.250	1.125 = 1 1/8
2131D	Y 2151D	3.38	10.00	9.000	0.25	11.0	0.50	0.53	4	18.78	3.38	9.76	1.513	0.312	1.375 = 1 3/8
2541D	Y 2561D	4.00	12.50	11.000	0.25	14.0	0.75	0.81	4	24.11	4.00	12.08	1.791	0.375	1.625 = 1 5/8
2841D	Y 2861D	4.62	12.50	11.000	0.25	14.0	0.75	0.81	4	27.41	4.62	13.81	2.091	0.500	1.875 = 1 7/8
2841SD	Y 2861SD	3.25	12.50	11.000	0.25	14.0	0.75	0.81	4	26.00	3.25	13.81	1.791	0.375	1.625 = 1 5/8
3241D	Y 3261D	5.25	16.00	14.000	0.25	18.0	0.75	0.81	4	30.00	5.25	15.55	2.345	0.500	2.125 = 2 1/8
3241SD	Y 3261SD	3.75	16.00	14.000	0.25	18.0	0.75	0.81	4	28.45	3.75	15.55	2.091	0.500	1.875 = 1 7/8
3641D	Y 3651D	5.88	16.00	14.000	0.25	18.0	0.75	0.81	4	32.78	5.88	17.36	2.645	0.625	2.375 = 2 3/8
3641SD	Y 3651SD	3.75	16.00	14.000	0.25	18.0	0.75	0.81	4	30.65	3.75	17.36	2.091	0.500	1.875 = 1 7/8



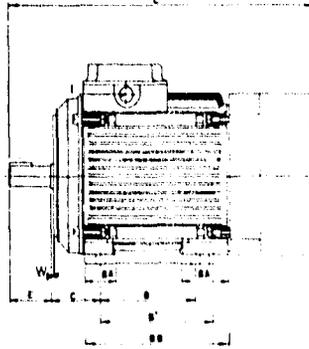
Normas IEC

Dimensiones en milímetros

ARMAZON	AC (P)	D (U)	E (AH)	F (S)	GA (R'S)	L (C)	B.NOS.						
							S	LA (BE)	M (AJ)	N (AK)	P (BD)	S (BF)	T (BB)
71	140	14	30	5	16	242	4	10	85	70	105	70	25
71	140	14	30	5	16	242	4	10	100	80	120	70	30
71	140	14	30	5	16	242	4	10	115	95	140	10	30
71	140	14	30	5	16	242	4	10	130	110	160	10	35
90	175.8	24	50	8	27	322.8	4	9.5	100	80	120	7	30
90	175.8	24	50	8	27	322.8	4	9.5	115	95	140	10	30
90	175.8	24	50	8	27	322.8	4	9.5	130	110	160	10	35
90	175.8	24	50	8	27	322.8	4	12.5	165	130	200	12	35
90	175.8	24	50	8	27	322.8	4	15.5	215	180	250	15	40
112	222	28	60	8	31	377.8	4	9.5	100	80	120	7	30
112	222	28	60	8	31	377.8	4	9.5	115	95	140	10	30
112	222	28	60	8	31	377.8	4	9.5	130	110	160	10	35
112	222	28	60	8	31	377.8	4	12.5	165	130	200	12	35
112	222	28	60	8	31	377.8	4	15.5	215	180	250	15	40
132	248	38	80	10	41	471.3	4	15.5	215	180	250	15	40
132	248	38	80	10	41	471.3	4	16	265	230	300	15	40
160	307	42	110	12	45	620	4	20	300	250	350	19	50
180	351	48	110	14	51.5	690	4	20	300	250	350	19	50
200	375	55	110	16	59	737	4	20	350	300	400	19	50
225	441	60	110	16	59	793	8	20	400	350	450	19	50
225	441	60	140	18	64	823	8	20	400	350	450	19	50



Normas NEMA



Normas IEC

**Motores con freno electromagnético**

Normas NEMA		Dimensiones en pulgadas						
* MBI ARMAZON	B	BA	C	2F	2F'	K	K'	NW
48	4.44	1.75	14.65	2.75	(3.5)	1.22	1.52	1.48
55	5.90	2.75	16.09	3.00	0	1.61	2.52	1.85
143T	5.90	2.25	16.46	4.00	5.00	1.65	2.52	2.25
145T	5.90	2.25	16.46	4.00	5.00	1.65	2.52	2.25
182T	6.85	2.75	19.00	4.50	5.50	1.61	2.40	2.75
184T	6.85	2.75	19.00	4.50	5.50	1.61	2.40	2.75
213T	8.26	3.50	23.30	5.50	7.00	1.61	3.11	3.38
215T	8.26	3.50	23.30	5.50	7.00	1.61	3.11	3.38

Dimensiones complementarias en página 18

**Motores con freno electromagnético**

Normas IEC		Dimensiones en milímetros						
* MBI ARMAZON	BA (K)	BA' (K')	B (2F)	B' (2F')	BB (B)	C (BA)	E (AH)	L (C)
71	31	49	70	93	113	45	30	354
90S	42	64	100	125	150	60.4	50	414.2
90L	42	64	100	125	150	60.4	50	414.2
112S	41	61	114	140	174	72.8	60	479.5
*12M	41	61	114	140	174	72.8	60	479.5
132S	41	70	140	178	210	89	80	580
132L	41	70	140	178	210	89	80	580

Dimensiones complementarias en página 19