



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Escuela Nacional de Estudios Profesionales

" ARAGON "

AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA
EN PLANTAS INDUSTRIALES.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N:

ULISES GALVAN REYES

MIGUEL A. RIOS ROSAS

ENEP

ARAGON

SAN JUAN DE ARAGON, EDO. DE MEXICO

DICIEMBRE 1994

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 está 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.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES ARAGON
UNIDAD ACADÉMICA



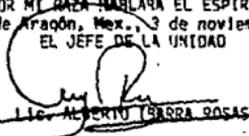
UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Inq. RAUL BARRON VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería
Mecánica Eléctrica.
P r e s e n t e .

En atención a la solicitud de fecha 28 de octubre del año en curso, por la que se comunica que los alumnos ULISES GALVAN REYES y MIGUEL ANGEL RIOS ROSAS, de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, han concluido su trabajo de Investigación intitulado " AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN PLANTAS INDUSTRIALES ", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del examen profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI PAZ HABLABA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Mex., 3 de noviembre de 1994
EL JEFE DE LA UNIDAD


Lic. ALBERTO BARRA ROSAS

✓ c c p Ing. Juan Méndez Moreno, Asesor de Tesis.
c c p Interesado.

419'11a.

A LA ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES UNIDAD ARAGON.

POR LA FORMACION RECIBIDA.

A LOS PROFESORES Y AMIGOS QUE SIEMPRE NOS
APOYARON.

GRACIAS.

A NUESTRO ASESOR :

ING. JUAN MENDEZ MORENO.

**A quien le estamos profundamente
agradecidos por el tiempo dedicado y sus
valiosos consejos para la realizaci3n del
presente trabajo.**

INDICE

<i>Justificación</i>	1
<i>Objetivos</i>	3
<i>Introducción</i>	4
CAPITULO I. MOTORES DE INDUCCION TRIFASICOS Y MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA.	
<i>I.1.1 Antecedentes de los motores trifasicos de inducción</i>	15
<i>I.1.2 Producción de par en un motor de inducción</i>	17
<i>I.1.3 Concepto de deslizamiento del rotor</i>	20
<i>I.1.4 Frecuencia eléctrica del rotor</i>	20
<i>I.1.5 Circuito equivalente del motor de inducción</i>	20
<i>I.1.6 Pérdidas y diagrama de flujo de potencia en motores de inducción</i>	21
<i>I.1.7 Curva par-velocidad de un motor de inducción</i>	23
<i>I.1.8 Factor de potencia</i>	24
<i>I.1.9 Corriente nominal</i>	25
<i>I.1.10 Clases de diseño de motores de inducción</i>	25
<i>I.2.1 Antecedentes de los motores de C.C.</i>	30
<i>I.2.2 Producción de par en un motor de C.C.</i>	31
<i>I.2.3 Pérdidas y diagrama de flujo de potencia para motores de C.C.</i>	33
<i>I.2.4 Motores de C.C. con excitación en derivación</i>	35
<i>I.2.5 Motores de C.C. con excitación en serie</i>	35
<i>I.2.6 Motores de C.C. con excitación compuesta</i>	37
CAPITULO II. AHORRO DE ENERGIA EN MOTORES ELECTRICOS.	
<i>II.1 Ahorro de energía a partir del diseño de un motor</i>	42
<i>II.2 Reducción de pérdidas en la manufactura</i>	44
<i>II.3 Reducción de pérdidas en la selección</i>	44
<i>II.4 Motores de alta eficiencia</i>	46
<i>II.5 Eficiencia normalizada</i>	48
<i>II.6 Análisis comparativo de motores de alta eficiencia y motor estandar.</i>	50
<i>II.7 Ahorro de energía eléctrica en la operación</i>	53
<i>II.7.1 Variación de voltaje</i>	54
<i>II.7.2 Voltaje desbalanceado</i>	55
<i>II.8 Efectos de la carga</i>	56
<i>II.9 Cálculo de pérdidas</i>	57
<i>II.10 Altura sobre el nivel del mar</i>	60
<i>II.11 Arranques frecuentes</i>	61
<i>II.12 Ahorro de energía en el mantenimiento</i>	62
<i>II.12.1 Mantenimiento preventivo</i>	62
<i>II.12.2 Mantenimiento correctivo</i>	63

CAPITULO III. AHORRO DE ENERGIA EN ALUMBRADO

III.1	Antecedentes	67
III.2	Nociones básicas	69
III.3	Magnitudes y unidades en iluminación	70
III.4	Color	71
III.4.1	Indice de rendimiento de color (IRC)	71
III.4.2	Temperatura de color	72
III.5	Ahorro de energía en la selección de la lámpara idónea más eficaz	73
III.5.1	Lámparas incandescentes convencionales	73
III.5.2	Incandescentes halógenas	75
III.5.3	Lámparas de vapor de Mercurio baja presión	77
III.5.3.1	Tubos fluorescentes de alta frecuencia	83
III.5.4	Lámparas de vapor de Mercurio alta presión	84
III.5.5	Lámparas de vapor de Sodio	88
III.5.6	Lámparas de vapor de Sodio alta presión	92
III.6	Guía de aplicaciones de alumbrado	97
III.7	Tipos de lámparas recomendadas para el ahorro energético. Guía de aplicación	103
III.8	Pasos básicos para el ahorro de energía eléctrica en sistemas de alumbrado	104

CAPITULO IV. ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO.

IV.1	Ahorro de energía eléctrica por el uso de motores eléctricos de inducción de alta eficiencia	111
IV.1.1	Antecedentes	111
IV.1.2	Optimización de la energía eléctrica	111
IV.1.3	Costos de operación	115
IV.1.4	Resultados	116
IV.2	Ahorro de energía eléctrica en sistemas de alumbrado mediante la utilización de lámparas fluorescentes Econ-o-Watt	118
IV.2.1	Antecedentes	118
IV.2.2	Optimización de la energía	118
IV.2.3	Diseños óptimos de alumbrado	119
IV.2.4	Método de Lumen	119
IV.2.4.1	1 Determine necesidades del área por iluminar	120
IV.2.4.2	2 Seleccione el tipo de lámpara	123
IV.2.4.3	3 Cálculo del número de unidades requeridas	124
IV.2.4.4	4 Determinación de la distribución de los luminarios	131

IV.2.5 Comparación de costos	134
IV.2.6 Hoja de trabajo para la comparación de costos (salón)	142
IV.2.7 Hoja de trabajo para la comparación de costos (Nivel escuela)	145
IV.2.8 Resultados	148
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	150
APENDICE 1	156
APENDICE 2	164
APENDICE 3	169
BIBLIOGRAFIA	172

JUSTIFICACION

Gracias a los avances tecnológicos con los que se cuenta en la actualidad dentro de las áreas de manufactura de motores eléctricos y equipos de iluminación se ha podido reducir importantemente el consumo de energía eléctrica para lograr el mismo fin, esto es; anteriormente para operar una bomba que requiriese por ejemplo un motor de 20 CP. está tenía unas dimensiones mucho mayores que un actual de la misma potencia; estos avances tanto en los materiales como en la línea de producción han permitido reducir las dimensiones, peso, gastos por anclaje, equipo de protección: incluyendo arrancadores, conductores, interruptores y acoplamientos mecánicos; han generado principalmente ahorro en el consumo de energía eléctrica y costos de operación; energía eléctrica que debido a la gran demanda que existe y los altos costos para producirla, es necesario impedir su desperdicio optimizando los sistemas de carga eléctrica que componen tanto a una industria como una oficina, casa ó taller.

Debido a estos nuevos productos es necesario comparar la eficiencia del equipo instalado y gastos de operación contra la adquisición e instalación de equipo moderno que produzcan los mismos satisfactores pero con un costo de operación menor.

En nuestro país es posible adquirir estos productos a un costo relativamente bajo, desarrollados en países altamente

industrializados que permitan lograr ahorros sustanciales en el consumo de energía eléctrica, objeto de este trabajo.

OBJETIVO GENERAL

Lograr ahorro de energía eléctrica en plantas productivas y/o centros con un alto consumo de energía por iluminación, utilizando sistemas eléctricos de alta eficiencia.

OBJETIVOS PARTICULARES.

1.- Conocer el principio de operación de los motores eléctricos de inducción trifásicos de corriente alterna.

2.- Conocer el principio de operación de los motores eléctricos de corriente directa.

3.- Ahorro de energía eléctrica en motores eléctricos utilizando las nuevas tecnologías diseñadas para este fin.

4.- Conocer el principio de operación de los diferentes sistemas de alumbrado.

5.-Ahorro de energía eléctrica en sistemas de alumbrado mediante la utilización de nuevas lámparas ahorradoras de energía

6.-Análisis comparativo de un sistema instalado hace una década contra un sistema compuesto de elementos ahorradores de energía.

INTRODUCCION

En México, los energéticos ocupan importantes capítulos en la vida independiente de nuestro país que confirman nuestra vocación inquebrantablemente nacionalista. Explotación energética, desarrollo económico y soberanía nacional se encuentran plenamente identificados.

La Nación asume la responsabilidad histórica de la explotación de los recursos energéticos para beneficio de los mexicanos, por lo que la toma de decisiones no obedece, por ningún concepto, a criterios utilitaristas que en aras de ganancias en el corto plazo propicie el agotamiento prematuro de nuestras fuentes primarias de energía o la complacencia ante patrones consumistas de vida.

Conviene hacer a manera de reflexión, un repaso breve pero ilustrativo de lo que ha sido nuestra política energética. Así, en México la industria petrolera se inició a fines del siglo pasado con la explotación de petróleo a cargo de compañías extranjeras. Esta práctica logró que durante la segunda década del siglo, México llegara a ser el segundo exportador mundial de petróleo, produciendo en promedio, 325 MBD; sin embargo, esta ventaja comparativa no se reflejó en nuestra economía, dado que las empresas transnacionales canalizaban prácticamente la totalidad de la venta petrolera hacia la metrópolis respectivas.

Con la expropiación y la nacionalización decretada por el presidente Cárdenas en 1938, que rescató para la nación este importante recurso natural, la industria petrolera se reorientó

hacia el abastecimiento del mercado interno, transformando y modernizando su estructura de producción. Esta estrategia fue acompañada de una política de desarrollo tendiente a estimular la expansión de la industria, el sistema de transporte y el mercado interno de sus productos.

El crecimiento de la industria eléctrica también se inició en manos privadas, nacionales y extranjeras, propiciando la limitación de las zonas atendidas, la proliferación de sistemas eléctricos aislados y un servicio deficiente cuyo desenvolvimiento se rezagó con respecto a las necesidades del desarrollo general del país.

En 1937, se creó la Comisión Federal de Electricidad, con el objeto de atender la demanda no satisfecha, proporcionando el fluido a tarifas congruentes con las necesidades del desarrollo del país. En 1960 culminó el proceso de nacionalización de la industria eléctrica, cerrándose así un ciclo iniciado 25 años atrás.

Hasta finales de los sesentas, el sector energético estuvo orientado hacia la satisfacción de la demanda interna de acuerdo con el objetivo de autosuficiencia energética. Sin embargo, a finales de dicha década, ésta tendencia se comienza a perder y para 1973 el país se había convertido ya en un importador neto de productos refinados y de crudo. Si bien un año antes ya se habían comenzado a descubrir vastas reservas petroleras cuya explotación se comenzó a hacer efectiva en 1976.

A partir de dicho año se desarrolla aceleradamente la producción petrolera y México se convierte, en 1978, de nueva

cuenta en un exportador importante. Esta estrategia de exportación petrolera, hizo que en los últimos años el sector energético adquiriese un papel decisivo en la orientación y la viabilidad del proceso de desarrollo del país.

Las divisas generadas por las exportaciones de hidrocarburos, junto con el acceso al financiamiento externo del que se dispuso, contribuyeron de manera decisiva a la instrumentación de programas de inversión tendientes a inducir un crecimiento económico acelerado. Sin embargo, los cambios de tendencia en el mercado petrolero internacional, iniciados a partir de 1981, vinieron a convertirse en uno de los principales obstáculos a las metas previstas.

La transformación alcanzada hasta hoy por el sector energético lo ha convertido en componente fundamental de la estructura y la dinámica de la economía mexicana. Para 1982 el sector en su conjunto aportó aproximadamente el 5% del PIB y alrededor de la mitad de los ingresos en cuenta corriente de la balanza de pagos, le corresponde una parte muy importante de las importaciones de bienes de capital e insumos y se constituyó en los últimos años, en el principal agente financiero de la estrategia de desarrollo.

Representó, así mismo, cerca del 23% del gasto total del sector público y un poco menos del 50% de la inversión pública.

En la industria petrolera se han alcanzado significativos avances en numerosos aspectos. Para 1982 las reservas probadas de hidrocarburos alcanzaron aproximadamente 72,000 millones de barriles; la producción de crudo alcanzó un volumen de 2 millones

745 mil b/d y la capacidad instalada de refinación llegó a ser de 1 millón 620 mil b/d, habiéndose procesado diariamente 1.1 millón 199 mil barriles. Además, se llegó a exportar 1,492 MMED de crudo, en promedio. En este sentido, durante los últimos años, nuestro país logró consolidar su posición como exportador de hidrocarburos así como diversificar sus mercados de destino. La extracción de gas fue de 4,250 millones de pies cúbicos diarios, de los cuales se procesaron 3,400 millones y se exportaron cerca de 300 MMPCD.

Para estar en condiciones de satisfacer una demanda de electricidad que ha venido aumentando a un ritmo de promedio anual superior al crecimiento del PIB, la industria eléctrica nacional ha registrado también una considerable expansión. Para 1982 la capacidad instalada de generación llegó a ser más de 18 mil MW, con una generación bruta de alrededor de 73 mil GWh.

Además del crecimiento registrado en por la capacidad hidroeléctrica y en especial la termoeléctrica, la Comisión Federal de Electricidad inició, a partir de principios de la década de los sesentas, algunos proyectos tendientes a diversificar las fuentes primarias de energía en la generación de electricidad.

Se han desarrollado unidades carboeléctricas en Río Escondido, Coah. así como geotérmicas en Cerró Prieto, B.C. En materia de nucleoelectricidad se ha avanzado en la planta de Laguna Verde, Veracruz.

En los últimos años el sector energético en su conjunto ha registrado saldos favorables crecientes en su balanza comercial, ha transferido cuantiosos recursos, a las finanzas públicas y ha

efectuado considerables transferencias al resto de la economía, vía subsidios implícitos.

Como un esfuerzo adicional, debe mencionarse el desarrollo de institutos de investigación en materia de energéticos, tales como el Instituto Mexicano del Petróleo (creado en 1965), Instituto de Investigaciones Eléctricas (1975) y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (1979), mismos que han sido pilares en el desenvolvimiento de las tareas del sector.

Paralelamente al desarrollo de la capacidad productiva y la investigación, en las empresas del sector energético se han realizado esfuerzos importantes de programación en los últimos años, los cuales han sido acompañados de otros similares a nivel de programación sectorial y de planeación global.

No obstante los importantes avances logrados, el excesivo énfasis en el alcance de metas cuantitativas que caracterizó el crecimiento del sector durante los últimos años, se tradujo en insuficiente atención a los aspectos cualitativos y en cierta disvinculación con los objetivos más generales del desarrollo del país.

Paralelamente, persisten algunos desequilibrios estructurales en el sector. Destaca la dependencia energética de los hidrocarburos, que representan poco más del 90% de la generación primaria de energía. Quedan aún márgenes para aprovechar mejor el gas asociado de que se dispone, principalmente en las zonas de explotación marina donde están ya en marcha las inversiones necesarias para reducir al mínimo técnico la proporción de gas asociado que se quema a la atmósfera.

Cabe señalar que los aumentos en la oferta interna de los energéticos, han obedecido entre otros, al persistente abaratamiento en el precio de una parte importante de la producción destinada al mercado nacional, propiciando el desperdicio energético generalizado y el sobreconsumo de algunos productos, contribuyendo de este modo a agravar las distorsiones estructurales que actualmente caracterizan a la planta industrial y al sistema de transporte con que cuenta el país. Se hace necesario entonces, actuar a fondo en este sentido, para erradicar vicios estableciendo políticas de ahorro energético.

En cuanto a la infraestructura que se requiere para hacer más eficiente al sector energético, se localizan todavía algunas deficiencias importantes en materia de almacenamiento de refinados y crudos e instalaciones portuarias. En los últimos años, cuantiosas inversiones han permitido lograr importantes avances en la red de gasoductos y oleoductos; sin embargo, existen todavía limitaciones en lo que a poliductos se refiere.

El sector energético ha tenido innegables efectos positivos sobre el crecimiento de las regiones en las que se ha concentrado su actividad. No obstante, debe reconocerse que también, al desatar rápidos procesos de cambio económico y social, en ocasiones ha rebasado la capacidad de las regiones y de los agentes económicos, para responder a su dinámica y aprovechar sus encadenamientos potenciales.

La formación de recursos humanos y la adaptación y desarrollo de tecnologías para el sector, no obstante los avances logrados, siguen siendo un problema importante a resolver y constituye un

reto para el futuro.

Actualmente de acuerdo con informaciones publicadas por Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), se tiene una capacidad instalada de 26,793 megawatts, energía que utilizan cerca de 75 millones de mexicanos. Petróleos Mexicanos (PEMEX) tiene en sus instalaciones en tierra 1,683 MW, además de las Plantas Eléctricas que tienen otros sectores de la industria como: La Azucarera, La Textil, La Metalúrgica, La Papelera, La Química, La Minera, La Cervecera, La Cementera, etc. que tienen más de 200 plantas eléctricas y que pueden interconectarse con CFE para aumentar la oferta de energía eléctrica en un 10% de la capacidad instalada que se tiene.

La generación de electricidad en nuestro país, es a base de hidrocarburos del cual se puede destacar, en lo que corresponde a CFE, se tiene los datos siguientes:

60.7% de hidrocarburos.

29.6% de energía hidráulica.

4.5% a base de carbón.

2.7% energía geotérmica.

2.5% de energía nuclear.

UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

La energía eléctrica se utiliza para alimentar principalmente: motores, luminarias, dispositivos calefactores y otras cargas de menor cuantía.

En México se tiene poca información sobre la distribución de cargas que más electricidad consumen.

En algunos países industrializados como Estados Unidos e Inglaterra, se han realizado estudios sobre el consumo de energía eléctrica y se tiene que Estados Unidos obtuvo como resultado de que el 64% de la energía eléctrica se consume en motores; en Inglaterra el 60 %.

En el primer país, se obtuvo el 20% a la carga de alumbrado y un 16% a la calefacción y otras.

Si la utilización de la electricidad en el sector industrial de México, tiene condiciones similares a los países citados, los motores representan el mayor consumo de energía eléctrica. Así CFE, ha proporcionado datos en donde estima que entre el 60 y 70% de la energía generada es consumida por motores eléctricos, de esto se desprende la importancia que estos representan en el consumo de energéticos, transformación de energía y la conservación del medio ambiente.

Por otro lado, la situación que prevalece en nuestro país, respecto a la toma de conciencia en el ahorro de energía eléctrica, es incipiente debido fundamentalmente a varios aspectos como pueden ser :

- a) Falta de conciencia popular en el buen uso de la electricidad.
- b) El carecer de estudios, en los cuales se pueda observar el grado de ahorro de energía eléctrica.
- c) Escaso abastecimiento de equipos considerados como de "alta eficiencia"
- d) Bajo precio de la energía eléctrica.

A lo anterior, se agrega, la problemática de la calidad en el servicio de distribución de energía eléctrica debido, en

primer lugar, a que la capacidad actual instalada es prácticamente igual a la demanda, quedando poca flexibilidad para cubrir algún imprevisto en demanda extraordinaria de energía.

Por consiguiente un AHORRO DE ENERGIA EN MOTORES ELECTRICOS Y SISTEMAS ELECTRICOS DE ALUMBRADO, traería beneficios significativos a la economía nacional, al sector eléctrico y para el usuario, significaría una reducción considerable en sus costos de operación y también se contribuiría con la armonía del medio ambiente.

I MOTORES DE INDUCCION TRIFASICOS Y MOTORES DE CORRIENTE DIRECTA

CONTENIDO

- I.11 ANTECEDENTES DE LOS MOTORES TRIFASICOS DE INDUCCION.**
- I.12 PRODUCCION DE PAR EN UN MOTOR DE INDUCCION.**
- I.13 CONCEPTO DE DESLIZAMIENTO DEL ROTOR.**
- I.14 FRECUENCIA ELECTRICA DEL ROTOR.**
- I.15 CIRCUITO EQUIVALENTE DEL MOTOR DE INDUCCION.**
- I.16 PERDIDAS Y DIAGRAMA DE FLUJO DE POTENCIA EN MOTORES DE INDUCCION.**
- I.17 CURVA PAR-VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCION.**
- I.18 FACTOR DE POTENCIA.**
- I.19 CORRIENTE NOMINAL.**
- I.110 CLASES DE DISEÑO DE MOTORES DE INDUCCION.**
- I.21 ANTECEDENTES DE LOS MOTORES DE C.C.**
- I.22 PRODUCCION DE PAR EN UN MOTOR DE C.C.**
- I.23 PERDIDAS Y DIAGRAMA DE FLUJO DE POTENCIA PARA MOTORES DE C.C.**
- I.24 MOTORES DE C.C. CON EXCITACION EN DERIVACION.**
- I.25 MOTORES DE C.C. CON EXCITACION EN SERIE.**
- I.26 MOTORES DE C.C. CON EXCITACION COMPUESTA.**

1.1.1 ANTECEDENTES DE LOS MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN.

La invención de las máquinas de inducción en el año de 1880 completó el sistema c-a de producción, transmisión y utilización de la energía eléctrica.

Actualmente, la mayor parte de los motores industriales de un caballo de fuerza y los más potentes son máquinas trifásicas de inducción.

Las máquinas de inducción no requieren ninguna conexión eléctrica hacia los devanados del rotor. En vez de ello, los devanados de rotor se ponen en corto circuito. El flujo magnético que atraviesa el entrehierro acopla estos circuitos cerrados del rotor. Según la ley de Faraday, al moverse el rotor en relación al flujo del entrehierro, se inducen voltajes en los devanados del rotor puestos en corto circuito, haciendo fluir corrientes en ellos. El hecho de que la corriente del rotor se origine por inducción es la base del nombre de esta clase de máquinas. También se les designa "máquinas asíncronas" (es decir, no síncronas), porque su velocidad de operación es ligeramente menor que la velocidad síncrona; este término se refiere a la velocidad en revoluciones por minuto (r.p.m.) del campo magnético giratorio que establece alrededor del estator la corriente suministrada por la línea.

Hay dos tipos diferentes de rotores para motores de inducción. Uno se conoce como rotor jaula de ardilla o simplemente rotor jaula y el otro como rotor devanado. Un motor de jaula de ardilla de un motor de inducción consiste en una serie de barras

conductoras colocadas dentro de unas ranuras hechas en la superficie del rotor con sus extremos puestos en corto circuito por medio de anillos. Este diseño se conoce como rotor de jaula de ardilla porque sus conductores tienen la apariencia de las jaulas donde juegan las ardillas o marmotas.

El otro tipo de rotor es el denominado rotor devanado, que tiene un arrollamiento trifásico completo que es una imagen reflejada del devanado del estator. Las tres fases del arrollamiento de este rotor usualmente se conectan en delta y sus extremos se conectan a unos anillos rozantes. También pueden poner en corto circuito a través de un conjunto de escobillas que están en contacto con los anillos rozantes. También se pueden insertar resistencias exteriores en el circuito del rotor, ya que en los motores de inducción de rotor devanado se tiene acceso a las corrientes del rotor a través de las escobillas.

1.12 PRODUCCION DE PAR EN UN MOTOR DE INDUCCION

La figura 1 muestra un motor de inducción de jaula de ardilla. Si se le aplica al estator un sistema trifásico de voltajes, por sus devanados circula un sistema trifásico de corrientes. Estas corrientes producen un campo magnético B_s , que gira en sentido contrahorario. La velocidad de rotación de este campo magnético está dada por $n_{sinc} = 120 \text{ fe/P}$ donde fe es la frecuencia del sistema de alimentación en hertz y P es el número de polos de la máquina. Este campo magnético alcanza las barras del rotor e induce voltaje en ellas.

El voltaje inducido en las barras de un rotor determinado, está dado por la ecuación

$$e_{ind} = (v \times B) \cdot l$$

donde v = velocidad relativa de las barras del rotor con respecto al campo magnético.

B = densidad de flujo magnético en el estator

l = longitud de una barra del rotor

El movimiento relativo del rotor con respecto al campo magnético del estator es el que produce el voltaje inducido en las barras del rotor. En la parte superior del rotor, la velocidad relativa de sus barras con respecto al campo magnético es hacia la derecha, de manera que el voltaje inducido en ellas está orientado hacia fuera del plano de la página, mientras que en las barras situadas en la parte inferior, el voltaje inducido tiene sentido contrahorario, sucediendo otro tanto con las correspondientes corrientes del rotor. Sin embargo, como en conjunto el rotor es

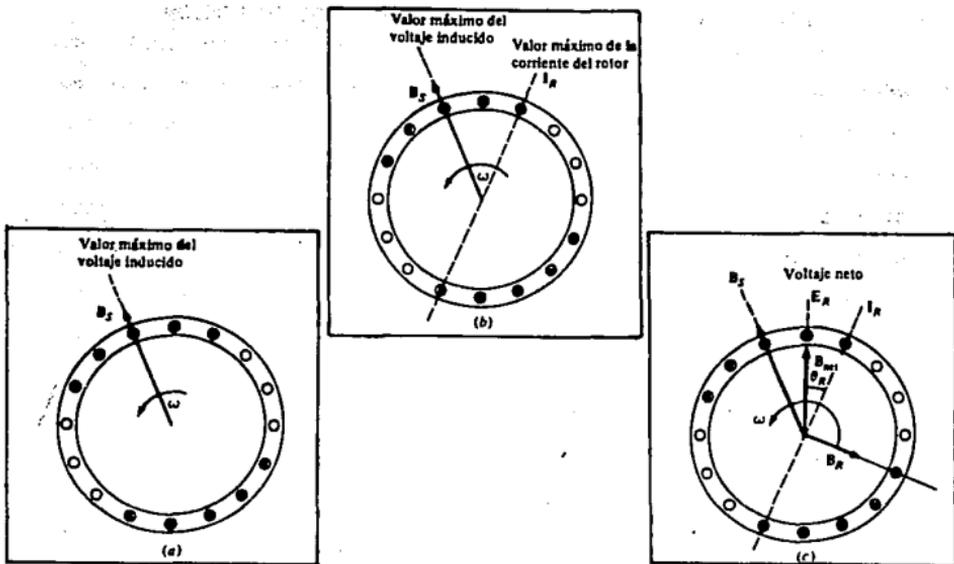


FIGURA 1 (a) EL CAMPO MAGNETICO GIRATORIO DEL ESTATOR B_s INDUCE UN VOLTAJE EN LAS BARRAS DEL ROTOR. (b) EL VOLTAJE DEL ROTOR PRODUCE UNA CORRIENTE EN EL ROTOR, QUE SE ENCUENTRA ATRASADA CON RESPECTO AL VOLTAJE DEBIDO A LA INDUCTANCIA DEL ROTOR. (c) LA CORRIENTE DEL ROTOR PRODUCE UN CAMPO MAGNETICO B_R QUE SE ENCUENTRA ATRASADO 90° CON RESPECTO A LA CORRIENTE Y QUE AL INTERACTUARSE CON EL CAMPO MAGNETICO RESULTANTE B_{net} PRODUCE EN LA MAQUINA UN PAR DE SENTIDO CONTRAHORARIO.

inductivo, el valor pico de dicha corriente está atrasado con respecto al, valor pico del voltaje. La corriente del rotor produce entonces un campo magnético B_R en el mismo.

Finalmente, el par producido en la máquina está dado por

$$\tau = k B_r \times B_s$$

Este par es de sentido contrahorario; por lo tanto, el rotor se acelera en esa dirección.

Sin embargo, la velocidad del motor tiene un límite finito. Si el rotor del motor de inducción llegara a girar a la velocidad sincrónica, sus barras estarían estacionarias con respecto al campo magnético y entonces no se induciría voltaje. Si e_{ind} fuera igual a 0, no habría corriente en el rotor y por lo tanto, tampoco habría campo magnético. Sin campo magnético en el rotor el par producido sería cero y por la fricción, el rotor se frenaría. Entonces, un motor de inducción puede girar a velocidades cercanas a la sincrónica pero nunca alcanzará exactamente a esta velocidad.

1.13 CONCEPTO DE DESLIZAMIENTO DEL ROTOR

El deslizamiento de velocidad expresa la velocidad del rotor relativa al campo y esta definida por:

$$\eta_{\text{desliz}} = \eta_{\text{sinc}} - \eta_m$$

donde: η_{desliz} velocidad del deslizamiento de la máquina

η_{sinc} velocidad del campo magnético

η velocidad mecánica del eje del rotor

Otro término que se utiliza para describir el movimiento relativo es el deslizamiento que corresponde a la velocidad relativa expresada en porcentaje. Es decir el deslizamiento se define como:

$$s = (\eta_{\text{sinc}} - \eta_m) / \eta_{\text{sinc}}$$

1.14 FRECUENCIA ELECTRICA DEL ROTOR

A $\eta_m = 0$ RPM, la frecuencia del rotor es $f_r = f_e$, y el deslizamiento es $s=1$, a $\eta_m = \eta_{\text{sinc}}$, la frecuencia del rotor es $f_r = 0$ Hz y el deslizamiento es $s=0$. Para una velocidad intermedia entre

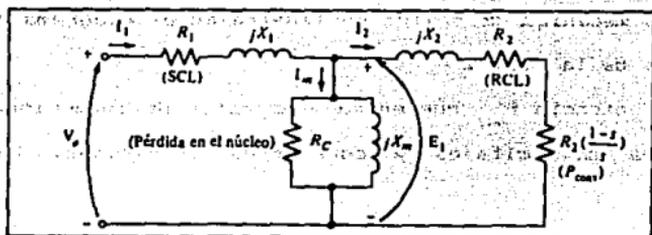
$$\text{estas dos: } f_r = sf_e$$

1.15 CIRCUITO EQUIVALENTE DEL MOTOR DE INDUCCION

El circuito de un motor de inducción se puede representar en forma semejante al circuito de un transformador ya que consta esencialmente de dos devanados.

Si se examina el motor de inducción considerando que la relación entre las espiras del rotor y del estator sea 1 a 1, su funcionamiento puede representarse por medio del siguiente circuito equivalente, en la que se representa una fase y el

neutro:



La tensión respecto al neutro es V_s , R_1 y X_2 son la resistencia y la reactancia del estator, R_2 es la resistencia del rotor y X_2 su reactancia en reposo; R_c y X_m son la resistencia de pérdidas en el núcleo y la reactancia de magnetización cuando el rotor gira a la velocidad de sincronismo.

$R_2 ((1-s)/s)$ es la resistencia pura que reemplaza a la carga mecánica conectada al eje de la máquina, que representa entonces la potencia mecánica desarrollada (P_{conv}).

I.16 PERDIDAS Y DIAGRAMA DE FLUJO DE POTENCIA EN MOTORES DE INDUCCION

Un motor de inducción se puede describir, básicamente, como un transformador giratorio. Su entrada es un sistema trifásico de voltajes y corrientes. Para un transformador ordinario la salida es potencia eléctrica a través del devanado secundario. El devanado secundario de un motor de inducción (el rotor) está en cortocircuito de manera que no existe potencia eléctrica a la

salida de un motor de inducción. Su salida, en cambio, es mecánica. La relación entre la potencia eléctrica de entrada y la potencia mecánica de salida se ilustra en el diagrama de flujo de potencia de la fig. 2

La potencia P_{ent} que entra a un motor de inducción, lo hace en forma de voltajes y corrientes trifásicas. Las primeras

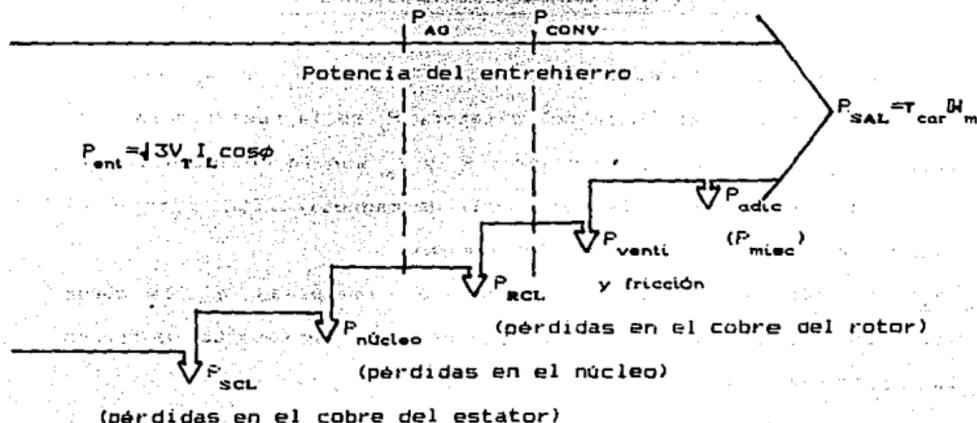


FIGURA 2

pérdidas que se encuentran en la máquina son las pérdidas I^2R en los devanados del estator (las pérdidas en el cobre del estator, P_{scl}). En seguida, alguna cantidad de potencia se pierde por los ciclos de histéresis y las corrientes parásitas en el estator (P_{nucleo}). La potencia que queda en este punto, se transfiere al rotor de la máquina a través del entrehierro entre estator y

rotor. Esta potencia se llama potencia del entrehierro de la máquina P_{AG} . Parte de la potencia transferida al rotor se pierde como I^2R (pérdidas en el cobre del rotor P_{RCL}) y el resto se convierte en potencia mecánica (P_{CONV}) Finalmente se presentan las pérdidas por fricción y ventilación, y las pérdidas adicionales. La potencia restante es la de la salida del motor P_{sal} .

A mayores velocidades de un motor de inducción son mayores sus pérdidas por fricción, por ventilación y las adicionales. De otra parte, si la velocidad es muy alta (hasta η_{sinc}), las pérdidas en el núcleo son menores. Por eso es que en algunos casos estas tres categorías de pérdidas se toman en grupo y se llaman pérdidas rotacionales. A menudo las pérdidas rotacionales de un motor se consideran constantes e independientes de la velocidad, ya que, tomadas independientemente, sus variaciones en función de la velocidad son de sentido opuesto.

1.17 CURVA PAR-VELOCIDAD DE UN MOTOR DE INDUCCION

Las características par-velocidad de un motor de inducción se muestran en la figura 3, esta gráfica nos proporciona información acerca de la operación de los motores de inducción; la cual se puede resumir de la siguiente manera:

- 1.- El par producido por un motor de inducción a velocidad sincrónica es igual a cero.
- 2.- Se observa que la curva es prácticamente lineal entre vacío y plena carga.
- 3.- Hay un par máximo que el motor no puede sobrepasar. Este par se denomina par máximo desarrollado o par de desenganche y es de

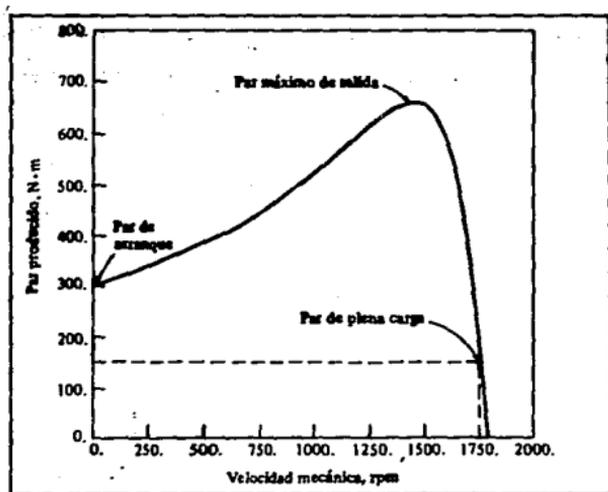


FIGURA 3

dos a tres veces el par nominal de plena carga del motor.

4.- El par de arranque del motor es ligeramente mayor que su par de plena carga, así el motor debe poder arrancar arrastrando cualquier carga hasta la nominal

5.- Si el rotor gira en sentido contrario a la del campo magnético, el par producido hará que la maquina se detenga rápidamente y empiece a girar en sentido contrario. Ya que para cambiar el sentido de giro del campo magnético basta intercambiar dos de las tres fases del estator, esto se utiliza como una manera de frenado rápido en un motor de inducción.

1.18 FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia de los motores trifásicos de inducción funcionando a plena carga puede variar entre el 60% y el 70% en el caso de los motores de poco caballaje y velocidad, y del 75% al

90% en los motores de capacidad media, y en los motores grandes de varios cientos de caballos o más, el factor de potencia puede elevarse hasta 90 o 96%.

Es necesario recordar que los motores de inducción funcionan con un factor de potencia bajo cuando tienen poca carga y, por esta razón, deben elegirse los motores de modo que durante el funcionamiento normal operen la mayor parte del tiempo a plena carga o cerca de ella.

I.19 CORRIENTE NOMINAL

La corriente nominal indicada en la placa de un motor de inducción se refiere a la corriente absorbida por el motor operando a plena carga.

La intensidad de corriente aproximada de un motor trifásico puede calcularse aplicando la fórmula que sigue:

$$I = ((C.P. \times 746) / (1.73 \times V \times \eta \times F.P.))$$

donde: I Intensidad de corriente en Amperios.

η Eficiencia del motor (o rendimiento).

V Tensión de la línea en Volts.

C.P. Capacidad del motor en caballos de poder.

I.110 CLASES DE DISEÑO DE MOTORES DE INDUCCION

El dilema a que se enfrenta un diseñador de un motor de inducción es que si el rotor se diseña con alta resistencia el motor tendrá un alto par de arranque, pero en su condición normal de operación tendrá un deslizamiento alto. Ya que $P_{conv} = (1-s) P_{AO}$ y por tanto a mayores deslizamientos, es menor la parte de la potencia del entrehierro que se convierte

realmente en potencia mecánica, y en consecuencia, la eficiencia del motor será menor. Un motor con rotor de alta resistencia tiene un buen par de arranque pero una eficiencia baja en condiciones de operación normal. De otra parte, un motor con rotor de baja resistencia tiene un bajo par de arranque y una alta corriente de arranque, pero su eficiencia en condiciones de operación normal es alta. Modificando las características físicas de los rotores de los motores de inducción puede obtenerse una gran variedad de curvas par-velocidad. Con el fin de ayudar a la industria en la selección apropiada de los motores para las variadas aplicaciones y para cualquier potencia, NEMA (National Electrical Manufacturers Association) en los Estados Unidos y la International Electrical Commission (IEC) en Europa han definido una serie de diseños normalizados con diferentes curvas par-velocidad. Estos diseños normalizados se conocen como clases de diseño, y un motor individual se puede mencionar como un motor con diseño X. La figura 4 muestra las curvas par-velocidad típicas para las cuatro clases de diseño normalizadas por NEMA. A continuación se describen los aspectos más importantes de cada una de estas clases de diseño normalizados.

DISEÑO CLASE A. Un motor de diseño clase A tiene bajo deslizamiento; a plena carga, un motor de clase A debe tener un deslizamiento menor del 5%. El par máximo de salida es de 200 a 300% del par de plena carga y se presenta a un deslizamiento bajo (menor del 20%). El par de arranque es cercano al 200% del par nominal. El principal problema de esta clase de diseño es que su

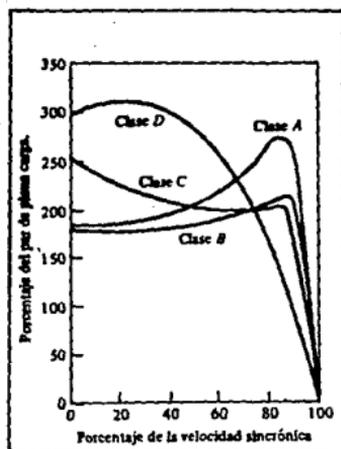


FIGURA 4. CURVAS TÍPICAS PAR-VELOCIDAD PARA MOTORES CON ROTORES DE DIFERENTES DISEÑOS.

corriente de arranque puede ser de 500 a 800% de la corriente nominal. EN tamaños superiores a 7.5 HP. es necesario utilizar con estos motores un arrancador que nos permita reducir el voltaje de alimentación durante el arranque, para evitar caídas de voltaje en las líneas de alimentación. Algunas aplicaciones típicas de estos motores son: impulso de ventiladores, bombas, tornos y otras máquinas y herramientas.

DISEÑO CLASE B. Estos motores cuentan con el mismo par de arranque que los motores de clase A; su par máximo de salida es cercano al 200% del par de plena carga pero es menor que el de diseño A. Tiene mayor reactancia que uno de diseño A, lo cual se logra mediante el uso de barras delgadas y profundas en el rotor;

esto permite reducir la corriente de arranque a un valor del orden de 5 veces la nominal. Las aplicaciones son similares a las de los motores de clase A.

DISENO CLASE C. Estos motores tienen mayor par de arranque que los diseños A ó B, aproximadamente igual al 250% del nominal, el par máximo de salida es ligeramente menor que el de los motores clase A. Por lo tanto esta clase de motores combina un alto par de arranque con baja corriente de arranque. Se les encuentra aplicación en bombas cargadas, compresores, bandas transportadoras; es decir se utilizan con cargas que requieren alto par de arranque.

DISENO CLASE D. Los motores de diseño clase D producen un par de arranque muy alto: aproximadamente el 275% del nominal. Sin embargo no tiene en realidad un par máximo bien definido, ya que el par disminuye en forma continua al aumentar la velocidad. La corriente de arranque de este motor es reducida, su deslizamiento es alto y su eficiencia es baja, se emplea en casos donde se requiera un elevado par de arranque, pero donde la carga sea intermitente, como en el caso de las prensas, cizallas y taladros.

Podemos resumir que el motor de inducción es el tipo de motor de c-a más popular por su fácil operación. Un motor de inducción no tiene circuito de campo independiente; los voltajes y corrientes de campo los obtiene por inducción. Normalmente los motores de inducción operan cerca de la velocidad síncrona pero nunca la pueden alcanzar; debido a que siempre debe existir un movimiento relativo con el fin de inducir un voltaje en el

circuito de campo del motor, ya que el voltaje inducido produce una corriente en el rotor y esta corriente interactúa con el campo magnético del estator para producir un par en el motor. La velocidad a la que se presenta el par máximo, se puede controlar variando la resistencia del rotor; el valor de ese par máximo es independiente de la resistencia del rotor. Una alta resistencia en el rotor disminuye la velocidad a la que ocurre el par máximo y aumenta el par de arranque del motor pero esto hace que el motor tenga un deslizamiento alto; una baja resistencia en el rotor, reduce el par de arranque pero mejora la regulación de la velocidad. EL diseño de un motor de inducción normal debe buscar un término medio entre estas dos condiciones.

1.2.1 ANTECEDENTES DE LOS MOTORES DE C.C.

Cabe recordar que las primeras fuentes artificiales de corriente eléctrica fueron las baterías, y por lo tanto los motores de C.C. fueron los primeros dispositivos para conversión electromecánica de energía. Thomas A. Edison estableció la primera planta central de energía eléctrica para el suministro de una parte de la ciudad de Nueva York utilizando generadores de C.C. El motor de C.C. cuenta con un estator -el contiene uno o más devanados por cada polo, los cuales están diseñados para llevar corrientes directas que establecen un campo magnético- y un rotor; -también conocido como armadura-.

Existen varias razones para la utilización de motores de C.C. en la industria. Una de ellas es que los motores de C.C. son los que accionan limpiadores de parabrisas, ventiladores y otros accesorios para automóviles; porque los motores de C.C. son excelentes en las aplicaciones de control de velocidad, del par ó de ambos y además la posibilidad de obtener su detención en posiciones precisas.

En efecto los motores de C.C. son extremadamente flexibles en sus características de operación y es posible obtener con ellos una gran variedad de curvas par-velocidad.

Los motores de C.C. se eligen casi universalmente para mover las máquinas excavadoras de gran potencia, los talleres de laminación de acero y aluminio, elevadores eléctricos, locomotoras y grandes equipos para movimiento de tierra.

122. PRODUCCION DE PAR EN UN MOTOR DE C.C.

Observe la maquina de la figura 5, al cerrar el interruptor circulará una corriente por la espira, en esta condición; Qué producirá? Para determinarlo tomemos la espira en la condición mostrada en la figura 5b.

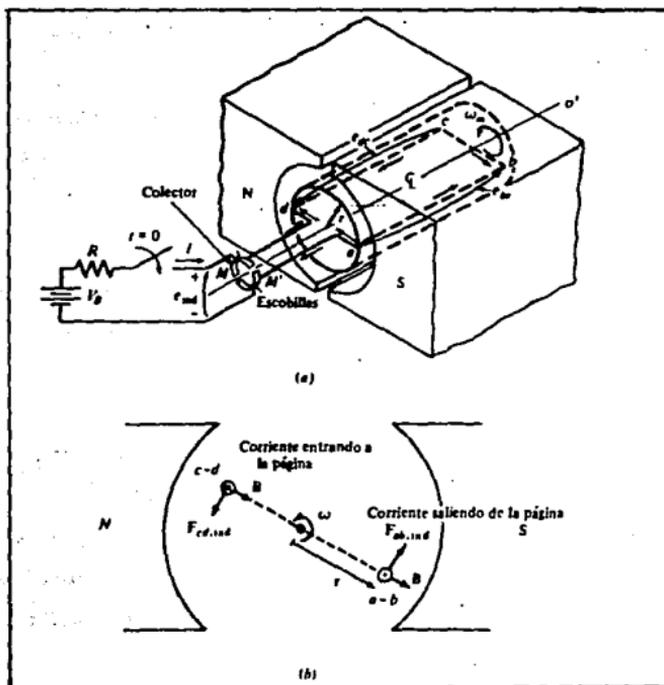


FIG. 5 PRODUCCION DE PAR EN UNA ESPIRA DE UN ROTOR DE UN MOTOR DE C. C. b) PARA MAYOR CLARIDAD, NO SE HA DIBUJADO EL NUCLEO DEL ROTOR.

La fuerza ejercida sobre un segmento de la espira está dada

$$\text{por: } F = i(l \times B),$$

donde: i Corriente que circula a través de la espira.

l Longitud de la espira.

B Densidad del campo magnético.

y el par sobre el segmento está dado por: $\tau = rF \sin \theta$.

donde: F Fuerza ejercida sobre un segmento de la espira

θ Ángulo formado por F y r .

El par será cero siempre que la espira se encuentre fuera de la zona de influencia de los polos. Mientras los segmentos de la espira estén frente a las caras polares, el par es:

1 Segmento ab . La corriente proveniente de la batería sale de la página y el campo magnético está dirigido radialmente saliendo del rotor, por lo tanto la fuerza sobre el conductor es:

$$F_{ab} = i(l \times B)$$

$$\text{cuya magnitud será: } F_{ab} = ilB$$

Esta fuerza produce sobre el rotor un par igual a:

$$\tau_{ab} = rF \sin \theta = r(ilB) \sin 90^\circ = r ilB$$

2 Segmento bc . En esta parte de la espira la corriente proveniente de la batería circula desde el extremo superior izquierdo hacia el extremo inferior derecho del dibujo. La fuerza producida sobre el conductor es:

$$F_{bc} = i(l \times B) = 0 \text{ ya que } l \text{ es paralelo } B$$

$$\text{entonces } \tau_{bc} = 0$$

3 Segmento cd . En este segmento, la corriente de la batería circula hacia el interior de la página, el campo magnético frente

al polo está dirigido radialmente hacia el interior del rotor, la fuerza sobre el conductor es:

$$F_{cd} = i(l \times B)$$

cuya magnitud será $F_{cd} = ilB$

Esta fuerza produce sobre el rotor un par igual a:

$$\tau = rF \sin \theta = r(ilB) \sin 90^\circ = rilB$$

4 Segmento da Sucede lo mismo que en el segmento bc por tanto

$$F_{da} = 0 \text{ ya que } I \text{ es paralelo a } B$$

$$\text{entonces } \tau_{da} = 0$$

Por lo tanto el rotor ó armadura del motor de C.C. comenzará a moverse con sentido contrahorario como lo muestra la figura 5.

1.2.3 PERDIDAS Y DIAGRAMA DE FLUJO DE POTENCIA PARA MOTORES DE C.C.

Las pérdidas que se presentan en un motor de C.C. se pueden dividir en 5 categorías:

- 1 Pérdidas eléctricas o pérdidas en el cobre (pérdidas I^2R).
- 2 Pérdidas por caídas en las escobillas.
- 3 Pérdidas mecánicas.
- 4 Pérdidas en el núcleo.
- 5 Pérdidas adicionales.

Las pérdidas eléctricas o pérdidas en el cobre. Son todas las que se presentan en la armadura y en los devanados de campo de la máquina y están dadas por:

$$\text{Pérdidas en la armadura } P_A = I_A^2 R_A$$

$$\text{Pérdidas en el campo } P_F = I_F^2 R_F$$

donde: P_A = Pérdidas en la armadura.

P_F = Pérdidas en el circuito de excitación.

I_A = Corriente de armadura.

I_F = Corriente de excitación.

R_A = Resistencia de armadura.

R_F = Resistencia de excitación.

LAS PERDIDAS EN LAS ESCOBILLAS. Son las que se pierden en los contactos entre las escobillas y el colector, y están dadas por:

$$P_{BD} = V_{BD} I_A$$

donde: P_{BD} = Pérdida por contacto en las escobillas.

V_{BD} = Caídas de voltaje en las escobillas.

I_A = Corriente de armadura.

A menos que se diga lo contrario se asume que la caída de voltaje en las escobillas es de 2v.

LAS PERDIDAS EN EL NUCLEO. Son las pérdidas debidas a histéresis y a corrientes parásitas en las partes metálicas de la máquina.

LAS PERDIDAS MECANICAS. En la máquina, están asociadas con su funcionamiento mecánico. Hay dos tipos básicos de pérdidas mecánicas: de fricción y ventilación. Las pérdidas por fricción se deben al rozamiento de los rodamientos del eje de la máquina y las pérdidas por ventilación son debidas a la fricción de las partes en movimiento de la máquina con el aire que se encuentra dentro de la carcasa.

PERDIDAS ADICIONALES (O PERDIDAS VARIAS). Por convención, para la mayoría de las máquinas se toma como el uno por ciento de potencia de plena carga.

La siguiente figura muestra el diagrama de flujo de potencia para un motor de C.C.

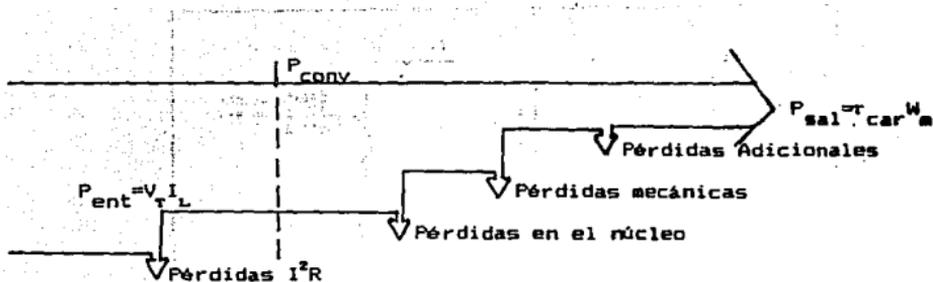


DIAGRAMA DE FLUJO DE POTENCIA PARA UN MOTOR DE C. C.

1.2.4 MOTORES DE C.C. CON EXCITACION EN DERIVACION

La figura 6 muestra el circuito equivalente de un motor de C.C. con excitación en derivación así como la curva característica de par versus corriente y velocidad.

Un motor de C.C. en derivación o con excitación independiente tiene una característica de Par-velocidad cuya velocidad cae linealmente con el incremento del par. Su velocidad puede controlarse cambiando su corriente de campo o su voltaje de armadura o su resistencia de armadura.

1.2.5 MOTORES DE C.C. CON EXCITACION EN SERIE

La figura 7 muestra el circuito equivalente de un motor de C.C. con excitación en serie así como la curva característica de par versus corriente y velocidad.

Un motor serie tiene el par de arranque más alto que cualquier motor de C.C. pero tiende a desbocarse sin carga, se usa

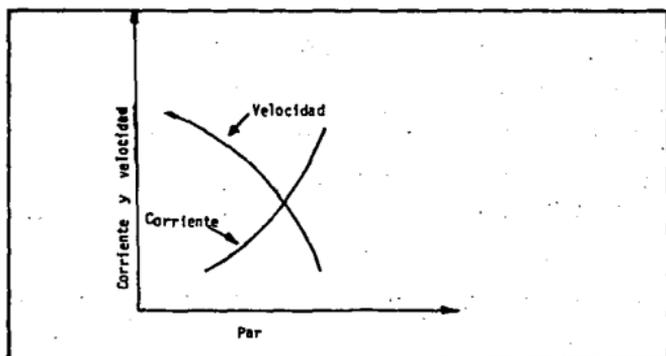
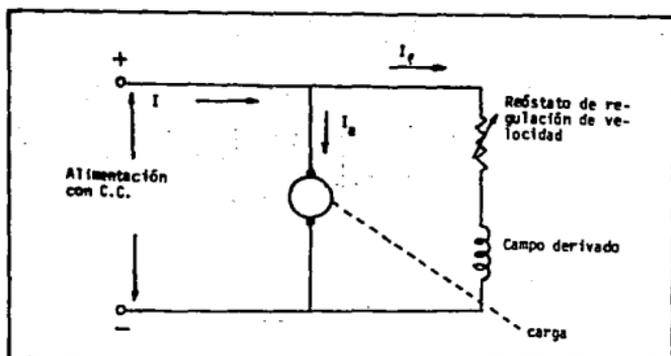


FIGURA 6. CIRCUITO EQUIVALENTE Y CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR CON EXCITACION EN DERIVACION.

en aplicaciones de pares muy altos, en donde la regulación de la velocidad no es muy importante, por ejemplo como en el arranque de un automóvil.

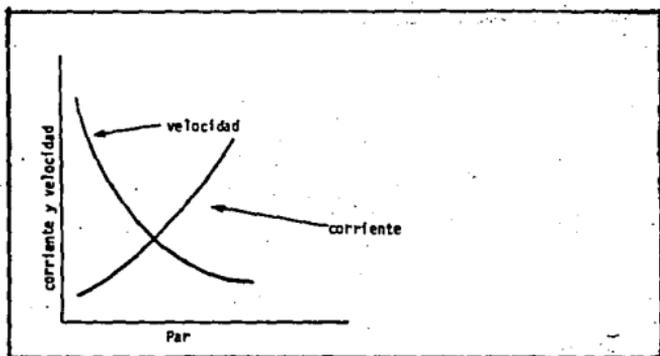
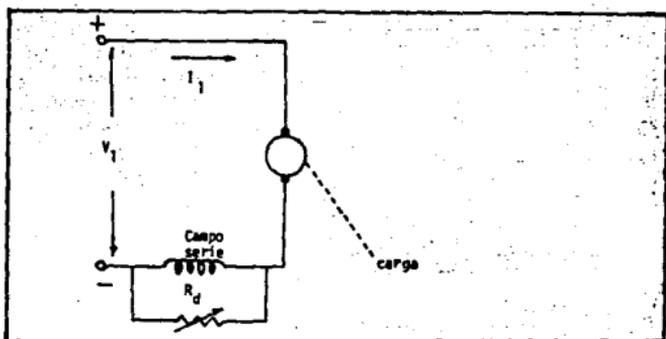


FIGURA 7. CIRCUITO EQUIVALENTE Y CARACTERISTICAS DEL MOTOR CON EXCITACION EN SERIE.

1.2.6 MOTORES DE C.C. CON EXCITACION COMPUESTA

La figura 8 muestra el circuito equivalente de un motor de C.C. con excitación compuesta así como la curva característica de par versus corriente y velocidad.

Un motor en compuesto trabaja aproximadamente como un motor

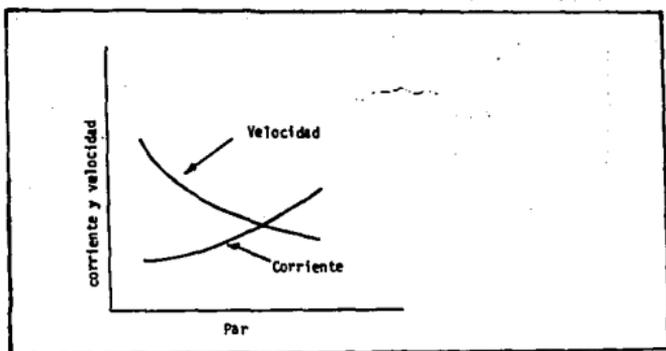
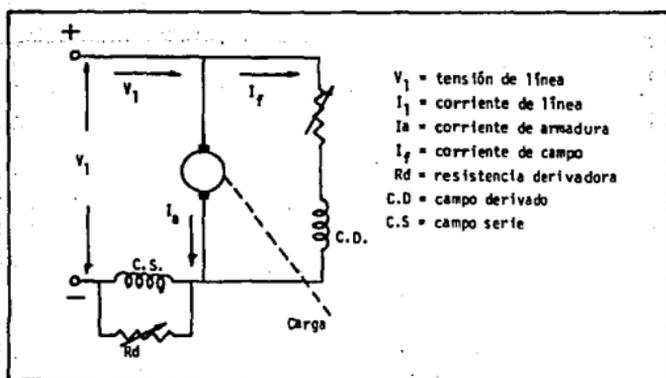


FIGURA 8. CIRCUITO EQUIVALENTE Y CARACTERISTICAS DEL MOTOR CON EXCITACION COMPUESTA.

con excitación con derivación. El bobinado serie garantiza un alto par de arranque.

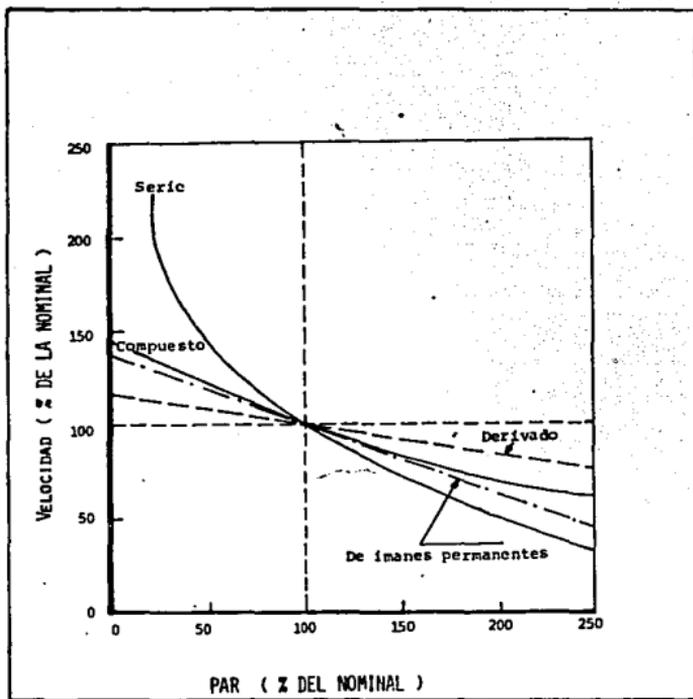


FIGURA 9. CURVAS PAR-VELOCIDAD EN MOTORES C.C.

II AHORRO DE ENERGIA EN MOTORES ELECTRICOS

CONTENIDO

- II.1 AHORRO DE ENERGIA A PARTIR DEL DISEÑO DE UN MOTOR.
- II.2 REDUCCION DE PERDIDAS EN LA MANUFACTURA.
- II.3 REDUCCION DE PERDIDAS EN LA SELECCION.
- II.4 MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.
- II.5 EFICIENCIA NORMALIZADA.
- II.6 ANALISIS COMPARATIVO DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA Y MOTOR ESTANDARD.
- II.7 AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN LA OPERACION.
 - II.7.1 VARIACION DE VOLTAJE.
 - II.7.2 VOLTAJE DESBALANCEADO.
- II.8 EFECTOS DE LA CARGA.
- II.9 CALCULO DE PERDIDAS.
- II.10 ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR.
- II.11 ARRANQUES FRECUENTES.
- II.12 AHORRO DE ENERGIA EN EL MANTENIMIENTO.
 - II.12.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.
 - II.12.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO.

La manera de obtener ahorro de energía en motores eléctricos es reduciendo sus pérdidas; y esto es posible de lograr desde el diseño, manufactura, selección, operación y mantenimiento.

II.1 AHORRO DE ENERGIA A PARTIR DEL DISEÑO DE UN MOTOR

Cabe recordar que cuando se diseña un motor y se requiere hacerlo de alta eficiencia, se debe recurrir a la optimización de los materiales y diseños, empleando algunas de las siguientes técnicas:

- Usar acero con mejores propiedades.
- Aumentar el calibre del conductor.
- Mejorar el sistema de aislamiento del rotor.
- Empleo de ventiladores más eficientes.

La generalidad de los motores eléctricos estándar utilizan acero de bajo contenido de carbón en la construcción del núcleo del rotor y estator. Este acero tiene un valor típico de 6.6 watts/kilogramo de pérdidas eléctricas y aproximadamente el mismo costo que el acero rolado en frío común. Para reducir las pérdidas por histéresis y de corrientes parásitas se emplea acero con alto grado de silicio, el cual tiene pérdidas eléctricas de 3.3 watts/kilogramo, pero cuesta aproximadamente 50% más que el acero al bajo carbón.

Ahora para minimizar aún más las pérdidas por histéresis y corrientes parásitas, el acero con alto grado de silicio

es de calibre menor que el acero de bajo contenido de carbono, además el acero al silicio se le provee de un recubrimiento aislante superficial para ofrecer una alta resistencia entre laminaciones, limitando así el valor de las corrientes parásitas.

Si se incrementa el área del conductor de cobre entre 35% y 40% las pérdidas I^2R se reducirán considerablemente. Para poder acomodar este aumento es necesario incrementar el área de la ranura del estator hasta un 50%; para compensar el aumento en el tamaño de la ranura y la correspondiente del acero activo; el núcleo del motor debe aumentarse, con esto se reduce la densidad de flujo magnético en el entrehierro de la máquina. Esto reduce la saturación magnética de la máquina, disminuyendo las pérdidas en el hierro.

Otra fuente de pérdidas es causada por las corrientes entre las barras del rotor cuando éste presenta barras inclinadas. La práctica de barras inclinadas es normal en motores pequeños para reducir el ruido magnético y obtener un funcionamiento uniforme. Para reducir las pérdidas de corrientes entre barras de las ranuras del rotor, se tratan las laminaciones con un aislamiento inorgánico a base de fosfato de zinc de alta temperatura, antes de fundir el rotor.

Utilizar más acero en el estator de la máquina permite que haya una mayor cantidad de transferencia de calor hacia el exterior de la misma, con lo que se reduce la temperatura de operación, con esto se puede rediseñar los ventiladores para poder reducir las pérdidas por ventilación .

II.2 REDUCCION DE PERDIDAS EN LA MANUFACTURA

Durante el proceso de manufactura para construir motores eléctricos se alteran algunas características de diseño, tales como el maquinado exterior del rotor que debería tener un entrehierro uniforme -con lo cual se logra reducir las pérdidas adicionales del motor-, o el rotor debe ser concéntrico con respecto al estator y viceversa; pero inevitablemente la práctica de fabricación de los motores introduce asimetrías, excentricidades y variantes que en algunos motores aumentan sus pérdidas.

Cuando se embobina el estator o rotor con alambre magneto se le aplica una fuerza de tensión que rebasa lo especificado, que puede disminuir uno o más calibres del conductor, lo que hace que disminuya el diámetro y aumente su resistencia eléctrica y se incrementen las pérdidas.

Por lo anterior es necesario un riguroso control en los procesos de manufactura para reducir las pérdidas a un valor mínimo.

II.3 REDUCCION DE PERDIDAS EN LA SELECCION

Otra forma de reducir las pérdidas es la selección del motor. Considerando las mismas condiciones de trabajo la compra e instalación de motores de alta eficiencia resulta una atractiva inversión comparada con los motores de eficiencia normal.

Para poder comprender estos beneficios que se obtienen, el comprador puede realizar desde un mínimo cálculo hasta una completa evaluación económica, en la que se incluyen análisis de

costos por ciclos de vida. Si se compara la eficiencia de dos motores, el comprador debe tener en cuenta el tipo de motores involucrados, las horas anuales de operación, la carga del motor, el costo de la energía eléctrica y las eficiencias de los motores.

Estos son los datos básicos que se emplean para seleccionar entre un motor de eficiencia estandar y otro de alta eficiencia ó bien entre dos motores de alta eficiencia de diferentes fabricantes. Conviene aclarar que es indispensable que los valores de eficiencia estén obtenidos bajo la misma norma.

Podemos aproximar el costo del consumo de energía en un motor, tomando en cuenta el número de horas de operación al año mediante la siguiente expresión:

$$(CP) \times (0.746) \times (N) \times (\$/KWH) \times (100/\eta_m)$$

donde: CP Potencia del motor en CP.

0.746 Factor de conversión (1 CP es aproximadamente igual a 0.746 KW).

N Número de horas de operación al año.

(\$/KWH) Costo de la energía eléctrica en Kilowatts-hora.

η_m Eficiencia del motor ó rendimiento.

Ahora la diferencia entre el costo del consumo de energía entre dos motores nos dará el Ahorro de energía -y la base para la selección de motores-; que puede estimarse mediante la siguiente expresión:

$$(CP) \times (0.746) \times (N) \times (\$/KWH) \times ((100/\eta_B) - (100/\eta_A))$$

donde: η_A Eficiencia del motor A.

η_B Eficiencia del motor B.

Como ejemplo podemos citar lo siguiente:

	MOTOR A	MOTOR B
CP	40	40
Eficiencia	89.5% estandar	92.4 alta eficiencia
N	6000 horas	6000 horas

costo de la energía N\$0.20214. Kwh.

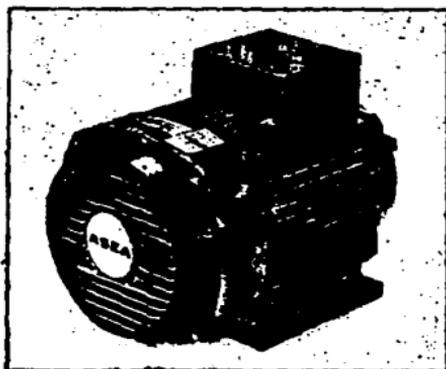
$$\begin{aligned}
 \text{Ahorro anual} &= 40 \times 0.746 \times 6000 \times 0.20214 \times ((100/92.4)-(100/89.5)) \\
 &= N\$36,191.15 \times (-0.035) \\
 &= -N\$1,266.69 \text{ (El signo menos indica ahorro en el} \\
 &\quad \text{motor de alta eficiencia).}
 \end{aligned}$$

II.4 MOTORES DE ALTA EFICIENCIA

El método más obvio para ahorrar energía es reducir las pérdidas del motor y de esa manera se hace más eficiente. Esto puede lograrse con buenos resultados pero al aumentar la eficiencia se eleva también el costo del motor.

El desarrollo de mejores materiales aislantes hizo factible incrementar la intensidad de corriente que podía circular por un conductor de calibre determinado y operar al motor a una temperatura más alta. Esto a su vez permitió reducir las dimensiones de los núcleos y en consecuencia, las dimensiones globales de los motores. Como resultado se desarrollaron líneas de motores más pequeños y ligeros y de menor costo, que fueron adoptados como el estandar de la industria debido a la elevada competitividad del ramo.

Hasta hace algunos años, el costo inicial era el factor más importante al seleccionar un motor de características dadas entre



MOTOR MODERNO TÍPICO

los fabricantes reconocidos por la confiabilidad y disponibilidad de sus productos. Solían dejarse a un lado consideraciones como la del costo de operación que dependen de la eficiencia, lo cual es comprensible por el bajo costo de la energía en ese entonces. Pero esta situación está cambiando. Ya no es posible ignorar el incremento en los costos de la energía eléctrica, además de que su futura disponibilidad no puede darse por un hecho, toda vez que la demanda empieza a exceder la capacidad instalada, lo que hace esencial reducir el desperdicio. Todo esto ha hecho del motor de alta eficiencia una opción aceptable a pesar de su mayor costo inicial. Actualmente el comprador debe analizar el costo total de un motor, incluyendo los costos de operación, al seleccionar un motor o al adquirir un equipo en el cual el fabricante ha instalado motores.

En muchos casos, el tiempo necesario para recuperar la

inversión extra que significa la adquisición de motores de alta eficiencia puede resultar breve y aplicado con corrección económicamente muy efectivo.

II.5 EFICIENCIA NORMALIZADA

Para la rentabilidad del empleo de un motor eléctrico es de importancia conocer el valor de la eficiencia. La potencia total consumida por un motor comprende la empleada para impulsar la carga y la que se pierde en el mismo motor.

La eficiencia de un motor es la relación que existe entre la potencia de entrada y salida.

$$\eta_{\%} = (P_s / P_e) \times (100)$$

donde : P_s Potencia de salida en Watts.

P_e Potencia de entrada en Watts.

$\eta_{\%}$ Eficiencia en por ciento.

siendo las pérdidas totales del motor igual a $P_e - P_s$ [en Watts].

Como una ayuda para comparar la eficiencia de los motores, NEMA ha adoptado una técnica normalizada para medir la eficiencia de los motores con base en el método B de la norma 112 de la IEEE "Procedimientos para ensayos de motores y generadores polifásicos de inducción". NEMA introdujo también una nueva especificación llamada eficiencia nominal NEMA, la que deberá aparecer, en el futuro; en las placas de características de los motores de inducción de clases A, B y C. La eficiencia nominal identifica la eficiencia promedio de un gran número de motores de un modelo determinado, y también garantiza una cierta eficiencia mínima para ese tipo de motor. Las normas de eficiencias nominales NEMA

aparecen en la figura 10.

Eficiencia nominal. %	Eficiencia mínima garantizada	Eficiencia nominal. %	Eficiencia mínima garantizada
95.0	94.1	80.0	77.0
94.5	93.6	78.5	75.5
94.1	93.0	77.0	74.0
93.6	92.4	75.5	72.0
93.0	91.7	74.0	70.0
92.4	91.0	72.0	68.0
91.7	90.2	70.0	66.0
91.0	89.5	68.0	64.0
90.2	88.5	66.0	62.0
89.5	87.5	64.0	59.5
88.5	86.5	62.0	57.5
87.5	85.5	59.5	55.0
86.5	84.0	57.5	52.5
85.5	82.5	55.0	50.5
84.0	81.5	52.5	48.0
82.5	80.0	50.5	46.0
81.5	78.5		

FIGURA 10. TABLA DE EFICIENCIAS NOMINALES SEGUN NORMA NEMA. LA EFICIENCIA NOMINAL REPRESENTA EL VALOR PROMEDIO DE LA EFICIENCIA DE UN GRAN NUMERO DE MOTORES TOMADOS COMO MUESTRA Y LA EFICIENCIA MINIMA GARANTIZADA, REPRESENTA EL VALOR MINIMO PERMISIBLE DE EFICIENCIA PARA UN MOTOR DE UNA CLASE DADA.

Al seleccionar un motor en el que se especifica y evalúa la eficiencia garantizada se estarán descontando variaciones en la eficiencia con lo que el motor puede ser seleccionado con plena confianza.

Los motores de alta eficiencia tienen un mayor costo inicial (que puede variar de un 25 a un 50% que el precio de un motor estandar) y es primordial el realizar una correcta selección con la finalidad de que el motor seleccionado se encuentre siempre trabajando muy cerca del punto óptimo de eficiencia, (generalmente al 100% de la carga nominal).

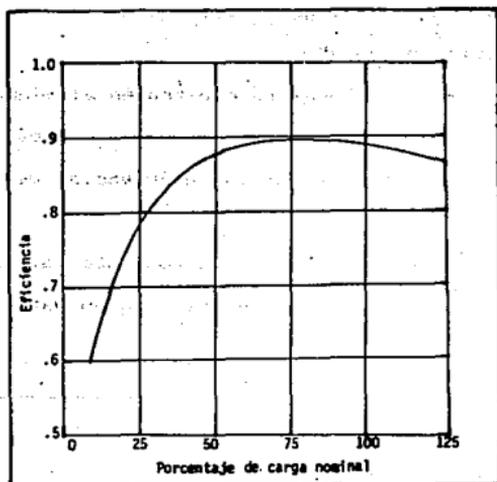


FIGURA 11. VARIACION DE LA EFICIENCIA CON LA CARGA PARA UN MOTOR DE INDUCCION.

Si la selección es adecuada y el ciclo de operación es de al menos 16 horas por día, el periodo de recuperación de la inversión es bastante corto (entre 2 y 3 años).

II. 6 ANALISIS COMPARATIVO DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA Y MOTOR ESTANDARD.

En las gráficas que se muestran a continuación, se tomó de un ejemplo presentado por Reliance Electric de Estados Unidos de Norteamérica, entre un motor de alta eficiencia que ellos fabrican y que lo designan como XE y el promedio de motores utilizados en la industria. También se presentan el resultado de la comparación

en términos de ahorro de energía (Watts) y el ahorro en dólares durante la operación de un año.

La comparación de ambos motores se muestra en la figura 12 y la diferencia que existe en la eficiencia de los mismos.

En la figura 13 se puede observar la diferencia de pérdidas en Watts de dichos motores.

En la figura 14 se pueden analizar los dos motores, tanto en sus eficiencias como en sus pérdidas de potencia en Watts.

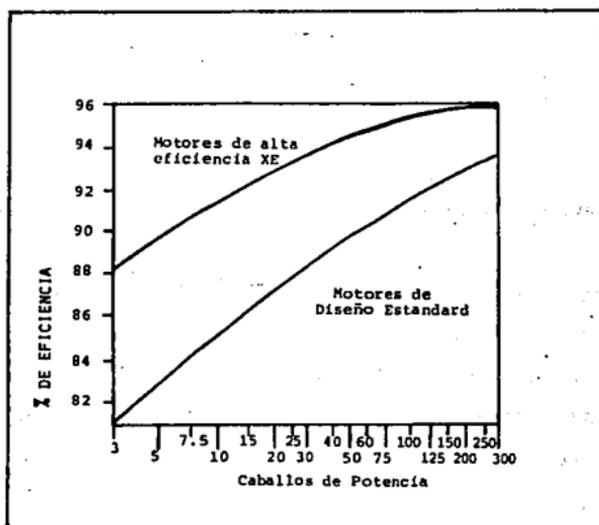


FIGURA 12. EFICIENCIAS DE MOTORES XE Y DE DISEÑO ESTÁNDAR PARA DISTINTAS POTENCIAS.

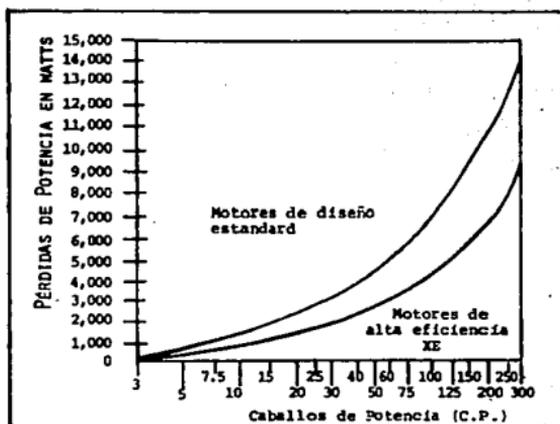


FIGURA 13. PERDIDAS DE MOTORES DE DISEÑO ESTANDAR Y DE ALTA EFICIENCIA KE, DE 4 POLOS, 1800 RPM, TOTALMENTE CERRADOS Y ENFRIADOS POR VENTILADOR.

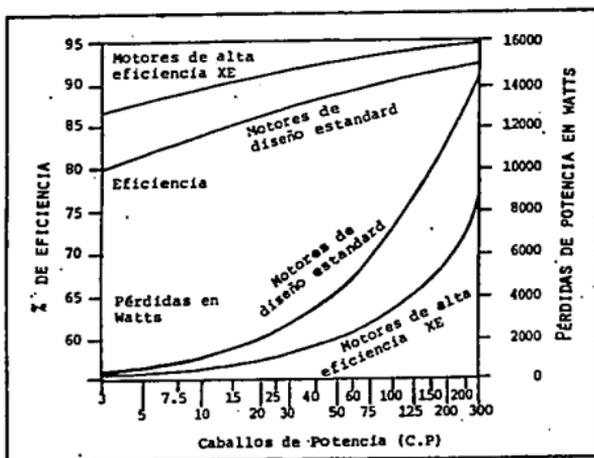


FIGURA 14. GRAFICAS DE EFICIENCIA Y PERDIDAS EN WATTS DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA KE Y DE DISEÑO ESTANDAR.

En la siguiente tabla se indican valores comparativos de distintas capacidades de motores de alta eficiencia (XE), así como el ahorro en Watts y en dolares.

<u>C.P. (H.P.)</u>	<u>EFICIENCIA NOMINAL XE</u>	<u>EFICIENCIA PROMEDIO INDUSTRIALES</u>	<u>AHORRO EN WATTS</u>	<u>AHORRO EN DOLARES</u>
1	84.0	76.5	87	\$ 50
1 1/2	85.5	78.5	116	66
2	86.5	80.8	122	70
3	88.5	79.9	272	156
5	88.5	83.1	274	158
7 1/2	90.2	83.8	474	272
10	90.2	85.0	506	292
15	91.7	86.5	734	422
20	92.4	87.5	904	520
25	93.0	88.0	1139	656
30	93.0	88.1	1338	770
40	93.6	89.4	1498	862
50	93.6	90.4	1411	812
60	94.5	90.3	2203	1268
75	95.0	90.8	2724	1568
100	95.4	91.6	3245	1870
125	95.8	91.8	4243	2444
150	96.2	92.3	4912	2830
200	96.2	93.3	4819	2776
250	96.2	93.6	5390	3104
300	96.5	93.8	6676	3846

COMPARACION DE EFICIENCIA DE MOTORES RELIANCE ELECTRIC DE ALTA EFICIENCIA Y MOTORES NORMALES INDUSTRIALES, ASI COMO EL AHORRO EN WATTS Y EN DOLARES. (OPERACION 7200 HORAS/AÑO, \$0.08 DOLAR KWHR, MOTOR 4 POLOS, 1800 RPM.)

II.7 AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN LA OPERACION

Durante la operación de los motores eléctricos existen fenómenos que afectan la eficiencia del mismo. Por ejemplo, se puede mencionar que un motor de C.A. debe funcionar en forma

satisfactoria en las condiciones que a continuación se presentan:

a) Voltaje entre 90 y 110 % del nominal.

b) Frecuencia del 95% al 105% de la nominal.

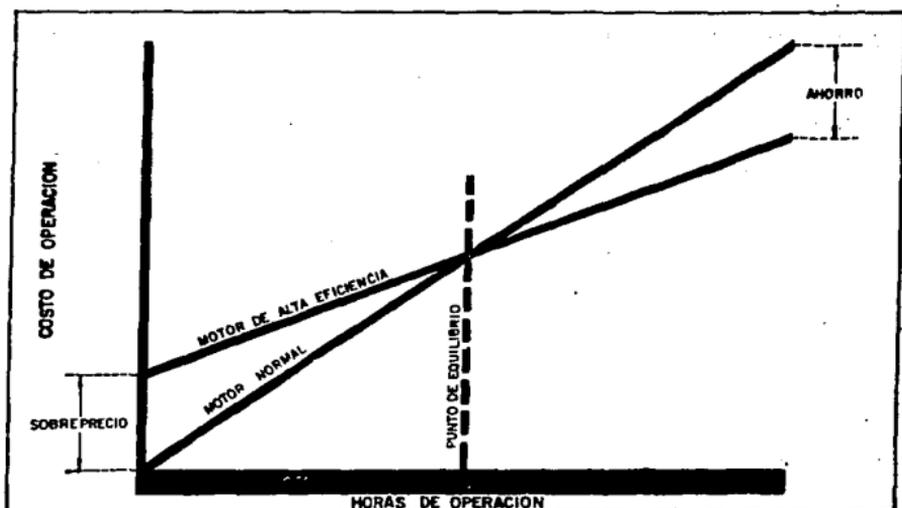


FIGURA 14A. GRAFICA QUE ILUSTRAS EL AHORRO POR USO DE MOTORES DE ALTA EFICIENCIA.

II.7.1 VARIACION DE VOLTAJE

Cuando el voltaje de alimentación al motor aumenta durante su operación, aumenta la corriente de magnetización, esto trae como consecuencia que el factor de potencia en un motor de inducción se

reduzca, porque el deslizamiento disminuye.

Cuando el voltaje de alimentación al motor disminuye durante su operación, y este se encuentra trabajando con carga nominal, la corriente de magnetización disminuye, teniendo el motor que consumir más corriente para poder atender a la carga.

La reducción en la eficiencia del motor debido a la aplicación de un voltaje alto o bajo a sus terminales puede corregirse, ya que la mayor parte de los problemas por bajo voltaje se deben a una caída excesiva en las líneas de alimentación del motor. Si la carga varía considerablemente en el transcurso del día, podría justificarse el uso de un cambiador automático de derivaciones para el transformador alimentador.

II.7.2 VOLTAJE DESBALANCEADO

El voltaje desbalanceado ocasiona una corriente desbalanceada, cuyo valor es más grande que el de aquella que circularía en condiciones de tensión en equilibrio. El nivel de desequilibrio en la corriente de plena carga será generalmente del orden de 6 a 10 veces el valor de desequilibrio del voltaje.

La eficiencia del motor decrece de manera notable a medida que aumenta el desequilibrio, como se puede observar en la figura 15, un desequilibrio del 3.5% se traducirá en un aumento en la pérdidas de aproximadamente un 25%, con el consiguiente incremento en la elevación de temperatura, de hecho un ligero desequilibrio en el voltaje aplicado, ocasionará un rápido aumento en la temperatura de operación del motor.

El desbalanceo de voltaje podría también provocar vibraciones

electromecánicas, que provocarían fallas en los rodamientos. Cabe mencionar que la distribución no uniforme de cargas monofásicas sobre un sistema de alimentación trifásico provocan desequilibrio de voltaje entre las diferentes fases. Cualquiera que sea la causa de desequilibrio, debe corregirse, ya que el motor al consumir corriente excesiva produce mayores pérdidas, por tanto reduce su eficiencia y acorta su vida útil.

% DE DESBALANCEO = (VOLTAJE MAYOR - VOLTAJE MENOR) / VOLTAJE MAYOR.

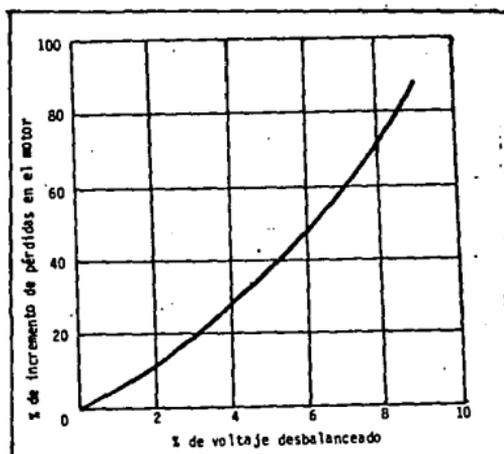


FIGURA 15. INCREMENTO DE LAS PERDIDAS CON EL VOLTAJE DESBALANCEADO

II.8 EFECTOS DE LA CARGA

De la mayoría de los motores instalados en la industria pocos motores operan a su carga nominal, por lo que la eficiencia, el factor de potencia y la corriente de placa no son aplicables, toda

vez que estos valores se suelen suponer en condiciones de "plena carga o nominal". Generalmente los fabricantes ponen a disposición de los usuarios hojas de datos a varios puntos de la carga.

De esta manera al evaluar los ahorros potenciales que podrían obtenerse con diferentes diseños de motores, es mejor basarse en los valores de eficiencia y factor de potencia, que corresponden a la carga real en cuestión. Por ejemplo, supóngase una aplicación en una bomba que requiere un motor de 40 C.P. y cuatro polos. La eficiencia de un motor standard es de 89.3% y la de un motor de alta eficiencia del 92.0% ambos a plena carga. En operación continua, el ahorro de energía será de 8590 KWh. Pero resulta que en la realidad el motor solo opera a 3/4 de carga y las eficiencias respectivas a este valor de carga son del 88.0 y el 92.4% respectivamente. Con estos valores, el ahorro alcanza los 14,145 KWh anuales. De esto depende la influencia que tiene la carga del motor en el ahorro de energía.

II.9 CALCULO DE PERDIDAS

Si se cuenta con datos de eficiencia de un motor de inducción en dos puntos de carga cualesquiera, es posible calcular las pérdidas para cualquier valor de la carga. Estos cálculos indican que elegir un motor de modo que funcione con carga cercana al 100% de su potencia nominal quizá no sea la solución más económica. El hacer funcionar motores a su máxima eficiencia es una práctica de ingeniería importante que permite una considerable economía. Hay en la actualidad motores de alta eficiencia que tienen un precio más elevado, pero la reducción en las pérdidas ayuda a

amortizar su costo inicial más alto. Es importante determinar las pérdidas en cualquier motor para un valor dado de carga, se desea seleccionar el motor más conveniente en cuanto a costo para una aplicación dada. Por lo general, los fabricantes indican las eficiencias para 100% y 75% de la carga nominal. Las pérdidas correspondientes se calculan mediante las fórmulas que se indican:

$$W_{100N} = (0.746)(1)(C.P.)(1/\eta_{100N} - 1) \dots 1$$

$$W_{75N} = (0.746)(0.75)(C.P.)(1/\eta_{75N} - 1) \dots 2$$

donde: W_{100N} Pérdidas de potencia al 100% de carga.

W_{75N} Pérdidas de potencia al 75% de carga.

0.746 Equivalencia en KW de 1 C.P.

C.P. Potencia nominal del motor en C.P.

η_{100N} Eficiencia a plena carga (100%)

η_{75N} Eficiencia al 75% de carga.

A continuación se presenta por pasos la forma en que se calculan dichas pérdidas.

Primer paso. Se determinan las pérdidas a plena carga (W_{100N}) y al 75% de la carga (W_{75N}).

Segundo paso. Las pérdidas principales en los motores son de 2 tipos: fijas y variables. Se supone que las pérdidas fijas no cambian entre las condiciones desde vacío hasta plena carga. Esto no es totalmente cierto, pero si muy aproximado, por lo cual los errores que se cometen son mínimos. Entre tales pérdidas se incluyen las magnéticas en el acero, el efecto de fricción en los rodamientos y las pérdidas por roce con el aire dentro del motor.

Las pérdidas variables son las de carácter eléctrico por perturbaciones en la carga, en los conductores del estator y rotor, la cuales varían en proporción al cuadrado de la corriente con resistencia esencialmente constante, de esta manera podemos aproximar:

$$W_{100\%} = [Y_{100\%}]^2 a + b \quad \dots 3$$

$$W_{75\%} = [Y_{75\%}]^2 a + b \quad \dots 4$$

donde:

Y = RELACION DE POTENCIA

Y = Potencia desarrollada (cp) / Potencia nominal (cp).

$$Y_{100\%} = 1.00$$

$$Y_{75\%} = 0.75$$

a Pérdidas variables (kW)

b Pérdidas fijas (kW)

sustituyendo los valores de Y, estas ecuaciones toman la forma :

$$W_{100\%} = a + b \quad \dots 5$$

$$W_{75\%} = 0.5625a + b \quad \dots 6$$

despejando las pérdidas variables

$$W_{100\%} - W_{75\%} = (1-0.5625)a = 0.4375a \quad \dots 7$$

$$a = \frac{W_{100\%} - W_{75\%}}{0.4375}$$

y despejando las pérdidas fijas

$$b = W_{100\%} - a \quad \dots 8$$

Ahora es posible obtener una fórmula para las pérdidas (W) a cualquier valor dado de carga, desde vacío a plena carga:

$$W = Y^2 a + b \quad \dots 2$$

utilizando los datos del ejemplo anterior, comprobamos los resultados de la fórmula anterior.

II.10 ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

Cuando se instala un motor a una altura mayor de 1000 m sobre el nivel del mar, la densidad del aire se reduce considerablemente lo cual trae como consecuencia una disminución en su capacidad de

	MOTOR ESTANDARD	MOTOR ALTA EFICIENCIA
CAPACIDAD (CP)	40	40
EFICIENCIA A PLENA CARGA	89.3 %	92.0 %
EFICIENCIA A 3/4 CARGA	88.0 %	92.4 %
W_{004} (de acuerdo a 1)	3.575 kW	2.595 kW
W_{75} (de acuerdo a 2)	3.052 kW	1.841 kW
a (de acuerdo a 7)	1.195	1.723
b (de acuerdo a 8)	2.380	0.872
W plena carga (de acuerdo con 9)	3.575 KW	2.595 KW
W 3/4 de carga (de acuerdo con 9)	3.052 KW	1.841 KW

SE OBSERVA QUE LOS RESULTADOS OBTENIDOS MEDIANTE LAS RELACIONES 1 Y 2 SON IGUALES Y SE DEMUESTRA QUE EL MOTOR DE ALTA EFICIENCIA PRESENTA MENORES PERDIDAS TRABAJANDO A 3/4 DE CARGA, PONIENDO DE MANIFIESTO EL PAPEL IMPORTANTE QUE JUEGA LA CARGA DEL MOTOR EN EL AHORRO DE ENERGIA.

enfriamiento y, por tanto, de una mayor elevación de temperatura del propio aire de enfriamiento y de las diversas partes que configuran el motor.

La altitud en la instalación de motores eléctricos es otro factor que a menudo no se toma en cuenta. A grandes altitudes, el aire es menos denso y menos eficaz para el enfriamiento; esto permite que en casi todos los motores la temperatura aumente en un 5% por cada 300 m (1000 pies) de altitud, por lo que debe considerarse al seleccionar un motor.

II.11 ARRANQUES FRECUENTES

Otro elemento que hay que tomar en cuenta es el número de arranques que sufre un motor, porque el efecto de calentamiento en un motor depende de la intensidad de corriente requerida para el arranque. Cuando más tiempo se necesite para acelerar la carga hasta su velocidad normal de funcionamiento, más calor se producirá en el motor. El tiempo total de arranque depende principalmente del tipo de la carga o máquina que se debe acelerar.

Cuando se efectúa el arranque de un motor, la temperatura se eleva muy rápidamente en los devanados del estator y rotor. Ocurre muy poca transferencia de calor desde los devanados hasta el núcleo de acero circundante. Además los ventiladores impulsados por el eje del motor son poco eficaces hasta que el motor adquiere su velocidad nominal. Como resultado, si se realizan arranques frecuentes la temperatura excederá los límites térmicos de los

devanados del estator y rotor, y como consecuencia el motor no podrá someterse a plena carga por el calor desarrollado en los devanados durante los arranques.

Los ahorros de energía que se logran deben equilibrarse contra la posible reducción en la vida útil del motor, ya que muchas veces, la duración efectiva de un motor es determinada no sólo por el número total de horas que ha trabajado, sino también por el número de arranques que ha tenido.

11.12. AHORRO DE ENERGIA EN EL MANTENIMIENTO

Hay otros factores ambientales que afectan la eficiencia. Aún cuando son más difíciles de medir, su efecto sobre el compartimiento del motor puede ser determinante. En general tales factores caen en la categoría de las condiciones de mantenimiento, y aunque una máquina eléctrica haya sido diseñada y fabricada en forma cuidadosa, la confiabilidad final y el grado de ausencia de fallas en su vida, depende de un cuidadoso mantenimiento.

Las principales fuentes de fallas son la humedad, el aceite o grasa sucios y el desgaste de partes móviles. Por ejemplo, la acumulación de suciedad en el rotor y estator, reducirá el flujo de aire de enfriamiento y puede originar sobrecalentamiento. Esto a su vez puede ocasionar el deterioro del aislamiento.

II.12.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo consiste en limpiar, lubricar, observar y hacer ajustes menores para que la operación del equipo pueda ser ininterrumpida:

-Se debe limpiar de polvo los devanados, para que no ocasione falsos contactos y/o flamazos, así como el polvo adherido a la carcasa de los motores a fin de no disminuir la eficiencia de enfriamiento.

-Se deben engrasar los rodamientos, que tienen graseras con la calidad, cantidad y con los intervalos que señala el manual de operación del motor. La frecuencia real con la que un rodamiento debe ser limpiado y llenado con grasa nueva depende de las condiciones bajo la cuales el motor haya estado operando, pero en cualquier caso, dicha operación deberá hacerse a intervalos que no excedan de 1000 horas de trabajo.

-Se hacen observaciones de la corriente, vibraciones, ruido y temperatura de carcasa.

-Se recomienda semanalmente revisar que las entradas y salidas de aire estén libres de polvo ó suciedad.

-Todas las observaciones y los ajustes efectuados deben anotarse en "Reportes de mantenimiento" y estos se usan como base para programar paros y llevar a cabo el mantenimiento correctivo.

II.12.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo consiste como indica la palabra en hacer correcciones al motor, como por ejemplo : reembobinarlo, cambiar rodamientos, etc.

Otro problema que se presenta es el efecto producido por la reparación ó reembobinado de un motor al que se le quemó el devanado durante el mantenimiento correctivo, porque el proceso que se utiliza para quemar el devanado anterior puede

ocasionar un incremento en las pérdidas en el hierro, ya que si la temperatura de quemado es excesiva; es decir superior a los 400° C pueden degradarse las propiedades magnéticas y la resistencia interlaminar, lo cual daría como resultado un motor con eficiencia más baja después del rebobinado.

El cambio de rodamientos así como el rebobinado requiere un cierto grado de destreza y sólo debe confiarse a una persona competente.

El ahorro de energía en motores eléctricos se puede obtener al reducir las pérdidas de potencia desde el diseño, manufactura, selección, operación y mantenimiento.

Con esto logramos un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica suministrada, nuestra productividad aumenta al disminuir los costos por consumo eléctrico y mantenemos nuestro equipo en condiciones óptimas de trabajo.

III AHORRO DE ENERGIA EN ALUMBRADO

CONTENIDO

- III.1 ANTECEDENTES.**
- III.2 NOCIONES BASICAS.**
- III.3 MAGNITUDES Y UNIDADES EN ILUMINACION.**
- III.4 COLOR.**
 - III.4.1 INDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (IRC).**
 - III.4.2 TEMPERATURA DE COLOR.**
- III.5 AHORRO DE ENERGIA EN LA SELECCION DE LA LAMPARA MAS EFICAZ.**
 - III.5.1 LAMPARAS INCANDESCENTES CONVENCIONALES.**
 - III.5.2 INCANDESCENTES HALOGENAS.**
 - III.5.3 LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO BAJA PRESION.**
 - III.5.3.1 TUBOS FLUORESCENTES DE ALTA FRECUENCIA.**
 - III.5.4 LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO ALTA PRESION.**
 - III.5.5 LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO.**
 - III.5.6 LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION.**
- III.6 GUA DE APLICACIONES DE ALUMBRADO.**
- III.7 TIPOS DE LAMPARAS RECOMENDADAS PARA EL AHORRO ENERGETICO.**
 - GUA DE APLICACION.**
- III.8 PASOS BASICOS PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO.**

III.1 ANTECEDENTES

En la época actual, la energía eléctrica constituye una realidad cotidiana que, en algunos casos de manera desapercibida, interviene en casi todas nuestras actividades cotidianas, ya sea produciendo movimiento, frío ó calor, facilitando los medios de comunicación, desarrollando tecnología para mejorar los medios de vida, o sencillamente -y no por eso menos importante- generando luz.

La iluminación es para todos nosotros una realidad que nos acompaña en el hogar, en el trabajo, en la calle; es decir en la vida cotidiana.

Así, la luz natural es reemplazada o complementada por la luz artificial. Sin embargo, nuestro mundo está cambiando por la escasez de energía, influyendo cada vez más en nuestras costumbres, las cuales tendrán que adaptarse a esta realidad. Por eso, será imprescindible reducir la demanda de energía; pero no necesariamente ahorro de energía quiere decir limitación de la calidad de vida.

Durante los años 70's y 80's, al hacer conciencia del uso racional de energía debido al aumento en el costo de ésta, el sector de la iluminación viene desarrollando un gran esfuerzo para poder producir fuentes de luz más eficaces, desarrollando también nuevos equipos de alumbrado para los distintos sectores (residencial, industrial, agrícola, público, ornamental).

Hay que recordar, que la eficiencia energética en los

sistemas de iluminación no dependen exclusivamente de las fuentes de luz, y que el objetivo principal de un sistema de alumbrado es aportar una iluminación de calidad en cantidad suficiente para poder resolver una tarea visual con comodidad para poder proporcionar seguridad. Así, la calidad de la iluminación y la eficiencia energética de la instalación de alumbrado dependen necesariamente, del diseño del sistema, entendido éste como la óptima solución capaz de integrar el espacio a iluminar, los requerimientos visuales, la fuente de luz y sus equipos asociados, la luminaria y el sistema de control.

III.2 NOCIONES BASICAS

La luz es una forma de energía que puede transmitirse desde un punto a otro sin necesidad de soporte material. Esta transferencia de energía no es sino un caso particular de otra más amplia que se conoce como radiación electromagnética y que se define como el transporte de energía por medio de ondas electromagnéticas a través del espacio. La radiación electromagnética, por su naturaleza ondulatoria, queda caracterizada por las siguientes magnitudes:

- velocidad de propagación (c) en el espacio 300 km/s.
- frecuencia (f) Número de oscilaciones del campo electromagnético en la unidad de tiempo . Unidad Hertz (Hz).
- período (T) Tiempo en segundos, durante el cuál se efectúa una oscilación.
- longitud de onda (λ) Distancia recorrida por la onda durante un período. Su unidad de medida más generalizada es el nanómetro. ($nm = 10^{-9}$ m).

La parte visible del espectro electromagnético ocupa una pequeña franja del mismo, dentro de la cual el ojo humano distingue las diferentes longitudes de onda por los diversas sensaciones de color que originan. Así el espectro visible está formado por las siguientes radiaciones:

<u>TIPO DE RADIACION</u>	<u>LONGITUD DE ONDA (nm)</u>
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566

TIPO DE RADIACION LONGITUD DE ONDA (nm)

Amarillo 566-569

Naranja 589-627

Rojo 627-760

Los límites señalados no son estrictos, sino que existen en ellos las mezclas de color o transiciones entre dos colores. Ya que en general existe un solape entre las distintas radiaciones.

III.3 MAGNITUDES Y UNIDADES EN ILUMINACION

Flujo luminoso. Es la cantidad de luz emitida por una fuente de luz en cualquier dirección, por unidad de tiempo. Su unidad es el lumen (lm).

Eficiencia luminosa. Indica el rendimiento con que una determinada fuente de luz convierte energía eléctrica en energía luminosa. Se obtiene dividiendo el flujo luminoso en lúmenes producido por una determinada lámpara por su potencia en Watts. Su unidad por tanto es lumen por Watt (lm/W).

Intensidad luminosa. Puede describirse como la fuerza de luz en una dirección determinada. Más técnicamente es el flujo luminoso emitido dentro de un cono en una dirección determinada dividido por el ángulo sólido de dicho cono. Su unidad es la candela (cd).
1 candela = 1m/sr.

Ángulo Sólido. Ángulo tendido hacia abajo del centro de una esfera de una área de superficie numéricamente igual al cuadrado del radio. Unidad estereoradián. (sr).

Nivel de iluminación o Iluminancia. Es la cantidad de flujo luminoso que incide en una superficie por unidad de área.

Unidad lux (lx).

Una superficie de 1 m² en la que incide un flujo de 1 lm, tiene la iluminancia de 1 lx. 1 lx = 1lm/m².

III.4 COLOR

Existen dos cualidades que definen las propiedades de color de una fuente de luz:

-La apariencia de color de la fuente, es decir, el color que presenta la propia fuente de luz.

-La reproducción cromática obtenida con una fuente de luz determinada o lo que es lo mismo, cómo son reproducidos los colores de los objetos iluminados por esa fuente de luz.

III.4.1 INDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (IRC).

La capacidad de reproducción cromática de los objetos iluminados con una fuente de luz, se caracteriza por medio del índice de rendimiento de color (IRC). Este índice ofrece una indicación de la capacidad de la fuente de luz para producir una muestra de colores normalizados, en comparación con la reproducción proporcionada por una luz patrón de referencia.

En la siguiente tabla se especifican los Índices de Rendimiento de Color Mínimos de las fuentes de luz, expresados por grupos de calidad según el Comité Español de Iluminación (CIE). (1 buen IRC; 2 normal IRC; 3 mediocre IRC):

<u>GRUPO DE RENDIMIENTO</u>	<u>VALORES EXTREMOS DEL</u>
<u>COLOR</u>	<u>IRC</u>
1	≥ 85
2	70-85

GRUPO DE RENDIMIENTOVALORES EXTREMOS DELCOLORIRC

3

≤ 70

Nota :Convencionalmente el IRC varía de 0 a 100.

III.4.2 TEMPERATURA DE COLOR.

Se sabe que la mayoría de los cuerpos, calentados hasta una temperatura suficientemente alta emiten una luz rojiza y a medida que la temperatura aumenta, la luz emitida se va haciendo más blanca. Así, el parámetro que caracteriza la tonalidad de luz emitida recibe el nombre de-temperatura de color.

La equivalencia práctica entre apariencia de color y temperatura de color se establece convencionalmente según la tabla siguiente :

APARIENCIA DE COLOR	TEMPERATURA DE COLOR (°K)
Calida	< 3,300
Intermedia	3,300 - 5,000
Fria (luz de día)	> 5,000

Dos aspectos prácticos en los que juega un papel decisivo la temperatura de color son los siguientes:

-A medida que aumenta el nivel de iluminación, también debe de hacerlo la temperatura de color. Así la experiencia demuestra que con iluminancias bajas se prefiere fuentes cálidas y a la inversa con iluminancias altas se prefiere fuentes de luz frías.

-La utilización simultánea de fuentes de luz con temperaturas de color diferentes está totalmente desaconsejada, puesto que causa perturbaciones visuales.

III.5 AHORRO DE ENERGIA EN LA SELECCION DE LA LAMPARA IDONEA MAS EFICAZ

La efectividad energética de una instalación de alumbrado está ante todo condicionada por la eficacia (lúmenes por watt) del tipo de lámpara utilizada. A continuación se describen algunos tipos de lámparas más comunes.

III.5.1 LAMPARAS INCANDESCENTES CONVENCIONALES.

Las lámparas incandescentes generan luz como consecuencia del paso de corriente a través de un filamento conductor, de modo que su temperatura se eleva, dando origen a la emisión por termorradiación. Una gran parte de la energía eléctrica absorbida por la lámpara se pierde en calor, lo que da lugar a una eficacia luminosa muy reducida (10-20 lm/W).

COMPONENTES

Filamento. Fabricado en Tungsteno; tiene un punto de fusión de 3,653 °K. Su temperatura de operación es de alrededor de los 3000°K, para asegurar una duración adecuada.

Ampolla. En general de vidrio soplado, las formas más comunes son: Pera (standard), esférica, globo, vela, tubular.

En cuanto a la transparencia las ampollas pueden ser: clara, mateada y/o polizada, estas dos últimas producen una disminución del flujo luminoso a (1% y 8% respectivamente) pero consiguen reducir de manera significativa la luminancia de la lámpara clara y por tanto su deslumbramiento.

Gas de llenado. Tienen el objeto de atenuar la volatización de

Tungsteno del filamento; se emplean como gases de llenado : Argón, Kriptón, Xenón.

Casquillo. Entre los diversos tipos existentes destacan: E, rosca Edison; B, bayoneta o swan.

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO.

Encendido. Funcionan a cualquier tensión de la red, aunque lógicamente sólo ofrecen sus prestaciones nominales cuando se conectan a la tensión nominal.

No precisan de equipos auxiliares, ni para el encendido ni durante su funcionamiento. Tanto el encendido como el reencendido son instantáneos.

Temperatura de color. Del orden de 2,700 °K (Cálida).

Duración En las lámparas de incandescencia el concepto de duración que se maneja es el de vida media, que corresponde al tiempo esperable de ruptura de filamento. Por lo tanto la vida media aproximada para este tipo de luminarias es de 1000 horas ¹

La tabla 1 muestra las características técnicas y energéticas de las lámparas incandescentes standard (tensión de alimentación a 220 V)

Limitaciones importantes.

- Reducida eficacia luminosa.
- Escasa duración.
- Operan a altas temperaturas.

¹ En los datos publicados sobre la vida de las lámparas se refiere al promedio de vida de un grupo de lámparas bajo condiciones de ensayo específicas y no pretenden ser una garantía del resultado de ninguna lámpara concreta.

Potencia (W)	Flujo (lm)	Eficiencia (lm/W)	Casquillo	Díámetro (mm)
25	250	10	E27	60
40	430	11	B22-E27	60
60	730	12	B22-E27	60
75	960	13	B22-E27	60
100	1.380	14	B22-E27	60
150	2.200	15	B22-E27	60
200	2.950	15	B22-E27	65
300	4.750	16	B22-E40	80
500	8.400	17	E27-E40	88
750	13.400	18	E40	110
1.000	18.800	19	E40	130
1.500	30.000	20	E40	170
2.000	40.000	20	E40	200

TABLA 1. DATOS DE LAMPARAS INCANDESCENTES (220 V)

-Las variaciones de voltaje las afectan en forma crítica.

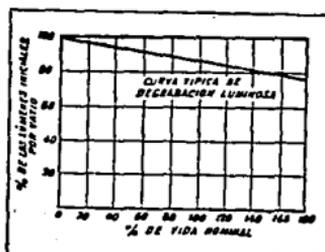


FIGURA 16. CURVA TÍPICA DE DEGRADACION LUMINOSA PARA UNA LAMPARA INCANDESCENTE.

III.5.2 INCANDESCENTES HALOGENAS.

Escencialmente son lámparas incandescentes que contienen un aditivo de halógeno o compuesto halogenado (generalmente yodo). El filamento trabaja a mayor temperatura que en las lámparas convencionales, lo que se traduce en una mayor emisión luminosa, con una mejora sustancial de la eficacia (20 lm/W) y una mayor temperatura de color (del orden de 3,000 - 3,200 ° K)

COMPONENTES.

Filamento. Tungsteno como en las convencionales.

Ampolla. De cuarzo para soportar las altas temperaturas que requieren el ciclo del halógeno. La forma de la ampolla es tubular (cilíndrico) y en general se emplea la ampolla clara aunque existen versiones mateadas y opalinas.

Gas de llenado. Kriptón y Xenón.

Casquillo. Los más frecuentes: Cerámicos (R), Edison (E), Espigas (G).

Características de funcionamiento.

-En cuanto al encendido se pueden considerar similares a las convencionales.

Duración. Vida media de 2,000 horas.

Temperatura de color. Aproximadamente 3,000 - 3,200 °K (Calida).

Índice de rendimiento de color 100.

La tabla 2 muestra las características técnicas y energéticas de las lámparas incandescentes halógenas.

Potencia (W)	Flujo ¹ (lm)	Casquillo	Longitud (mm)	Funcionamiento ²
100	1.650	R7S	78,3	U
150	2.500	R7S	78,3	U
200	3.200	R7S	117,6	U
250	4.100	R7S	78,3	U
300	5.100	R7S	117,6	U
500	9.500	R7S	117,6	U
1.000	22.000	R7S	189,1	H
1.500	33.000	R7S	254,1	H
2.000	44.000	R7S	334,4	H

¹ Para una vida media de 2.000 h.

² U: Universal - cualquier posición

H: Horizontal $\pm 4^\circ$

TABLA 2. DATOS DE LAMPARAS INCANDESCENTES HALOGENAS A 220 V.

Ventajas.

- Mayor duración (Vida media doble que las incandescentes convencionales).
- Mayor eficacia luminosa que las incandescentes convencionales.
- Factor de conservación del flujo luminoso más elevado, por la acción del halógeno en la pared de la ampolla.
- Sencillez de funcionamiento e instalación y ausencia de equipos auxiliares.
- Encendido y reencendido instantáneo.
- Excelente rendimiento de color.

Límitaciones.

- Para aplicaciones en las que se precisan altos niveles de iluminación general, su eficacia luminosa sigue siendo limitada, lo que conduce a la instalación de una potencia excesiva.
- Aportación de calor considerable a tener en cuenta ante su aplicación en interiores.
- Escasa duración. (Aunque mejora con respecto a las incandescentes convencionales).

III.5.3 LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO BAJA PRESION.

La lámpara fluorescente es un tipo de fuente de luz por descarga eléctrica, en la cual la luz se produce predominantemente por la fluorescencia del fósforo activado por la energía ultravioleta de un arco de mercurio. Consiste en un bulbo tubular que lleva sellado en cada extremo un electrodo, y en el interior vapor de mercurio a baja presión con una pequeña cantidad de gas inerte, argón o una mezcla de gases para el encendido. Las paredes

interiores del bulbo están revestidas de polvo fluorescente. Cuando se aplica la tensión apropiada, un flujo de electrones desplazándose a gran velocidad es impulsado desde uno de los electrodos y atraído por el otro. Las colisiones entre estos electrones y los átomos de Mercurio que se encuentran en su camino producen un estado de excitación cuyo resultado es la emisión de radiaciones ultravioleta (longitud de onda = 253.7 nm). El polvo fluorescente transforma esta energía ultravioleta en luz visible.

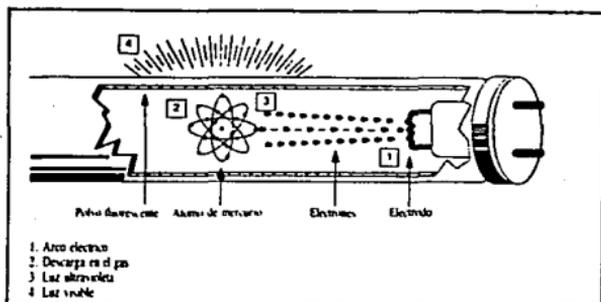


FIGURA 17. ESQUEMA BASICO DE UNA LAMPARA FLUORESCENTE

Las lámparas de descarga tienen una característica de resistencia negativa, es decir, que disminuye a medida que aumenta la corriente que por ellas circula. Debido a esto, es necesario utilizar un elemento limitador de dicha corriente de arco, para su conexión a la red, por lo que necesitan equipos arrancadores que suministren picos de tensión para el encendido.

Un balastro es un dispositivo magnético regulador de corriente que controla los parámetros eléctricos que hacen posible la operación

correcta de un lámpara fluorescente.

Las principales funciones que realiza un balastro son:

- 1.- Transforma el voltaje de línea al valor de voltaje de encendido y de operación necesario para cada tipo de lámpara, según sus especificaciones.
- 2.- Proporciona una cantidad específica de energía para calentar los cátodos de la lámpara.
- 3.- Controla la corriente de la lámpara manteniéndola dentro de los límites indicados en las especificaciones de la misma.
- 4.- En los balastros clasificados como de alto factor de potencia, el conjunto balastro-lámpara debe operar con un factor de potencia mayor de 0.9 para su operación más económica.

La cantidad de luz, la eficiencia de la lámpara fluorescente y la vida del conjunto balastro-lámpara dependen en gran medida de la calidad del balastro.

COMPONENTES:

Tubo de descarga. De vidrio. Este actúa como una envoltura hermética para la mezcla de gas y Mercurio, sirviéndose también de soporte a la cubierta interna de Fósforo. La forma del tubo puede ser recta, en "U" ó circular de diversos diámetros.

Electrodos. Fabricados en Tungsteno, normalmente en doble espiral y recubiertos por sustancias emisivas de electrones. De su calidad depende la duración de la lámpara, puesto que cuando uno de los electrodos pierde esta sustancia, la lámpara no consigue encenderse.

Gas de llenado. Las funciones que realiza el gas de llenado, son

los siguientes:

-Facilitar el inicio de la descarga, por su reducción de la tensión de encendido.

-Reducir el recorrido libre medio de los electrones, para aumentar su probabilidad de colisión con los átomos de Mercurio.

Los gases comúnmente empleados son: Argón y Kriptón ; además de estos gases se requieren unas gotas de Mercurio.

Fósforos. Este recubrimiento transforma la energía de 253.7 nm en luz, la lámpara fluorescente deriva su nombre del hecho de que este Fósforo fluoresce; la composición química del Fósforo determina el color de luz producida.

Encendido. Existen 3 tipos básicos de encendido:

Encendido por precalentado. Este tipo de arranque para lámpara fluorescente utiliza un circuito de arranque a fin de precalentar los electrodos; el sistema requiere de un reactor y un arrancador o botón manual de arranque.

Encendido instantáneo. Se desarrolló para eliminar el inconveniente de utilizar un arrancador y reducir el largo tiempo de arranque del sistema por precalentamiento. El circuito de arranque se elimina al utilizarse un reactor que proporciona un mayor voltaje de arranque que permite arrancar en frío.

Encendido rápido. Con precalentamiento de electrodos, utilizado en los tubos de arranque rápido. El calentamiento de los electrodos proviene del propio balastro y existe además una ayuda al encendido, consistente en una banda metálica externa conectada a uno de los electrodos, que juega el papel de

electr6do auxiliar.

Temperatura de color. Existen tubos fluorescentes en las 3 tonalidades b6sicas, si bien las denominaciones cambian con relaci6n a los generales (c6lida, intermedia, fría). Los t6rminos utilizados y algunos valores t6picos de temperatura de color son los siguientes:

<u>DESIGNACION</u>	<u>TEMPERATURA DE COLOR (⁰K)</u>
Blanco c6lido	2,700 - 3,000
Blanco	4,000 - 5,000
Luz de día	5,300 - 6,500.

Valor del IRC. 85.

Duraci6n. Las l6mparas fluorescentes se extinguen cuando desaparece la sustancia emisiva de uno de los electrodos. Así la duraci6n de la l6mpara es funci6n del n6mero de encendidos, dado que cada arranque supone la p6rdida de una pequeña parte de sustancia emisiva.

Los ensayos de duraci6n se basan en periodos de 3 horas de conexi6n por encendido (8 encendidos/día) y ofrecen un resultado de vida media del orden de las 10,000 horas.

Su vida útil se establece en 7,500 horas con un flujo inicial. Esta vida útil supone un r6gimen de funcionamiento de la l6mpara igual al indicado anteriormente. Ver figura 18.

La tabla 3 muestra las característicás técnicas y energéticas de los tubos fluorescentes.

Ventajas.

a) Buen rendimiento luminoso, que puede llegar hasta los 70 lúmenes

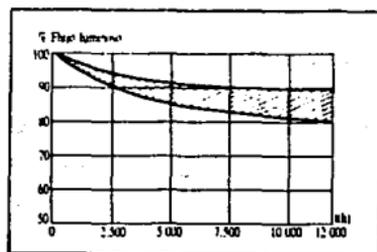


FIGURA 18. DEPRECIACION DEL FLUJO LUMINOSO.

Potencia (W)	Apariencia color (K)	Flujo (lm)	I.R.C.	Longitud (mm)
18	6.000	1.300	85	590
18	4.000	1.450	85	590
18	3.000	1.450	85	590
18	2.700	1.450	85	590
36	6.000	3.250	85	1.200
36	4.000	3.450	85	1.200
36	3.000	3.450	85	1.200
36	2.700	3.450	85	1.200
58	6.000	5.200	85	1.500
58	4.000	5.400	85	1.500
58	3.000	5.400	85	1.500
58	2.700	5.400	85	1.500

TABLA 2. DATOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES A 220 V

por Watt es decir 4 ó 5 veces mayor que las lámparas incandescentes de igual potencia, por lo cual se consideran entre las más eficaces de las fuentes luminosas disponibles hoy en día.

b) Variedad de los tonos de luz.

c) Calidad en ciertos tonos de luz de tener una distribución espectral muy parecida a la luz natural.

Desventajas.

Presentan la desventaja de que se requieren de elementos

auxiliares para el encendido (alimentador ó reactor y arrancador) requiere de mayor espacio para su instalación por lo que a igualdad de potencia con una lámpara incandescente su costo puede ser de 10 a 15 veces mayor.

III.5.3.1 TUBOS FLUORESCENTES DE ALTA FRECUENCIA.

Como se observa en la figura 19, si la frecuencia de alimentación de la lámpara fluorescente se eleva por encima de 1.5 KHz, manteniendo constante la potencia, su flujo luminoso se incrementa en un 10%.

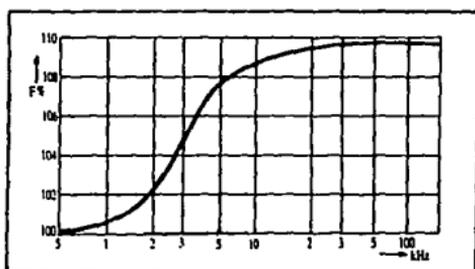


FIGURA 19. INFLUENCIA DE LA FRECUENCIA EN EL FLUJO LUMINOSO

El encendido se realiza mediante el precalentamiento de electrodo producido por un balastro electrónico. Este mismo balastro (de reducidas pérdidas) asegura la estabilización de la descarga. Este balastro electrónico convierte la frecuencia de la red (60 Hz) en frecuencias superiores a 25 KHz (del orden de los 28 KHz).

En las lámparas fluorescentes de alta frecuencia se ha seguido el criterio de mantener el flujo luminoso en valores similares a los de las lámparas convencionales y reducir su potencia, de este modo

se consiguen valores de eficacia luminosa de hasta 104 lm/W.

La tabla 4 muestra las características técnicas y energéticas de los tubos fluorescentes de alta frecuencia.

Potencia (W)	Apariencia color (K)	Flujo (lm)	I.R.C.	Longitud (mm)
16	3.000	1.400	85	590
16	4.000	1.400	85	590
32	3.000	3.200	85	1.200
32	4.000	3.200	85	1.200
50	3.000	5.200	85	1.500
50	4.000	5.200	85	1.500

TABLA 4. DATOS DE LAMPARAS DE ALTA FRECUENCIA A 220 V.

Ventajas.

Las más destacables son:

- Su excelente adaptabilidad al alumbrado de interiores.
- Su elevada eficacia luminosa, que permite satisfacer altos niveles de iluminación, con prestaciones energéticas muy favorables y reducida potencia instalada por unidad de superficie.
- La larga duración de lámparas y equipos auxiliares.
- El encendido y reencendido rápido.
- La reducida aportación calorífica.

Desventajas.

- Son poco adaptables al alumbrado en exteriores.
- Bajo factor de potencia, que se corrige mediante condensadores de compensación, usualmente incorporados en las luminarias.

III.5.4 LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO. ALTA PRESION.

Las lámparas de Mercurio, pertenecen a las conocidas bajo el

nombre de lámparas de descarga eléctrica, en las cuales la luz se produce por el paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o un gas, en vez de por un hilo de Tungsteno. La aplicación de un potencial eléctrico ioniza el gas y permite que la corriente pase entre dos electrodos colocados en los extremos opuestos de la lámpara. Los electrones que forman el chorro de corriente, o "arco de descarga" se aceleran a enormes velocidades; al entrar en colisión con los átomos del gas o vapor, alteran momentáneamente la estructura atómica de estos, produciéndose la luz por la energía desprendida cuando los átomos alterados vuelven a su estado normal. Las fuentes de descarga eléctrica tienen una resistencia de característica negativa y requieren un elemento limitador de dicha corriente.

En las lámparas de Mercurio a alta presión (de 2 - 4 bar), el "gas" es Mercurio, que a la temperatura ambiente es un líquido y puede verse formando pequeñas gotitas en la superficie interior de la pared de una lámpara apagada. Para facilitar el encendido, se introduce una pequeña cantidad de gas Argón; el arco inicial salta a través del Argón y su calor comienza a vaporizar el Mercurio, que se convierte gradualmente en conductor.

Componentes.

Tubo de descarga. De Cuarzo, para soportar la alta temperatura registrada en el mismo (750°C) durante su funcionamiento. Su forma es cilíndrica, con los extremos semiesféricos y contiene 2 electrodos principales (uno de cada lado), un electrodo auxiliar y el gas de llenado junto con la dosificación exacta de Mercurio

para que todo el se vaporice cuando la lámpara alcance su característica de régimen.

Electrodos principales. Contienen una base de Tungsteno en espiral, recubierta por sustancias emisoras de electrones.

Electrodo auxiliar. Es un simple hilo de Tungsteno o Molibdeno, colocado muy próximo a un electrodo principal, pero conectado al polo opuesto, a través de una resistencia de 10 a 30 Ω .

Gas de llenado. Normalmente Argón y en ocasiones Argón con Neón.

Ampolla exterior. De vidrio endurecido, diseñado para soportar temperaturas del orden de 350°C. Las formas frecuentes son :Ovóide, globo, parabólica reflectora.

Encendido. Estas lámparas arrancan a la tensión de red, con la ayuda del electrodo auxiliar. En el encendido, la tensión de suministro se aplica entre los dos electrodos principales, pero la distancia entre ellos es demasiado grande para iniciar la descarga. Simultáneamente, esa misma tensión aparece entre el electrodo auxiliar y el principal adyacente, de modo que se produce una descarga entre ellos, limitada por la resistencia del electrodo auxiliar. Esta pequeña descarga ioniza el Mercurio y provoca el establecimiento de la descarga entre los electrodos principales. El tiempo total de encendido es del orden de 4. a 5 minutos.

Reencendido. La alta presión hace imposible el reencendido inmediato. Así, es preciso un periodo de 3-6 minutos para reducir la presión a los valores requeridos, antes de reiniciar el funcionamiento.

Temperatura de color. 3,500 - 4,500 ° K (intermedia).

Rendimiento de color. Normalmente 40-45, aunque existen lámparas con reproducción cromática mejorada que alcanzan el valor del IRC 60.

Duración. Su vida media, como en las lámparas fluorescentes, dependen de la pérdida de materia emisora de los electrodos, y se establece en cifras del orden de 24,000 horas.

La tabla 5 muestra las características técnicas y energéticas de las lámparas de vapor de Mercurio alta presión.

A

Potencia (W)	Flejo (lm)	Casquillo	Anchura (mm)	Longitud (mm)
50	1.800	E27	56	120
80	3.700	E27	72	150
125	6.300	E27	77	177
250	13.500	E40	92	227
400	23.000	E40	122	292
700	42.000	E40	141	324
1.000	60.000	E40	168	400

B

Potencia (W)	Flejo (lm)	Casquillo
50	2.000	E27
80	4.000	E27
125	6.500	E27
250	14.000	E40
400	24.000	E40

* Dimensiones iguales al caso (A).

TABLA 5. DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO ALTA PRESION.

◻ LAMPILLA OVOIDE (IRC 40/45). ◻ LAMPILLA OVOIDE (IRC 55/60).

Ventajas y limitaciones.

Las lámparas de vapor de Mercurio alta presión, han sido las

primeras lámparas de descarga de alta intensidad utilizadas de forma masiva, en toda serie de aplicaciones en la que importa fundamentalmente la cantidad de luz.

Este tipo de lámparas presentan las siguientes ventajas:

-Equipo auxiliar muy sencillo (balastro y condensador de compensación) y costos de inversión moderados.

-Alternativa, casi única, en aquellas aplicaciones en que la altura de implotación obliga a utilizar lámparas de alta intensidad y además se desea crear un ambiente frío.

-Reproducción fiable de los colores verdes, lo que las hace adecuadas para alumbrado exterior en parques y jardines.

En cuanto a limitaciones, ya se ha indicado su menor eficacia luminosa.

Nuevas perspectivas y características de desarrollo.

No existen nuevos desarrollos de estas lámparas a excepción de la mejora del rendimiento de color como consecuencia de la mejora de las sustancias fluorescentes.

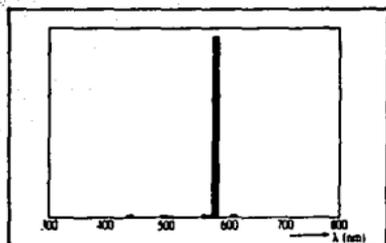
III.5.5 LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO.

La descarga en vapor de Sodio baja presión es muy similar a la de Mercurio baja presión, con la diferencia de que la temperatura en el tubo de descarga es más elevada (260°C) para asegurar la vaporización del Sodio.

Su característica fundamental es que alrededor del 90% de la radiación emitida se verifica en la banda de 589-589.6 nm, correspondiendo el resto, casi en su totalidad, al infrarojo corto. Este pico de radiación monocromática amarilla está muy

próximo al máximo de la curva de sensibilidad espectral del ojo, lo que convierte a esta lámpara en la más eficaz de las fuentes de luz existentes.

A



B

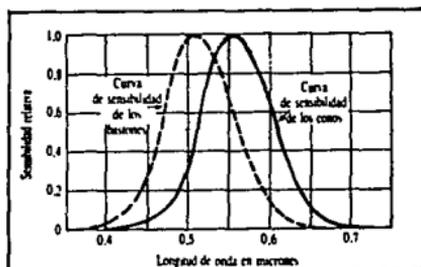


FIGURA 20. a) ESPECTRO LUMINOSO DEL SODIO BAJA PRESION. b) SENSIBILIDAD ESPECTRAL DEL OJO HUMANO¹.

COMPONENTES:

Tubo de descarga. De vidrio duro, recubierto en su cara interior por una capa de vidrio tratada con boratos resistentes al Sodio (que es agresivo con el vidrio normal). El tubo contiene los electrodos, el Sodio y el gas de llenado.

Electrodos. De hilo grueso de Tungsteno en doble espiral, recubierto por sustancias emisivas (óxidos de metales alcalino-térreos). La construcción de los electrodos está pensada

¹ Si nos referimos únicamente a la curva de visión diurna (derecha), se observa que la respuesta visual es máxima en la zona verde-amarilla del espectro visible, correspondiendo a una longitud de onda de 555 nm. Esta condiciona la eficiencia de las fuentes de luz, siendo más eficientes aquellas fuentes de luz que consigan emitir la mayor parte de su radiación luminosa en la proximidades de la longitud de onda que corresponde a la máxima sensibilidad espectral.

para aumentar su duración a pesar del elevado valor de la corriente de arco.

Gas de llenado. Habitualmente Neón, en ocasiones con un ligero contenido en Argón (1%) para reducir la tensión de encendido.

Ampolla exterior. De vidrio, en forma cilíndrica, recubierta internamente por una capa de óxido de Indio.

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO.

Encendido. Los electrodos no son precalentados (arranque en frío), por lo que la tensión de encendido es bastante elevada (400-600 V), lo que requiere la ayuda de un balastro autotransformador o un arrancador electrónico.

El inicio de la descarga, con el Sodio en estado sólido a temperatura ambiente, se verifica únicamente en la atmósfera de Neón, lo que proporciona el color rojo característico del encendido de estas lámparas; a medida que el Sodio vaporiza, el color evoluciona hacia el amarillo.

Reencendido. Exige un corto período de enfriamiento, aproximadamente 3 minutos, aunque existen dispositivos de reencendido instantáneo.

Temperatura de color y rendimiento de color.

Son características que no se ofrecen en este tipo de lámparas, en razón de la radiación monocromática amarilla que emiten. Se pueden calificar como apariencia de color cálida y sin prestaciones de reproducción cromática.

Duración. Su vida media está limitada por la desactivación de

los electrodos o las pérdidas de Sodio.

Su vida útil es del orden de 6,000 a 8,000 horas.

La siguiente tabla muestra las características técnicas energéticas de las lámparas de vapor de Sodio baja presión.

Potencia (W)	Flujo (lm)	Cesquillo	Díametro (mm)	Longitud (mm)
18	1.800	B22	52	216
35	4.800	B22	52	310
55	8.000	B22	52	425
90	13.500	B22	68	528
135	22.500	B22	68	775
180	32.000	B22	68	1.120

TABLA 6. DATOS DE LAMPARAS VAPOR DE SODIO BAJA PRESION. BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR.

Ventajas.

Eficacia luminosa: es la más elevada de todas las fuentes de luz, lo que convierte en lámparas con mayor aprovechamiento energético. Precio moderado (similar a las de alta presión). que iguala el precio de inversión en aquellas aplicaciones que no tengan especiales requerimientos de color (autopistas, puertos, aeropuertos, incluso alumbrado público) y donde la potencia instalada adquiere valores muy importantes.

Limitaciones. Fundamentalmente su nula reproducción cromática.

Nuevos desarrollos.

Los nuevos desarrollos de este tipo de lámparas van dirigidos exclusivamente a la mejora de la eficacia luminosa del conjunto (lámpara y equipos auxiliares). Fruto de estos desarrollos han aparecido nuevas lámparas de Sodio baja presión, cuyas características son las siguientes:

Potencia (W)	Flujo (lm)	Casquillo	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
18	1.800	B22	52	216
26	3.500	B22	52	310
36	5.700	B22	52	425
66	10.700	B22	68	528
91	17.500	B22	68	775
131	26.000	B22	68	1.120

TABLA 7. DATOS DE LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO BAJA PRESION. ALTA EFICIENCIA.

III.5.6 LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION.

COMPONENTES.

Tubo de descarga.

De óxido de aluminio translúcido, con un pequeño aditivo (0.2%) de óxido de Magnesio. Presenta una forma cilíndrica, de reducido tamaño, cerrada en sus extremos por discos de Aluminio o Niobio. Contiene los electrodos, el Sodio, el gas de llenado y incluye una pequeña porción de Mercurio.

Electrodos.

Construidos por una varilla de Tungsteno (o aleación de Tungsteno y Titanio), sobre la que se arrollan hilos de Tungsteno espirales, recubiertos de sustancias emisoras de electrones.

Gas de llenado.

Xenon, junto con el vapor de Mercurio y el del propio Sodio.

Ampolla exterior.

Generalmente de vidrio.

Casquillo.

En la mayoría de los casos, rosca Edison.

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO.

Encendido.

El método usual se basa en la utilización de un arrancador electrónico capaz de proporcionar impulsos de 2-5 kV, según la potencia de la lámpara, necesarios para asegurar la descarga.

El período de encendido, requiere un tiempo total que puede alcanzar unos 5-10 minutos, si bien hacia los 4 minutos, emite ya el 80% del flujo nominal.

Reencendido.

Exige un tiempo de espera muy breve, alrededor de 1 minuto, para lograr reducir las condiciones de presión, que permitan reiniciar la descarga. La posibilidad de reencendido inmediato en caliente se consigue mediante arrancadores especiales con picos de tensión de 30 a 60 KV.

Temperatura de color.

2,000 - 2,200 °K (Cálida).

Rendimiento de color.

Probablemente es éste el parámetro que más ha evolucionado durante los últimos años, adquiriendo valores cada vez más altos de IRC.

- 25 en lámparas convencionales.
- 65 y 80 en nuevos desarrollos.

Duración.

Su vida media está limitada fundamentalmente por la elevación de la tensión de arco, de la lámpara (factor al que contribuyen la desaparición de sustancia emisiva de los electrodos, la pérdida de

Sodio por reacción con los componentes del tubo de descarga y eventualmente por deterioro del propio tubo (fisuras, etc.). Se establece en unas 20,000 - 24,000 hrs.

Su vida útil es del orden de 8,000 - 12,000 horas, dependiendo del modelo de la lámpara y su utilización.

Características técnicas y energéticas.

La siguiente tabla muestra las características técnicas-energéticas para lámparas de Sodio de alta presión con IRC-25.

Potencia (W)	Flujo (lm)	Casquillo	Díámetro (mm)	Longitud (mm)
35	2.100	E27	72	158
50	3.300	E27	71	156
70	5.800	E27	71	156
100	9.500	E27-E40	76	186
150	13.500	E40	92	227
250	25.000	E40	92	227
400	47.000	E40	122	292
1.000	120.000	E40	168	400

TABLA 8. DATOS TECNICOS Y ENERGETICOS PARA LAMPARAS DE SODIO ALTA PRESION. AMPOLLA OVOIDE (IRC 25).

Ventajas.

Alta eficacia luminosa, que la convierte en la práctica, en la fuente de luz más eficaz para un gran número de aplicaciones. Elevadas vida media y útil, con un adecuado nivel de mantenimiento del flujo luminoso.

Pueden operar en cualquier posición de funcionamiento sin presentar problemas.

Limitaciones.

No consigue acercarse por el momento a los valores de reproducción cromática ofrecidos por las lámparas de halogenuros metálicos. lo que restringe su aplicabilidad en los casos en que este factor resulta prioritario.

Nuevos desarrollos.

Han aparecido en el mercado distintos desarrollos de las lámparas de Sodio alta presión,¹ que van en línea de mejorar su rendimiento de color (aún a costa de perder eficacia luminosa) y por otro lado, en mejorar alguna de sus prestaciones de funcionamiento como por ejemplo, el tiempo de reencendido.

Entre estos nuevos avances los más significativos son los siguientes:

-Lámparas de rendimiento de color mejorado (IRC 65).

Operan con una presión de vapor de Sodio más elevada, un arco más expandido y un tubo de descarga más corto y de mayor diámetro que las lámparas convencionales.

Las características son las siguientes:

<u>POTENCIA</u>	<u>FLUJO LUMINOSO</u>	<u>EFICACIA</u>
<u>W</u>	<u>lm</u>	<u>(lm/W)</u>
150	12,700	85
250	23,000	92
400	40,000	100

¹ Como las restantes lámparas de descarga, las de Sodio alta presión, presentan una característica tensión-corriente negativa, lo que significa que precisan un elemento limitador de intensidad en serie con la lámpara. En general, se utiliza un balastro de tipo inductivo.

Lámparas para iluminación comercial (IRC - 80)

Constituyen la última mejora en color dentro de las lámparas de Sodio alta presión y el primer paso hacia su introducción en la aplicaciones en las que el rendimiento de color es importante.

Precisan un balastro y un regulador electrónico con arrancador incorporado, que asegura la tensión adecuada a lo largo de la vida de la lámpara.

sus características son las siguientes:

<u>POTENCIA</u>	<u>FLUJO LUMINOSO</u>	<u>EFICACIA</u>
<u>W</u>	<u>lm</u>	<u>(lm/W)</u>
35	1,300	39
50	2,300	43
100	4,800	49

III.6 GUIA DE APLICACIONES DE ALUMBRADO

APLICACIONES DE ALUMBRADO DE INTERIORES.

Se pueden clasificar sectorialmente, indicando para cada sector los campos de utilización más representativos de la siguiente manera:

- Residencial.
- Comercial.
- Industrial.
- Institucional (Público y recreativo)

ALUMBRADO INTERIOR RESIDENCIAL.

La iluminación residencial cumple 2 objetivos:

- a) Proporcionar luz suficiente para realizar con comodidad las actividades domésticas, que pueden variar desde una tarea de dificultad visual a una iluminación de simple esparcimiento.
- b) Satisfacer el requisito anterior, de modo que el sistema de alumbrado este con armonía con el sentido estético y personal del espacio interior y sus componentes.

CRITERIOS DE DISEÑO.

Nivel de iluminación.

En prácticamente ningún caso se persigue la uniformidad, dado que la mayoría de las actividades se encuentran localizadas en puntos concretos.

Los niveles de iluminación orientativos son del orden de:

- 100 lux : Areas de estancia y circulación.
- 300 lux : Lectura ocasional y espejos.
- 500 lux : Estudio y planos de trabajo en cocina.

Lámparas.

- Incandescentes convencionales.
- Fluorescentes (tubos) fundamentalmente en cocinas.
- Halógenas de pequeña potencia (Tensión de red y baja tensión).
Con tendencia a desplazar a las incandescentes convencionales.

Sistemas de control.

Mayoritariamente a través de interruptores (Conexión/desconexión) y en ocasiones mediante reguladores de flujo, sobre todo en habitaciones de usos múltiples, para potenciar la adaptabilidad de la instalación de alumbrado a la situación de que se trate.

ALUMBRADO COMERCIAL INTERIOR.

La iluminación de las áreas de venta persigue 3 objetivos principales:

- Atraer al cliente mediante la cantidad, calidad y el efecto de la luz sobre los objetos expuestos.
- Iniciar o motivar la compra de modo que el cliente se sienta suficientemente intrigado por el producto como para requerir una mayor información visual (color, forma, detalles, etc.) aproximándose físicamente al mismo.
- Complementar la operación de venta, de modo que el nivel de iluminación y las propiedades de color del alumbrado interior reflejen las propiedades del producto en el punto de venta.

CRITERIOS DE DISEÑO.

Nivel de iluminación.

Depende del espacio que se pretenda iluminar (escaparates, mostradores, interior general, etc.), del tamaño y del tipo de tienda y del entorno comercial en que se encuentre.

Algunas recomendaciones son:

	<u>ENTORNO MUY ILUMINADO</u>	<u>ENTORNO POCO ILUMINADO</u>
ALUMBRADO INTERIOR	(LUXES)	(LUXES)
- General	500 - 1,000	300 - 500.
- Localizado	1,500 - 3,000	750 - 1,500.

ESCAPARATES.

- General	1,000 - 2,000	500 - 1,000.
- Localizado	5,000 - 10,000	3,000 - 5,000.

Lámparas.

Las más utilizadas son :

- Incandescentes halógenas (tensión de red y baja tensión), normalmente dispuestas en proyectores.
- Fluorescentes (Tubos, compactas y miniaturizadas).
- Aditivos metálicos de alta potencia en grandes áreas de venta.

Sistemas de control.

Además del control manual mediante interruptores de conexión/desconexión y reguladores de flujo, se utilizan interruptores horarios que comandan el funcionamiento de la instalación fuera del horario comercial, aplicados normalmente al alumbrado de escaparates.

ALUMBRADO INTERIOR INDUSTRIAL.

El objetivo prioritario de alumbrado industrial consiste en proporcionar una iluminación energéticamente, eficiente, en cantidad y calidad suficiente para garantizar la visibilidad de la tarea, la seguridad de los trabajadores y el incremento de su productividad.

CRITERIOS DE DISEÑO.

Nivel de iluminación.

Con carácter genérico, la CIE (Comisión Internacional de Iluminación) recomienda los valores que se indican en la siguiente tabla:

<i>Intervalo</i>	<i>Iluminancia recomendada (lux)</i>	<i>Clase de actividad</i>
A Iluminación general en zonas poco frecuentadas o que tienen necesidades visuales vereciles	20	Zonas públicas con alrededores oscuros. Únicamente como simple orientación en visitas de corta duración. Lugares no destinados para trabajo continuo (zonas de almacenaje, entradas). Tareas con necesidades visuales limitadas (maquinaria pesada, salas de conferencias). Tareas con necesidad visual normal (maquinaria me- dia, oficinas). Tareas con necesidad visual especial (grabado, ins- pección textil). Tareas prolongadas que requieren precisión (mini- electrónica y relojería). Tareas visuales excepcionalmente exactas (montaje microelectrónico). Tareas visuales muy especiales (operaciones qui- rúrgicas).
	30	
	50	
	75	
	100	
	150	
	200	
B Iluminación general para trabajo en interiores	300	
	500	
	750	
	1.000	
	1.500	
C Iluminación adicional en tareas visuales exactas	2.000	
	3.000	
	5.000	
	7.500	
	10.000	
	15.000	
	20.000	

Color.

No existen requerimientos especiales de apariencia de color en la fuentes de luz utilizadas en alumbrado industrial; en todo

caso, es recomendable seguir los siguientes criterios en relación con este aspecto:

- Considerar la influencia existente entre el nivel de iluminación y temperatura de color.

- Evitar, en la medida de los posible, la superposición o adyacencia de fuentes de luz de apariencia de color diferentes, (por ejemplo, iluminar parte de una nave industrial con vapor de Mercurio y otra parte con vapor de Sodio).

Lámparas.

En las distintas aplicaciones del alumbrado industrial son aplicables prácticamente todas las fuentes de luz, que se resumen en la tabla 9.

La altura de montaje de las fuentes de luz condiciona su utilización, de modo que los tubos fluorescentes sólo se emplean por debajo de 5 - 6 metros y las incandescentes como alumbrado

TIPO DE LAMPARA	GAMA DE POTENCIA (W)	GAMA DE EFICACIA DEL CIRCUITO (lm/W)
INCANDESCENTE ESTANDARD	15 - 1,500	8 - 10
HALOGENAS TENSION NORMAL	150 - 2,000	16 - 24
FLUORESCENCIA	4 - 125	10 - 70
MERCURIO COLOR CORREGIDO	50 - 1,000	20 - 54
HALOGENUROS METALICOS	250 - 2,000	60 - 77
SODIO ALTA PRESION	50 - 1,000	50 - 115.

Tabla 9 fuentes de luz aplicadas en el alumbrado industrial.

localizado.

Por encima de esa altura, en la práctica se utilizan las lámparas de descarga de alta intensidad.

Construcción de lámparas de alta intensidad.

Las lámparas de alta intensidad se clasifican en:

1. Lámparas de vapor de mercurio.

2. Lámparas de vapor de sodio.

3. Lámparas de vapor de mercurio y sodio.

4. Lámparas de vapor de halógenos.

5. Lámparas de vapor de metal halógeno.

6. Lámparas de vapor de metal halógeno.

7. Lámparas de vapor de metal halógeno.

8. Lámparas de vapor de metal halógeno.

9. Lámparas de vapor de metal halógeno.

10. Lámparas de vapor de metal halógeno.

Características	Aplicaciones	Construcción
Alta eficiencia energética	Iluminación industrial y comercial	Alcázar
Alta vida útil	Iluminación exterior	Alcázar
Alta intensidad	Iluminación de grandes espacios	Alcázar
Alta resistencia	Iluminación de zonas de alto tráfico	Alcázar
Alta calidad de luz	Iluminación de zonas de alto nivel de exigencia	Alcázar
Alta seguridad	Iluminación de zonas de alto riesgo	Alcázar
Alta flexibilidad	Iluminación de zonas de alto nivel de exigencia	Alcázar
Alta adaptabilidad	Iluminación de zonas de alto nivel de exigencia	Alcázar
Alta compatibilidad	Iluminación de zonas de alto nivel de exigencia	Alcázar
Alta sostenibilidad	Iluminación de zonas de alto nivel de exigencia	Alcázar

III.7 TIPOS DE LAMPARAS RECOMENDADAS PARA EL AHORRO ENERGETICO GUIA DE APLICACION

<u>TIPO DE LAMPARA</u>	<u>APLICACION.</u>
SODIO BAJA PRESION.	Alumbrado carreteras, de seguridad, alumbrado de superficies, donde la identificación de colores no es tan importante.
SODIO ALTA PRESION.	Alumbrado industrial de media y gran altura, alumbrado público, etc; en general en donde el reconocimiento y diferenciación de colores no es crítico.
HALOGENUROS DE MERCURIO.	Alumbrado industrial para naves de gran altura donde es necesario una reproducción de color, estadios, pistas de circos, polideportivos, etc.
FLUORESCENTES INTERMEDIA.	Alumbrado de grandes almacenes, supermercados, tiendas, oficinas y alumbrado industrial. [Combina su eficiencia con una buena reproducción de color].
FLUORESCENTES FRIA.	Alumbrado industrial y de oficinas.

III.8 PASOS BASICOS PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN SISTEMA DE ALUMBRADO.

La mayoría de las instalaciones existentes de alumbrado pueden ser mejoradas si se adoptan equipos y técnicas más eficaces. Algunas de estas modificaciones no requerirán sino una mínima inversión para obtener beneficios sustanciosos. En otros casos, podrá ser necesario, la compra de un nuevo equipo y entonces debemos evaluar la inversión correspondiente relacionandola con el ahorro a obtener durante sus explotación. A manera de resumen las reglas básicas para conseguir un ahorro de energía eléctrica en una instalación de alumbrado son las que a continuación se describen.

1a. UTILIZAR LA FUENTE DE LUZ IDONEA MAS EFICAZ.

La efectividad energética de una instalación de alumbrado está ante todo condicionada por la eficacia (lúmenes por Watt) del tipo de lámpara utilizada.

2a. UTILIZAR EL FLUJO LUMINOSO DE LA LAMPARA EFICAZMENTE.

Esto se refiere a la eficacia de los luminarios al permitir que la proporción máxima del flujo luminoso de la lámpara alcance los planos de trabajo o superficies que deben ser iluminados.

El rendimiento de un luminario no es en sí mismo una medida de eficiencia; por ejemplo, una lámpara fluorescente desnuda instalada en un luminario tipo regleta, emite luz en casi todas direcciones, teniendo un alto rendimiento, pero si dicha lámpara la ubicamos en un luminario con reflector adecuado, concentraríamos la luz en el plano de trabajo, aunque el

rendimiento de la misma, comparativamente, fuera menor.

De ahí que los luminarios más eficientes serán aquellos que optimicen el resultado de alumbrado mediante la combinación más idónea de distribución de luz y rendimiento.

Aunque en la selección de un luminario puede haber propósitos de funcionalidad o estéticos, no debemos olvidar factores tales como pérdidas de luz en sus elementos, distribución de luz necesaria según la aplicación, calidad en los tratamientos de pintado, condiciones en que habrá de utilizarse (por ejemplo resistencia al vandalismo), accesorios eléctricos, volumen y considerar por ejemplo en iluminación interior, si el sistema de aire acondicionado puede formar un conjunto integral con la instalación del alumbrado.

En el último supuesto, las ventajas de eliminar la carga colorífica de una zona habitada, extrayendo el aire a través de las luminarias son bien conocidas. Tales luminarias deben diseñarse de forma óptima, tanto por sus características ópticas como de conducción de aire, permitiendo que las lámparas funcionen en la práctica cerca del punto de máxima eficiencia.

3a. MANTENER EL EQUIPO DE ALUMBRADO EN PERFECTO ESTADO.

Las instalaciones de alumbrado funcionan eficientemente, tan solo cuando se mantienen en buen estado. Un mal mantenimiento y la acumulación de la suciedad y polvo reducen el flujo luminoso, y en consecuencia la iluminancia, siendo evidentes que el usuario de una instalación sólo desea pagar por la luz proporcionada.

La figura 21 ilustra claramente esta situación.

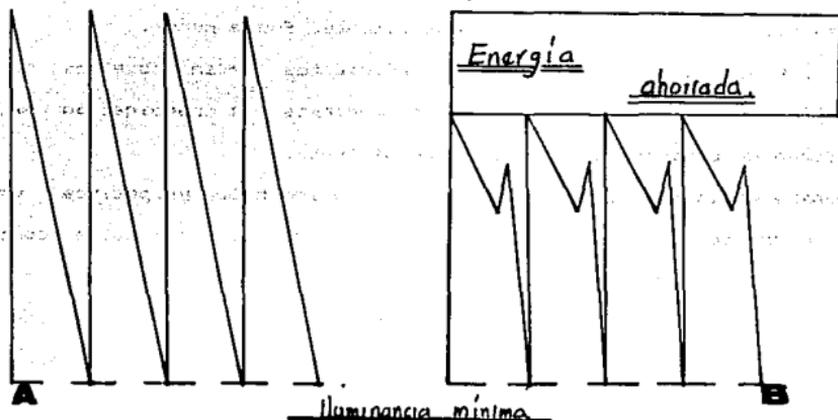


FIGURA 21. "A" ES TÍPICO DE UNA INSTALACIÓN EN LA QUE LAS LUMINARIAS SE LIMPIAN Y SE CAMBIAN LAS LÁMPARAS CADA 3 AÑOS. EN "B" LAS LUMINARIAS SE LIMPIAN ANUALMENTE Y SE CAMBIAN LAS LÁMPARAS CADA 2 AÑOS, LO QUE PERMITE UN AHORRO DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE UN 15% DEBIDO A LA NECESIDAD MENOR DE EQUIPO ALUMBRADO INSTALADO.

Estudios económicos realizados demuestran que con frecuencia los mejores resultados se obtienen cuando la reposición de las lámparas se hacen conjuntamente con la operación de limpieza de las luminarias.

En definitiva no hay que olvidar que a pesar del descenso de la iluminancia, el consumo de energía eléctrica permanece constante; por consiguiente llega un momento para el cual resulta más económico cambiar las lámparas que despilfarrar energía.

4a. UTILIZAR SISTEMAS DE ALUMBRADO BIEN DISENADOS.

Básicamente se debe decidir en primer lugar el resultado a

obtener en términos de nivel de iluminación y calidad de la misma. El esquema debe diseñarse para proporcionar lo más exactamente posible dicho resultado, y posteriormente mantener la instalación en forma adecuada para conservarlo.

Introducir en el diseño factores de mantenimiento, geometría, flexibilidad, posible aporte parcial de luz diurna, etc. coadyuvará a que el esquema escogido utilice la energía de la forma más eficaz.

5a. CONTROL DE LA CORRECTA UTILIZACION Y CONEXION DE LA INSTALACION DE ALUMBRADO.

Aunque el requerimiento básico es que el alumbrado permanezca encendido mientras se precise y desconectado cuando no sea necesario, existen unos aspectos a considerar a la hora de determinar métodos de control apropiados.

Por ejemplo, si el elemento humano es suficientemente fiable para conectar y desconectar la instalación cuando se hace ésta manualmente; si son suficientes los niveles de alumbrado reducido para los periodos fuera de las horas laborables. En locales comerciales, si varían los requerimientos nocturnos en contraposición a los diurnos, para escaparates, seguridad, etc.

Aunque el diseño de alumbrado de una instalación sea correcto facilitando los niveles adecuados, los ahorros potenciales de energía se alcanzarán solamente si se aplican métodos de control y de encendido apropiados.

6a. CONSIDERAR EL EFECTO DE LA DECORACION AMBIENTE.

Esta puede afectar de forma significativa, a la efectividad,

en cuanto a ahorro de energía de una instalación de alumbrado interior. Cuando más claras sean las superficies del local, más alto será el factor de reflexión; y por consiguiente, menor energía la requerida para determinada iluminación, que si aquellas fueran oscuras.

En términos generales, cuanto menor sea el área del local, mayor será la dependencia de paredes y techo que refleja la luz sobre el plano de trabajo.

Es evidente que en este trabajo no se ha consignado la totalidad de los aspectos a considerar en un tema tan amplio como es el alumbrado. Deliberadamente hemos pretendido resumir aquellos puntos que estimamos más importantes y que podrían interesar tanto al profesional (instaladores, responsables de mtto; proyectistas, etc.) como al profano, cuyo principal interés es el de conocer someramente en que consiste la problemática de un ahorro de energía en alumbrado.

IV ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO.

CONTENIDO.

- IV.1 AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA POR EL USO DE MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION DE ALTA EFICIENCIA.
- IV.11 ANTECEDENTES.
- IV.12 OPTIMIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA.
- IV.13 COSTOS DE OPERACION.
- IV.14 RESULTADOS.
- IV.2 AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO MEDIANTE LA UTILIZACION DE LAMPARAS FLUORESCENTES ECON-O-WATT.
- IV.21 ANTECEDENTES.
- IV.22 OPTIMIZACION DE LA ENERGIA.
- IV.23 DISEÑOS OPTIMOS DE ALUMBRADO.
- IV.24 METODO DE LUMEN.
 - IV.2.4.1 1 DETERMINE NECESIDADES DEL AREA POR ILUMINAR.
 - IV.2.4.2 2 SELECCIONE EL TIPO DE LAMPARA.
 - IV.2.4.3 3 CALCULO DEL NUMERO DE UNIDADES REQUERIDAS.
 - IV.2.4.3 4 DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION DE LOS LUMINARIOS.
- IV.25 COMPARACION DE COSTOS.
- IV.26 HOJA DE TRABAJO PARA LA COMPARACION DE COSTOS (1 SALON).
- IV.27 HOJA DE TRABAJO PARA LA COMPARACION DE COSTOS (NIVEL ESCUELA).
- IV.28 RESULTADOS.

IV.1 AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA POR EL USO DE MOTORES ELECTRICOS DE INDUCCION DE ALTA EFICIENCIA.

IV.1.1 ANTECEDENTES.

El presente trabajo analiza la importancia del ahorro de energía eléctrica en motores de inducción. Por medio de un ejemplo tomado de la práctica, se calcula el ahorro obtenido al usar motores más eficientes.

Uno de los factores que causan el más alto consumo de energía eléctrica en la industria; cualesquiera que sea ésta, son los motores eléctricos. Esto es de acuerdo a estadísticas realizadas en países altamente industrializados como son: Alemania, Inglaterra, Francia, Japon, E.E.U.U. e incluyendo nuestra floreciente industria Mexicana.

En base a lo anterior, sabemos que los motores consumen el 64% del total de la energía generada y más del 75% de la energía suministrada a la industria. También confirman que el 50% de la energía suministrada, se consume en la alimentación de motores pequeños y medianos que van desde 1 a 125 CP y el restante 50% en la alimentación de motores grandes de 150 CP en adelante.

IV.1.2 OPTIMIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA.

La modificación del diseño y el cambio de materiales adecuados para la manufactura del motor de alta eficiencia,

provoca inevitablemente costos de producción mayores comparados contra los costos del motor con eficiencia estándar.

Pero si tomamos en cuenta los problemas de disponibilidad de energía y los impredeciblemente altos costos de la misma, llegamos a una sobrada justificación económica del pago adicional que se hace por un motor que será capaz de desarrollar una mayor eficiencia y que por lo tanto consumirá menos energía.

Estos motores tienen un precio mayor que los motores normales, pero el gasto adicional inicial puede ser recuperado en un período razonable de tiempo.

Gastos de operación más bajos justificarán un precio de compra más alto y generarán ahorros en los costos de energía durante la vida del motor.

Es importante reconocer que el costo de operación de un motor suele ser varias veces mayor que su costo inicial.

Como caso concreto enfocaremos el estudio técnico-económico a la empresa: ESTAMBRES Y LANAS S.A. (ESLA.)

En esta empresa se tiene un motor instalado de 20 CP cuyos datos de placa son los siguientes:

-CP:	20
-Voltaje:	440 V.
-Fases:	3
-Frecuencia:	60 Hz.
-Corriente:	30 Amperes.
-No. de polos:	4

- Eficiencia: 85%
- Factor de potencia: 0.85
- Altura de operación: 2300 msnm.
- Diseño: NEMA E
- Factor de servicio: 1.2
- Motor horizontal, totalmente cerrado.
- Aplicación: Tejedora circular.
- Fabricante SEARS.

El motor tuvo un precio de compra de N\$ 1,500.00¹, demanda 17.55 Kw² de potencia. Este motor opera durante 3 turnos diarios, o sea 120 horas por semana durante 50 semanas, es decir 6000 horas al año, su consumo anual de energía será de 105,300 Kw/hora, la energía necesaria para operar este motor cuesta N\$ 21,285.34 es decir más de 14 veces el precio inicial del motor.

Únicamente el precio de las pérdidas de un 15% será de :

$$[(20 \text{ CP}) (0.746 \text{ Kw/CP}) / 0.85] - (20 \text{ CP}) (0.746)] (\text{N\$ } 0.2021 \text{ Kw/Hora})$$
 (6000 Horas) = N\$ 3,189.77

Se recomienda en sustitución de éste; un motor de alta eficiencia fabricado por IEM, con los siguientes datos de placa:

- CP: 20
- Voltaje: 440 V.
- Fases: 3

¹ Transformando el precio original a la nueva moneda.

$$2 \text{ KW}_D = (\text{CP}) \times (0.746 \text{ KW/CP}) / \eta_M = (20) \times (0.746) / 0.85 = 17.55 \text{ KW}$$

- Frecuencia: 60 Hz.
- Corriente: 25.8 Amperes.
- No. polos: 4
- Eficiencia: 92%
- Factor de potencia: 0.90
- Altura de operación: 2300 msnm.
- Diseño: NEMA B
- Factor de servicio: 1.2
- Motor horizontal, totalmente cerrado.
- Aplicación: Tejedora circular

El nuevo motor tiene un precio de compra de n\$ 3,500.00 demanda 16.22 Kw de potencia. Operando en las mismas condiciones que el motor instalado, la energía necesaria para operar este motor de alta eficiencia cuesta : N\$19,669.10, lo cual representaría un ahorro anual de n\$ 1,616.24. Este motor recuperaría en dos años y 2 meses de servicio el costo extra que representa su adquisición. Normalmente el periodo de recuperación para motores de alta eficiencia es de dos a tres años, después de lo cual el ahorro acumulado de energía sigue aumentando durante el tiempo de vida efectiva del motor.

En la siguiente tabla de costos de operación en la comparación de motores se puede apreciar este análisis.

IV.1.3 COSTOS DE OPERACION.

COMPARACION DE COSTOS DE MOTORES

BASE DE COMPARACION	MOTOR	MOTOR DE ALTA EFICIENCIA	DIFERENCIA	COMENTARIOS
PRECIO DE COMPRA	N\$1,500	N\$3,500	N\$2,000	133% MAYOR EL DEL MAE ¹
EFICIENCIA	85%	92%	7%	8.24% MAYOR PARA EL MAE
PERDIDAS	15%	8%	7%	1/2 MENOR EN EL MAE
COSTO ANUAL DE ENERGIA	N\$21,285.34	N\$19,869.10	N\$1,816.24	7.59% MENOR EN EL MAE
COSTO ANUAL DE PERDIDAS	N\$3,189.77	N\$1,576.69	N\$1,613.08	50.57% MENOR EN EL MAE
COSTO DE LA ENERGIA EN 15 AÑOS	N\$319,280.10	N\$295,036.50	N\$24,243.60	7.00 VECES EL COSTO DEL MAE
COSTO DE LAS PERDIDAS EN 15 AÑOS	N\$47,846.55	N\$23,650.35	N\$24,196.20	12.10 VECES LA DIFERENCIA DEL COSTO DE LOS MOTORES

EN DOS AÑOS Y DOS MESES DE SERVICIO SE RECUPERARA EL COSTO EXTRA

CONDICIONES DE OPERACION : 6,000 HORAS
(3 TURNOS DIA/ 50 SEMANAS/ AÑO)

¹ MAE MOTOR DE ALTA EFICIENCIA.

IV.1.4 RESULTADOS.

Al reducir las pérdidas de potencia en los motores eléctricos, éstos operan con mayor eficiencia lográndose el ahorro de energía.

Los motores de alta eficiencia se eligen cuando el ahorro por concepto de energía compensa el mayor costo inicial. Sin embargo, existen otros beneficios que obtienen los usuarios. Por tener menores pérdidas, estos motores funcionan a temperaturas más bajas. En algunos casos se emplean carcasas de aluminio, lo cual reduce aún más la temperatura y el peso del motor. La menor temperatura de operación se traduce en mayor vida útil del motor, ya que la duración de los aislamientos se acorta a medida que aumenta dicha temperatura.

Aunque la falla de los aislamientos no constituye la única causa de que un motor se averíe, el reducir la temperatura de operación del aislamiento eleva definitivamente el tiempo de vida promedio, suponiendo que los materiales aislantes empleados sean adecuados para temperaturas iguales o mayores que las utilizadas en motores de tipo estándar.

Una mejor temperatura de operación mejora también la capacidad de sobrecarga del motor, ya que si los aislamientos se encuentran a temperatura más baja, es factible sobrecargar el motor durante más tiempo y en mayor porcentaje antes que los aislamientos alcancen la máxima temperatura total permisible.

Por las mismas razones, estos motores pueden operar a mayor

temperatura ambiente o a mayor altura sobre el nivel del mar sin que disminuya su potencia, o con menor disminución de la que tendría que aplicarse en el caso de un motor normal.

estos motores soportarán mayores variaciones de voltaje sin sobrecalentarse. La menor temperatura de operación debe así mismo coadyuvar a una lubricación más eficaz e incrementar el tiempo de vida útil de los rodamientos. Por último, la reducción en las pérdidas significa menor cantidad de calor generado, lo cual en una planta con acondicionamiento de aire y con varios motores instalados, puede representar una disminución importante en la carga de enfriamiento.

En general puede decirse que el ahorro de energía en motores eléctricos y particularmente con los de alta eficiencia, además de compensar su mayor costo inicial por medio de un ahorro de potencia, también tiene mayor vida útil y es más versátil al tener una gama de aplicaciones más amplia que los motores del tipo estándar.

Debido a las bajas pérdidas electromagnéticas en un motor de alta eficiencia, no se requiere el mismo sistema de enfriamiento del motor estándar. Esto permite que las pérdidas totales se reduzcan y que el motor opere en forma más silenciosa al disminuir la saturación magnética y el uso de ventiladores más pequeños.

IV.2 AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN SISTEMAS DE ALUMBRADO MEDIANTE LA UTILIZACION DE LAMPARAS FLUORESCENTES ECON-O-WATT.

IV.2.1 ANTECEDENTES.

Como resultado de la escasez mundial de energía y la toma de conciencia en el consumo de la misma, se ha estimulado en los últimos años, el desarrollo de nuevas fuentes de luz que aunque resultan lámparas más caras desde el punto de vista económico, su empleo resulta interesante siempre que para un mismo rendimiento luminoso, la energía eléctrica consumida sea menor.

En realidad solamente el 1% de la energía total y entre 5 y 8 % de la energía eléctrica generada se necesita para crear luz pero no podemos prescindir de ella, así sea para complementar la luz del día o sustituirla y nos hemos acostumbrado a que con solo accionar un interruptor encendemos la luz eléctrica, pero debemos economizar energía bien sea en una fábrica, oficina, hotel, restaurante, en casa, etc.

IV.2.2 OPTIMIZACION DE LA ENERGIA.

El incesante aumento de los costos de la energía, junto con las posibilidades técnicas de hoy en día, han hecho del control energético de una de las tareas más importantes y en el alumbrado uno de los objetivos más fácilmente alcanzables para reducir su incidencia en los costos.

Hay que señalar como característica destacada que la optimización de la energía y la economía consecuente derivada de un proyecto, no siempre se traducirá en un ahorro de costos de

inversión. Los costos de inversión constituyen solo una parte o sumado del estudio total de una instalación de alumbrado.

La decisión sobre la mejor disposición estará basada en la ECONOMIA TOTAL DE LA INSTALACION EN UN PERIODO DE TIEMPO.

Todo ello sin sacrificar los requerimientos de unas condiciones y comodidades visuales aceptables.

Por lo anterior, es por lo que se considera que los medios para una optimización energética en el alumbrado, deben de estar basados en la utilización de fuentes de luz de la máxima eficacia, pero nunca con apagado de puntos de luz ni la reducción de los niveles de iluminación.

IV.2.3 DISEÑOS OPTIMOS DE ALUMBRADO.

La calidad de la iluminación y la eficiencia energética de la instalación de alumbrado dependen, necesariamente, del diseño del sistema, entendido éste como la óptima solución capaz de integrar el espacio a iluminar, los requerimientos visuales, la fuente de luz y sus equipos asociados, la luminaria y el sistema de control.

METODO DEL CALCULO DE ILUMINACION.

IV.2.4 METODO DE LUMEN.

Es un método práctico y efectivo que determina en interiores los Lumens necesarios para proporcionar una intensidad de iluminación promedio. Considera la superficie del local, la altura de montaje, las reflectancias de paredes, techo y piso y el flujo luminoso de la fuente aprovechable sobre el área de trabajo.

A continuación encontrarán un procedimiento de 4 pasos muy

simple que le ayudará a seleccionar el equipo adecuado para un trabajo específico.

IV.2.4.1 1 DETERMINE NECESIDADES DEL AREA POR ILUMINAR.

La selección del luminario/lámpara adecuada y la determinación del número de unidades requeridas está en función de la cantidad y calidad de iluminación deseada.

Algunos aspectos de este proceso de selección son discutidos más adelante. Las condiciones variarán de trabajo a trabajo. Es importante considerar esas condiciones para que el sistema de iluminación brinde óptimos resultados.

A) DETERMINE LA CANTIDAD DE ILUMINACION REQUERIDA.

La sociedad de Ingeniería de iluminación en el manual IES proporciona una lista de niveles luminosos recomendables para todos los tipos de iluminación industrial y residencial.

Una versión condensada de esta lista es dada en la tabla 10 y es presentada acorde con los tipos de tareas visuales.

B) DETERMINE LA CALIDAD DE LA ILUMINACION REQUERIDA.

La calidad de la iluminación está relacionada con la distribución de contrastes en el ambiente visual. Se debe tener cuidado en evitar deslumbramientos dentro del campo visual normal.

Las unidades normalmente seleccionadas para bajo montaje deben ser diseñadas para limitar el contraste.

C) CODIGO NACIONAL ELECTRICO.

El Código Nacional Electrico define algunas áreas como peligrosas dependiendo de los materiales o atmósferas dentro del

AREAS	LUXES	AREAS	LUXES
1.-ARCHIVOS ACTIVOS	600	15.-INDUSTRIAS:	
2.-ARCHIVOS INACTIVOS	300	AREAS DE CIRCULACION,	
3.-AREAS INTERIORES:		TAREAS MANUALES,	
ESTACIONAMIENTOS	10	TAREAS BURDAS,	
JARDINES	5	CUIDADO DE MAQUINAS	
PATIOS	5	SIN DETALLE	100
PARDUES	5	TAREAS VISUALES	
VIGILANCIA	10	SIN DETALLE	200
4.-AUDITORIOS:		TAREAS VISUALES PRO-	
EXHIBICIONES	200	LONGADAS Y CRITICAS	600
5.-AUDITORIOS:		TAREAS VISUALES PRO-	
ASAMBLEAS	100	LONGADAS Y PRECISAS	1000
6.- AULAS DE CLASE	500	16.-LABORATORIOS	600
7.-BIBLIOTECAS	400	17.-LAVADO Y PLANCHADO	200
8.-BODEGAS:		18.-OFICINAS:	
ARTICULOS GRANDES	60	PRIVADOS	300
ARTICULOS MEDIANOS	100	CONFERENCIAS	200
ARTICULOS PEQUEÑOS	300	ORDINARIOS	600
9.-COCINAS	200	CONTABILIDAD	900
10.-COMEDORES	100	DIBUJO	1100
11.-CORREDDRES Y		19.-PASOS A DESNIVEL	100
ESCALERAS	100	20.-PELUQUERIAS Y SALONES	
12.-GIMNACIOS	300	DE BELLEZA	600
13.-HOSPITALES		21.-RESIDENCIAS:	
CONSULTORIOS	300	HABITACIONES EN	
CUARTOS ENFERMOS	60	GENERAL	50
CAMAS ENFERMOS	200	22.-RESTAURANTES:	
QUIROFANOS, GRAL.	200	COMEDOR	
14.-HOTELES: CUARTOS		TIPO COMERCIAL	100
ILUMINACION GENERAL	60	TIPO PRIVADO	30
CAMAS-LECTURA	200	23.-SALAS DE ESPERA	200
		24.-SANITARIOS:	
		GENERAL	60
		TOCADOR	200
		25.-VESTIBULOS	200

TABLA 10. NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS PARA AREAS TIPICAS

área. La selección del luminario y lámpara queda restringida si el área es clasificada como peligrosa. En áreas peligrosas, la selección del luminario y temperatura de operación debe ser muy cuidadosa, así como la clasificación.

Si el área está clasificada como no-peligrosa, la selección del luminario y lámpara es menos restrictiva y debe estar basada en condiciones operacionales y de ambiente.

D) CONSIDERACIONES DE MANTENIMIENTO.

En razón de asegurar óptimo rendimiento del sistema de iluminación a un costo razonable; algunos de los siguientes factores relativos deben ser introducidos en el proceso:

■ Condiciones atmosféricas: Lámparas para uso en lugares extremadamente húmedos, deben usar envolventes y estar selladas. Luminarios para uso en lugares extremadamente sucios deben proporcionar un mínimo de depreciación luminosa bajo un programa previo de mantenimiento.

Luminarios para uso en atmósferas extremadamente corrosivas deben tener protección para el sistema óptico y acabados para resistir los agentes corrosivos.

■ Accesibilidad : puede ser necesario el ubicar unidades en áreas poco accesibles; el luminario y lámpara seleccionados deben minimizar la necesidad de mantenimiento y facilitarlos cuando éste sea necesario.

■ Manejo del área : La selección de la combinación adecuada, lámpara/luminario dependerá gradualmente de las horas/año de encendido. El lugar donde va a ser usado debe ser el mejor factor en la selección.

IV.2.4.2 2 SELECCIONE EL TIPO DE LAMPARA.

Después de la identificación de los factores vistos en el paso 1, los cuales se aplican, a un trabajo en particular, la siguiente guía general puede ser usada en la lámpara adecuada.

A) NIVEL DE ILUMINACION.

Alta intensidad (300 lx ó más) : Vapor de Mercurio u otro de alta eficiencia; las lámparas de alta intensidad de descarga son generalmente la selección más adecuada.

Excepción: Cuando sean instaladas lámparas que queden dentro del campo visual del operador, se deben instalar las lámparas de bajo brillo tales como fluorescentes.

Baja intensidad (menos de 300 lx) : Todas las fuentes luminosas deben ser consideradas. La selección de la mejor lámpara se basa usualmente en otros factores.

Excepción: Para el mínimo de alto montaje, el Mercurio es generalmente el mejor.

B) CODIGO NACIONAL ELECTRICO.

Áreas peligrosas. Todas las fuentes luminosas pueden ser consideradas con la selección usualmente basada sobre otros factores.

Áreas no peligrosas. todas las fuentes luminosas. La selección debe estar basada sobre otros factores discutidos aquí.

C) ACCESIBILIDAD.

Vapor de Mercurio y otras fuentes de alta intensidad de descarga deberán ser usadas en donde los luminarios estén en lugares relativamente inaccesibles, se requiera larga vida de lámpara y ocurra interrupciones en la energía.

D) MANEJO DE ÁREA.

Cuando se requiera más de 2,000 horas al año de encendido, la alta intensidad de descarga y las lámparas fluorescentes generalmente reducen el costo de operación del sistema.

Con menos de 2,000 horas por año, las lámparas incandescentes pueden ser el mejor sistema, dependiendo del tamaño del área, altura de montaje y nivel luminoso requerido.

IV.2.4.3 3 CALCULO DEL NUMERO DE UNIDADES REQUERIDAS.

Para iluminar uniformemente una área específica, el método del lumen es usado para calcular el número de unidades requeridas. Este método toma en cuenta no sólo la cantidad de luz directa de la unidad, sino también la reflejada por el techo, pared y piso, para indicar la cantidad de luminarios requeridos.

La limpieza y color de las superficies también proporcionan confort visual y sentido de belleza.

El coeficiente de utilización aplicado en estos cálculos considera las pérdidas en la emisión luminosa debido a la absorción en

techo, paredes, piso y la absorbida por el luminario. Por lo tanto el coeficiente de utilización es la relación entre los lúmenes que alcanza el plano de trabajo (plano Horizontal localizado a 80 centímetros sobre el suelo, en nuestra situación.) y los lúmenes totales generados por la lámpara. Es un factor que toma en cuenta la eficacia, la distribución de la luminaria, su altura de montaje, proporciones del local, reflexiones en las paredes, piso y techo.

Existen tablas que proporcionan los fabricantes de unidades de iluminación, en las que se puede observar los diferentes valores de coeficientes de utilización de éstas unidades, la curva de distribución del haz luminoso, la distancia máxima de separación entre lámparas, factores de mantenimiento, así como las reflexiones de techo y paredes. El coeficiente aplicable a un determinado luminario, se seleccionará de dichas tablas; el cuál se fija de acuerdo al índice del cuarto y las reflexiones adecuadas en las superficies del área por iluminar.

Para obtener el coeficiente de utilización, los factores de reflexión de techo, paredes y piso deben de ser estimados. Estas reflectancias deben tener los valores mínimos esperados antes de la limpieza o repintado de las superficies.

La siguiente referencia proporciona factores aproximados para varias superficies.

COLOR	FACTOR DE REFLEXION.
BLANCO, AZUL-VERDE, CREMA, AZUL ANTE O GRIS MUY CLAROS.	0.75
AZUL-VERDE, AMARILLO, ANTE O GRIS MEDIANOS.	0.50
GRIS OSCURO, AZUL MEDIO.	0.30
AZUL OSCURO, CAFE, VERDE OSCURO	0.10
ACABADOS DE MADERA TONOS ROBLE O CAOBA.	

Pasos básicos en el método de Lumen (Cavidad zonal).

3A DETERMINAR RADIOS DE CAVIDAD.

3B DETERMINAR REFLECTANCIAS.

3C DETERMINAR COEFICIENTE DE UTILIZACION.

3D DETERMINAR FACTOR DE MANTENIMIENTO.

3E CALCULAR CON LUMENS REQUERIDOS.

3F CALCULAR NUMERO DE LUMINARIOS REQUERIDOS.

3A DETERMINAR RADIOS DE CAVIDAD.

Existen 3 radios de cavidad que deben ser determinados, como se muestra en la figura 22.

RADIO DE CAVIDAD DE TECHO:

$$CCR = 5H_{cc} (L + W) / (L \times W).$$

RADIO DE CAVIDAD DE CUARTO:

$$RCR = 5H_{cr} (L + W) / (L \times W).$$

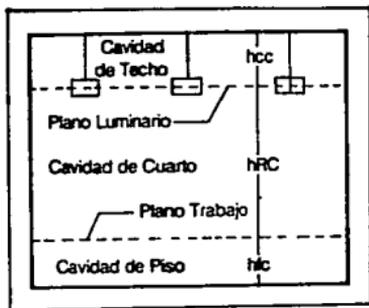


FIGURA 22. CAVIDADES DEL METODO DE LUMEN.

RADIO DE CAVIDAD DE PISO:

$$FCR = 5H_{pc} (L + W) / (L \times W).$$

También cada uno de estos radios puede encontrarse mediante el uso de la tabla 10.

3B DETERMINAR REFLECTANCIAS.

Las reflectancias efectivas de las diferentes cavidades de cuarto están determinadas en la tabla 11.

3C DETERMINAR COEFICIENTE DE UTILIZACION.

Los tres factores requeridos para usar con la tabla de coeficientes de utilización son:

- Radio de cavidad de cuarto.
- Reflectancia de pared.
- Reflectancia efectiva de cavidad de techo.

3D DETERMINE FACTOR DE MANTENIMIENTO.

Al incluir un factor de mantenimiento adecuado en el método de Lumen, usted estará asegurándose de que el nivel luminoso, no

Tabla I/Reflectancia efectiva de techo

% Reflectancia de Techo o Piso	90				80				70				50				30				10						
	90	70	50	30	90	70	50	30	90	70	50	30	90	70	50	30	90	70	50	30	90	70	50	30			
0	90	80	70	60	80	70	60	50	70	60	50	40	60	50	40	30	50	40	30	20	40	30	20	10	30	20	10
0.1	89	79	69	59	79	69	59	49	69	59	49	39	59	49	39	29	49	39	29	19	39	29	19	9	29	19	9
0.2	88	78	68	58	78	68	58	48	68	58	48	38	58	48	38	28	48	38	28	18	38	28	18	8	28	18	8
0.3	87	77	67	57	77	67	57	47	67	57	47	37	57	47	37	27	47	37	27	17	37	27	17	7	27	17	7
0.4	86	76	66	56	76	66	56	46	66	56	46	36	56	46	36	26	46	36	26	16	36	26	16	6	26	16	6
0.5	85	75	65	55	75	65	55	45	65	55	45	35	55	45	35	25	45	35	25	15	35	25	15	5	25	15	5
0.6	84	74	64	54	74	64	54	44	64	54	44	34	54	44	34	24	44	34	24	14	34	24	14	4	24	14	4
0.7	83	73	63	53	73	63	53	43	63	53	43	33	53	43	33	23	43	33	23	13	33	23	13	3	23	13	3
0.8	82	72	62	52	72	62	52	42	62	52	42	32	52	42	32	22	42	32	22	12	32	22	12	2	22	12	2
0.9	81	71	61	51	71	61	51	41	61	51	41	31	51	41	31	21	41	31	21	11	31	21	11	1	21	11	1
1.0	80	70	60	50	70	60	50	40	60	50	40	30	50	40	30	20	40	30	20	10	30	20	10	0	20	10	0
1.1	79	69	59	49	69	59	49	39	59	49	39	29	49	39	29	19	49	39	29	9	49	39	29	9	19	9	9
1.2	78	68	58	48	68	58	48	38	58	48	38	28	48	38	28	18	48	38	28	8	48	38	28	8	18	8	8
1.3	77	67	57	47	67	57	47	37	57	47	37	27	47	37	27	17	47	37	27	7	47	37	27	7	17	7	7
1.4	76	66	56	46	66	56	46	36	56	46	36	26	46	36	26	16	46	36	26	6	46	36	26	6	16	6	6
1.5	75	65	55	45	65	55	45	35	55	45	35	25	45	35	25	15	45	35	25	5	45	35	25	5	15	5	5
1.6	74	64	54	44	64	54	44	34	54	44	34	24	44	34	24	14	44	34	24	4	44	34	24	4	14	4	4
1.7	73	63	53	43	63	53	43	33	53	43	33	23	43	33	23	13	43	33	23	3	43	33	23	3	13	3	3
1.8	72	62	52	42	62	52	42	32	52	42	32	22	42	32	22	12	42	32	22	2	42	32	22	2	12	2	2
1.9	71	61	51	41	61	51	41	31	51	41	31	21	41	31	21	11	41	31	21	1	41	31	21	1	11	1	1
2.0	70	60	50	40	60	50	40	30	50	40	30	20	40	30	20	10	40	30	20	0	40	30	20	0	10	0	0
2.1	69	59	49	39	59	49	39	29	49	39	29	19	49	39	29	9	49	39	29	9	49	39	29	9	9	9	9
2.2	68	58	48	38	58	48	38	28	48	38	28	18	48	38	28	8	48	38	28	8	48	38	28	8	8	8	8
2.3	67	57	47	37	57	47	37	27	47	37	27	17	47	37	27	7	47	37	27	7	47	37	27	7	7	7	7
2.4	66	56	46	36	56	46	36	26	46	36	26	16	46	36	26	6	46	36	26	6	46	36	26	6	6	6	6
2.5	65	55	45	35	55	45	35	25	45	35	25	15	45	35	25	5	45	35	25	5	45	35	25	5	5	5	5
2.6	64	54	44	34	54	44	34	24	44	34	24	14	44	34	24	4	44	34	24	4	44	34	24	4	4	4	4
2.7	63	53	43	33	53	43	33	23	43	33	23	13	43	33	23	3	43	33	23	3	43	33	23	3	3	3	3
2.8	62	52	42	32	52	42	32	22	42	32	22	12	42	32	22	2	42	32	22	2	42	32	22	2	2	2	2
2.9	61	51	41	31	51	41	31	21	41	31	21	11	41	31	21	1	41	31	21	1	41	31	21	1	1	1	1
3.0	60	50	40	30	50	40	30	20	40	30	20	10	40	30	20	0	40	30	20	0	40	30	20	0	0	0	0
3.1	59	49	39	29	49	39	29	19	49	39	29	9	49	39	29	9	49	39	29	9	49	39	29	9	9	9	9
3.2	58	48	38	28	48	38	28	18	48	38	28	8	48	38	28	8	48	38	28	8	48	38	28	8	8	8	8
3.3	57	47	37	27	47	37	27	17	47	37	27	7	47	37	27	7	47	37	27	7	47	37	27	7	7	7	7
3.4	56	46	36	26	46	36	26	16	46	36	26	6	46	36	26	6	46	36	26	6	46	36	26	6	6	6	6
3.5	55	45	35	25	45	35	25	15	45	35	25	5	45	35	25	5	45	35	25	5	45	35	25	5	5	5	5
3.6	54	44	34	24	44	34	24	14	44	34	24	4	44	34	24	4	44	34	24	4	44	34	24	4	4	4	4
3.7	53	43	33	23	43	33	23	13	43	33	23	3	43	33	23	3	43	33	23	3	43	33	23	3	3	3	3
3.8	52	42	32	22	42	32	22	12	42	32	22	2	42	32	22	2	42	32	22	2	42	32	22	2	2	2	2
3.9	51	41	31	21	41	31	21	11	41	31	21	1	41	31	21	1	41	31	21	1	41	31	21	1	1	1	1
4.0	50	40	30	20	40	30	20	10	40	30	20	0	40	30	20	0	40	30	20	0	40	30	20	0	0	0	0
4.1	49	39	29	19	49	39	29	9	49	39	29	9	49	39	29	9	49	39	29	9	49	39	29	9	9	9	9
4.2	48	38	28	18	48	38	28	8	48	38	28	8	48	38	28	8	48	38	28	8	48	38	28	8	8	8	8
4.3	47	37	27	17	47	37	27	7	47	37	27	7	47	37	27	7	47	37	27	7	47	37	27	7	7	7	7
4.4	46	36	26	16	46	36	26	6	46	36	26	6	46	36	26	6	46	36	26	6	46	36	26	6	6	6	6
4.5	45	35	25	15	45	35	25	5	45	35	25	5	45	35	25	5	45	35	25	5	45	35	25	5	5	5	5
4.6	44	34	24	14	44	34	24	4	44	34	24	4	44	34	24	4	44	34	24	4	44	34	24	4	4	4	4
4.7	43	33	23	13	43	33	23	3	43	33	23	3	43	33	23	3	43	33	23	3	43	33	23	3	3	3	3
4.8	42	32	22	12	42	32	22	2	42	32	22	2	42	32	22	2	42	32	22	2	42	32	22	2	2	2	2
4.9	41	31	21	11	41	31	21	1	41	31	21	1	41	31	21	1	41	31	21	1	41	31	21	1	1	1	1
5.0	40	30	20	10	40	30	20	0	40	30	20	0	40	30	20	0	40	30	20	0	40	30	20	0	0	0	0

será menor del originalmente calculado. El factor de mantenimiento toma en cuenta dos cosas: la depreciación luminosa ocurrida en la lámpara, así como la acumulación de suciedad en la lámpara y el reflector. La tabla sugiere factores de mantenimiento totales, acordes a la fuente luminosa así como a condiciones de operación.

Factores Totales de Mantenimiento Recomendados. Condiciones de Operación		
BUENO	MEDIANO	POBRE
Aire limpio, libre de humos y polvos luminarios programados para limpieza frecuente y reemplazo sistemático de lámparas.	Condiciones atmosféricas menos favorables, limpieza de luminarios a intervalos frecuentes y reemplazo de lámparas sólo después de haberse quemado.	Atmósferas y trabajo completamente sucio, mantenimiento pobre o espasmódico del equipo de iluminación. Reemplazo de lámparas sólo las quemadas.

Lámpara y Luminario	Bueno	Medio	Pobre
Incandescente	.75	.70	.65
Cuarzo	.85	.80	.75
Mercurio	.75	.70	.65
Activo Metálico	.65	.60	.55
Fluorescente	.75	.70	.65
Descarga Cerámica	.75	.70	.65
Sodio Alta Presión	.75	.70	.65

TABLA 12. FACTORES DE MANTENIMIENTO RECOMENDADOS.

SE CALCULO DEL NUMERO DE UNIDADES REQUERIDAS.

$$\text{Lámparas requeridas} = \frac{(\text{Nivel de iluminación})(\text{Área})}{(\text{Flujo luminoso})(\text{C.U.})(\text{Fac.Mtto.})}$$

IV.2.4.4 4 DETERMINACION DE LA DISTRIBUCION DE LOS LUMINARIOS.

Usando el número de unidades como se determinó en el paso 3, en función al trabajo a desarrollar, determinar el número de unidades por fila, así como el número de filas requeridas para el sistema de iluminación. La lógica juega un papel importante, por ejemplo: Si su local es 4 veces más largo que ancho, usted debe tener 4 veces más unidades a lo largo que a lo ancho.

En locales que están divididos por columnas o vigas, es deseable localizar las unidades simétricamente en las naves. Los siguientes layouts servirán como guía en la planificación de tales instalaciones.

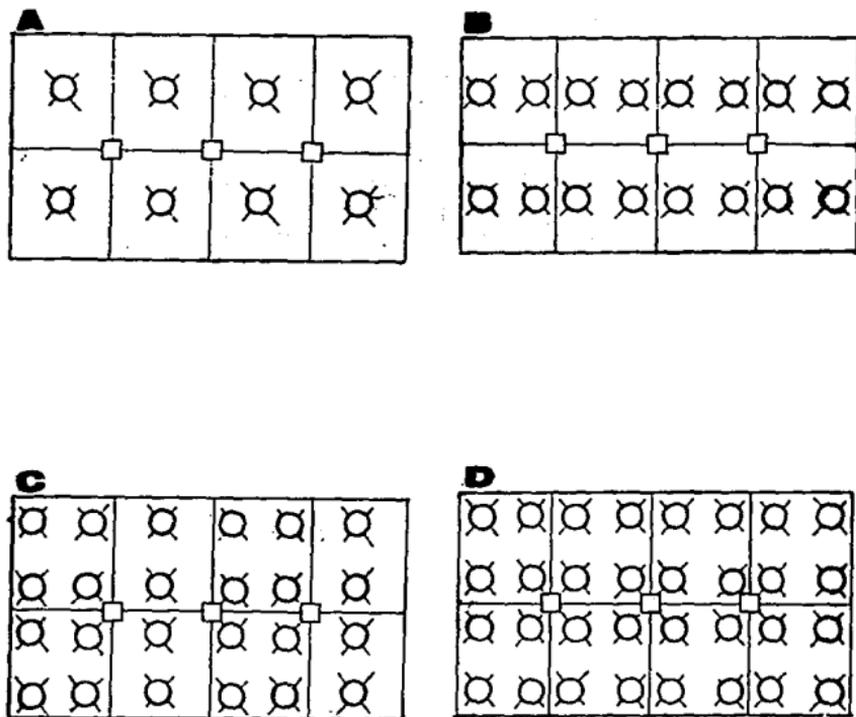


FIGURA 28. DISTRIBUCION TIPICA (MERCURIO, INCANDESCENTE). a) UNA UNIDAD POR NAVE -SATISFACTORIAMENTE SOLO DONDE EL TAMAÑO DE LA NAVE NO ES MAYOR, QUE EL ESPACIAMIENTO MAXIMO PERMISIBLE-CONDICION POCO COMUN. b) DOS UNIDADES POR NAVE -USUALMENTE APLICABLES EN NAVES ANGOSTAS, DONDE EL ANCHO ES MENOR A 2/3 DE LA LONGITUD. c) SISTEMA CUATRO-DOS EQUIVALENTE A 2 UNIDADES POR NAVE O 4 POR NAVE, DONDE PERMITA EL ESPACIAMIENTO. d) CUATRO UNIDADES POR NAVE -SI FUERA NECESARIO PODRIA SER FILA CONTINUA A TRAVES DEL LOCAL, O LONGITUDINALMENTE A LO LARGO DEL LOCAL.

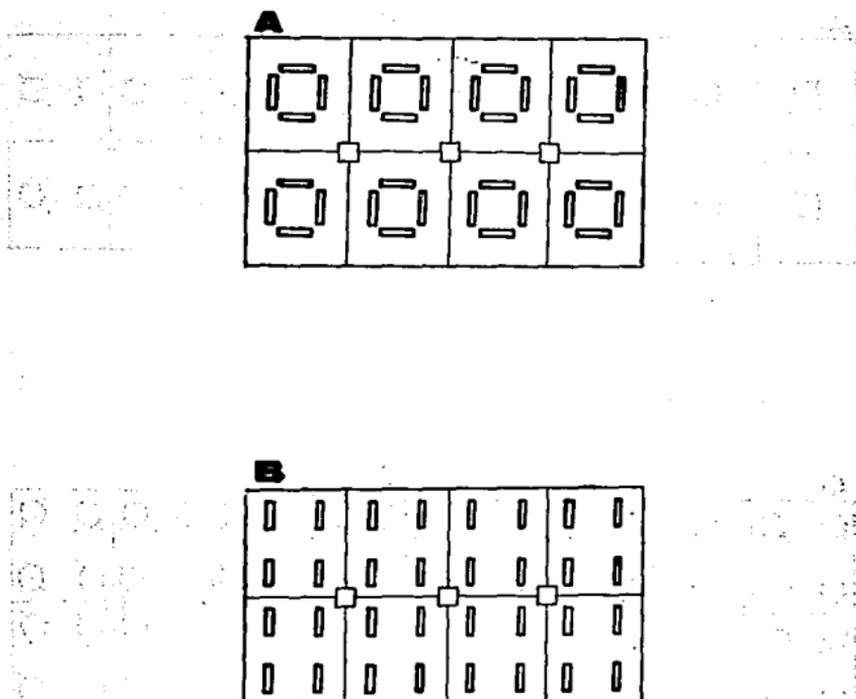


FIGURA 24. DISTRIBUCION TIPICA (FLUORESCENTE) ω MODELO PARRILLA -CONDICIONES NORMALES DEPENDIENTES DEL TIPO DEL LOCAL Y EL TRABAJO EFECTUADO EN EL MISMO. bICUATRO UNIDADES POR NAVE -ESTE ES EL SISTEMA MAS COMUN PARA NAVES CUADRADAS DE DIMENSIONES NORMALES

IV.2.5 COMPARACION DE COSTOS.

En base a lo anterior enfocamos nuestro estudio de ahorro de energía eléctrica en sistemas de alumbrado a un salón típico de clases de la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México.

A) Como primer punto calculamos el nivel de iluminación existente en el aula y la potencia consumida por la instalación eléctrica actual.

B) Consecuentemente propondremos un sistema nuevo que atienda las necesidades de los niveles de iluminación, pero con un consumo menor de energía eléctrica; en base al uso de lámparas fluorescentes más eficientes.

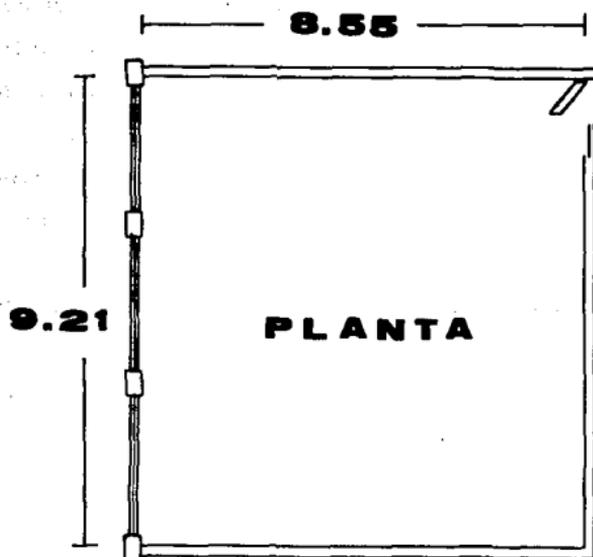
NOTAS IMPORTANTES.

-Para ambos casos las bases del diseño son las mismas, referente a la reflectancias de techos, altura de montaje de los luminarios y factor de mantenimiento.

BASES DEL DISEÑO.

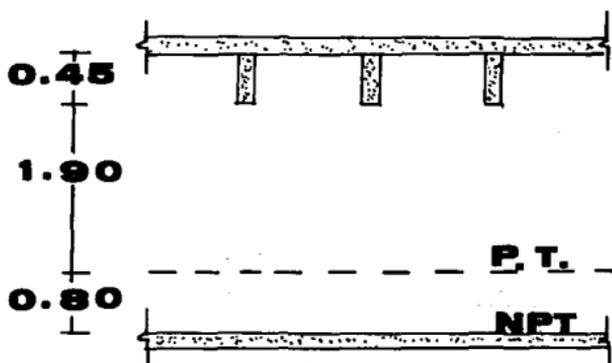
-Altura de montaje del luminario:	2.70 metros.
-Luxes recomendados (IES):	500
-Reflectancia en techos:	0.50
-Reflectancia en paredes:	0.50
-Altura del plano de trabajo:	0.80 metros
-Factor de mantenimiento:	0.70

DIMENSIONES GENERALES DEL LOCAL



ACOTACION: M.

FRENTE



CASO A.

-Lámpara instalada tipo:	Fluorescente.
-Potencia:	40 W.
-Color:	Luz de día.
-Arranque:	Rápido, con balastro de 2 x 40 W, 127 V, 60 Hz.
-Longitud de la lámpara:	1220 Milímetros ⁽¹⁾
-Lúmenes de la lámpara:	2600 Lúmenes.
-Vida promedio:	20,000 Horas ⁽²⁾
-Total de lámparas:	48 (Ubicadas en 12 gabinetes con envoltente acrílico de 4 lámparas cada uno.
-Fabricante:	General Electric.

CALCULO DE LOS RADIOS DE CAVIDAD.

$$CCR = ((5) (0.45) (9.21 + 8.55)) / ((9.21) (8.55)) = \underline{0.5070}$$

$$RCR = ((5) (1.90) (9.21 + 8.55)) / ((9.21) (8.55)) = \underline{2.1400}$$

$$FCR = ((5) (0.80) (9.21 + 8.55)) / ((9.21) (8.55)) = \underline{0.9021}$$

De tablas, la reflectancia efectiva de techo : 0.48

(* EJEMPLO RESUELTO EN LA TABLA II PAG. 120 *)

Como sabemos, para obtener el Coeficiente de Utilización es necesario consultar la tabla de estos, de acuerdo al tipo de luminario seleccionado y contando con los siguientes datos:

Radio de cavidad de cuarto (RCR) = 2.14

(1) INCLUYENDO PORTALAMPARAS.

(2) APAGADO Y ENCENDIDO CADA 8 HORAS.

Reflectancia en paredes =

0.50

Reflectancia efectiva de techo =

0.48 \approx 0.50

Con los valores anteriores entramos a la tabla de coeficientes de utilización mostrada en la tabla No. 12

COEFICIENTES DE UTILIZACION																		
LUMINARIA	DISTRIBUCION	Separación no superior a	Reflectancias															
			Cielos del techo		60%		10%		0%									
			Paredes	80%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	0%							
							COEFICIENTES DE UTILIZACION				0							
							Rc/L	90%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	0%			
Categoría V  4 Lámparas T-12, 430 mA, Lente grand teca 80 cm ancho. Para lámparas T-10, C. U. = 1.02.	0  62	1.2 x Altura de montaje	1	4.42	4.40	4.20	4.00	4.10	3.90	3.80	3.70	3.60	3.50	3.40	3.30	3.20		
			2	3.02	3.02	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
			3	3.40	3.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
			4	4.90	4.40	4.10	4.40	4.30	4.00	4.40	4.10	4.10	3.90	3.80	3.70	3.60	3.50	3.40
			5	4.40	3.90	3.50	4.20	3.80	3.50	4.00	3.70	3.40	3.30	3.20	3.10	3.00	2.90	2.80
			6	4.50	3.90	3.10	3.80	3.40	3.10	3.60	3.30	3.00	2.90	2.80	2.70	2.60	2.50	2.40
			7	3.40	3.10	2.80	3.50	3.00	2.70	3.30	3.00	2.70	2.60	2.50	2.40	2.30	2.20	2.10
			8	3.20	2.80	2.60	3.10	2.70	2.40	3.00	2.60	2.40	2.30	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80
			9	2.90	2.40	2.10	2.80	2.40	2.10	2.70	2.30	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50
			10	2.70	2.20	1.90	2.60	2.30	1.90	2.50	2.10	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20
Categoría V  6 Lámparas T-12 430 mA, Lente grand teca 80 cm ancho. Para lámparas T-10, C. U. = 1.05.	0  56	1.2 x Altura de montaje	1	6.00	5.80	5.60	5.40	5.50	5.30	5.20	5.10	5.00	4.90	4.80	4.70	4.60		
			2	4.40	4.10	4.00	4.10	4.00	4.10	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	
			3	4.80	4.50	4.20	4.80	4.30	4.10	4.60	4.40	4.10	4.00	3.90	3.80	3.70	3.60	
			4	6.40	4.00	3.70	4.20	3.90	3.60	4.00	3.70	3.50	3.40	3.30	3.20	3.10	3.00	
			5	6.00	3.50	3.20	3.80	3.50	3.20	3.60	3.30	3.10	3.00	2.90	2.80	2.70	2.60	
			6	5.80	3.70	2.90	3.50	3.10	2.80	3.30	3.00	2.80	2.70	2.60	2.50	2.40	2.30	
			7	3.20	2.80	2.50	3.20	2.80	2.50	3.00	2.70	2.50	2.40	2.30	2.20	2.10	2.00	
			8	3.00	2.50	2.20	2.80	2.50	2.20	2.70	2.40	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	
			9	2.70	2.20	1.90	2.60	2.20	1.90	2.50	2.10	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	
			10	2.40	2.00	1.70	2.30	2.00	1.70	2.20	1.90	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	
Categoría V  8 Lámparas T-12, 430 mA, Lente grand teca 1.20 x 1.20 cm. Para lámparas T-10, C. U. = 1.05.	0  55	1.2 x Altura de montaje	1	3.90	3.70	3.50	3.40	3.50	3.30	3.20	3.10	3.00	2.90	2.80	2.70	2.60		
			2	3.30	3.00	4.30	3.00	4.80	4.80	4.70	4.50	4.40	4.30	4.20	4.10	4.00	3.90	
			3	6.80	4.40	4.10	4.70	4.00	4.30	4.50	4.20	4.00	3.90	3.80	3.70	3.60	3.50	
			4	4.20	3.80	3.60	4.10	3.80	3.50	3.90	3.60	3.40	3.30	3.20	3.10	3.00	2.90	
			5	3.90	3.10	3.10	3.70	3.40	3.10	3.50	3.20	3.00	2.90	2.80	2.70	2.60	2.50	
			6	3.90	3.10	2.80	3.40	3.00	2.80	3.20	2.90	2.70	2.60	2.50	2.40	2.30	2.20	
			7	3.20	2.80	2.50	3.10	2.70	2.50	2.90	2.60	2.40	2.30	2.20	2.10	2.00	1.90	
			8	2.90	2.50	2.20	2.80	2.40	2.20	2.70	2.40	2.20	2.10	2.00	1.90	1.80	1.70	
			9	2.80	2.20	1.90	2.50	2.10	1.90	2.40	2.10	1.90	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	
			10	2.40	2.00	1.70	2.30	1.90	1.70	2.20	1.80	1.70	1.60	1.50	1.40	1.30	1.20	

TABLA 12. COEFICIENTES DE UTILIZACION.

De la tabla anterior se obtienen los siguientes valores del CU:

RCR	CU
2.00-----	0.56
2.14-----	X
3.00-----	0.51

Interpolando para obtener el valor deseado tenemos:

$$x = ((0.51 - 0.56) / (3 - 2)) (2.14 - 2) + 0.56 = \underline{0.55}$$

POR LO TANTO EL CU = 0.55

El nivel de iluminación (NI) existente es:

$$NI = ((\text{No. lámparas}) (\text{CU}) (\text{F.Mtto.}) (\text{Lumen/lámpara}) / (\text{Area}))$$

$$NI = (48) (0.55) (0.65) (2600) / (9.21) (8.55)$$

$$NI = \underline{566.58 \text{ LUXES}}$$

Potencia total consumida del sistema instalado:

$$P_T = (\text{No lámparas}) (\text{Potencia c/lámpara}) (1.20)^1$$

$$P_T = (48) (40) (1.20) = \underline{2,304 \text{ Watts}}$$

1 EL FACTOR 1.20 SE DEBE AL CONSUMO QUE EXISTE EN EL BALASTRO.
DATO PROPORCIONADO POR EL FABRICANTE.

CASO B.

-Lámpara recomendada tipo:	Fluorescente Econ-o-Watt
	Clave 04332
-Potencia:	34 Watss.
-Color:	Blanco Frio.
-Arranque:	Rápido.
-Balastro:	Mark III. Ahorrador de energía
	Philips, 127 V, 60 Hz.
-Longitud de la lámpara:	1200 Milímetros ⁽¹⁾
-Lumenes:	2650 Lumenes ⁽²⁾
-Vida promedio:	20,000 Horas ⁽³⁾
-Fabricante:	PHILIPS.

CALCULO DE LOS RADIOS DE CAVIDAD.

$$CCR = ((5) (0.45) (9.21 + 8.55) / (9.21) (8.55)) = \underline{0.5070}$$

$$RCR = ((5) (1.90) (9.21 + 8.55) / (9.21) (8.55)) = \underline{2.1400}$$

$$FCR = ((5) (0.80) (9.21 + 8.55) / (9.21) (8.55)) = \underline{0.9021}$$

De tablas la reflectancia efectiva de techo = 0.48

El coeficiente de Utilización se calcula de la misma manera que en el caso A, por tanto:

$$\text{Coeficiente de Utilización} = \underline{0.55}$$

(1) INCLUYENDO PORTA LAMPARAS.

(2) DESPUES DE 100 DE ENCENDIDO.

(3) APAGADO Y ENCENDIDO CADA 3 HORAS.

De acuerdo al método de Lumen:

$$\begin{aligned} \text{Luminarios} &= \frac{(\text{Nivel de iluminación} \times \text{Area})}{\text{requeridos} \quad (\text{Flujo luminoso} \times \text{CU} \times \text{F.Mtto.})} \\ &= \frac{(500 \times 9.21 \times 8.55)}{(2650 \times 0.55 \times 0.65)} \\ &= \underline{41.56} \rightarrow \underline{42.} \end{aligned}$$

Por distribución se colocaron 48 lámparas, en 12 gabinetes con envolvente acrílico, de 4 lámparas cada uno.

De lo anterior el nivel de iluminación es de :

$$NI = (\text{No. lámparas}) (\text{CU}) (\text{F.Mtto}) (\text{Lumenes/lámpara}) / \text{Area}$$

$$NI = (48) (0.55) (0.65) (2650) / ((9.21) (8.55))$$

$$NI = \underline{577.48 \text{ Luxes.}}$$

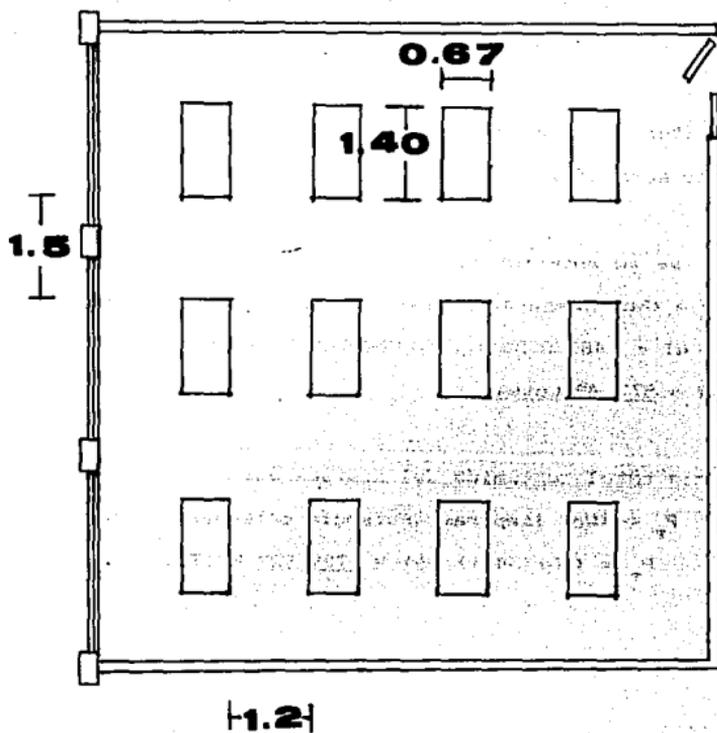
La potencia total consumida del sistema es:

$$P_T = (\text{No. lámparas}) (\text{Potencia c/lámpara}) (1.06)^{(1)}$$

$$P_T = (48) (34) (1.06) = \underline{1729.927 \text{ WATTS.}}$$

(1) EL FACTOR 1.06 SE DEBE AL CONSUMO QUE EXISTE EN EL BALASTRO DATO PROPORCIONADO POR EL FABRICANTE.

DISTRIBUCION DE LUMINARIOS



ACOTACION: M.

IV.2.6 HOJA DE TRABAJO PARA LA COMPARACION

DE COSTOS (1 SALON).

	<u>PRESENTE</u>	<u>PROPUESTO</u>	<u>UNIDAD</u>
A TIPO DE LAMPARA	(A) FLUORES-CENTE NORMAL	FLUDRES-CENTE ECONOWATT	PZA.
B No. DE LAMPARAS	(B) 48.00	48.00	PZA.
C LUMENES MANTENIDOS	(C) 2600	2650	LUMEN.
D PRECIO DE LA LAMPARA	(D) 6.20	6.20	N\$
E PRECIO DEL BALASTRO	(E) 38.00	38.00	N\$
F RANGO DE LA VIDA DE LA LAMPARA	(F) 18,000	20,000	HORAS
G WATTS POR LAMPARA (INCLUYE WATTS DEL BALASTRO)	(G) 48	36	WATTS
H COSTO DE INSTALACION POR LAMPARA (FIJACION, TRABAJO, COSTOS DE FERRETERIA), ESTIMADO	(H) ---	2.00	N\$
I COSTO ANUAL POR REEMPLAZO DE 1 LAMPARA, ESTIMADO	(I) N\$2.00	N\$2.00	PZA.
J COSTO ESTIMADO DE LIMPIEZA POR LAMPARA	(J) N\$0.20	N\$0.20	PZA.
K LIMPIEZA POR AÑO	(K) 1	1	AÑO
L REEMPLAZOS ANUALES ESTIMADOS PRESENTE: (1X48X15X(365-100))/18000 PROPUESTO: (1X48X15X(365-100))/20000	(L) 11	10	PZA.
M COSTO ANUAL DE REEMPLAZO DE LAMPARAS PRESENTE: (N\$6.20/LAMP) (11 LAMP.) PROPUESTO: (N\$8.20/LAMP) (10 LAMP.)	(M) 68.20	82.00	N\$

	PRESENTE	PROPUESTO	UNIDAD
N COSTO DE TRABAJO POR REEMPLAZO DE LAMPARAS PRESENTE: (N\$2.00/LAMP) (11 LAMP.) PROPUESTO: (N\$2.00/LAMP) (10 LAMP.)	(N) 22.00	20.00	N\$
O COSTO ANUAL DE LIMPIEZA (No. LAMP) (COSTO LIMP) (LIM/ANO)	(O) 9.60	9.60	N\$
P COSTO TOTAL DE MTTD. POR AÑO -INCLUYE LOS PUNTOS M,N,O. PRESENTE: N\$68.20 + N\$22.00 + N\$9.60 PROPUESTO: N\$82.00 + N\$20.00 + N\$9.60	(P) 99.80	111.60	N\$
Q COSTO DE LA ENERGIA ANUAL (No. LAMP) (KW/LAMP) (No HORAS OPERACION) (COSTO KW/HORA) PRESENTE: (48) (0.048 KW) (15(365-100) HORAS) (N\$0.20214 KW/HORA) PROPUESTO: (48) (0.036 KW) (15(365-100) HORAS) (N\$0.20214 KW/HORA)	(Q) 1,851.28	1,388.46	N\$
R COSTOS TOTALES DE OPERACION POR AÑO -INCLUYE LOS PUNTOS P,Q. PRESENTE: N\$77.80 + N\$1,851.20 PROPUESTO: N\$111.60 + N\$ 1,388.46	(R) 1,951.00	1,500.00	N\$
■ NOTESE LA MAYOR PROPORCION DE COSTO DE ENERGIA AL COSTO TOTAL DE OPERACION POR AÑO Y LOS AHORROS CON LAMPARAS MAS EFICIENTES.			
S AHORROS EN LOS COSTOS ANUALES DE OPERACION	(S) 450.94		N\$
N\$1,951.00 - N\$1,500.06			
T COSTO DEL SISTEMA PROPUESTO (48) (N\$8.20) + (48/2) (N\$38.00) + (48) (2)	(T) 1,401.60		N\$
U PERIODO DE REEMBOLSO: AHORRO EN EL COSTO ANUAL DEL SISTEMA PROPUESTO	(U) 3.11		ANOS

PRESENTE PROPUESTO UNIDAD

V RECUPERACION DE INVERSION. (V) 32.15%
AHORRO ANUAL DEL SISTEMA
PROPUESTO.

IV.2.7 HOJA DE TRABAJO PARA LA COMPARACION DE COSTOS

(NIVEL ESCUELA). ¹

1 CONSIDERANDO 11 EDIFICIOS; 15 SALONES POR EDIFICIO, TOTAL 165 SALONES.

	<u>PRESENTE</u>	<u>PROPUESTO</u>	<u>UNIDAD</u>
A TIPO DE LAMPARA	(A) FLUORES- CENTE NORMAL	FLUORES- CENTE ECONOWATT	PZA.
B No DE LAMPARAS	(B) 7920	7920	PZA.
C LUMENES MANTENIDOS	(C) 2600	2650	LUMEN
D PRECIO DE LAMPARA	(D) 6.20	8.20	N\$
E PRECIO DEL BALASTRO	(E) 38.00	38.00	N\$
F RANGO DE LA VIDA DE LA LAMPARA	(F) 18,000	20,000	HDRAS
G WATTS POR LAMPARA (INCLUYE WATTS DEL BALASTRO)	(G) 48	36	WATTS
H COSTO DE INSTALACION POR LAMPARA (FIJACION, TRABAJO, COSTOS DE FERRETERIA), ESTIMADO	(H) ---	2.00	N\$
I COSTO ANUAL POR REEMPLAZO DE 1 LAMPARA, ESTIMADO	(I) 2.00	2.00	N\$
J COSTO ESTIMADO DE LIMPIEZA POR LAMPARA	(J) 0.20	0.20	N\$
K LIMPIEZA POR AÑO	(K) 1	1	AÑO
L REEMPLAZOS ANUALES ESTIMADOS PRESENTE: (1 X 7920 X 15 X (365-100))/18000 PROPUESTO: (1 X 7920 X 15 X (365-100))/20000	(L) 1749	1575	PZA.

	<u>PRESENTE</u>	<u>PROPUESTO</u>	<u>UNIDAD</u>
M COSTO ANUAL DE REEMPLAZO DE LAMPARAS PRESENTE: (N\$6.20/LAMP.) (1749 LAMP.) PROPUESTO: (N\$8.20/LAMP.) (1575 LAMP.)	(M) 10,843.80	12,915.00	N\$
N COSTO DE TRABAJO POR REEMPLAZO DE LAMPARAS PRESENTE: (N\$2.00/LAMP.) (1749 LAMP.) PROPUESTO: (N\$2.00/LAMP.) (1575 LAMP.)	(N) 3,498.00	3,150.00	N\$
O COSTO ANUAL DE LIMPIEZA (No. LAMP) (COSTO LIMP LAMP) (LIM/AÑO)	(O) 1,584.00	1,584.00	N\$
P COSTO TOTAL DE MTTD. POR AÑO -INCLUYE LOS PUNTOS M,N,O. PRESENTE: N\$10,843.80 + N\$3,498.00 + N\$1,584.00 PROPUESTO: N\$12,915.00 + N\$3,150.00 + N\$1,584.00	(P) 15,925.80	17,649.00	N\$
Q COSTO DE LA ENERGIA ANUAL (No. LAMP) (KW/LAMP) (No HORAS OPERACION) (COSTO KW/HORA) PRESENTE: (7920) (0.048KW) (15(365-100)HORAS) (N\$0.20214) PROPUESTO: (7920) (0.036KW) (15(365-100)HORAS) (N\$0.20214)	(Q) 305,461.03	229,095.77	N\$
R COSTOS TOTALES DE OPERACION POR AÑO -INCLUYE LOS PUNTOS P,Q. PRESENTE: N\$15,925 + N\$305,461.03 PROPUESTO: N\$17,649 + N\$229,095.77	(R) 321,386.03	246,744.00	N\$

■ NOTESE LA MAYOR PROPORCION DE COSTO DE ENERGIA AL COSTO TOTAL DE OPERACION POR AÑO Y LOS AHORROS CON LAMPARAS MAS EFICIENTES.

	<u>PRESENTE</u>	<u>PROPUESTO</u>	<u>UNIDAD</u>
S AHORROS EN LOS COSTOS ANUALES DE OPERACION N\$321,386.03 - N\$246,744.00	(S) 74,642.03		N\$
T COSTO DEL SISTEMA PROPUESTO (7920) (N\$8.20) + (7920/2) (N\$38.00) + (7920) (2)	(T) 231,264.00		N\$
U PERIODO DE REEMBOLSO: AHORRO EN EL COSTO ANUAL DEL SISTEMA PROPUESTO	(U) 3.10		AÑOS
V RECUPERACION DE INVERSION. AHORRO ANUAL DEL SISTEMA PROPUESTO.	(V) 32.26%		

IV.2.8 RESULTADOS.

Con el fin de evitar el desperdicio en el uso de energía eléctrica, recomendamos el caso B y el uso de las lámparas fluorescentes Econ-o-Watt, porque presentan las siguientes ventajas (de acuerdo a la hoja de trabajo para la comparación de costos), en contra las lámparas fluorescentes instaladas.

-Son más eficientes porque presentan un mejor rendimiento (Lumen/Watt).

-Son más eficientes porque el ahorro de energía por lámpara puede ser hasta el 25%.

-Ayuda a mantener un alto factor de potencia evitando los cargos extras impuestos por la compañía de suministro de energía eléctrica.

-El nivel de iluminación aumenta con la lámpara fluorescente Econ-o-Watt.

-El tiempo de recuperación de la inversión es de aproximadamente 3.11 años (tiempo relativamente corto.)

-Presentan mayor vida útil con lo que se reduce el costo de operación.

-El ahorro anual en costo es de N\$74,642.03 por concepto de consumo de energía eléctrica.

La reducción en costo es la parte fundamental de un plan de conservación de energía que se base en la administración de la misma. Con la energía que se vuelve más escasa y costosa, el problema no va a desaparecer, a menos que se cuente con la

cooperación entre los empleados y la administración que proporcionen toda clase de medios para ahorrar energía y eliminar el desperdicio en su consumo.

V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La situación actual del sector productivo de:

-Equipos de iluminación

-Motores industriales

permite establecer las siguientes conclusiones:

El nivel tecnológico alcanzado por los productos disponibles es altamente satisfactorio. En el caso de las lámparas y motores de alta eficiencia, las técnicas de fabricación han sido cuidadosamente estudiadas por línea de producto, existiendo en determinados casos una especialización de los fabricantes en torno a algunos tipos de lámparas y motores, que se comercializan bajo la marca del propio fabricante y las de su competencia.

El desarrollo de los nuevos productos supone un importante esfuerzo de investigación. En los últimos quince años, a raíz del encarecimiento de la energía, esta investigación se ha dirigido hacia una búsqueda constante de la mejora de la eficiencia energética de los productos fabricados. A manera de ejemplo, la simple observación de los tipos de fuentes de luz utilizados en la actualidad revela una diferencia notable, en términos de eficacia luminosa, con los empleados hace 15 años en esas mismas aplicaciones, de manera similar ocurre con el uso de los motores.

Como se ha mencionado anteriormente la carga que consume la mayor cantidad de energía eléctrica son los motores, por lo cual, al reducir las pérdidas de potencia en ellos, se reduce el consumo de energía en el sector eléctrico y los beneficios se obtienen en

él, serán:

A) Disminución de inversiones y/o liberación de recursos hacia otras áreas prioritarias dentro o fuera del sector eléctrico.

B) Reducción de los costos de producción y suministro.

C) Evitar insuficiencia en el suministro de energía eléctrica.

El uso de los motores de alta eficiencia en la industria traerá los siguientes beneficios para el país:

A) Incrementación de la productividad de la economía.

B) Alargaría la vida de los recursos energéticos no renovables.

C) Mejoraría la utilización del sistema nacional de generación, distribución y utilización de la energía eléctrica, reduciendo riesgos en la continuidad del servicio.

Todos los beneficios citados, ofrecen claramente al usuario, al sector eléctrico y a la nación, ventajas claras y definitivas.

En cuanto a la situación tecnológica actual de los equipos de alumbrado las conclusiones más significativas son las siguientes:

A) Las lámparas incandescentes, aún cuando son las de menor eficiencia energética, van a seguir teniendo una utilización importante en el sector doméstico, no siendo previsible su sustitución a mediano plazo por otros tipos.

B) Los tubos fluorescentes han llegado a unos resultados de eficiencia luminosa y rendimiento de color tan notables que no tienen prácticamente competencia en gran número de aplicaciones. En un futuro próximo se generalizará la utilización de balastos de alta frecuencia.

Las lámparas de descarga en vapor de Mercurio a alta presión están en fase de declive, aunque por su bajo precio siguen siendo mayoritarias en el mercado, salvo las de tipo de halogenuros metálicos, que por su alta eficacia combinada con un alto rendimiento de color. así como su disponibilidad en altas potencias las hace insustituibles en determinadas aplicaciones (Almacenes, iluminación deportiva, etc.) y ser una solución muy aconsejable en un gran número de casos.

Las lámparas de vapor de Sodio a alta presión son uno de los tipos de lámparas en los que más se está trabajando en su perfeccionamiento. Su elevada eficacia luminosa hace que sea la de utilización más generalizada entre las de descarga de alta intensidad. Los nuevos desarrollos van dirigidos en dos sentidos:

- Mejora en el rendimiento de color, en las lámparas utilizadas

en las aplicaciones usuales.

-Introducción de lámparas de baja potencia con un IRC muy mejorado, que les permite competir con los otros tipos de lámparas en gran número de aplicaciones.

Se aconseja huir de prácticas generalizadas por la costumbre, basadas en estimaciones o "experiencias" similares que normalmente conducen a la realización de instalaciones poco aptas a las funciones visuales requeridas y a corto plazo, obsoletas, realizando, por el contrario, un cálculo razonado de la instalación, que tenga en cuenta el tipo de local, la actividad a desarrollar, el tipo de lámparas y luminarias y cualquier otro factor que tenga influencia sobre los anteriores.

Se debe seleccionar, de manera rigurosa, el nivel de iluminación adecuado al tipo de actividad.

Se aconseja establecer una adecuada coordinación entre el diseñador del sistema de iluminación y el responsable de la disposición interior de los locales (decoración, situación de puestos de trabajo, etc.) de modo que la alteración de alguno de estos factores pueda ser considerado durante el diseño, con el fin de adaptarlo a la nueva situación.

Es fundamental considerar durante el diseño del sistema las estrategias de control que mejor se ajustan (y mayores ahorros consiguen) al local que se pretende iluminar, así como las técnicas de control más adecuadas.

Así, por ejemplo, se debe plantear la instalación eléctrica

del sistema de iluminación, de manera que exista una amplia diversificación de circuitos de alumbrado que permita un control, manual o programado, por zonas de instalación o una parcialización en función de las condiciones de utilización.

Los distintos circuitos pueden alimentar distintas lámparas de cada luminaria o filas de luminarias, en superficies extensas, y áreas de utilización y puntos localizados, en despachos y pequeños locales.

Cuando las diferencias de utilización sean notables y perfectamente delimitadas en el tiempo (horario laboral, comercial, etc.) pueden plantearse instalaciones o sistemas de alumbrado reducido mediante programadores horarios.

Se potenciarán las instalaciones provistas de reguladores de flujo luminoso, con control de celda fotoeléctrica, en aquellos casos en que exista una aportación considerable de iluminación natural, o un control manual en aquellos casos en que el alumbrado reducido no está sujeto a una definición estricta en el tiempo.

El entorno sociológico condicionará en buena medida el diseño, la fabricación y la utilización de las nuevas lámparas, por una preocupación continua y creciente sobre el medio ambiente y la eficiencia energética, así como por una legislación y reglamentación cada vez más amplia y numerosa.

APENDICE 1

NORMAS TECNICAS APLICABLES AL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA ELECTRICA

El uso cada vez más creciente de la energía eléctrica, tanto para fines de confort y esparcimiento como para los procesos productivos de la planta industrial, nos obliga a pensar en un adecuado aprovechamiento de éste energético.

La demanda impuesta por el sector consumidor es quien de hecho obliga al Organismo Suministrador a tener cada día mayor capacidad de generación del fluido eléctrico, estableciendo cada vez, formas más modernas y sofisticadas en las fuentes de energía para abastecer esa demanda Nacional, hoy en día han quedado atrás aquellas pequeñas plantas generadoras propiedad del Estado que abastecieron pequeñas poblaciones en nuestro país cuyas instalaciones de los grandes consumidores industriales de aquel entonces, llegaban escasamente a 500 KW instalados.

En cambio, hoy en día es común encontrar instalaciones industriales del orden de 3,000 KW instalados. Este ritmo de crecimiento actual, tanto del sector industrial como del servicio doméstico, impone a la Comisión Federal de Electricidad la necesidad de incrementar sus fuentes de generación, obligándose con ello, a realizar cuantiosas inversiones que en gran medida repercutirán en el costo final de la energía consumida.

Dentro de éste contexto, el uso racional de la energía eléctrica adquiere una capital importancia, entendiendo éste concepto como el evitar los desperdicios de la energía eléctrica sin restringir su utilización en las cantidades que requiere la seguridad y el bienestar de la colectividad, dado que inclusive, bienestar y productividad van siempre ligados.

Es preciso señalar, que quizás por factores hereditarios o por la benignidad del clima, en la mayor parte del territorio Nacional, los mexicanos en términos generales no hemos desarrollado una mentalidad orientada hacia el ahorro, ha contribuído también la insistencia que desde muchos años atrás se nos repite, que nuestros recursos son ilimitados, insistencia que se ha visto respaldada con los yacimientos petrolíferos descubiertos recientemente.

La carencia de información sobre las responsabilidades de mejorar los consumos de energía eléctrica y realizar las inversiones necesarias para cada instalación eléctrica en particular, se traduce generalmente en instalaciones que a la larga provocan el uso deficiente de la electricidad, por lo que es necesario distinguir claramente lo que debe entenderse por soluciones "baratas" y por soluciones "económicas", evaluando el atractivo de estos conceptos contra las necesidades posibles de inversión.

Así tenemos por ejemplo que en lo referente al sistema de alumbrado, la solución "barata" pudiera ser a simple vista, el uso de lámparas incandescentes instaladas en un solo circuito, contra la solución "económica" que podría ser con un alumbrado natural, fluorescente, mercurial, etc., cuyos luminarios estuvieran instalados en varios circuitos adecuadamente controlados.

Es frecuente observar en la mayoría de las veces, que los criterios arquitectónicos se basan en la necesidad de reducir el costo de las construcciones y el renglón que reducen primeramente es el de las instalaciones eléctricas, cuantas veces hemos observado un edificio con acabados de lujo, cancelería de aluminio, vidrios polarizados, pisos de mármol, etc., con instalaciones eléctricas que no llenan su cometido para el cual fueron diseñadas y en muchas de ellas ni siquiera satisfacen los requisitos de seguridad reglamentarios.

Las Normas Técnicas del Reglamento de Instalaciones Eléctricas, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 22 de julio de 1981, contienen una serie de condiciones que deben satisfacer las instalaciones eléctricas desde el punto de vista de seguridad.

Los objetivos primordiales que se persiguen con el cumplimiento de dichas Normas Técnicas son:

- Disminuir riesgos de incendio o explosión
- Evitar descargas o electrocución a personas
- Evitar daños a propiedades y pérdidas económicas
- Establecer criterios básicos de diseño
- Evitar paros no programados
- FOMENTAR EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA
- Ilustrar sobre métodos de instalación
- Brindar información técnica oficial
- Establecer reglas de juego para casos especiales
- Definir y normalizar el vocabulario técnico
- Auxiliar en el deslinde de responsabilidades

Para lograr el uso eficiente de la energía eléctrica, es necesario que exista un buen diseño del proyecto eléctrico, el cual debe contener especificaciones claras de equipo y materiales utilizados así como detalles de construcción eléctrica, previniendo el uso de componentes eléctricos autorizados. Asimismo, debe evitarse que las caídas de tensión originadas en los conductores alimentadores o circuitos derivados excedan de los límites establecidos en las Normas Técnicas, ya que ésto provoca pérdidas de energía eléctrica.

Además de lo anterior, la caída de tensión produce los efectos siguientes:

- Reduce el flujo luminoso de las lámparas
- Produce cintilación o "parpadeo" en las lámparas fluorescentes o de descarga eléctrica
- Reduce la eficiencia de la mayoría de los equipos
- Aumenta la corriente de los motores para una carga dada al reducirse la tensión.
- Produce calentamiento excesivo de los conductores
- Aumenta las pérdidas de energía
- Afecta el funcionamiento del equipo conectado a contactos.
- Disminuye el par de arranque en motores.

Las Normas Técnicas previenen también, con el objeto de evitar calentamientos excesivos en los conductores y en las tuberías metálicas que los alojan y por ende pérdidas de energía, la necesidad de colocar dentro de las mismas canalizaciones todos los conductores activos del circuito y el neutro correspondiente, con lo cual se tiende a equilibrar las corrientes en los conductores dentro del propio ducto o cubierta.

Otro de los aspectos que debe tomarse en consideración y que las Normas Técnicas previenen, con el objeto de evitar pérdidas de energía, es el referente a asegurar un buen contacto entre la conexión de conductores y terminales, ya que independientemente del

deterioro que sufren éstos cuando existen conexiones flojas o sueltas, existirán calentamientos en las propias terminales y por consiguiente, pérdidas de energía.

Los conductores eléctricos, en comparación con el cuerpo humano, son los que conducen la "sangre", vital para el buen funcionamiento de la instalación, de tal forma que su selección debe ser precisa, haciendo intervenir la periodicidad del funcionamiento de las máquinas en una industria, por ejemplo, o la demanda impuesta por los usuarios de un edificio comercial, de acuerdo a los horarios de trabajo.

Recordemos que la relación existente entre la demanda máxima y la carga conectada nos proporciona el factor de demanda, si éste resulta muy alto y no coincide con la demanda máxima real, entonces los conductores estarán sobredimensionados, es decir, serán de calibre mayor de los que realmente se necesite, lo contrario producirá indiscutiblemente sobrecalentamientos y por consiguiente pérdidas de energía, independientemente del deterioro de los propios conductores y equipos conectados.

Las Normas Técnicas previenen que la conexión a tierra de las partes metálicas no-conductoras de una instalación, es importante para prevenir riesgos a la vida de las personas, cuando éstas tienen contacto con el envolvente metálico de un motor por

ejemplo, y que se presente una falla de aislamiento en sus conductores internos en ese momento, pero también tiene una gran liga con el tema que nos ocupa; es decir, el uso eficiente de la energía eléctrica, ya que si no tenemos aterrizado el neutro de nuestro sistema eléctrico, preferentemente en la entrada del servicio tal y como lo estipulan las Normas Técnicas sobre éste particular, en la mayoría de los casos las protecciones sobre corriente no operaran, máxime cuando se trata de fallas a tierra de pequeña magnitud, pero sí se reflejarán éstas en el contador de (Kilowatts-hora.

Es por eso que al proyectar cualquier instalación eléctrica, es necesario acatar el Reglamento de las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas editas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), al hacerlo lograremos el uso eficiente de la Energía Eléctrica.

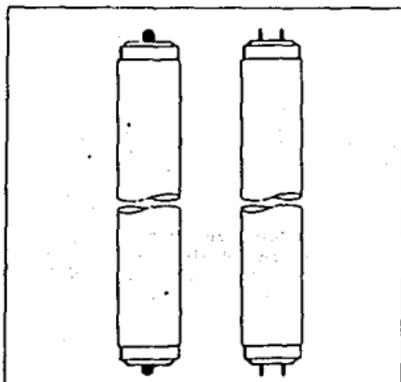
APENDICE 2

**DATOS TECNICOS DE LAS LAMPARAS ECON-O-WATT Y DE LOS
BALASTROS MARK III.**

Philips Iluminación

Lámparas fluorescentes ECON-O-WATT

34w Arranque rápido
30w y 60w Arranque Instantáneo.



DEFINICION

Las nuevas lámparas fluorescentes ECON-O-WATT de Philips tienen una eficiencia mayor a las lámparas normales debido a que consumen menor energía sin disminuir el flujo luminoso. En su rango se incluyen los nuevos colores Ultralume de mayor flujo luminoso, diferente temperatura de color y mayor índice de rendimiento de color.

DESCRIPCION

Las lámparas ECON-O-WATT tienen las mismas dimensiones que las lámparas equivalentes normales, utilizan el mismo casquillo y se pueden colocar en los mismos balastros, pero debido a la inclusión de nuevos gases en su interior, consumen menos energía y mantienen el mismo flujo luminoso. Dentro de esta familia de lámparas se incluyen los nuevos colores Ultralume (consultar hoja de catálogo) que tienen mayor flujo luminoso (mayor eficiencia), mayor índice de rendimiento de color (85 Ra) y diferentes temperaturas de color.

APLICACIONES

Las lámparas ECON-O-WATT ofrecen un gran ahorro cuando sustituyen a las lámparas fluorescentes normales, y son la mejor opción en la modernización, ampliación o nuevas construcciones de iluminación. Sus aplicaciones se extienden a cualquier instalación actual de lámparas fluorescentes donde se requiera ahorrar energía sin disminuir los niveles de iluminación, tales como tiendas, hoteles, oficinas, centros comerciales, restaurantes, escuelas, hospitales, etc.

BALASTRO

Actualmente los balastros llamados de "baja energía" y "económicos" están sustituyendo a los utilizados en el pasado. Estos balastros no operan correctamente, y dañan a las lámparas ECON-O-WATT, por lo que es necesario revisar las instalaciones antes de colocarlas. Para estas, lámparas Philips Iluminación tiene disponibles los balastros de eficiencia normal (SM) y los nuevos balastros MARK III (consultar hoja de catálogo), con los cuales el ahorro con estas lámparas es hasta del 30% de energía.

Philips Lighting



165

PHILIPS

LAMPARAS FLUORESCENTES

ECON-O-WATT *
T38 (T12)

AHORRO DE ENERGIA
EN LA SUSTITUCION
DE LAMPARAS DE 40W
ARRANQUE RAPIDO

CLAVE	POTENCIA watts	CASQUILLO	LONGITUD mm. (1)	ACABADO	FLUJO LUMINOSO lum. (2)	VIDA PROMEDIO hrs	PIEZAS POR CAJA	PRECIO nuevos pesos
04333	34	G13	1220	Luz de Día	2350	20000	30	8.20
04332	34	G13	1220	Bianco Frio	2650	20000	30	8.20
04268	34	G13	1220	Bianco Ligero	2750	20000	30	8.20

ECON-O-WATT *
T38 (T12)

AHORRO DE ENERGIA
EN LA SUSTITUCION
DE LAMPARAS DE 39W Y 75W
ARRANQUE INSTANTANEO

CLAVE	POTENCIA watts	CASQUILLO	LONGITUD mm. (1)	ACABADO	FLUJO LUMINOSO lum. (2)	VIDA PROMEDIO hrs	PIEZAS POR CAJA	PRECIO nuevos pesos
04202	30	F88	1220	Bianco Frio	2400	9000	30	10.50
04501	60	F88	2440	Luz de Día	4850	12000	15	13.50
04500	60	F88	2440	Bianco Frio	5400	12000	15	13.50
04329	60	F88	2440	Bianco Ligero	5600	12000	15	13.50

TLU CURVALUM ECON-O-WATT *
T38 (T12)

AHORRO DE ENERGIA
EN LA SUSTITUCION
DE LAMPARAS CURVALUM DE 40W
ARRANQUE RAPIDO

CLAVE	POTENCIA watts	CASQUILLO	LONGITUD mm. (1)	ACABADO	FLUJO LUMINOSO lum. (2)	VIDA PROMEDIO hrs.	PIEZAS POR CAJA	PRECIO nuevos pesos
04100	34	G13	570	Bianco Frio	2400	12000	12	28.30

* Marca registrada

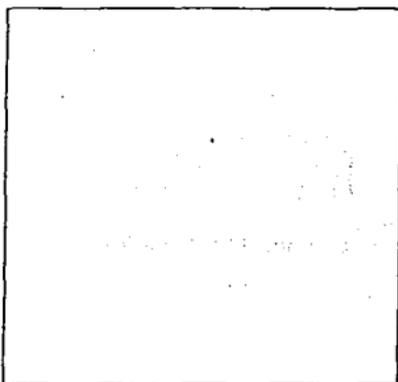
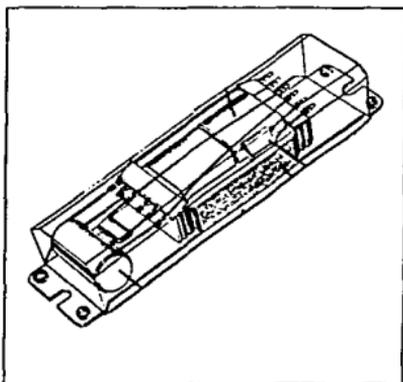
(1) Distancia máxima incluyendo portalámparas

(2) Después de 100 hrs de encendido

(3) Espacio entre centros: 8 pulg

Philips Iluminación

Balastos ahorradores de energía MARK III
para lámparas fluorescentes.



DEFINICION

Nuevos balastos ahorradores de energía MARK III, de Advance Transformer Co., para lámparas fluorescentes de 40W o 34W arranque rápido o para lámparas de 75W o 60W símiline. Operan adecuadamente tanto con lámparas normales como con lámparas ahorradoras de energía ECON-O-WATT.

DESCRIPCION

Los balastos ahorradores de energía MARK III tienen las mismas dimensiones que los balastos disponibles en el mercado y sus conexiones eléctricas son las mismas, lo que los hace directamente intercambiables, y además presentan las siguientes ventajas:

- No disminuyen el flujo luminoso.
- Son más versátiles.
- Consumen menos energía.
- Tienen una menor temperatura de operación.
- Tienen una mayor vida.
- Tienen menores costos de operación.

APLICACIONES

Los nuevos balastos MARK III de Advance ofrecen un gran ahorro en el consumo de energía (hasta un 30%) cuando sustituyen a los balastos normales para dos lámparas, y son la mejor opción en la modernización, ampliación, o nuevas construcciones de iluminación. Sus aplicaciones se extienden a cualquier instalación actual de lámparas fluorescentes donde se requiera ahorrar energía sin disminuir los niveles de iluminación, tales como: Tiendas, hoteles, oficinas, escuelas, hospitales, etc...

La mejor solución para ahorrar energía en los sistemas de iluminación fluorescente es instalar los balastos MARK III en combinación con lámparas ahorradoras de energía ECON-O-WATT.

Philips Lighting



167

PHILIPS

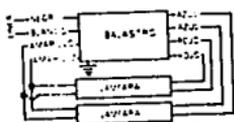
Balastos Ahorradores de Energía MARK III para Lámparas Fluorescentes.

DATOS ELECTRICOS Y TECNICOS. (sujetos a cambios sin previo aviso)

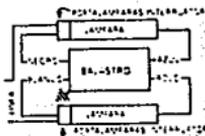
Clave	Número de Catálogo	Tipo de Lámpara		Voltaje Circuito (volts)	Factor de Potencia	Nivel de ruido	Potencia de Línea (watts)	Corriente de Línea (amps.)	Pisazas por caja	Peso por caja (kgs)
		Descripción	Potencia (watts)							
19621	R-2S40-TP	F40T12/RS	40	127	ALTO	A	86	0.73	10	18
		F40T12/RS/EW-II	34				72	0.63		
19638	R-2E75-S-TP	F96T12/RS	75	127	ALTO	C	153	1.35	6	18
		F96T12/RS/EW-II	60				125	1.20		

DIAGRAMAS DE CONEXIONES:

R-2S40-TP



R-2E75-S-TP

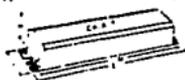


DIMENSIONES:

R-2E75-S-TP



R-2S40-TP



Designation	Long (mm)	Ancho (mm)	Alt (mm)	Peso (kg)
R-2E75-S-TP	298	75	45	283
R-2S40-TP	247	60	38	227

APENDICE 3
HOJAS TIPICAS DE CALCULO DE ILUMINACION
. METODO DE LUMEN (CAVIDAD ZONAL)
(CASOS A Y B DE ESTE TRABAJO)

HOJA DE CALCULO ILUMINACION - METODO DE CAVIDAD ZONAL.

 Hoja: 1

 de: 1

OBRA:	CALCULO	DESCRIPCION	FECHA:	REV:	APROB:	No.
QUATA	Wago Galvan	Salón de clases				
ELABORA:	REVISOR:					
EHEP Arce	Zoa. JuanMendez	Luminarias existentes				
AREA:	PLANO DE REFERENCIA	NIVEL:				
CUATRO	ENTRE EJES	ALTERNATIVA			B	

A) DATOS DEL CUARTO		B) DATOS DE CAVIDAD		C) DATOS DE LUMINARIAS	
DIMENSIONES	REFLECTANCIAS	CAVIDAD DE	ALTURA	RELACION	FABRICANTE:
LONGITUD 1 4.21 m.	TECHO 5 0.80	CUARTO 9 1.30	0 2.10		General Electric
ANCHO 3 8.55 m.	PISO 9 0.80	TECHO 11 0.45	12 0.50	0.48	TIPO Y % DE CATALOGO
AREA DEL PISO 3 78.75 m ²	PISO 7	PISO 14 0.80	15 0.90		Encendido 10/15 = 541
ALTURA AL 4 3.15 m.		NOTAS: PARA OBTENER LOS PUNTOS 10, 11, 15 VER FIGURA 17			LAMPARAS/LUMINARIAS 17 4
TECHO		LAS REFLECTANCIAS EFECTIVAS DE LAS CAVIDADES DE PISO Y TECHO			LUMENES/LAMPARA 15268
ALTURA DE MONTAJE DE LAS LAMPARAS DE ALUMBRADO 2.70 m.		SE ENCUENTRAN USANDO LA TABLA DE % DE REFLEXION EFECTIVA			COEFICIENTE DE UTILIZACION 19 0.65
					FACTOR DE MANTENIMIENTO 20 0.65

D) CALCULO DE RELACIONES DE CAVIDAD		E) CALCULO DE NUMERO DE LUMINARIAS	
FORMULA	ALTIMETRIA	NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO	LUMENES
RELACION DE $S = CAVIDAD \times (L \times ANCHO)$	AREA DEL PISO	A determinar	
CUARTO		FORMULA:	
$\frac{8 \times (11) \times (12) + 8 \times (14) \times (15)}{78.75} = 2.190$	10	AREA x LUMENES DEL PISO REQUERIDOS	
TECHO		LAMPARAS x LUMENES x CU x FM	
$\frac{8 \times (11) \times (12) + 8 \times (14) \times (15)}{78.75} = 0.507$	12	LAMPARA LAMPARA	
PISO		(17) x (18) x (19) x (20)	12 LUMINARIAS
$\frac{8 \times (14) \times (15) + 8 \times (9) \times (7) + 8 \times (45)}{78.75} = 0.902$	18		

F) OPCIONES DE ARREGLO Y COMPROBACION DEL NIVEL DE ILUMINACION			
OPCION	ARREGLO	NUM. DE LUM.	COMPROBACION DEL NIV. (LUXES)
A	4x3	12	$\frac{8 \times (11) \times (12) + (14) \times (15) + 8 \times (9) \times (7) + 8 \times (45)}{78.75} = 566.65$
B			$\frac{8 \times (11) \times (12) + (14) \times (15)}{78.75} = \dots$

170

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Fernández Salazar Luis C., De Ianda Amezua Jaime:
"Técnicas y aplicaciones de la iluminación "
Ed. Mc Graw Hill, 1ª Edición. España, 1993, 223p.
- 2.- J Chapman Stephen :
"Máquinas Eléctricas"
Ed. Mc Graw Hill, 1ª Edición. México, 1992, 655p.
- 3.- Ramírez Vázquez José:
"Sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado"
Ed. CEAC, 4ª Edición. España, 1987, 226p.
- 4.- Enriquez Harper Gilberto :
"ABC de instalaciones eléctricas industriales"
Ed. Limusa, 1ª Edición. México, 1988, 580p.
- 5.- Fitzgerald A.E., Kingsley Charles Jr., D. Umans Stephen:
"Máquinas Eléctricas"
Ed. Mc Graw Hill, 5ª Edición. México, 1992, 670p.
- 6.- Westinghouse:
"Manual del alumbrado"
Ed. Dosat, 3ª Edición. España, 1985, 225p.
- 7.- Lazar Irwin:
"Electrical systems analysis and desing for industrial plants"
1ª Edición. 1980, 209p.

HOJA DE CALCULO ILUMINACION - METODO DE CAVIDAD ZONAL

Noja: 1
de: 1

OBRA: <u>U.N.A.N.</u>	CALCULO: <u>Olivero Galván</u>	DESCRIPCION: <u>Salón de clases</u>	FECHA:	POR:	REV:	APROB:	No:
SUBOBRA: <u>ENER. Aragón</u>	REVISOR: <u>José Juan Méndez</u>	<u>Lámparas fluorescentes</u>					
AREA:	PLANO DE REFERENCIA:	NIVEL:					
CUARTO:	ENTRE ELES:	ALTERNATIVA:					(B)

A) DATOS DEL CUARTO			B) DATOS DE CAVIDADES				C) DATOS DE LUMINARIAS	
DIMENSIONES	REFLECTANCIAS	CAVIDAD DE	ALTURA	RELACION	REFLECTANCIA	FABRICANTE:		
LONGITUD	TECHO	CUARTO	1.70	10	3.146*	Philips Econo-Watt		
ANCHO	PARED	TECHO	1.10	12	0.507D	TIPO Y Nº DE CATALOGO		
AREA DEL PISO	PISO	PISO	14.080	15	0.982/	Material de pedido - 04202		
ALTURA AL						LAMPARAS/LUMINARIAS	17.4	
TECHO						LAMPARAS/LAMPARA	18.200	
ALTURA DE MONTAJE DE LAS LAMPARAS DE ALUMINADO	2.70m					COEFICIENTE DE UTILIZACION	10.55	
						FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM)	0.65	

D) CALCULO DE RELACIONES DE CAVIDAD			E) CALCULO DE NUMERO DE LUMINARIAS		
FORMULA: $\frac{ALTIMA DE CAVIDAD}{S \cdot CAVIDAD + L \cdot LONGITUD + ANCHO}$	ALTIMA DE CAVIDAD	AREA DEL PISO	NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO		
CUARTO	10	78.75	100 lúmenes/m ²		500 LUXES
TECHO	12	78.75	FORMULA: $\frac{AREA \cdot LUXES REQUERIDOS}{LAMPARAS \cdot LAMPARA + CU \cdot FM \cdot LAMPARA}$		
PISO	18	78.75	NUMERO DE LUMINARIAS	10.39 → 12	LUMINARIAS

F) OPCIONES DE ARREGLO Y COMPROBACION DEL NIVEL DE ILUMINACION					
OPCION	ARREGLO	Nº DE LAMP.	Nº DE LAMP.	COMPROBACION DE (LUXES)	OPCION ELECTIDA
A)				$\frac{22 \times 117 \times 118 \times 0.98 \times 0.65}{78.75} =$	
B)	4x3	12	12	$\frac{22 \times 117 \times 118 \times 0.98 \times 0.65}{78.75} =$	<u>577.48</u> <u>B</u>

171

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Fernández Salazar Luis C., De Ianda Amezua Jaime:
"Técnicas y aplicaciones de la iluminación "
Ed. Mc Graw Hill, 1ª Edición. España, 1993, 223p.
- 2.- J Chapman Stephen :
"Máquinas Eléctricas"
Ed. Mc Graw Hill, 1ª Edición. México, 1992, 655p.
- 3.- Ramírez Vázquez José:
"Sistemas de iluminación, proyectos de alumbrado"
Ed. CEAC, 4ª Edición. España, 1987, 226p.
- 4.- Enriquez Harper Gilberto :
"ABC de instalaciones eléctricas industriales"
Ed. Limusa, 1ª Edición. México, 1988, 580p.
- 5.- Fitzgerald A.E., Kingsley Charles Jr., D. Umans Stephen:
"Máquinas Eléctricas"
Ed. Mc Graw Hill, 5ª Edición. México, 1992, 670p.
- 6.- Westinghouse:
"Manual del alumbrado"
Ed. Dosat, 3ª Edición. España, 1985, 225p.
- 7.- Lazar Irwin:
"Electrical systems analysis and desing for industrial plants"
1ª Edición. 1980, 209p.

8.- Vargas Prudente Pablo:

"Ahorro de energía en motores eléctricos"

Ed. E.S.I.M.E., 2ª Edición. México, 1990, 104p.

9.-Relence de México:

"Manual de operación y servicio de los motores REMSA/GAMA-D"

México, 1984.

10.- Kosow Irwing L.:

"Electrical machinery and transformers"

Ed. Prentice Hall, 2ª Edición. E.U., 1991.

11.- Crouse Hinds Domex S.A.:

"Catálogo de productos de iluminación"

México, 1990.

12.- Philips:

"Manual del alumbrado"

Edición 1988.

13.- Philips:

"Philips iluminación"

México, 1993.