

ILUMINACION EFICIENTE DE AREAS Y CENTROS COMERCIALES

DEL 22 DE MAYO AL 2 DE JUNIO

DIA	HORA	TEMA	EXPOSITOR
MAYO			
LUNES	22 17:00 a 18:00 18:00 a 21:00	OBJETIVO DEL CURSO CRITERIOS BASICOS DE LA ILUMINACION COMERCIAL	ING CARLOS GARCIA
MARTES	23 17:00 a 21:00	LAMPARAS	ING ALEX RAMIREZ ✓
MIERCOLES	24 17:00 a 21:00	BALASTROS	ING ALEX RAMIREZ
JUEVES	25 17:00 a 21:00	LUMINARIOS	ING CARLOS GARCIA
VIERNES	26 17:00 a 21:00	CONTROLES	ING CARLOS MENDOZA
LUNES	29 17:00 a 21:00	ILUMINACION DE ESPACIOS INTERIORES TEORIA	ARQ ENRIQUE QUINTERO
MARTES	30 17:00 a 21:00	ILUMINACION DE ESPACIOS INTERIORES PRACTICA	ARQ ENRIQUE QUINTERO
MIERCOLES	31 17:00 a 21:00	ILUMINACION DE ESPACIOS INTERIORES PRACTICA	ARQ ENRIQUE QUINTERO
JUNIO			
JUEVES	1 17:00 a 21:00	ILUMINACION INTERIOR DE CENTROS COMERCIALES	ARQ ENRIQUE QUINTERO
VIERNES	2 17:00 a 18:00	ILUMINACION DE ESTACIONAMIENTOS	ING CARLOS GARCIA
	18:00 a 20:00	ILUMINACION DE FACHADAS	ARQ ENRIQUE QUINTERO
	20:00 a 21:00	CLAUSURA	ING CARLOS GARCIA

1.- ¿LE AGRADO SU ESTANCIA EN LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA?

SI	NO
----	----

SI INDICA QUE "NO" DIGA PORQUE.

2.- MEDIO A TRAVES DEL CUAL SE ENTERO DEL CURSO:

PERIODICO EXCELSIOR		FOLLETO ANUAL		GACETA UNAM		OTRO MEDIO	
PERIODICO EL UNIVERSAL		FOLLETO DEL CURSO		REVISTAS TECNICAS			

3.- ¿QUE CAMBIOS SUGERIRIA AL CURSO PARA MEJORARLO?

4.- ¿RECOMENDARIA EL CURSO A OTRA(S) PERSONA(S)?

SI		NO	
----	--	----	--

5.- ¿QUE CURSOS LE SERVIRIA QUE PROGRAMARA LA DIVISION DE EDUCACION CONTINUA.

6.- OTRAS SUGERENCIAS:



FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA
CURSOS ABIERTOS
ILUMINACION EFICIENTE DE AREAS Y CENTROS COMERCIALES

**LAMPARAS
BALASTROS**

ING. ALEX RAMIREZ RIVERO

Palacio de Minería Calle de Tacuba 5 Primer piso Deleg. Cuauhtémoc 06000 México, D.F. APDO. Postal M-2285
Teléfonos: 512-8955 512-5121 521-7335 521-1987 Fax 510-0573 521-4020 AL 26

DESCARGA ELECTRICA EN LOS GASES.

Un gas libre de influencias exteriores no contiene cargas eléctricas, puesto que todos sus átomos están en estado neutro. Sin embargo, los gases pueden hacerse conductores mediante diferentes procedimientos y el más utilizado en las lámparas de descarga es el siguiente: se encierra el gas (nitrógeno, neón, etc.) en un tubo de vidrio completamente sellado en cuyo interior existe baja presión y dos electrodos fríos y planos, uno en cada extremo (Fig 11.1).

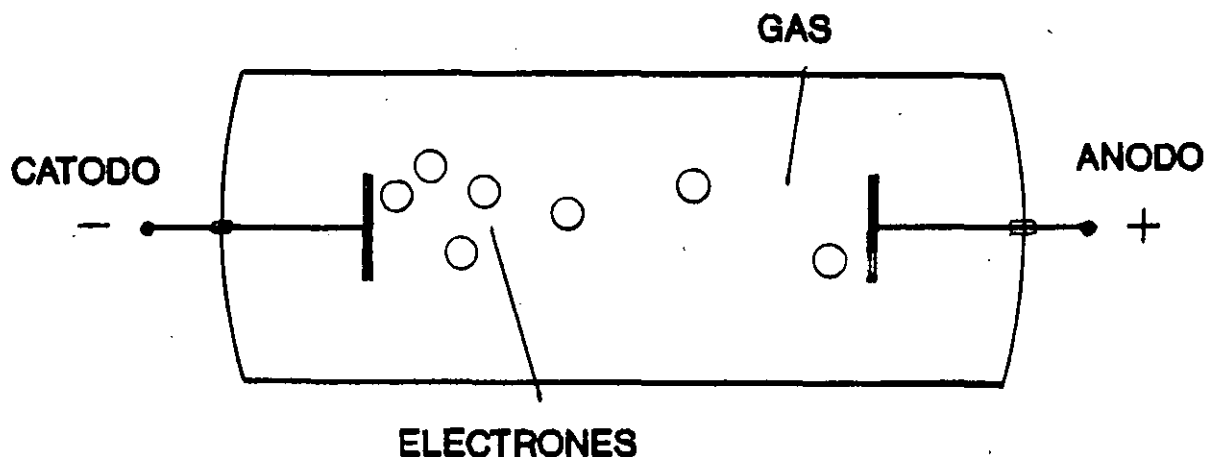


FIG 11.1.- DESCARGA ELECTRICA EN LOS GASES.

Si se conecta un generador de c.c. a los electrodos, los electrones libres presentes se desplazarán del electrodo negativo (cátodo) al positivo (ánodo) con lo cual se crea la posibilidad de choque con los átomos del gas. Si la tensión es suficientemente alta, un electrón puede adquirir tanta energía cinética que, en una colisión con un átomo, provoque la excitación de éste. Significa esto que un electrón de la capa exterior de un átomo es expulsado de su órbita a otra más alejada del átomo contiguo.

En consecuencia, el átomo pasa del estado mínimo de contenido de energía -que es su estado fundamental- a un estado con más contenido de energía o estado de excitación. El átomo siempre permanece en este estado durante un tiempo muy corto, porque vuelve después espontáneamente a su órbita original, con lo que emite energía en la forma de un cuanto.

Este cuanto corresponde a una línea del espectro emitido por un gas y es característico de los átomos del gas utilizado. Dicho de otra forma, la línea espectral de mayor energía dentro del espectro emitido por un gas es la línea producida por la transición del átomo desde el nivel más alto de excitación al nivel fundamental.

Si la tensión a través de los electrodos se eleva nuevamente, entonces la energía cinética de un electrón libre puede llegar a ser tan grande que ionice a un átomo, esto es, que el electrón ligado más débilmente se libere de su átomo original.

Se requiere mayor cantidad de energía para la ionización de un átomo que para su excitación. La ionización es importante para el mecanismo de la conducción eléctrica en las descargas eléctricas con gases y vapores, ya que como se explicó, un electrón por medio de una colisión deja libre a otro electrón; de igual forma estos dos electrones pueden producir dos colisiones más y de esta manera se obtienen cuatro electrones libres. Si el potencial entre electrodos es suficientemente intenso, a partir de un electrón se pueden obtener sucesivamente un número de electrones iguales a 1,2,4,8,16,32, etc. es decir, que el número de electrones libres aumenta espontáneamente en progresión geométrica y de manera definida, de la forma 2^n .

Bajo la influencia del campo eléctrico los electrones desprendidos de los átomos se dirigen hacia el ánodo y los iones positivos formados se van hacia el cátodo.

Para efectuar una descarga en un gas se necesita de una tensión mínima, llamada tensión de encendido. Después del encendido la corriente aumenta bruscamente por la formación sin obstáculos de un alud de electrones.

Esta corriente sería desastrosamente grande si el circuito tuviera conectada una resistencia externa insuficiente o si no dispusiera de alguna. Si la corriente es limitada por una resistencia externa de magnitud suficiente, entonces se crea una situación estacionaria, por medio de la cual la tensión a través del bulbo -tensión de encendido- es tal que obtenemos una descarga en gas que se mantiene a sí misma.

Se asegura así una corriente ininterrumpida de electrones a través del gas, a medida que van siendo liberados éstos por la descarga.

La posibilidad de un aumento ilimitado de la corriente en un tubo de descarga, conduce a la consecuencia práctica de proveer un medio para limitar la corriente y evitar que adquiera valores demasiado elevados. En corriente continua este dispositivo es una resistencia, pero en el caso de corriente alterna puede ser una reactancia de valor elevado, tal como un transformador del tipo alta impedancia o un conjunto inductancia-capacidad, dispositivo conocido como BALASTRO o simplemente REACTOR.

FUNCIONAMIENTO DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.

A las radiaciones luminosas obtenidas mediante materia en la que no se produce o se produce en muy pequeño valor una elevación de temperatura, se le llama LUMINISCENCIA.

Cuando la producción de radiaciones luminosas se mantiene solamente mientras dura la causa que la produce, la luminiscencia producida se llama fluorescencia; las lámparas fluorescentes deben su nombre a este fenómeno del cual hacen uso.

Es una propiedad característica de las sustancias fluorescentes el emitir radiaciones de mayor longitud de onda que las radiaciones recibidas; en este caso, las radiaciones recibidas son ultravioletas, no visibles, que excitan a las sustancias fluorescentes y éstas emiten radiaciones visibles siempre de mayor longitud de onda que las ultravioletas.

Las lámparas fluorescentes son esencialmente lámparas de descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión y un gas inerte. La descarga se produce en un recipiente tubular de gran longitud con relación a su diámetro; sobre la pared interior se ha depositado una fina capa de sustancias minerales fluorescentes. En las extremidades del tubo se sitúan los electrodos. El tubo está relleno de un gas noble -generalmente argón a algunos milímetros de presión- y de una pequeña cantidad de mercurio.

Con ayuda de la figura 11.2 se entiende como se produce la luz en una lámpara fluorescente. Al aplicar una tensión adecuada entre los electrodos o cátodos de la lámpara, se produce una descarga eléctrica entre ellos; los electrones procedentes de los cátodos invaden el espacio interelectrónico, chocando con los átomos de mercurio que existen en dicho espacio. A consecuencia

de estos choques una parte de los átomos se ioniza, aumentando así la corriente de descarga; la mayor parte de los átomos de mercurio ya están aquí excitados.

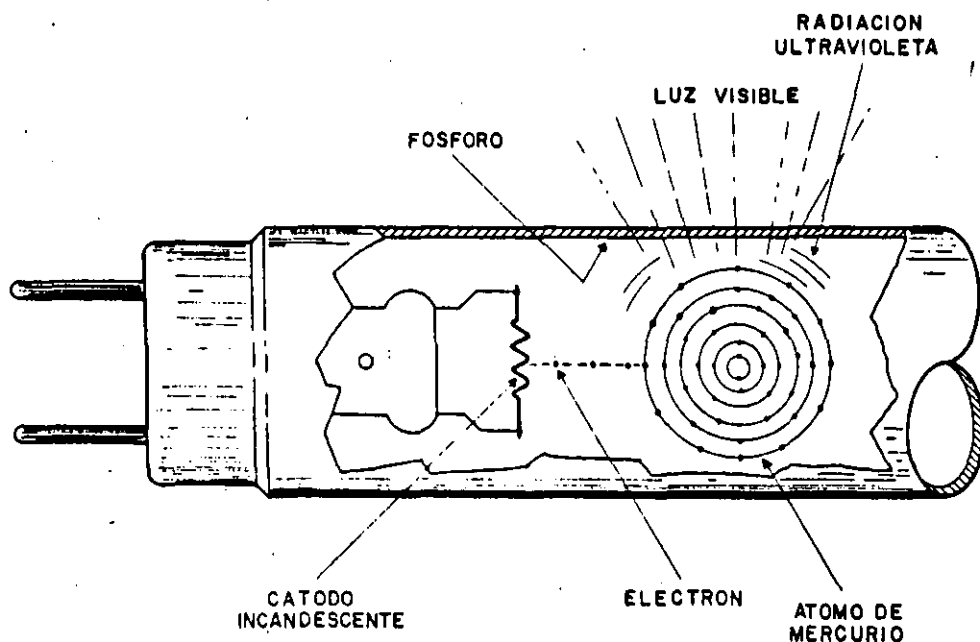


FIG 11.2.- PRODUCCION DE LUZ EN UNA LAMPARA FLUORESCENTE.

Ahora bien, la baja presión que existe en el interior del tubo es la causante de que en la excitación de los átomos de mercurio se emitan casi exclusivamente radiaciones ultravioletas cuya longitud de onda es de 253.7 nanómetros. Estas radiaciones excitan a su vez materias fluorescentes depositadas en las paredes del tubo que emitirán radiaciones de mayor longitud de onda que las radiaciones ultravioletas incidentes; dicho de otra forma, emitirán radiaciones visibles.

CONSTRUCCION DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.

En la figura 11.3 se pueden apreciar las principales partes constitutivas de una lámpara fluorescente, así como su función principal. A continuación damos una explicación más

amplia de aquellas partes que por su importancia, así lo requieren.

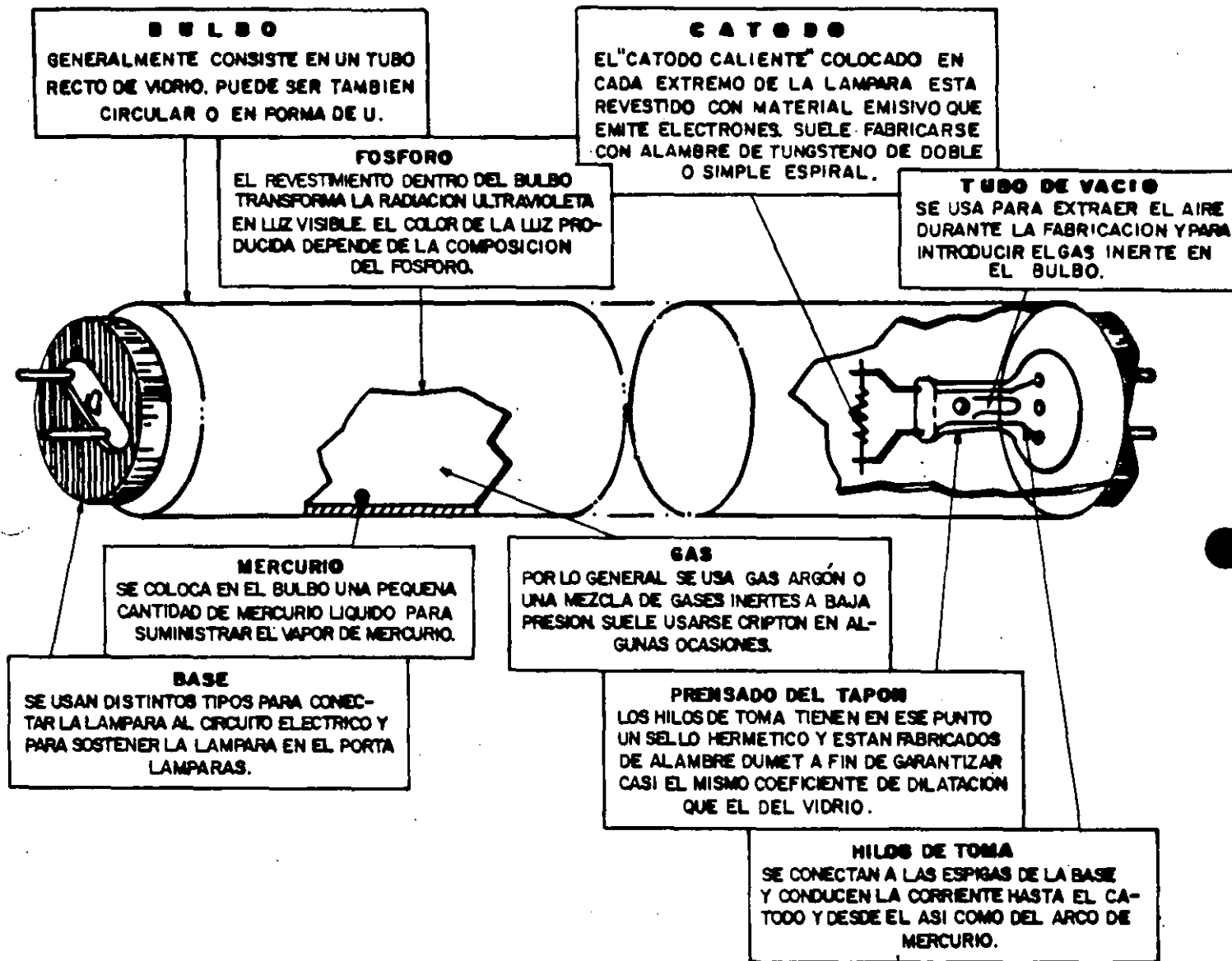


FIG 11.3.- PARTES PRINCIPALES DE UNA LAMPARA FLUORESCENTE.

Electrodos > El electrodo que va en cada uno de los extremos de las lámparas fluorescentes consiste generalmente de un alambre

con revestimiento de tungsteno de doble o triple arrollamiento espiral. Dicho revestimiento por ser un material emisor (bario, estroncio y óxido de calcio) emite electrones cuando se calienta a una temperatura de operación de alrededor de 950°C. A esta temperatura los electrones se desprenden libremente con sólo una pequeña pérdida de potencia en cada uno de los cátodos.

Este proceso se llama "emisión termiónica", ya que el calor es más responsable por la emisión de electrones que el voltaje. A un electrodo de este tipo se le llama "cátodo caliente" y es por mucho el tipo de electrodo más usado actualmente. Este tipo de cátodos reducen el voltaje de arranque necesario para establecer el arco. Existen también los electrodos del tipo "cátodo frío" que requieren de una mayor tensión de arranque, como se describirá más adelante.

Bulbos La forma y tamaño del bulbo de una lámpara fluorescente se expresa mediante una clave que consiste de una letra "T" (designando la forma del bulbo), la cual va seguida de un número que especifica el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. El diámetro puede variar desde T-5 (5/8 de pulgada) hasta T-17 (2 1/8 de pulgada).

En cuanto a la longitud nominal, las lámparas fluorescentes fluctúan entre 6 y 96 pulgadas. Las lámparas circulares se fabrican en tres tamaños: con diámetro exterior de 3, 12 y 16 pulgadas. Existe también una lámpara de 40 watts que tiene un bulbo T-12 en forma de "U". Recientemente ha llegado al mercado nacional una nueva lámpara fluorescente de baja potencia sumamente compacta, de tubos gemelos y alta eficacia que puede reemplazar con grandes ventajas a la lámpara incandescente tradicional. Por lo novedoso de este diseño, comentaremos sobre él por separado más adelante.

Gases > Una pequeña cantidad de gotas de mercurio se coloca en el interior del tubo fluorescente. Durante la operación de la lámpara, el mercurio se vaporiza a una presión muy baja. A esta presión, la corriente fluyendo a través del vapor provoca que éste radie energía, principalmente a una sola longitud de onda en la región ultravioleta del espectro (253.7 nanómetros). La presión del mercurio es regulada durante la operación por la temperatura de la pared del bulbo. La lámpara contiene también una pequeña cantidad de un gas raro altamente purificado. Los más comunes son el argón y el argón-neón, pero algunas veces también se utiliza el kriptón. El gas se ioniza rápidamente cuando se aplica un voltaje suficiente a la lámpara. El gas ionizado decrece rápidamente su resistencia, permitiendo que la corriente fluya y el mercurio se vaporice.

Fosforos > La longitud de onda o el color de la luz producida por una lámpara fluorescente depende de la composición química del fósforo utilizado en el revestimiento interno del bulbo. Mediante la combinación en proporciones variantes de distintos fósforos, es posible producir una amplia variedad de colores. Los colores disponibles en la actualidad incluyen varias tonalidades de blanco, así como de azul, verde, dorado, rosa y rojo.

Otras lámparas fluorescentes están diseñadas con fósforos que generan los colores de luz que son más estimulantes al crecimiento de las plantas. Además, hay otras que contienen un fósforo que produce una radiación casi ultravioleta en la banda de luz negra para activar los materiales fluorescentes y fosforescentes. Las lámparas de tamaño similar de todos los colores son exactamente iguales, salvo por el revestimiento. Las lámparas de luz negra azul se fabrican con un vidrio especial que filtra la energía visible.

Bases > En la figura 11.4 se muestran las bases tipo que se usan con las lámparas fluorescentes. Para las lámparas de precalentamiento y de arranque rápido se necesitan cuatro contactos eléctricos, dos en cada extremo de la lámpara. Esto se realiza usando una base con dos espigas en cada extremo. Existen tres tamaños: miniatura, mediana y mogul.

En las lámparas circulares los cátodos van conectados a una base con cuatro espigas ubicada entre la unión de los dos extremos de la lámpara. Las lámparas HO y VHO tienen bases embutidas de doble contacto. Las lámparas Slimline (arranque instantáneo) requieren solamente de dos contactos eléctricos, o sea uno en cada extremo de la lámpara y usan bases de una sola espiga.

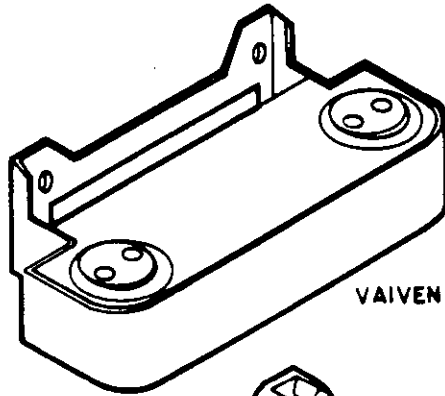
TIPOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES.

De acuerdo con su principio de funcionamiento, las lámparas fluorescentes pueden clasificarse en dos grandes tipos: las de cátodo frío y las de cátodo caliente.

LAMPARAS FLUORESCENTES DE CATODO FRIO.

Estas lámparas utilizan los efectos de la descarga luminiscente en el seno de un gas noble y proporcionan una luz coloreada muy intensa; el color de la luz depende del gas de relleno que puede ser: argón, neón, helio, kriptón y xenón. Mezclando dos o más gases se puede obtener una amplia gama de colores. Estas lámparas son conocidas también como fluorescentes de alta tensión y constructivamente difieren de las lámparas de cátodo caliente en que la presión del gas contenido en el tubo de descarga es siempre algo menor y en que los electrodos están constituidos por un cilindro hueco de hierro puro, recubierto de

LAMPARAS DE
DOS
ESPIGAS



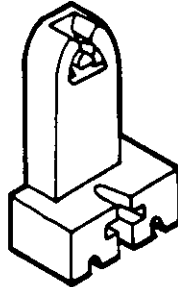
VAIVEN



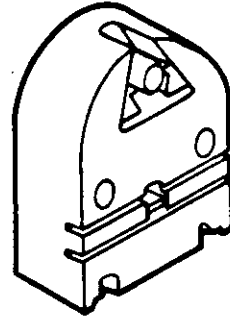
MINIATURA



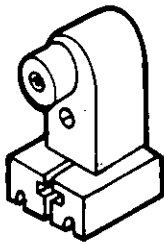
MEDIO
CON TOPE



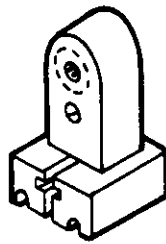
MEDIO



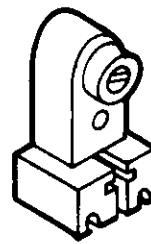
MOGUL



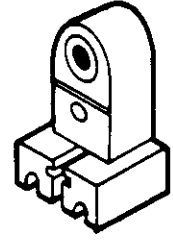
EXTREMO DE
ALTO VOLTAJE



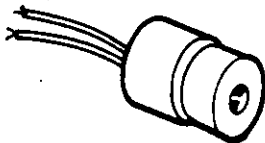
EXTREMO DE
BAJO VOLTAJE



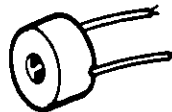
EMBUTIDO DE DOBLE CONTACTO
LAMPARAS DE ALTA EMISION LUMINICA
Y DE MUY ALTA EMISION LUMINICA



LAMPARAS SLIMLINE (LINEA FINA)
MONTAJE CON TOPE TIPO "CONTACTO DE PRESION"

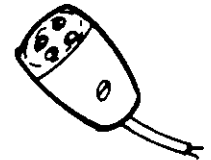


EXTREMO DE ALTO VOLTAJE



EXTREMO DE BAJO VOLTAJE

LAMPARAS SLIMLINE



CONECTOR PARA
LAMPARA CIRCULAR

FIG II.4.- BASES PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

una capa de óxidos metálicos emisores de electrones.

La emisión de radiaciones luminosas se realiza aprovechando los efectos de la descarga luminiscente, es decir solamente por efecto de la tensión existente entre los electrodos de la lámpara; esta tensión ha de ser elevada (superior a los 1000 volts) y suministrada a partir de la red de baja tensión por medio de un transformador elevador de características adecuadas.

Las lámparas fluorescentes de cátodo frío son de forma tubular, con un diámetro exterior que oscila entre 15 y 25 mm y la longitud puede estar comprendida entre algunos centímetros y más de tres metros. Son de arranque instantáneo y requieren, como ya se dijo, de un transformador elevador de tensión (un transformador de 12000 volts puede hacer funcionar aproximadamente 39 metros de tubo fluorescente de alta tensión); la reactancia necesaria para estabilizar la descarga puede obtenerse del mismo transformador porque la tensión de descarga de esta lámparas es del orden del 50% de la tensión de encendido.

Como se necesita una alta tensión para el encendido, generalmente no se presentan dificultades para arrancar estas lámparas en condiciones de mucha humedad o mucho frío. Tienen una duración que puede estimarse en 10,000 horas de vida, pero cuando una lámpara lleva funcionando más tiempo del estimado como tiempo normal de vida, la luz que emite se vuelve inestable y pálida; cuando esto sucede hay que reemplazar inevitablemente la lámpara.

Al contrario de lo que sucede con las lámparas fluorescentes normales -que solamente pueden funcionar entre límites muy estrechos de corriente- las lámparas fluorescentes de alta tensión pueden utilizarse para iluminación regulable, entre amplios límites de tensión entre electrodos.

Resulta muy fácil dar a los tubos fluorescentes de cátodo frío la forma que resulte más conveniente; pueden instalarse además en serie o paralelo formando una serie luminosa ininterrumpida. Por estas razones son usadas cuando se desea una adaptación exacta a las líneas arquitectónicas del espacio que han de iluminar. También se emplean en iluminación publicitaria, en tonos de color caprichosos.

LAMPARAS FLUORESCENTES DE CATODO CALIENTE.

Por su forma de encendido estas lámparas se pueden dividir en tres tipos fundamentales que son:

- i) Lámparas del tipo Precalentamiento*
- ii) Lámparas de Arranque Instantáneo (Slimline)*
- iii) Lámparas de Arranque Rápido.*

LAMPARAS DEL TIPO PRECALENTAMIENTO El circuito de precalentamiento fue el primer tipo de lámpara en ser desarrollado, en 1941. Requiere un arrancador separado que precalienta los electrodos, provocando una emisión de electrones. Esto causa que la resistencia interna disminuya, lo que permite que el arco se establezca. El proceso de precalentamiento requiere de algunos instantes, de aquí lo lento del encendido que es característico del circuito de precalentamiento. El precalentamiento puede efectuarse por medio de un botón manual de arranque o por un arrancador automático. El arrancador hace circular la corriente por los electrodos de la lámpara por un tiempo suficiente para calentarlos y entonces automáticamente -o manualmente- interrumpe la corriente en los electrodos, causando que el voltaje aplicado entre los electrodos establezca el arco.

LAMPARAS DE ARRANQUE INSTANTANEO (SLIMLINE).

En 1944 fue introducido el circuito de encendido instantáneo, también conocido como Slimline. Estas lámparas trabajan sin necesidad de arrancadores, ya que el balastro suministra un voltaje lo suficientemente alto como para producir el arco en forma instantánea, evitando así el arranque lento que se tiene con las lámparas de precalentamiento; además simplifica el sistema de alambrado y el sistema correctivo.

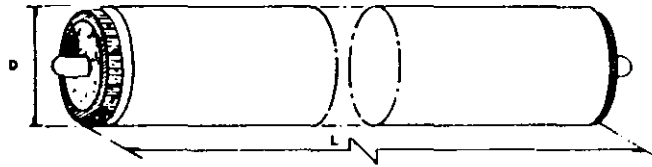
Dado que las lámparas Slimline no necesitan calentamiento previo, se requieren bases con una sola espiga a cada extremo de la lámpara. Las lámparas de arranque instantáneo de 40 watts usan una base media de dos espigas, la cual tiene una conexión entre las espigas de cada extremo, produciendo el mismo efecto que solamente una espiga para cada cátodo. Las lámparas de arranque instantáneo con doble espiga no trabajan en circuitos de precalentamiento o de arranque rápido, aún cuando inadvertidamente se instalaran en artefactos con este tipo de balastos (Fig 11.5).

LAMPARAS DE ARRANQUE RAPIDO.

En 1952 se desarrollaron el circuito y la lámpara de arranque rápido. Este tipo de lámparas arrancan con suavidad y rapidez sin necesidad de arrancadores. En realidad arrancan rápidamente pero no instantáneamente como lo hacen las del tipo Slimline, pero arrancan en un periodo de tiempo mucho más corto que las lámparas de precalentamiento, usando balastos más eficientes y más pequeños que los balastos de arranque instantáneo.

**LAMPARA FLUORESCENTE
ENCENDIDO INSTANTANEO.**

**MATERIAL
2.0046**



WATTS	TIPO DE ARRANQUE	L MAXIMA	D NOMINAL	COLOR	VOLTS (rms)	AMPS (rms)	LUMENS INICIALES	VIDA (HORAS)	CLAVE
39	INSTANTANEO	1219.2	38.1	BLANCO FRIO	100	0.425	3,000	12,000	01
75	INSTANTANEO	2438.4	38.1	BLANCO FRIO	197	0.425	6,300	12,000	02

MATERIAL Y ACABADO: LAMPARA DE VIDRIO DE BOROSILICATO, RECUBIERTA INTERIORMENTE CON FOSFORO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO DE TRIPLE ARROLLAMIENTO.

USO: EN ILUMINACION DE PASILLOS, OFICINAS, ALMACENES, ETC.

ESPECIFICACION: 1.0024

ALMACENAJE: EN LUGARES CUBIERTOS Y SECOS.

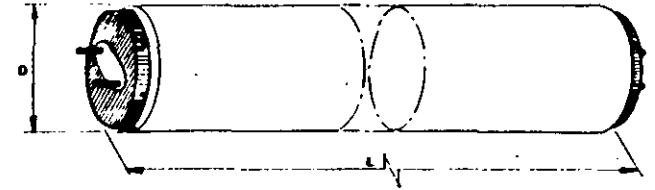
NOTAS: BASE MEDIANA DE LATON SOPORTADA CON UN ALFILER EN CADA EXTREMO

ACOT: mm. ESC: SIN.

DIC-78 Rev. DIC-88

LAMPARA FLUORESCENTE DE ENCENDIDO RAPIDO

**MATERIAL
2.0060**



WATTS	TIPO DE ARRANQUE	L maximo	D nominal	VOLTS (rms)	AMPERES (rms)	LUMENES INICIALES	COLOR	VIDA NOMINAL (HORAS)	CLAVE
20	RAPIDO	610	38.1	56	0.380	1235	BCQ FRC	9 000	01
40	RAPIDO	1220	38.1	102	0.425	3100	BCQ FRC	12 000	02

MATERIAL Y ACABADO: TUBO DE VIDRIO DE BOROSILICATO RECUBIERTO INTERIORMENTE DE FOSFORO QUE CONTIENE GASES NAROS Y VAPOR DE MERCURIO SOPORTADA CON DOS ALFILERES EN CADA EXTREMO

USO: EN ILUMINACION DE PASILLOS, OFICINAS, ESTACIONAMENTOS, ETC.

ESPECIFICACION: 1.0024

ALMACENAJE: EN INTERIORES

NOTAS: LA EFICACIA EXACTA DEPENDE TANTO DEL FABRICANTE COMO DEL COLOR. ESTE TIPO SE CONOCE COMERCIALMENTE COMO BI-PIN (2 ALFILERES)

ACOT: mm. ESC: SIN.

DIC 78 Rev. MAR-84 NOV-88

FIG II.5.- LAMPARAS DE ARRANQUE INSTANTANEO.

FIG II.6.- LAMPARAS DE ARRANQUE RAPIDO.

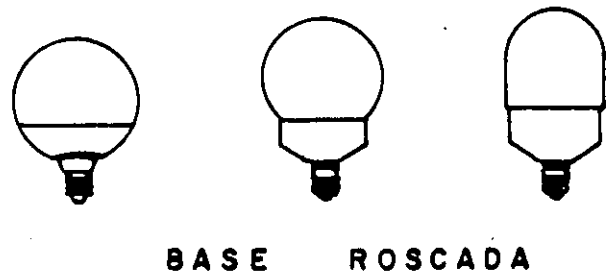
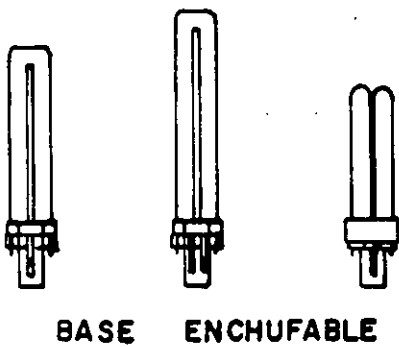
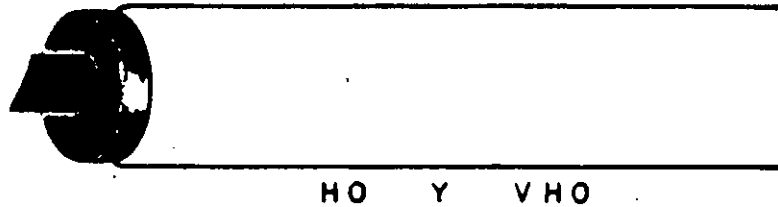
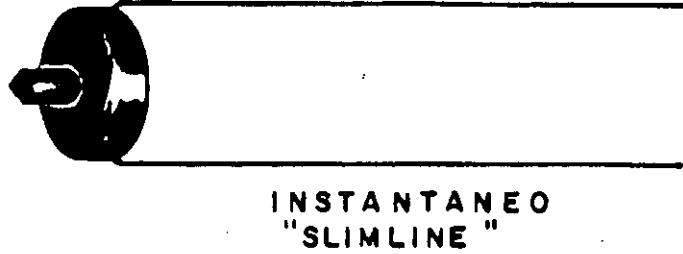
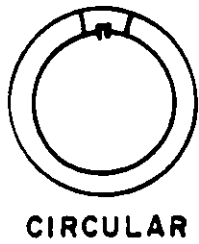
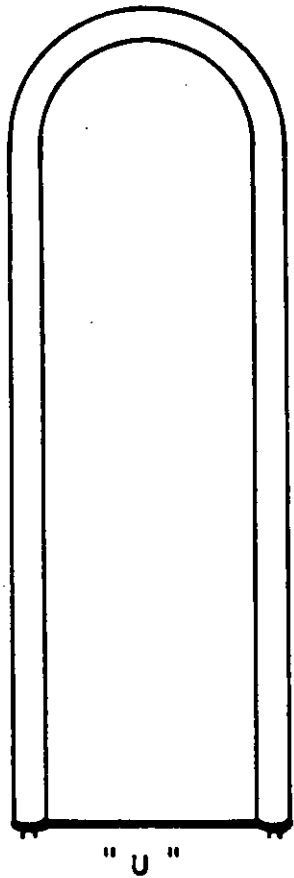
Este tipo de lámparas dependen del calentamiento del cátodo, el cual es suministrado por unos devanados que tiene el balastro. De esta forma se reduce el voltaje de arranque, que es menor que el de las lámparas Slimline del mismo tamaño. La lámpara de encendido rápido es la lámpara fluorescente más común y es adecuada para la mayoría de las aplicaciones (Fig 11.6).

En la actualidad existe una gran variedad de tipos de lámparas fluorescentes, una para cada necesidad y condiciones especiales de funcionamiento. Entre los principales tipos de lámparas fluorescentes se tienen las siguientes (Fig 11.7):

a) DE ALTA EMISION LUMINICA (HO).- Las lámparas Slimline de precalentamiento y arranque rápido del tipo convencional trabajan aproximadamente a un máximo de 31 watts por metro con una corriente de 430 mA. El principio de arranque rápido posibilita el que se pueda exceder esa carga con buena eficiencia en el sistema de instalación.

Las lámparas HO para uso en intemperie generalmente funcionan a 800 mA con una carga aproximada de 43 watts por metro. A 800 mA las lámparas suministran aproximadamente 45% más de lúmenes que las del tipo Slimline de tamaño comparable. Para emplearlas a la intemperie, es decir, para alumbrado de calles o en reflectores, las lámparas de alta emisión casi siempre trabajan a 1000 mA para suministrar una alta emisión luminica a bajas temperaturas. Las lámparas HO reglamentarias fluctúan en potencias entre 32 y 105 watts y en longitud entre 24 y 96 pulgadas (Fig 11.8).

LAMPARAS FLUORESCENTES



EFICACIA: 37 A 93 LUMENES POR WATT

VIDA : 6,000 A 20,000 HORAS

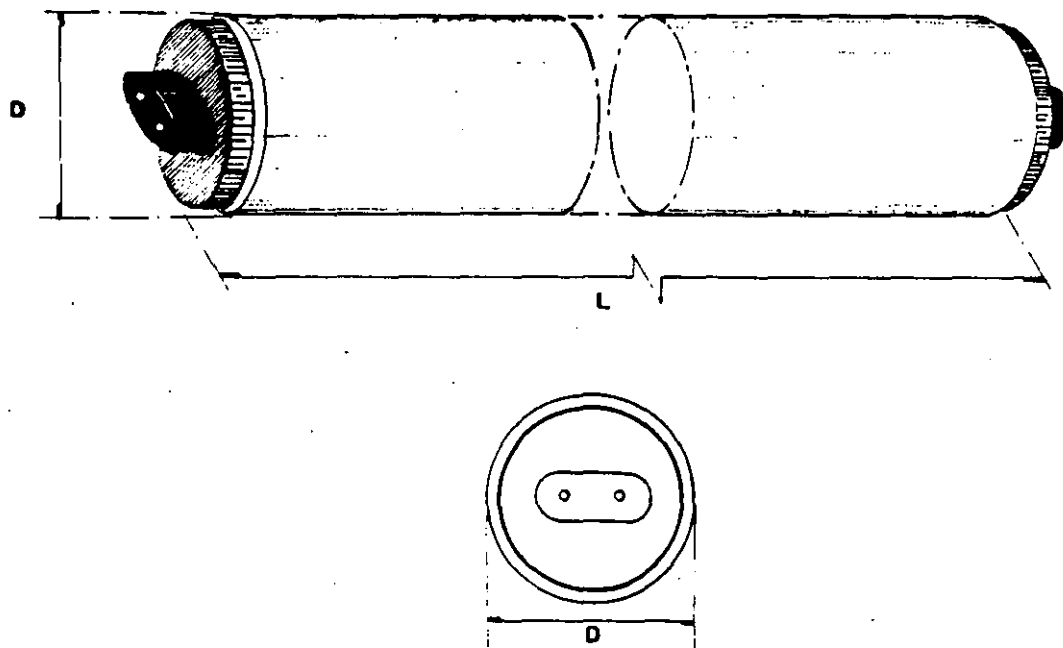
POTENCIAS: 4 A 215 WATTS

USOS : RESIDENCIAL, COMERCIAL, OFICINAS, INDUSTRIAL .

FIG 11.7.- TIPOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES.

LAMPARA FLUORESCENTE AHORRADORA DE
ENERGIA ENCENDIDO RAPIDO H.O - V.H.O

MATERIAL
2.0649



WATTS.	TIPO DE ARRANQ.	L MAX.	D MAX.	VOLTS (R.M.S.)	AMPS. (R.M.S.)	LUMENES INICIALES	VIDA (HORAS)	COLOR	CLAVE.
95	RAPIDO	2438.4	38.1	126	0.83	8 800	12 000	BLANCO LIGERO	01
185/195	RAPIDO	2435.4	53.9	257	0.83	14 900	12 000	BLANCO LIGERO	02

MATERIAL Y ACABADO: TUBO DE VIDRO DE BOROSILICATO RECUBIERTO INTERIORMENTE DE FOSFORO QUE CONTIENE GASES RAROS Y VAPOR DE MERCURIO, SOPORTADA CON DOS - ALFIRES EMBUTIDOS EN CADA EXTREMO

USO: PARA ILUMINACION DE PASILLOS, OFICINAS, AULAS, ETC.

ESPECIFICACION: ANSI (78.3 A - 1985), ANSI (81.2 0 - 1976) DIMENSIONES)

ALMACENAJE: EN INTERIORES

NOTAS: EL WATTAJE EXACTO DEPENDE DE CADA FABRICANTE

LA LAMPARA DE 34/35 W. SUSTITUYE A LA DE 40 W.

LA LAMPARA DE 95 W. SUSTITUYE A LA DE 110/115 W.

LA LAMPARA DE 185/195 W. SUSTITUYE A LA DE 215 W.

ESTA LAMPARA DEBERA OPERARSE SIEMPRE CON BALASTRO

AHORRADOR DE ENERGIA

H.O. SIGNIFICA ALTA EMISION

V.H.O SIGNIFICA MUY ALTA EMISION

ACOT: MM.

ESC : SIN.

b) **DE MUY ALTA EMISION LUMINICA (VHO).**- Estas lámparas trabajan a 1500 mA y aproximadamente 78 watts por metro de longitud de tubo. Cuando la corriente de la lámpara excede de 1000 mA, los watts por metro de la lámpara se vuelven más elevados como para crear un problema de calentamiento que hace más complicado el diseño para su debido control. Si el calor resultante de 1500 mA se deja sin control, puede hacer que la temperatura del vapor de mercurio suba demasiado dando como resultado un aumento en la presión, lo cual reduciría la eficacia de la lámpara. Este control se obtiene empleando blindajes reflectores metálicos de forma circular que van montados entre los electrodos y los extremos de las lámparas, produciéndose un "centro de control de presión" (Figs 11.9 y 11.10).

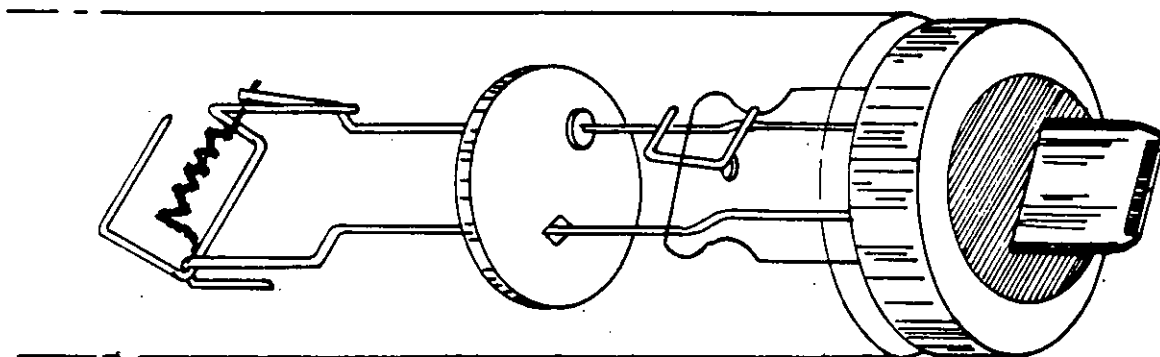


FIG 11.10.-CENTRO DE CONTROL DE PRESION EN UNA LAMPARA VHO.

c) **CIRCULARES.**- Estas lámparas están constituidas por un tubo fluorescente doblado en forma circular. Se emplean cuando se precisa simultáneamente una iluminación funcional combinada con un buen efecto estético. Aún cuando son lámparas del tipo de arranque rápido diseñadas para trabajar con balastros circulares

de arranque rápido, también pueden funcionar con reactores de precalentamiento. Los tamaños normales fluctúan entre 22 y 40 watts con diámetros de 8 a 16 pulgadas.

d) EN FORMA DE "U".- Son esencialmente lámparas de 40 watts en forma de "U" con una longitud nominal de 24 pulgadas. Su forma curvada permite el uso de dos lámparas (el equivalente a 2 de 48 pulgadas o de 4 de 24 pulgadas de tipo recto) en un luminario cuadrado de 24 pulgadas.

Funcionan con reactores de arranque rápido de 40 watts. Tienen la ventaja de permitir que el alambrado y los portalámparas se instalen en uno de los extremos del luminario. Ofrece una forma compacta que se puede usar en cielos rasos modulares.

e) DE LUZ NEGRA Y AZULADA.- Las lámparas de luz negra se diferencian de las lámparas fluorescentes comunes únicamente en la composición de los filtros utilizados, que son los que irradian la mayor parte de su energía en la región de ultravioleta (máximo a 356 nm), en vez de en la gama visible.

Dado que las lámparas de luz negra también emiten alguna radiación visible, a menudo se usan con filtro externo de color azul oscuro, para suprimir la irradiación visible. Las lámparas fluorescentes de luz negra azulada son como las de luz negra, salvo que van dotadas de un tubo especial azul oscuro que absorbe casi toda la luz visible mientras transmiten libremente radiación ultravioleta, dando como resultado la eliminación de un filtro separado.

Ambos tipos de lámparas trabajan en los mismos circuitos y equipos como lo hacen las otras lámparas fluorescentes comunes

del mismo wattaje. Existe un sinnúmero de aplicaciones para las lámparas de luz negra en la industria, así como también en el teatro y en los efectos de luz decorativa en general.

f) LAMPARAS GERMICIDAS.- Las lámparas germicidas pertenecen al grupo de lámparas fluorescentes aún cuando sus bombillas de vidrio claro no van revestidas con pigmento fluorescente. El vidrio normal que se utiliza en las lámparas fluorescentes suprime la radiación por debajo de 280 nanómetros aproximadamente.

El bombillo germicida consiste de un vidrio especial que transmite la energía ultravioleta de 253.7 nanómetros generada en el arco. La radiación de esta longitud de onda mata a una inmensa variedad de gérmenes y bacterias de moho. Es muy importante proteger la piel y los ojos contra la radiación ultravioleta producida por estas lámparas, pues provocan irritación si se tiene exposición prolongada. Nunca deben verse directamente las lámparas desnudas.

g) LAMPARAS ESTIMULANTES DEL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS.- Estas lámparas tienen por objeto producir energía radiante en las bandas de longitud de onda que estimulan el crecimiento de las plantas. Suministran altos niveles de radiación roja y azul que son sumamente beneficiosas para la proliferación de las plantas. Además, contribuyen a mejorar el crecimiento vegetal y reproductivo de muchas plantas para uso comercial y doméstico.

Hay dos tipos de estas lámparas en varios tamaños. La del tipo común y corriente no sólo estimula el crecimiento de las plantas sino que tiene una luz purpurina que realza la apariencia de las flores a la vez que imparte un aspecto atractivo a los peces tropicales en el acuario. Para los cultivadores comerciales es recomendable el uso de esta lámpara de amplio espectro

diseñada específicamente para ese fin. La emisión producida por este tipo de lámpara es bastante fuerte en las longitudes de onda de radiación que son las que promueven dos radiaciones fotoquímicas importantes: fotosíntesis y síntesis clorofílica.

h) LAMPARAS REFLECTORAS (DE FLUJO DIRIGIDO).- Esta lámpara es idéntica en funcionamiento a la lámpara fluorescente normal, pero dentro del tubo de descarga se aplica una capa de material especial, opaca hacia la parte superior y reflectora hacia la parte inferior del tubo. La consecuencia directa de esta nueva disposición es que el flujo luminoso de la lámpara queda dirigido hacia abajo. El efecto direccional conseguido es favorable no solamente porque la dirección predominante es hacia el plano de trabajo, sino también porque la acumulación de polvo en la parte superior de las lámparas corrientes produce con el tiempo una disminución apreciable del rendimiento luminoso (Fig 11.11).

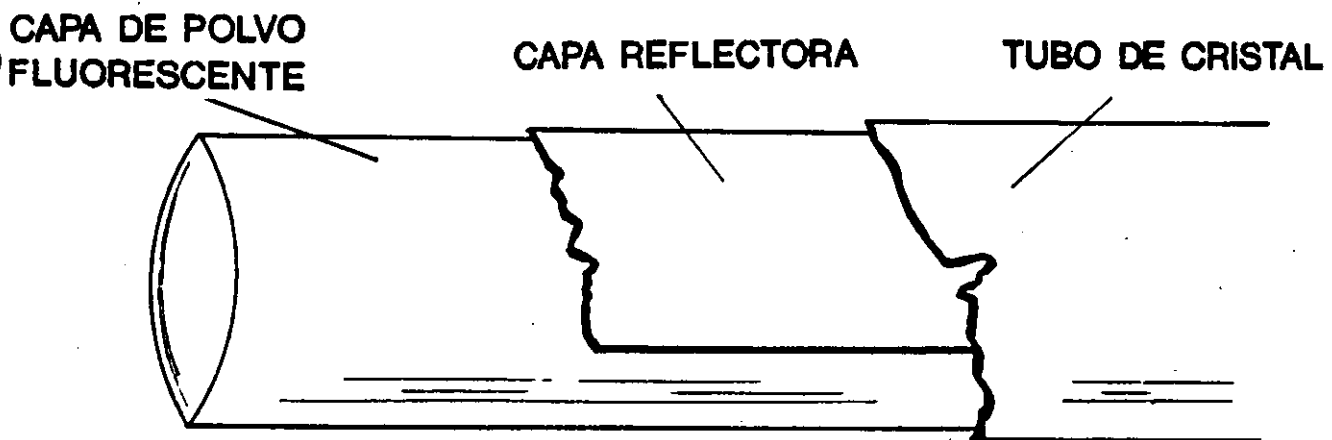


FIG 11.11.- LAMPARA FLUORESCENTE DE FLUJO DIRIGIDO.

i) LAMPARAS FLUORESCENTES PARA CORRIENTE CONTINUA.- La lámpara fluorescente está proyectada, esencialmente, para funcionar en c.a., pero en muchas ocasiones se presenta el caso de alimentación en c.c.; esto ocurre por ejemplo en el alumbrado de

ferrocarriles y tranvías. En estos casos también es posible -con algunas modificaciones- utilizar la lámpara fluorescente, como veremos enseguida.

La lámpara debe conectarse en serie con una inductancia parecida a la utilizada en c.a. y con una resistencia. Aquí la inductancia no tiene efecto limitador de la corriente, sino que se emplea solamente para provocar, en combinación con un interruptor, pulsador, etc., la sobretensión necesaria para el encendido de la lámpara. La resistencia en serie actúa como estabilizador de la corriente de descarga, impidiendo que su valor se eleve excesivamente.

En general estas lámparas tienen bajo rendimiento, debido al consumo de la resistencia adicional y se fabrican en potencias bajas (hasta 20 W) ya que las lámparas de mayor potencia requieren de mayores voltajes de encendido, lo que no es posible lograr por medio de autotransformadores porque la tensión de la red es en c.c..

j) LAMPARAS PARA ENCENDIDO A BAJAS TEMPERATURAS.- Para los casos en que el encendido haya de realizarse a bajas temperaturas, las lámparas fluorescentes normales no son apropiadas, ya que se ven afectadas muy desfavorablemente. Para estos casos se utilizan lámparas especiales, en las que durante el proceso de fabricación se modelan las condiciones de presión en el interior del tubo, de forma que sea posible el encendido con balastos normales.

Actualmente se fabrican lámparas que pueden encender a temperaturas ambientes de -20°C. También pueden utilizarse para alumbrado interior en locales sometidos a muy bajas temperaturas, por ejemplo cámaras frigoríficas. Estas lámparas tienen la misma

construcción que las lámparas normales, por lo que pueden sustituir a estas últimas sin tener que cambiar ningún accesorio.

K) LAMPARAS PARA OPERAR EN REDES CON GRANDES FLUCTUACIONES DE TENSION.- Como se verá en la sección siguiente, las fluctuaciones de tensión afectan muy desfavorablemente a las lámparas fluorescentes; tanto es así que si dichas fluctuaciones alcanzan un valor elevado, pueden llegar a destruir la lámpara. En redes con estas características era imposible o muy difícil el uso de lámparas fluorescentes, pero recientemente se ha desarrollado una lámpara especial que puede funcionar aún con grandes fluctuaciones de tensión. La eficacia de una lámpara de este tipo es inferior a la de una lámpara fluorescente normal, pero aún así resulta un 50% mayor al de una lámpara incandescente de igual potencia.

I) LAMPARAS FLUORESCENTES DE SECCION NO CIRCULAR (POWER GROOVE).- Estas lámparas han sido desarrolladas por la firma norteamericana General Electric con el nombre de lámparas Power Groove. En estas lámparas se parte de un tubo de 53 mm de diámetro, cuya sección transversal se ha deformado, tal como se presenta en la figura 11.12 la descarga se concentra en la parte sombreada de la figura y los puntos más bajos permanecen relativamente fríos. En esta lámpara se dejan tramos de sección circular para aumentar la resistencia mecánica.

Para una longitud de 1.2 metros esta lámpara tiene una tensión de funcionamiento de 84 volts y una corriente de descarga de 1.5 amperes, lo que representa una potencia absorbida de 110w y un flujo luminoso aproximado de 6200 lúmenes. Recientemente se ha perfeccionado la forma original de la lámpara construyendo tubos con aplastamientos en lados opuestos, tal como se ve en la figura 11.13, aumentándose así el rendimiento luminoso. En estas



FIG 11.12.- LAMPARA FLUORESCENTE DE SECCION NO CIRCULAR.



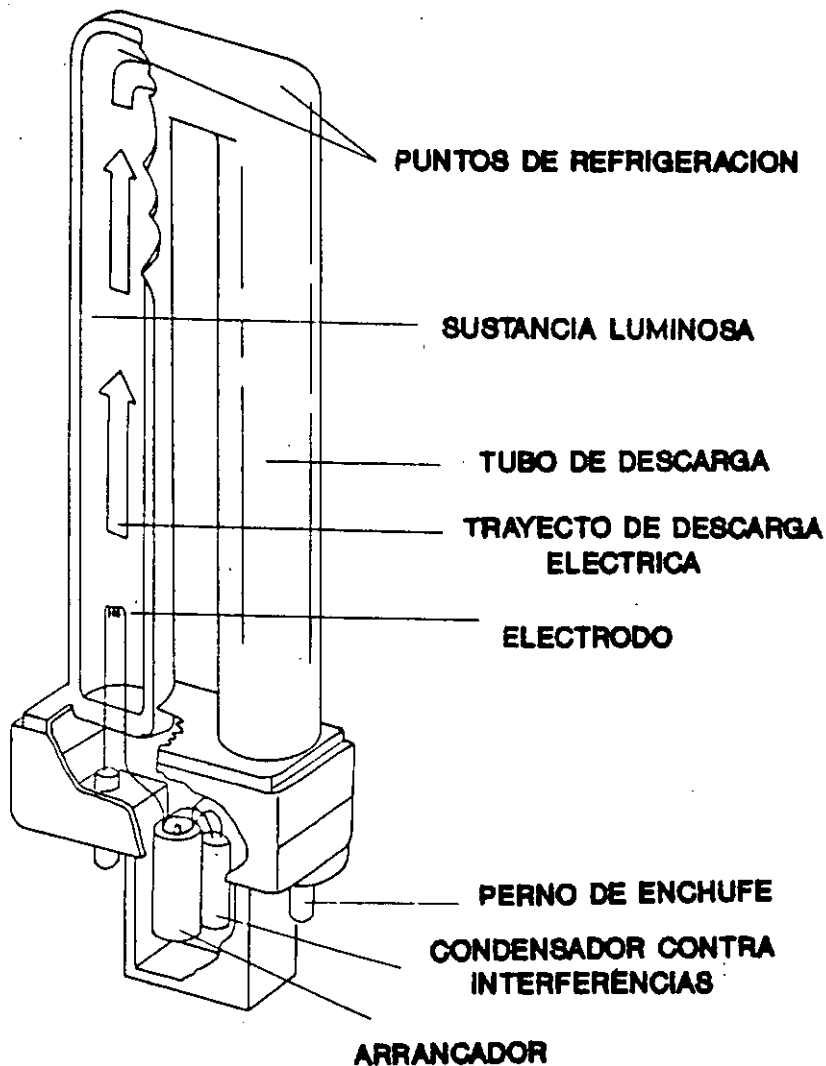
FIG 11.13.- LAMPARA POWER GROOVE PERFECCIONADA.

nuevas lámparas la corriente de descarga y la tensión de funcionamiento es como en los tipos más antiguos. Pero ahora, la lámpara con tubo de 1.2 metros tiene un flujo luminoso de 6900 lúmenes. En la lámpara con tubo de 2.4 metros, la tensión de funcionamiento se eleva hasta 175 volts, lo que representa una potencia de 215 watts y un flujo luminoso de 15000 lúmenes.

m) LAMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS.- A raíz de la crisis petrolera a principios de la década de los 70, la necesidad de un aprovechamiento más racional de la energía eléctrica dio inicio al desarrollo de una nueva lámpara fluorescente más versátil que las anteriores. A través de muchos años de investigación y estudio se logró desarrollar un nuevo tipo de lámpara de tubos

gemelos y sumamente compacta que entre las muchas cualidades que posee destacan el generar una luz agradable, una buena reproducción de colores, una gran duración, alta eficacia, buena distribución luminosa, fácil instalación y sobre todo un reducido consumo de energía (75% menos en comparación con las lámparas incandescentes).

En estas lámparas la producción de luz ocurre en la misma forma que en las lámparas fluorescentes convencionales. Las



**FIG II.14.- LAMPARA FLUORESCENTE COMPACTA.
(TUBOS GEMELOS).**

condiciones óptimas de funcionamiento se producen cuando se tiene una temperatura de 30 a 65°C. En este intervalo se obtiene un flujo luminoso superior al 80%. Para las lámparas de 13 watts se tiene actualmente una base del tipo enchufable (Fig 11.14) pero ya se contempla actualmente la posibilidad de producir un adaptador. El balastro necesario se encuentra también disponible en el mercado con una integración nacional total.

Si se tienen temperaturas superiores a 20°C es recomendable hacer funcionar las lámparas con el casquillo arriba o en forma horizontal, mientras que el funcionamiento con el casquillo abajo es más ventajoso cuando se tienen temperaturas menores a 20°C. De esta forma es posible aprovechar al máximo el flujo luminoso emitido. Sin embargo, en general estas lámparas son capaces de funcionar aceptablemente dentro de un intervalo de temperatura ambiente de -15 a 60°C (Fig 11.15).

A causa de su bajo consumo de energía estas lámparas emiten muy poco calor por lo que son muy recomendables para aquellas instalaciones en las que la aportación de calor debe ser mínima (como en exposiciones, museos, supermercados, etc.).

n) LAMPARAS FLUORESCENTES AHORRADORAS. En fechas recientes han sido introducidas en el mercado nacional lámparas fluorescentes con eficacias mayores que las típicas para lámparas convencionales. Esta mayor eficacia se traduce en un ahorro directo de energía eléctrica ya que se obtiene con estas lámparas una cantidad de lúmenes muy aproximada a la de las lámparas convencionales pero con una potencia de lámpara menor. Como la eficacia es también función del color -como se explicará posteriormente- estas lámparas presentan el inconveniente de tener como color único el Blanco Ligero por lo que en instalaciones ya existentes es necesario reemplazar por completo

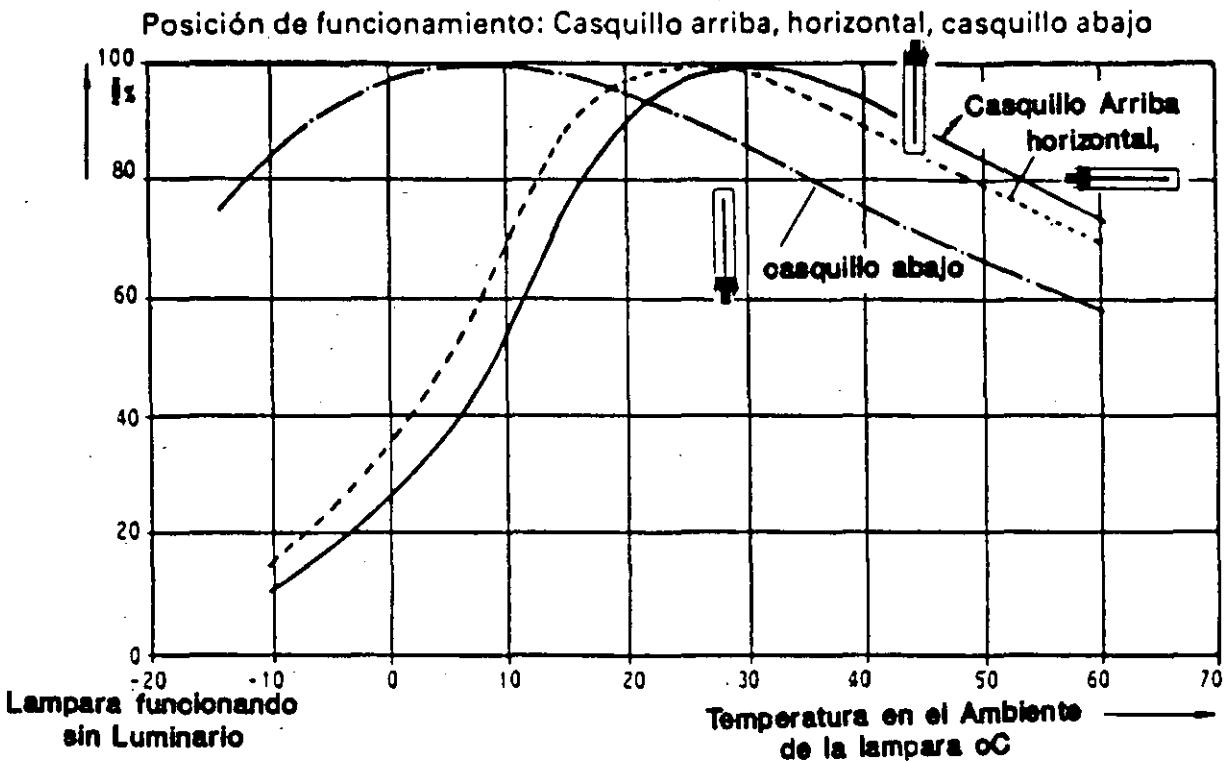


FIG 11.15.- CARACTERISTICAS DE OPERACION DE LA LAMPARA DE TUBOS GEMELOS.

las lámparas convencionales, lo que representa un importante inconveniente. Otro problema que presentan es el tener que utilizar balastos compatibles, es decir, balastos del tipo ahorrador de energía, ya que de otra manera se tiene operación inadecuada de todo el sistema fluorescente, repercutiendo esto directamente en la vida del equipo. En la parte correspondiente a balastos se mencionan las diferentes alternativas para combinar los distintos tipos de lámparas con los diferentes productos ahorradores de energía disponibles en el mercado nacional. Las lámparas ahorradoras de 32, 34, 60, 95 watts HO y 195 watts VHO sustituyen a las lámparas convencionales de 39, 40, 75, 110 HO y 215 watts VHO respectivamente (Fig 11.16).

CARACTERISTICAS DE ILUMINACION DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.

Cada sistema de iluminación tiene características de funcionamiento particulares, que lo hacen apropiado para tal o cual aplicación. De aquí la importancia de conocer las características de iluminación de los diferentes sistemas, siendo para los sistemas fluorescentes las más importantes las que trataremos a continuación. Se incluye un breve repaso sobre las características de sensibilidad del ojo humano por ser un factor fundamental para la determinación de las características de las lámparas.

CURVA DE SENSIBILIDAD DEL OJO HUMANO.- *El conjunto de radiaciones de la luz de día tiene longitudes de onda que van desde 380nm para el color violeta, hasta 780nm para el color rojo; estos valores corresponden a los límites de sensibilidad del ojo humano a la luz. Fuera de los mismos el ojo es ciego, esto es, no percibe ninguna clase de radiación.*

Si cada una de las radiaciones que contiene la luz blanca se hace llegar al ojo en forma independiente, éste las captará en sus diversos colores con distinta intensidad, debido a que la sensibilidad de los conos de la retina es diferente para cada color.

Si se representa mediante una gráfica la sensibilidad de la retina del ojo humano para las diferentes longitudes de onda de la luz del mediodía soleado, se obtiene una curva acampanada que se denomina "Curva de Sensibilidad del Ojo Humano" (Fig. 11.17). Como se puede apreciar, el ojo tiene la mayor sensibilidad para una longitud de onda de 555nm que corresponde al color amarillo

verdoso y la mínima a los colores rojo y violeta, como se observa en la gráfica.

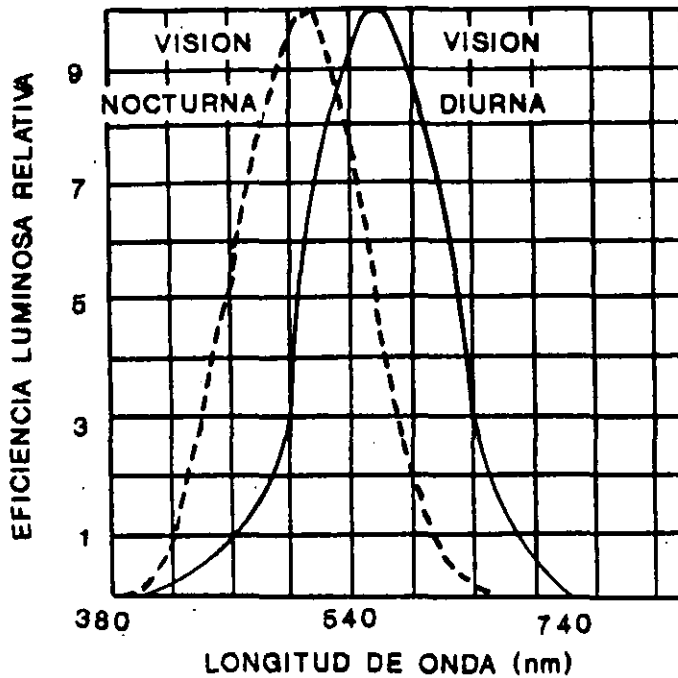


FIG 11.17.- CURVA DE SENSIBILIDAD DEL OJO HUMANO.

La curva de sensibilidad del ojo humano está basada en la visión por conos (fotópica), es decir, a niveles luminosos ordinarios durante el día. Cuando los niveles disminuyen sensiblemente durante la noche, la visión se efectúa principalmente por medio de los bastones (escotópica) y la curva de sensibilidad se verifica de acuerdo con una nueva curva que la fotópica, pero desplazada 48nm hacia el extremo azul del espectro. Esta traslación es conocida como Efecto Purkinje y desplaza a la sensibilidad máxima del ojo de los 555 a los 507nm, según puede apreciarse en la misma figura 11.17.

El resultado es que en la oscuridad y a pesar de que la

visión carece completamente de color, el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía del extremo azul del espectro y casi ciego al rojo.

CONVERSION DE LA ENERGIA EN LUZ.- Cada fuente luminosa, de acuerdo con su construcción y su principio de funcionamiento, convierte la energía eléctrica en luz. Para explicar como se realiza esta conversión en una lámpara fluorescente nos referiremos a la figura 11.18 donde se ha representado gráficamente la distribución de la energía total absorbida por una lámpara típica de 40 watts.

De los 40 watts totales consumidos por la lámpara:

- 7 watts se consumen en los electrodos y se convierten en calor.
- 33 watts se consumen en la descarga y están repartidos de la siguiente manera:
 - * 1 watt bajo forma de energía luminosa constituida por las líneas amarilla, verde, azul y violeta del vapor de mercurio.
 - * 24 watts bajo forma de radiaciones ultravioletas, que por excitación de las materias fluorescentes del tubo darán:
 - " 7 watts en forma de luz fluorescente.
 - " 11 watts en forma de radiaciones infrarrojas, que acompañan a las radiaciones visibles, en forma de calor.
 - " 6 watts en forma de pérdidas de calor por convección y radiación.
 - * 8 watts procedentes de la energía perdida en la descarga y por conducción, convertidos también en calor.

Por lo tanto, en la lámpara luz de día de 40 watts, la

DISTRIBUCION DE LA ENERGIA TOTAL ABSORBIDA POR UNA LAMPARA FLUORESCENTE

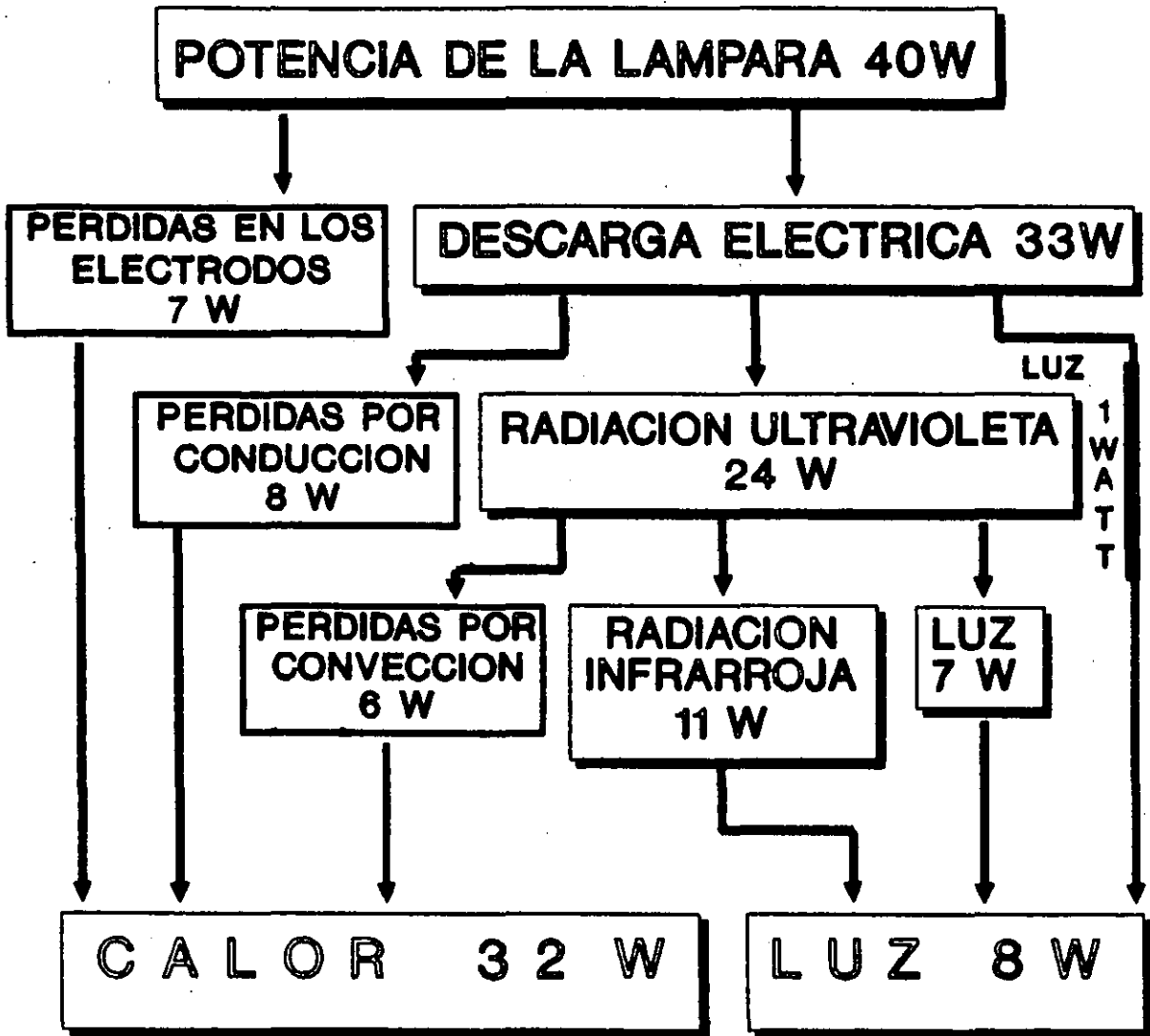


FIGURA II.18

transformación de la energía eléctrica en energía luminosa se realiza con el siguiente rendimiento:

$$\frac{1 + 7}{40} \times 100 = 20\%$$

transformándose los watts perdidos en calor y disipándose por conducción, convección y radiación. Naturalmente, sobre el límite teórico encontrado (20%) hay que tener en cuenta la sensibilidad relativa del ojo humano para los distintos colores constitutivos de la luz de la lámpara.

En el estado actual de la técnica prácticamente se consiguen eficacias o rendimientos luminosos del orden de los 100 lúmenes por watt del límite teórico que se puede esperar de la cadena de transformación:

DESCARGA ELECTRICA --> RADIACION ULTRAVIOLETA --> LUZ BLANCA

EFICACIA.- La eficacia o rendimiento luminoso de una fuente productora de luz indica el flujo emitido por dicha fuente en función de la unidad de potencia eléctrica consumida. La Eficacia se representa por la letra griega Eta (η) siendo su unidad el lumen por watt (lm/w).

Una de las ventajas más importantes de las lámparas fluorescentes es su alta eficacia. Suelen compararse con las lámparas incandescentes a ese respecto, pero los wattajes de las primeras deben incluir las pérdidas del reactor para que la comparación resulte exacta.

Las lámparas convencionales de dos espigas tienen eficacias

transformación de la energía eléctrica en energía luminosa se realiza con el siguiente rendimiento:

$$\frac{1 + 7}{40} \times 100 = 20\%$$

transformándose los watts perdidos en calor y disipándose por conducción, convección y radiación. Naturalmente, sobre el límite teórico encontrado (20%) hay que tener en cuenta la sensibilidad relativa del ojo humano para los distintos colores constitutivos de la luz de la lámpara.

En el estado actual de la técnica prácticamente se consiguen eficacias o rendimientos luminosos del orden de los 100 lúmenes por watt del límite teórico que se puede esperar de la cadena de transformación:

DESCARGA ELECTRICA --> RADIACION ULTRAVIOLETA --> LUZ BLANCA

EFICACIA.- La eficacia o rendimiento luminoso de una fuente productora de luz indica el flujo emitido por dicha fuente en función de la unidad de potencia eléctrica consumida. La Eficacia se representa por la letra griega Eta (η) siendo su unidad el lumen por watt (lm/w).

Una de las ventajas más importantes de las lámparas fluorescentes es su alta eficacia. Suelen compararse con las lámparas incandescentes a ese respecto, pero los wattajes de las primeras deben incluir las pérdidas del reactor para que la comparación resulte exacta.

Las lámparas convencionales de dos espigas tienen eficacias

-sin incluir las pérdidas del reactor- que fluctúan entre 24 y 82 lúmenes por watt, según el tamaño y color. Las lámparas circulares fluctúan entre 48 y 85 lúmenes por watt; las HO producen entre 40 y 92 y las VHO producen entre 45 y 75 lúmenes por watt. Para las lámparas del mismo color y tipo, la clasificación de lúmenes por watt es mayor para una lámpara larga que para una corta. El hecho es que la energía consumida en los electrodos es igual para cualquier longitud de la lámpara.

En los últimos años se han desarrollado lámparas ahorradoras de energía que alcanzan eficacias mayores, como se explicó anteriormente.

VIDA UTIL DE LAS LAMPARAS.- *En comparación con las lámparas incandescentes, las lámparas fluorescentes tienen un promedio de duración asignada mucho mayor, pero la forma de la curva de esperanza de duración es muy parecida, según se aprecia en la figura 11.19.*

Debido a las ligeras variaciones en la construcción de las lámparas y de los materiales empleados sería imposible lograr que la lámpara funcionara por el tiempo exacto para el cual fue diseñada. En las lámparas incandescentes la duración está esencialmente ligada a la temperatura del filamento, por lo que se han podido establecer leyes que relacionan a la duración con la tensión de alimentación. Por el contrario, la duración de las lámparas fluorescentes dependen de una serie de factores considerables, por lo que no ha sido posible todavía establecer normas que relacionen la duración con dichos factores.

El desgaste del producto emisor -que es un factor determinante en la vida de la lámpara- depende entre otras cosas

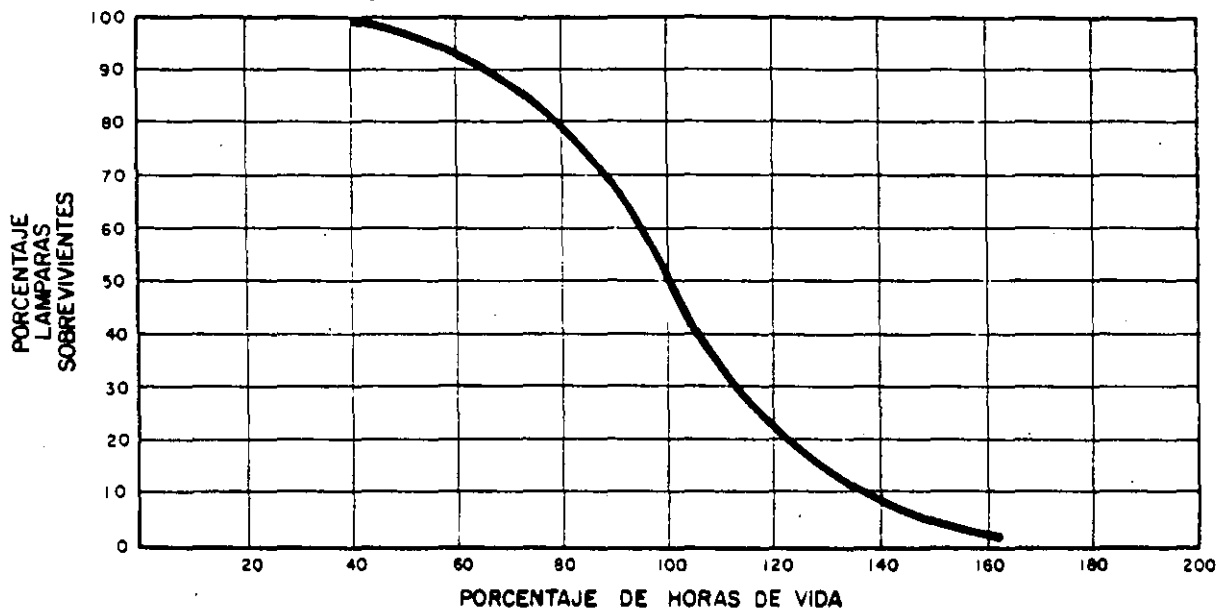


FIG II.19.- CURVA DE ESPERANZA DE DURACION DE LAMPARAS FLUORESCENTES.

de:

- * la cantidad de material emisor utilizado en la fabricación
- * la naturaleza y la presión del gas que rellena la lámpara
- * el procedimiento de encendido de la lámpara
- * los periodos de encendido
- * el calentamiento, permanente o no, de los electrodos
- * la temperatura ambiente en el momento de encendido
- * la forma de onda de la corriente proporcionada por el balastro
- * la tensión de alimentación

En vista de que los factores que afectan la vida son numerosos e impredecibles, la clasificación nominal de las lámparas se hace en base al promedio de duración de un grupo considerable de lámparas funcionando bajo condiciones controladas de laboratorio.

La duración promedio calculada es el punto en el cual el 50% de las lámparas en un grupo considerable se han fundido y el 50% restante continúan encendiendo, según se detalla en la curva de esperanza de duración. Durante el ciclo de arranque y el periodo de funcionamiento de una lámpara fluorescente, el material emisor es expulsado de los cátodos. El final normal de duración se alcanza cuando no queda material emisor suficiente en ninguno de los dos cátodos para formar el arco.

En virtud de que las cifras publicadas en los catálogos de los fabricantes sobre el promedio de duración nominal de las lámparas se basan por regla general en un ciclo de encendido de tres horas, los cálculos tienen que reflejar los efectos tanto de los periodos de arranque como de encendido. Por lo tanto, cualquier cambio en las horas de encendido por ciclo se reflejará en las horas de servicio.

Los ciclos de encendido más cortos -arranques más frecuentes- reducen la duración mientras que los ciclos de encendido más largos -arranques menos frecuentes- la aumentan. En la figura 11.20 se muestran las curvas típicas de mortalidad para las lámparas de arranque rápido de 40 watts con diferentes ciclos de encendido.

Asimismo, en la Tabla 11.A se indica la duración promedio de las lámparas a varios ciclos de encendido.

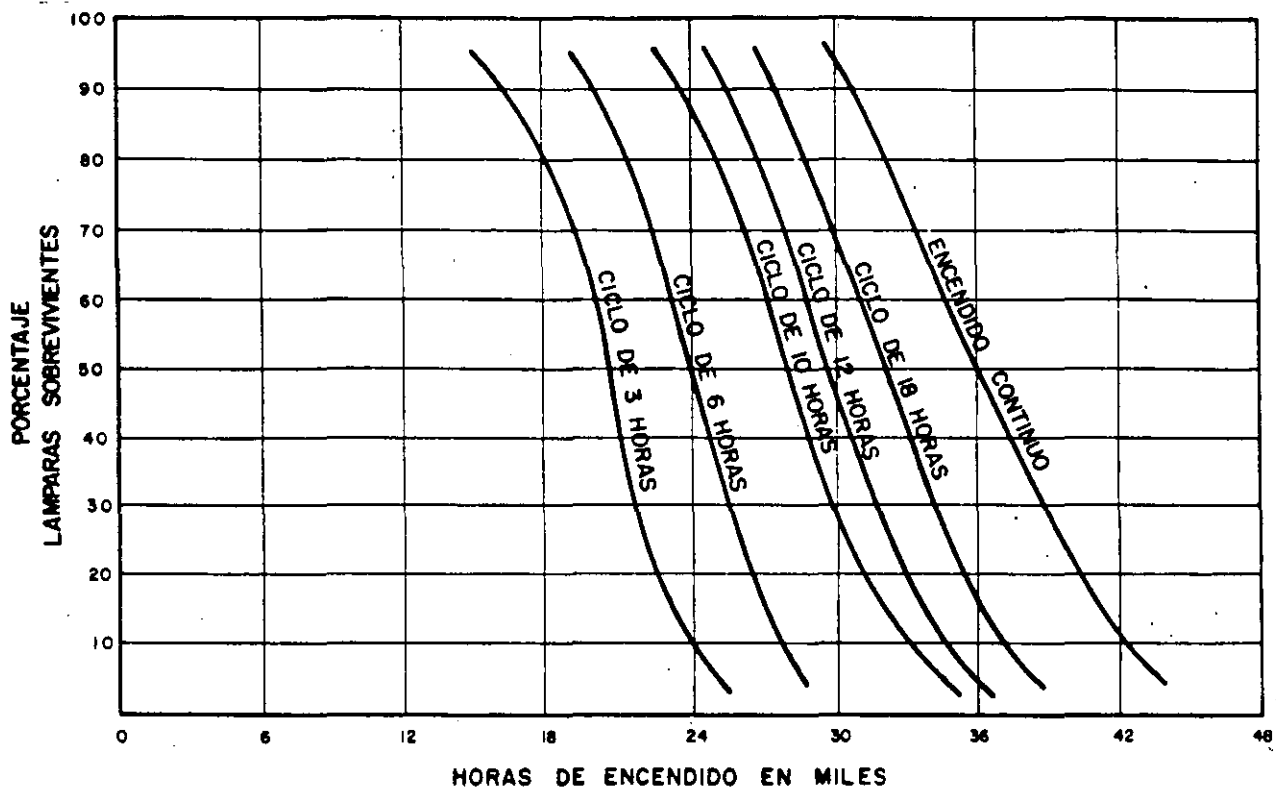


FIG 11.20.- INFLUENCIA DE LOS CICLOS DE OPERACION EN LA VIDA DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.

PROMEDIOS DE DURACION EN HORAS DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES A DISTINTOS CICLOS DE ENCENDIDO.
(Miles de Horas)

TIPO DE LAMPARA	Horas por Arranque					
	3	6	10	12	18	Continua
De precalentam. 40w	12	14	17	18	20	22.5
De A. Rápido 40w	18	22	25	26	28.5	34.0
De Alta Em. Lumín.	12	14	17	18	20	22.5
De Muy Alta Em. Lum.	9	11.3	13.5	14.4	16.2	22.5
Slimline (96T12)	12	14	17	18	20	22.5

TABLA 11.A

MANTENIMIENTO DE LUMENES.- El flujo luminoso de una lámpara fluorescente decrece lentamente durante el curso de la vida de la lámpara. Este decrecimiento no es uniforme, como puede apreciarse en la figura 11.21, sino que es menor cuantas más horas de funcionamiento tenga la lámpara. Como el porcentaje de decrecimiento es relativamente más elevado al principio (del orden del 5% en las primeras cien horas), se considera como flujo luminoso inicial el flujo a las 100 horas de funcionamiento.

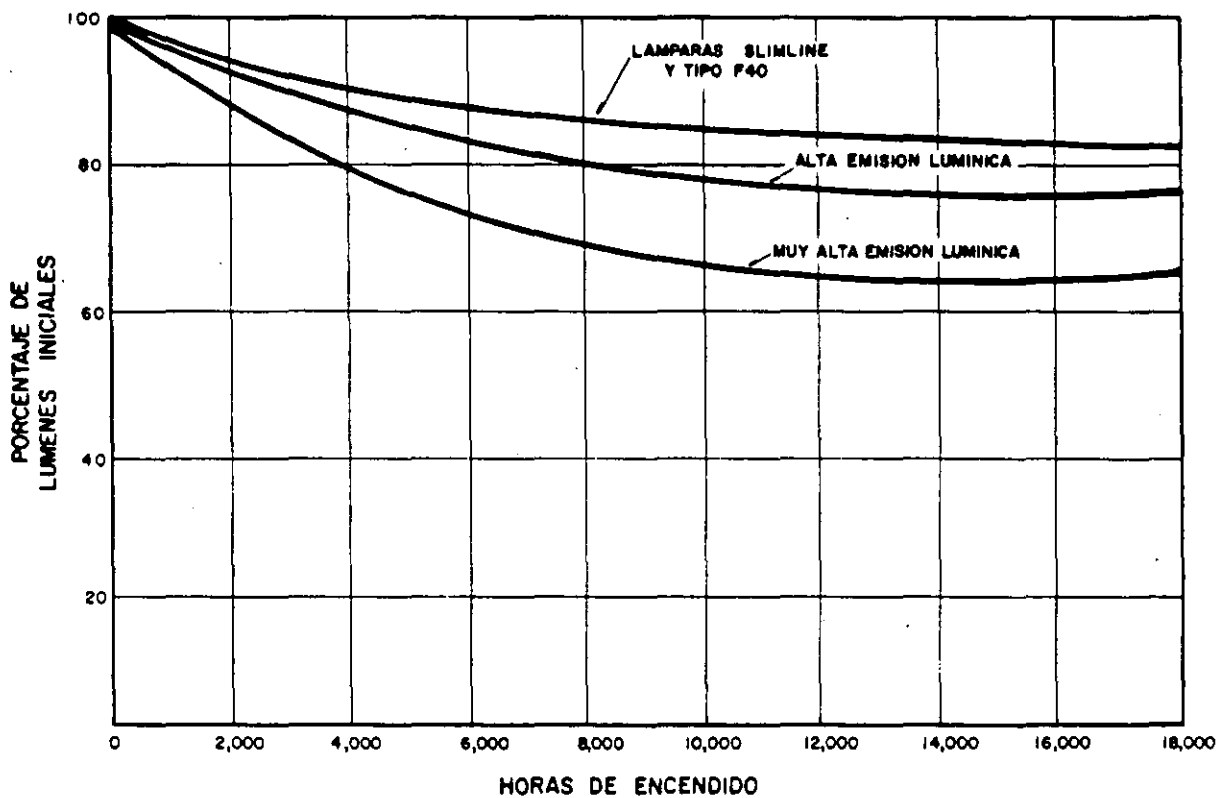


FIG 11.21.- CURVA DE MANTENIMIENTO DE LUMENES EN VARIOS TIPOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES BLANCO FRIO.

Las dos causas principales que afectan la depreciación en cuestión la constituyen:

- i) *La deterioración gradual del revestimiento fosfórico*
- ii) *El ennegrecimiento de la superficie interior del bombillo provocado por el material emisor en los cátodos, particularmente en los extremos de la lámpara.*

Las lámparas de menor diámetro, con bulbos T5, T6 y T8 acusan un mayor ennegrecimiento de los extremos debido a que los cátodos están más cerca de las paredes del bulbo. El mantenimiento de lúmenes es mejor con las lámparas regulares Slimline y de arranque rápido T12 que con las HO y VHO. En la figura 11.21 se ilustra el mantenimiento de lúmenes en tres lámparas típicas.

LUMINANCIA DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.- *Para que se puedan aprovechar al máximo todas las posibilidades que la forma tubular de las lámparas fluorescentes puede ofrecer en el campo de la Luminotecnia es preciso que la luminancia de estas lámparas sea lo suficientemente bajo para evitar cualquier clase de deslumbramiento aunque estas lámparas se sitúen directamente en el campo visual.*

Aunque el deslumbramiento provocado por los manantiales luminosos es una consecuencia directa de los fuertes contrastes de las luminancias respectivas con la luminancia del medio ambiente y aunque en principio resulte imposible sentar reglas en lo que se refiere a luminancia máxima compatible con la ausencia de deslumbramiento, se puede considerar como límite máximo 5,000 nits en la mayoría de los casos.

Ahora bien, dada la forma tubular de la lámpara fluorescente, tendremos:

$$\bar{Q} = L S \pi^2$$

L = Luminancia en Nits

S = Superficie aparente en metros cuadrados, o sea el producto de la longitud de la lámpara por su diámetro.

de donde:

$$L = \frac{\bar{Q}}{S \pi^2}$$

Por ejemplo, una lámpara de luz de día de 40 watts tiene las siguientes características:

$$\bar{Q} = 2,000 \text{ lúmenes}$$

$$l = 1.2 \text{ metros}$$

$$d = 0.038 \text{ metros}$$

$$S = l \times d = 1.2 \times 0.038 = 0.0456 \text{ m}^2$$

La luminancia de esta lámpara será:

$$L = \frac{2000}{3.14^2 \times 0.0456} = 4400 \text{ Nits}$$

valor inferior al valor encontrado anteriormente.

Se puede concluir que las dimensiones actuales de las lámparas fluorescentes no son caprichosas, sino que se han elegido teniendo en cuenta la intención de obtener manantiales

luminosos cuya luminancia no provoque deslumbramiento por visión directa de la lámpara.

EFFECTO ESTROBOSCOPICO.- *Estroboscópico es una palabra griega que significa "ver movimiento". Se conoce como efecto estroboscópico a la variación de la emisión luminica debido a la variación cíclica de la corriente alterna.*

El filamento de una lámpara incandescente retiene bastante calor, por lo que no se percibe la disminución de la energía luminosa al pasar por el punto cero la intensidad de la corriente, excepto cuando lámparas de poca potencia se hacen funcionar a frecuencias de 25 hertz o menores. El arco de mercurio de una lámpara fluorescente que trabaja con una corriente alterna de 60 hertz se enciende y se apaga 120 veces por segundo. La luz de la lámpara también se apagaría si no fuera por los fósforos que tienen "continuidad" o acción fosforescente. Es decir, continúan brillando por un corto período de tiempo después de cortar las radiaciones existentes. Sin embargo, todavía hay una variación rápida que en la emisión luminica que pasa desapercibida al ojo humano, excepto tal vez como un centelleo en los extremos de la lámpara.

En algunas circunstancias esta variación en la emisión de luz puede producir efecto estroboscópico. Debido a dicho efecto, un objeto que se desplaza a una velocidad uniforme da la impresión de moverse en forma brusca. Bajo las más extremas condiciones estroboscópicas un objeto giratorio, tal como un volante daría la impresión de estar inmóvil o de moverse en dirección contraria.

El efecto estroboscópico queda atenuado hasta hacerse invisible, alimentando las diferentes lámparas de una instalación

entre las diferentes fases de la red de distribución o por medio de montajes especiales en grupos de lámparas. En la actualidad, el efecto estroboscópico rara vez ocasiona problemas en las lámparas fluorescentes pues los fósforos modernos tienen periodos de continuidad relativamente largos.

TEMPERATURA DE TRABAJO DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.— Las condiciones óptimas para la transformación de la radiación ultravioleta de 253.7 nm en radiaciones visibles, se presenta cuando la presión del vapor de mercurio es muy débil; esta presión viene determinada por la temperatura de la pared más fría de la lámpara. En la figura 11.22 se indican los valores de flujo luminoso producido en función de la temperatura en la pared más fría de la lámpara suponiendo una corriente constante.

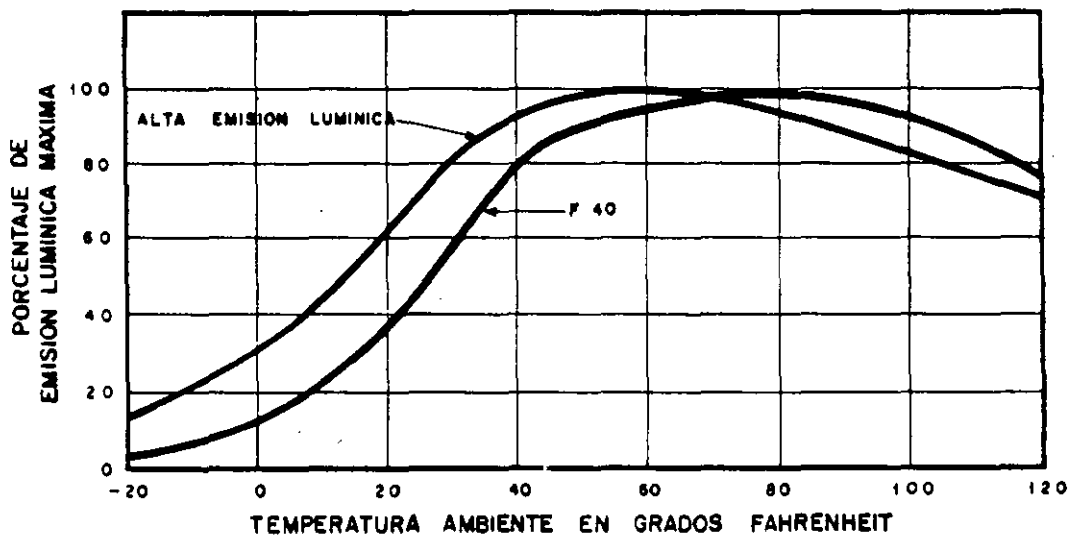


FIG 11.22.— INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE LA PARED DEL BULBO DE UNA LAMPARA FLUORESCENTE.

Nótese que el valor máximo del flujo luminoso emitido corresponde a una temperatura de 30 a 40°C; a menores temperaturas la presión del vapor de mercurio aumenta y parte de las radiaciones de 253.7 nm cambian a mayores longitudes de onda, reduciendo así la eficacia. Por tanto, se ha de procurar que la temperatura de la pared más fría esté comprendida entre 30 y 40°C, lo que supone una gran superficie de irradiación; ésta es otra de las razones por las que la lámpara fluorescente ha de tener grandes dimensiones.

EFFECTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE.- Puesto que los cambios producidos en la temperatura ambiente van acompañados de cambios similares en la temperatura de la pared del bulbo, el rendimiento lumínico se ve afectado por las variaciones en la temperatura ambiente, según se muestra en la figura 11.23. Los valores nominales de eficacia se midieron a una temperatura ambiente industrial de 25°C.

Cuando las lámparas fluorescentes se usan en el interior a la temperatura normal del cuarto suministran el grado máximo de luz cuando se usan con los equipos de alumbrado adecuados para evitar el sobrecalentamiento. En la figura 11.23 se nota que la eficacia disminuye a medida que aumenta la temperatura ambiente por sobre 25°C. Las luminarias encastradas extractoras de calor y aire mejoran el rendimiento lumínico mediante el control de la temperatura de la pared del bombillo de la lámpara. Sin embargo, las lámparas desnudas, por estar expuestas al enfriamiento excesivo producido por climatizadores pueden causar un rendimiento lumínico reducido.

Cuando las lámparas fluorescentes se usan a la intemperie el arranque puede representar un problema a bajas temperaturas y en consecuencia se necesitará de un voltaje más alto. Con balastros

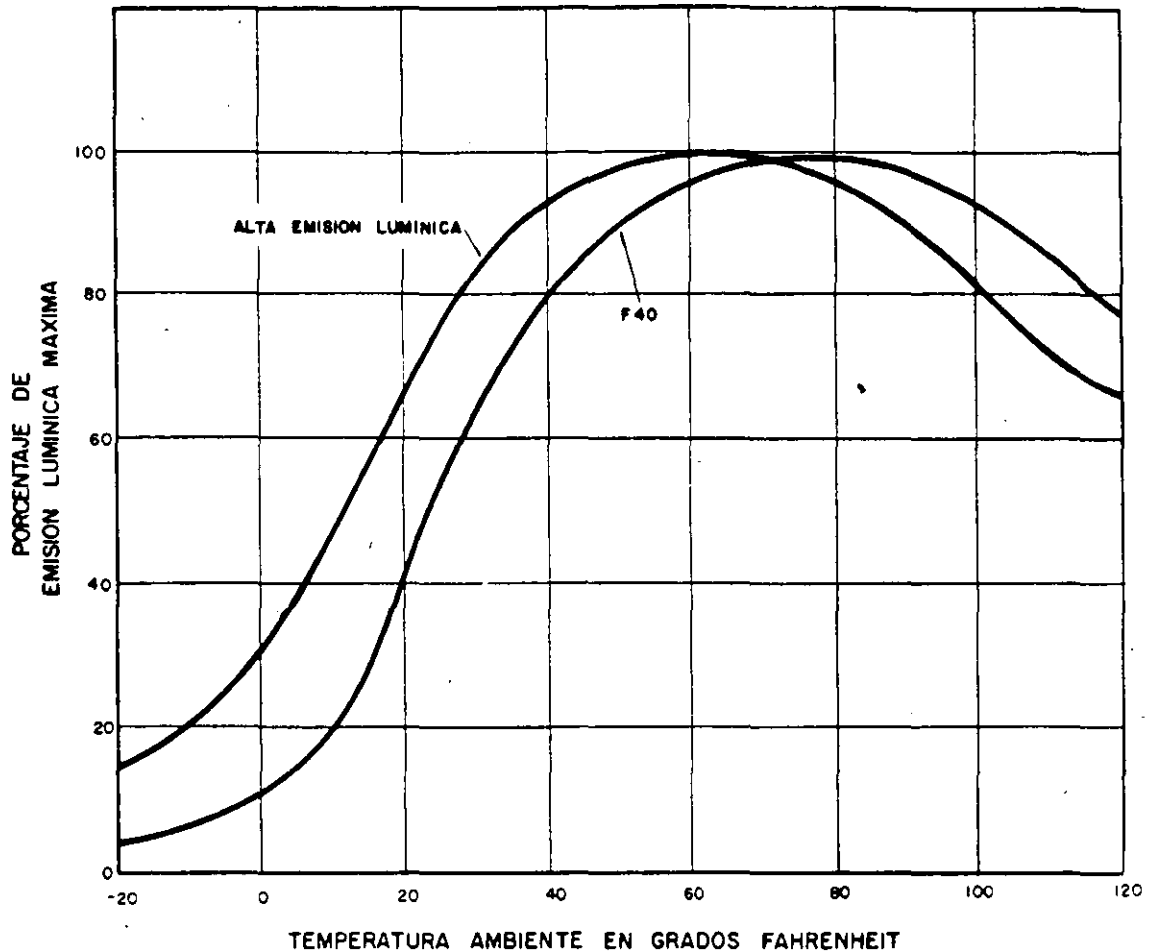


FIG II.23.- EFECTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE SOBRE EL NIVEL LUMINICO DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES DESNUDAS EN AIRE CALMADO.

normales se pueden arrancar algunas lámparas en forma relativamente segura a 10°C. Sin embargo hay reactores para bajas temperaturas que operan cierto tipo de lámparas a temperaturas tan bajas como -25°C.

Una vez que ha arrancado la lámpara, la cantidad de luz depende de la temperatura a que ha llegado el bombillo. Puesto que esa temperatura varía con el tipo de lámpara que se use, la selección de la lámpara adecuada juega un papel muy importante.

El rendimiento lumínico relativo en función de las curvas de temperatura ambiente para los distintos tipos de lámparas fluorescentes que se usan comúnmente a la intemperie se muestran en la figura 11.24. La temperatura a que ocurre la emisión lumínica máxima depende de la lámpara, del diseño del receptáculo de la misma y de la velocidad del viento.

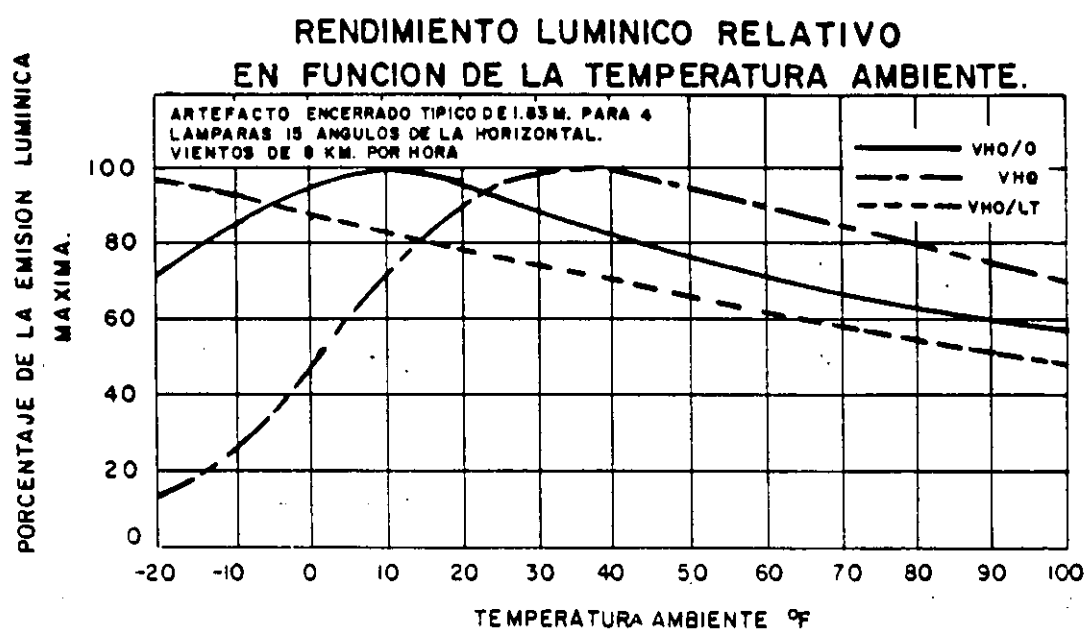


FIG 11.24.- RENDIMIENTO LUMINICO RELATIVO A DIFERENTES TEMPERATURAS AMBIENTE DE VARIOS TIPOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES PARA INTEMPERIE.

EFFECTO DE LA HUMEDAD.- Cuando la humedad ambiente es elevada, se aprecia un notable aumento en la tensión de encendido; esto se debe a que la humedad enfría la superficie de la lámpara y por tanto equivale a un descenso de la temperatura ambiente que provoca un aumento en la tensión de encendido. En las lámparas que utilizan un arrancador para su encendido la acción de la humedad no tiene ningún efecto sobre la lámpara ya que la

sobretensión producida por el arrancador es bastante superior a la tensión de encendido.

Por el contrario, en las lámparas fluorescentes de encendido instantáneo este efecto puede significar que la lámpara no encienda, sobre todo si se toma en cuenta que, antes del encendido, no hay producción de calor en la lámpara que pueda ayudar a calentar sus paredes exteriores. Para evitar este inconveniente se emplean varios procedimientos, siendo los más importantes:

- i) Disponer de una estrecha banda conductora a lo largo del tubo y conectada a uno de los electrodos a través de una resistencia muy elevada situada en el casquillo de la lámpara.*
- ii) Depositar una finísima capa de silicón sobre la superficie exterior de la lámpara que evite la formación de una película continua de humedad.*

EFFECTO DE LAS FLUCTUACIONES EN LA TENSION DE ALIMENTACION.-

Aunque las lámparas fluorescentes no son tan sensibles a los cambios de tensión como lo son las lámparas incandescentes, el voltaje en el balastro de las mismas deberá mantenerse dentro del régimen especificado en la etiqueta. Tanto el alto como el bajo voltaje tenderán a reducir la duración y la eficacia de la lámpara a diferencia de las lámparas incandescentes en las cuales se usa el voltaje reducido para prolongar la duración reduciendo la eficacia de las mismas.

Los bajos voltajes pueden causar problemas de arranque en las lámparas fluorescentes. El efecto producido por los volts de línea, los amperes, watts y lúmenes se pueden observar en la

figura 11.25.

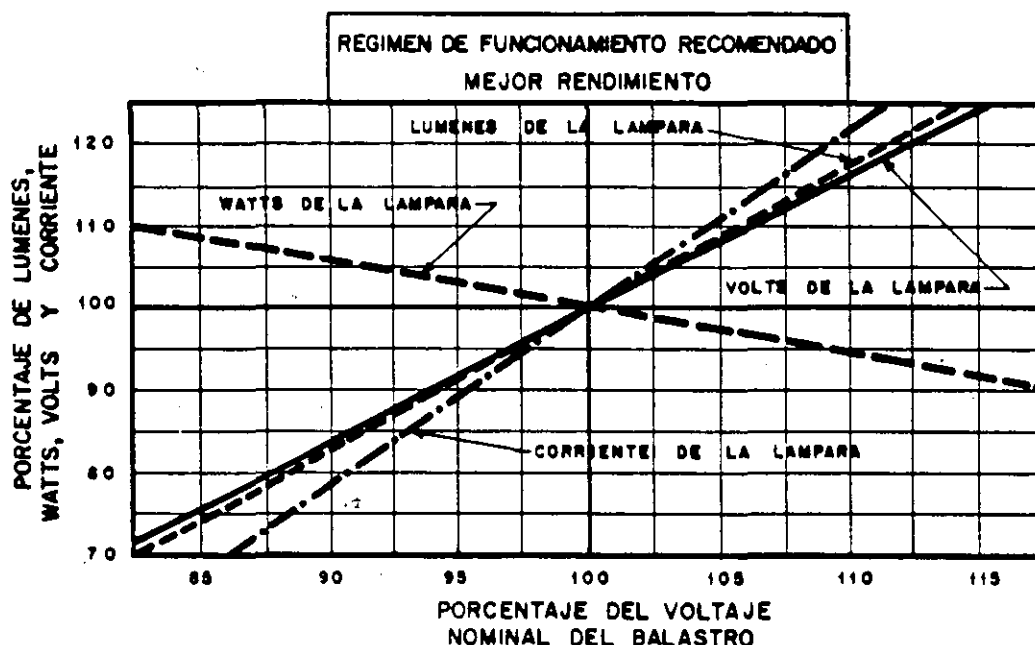


FIG 11.25.- EFECTO DE LAS FLUCTUACIONES DE TENSION EN EL COMPORTAMIENTO DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.

El bajo voltaje de la línea puede reducir la corriente de precalentamiento en las lámparas de precalentamiento previo, dando como resultado el relampagueo frecuente de estas lámparas durante el arranque. Con esto se reduce la duración nominal de la lámpara debido al material emisor que es expulsado de los cátodos. Si las lámparas de arranque rápido se hacen trabajar con un bajo voltaje, se verán afectadas por la reducción de la corriente calefactora de los cátodos, lo cual podría afectar en forma adversa el arranque, a la vez que aceleraría la decoloración en los extremos y acortaría la duración de las mismas.

Aún durante el periodo de encendido, las lámparas de

arranque rápido deberán tener un voltaje catódico adecuado. Si se sujetan a una disminución considerable en el voltaje de la línea, las lámparas fluorescentes se apagarán ya sea intermitentemente o por periodos más largos, según lo que dure la reducción. El porcentaje fluctúa con el tipo de la lámpara que se use y las características del reactor. A continuación se dan las caídas de tensión que harán que las lámparas de 40 watts se apaguen:

Tipo	Pre calentamiento	25%
"	Arranque Rápido con Secuencia Serie	20%
"	Arranque Instantáneo con Secuencia Serie	50%
"	" " " de Adelanto y Retraso	40%

Los balastos normales están previstos para asegurar el encendido en condiciones normales del 7% pero algunos tipos especiales pueden asegurar una variación mayor.

EFEECTO DE LA FRECUENCIA.- Las características limitadoras de corriente de una reactancia dependen directamente de la frecuencia de la red y por esta razón los reactores deben usarse únicamente en redes de frecuencia para la que fueron proyectados. Con una frecuencia inferior, por ejemplo en el caso de un reactor para 60 hertz conectado a una red de 50 hertz, permitirá que circule una corriente mayor a través de la lámpara lo que provocará un acortamiento de la vida de la misma y un calentamiento del propio reactor.

Con una frecuencia mayor a la nominal, el reactor reducirá la corriente de la lámpara a un valor abajo del nominal con la consiguiente disminución de la emisión lumínica.

Por otro lado, el funcionamiento de las lámparas fluorescentes a altas frecuencias -como por ejemplo 400 hertz-

aumenta la eficacia de la lámpara y hace posible la reducción del tamaño, peso y pérdidas del reactor. La utilización práctica de las ventajas mencionadas depende del desarrollo de un equipo eficiente y económico para obtener tales frecuencias.

FUNCIONAMIENTO CON C.C.- Las lámparas fluorescentes pueden funcionar con c.c. siempre y cuando se use una resistencia conectada en serie con un reactor inductivo y se cuente con un voltaje lo suficientemente alto. En un circuito de este tipo todavía es necesario hacer un reactor inductivo para producir el impulso necesario para arrancar la lámpara cuando el interruptor se abre.

Dado que la bobina de inducción no tiene ningún efecto limitador sobre la corriente continua que fluye sobre el arco, se debe usar una resistencia conectada en serie con la lámpara y la propia bobina para limitar la corriente. La eficacia se reduce en comparación con el funcionamiento con corriente alterna, debido a que la resistencia consume aproximadamente tanta energía como la lámpara. La duración de esta última será también menor.

Otro problema en esta aplicación lo presenta el flujo constante de la corriente continua en una sola dirección, lo cual hace que el mercurio se desplace hacia el extremo negativo del tubo. Como resultado, el extremo positivo se atenúa después de varias horas de funcionamiento. El conmutador inversor de polaridad se recomienda para todas las lámparas de 20 watts o más para invertir la función de los electrodos a intervalos de unas cuantas horas y eliminar así la tendencia de que la lámpara encienda débilmente en uno de sus extremos.

Para las lámparas más cortas -que no sufren con la migración del mercurio- resulta útil usar un conmutador inversor

para equilibrar el desgaste de los cátodos invirtiendo la dirección de la corriente. El conmutador de control debe ser del tipo que invierte la corriente automáticamente cada vez que enciende la lámpara.

INTERFERENCIA DE RADIO.- Todas las lámparas de descarga pueden producir interferencias en los receptores de radio y televisión debidas a las oscilaciones de alta frecuencia que se producen en las lámparas; estas oscilaciones se manifiestan en forma de ruidos molestos o de perturbaciones en la imagen televisada. Las causas son muy complejas, pero pueden reducirse esencialmente a tres:

- a) Radiación directa de la propia lámpara a la antena del receptor o televisor.
- b) Radiación de los conductores de alimentación de la lámpara a la antena del receptor.
- c) Transmisión directa desde la lámpara fluorescente al receptor, a través de la línea de alimentación.

En los dos primeros casos la mayoría de las veces quedará por debajo de los límites molestos si estos elementos (lámpara y conductores) quedan a bastante distancia de la antena del receptor; puede considerarse suficiente una distancia entre 2.5 y 3 metros. Si no es posible establecer esta distancia y por lo tanto se siguen presentando estas molestas perturbaciones habrá que recurrir a otros métodos, que aunque sencillos, no se mencionarán por estar fuera del objetivo de este trabajo.

COLOR DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.- Las lámparas fluorescentes son indudablemente las que son capaces de producir más variedad de colores, gracias a la calidad y tipo de los fósforos que revisten el tubo. Resulta muy difícil dar una definición exacta

de color, entre otras cosas porque este concepto se presta a una doble interpretación. Por una parte, el color es un fenómeno físico que, como todos los fenómenos físicos es mensurable, o sea que puede ser medido con relación a una unidad.

Por otra parte, el color es una sensación, es decir, la respuesta a un estímulo luminoso que se capta por medio de un órgano sensorial (el ojo humano), y que, seguidamente se percibe por el cerebro. El efecto de toda radiación luminosa varía con su longitud de onda. Dicho de otro modo a cada longitud de onda le corresponde siempre una sensación particular de color. Cada color está asociado por convención a la temperatura de un cuerpo patrón que al calentarse emite un color específico asociado a cada temperatura. La escala de temperatura es absoluta y se da en grados Kelvin.

Los colores más comunes en las lámparas fluorescentes son los siguientes:

COLOR	NOMENCLATURA	TEMP. DE COLOR(°K)
BLANCO CALIDO	WW	3000
BLANCO	W	3500
BLANCO FRIO	CW	4200
BLANCO LIGERO	LW	4200
BLANCO CALIDO DE LUJO	DWW	3000
BLANCO FRIO DE LUJO	DCW	4100
LUZ DE DIA	D	7500

Entre los colores anteriores, los más usados en México son aquellos cuya curva de distribución de energía espectral se muestra en la figura 11.26.

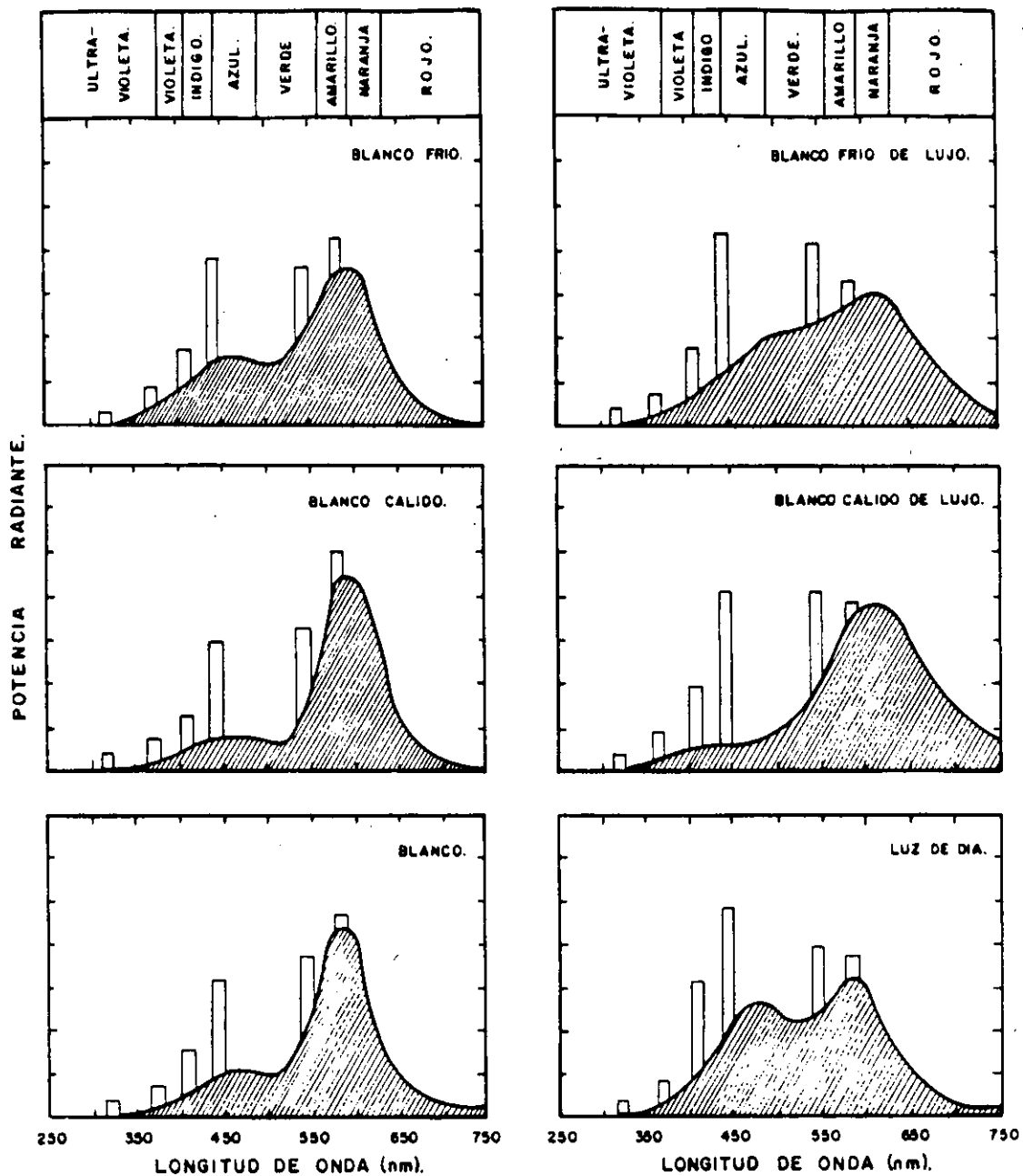


FIG II.26.- CURVAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ESPECTRAL EN LAMPARAS FLUORESCENTES.

La lámpara Luz de Día se llama así debido a que el espectro luminoso se asemeja bastante a la de la luz natural. Se aplica en aquellos lugares en que se desea apreciar mejor los colores sin importar la hora ni las condiciones meteorológicas. Sus principales campos de aplicación son los siguientes:

Industrias Químicas, fábricas textiles, carpinterías y ebanisterías, talleres gráficos y laboratorios, peleterías, estudios de fotografía, relojerías, joyerías, tiendas y supermercados, así como museos, galerías de arte, clínicas y consultorios.

La lámpara Blanco Frio es la lámpara fluorescente cuyo campo de aplicación es prácticamente ilimitado. Puede utilizarse por ejemplo para alumbrado industrial, de garages y hangares, oficinas y archivos, talleres, escuelas, etc. siendo estas lámparas las que alcanzan mayores eficacias. Tienen la ventaja práctica de poderse combinar indistintamente con la luz natural y con la luz de las lámparas de incandescencia, gracias a su temperatura de color.

La lámpara Blanco Cálido es adecuada en aquellos lugares en que sea esencial una perfecta reproducción de colores. Se utilizan ampliamente en despachos, oficinas, pasillos, industrias de productos alimenticios, aulas, auditorios, jardines infantiles, bibliotecas, salas de lectura, panaderías, jugueterías, papelerías, hoteles, bares, teatros, museos, clínicas, viviendas, etc.

NOMENCLATURA DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES.-

La nomenclatura de las lámparas fluorescentes es de acuerdo a su potencia, longitud, forma, diámetro en octavos de pulgada y color. Las lámparas de precalentamiento y encendido rápido utilizan la potencia nominal de la lámpara en su nomenclatura, mientras que las lámparas HO, VHO, encendido instantáneo y Power Groove utilizan la longitud nominal en su nomenclatura. A continuación se muestran algunos ejemplos:

* F20T12/CW * Indica una lámpara Fluorescente, arranque por precalentamiento, de 20 watts, tubular, con 12/8 de pulgada de diámetro, color blanco frío.

* F30CW * Corresponde a una lámpara fluorescente, encendido rápido, 30 watts, color blanco frío.

* F96T12/CW/HO * Es una lámpara fluorescente de 96 pulgadas de longitud, color blanco frío, con 12/8 de pulgada de diámetro, Encendido Rápido de Alta Emisión Lumínica.

CLASIFICACION.

En la Tabla II.B aparece una clasificación de las lámparas fluorescentes donde se pueden apreciar sus características más sobresalientes.

CARACTERISTICAS DE LAMPARAS FLUORESCENTES										
WATTS	TIPO	ACABADO	LUMENES	VIDA EN	EFICIENCIA	FACTOR DE	BASE	BULBO	LONGITUD	ENCENDIDO
			INICIALES	HORAS	(LM/W)	DEPRECIACION		(cm)		
7	TUBOS GEN.	BCO. CALIDO	400	10000	57.14	0.70	ENCHUFABLE	GENELOS	13.5	RAPIDO
9	TUBOS GEN.	BCO. CALIDO	600	1000	66.67	0.70	ENCHUFABLE	GENELOS	16.7	RAPIDO
13	TUBOS GEN.	BCO. CALIDO	900	10000	69.23	0.70	ENCHUFABLE	GENELOS	17.7	RAPIDO
22	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1050	12000	48	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96	RAPIDO
22	CIRCULAR	LUZ DE DIA	850	12000	39	0.72	4 ALFILERES	T-9	20.96	RAPIDO
32	CIRCULAR	BLANCO FRIO	1900	12000	59	0.82	4 ALFILERES	T-9	30.48	RAPIDO
32	CIRCULAR	LUZ DE DIA	1500	12000	47	0.82	4 ALFILERES	T-9	30.48	RAPIDO
40	CIRCULAR	BLANCO FRIO	2500	12000	66	0.77	4 ALFILERES	T-9	40.64	RAPIDO
20	NORMAL	BLANCO FRIO	1300	9000	65	0.85	MED. 2 ALF.	T-12	60.96	CON ARRANC.

DE LAMPARAS FLUORESCENTES

(Continúa)

WATS # TIPO # ACABADO # LUMENES # VIDA EN EFICACIA # FACTOR DE # BASE # BULBO # LONGITUD # ENCENDIDO # INICIALES # HORAS # (LM/W) # DEPRECIACION # (cm)

# 20	NORMAL	LUZ DE DIA	1075	9000	54	0.85	MED. 2 ALF.	T-12	60.96	CON ARRANC.
# 21	NORMAL	LUZ DE DIA	1030	7500	49	0.81	1 ALFILER	T-12	60.96	INSTANTANEO
# 39	NORMAL	BLANCO FRIO	3000	9000	77	0.82	1 ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
# 39	NORMAL	LUZ DE DIA	2500	9000	64	0.82	1 ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
# 40	NORMAL	BLANCO FRIO	3150	12000	79	0.83	1 ALFILER	T-12	121.92	RAPIDO
# 40	NORMAL	LUZ DE DIA	2500	12000	65	0.83	MED. 2 ALF.	T-12	121.92	RAPIDO
# 40	TIPO "U"	BLANCO FRIO	2900	12000	73	0.84	MED. 2 ALF.	T-12	57.15	RAPIDO
# 75	NORMAL	BLANCO FRIO	6300	12000	84	0.89	1 ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
# 75	NORMAL	LUZ DE DIA	5450	12000	73	0.89	1 ALFILER	T-12	243.84	INSTANTANEO
# 60	H.O.	BLANCO FRIO	4300	12000	72	0.82	2 CONT. EMBUT.	T-12	121.92	RAPIDO
# 85	H.O.	BLANCO FRIO	6650	12000	78	0.72	2 CONT. EMBUT.	T-12	182.88	RAPIDO
# 110	H.O.	BLANCO FRIO	9200	12000	84	0.82	2 CONT. EMBUT.	T-12	243.84	RAPIDO
# 110	H.O.	LUZ DE DIA	7800	12000	71	0.82	2 CONT. EMBUT.	T-12	243.84	RAPIDO
# 110	V.H.O.	BLANCO FRIO	6250	10000	57	0.69	2 CONT. EMBUT.	T-12	121.92	RAPIDO
# 165	V.H.O.	BLANCO FRIO	9900	10000	60	0.72	2 CONT. EMBUT.	T-12	182.88	RAPIDO
# 215	V.H.O.	BLANCO FRIO	14500	10000	67	0.72	2 CONT. EMBUT.	T-12	243.84	RAPIDO
# 110	P. GROOVE	BLANCO FRIO	7450	12000	68	0.69	2 CONT. EMBUT.	PG-17	121.92	RAPIDO
# 165	P. GROOVE	BLANCO FRIO	11500	12000	70	0.69	2 CONT. EMBUT.	PG-17	182.88	RAPIDO
# 215	P. GROOVE	BLANCO FRIO	16000	12000	74	0.69	2 CONT. EMBUT.	PG-17	243.84	RAPIDO
# 32	AHORRADORA	BOO. LIGERO	2700	12000	85	0.75	1 ALFILER	T-12	121.92	INSTANTANEO
# 34	AHORRADORA	BOO. LIGERO	2925	20000	86	0.75	MED. 2 ALF.	T-12	121.92	RAPIDO
# 60	AHORRADORA	BOO. LIGERO	6000	12000	100	0.75	1 ALFILER	T-12	243.8	INSTANTANEO
# 95	AHORRADORA	BOO. LIGERO	9100	12000	96	0.75	2 CONT. EMBUT.	T-12	243.8	RAPIDO
# 195	AHORRADORA	BOO. LIGERO	14900	10000	77	0.75	2 CONT. EMBUT.	T-12	243.8	RAPIDO

LAMPARAS COMPACTO FLUORESCENTE

ING. ALEX G. RAMIREZ RIVERO
GENERTEK, S.A. DE C.V.

INTRODUCCION.

El constante crecimiento de la popularidad de las lámparas compacto fluorescentes (CFLs) demuestra sus cualidades en aplicaciones de ahorro de energía y larga vida al sustituir a las lámparas incandescentes convencionales. Las CFLs consumen solamente entre una tercera y una cuarta parte de la energía consumida por las incandescentes, teniendo además una vida 10 veces superior. Por ejemplo, una CFL de 13 watts (que consume 17 watts con todo y su balastro) vive 10000 horas y puede producir casi la misma luz que una incandescente de 60 watts que vive usualmente menos de 1000 horas.

Las CFLs están disponibles en una amplia gama de temperaturas de color (TCC), desde 2700° K hasta 5000° K. Tienen generalmente un alto rendimiento de color (CRI) y las hay en una amplia variedad de tamaños, formas y potencias. La cada vez mayor disponibilidad de luminarios diseñados específicamente para operar CFLs (tanto para instalaciones nuevas como remodelaciones) permite que las CFLs satisfagan las necesidades de casi todas las aplicaciones.

Las CFLs se desarrollaron a fines de la década de los 70s, pero fueron introducidas al mercado norteamericano a principios de los 80s. Los primeros modelos

fueron producidos para penetrar en el mercado de las remodelaciones (retrofits). Los modelos integrales que incluyen al conjunto lámpara-balastro con una base tipo Edison son una útil y económica alternativa para reemplazar a las incandescentes en hoteles, conjuntos habitacionales e instalaciones que requieren grandes volúmenes de lámparas. Los sistemas modulares, que usan lámparas que pueden ser intercambiables, también se volvieron muy conocidos. En sus diferentes modelos, las CFLs incrementaron notablemente su popularidad a fines de los 80s. La reciente producción en gran escala de luminarios para CFLs ha permitido incrementar ampliamente su rango de aplicaciones.

DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA.

Las CFLs son sistemas de iluminación que constan de una lámpara (que incluye casi siempre un arrancador en la base), un portalámpara y un balastro. En muchos casos se incluye dentro del paquete a un adaptador que facilita la instalación. Actualmente hay tres sistemas diferentes (Figura 1):

- * **SISTEMAS INTEGRALES.** Son conjuntos autobalastados de una sola pieza, que contienen un adaptador,

una lámpara y un balastro.

* **SISTEMAS MODULARES.** También son conjuntos autobalastreados que contienen un adaptador del tipo incandescente, un balastro, un portalámparas y una lámpara reemplazable.

* **SISTEMAS DEDICADOS.** Existen cuando un balastro y un socket para una lámpara fluorescente se alambren como parte de un luminario para CFLs. Mientras los sistemas integrales y los modulares se diseñan para instalarse en los sockets de base media existentes en los luminarios para lámparas incandescentes, los dedicados son generalmente componentes especiales suministrados como parte de los luminarios específicos para CFLs.

Las lámparas compactas se pueden reemplazar fácilmente tanto en los sistemas modulares como en los dedicados a diferencia de los sistemas integrales, donde la falla de alguna componente requiere la sustitución de todo el conjunto.

Los sistemas modulares y los integrales son especialmente recomendables para remodelación, mientras que los dedicados se recomiendan para construcciones nuevas, aunque recientemente algunas compañías han lanzado modelos del tipo empotrar que son aplicables para instalaciones en donde existen luminarios para incandescentes. También se tienen ya disponibles equipos para letreros de salida y para iluminación suplementaria de mesas y

escritorios.

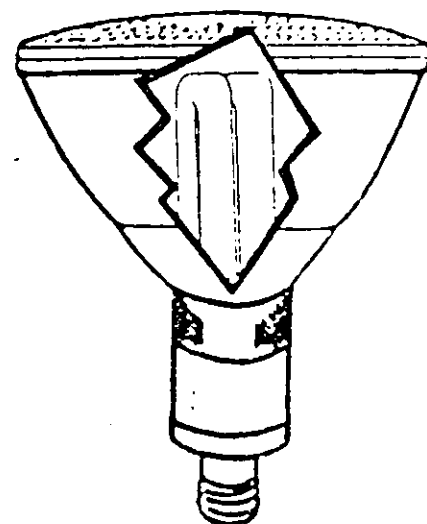
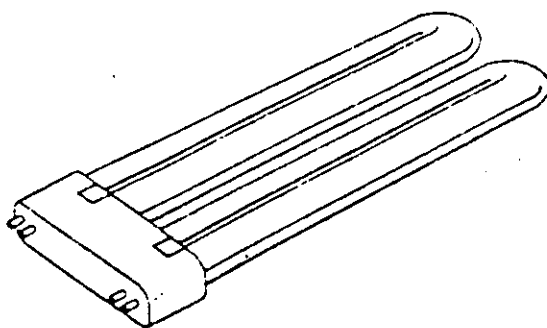
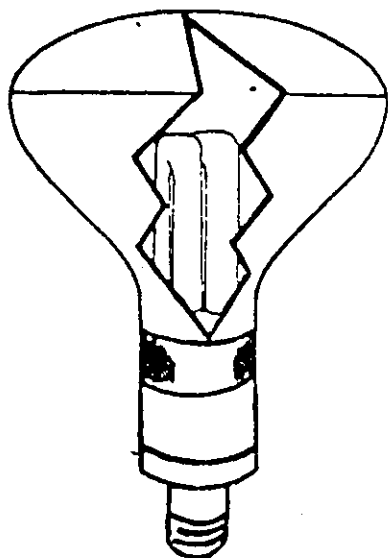
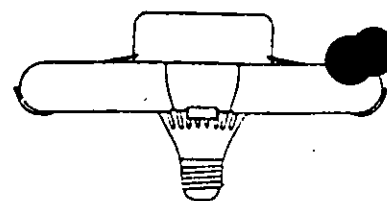
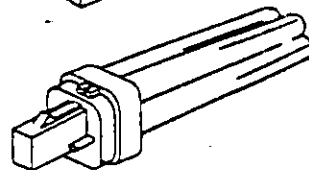
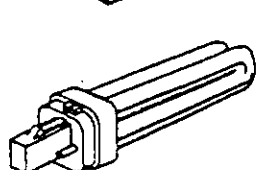
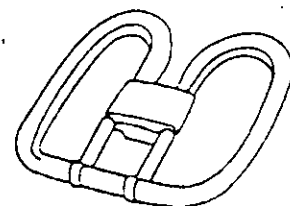
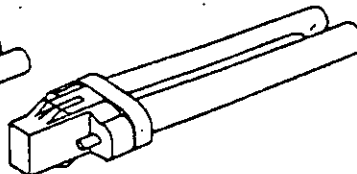
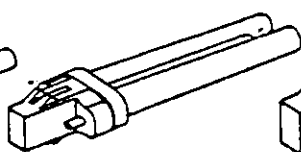
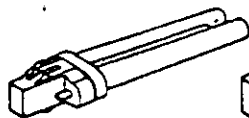
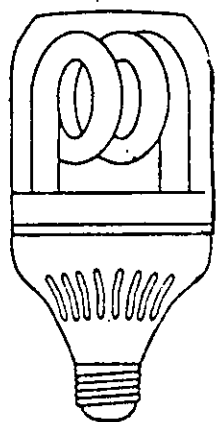
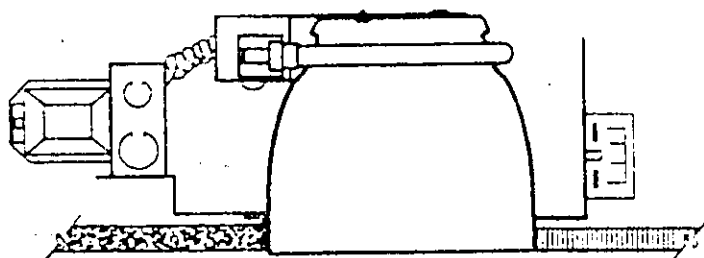
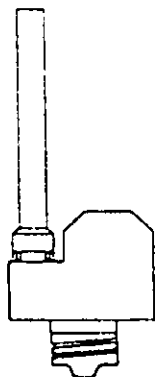
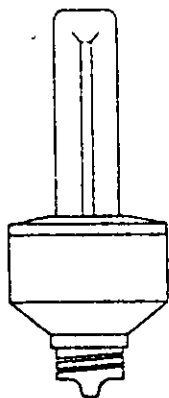
TIPOS DE LAMPARAS.

Los siguientes tipos de lámparas son los que se encuentran disponibles actualmente a través de los fabricantes más importantes (Figura 2):

* Lámparas de tubo gemelo sencillo con doble alfiler y diámetro de media pulgada (T4) con arrancador integrado en la base. Operan con balastro económico tipo electromagnético de circuito serie. Las hay de potencias de 5 a 13 watts y se encuentran disponibles tanto para sistemas modulares como dedicados.

* Lámparas de doble tubo gemelo (llamadas Quad) con doble alfiler y diámetro T4 ó T5 con arrancador integrado en la base. Estas lámparas producen más luz que las de tubo gemelo sencillo y están disponibles en potencias de hasta 27 watts. Se aplican en todos los sistemas de CFLs.

* Lámparas de doble tubo gemelo con cuatro alfileres y diámetro T4 ó T5. Gracias al número de alfileres no requieren de arrancador en la base. Estas lámparas están diseñadas para usarse principalmente con balastos electrónicos. Las T5 de mayor potencia (hasta 55 watts) usan bases 2G11 aunque por sus características en ocasiones se consideran como



a) Versiones más comunes de Lámparas Compacto-Fluorescente

lámparas fluorescentes estándar.

Las CFLs para sistemas integrales generalmente son de tubo gemelo doble ó sencillo operadas con balastro que puede ser electromagnético ó electrónico y adaptador con base atornillable. En algunos casos pueden incluir un reflector con diseño óptico avanzado aunque son más comunes los modelos que incluyen un difusor envolvente.

BALASTROS.

Las CFLs son lámparas de descarga en gas que requieren de un balastro para arrancar y operar adecuadamente. Un balastro proporciona el voltaje necesario para arrancar la lámpara y una vez encendida, mantiene a la lámpara en operación. Todos los balastros consumen cierta cantidad de energía que debe siempre considerarse cuando se determina la eficacia de un sistema.

Tanto los sistemas modulares y los integrales combinan a una base tipo Edison y a un balastro para la instalación directa en los luminarios para lámparas incandescentes. Todas las otras CFLs están diseñadas para operar con un balastro externo que debe ser específico para cada tipo de lámpara y potencia. Las opciones de balastros para CFLs son las siguientes:

* **BALASTROS TIPO SERIE CON FACTOR DE POTENCIA NORMAL.** Estos balastros son comunes en las lámparas pequeñas de dos alfileres. Tienen generalmente factor de potencia muy bajo (0.45

para 120 volts y 0.25 para 277 volts), por lo que es importante calcular cuidadosamente la carga real de los circuitos cuando se diseña el sistema de distribución.

* **BALASTROS TIPO SERIE DE ALTO FACTOR DE POTENCIA.** También diseñados para lámparas pequeñas de precalentamiento, estos balastros tienen capacitores para elevar el factor de potencia a 0.9. Son más caros y más grandes que los de bajo factor, pero permiten reducir los costos de los circuitos de alimentación.

* **B A L A S T R O S ELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA.** Las lámparas de mayor potencia diseñadas para bases 2G11 de 4 alfileres pueden generalmente operar con balastros similares a los usados con las lámparas fluorescentes estándar. La mayor parte son del tipo ahorradores de energía y cumplen con las normas americanas de balastros.

* **BALASTROS PARA VARIAR LA POTENCIA DE LAS LAMPARAS (DIMMEABLES).** Las lámparas de 4 alfileres sin arrancador pueden usarse tanto con un balastro electromagnético dimmeable que incluya una caja de control en pared, como por un dimmer electrónico ó un balastro electrónico dimmeable. Se recomienda consultar la información técnica de los

fabricantes.

- * **BALASTROS ELECTRONICOS.** Existen muchos productos integrales disponibles actualmente que combinan una lámpara de tubo gemelo doble ó sencillo con un balastro electrónico. Esta combinación elimina el flicker indeseable que se presenta durante el arranque en las CFLs con arrancador integrado en la base.

Además de los sistemas integrales con balastro electrónico, actualmente muchos fabricantes ofrecen luminarios para CFLs con balastos electrónicos en lugar de electromagnéticos, ofreciendo las siguientes ventajas:

- * La eficacia del sistema (dada en lúmenes por watt incluyendo las pérdidas del balastro) es en promedio 20% mayor con un balastro electrónico. Bajo condiciones de prueba a 25°C la eficacia de una CFL balastrada electrónicamente se encuentra entre 50 y 70 lúmenes por watt, a diferencia de una CFL balastrada electromagnéticamente que produce entre 40 y 55 lúmenes por watt.
- * El tiempo de arranque de una CFL operada electrónicamente es menor de un segundo, mientras que con

un balastro electromagnético puede llegar hasta 4 segundos.

- * El balastro electrónico reduce notablemente el flicker.
- * Los balastos electrónicos generalmente operan nmuchos más silenciosamente que los electromagnéticos.
- * Los balastos electrónicos son mucho más ligeros que los electromagnéticos y pueden fabricarse en tamaños mucho menores.

Sin embargo, una desventaja importante de los balastos electrónicos para CFLs es su alto precio. Esto se debe en parte a que hay pocos balastos electrónicos en los sistemas modulares en donde la lámpara puede reemplazarse independientemente del balastro. Los diseños electrónicos integrales requieren que el balastro se reemplace junto con la lámpara. Adicionalmente, muchos de los productos disponibles actualmente presentan un alto porcentaje de distorsión armónica total (THD). Los efectos de la THD producida por un balastro para CFL se está evaluando actualmente por parte de las compañías suministradoras de energía eléctrica, aunque los estudios preliminares indican que la THD producida es insuficiente para causar problemas severos.

PARAMETROS IMPORTANTES EN EL SISTEMA ELECTRICO.

El bajo factor de potencia es un indicador del efecto que las CFLs pueden causar en el sistema de distribución. Los sistemas con CFLs tienen generalmente factores de potencia mucho menores a 0.9, valor que se alcanza y rebasa casi siempre con las fluorescentes convencionales. El factor de potencia es una medida del funcionamiento eléctrico, que determina qué tan adecuadamente se está convirtiendo la corriente de entrada en potencia útil suministrada a la lámpara. Una utilización óptima de la corriente produciría un factor de potencia unitario y significaría que el producto de la corriente por el voltaje (volt-amperes ó VA) es igual a la potencia usada (watts). La mayoría de los sistemas con CFLs (ya sea con balastos electrónicos o electromagnéticos) funcionan con bajo factor de potencia (de 0.5 a 0.7 a 120 volts y 0.21 a 277 volts). Por tanto, una lámpara de 13 watts que incluyendo su balastro consume 17 watts con factor de potencia de 0.5, demanda 34 VA a 120 volts o sea el doble de corriente de lo que tomaría con factor de potencia unitario. La corriente de los circuitos y la protección contra sobrecorriente están basadas en los VA. Por eso es importante consultar con un representante de la compañía suministradora ó con un ingeniero especialista cuando se piense usar un número elevado de balastos de bajo factor de potencia en luminarios para CFLs.

Los balastos de alto factor de potencia para CFLs están disponibles en el mercado, pero en la mayoría de los casos los

fabricantes de luminarios sólo los ofrecen como una opción a mayor precio. Las compañías suministradoras de energía eléctrica en EEUU están recomendando en sus programas de ahorro de energía el uso de balastos de alto factor, lo que seguramente tenderá a incrementar su disponibilidad en el futuro. Ya sea con balastos de alto ó de bajo factor de potencia los ingenieros proyectistas deben tomar en cuenta los datos sobre la corriente de entrada de cada balastro cuando diseñen la carga de cada circuito.

La distorsión armónica es otro indicador del efecto que las CFLs tienen sobre la calidad del servicio eléctrico. Cualquier carga no lineal como una computadora personal, un variador estático de velocidad para motores, una televisión ó una CFL causa distorsión armónica en los sistemas de distribución. La mayoría de los balastos electromagnéticos para CFLs produce una THD entre 15% y 25%. La THD de casi todos los balastos electrónicos para CFLs es mucho más alta debido a la distorsión de la forma de onda de la corriente. La distorsión de la onda senoidal también puede estar asociada con una reducción en el factor de potencia. Otro punto importante es la presencia de terceras armónicas (180 Hz). Estas armónicas pueden causar sobrecalentamiento en el hilo neutro de los sistemas trifásicos de edificios comerciales antiguos. Este problema generalmente no es grave cuando se instalan CFLs gracias a que la carga total con estas lámparas por lo general no es muy grande.

Actualmente se tienen disponibles productos que reducen tanto la THD como la

tercera armónica de los balastos electrónicos llegando a valores tan bajos como los producidos por los balastos electromagnéticos. Se dispone actualmente de sistemas integrales de CFL's con balastos electrónicos con alto factor de potencia y baja THD. Sin embargo, debido a que estos productos son de mayor tamaño, a que producen una mayor radio interferencia (RFI) y a que son más costosos su desarrollo se ha visto limitado.

CONTROL DE POTENCIA DE LAMPARA (DIMMEO).

En general, la potencia de las CFLs no puede controlarse usando equipo convencional de dimmeo. Por ejemplo, de acuerdo con algunos de los fabricantes de lámparas, si se usa un dimmer convencional para incandescentes en un sistema integral de CFL (especialmente los que usan balastro electrónico) se puede causar un incendio. Sin embargo, hay dos productos especiales que sí pueden dimmear CFLs:

- * Adaptadores que permiten que un dimmer para incandescente dimmee una CFL de doble tubo gemelo con cuatro pins. El adaptador sólo puede usarse con un balastro específico que esté instalado en el luminario desde fábrica.
- * Balastos dimmeables de estado sólido que controlan la potencia de lámparas de cuatro alfileres con tubo gemelo sencillo ó doble a través de un potenciómetro remoto ó de una señal de bajo voltaje.

ENCENDIDO-APAGADO.

La vida de cualquier lámpara fluorescente (incluyendo las CFLs) se ve afectada por el número de veces que sea encendida y apagada durante su vida. La vida nominal de las fluorescentes que aparece en los catálogos de los fabricantes está basada en períodos de 3 horas de encendido. Si estos períodos se reducen la vida de la lámpara se acorta. Sin embargo, con la tecnología desarrollada con los balastos electrónicos modernos los fabricantes incluyen circuitos que optimizan la secuencia de encendido (llamada "arranque suave") y así se mantiene la vida nominal de la lámpara aún cuando los períodos de encendido se acorten. Es recomendable consultar la información técnica de los fabricantes si la aplicación requiere períodos de encendido cortos.

También requieren especial atención los productos modernos para control electrónico. Los dispositivos instalados en pared como apagadores de tacto, relojes y sensores de presencia pueden no ser compatibles con la mayoría de CFLs. Esta incompatibilidad se debe casi siempre al uso de interruptores de estado sólido (triacs) en lugar de interruptores en aire ó relevadores. Una corriente pequeña constante (insuficiente para encender una lámpara incandescente) pasa a través de la carga cuando el control está en la posición de "apagado". En balastos electromagnéticos para CFLs esta corriente causa calentamiento continuo de los electrodos e intento constante de arranque, lo que reduce la vida de la lámpara. Cuando se aplica con balastos electrónicos, el propio balastro puede eliminar esta pequeña

corriente, lo que causa que el control sea inoperante.

CONDICIONES AMBIENTALES Y EFICACIA.

Es importante tomar en cuenta que las condiciones de laboratorio bajo las cuales se mide el flujo luminoso de las CFLs son frecuentemente diferentes a las condiciones reales en campo. Las dos condiciones ambientales que afectan significativamente el funcionamiento de las CFLs son la temperatura ambiente del aire y la orientación ó posición de la lámpara.

La figura 3 muestra las curvas típicas de funcionamiento de las CFLs en función de la temperatura ambiente y la posición (base arriba, horizontal y base abajo). Se puede notar que mientras la lámpara produce los lúmens nominales en posición base arriba a 25°C, el flujo luminoso cae a 80% de los nominales cuando la temperatura sube a 50°C. En las aplicaciones donde las CFLs están montadas en luminarios de volúmen reducido y poca circulación de aire (como en luminarios empotrados) es frecuente que la temperatura interior del luminario varíe entre 40°C y 50°C y que por lo tanto el flujo luminoso se reduzca notablemente. Algunos fabricantes de luminarios para CFLs han desarrollado nuevos modelos diseñados para mejorar la ventilación de aire con el objeto de reducir la temperatura de trabajo y mejorar el flujo luminoso.

La figura 3 también muestra como la posición de operación de las CFLs puede tener una marcada influencia en la

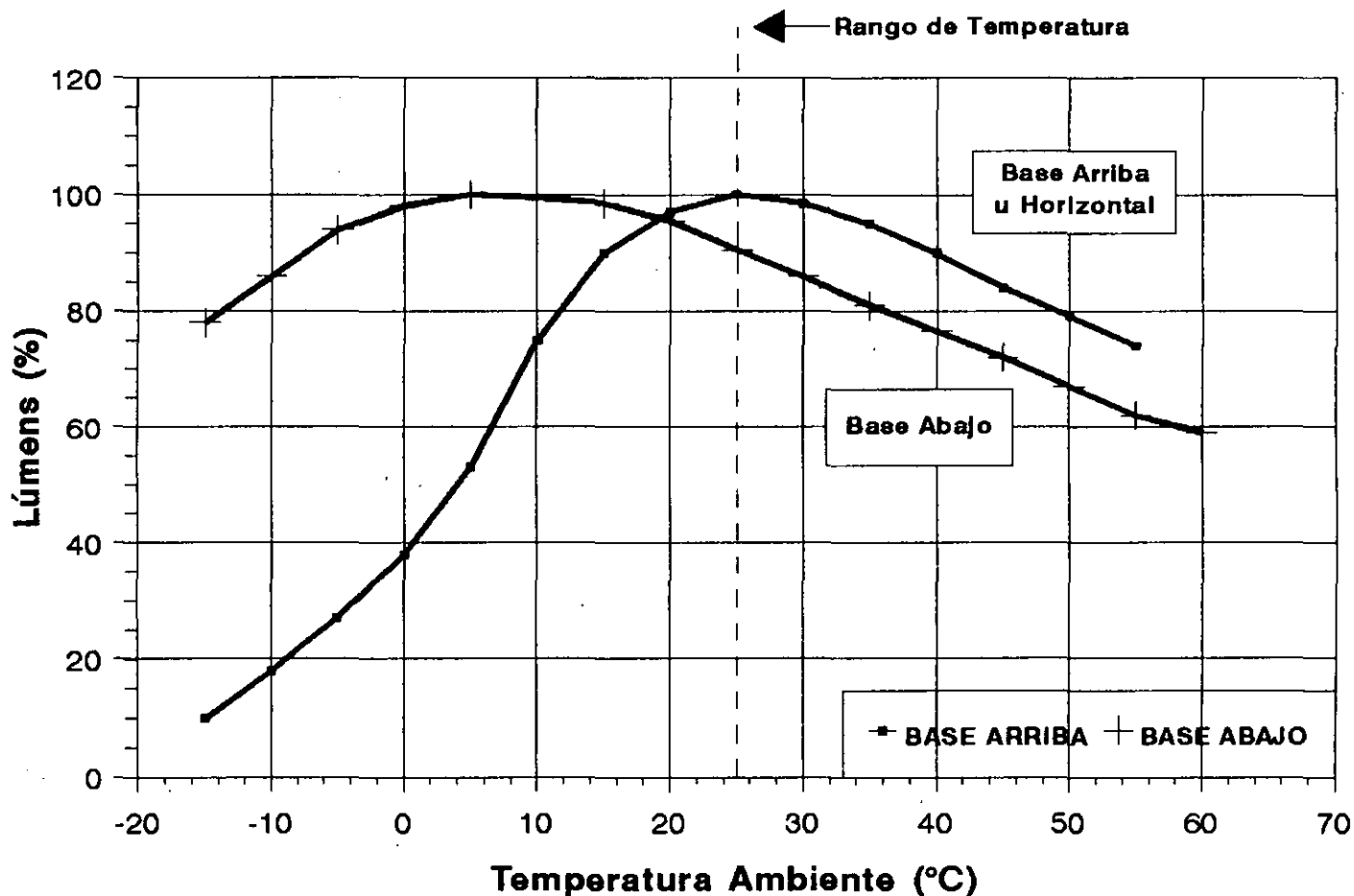
producción de lúmens. Aunque la temperatura ambiente de la lámpara se mantenga fija en 25°C una CFL operando en posición horizontal ó base arriba producirá aproximadamente 20% más lúmens que cuando opera con la base abajo. Por lo tanto, en todas las aplicaciones donde una CFL se instale con la base abajo (como sucede en los retrofits ó en sustitución de incandescentes para iluminación de mesas ó escritorios) debe tomarse en cuenta que el flujo luminoso se reducirá por lo menos 10%. A temperaturas superiores, la reducción del flujo luminoso en posición base abajo es del orden de 15%. Para cada tipo específico de lámpara debe considerarse la información del fabricante, ya que existen diferencias en el funcionamiento de acuerdo con la forma y potencia de la lámpara.

PRODUCTOS DISPONIBLES ACTUALMENTE.

Como se explicó previamente, las CFLs son muy eficaces, tienen alto rendimiento de color y existen en un amplio rango de temperaturas de color. Estas cualidades se deben principalmente al uso de fósforos de tierras raras (RE). El balance relativo de estos fósforos determina la temperatura de color de la lámpara. Los fósforos de tierras raras son esenciales en la operación de las CFLs porque permiten una alta densidad de potencia en un tubo de diámetro pequeño. Si se usaran halofósforos convencionales con la misma densidad se produciría una rápida y severa depreciación de lúmens.

La mayor parte de las CFLs son

EFFECTO DE LA POSICION Y LA TEMPERATURA AMBIENTE EN LA PRODUCCION DE LUZ DE LAS CFLs



La temperatura ambiente y la posición de operación afecta a las CFLs. Las curvas corresponden a un tipo específico de lámpara en un ambiente natural. El funcionamiento puede variar notablemente con la base abajo, dependiendo de la configuración y potencia de la lámpara (Fuente: Osram Corporation).

capaces de producir entre 50 y 60 lúmenes por watt, eficacia similar a la de otras tecnologías de igual flujo luminoso, como aditivos metálicos y sodio alta presión compactas ó de baja potencia, y similar también a las fluorescentes convencionales tanto rectas, como en forma de "U" y circulares.

LAMPARAS DE NUEVOS DISEÑOS.

Además de los tipos comunes de CFLs, constantemente se han estado lanzando al mercado lámparas de configuraciones diferentes. Por ejemplo, ya se dispone actualmente de una nueva lámpara cuadrada en forma de Doble D fabricada en tres tamaños y cinco potencias (Figura 4). Su forma y tamaño compactos la hacen apropiada para luminarios de poco volumen. Otro fabricante está produciendo actualmente una nueva lámpara de tamaño subminiatura con bulbo T2 y base wedge, en un amplio rango de longitudes y potencias. Se encuentra disponible tanto en versión de cátodo frío como cátodo caliente. Al igual que todas las CFLs estas lámparas usan fósforos de tierras raras de alto rendimiento de color, con una eficacia de 80 lúmenes por watt sin considerar las pérdidas del balastro. En este momento, el desarrollo de luminarios y balastros para estas lámparas ha sido muy lento, lo que ha limitado su aplicación. De cualquier forma, las aplicaciones probables para estas lámparas incluyen iluminación suplementaria, de señales y letreros.

Actualmente varios fabricantes están produciendo CFLs de triple tubo en "U".

Esta configuración permite mayor producción de luz con un paquete reducido. Por otro lado, otro fabricante ha empezado la producción de una CFL de 20 watts con balastro electrónico con alto factor de potencia y baja THD. Esta versión mide solamente 6 pulgadas de longitud y produce un flujo luminoso similar a una incandescente de 75 watts.

Los desarrollos actuales de nuevas CFLs están encaminados para producir una mayor variedad de lámparas con mayores potencias, formas diferentes y con bases tanto simples como de cuatro alfileres (2G7, 2G11, etc). Estas nuevas lámparas pueden usar balastros electrónicos, pueden ser dimmeadas y eliminar la mayor parte del flicker que se presenta normalmente con las CFLs, por lo que prometen incrementar el número de aplicaciones.

DISEÑO DE LUMINARIOS PARA LAMPARAS COMPACTO FLUORESCENTES.

Las atractivas oportunidades de ahorro con luminarios para CFLs han causado que muchos fabricantes lancen al mercado productos que son simplemente luminarios incandescentes con sockets para fluorescentes. El especialista en iluminación debe tener precauciones sobre todo sobre para evitar los siguientes problemas:

- * Uso de reflectores y otros componentes diseñados especialmente para lámparas incandescentes (causando problemas de eficiencia del luminario).

- * Problema de sobrecalentamiento, que provoca reducción de vida de la lámpara y el balastro y disminución del flujo luminoso (problema de diseño de luminario).
- * Producción de ruido por la lámpara y el balastro (problema del luminario y limitante de aplicación).
- * Temperatura excesivamente alta ó baja en la pared del bulbo de la lámpara, causando disminución del flujo luminoso nominal (problema de diseño del luminario y aplicación).
- * Alta distorsión armónica, bajo factor de balastro y bajo factor de potencia en ciertas combinaciones de lámpara-balastro (consultar con la guía de balastros fluorescentes eficientes).

TIPOS DE LUMINARIOS.

Las CFLs de potencias más bajas están diseñadas para usarse en lugar de las lámparas incandescentes en una amplia variedad de formas y tamaños de luminarios. Las de tubo gemelo son especialmente aplicables para iluminación de mesas y escritorios, candelabros, letreros de salida e indicadores de ruta. La combinación de dos lámparas de tubo gemelo alineadas horizontalmente han resultado una excelente opción para sustitución de incandescentes en luminarios empotrados en techo, por lo que muchos fabricantes han diseñado nuevos luminarios usando este concepto. Las tipo quad tienen aplicaciones similares en luminarios empotrados en techo, para baño

de pared y en el tipo candelabro. La figura 5 ilustra algunos de los luminarios usados para distintos tipos de CFLs.

REMODELACION (RETROFIT).

Las CFLs del tipo modular e integral con socket tipo Edison por lo general no son tan eficientes como las usadas en los sistemas dedicados, pero aún así son una opción muy buena para sustituir a las incandescentes de los luminarios existentes. Los sistemas integrales y modulares están disponibles tanto con balastros electromagnéticos como electrónicos. Los electrónicos operan con una eficiencia mayor y prácticamente sin producir ruido ni flicker.

RECOMENDACIONES SOBRE APLICACION.

En general, las CFLs son aplicables en aquellos casos en los que existen incandescentes ó fluorescentes convencionales de baja potencia. Pueden usarse en muchísimas aplicaciones de tipo residencial, comercial, remodelaciones (retrofits) y nuevas construcciones.

SUSTITUCION DE LAMPARAS INCANDESCENTES.

Las CFLs en la mayoría de los casos pueden ser utilizadas en las áreas que fueron originalmente diseñadas con lámparas incandescentes. Estas áreas pueden ser con luminarios empotrados, para baños de pared, iluminación suplementaria de escritorios,

candelabros, esquineros, aparadores, proyectores de tipo residencial y comercial y en muchas aplicaciones más. En la mayor parte de los casos, las CFLs producen de tres a cuatro veces más luz que las incandescentes de la misma potencia. Por ejemplo, una CFL de 13 watts produce aproximadamente la misma luz que una incandescente de 40 a 60 watts.

La sustitución de incandescentes por medio de CFLs le ofrece importantes ahorros económicos al usuario. Ofrecen ahorros por la reducción de consumo de energía, por el reemplazo de menos lámparas, por la reducción de carga térmica en lugares con aire acondicionado y ahorros en mantenimiento en general que permiten en conjunto recuperar rápidamente la inversión inicial y proporcionar constantes ahorros en la operación. Adicionalmente, los costos iniciales por remodelación frecuentemente son apoyados por medio de bonificaciones por parte de las compañías suministradoras de energía.

ALTERNATIVAS CON OTRAS LAMPARAS FLUORESCENTES.

En potencias reducidas, otros tipos de pequeñas lámparas fluorescentes como las circulares no pueden ofrecer los beneficios de las CFLs, como por ejemplo las múltiples opciones de temperatura de color, las prácticas bases enchufables y el alto rendimiento de color. En muchas aplicaciones típicas de lámparas fluorescentes pequeñas como las usadas en lámparas de escritorio ó de corredor, las CFLs son más efectivas. También, la alta calidad del

rendimiento de color de una CFL se mantiene constante independientemente del reemplazo. En la figura 6 se resume información sobre las opciones de color y otras características de las CFLs.

LIMITACIONES.

Sin duda, las CFLs son excelentes opciones para muchas necesidades comerciales y residenciales, pero su principal desventaja cuando se intenta usarlas en remodelaciones es su tamaño. El conjunto lámpara-balastro es más grande que la incandescente que produce el mismo flujo luminoso, por lo que no siempre pueden adaptarse a los luminarios incandescentes existentes. Por ejemplo, en luminarios empotrados en techo, las CFLs muchas veces sobresalen del luminario y del propio techo, por lo que causan problemas estéticos y de deslumbramiento. También la base y el contenedor del balastro de una CFL es más grande y de diferente forma que una incandescente estándar. Esto provoca que en ocasiones el reflector del luminario no permita instalar el adaptador en el socket. Por estas razones, los especialistas tratan de seleccionar CFLs de una configuración con la que se logre el retrofit adecuado. Muchos de los fabricantes de CFLs facilitan muestras de modelos reales ó productos a escala para que el fabricante del luminario asegure la compatibilidad física antes de promover sus productos.

Otra limitación de las CFLs es que no son recomendables para alturas de montaje grandes (arriba de 4 metros) y además de que en ciertas aplicaciones de

acento requieren tener un reflector cerrado con un haz de luz abierto. Adicionalmente, el diseñador debe tener cuidado al usar CFLs en exteriores con clima frío ya que la operación principalmente de las lámparas de baja potencia se ve afectada negativamente por las bajas temperaturas (menores de 0°C), a menos que los luminarios sean herméticos y/o usen balastos electrónicos.

APLICACIONES RESIDENCIALES.

El uso de luminarios con CFLs es especialmente recomendable en cuartos como cocinas y baños, donde la alta salida de luz, el alto rendimiento de color y el cumplimiento de las normas locales de energía hacen muy atractiva su aplicación. Las CFLs también se usan en aplicaciones de iluminación interior en general y en luminarios cerrados para iluminación exterior (donde el ambiente lo permita) como faroles e indicadores de ruta ó en luces de ambiente con candelabros. Su larga vida también las hace recomendables para lugares en donde el mantenimiento sea complicado y para iluminación de ciertas taras visuales, especialmente aquellas que permitan la configuración de una CFL. Una de las principales razones por las que se espera incrementar las ventas de CFLs en el sector residencial es en términos de los programas de ahorro de energía. Si se lograra aplicar CFLs en las aplicaciones más recomendables de todas las casas en EEUU, se lograría un ahorro de energía eléctrica entre 25% y 50%. En la figura 7 se resumen las principales aplicaciones recomendables para CFLs de uso residencial.

La selección de CFLs para usarse en casas habitación debe hacerse con mucho cuidado. Los recientes diseños de CFLs balastradas electrónicamente son óptimos para aplicaciones residenciales, ya que operan silenciosamente y arrancan casi inmediatamente sin flicker inicial. Otra ventaja adicional es su menor peso y tamaño debido al balastro electrónico. Cuando los equipos con balastos electromagnéticos se usan en aplicaciones residenciales, las cualidades como alta eficiencia y larga vida pueden perderse por la desventaja de producir alto ruido y flicker en el arranque. En muchas aplicaciones residenciales esta operación es intolerable. En todos los casos es conveniente consultar con un especialista para sopesar las características de cada sistema.

APLICACIONES COMERCIALES.

La iluminación comercial representa la mejor aplicación para las CFLs. Los luminarios pueden incorporarse fácilmente a los diseños de iluminación proporcionando ventajas estéticas y energéticas. Actualmente es posible realizar un diseño de primer nivel usando CFLs en lugar de la mayor parte de las incandescentes. En el diseño de la iluminación de oficinas no todos los luminarios incandescentes tienen una versión similar con CFLs. Sin embargo, las oficinas y otros tipos de espacios comerciales e institucionales se verán estéticos y operarán eficientemente usando luminarios apropiados con CFLs. Como resultado, los diseños podrán cumplir más fácilmente con los requisitos del Título 24 contenidos en el Código de Regulaciones de California. La

Figura 6
Opciones de TCC para CFLs Típicas

Temperatura de Color	CRI Nominal	Equivalente
2700 K	82	Blanco Cálido, Incandescente, Sodio Blanco
3000 K	85	Blanco Cálido, Incandescente, Halógeno, otras lámparas Fluorescentes y HID de 3000 K.
3500 K	85	Halógeno y otras Lámparas Fluorescentes de 3500 K.
4100 K	85	Blanco Frío, Aditivos Metálicos, otras Lámparas Fluorescentes y de HID.
5000 K *	85	C/D50 y todas las otras Lámparas HID y fluorescentes de alta TCC.

* no existen tantos productos disponibles como temperaturas de color.

Figura 7
Aplicaciones de CFLs en Residencias

Cocinas	Salas	Recámaras	Baños	Áreas Generales	Exteriores
Luminarios Empotrados en Techo	Iluminación Localizada	Iluminación Localizada	Espejos	Escaleras	Linternas
Cocinas Integrales	Lámparas Giratorias	Closets	Luminarios Empotrados en Techo	Cuarto de Lavado	Garages
	Luminarios con lámparas ocultas		Regadera y Tina	Aticos	Corredores
	Luminarios Empotrados en Techo			Closets	Seguridad
	Baño de Pared			Áreas de Juegos	

iluminación con incandescentes debe restringirse para ciertas aplicaciones, como aquellas áreas en donde se requiera un dimmeo muy amplio que sólo puede lograrse con estas lámparas.

En el diseño de tiendas la iluminación con lámparas fluorescentes es adecuada para iluminación general y baño de paredes. Cuando se toma en consideración el consumo de energía, los diseñadores usan incandescentes estándar ó halógenas solamente cuando se requiere que la fuente de luz sea puntual e intermitente ó cuando se necesita un alto valor de candelas. Este es el caso en la iluminación de displays, aparadores de joyería, etc.

En restaurantes y hoteles la mayor parte de las áreas de circulación y otros espacios públicos pueden iluminarse con CFLs, excepto cuando las alturas de montaje sean muy altas y por tanto sea mejor usar lámparas de HID de baja ó mediana potencia. Además, algunos de los luminarios suspendidos y los de tipo candelabro pueden usarse con CFLs. En esos casos, las incandescentes sólo deben usarse donde se requiera iluminación de acento ó dimmeo en un rango muy amplio. En las áreas de comida es muy conveniente usar luminarios con CFLs para dar la iluminación general. En hospitales, laboratorios, escuelas y otras instituciones las CFLs pueden sustituir a las incandescentes en casi todas las aplicaciones.

En iluminación industrial la mayor parte de las compactas tienen aplicaciones limitadas. Sin embargo, la baja producción de calor de las CFLs las hacen

recomendables en ambientes peligrosos donde no se acostumbra usar lámparas de HID.

La figura 8 resume las aplicaciones comerciales más típicas de las CFLs.

EJEMPLOS.

JUSTIFICACION DE AHORROS ECONOMICOS EN REMODELACIONES.

Vender la idea de que las CFLs son efectivas, de larga vida y ahorradoras de energía cuando sustituyen a las incandescentes es más fácil cuando el usuario final puede ver, en términos claros, los beneficios de cada alternativa. La figura 9 ejemplifica cómo la sustitución de incandescentes por CFLs puede permitir importantes ahorros de energía y una buena reducción en los costos de operación. La tabla representa una sustitución hipotética en la que el gerente de una industria analiza el cambio de lámparas de 75 watts con luminarios empotrados en techo por CFLs de 20 watts operadas con balastos electrónicos. Se considera que en total existen 60 luminarios.

ILUMINACION GENERAL CON LUMINARIOS EMPOTRADOS EN TECHO.

Muchos de los corredores y lobbies que existen actualmente fueron diseñados desde nuevos con luminarios incandescentes empotrados em techo de forma circular ó

Figura 8
Aplicaciones Comerciales para CFLs

Iluminación General	Iluminación de Acento	Iluminación Decorativa	Iluminación Institucional	Iluminación Exterior
Luminarios Empotrados en Techo	Luminarios Empotrados ó Montados en Riel para Baño de Pared	Baño de Pared	Iluminación de Seguridad	Proyectores para Jardín
Luminarios Suspendidos	Esquineros	Candelabros	Iluminación de Pasillos	Puntas de Poste y Bollards para corredores
Sistemas de iluminación Indirecta	Cornizas	Lámparas de Mesa	Letreros de Salida	Iluminación de Pasillos
	Case Display Lights	Áreas de Probadores y Maquillaje	Iluminación para Tareas Específicas	Luminarios montados en riel
	Tiras Continuas Modulares			
	Letreros para Señalización			

Figura 11
RELACION DE FABRICANTES Y PRODUCTOS

LAMPARAS	BALASTROS ELECTRONICOS	BALASTROS ELECTROMAGNETICOS
GENERAL ELECTRIC	ADVANCE TRANSFORMER	ADVANCE TRANSFORMER
MITSUBISHI	EBT	MAGNETEK UNIVERSAL
OSRAM	ETTA INDUSTRIES	QUALITY SERVICES E.
PANASONIC	INNOVATIVE INDUSTRIES	RADIONIC
PHILIPS	LUTRON ELECTRONICS	ROBERTSON
SYLVANIA	MAGNETEK TRIAD	SCHUMACHER
	OSRAM	VALMONT ELECTRIC
	VALMONT ELECTRIC	

(La inclusión en esta lista no implica aplicabilidad ó compromiso por parte de la CEC, del DOE ni del EPRI. Pueden existir otras compañías que también fabriquen estos productos).

cuadrada de 6 ó 8 pulgadas. Los diseños típicos de estos luminarios son llamados "cans" o "tophat". Una alternativa para ahorrar energía es usar luminarios empotrados del tipo modular diseñados especialmente para operar con CFLs de tubo gemelo sencillo ó doble. Por medio de una cuidadosa selección el diseñador debe preferir a los luminarios fluorescentes que más se parezcan a los incandescentes existentes.

Una "regla de dedo" general es usar aproximadamente el 25% de la potencia usada en el sistema incandescente. Por ejemplo, usar un luminario empotrado con una CFL de 26 watts ó dos de 13 watts en lugar de cada incandescente de 100 watts, dos CFLs de 18 watts para reemplazar a una de 150 watts y dos CFLs de 26 para sustituir a una de 200 watts. En construcciones nuevas se debe evitar en lo posible el uso de adaptadores para instalación en sockets, ya que no son las más eficientes y con el paso del tiempo tienden a ser sustituidas nuevamente por incandescentes.

Ahorrar energía con un sistema de CFLs en luminarios empotrados en techo da siempre mejores resultados que si se trata de ahorrar con opciones de incandescentes. Por ejemplo, para dar de 15 a 20 footcandles en un corredor los luminarios se instalan cubriendo unos 30 pies cuadrados cada uno. La opción de CFLs (2 lámparas de 13 watts) opera a aproximadamente 1 watt por pie cuadrado mientras que la opción de incandescentes (una lámpara de 100 watts) opera a más del triple. Los ahorros superiores a 6 KWH por pie cuadrado al año ahorran 0.6 USD por pie cuadrado anuales,

lo que equivale a unos 18 USD ahorrados cada año por luminario. Se obtienen beneficios adicionales al usar lámparas con mayor vida lo que reduce los costos por mantenimiento al hacer el reemplazo.

ILUMINACION EXTERIOR CON LAMPARAS PROYECTORAS.

Las CFLs también tienen excelentes cualidades si se usan como lámparas proyectoras, teniendo un potencial de ahorro de energía muy alto cuando se comparan con lámparas incandescentes. Muchas aplicaciones de proyectoras para iluminar paredes, letreros, etc. usan lámparas incandescentes PAR38 con haz concentrado. En muchos casos, un luminario de haz concentrado con CFL puede ahorrar energía cuando la temperatura exterior es lo suficientemente alta para su correcta operación. Por ejemplo, una CFL tipo quad de 22 watts con su propio luminario integrado con reflector es muy buena alternativa para sustituir a una incandescente PAR38 de 100 watts. La CFL incluyendo su balastro consumiría 60 watts menos que una PAR halógena de 90 watts y 70 watts menos si se compara con una PAR estándar de 100 watts.

ILUMINACION DECORATIVA.

Muchos luminarios suspendidos, candelabros y otros tipos ya están disponibles actualmente con lámparas CFLs. Los fabricantes de candelabros que se instalan en pared han sido los de mayor

Figura 9

Análisis Económico en Remodelaciones Usando CFLs

Sistema Existente: 75W A19/1210 Lúmens
Nueva Lámpara: 20W Quad con Balastro Electrónico.

Potencia de Lámpara Existente	75
Potencia de Nueva Lámpara	20
Watts Ahorrados por Lámpara	55
Horas de Operación al Año	2600
KWH Ahorrados al Año por Lámpara	143
Vida Nominal de la Lámpara Existente	1,000 Hrs.
Vida Nominal de la Nueva Lámpara	10,000 Hrs.
Costo de Energía Eléctrica (KWH)	0.12
Ahorro Económico al AÑO por Lámpara	\$17.16
Ahorro a lo Largo de la Vida de la Lámpara	\$66.07
Costo de Mano de Obra para Reemplazo	\$7.00
Ahorro en M. de O. en la vida de la Lámpara	\$70.00
Ahorros Económicos al Año por Reemplazo	\$18.18
Ahorros Totales al Año por Lámpara	\$35.34
Costo del Retrofit	\$22.00
Bonificación de la Cía. Eléctrica	\$3.00
Costo Neto del Retrofit por Lámpara	\$19.00
Número de Luminarios	60
Costo Total del Retrofit	\$1140.00
Período de Recuperación (Payback)	6.5 meses
Ahorros Totales al AÑO	\$2120.40
Ahorro Neto en la Vida de la Lámpara	\$7023.54
Tasa Interna de Retorno	186%

NOTAS.

- 1.- Basadas en 10 horas/día, 5 días a la semana
- 2.- Basado en costos promedio en comercios, 1992.
- 3.- Incluye costo de lámpara y mano de obra.
- 4.- Basado en costos de 1992; incluye costo conjunto lámpara-balastro.
- 5.- Estimado (varía por Región y Cía. Suministradora).

Figura 10
Características de CFLs de Tubo Gemelo Sencillo, Doble y tipo Quad.

Código NEMA	Watts de Línea (Típico)	Lúmenes Nominales	Factor de Balastro Típico a 120 volts	Lúmenes Reales	Balastro Tipo	Eficacia del Sistema (l/w)
CFT5W/G23	9	250	.95-1.0	238-250	5W Reactor ⁵	26-28
CFT7W/G23 ¹	11	400	.89-.90	356-360	7W Reactor ⁵	32-33
CFT9W/GX23 ¹	13	600	.79-.83	474-498	9W Reactor ⁵	36-38
CFT13W/GX23 ¹	17	900	.95-1.0	855-900	13W Reactor	50-53
CFQ9W/G23	13	600	.79-.83	474-498	9W Reactor ⁵	36-38
CFQ13W/GX23 ²	17	860	.95-1.0	817-860	13W Reactor	50-53
CFQ10W/G24d	16	600	.95-1.0	540-600	10/13W Auto. ³	34-38
	13				10/13W React. ⁴	42-46
CFQ13W/G24d	18	900	.90-1.0	810-900	10/13W Auto ³	45-50
	16				10/13W React. ⁴	51-56
CFQ18W/G24d ²	25	1250	.90-1.0	1125-1250	18W Autotrans. ³	45-50
	22				18W Reactor ⁴	51-57
CFQ26W/G24d ²	37	1800	.90-1.0	1620-1800	26W Autotrans. ³	44-49
	31				26W Reactor ⁴	52-58
CFQ15W/GX32d	20	900	.90-1.0	819-900	16W Reactor	41-45
CFQ20W/GX32d	27	1200	.90-1.0	1080-1200	22W Reactor	40-44
CFQ27W/GX32d	34	1800	.90-1.0	1620-1800	28W Reactor	48-53

NOTAS:

- 1.- La mayoría de las lámparas cuando cuentan con tubo gemelo.
 - 2.- La mayoría de las lámparas cuando son del tipo Quad.
 - 3.- Operación a 120 volts
 - 4.- Operación a 277 volts
 - 5.- Existen balastos para operar múltiples lámparas, pero se reduce el flujo luminoso y la vida de
- Todas las CFLs consideradas tienen 10,000 horas de vida para períodos de encendido de 3 horas.

desarrollo para aplicación de CFLs, por lo que hay una mayor cantidad de diseños disponibles.

CLASIFICACION DE LOS PRODUCTOS.

Los fabricantes de lámparas acostumbran crear su propia nomenclatura para tener mayor penetración en el mercado, pero estos nombres a veces dificultan la posibilidad de manejar una especificación genérica. Afortunadamente, la Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico de EEUU (NEMA) ha desarrollado un sistema genérico de designación para CFLs. En todos los casos el especificador ya puede relacionar fácilmente el producto deseado con el código NEMA. El código consiste de los siguientes elementos:

CF + (Shape) + (Watts) +
(Designación de la base)

La forma puede ser "T" para tubo gemelo sencillo, "Q" para tipo Quad ó tubo gemelo doble, "S" para forma cuadrada ó "M" para cualquier configuración que no esté cubierta por las anteriores. Por otro lado, las designaciones para la base sí aparecen en los catálogos de los propios fabricantes.

Usando el código de designación de NEMA, una lámpara de 13 watts con tubo gemelo sencillo T4 se designa como:

CFT13W/GX23

Una lámpara de 26 watts T4 tipo Quad de

dos alfileres se designa como:

CFQ26W/G24d.

FUNCIONAMIENTO DE LAS CFL's.

La siguiente tabla proporciona la información sobre las características de las CFLs más pequeñas. Los datos incluyen a las lámparas de tubo gemelo sencillo y doble. Al usar la información es importante tomar en cuenta que los fabricantes de sistemas modulares con CFLs generalmente proporcionan la salida de luz del sistema lámpara-balastro del mismo valor que el flujo luminoso nominal dado por el fabricante de la lámpara. En la práctica, los lúmens de los sistemas modulares son menores que los nominales de las lámparas debido a que el factor de balastro (una medida de cada balastro en particular) es menor del 100%. Al usar las tablas, los lúmens nominales de lámpara deben multiplicarse por el factor de balastro para obtener los lúmens reales. Si no se considera el factor de balastro, el sistema proporcionará un nivel de iluminancia menor a lo esperado. En los sistemas integrales, donde la lámpara y el balastro no se pueden separar, el fabricante acostumbra proporcionar los lúmens corregidos, por lo que ya no se requiere usar ningún factor de corrección.

GUIA PARA ELABORAR ESPECIFICACIONES.

Especificar CFLs no es difícil. Hay muchas formas para asegurarse que las

características deseadas sean entendidas por los distribuidores y se eviten así sustituciones con productos de calidad inferior. El proyectista debe especificar los productos usando los formatos para luminarios o escribiendo las especificaciones completas.

FORMATOS PARA ESPECIFICAR LUMINARIOS.

La mayoría de los proyectistas describen los luminarios por tipo usando un formato que se incluye en los documentos de construcción. Estos formatos describen con cierto detalle los luminarios, lámparas y balastos. Sin embargo, para especificar correctamente CFLs es recomendable que se proporcione información adicional a la que se acostumbra dar para otros tipos de productos.

Como se dijo anteriormente, cada fabricante tiende a crear sus propios nombres comerciales, lo que dificulta la especificación genérica. Por esta razón es deseable que cada especificador use las designaciones NEMA cada vez que sea posible. Para las CFLs integrales es conveniente identificar a un sólo fabricante que disponga de todos los tipos de productos y aprovechar su nomenclatura. De esta forma, se pueden fácilmente enlistar los números correspondientes a las lámparas en un formato general de acuerdo con la sustitución propuesta.

Ocasionalmente, se puede necesitar especificar un tipo de lámpara producida por un sólo fabricante. Por ejemplo, hasta el

primer semestre de 1993 había un sólo fabricante que produce la CFL cuadrada ó doble "D". En situaciones como ésta es conveniente separar la especificación y enlistar la única lámpara aclarando el nombre del fabricante.

ESPECIFICACIONES GENERICAS.

La mayor parte de los proyectos comerciales usan variantes de las especificaciones estándar recomendadas en los formatos del Instituto de Especificaciones para la Construcción (CSI). Este formato de especificaciones cortas es mejor para proyectos pequeños ó poco complejos. El siguiente es un ejemplo de este formato:

L A M P A R A S C O M P A C T O FLUORESCENTES:

- 1) Recubrimiento fosfórico de tierras raras con CRI mínimo de 80 y TCC de (2700) (3000) (3500) (4100) (5000) Kelvin, a menos que se especifique lo contrario.
- 2) La producción de luz, la vida nominal y la depreciación de lúmens de acuerdo con los procedimientos de prueba de IES, e igual en funcionamiento a los valores publicados en el catálogo del fabricante _____.
- 3) Reemplazo de lámparas defectuosas en caso de ocurrir fallas en los primeros 90 días de funcionamiento.
- 4) Fabricantes reconocidos:

Listado ...

ESPECIFICACIONES DETALLADAS.

El CSI recomienda que se incluyan especificaciones más detalladas en los proyectos complejos ó en aquellos que se piensen construir en zonas marítimas. Aunque se requiere mucho más tiempo y trabajo para escribir especificaciones detalladas, estas especificaciones protegen el diseño original contra la ejecución de obras de calidad inferior, en los casos en que el diseñador no tenga control sobre la construcción.

La mayor parte de los productos que se ofrecen en el mercado norteamericano tienen componentes fabricadas en el extranjero, por lo que la nomenclatura puede diferir. También los voltajes y frecuencias de los sistemas eléctricos de otros países hacen que sea necesario el uso de componentes de sistemas integrales y/ó modulares totalmente diferentes.

ALEX RAMIREZ RIVERO
GENERTEK S.A. DE C.V.
 24/SEP/94

REFERENCIAS.

1) ED 150. INTERMEDIATE LEVEL
 ILLUMINATING ENGINEERING
 SOCIETY OF NORTH AMERICA, 1993.

2) COMPACT FLUORESCENT LAMPS
 1993 ADVANCED LIGHTING
 GUIDELINES, CEC.

3) PL LAMPS.
 TECHNICAL DATA.
 PHILLIPS, 1993.

4) ENERGY EFFICIENT LIGHTING
 CATALOG 1993.
 DEFENSE GENERAL SUPPLY CENTER
 DEFENSE LOGISTICS AGENCY.

"LAMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID)"

ING. ALEX G. RAMIREZ RIVERO
GENERTEK, S.A. DE C.V.

INTRODUCCION.

Las lámparas de vapor de aditivos metálicos (VAM) y las de vapor de sodio en alta presión (VSAP) son las más populares dentro de la familia de lámparas conocidas como de alta intensidad de descarga (HID por sus siglas en inglés). Aunque existen otros tipos de lámparas como la popular de vapor de mercurio en alta presión (VMAP) debido a su baja eficacia y bajo rendimiento de color no la analizaremos en este ocasión.

Al igual que las fluorescentes, las lámparas de HID requieren de un balastro que les suministre los voltajes y corrientes de arranque y operación requeridos para su correcto funcionamiento. Todas las lámparas de HID constan de un "tubo de arco" en el cual se efectúa la descarga eléctrica a muy alta temperatura y presión. Este tubo de arco es relativamente pequeño permitiendo que la lámpara pueda ser considerada como puntual con lo que adicionalmente los luminarios pueden ser compactos y eficientes.

I.- LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS (VAM).

Las lámparas de VAM se desarrollaron en 1965 para iluminación industrial y exterior. En sus casi 30 años de existencia la tecnología ha avanzado a tal grado que actualmente existe un modelo para

casi todas las aplicaciones. Las potencias van desde 32 hasta 1500 watts con diversas formas de bulbos y bases. El circuito eléctrico y las partes principales se pueden apreciar en las figuras de las páginas siguientes.

La mayor parte de las lámparas de VAM requieren de luminarios cerrados para proteger al usuario de una posible ruptura del bulbo, porque aunque no es frecuente, se han tenido casos en que lámparas de VAM han estallado. En su mayoría, este problema se ha presentado con lámparas viejas que han operado ininterrumpidamente durante mucho tiempo, afectando principalmente el desempeño térmico del luminario. Existen sin embargo algunos tipos de lámparas que pueden usarse en luminarios abiertos, empleando gases que funcionan como un aislamiento entre los gases normales en el tubo de descarga y el interior del bulbo. Este tipo de lámpara es especialmente útil para lámparas en posición vertical, porque muchos luminarios empotrados en instalaciones de bahía alta se les da mantenimiento usando pértigas; las lámparas normales de VAM no permiten este tipo de mantenimiento.

La mayor parte de los luminarios abiertos para lámparas de VAM están diseñados para operar las lámparas en

posición universal ó vertical, aunque se reduce la producción de lúmens si se compara con la lámpara estándar equivalente.

Entre los inconvenientes de las lámparas de VAM se encuentran el largo tiempo de estabilización y el mayor tiempo de reencendido. Aún una interrupción momentánea de energía eléctrica puede producir de 10 a 15 minutos de interrupción en el sistema de iluminación, lo cual puede resultar de alto riesgo. Por tal razón, actualmente se encuentran disponibles lámparas de VAM de reencendido inmediato. Debido a el manejo de tensiones de hasta 30000 volts necesarias para reencender la lámpara calientes, el balastro, el socket y todo el conjunto deben tener un diseño y manejo especial. Estas lámparas se fabrican actualmente en potencias grandes, desde 175 hasta 1650 watts.

Una aplicación relativamente reciente y muy interesante se puede lograr con las lámparas reflectoras tipo R y PAR, que aprovechan las ventajas de las lámparas de VAM al mismo tiempo que se tiene un buen control de la luz. Estas lámparas incluyen su propio reflector y se fabrican actualmente en potencias reducidas. Actualmente las lámparas R y PAR de VAM están reemplazando en muchas aplicaciones a las tradicionales e ineficientes incandescentes. La PAR38 es una lámpara especialmente importante porque puede usarse sin la necesidad de un cristal protector. Gracias a esta característica es posible especificarla para rieles, aparadores y aplicaciones comerciales de diverso tipo. El hecho de no requerir la cubierta de cristal facilita también el mantenimiento.

Las lámparas del tipo R sí requieren de cristal protector, pero representan de cualquier forma una alternativa económica para aparadores principalmente. Las de mayores potencias como la PAR56 y la PAR64 sí requieren luminarios cerrados, pero por su forma, tamaño compacto, alta producción de lúmens y alta eficacia son una excelente alternativa, sobre todo en luminarios empotrados, en rieles y en muchos casos de alturas de montaje grandes. Hay que mencionar que la mayor parte de las lámparas de VAM reflectoras viven menos que las lámparas estándar de potencia equivalente.

En las tablas presentadas en este trabajo se resumen las características y los tipos principales de lámparas de VAM.

II.- LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION.

Las lámparas de vapor de sodio en alta presión (VSAP) se introdujeron en el mercado en 1968 para aplicaciones industriales, exteriores y de seguridad, con una gran eficacia. Muy poco tiempo después empezaron a usarse para alumbrado público y hoy en día es la lámpara que domina ampliamente el mercado mundial en esta aplicación. Es actualmente la lámpara de luz policromática más eficaz con un CRI bajo, por lo que sus aplicaciones están en aquellas que no requieran de una alta discriminación de color. El circuito eléctrico y sus componentes principales se muestran en las páginas siguientes.

A diferencia de las lámparas de aditivos metálicos, las de VSAP no tienen

electrodos de arranque. Gracias a los circuitos de arranque electrónicos del balastro, los períodos de calentamiento y reencendido son mucho más cortos que en las lámparas de aditivos metálicos. A diferencia de las de VAM, no necesitan de luminarios cerrados, excepto para prevenir que se acumule la humedad en ellas. Esto las hace especialmente fáciles de usar en diferentes tipos de luminarios. Además, la virtual insensibilidad de las lámparas de VSAP a la posición de operación se traduce en un menor número de tipos de lámpara, comparado con el de aditivos metálicos.

La temperatura de color correlacionada (TCC) de las lámparas de VSAP es muy estable. A pesar de que las lámparas de lujo tienen un CRI relativamente alto para la tecnología del sodio (65), su temperatura de color de 2100-2200 K no es muy diferente a la de las lámparas normales (1900-2100 K). Todas las lámparas de sodio (excepto las de sodio blanco) tiene un color rosa-dorado.

Este tipo de lámparas se fabrican en diferentes potencias. Sus eficacias (70 a 120 lm/W, incluyendo balastro) aumentan conforme crece su potencia. Se espera que pronto se disponga comercialmente de balastros electrónicos para este tipo de lámparas, con lo que se aumentaría aún más la eficacia del sistema.

Algunas lámparas de VSAP se fabrican con dos tubos de descarga, siendo una alternativa razonable para las necesidades de reencendido instantáneo y una larga vida nominal de la lámpara. Debe notarse que el período de calentamiento de la lámpara permanecerá en el momento de la

interrupción de energía eléctrica, sin embargo, la lámpara no tendrá que enfriarse para que el segundo arco entre en operación.

Este tipo de lámparas son especialmente aplicables para alumbrado público y estacionamientos. En condiciones normales de operación, alternan el uso de los dos tubos de descarga. Esto puede duplicar la vida de la lámpara, aunque la vida no ha sido comprobada aún y el valor publicado por los fabricantes no refleja este aumento.

Las lámparas de VSAP se fabrican también en los tipos PAR y R siendo muy útiles para luminarios de uso exterior. Sin embargo, el pobre CRI de estas lámparas limita su uso a iluminación industrial, de seguridad y de iluminación general.

Al igual que las lámparas de VAM, se fabrican lámparas de VSAP de doble contacto. Este tipo de lámparas fue diseñado para aprovechar los luminarios para aditivos metálicos. La lámpara de doble contacto ofrece una producción luminosa comparable a las normales, una vida mayor y un mantenimiento de lumens de mejores características, aunque actualmente todavía no es muy común su uso.

Dentro de la familia de lámparas de VSAP se encuentra el sodio blanco. Estas lámparas tienen una vida nominal y mantenimiento de lúmenes similares a las convencionales de VSAP, pero gracias a la operación con balastros electrónicos especiales ofrecen TCC y CRI que las hacen adecuadas para múltiples aplicaciones en interiores. El rango de TCC es de 2600-2800K, similar al de una incandescente.

Presentan una gran estabilidad en el color a lo largo de su vida, superior al de las lámparas de VAM de TCC similar. Aunque la eficacia es relativamente baja (35-45 l/w), para muchas aplicaciones es el mejor sustituto de las incandescentes. Hay que señalar que la lámpara de sodio blanco es incompatible de fabricante a fabricante, por lo que es recomendable seguir siempre las instrucciones específicas de cada uno en cuanto a instalación, balastro, luminario y control.

Las características de operación de las lámparas de VSAP se muestran en las tablas anexas.

III.- BALASTROS Y DISPOSITIVOS DE ARRANQUE.

Las lámparas de HID requieren de un balastro que regule la corriente en el tubo de descarga y que proporcione una tensión de sostenimiento del arco para que la lámpara no se apague. Las lámparas estándar de VAM de potencias grandes utilizan un electrodo de arranque para iniciar el arco, pero las de potencias menores y todas las de VSAP usan un ignitor que genera un pulso de alto voltaje para el encendido, por lo que no tienen electrodos de arranque.

El ignitor es un circuito electrónico que se alimenta eléctricamente del propio balastro y genera un pulso de ciertas características cuando la lámpara está apagada. Las normas nacionales NMX están en proceso de revisión y consignan los requisitos que deben cumplir tanto los balastros como los ignitores. Estas normas están en buena medida apoyadas en las

normas publicadas por ANSI (American National Standard Institute) y son producto de muchos años de esfuerzo conjunto entre fabricantes, usuarios y especialistas de diversos sectores.

Actualmente ya existen prototipos de balastros electrónicos para lámparas de HID e incluso comercialmente se encuentran disponibles algunas marcas. Los balastros electrónicos para HID difieren en funcionamiento de los balastros electrónicos para lámparas fluorescentes. La función más importante de los primeros consiste en controlar con precisión la potencia en el tubo de arco a lo largo de toda la vida de la lámpara con lo que se prolongan las horas útiles (vida económica) de la misma y se obtiene mayor consistencia en el color, según lo demuestran las pequeñas elipses registradas según el método McAdam para determinar las variaciones permisibles en las coordenadas de cromaticidad. Salvo raras excepciones, la eficacia no se incrementa con el funcionamiento en alta frecuencia, a diferencia de lo ocurrido en sistemas fluorescentes. En vista de lo anterior, el Comité ANSI respectivo se encuentra a punto de empezar a funcionar con el objeto de normalizar todos los parámetros concernientes a este tipo de balastros.

IV . - P R I N C I P A L E S CARACTERISTICAS DE LAS LAMPARAS DE HID.

IV . 1 . - E N C E N D I D O Y ESTABILIZACION.

No es posible encender una lámpara

de HID fría y producir al instante los lúmens nominales. Todas las lámparas de HID emplean una mezcla de gases y metales en el tubo de arco. Cuando la lámpara se energiza, la temperatura y la presión se incrementan gradualmente produciendo un vapor metálico a través del cual se establece la descarga eléctrica. El encendido dura unos cuantos segundos pero el período de calentamiento hasta la estabilización puede durar de 2 a 10 minutos dependiendo del tipo de lámpara, tiempo durante el cual se presentan normalmente diferentes temperaturas de color.

IV.2.- REENCENDIDO.

Como se comentó antes, si la energía se interrumpe aunque sea brevemente las lámparas de HID se extinguen y no reencenderán hasta que se enfríen, pudiendo tardar entre 1 y 15 minutos. El tiempo de reencendido es un parámetro fundamental sobre todo en aplicaciones donde una interrupción del sistema de iluminación cause situaciones de peligro como en el caso de estadios o fábricas.

Actualmente existen lámparas de VAM de reencendido instantáneo que requieren dispositivos electrónicos productores de voltajes extremadamente altos capaces de vencer la alta impedancia del tubo de arco que se presenta con la alta temperatura y presión. También existen lámparas de VSAP que reencienden inmediatamente produciendo aproximadamente 10% de su flujo nominal. Estas lámparas tienen dos tubos de arco y alcanzan su flujo nominal en unos 90 segundos. En los casos en que las

interrupciones de energía no sean frecuentes, no se justifica el uso de lámparas de reencendido instantáneo, resultando una opción confiable y más barata el uso de luminarios de HID que incluyan una lámpara de tungsteno-halógeno como respaldo.

IV.3.- CONTROL DE LA POTENCIA DE LAMPARA (DIMMEO).

Algunos tipos de lámparas de HID pueden ser dimmeadas por medio de balastos especiales y dimmers electrónicos, aunque generalmente se registra una disminución en la eficacia y un corrimiento en la TCC. Por ejemplo, una lámpara de VAM puede ser dimmeada al 40% de su potencia nominal, pero en estas condiciones de operación producirá sólo el 25% de sus lúmens nominales y exhibirá un color con un corrimiento muy marcado. En México se encuentran disponibles algunos tipos de balastos de muy buena calidad que pueden dimmear sistemas de HID.

IV.4.- EFICACIA.

Las lámparas de HID son después de la lámpara de vapor de sodio en baja presión (VSBP) las más eficientes del mercado. La lámpara de sodio blanco (VSBAP) es la de eficacia más baja, produciendo entre 40 y 50 lúmenes por watt (l/w). Las lámparas de VAM van desde 55 l/w para el caso de 70 watts en luminario abierto, hasta 110 l/w que se dan en la lámpara de 1000 watts de alta emisión en posición horizontal. La familia de más alta eficacia es la de las lámparas de VSAP que van desde 65 l/w en la lámpara de 70 watts hasta 125 l/w con la

lámpara estándar de 1000 watts. Los valores mencionados están dados sobre la base de lámparas preenvejecidas a 100 horas e incluyen las pérdidas del balastro.

IV.5.- VIDA.

La vida de las lámparas de HID depende del tipo de lámpara, de su potencia, de la posición de operación, de los períodos de encendido-apagado y de la calidad del suministro eléctrico y tipo de balastro. Para aplicaciones similares las lámparas de HID tienen una vida equivalente a la de las fluorescentes y muchas veces mayor a la de las incandescentes. Varían dentro de un rango muy amplio, desde 3000 horas en la lámparas de VAM de 1500 watts usada en instalaciones deportivas hasta 24000 horas o más en las lámparas normales de VSAP. Cuando se acercan al final de su vida muchas lámparas de HID presentan un corrimiento notable en el color, que puede ser indeseable en algunas aplicaciones. La vida nominal de las lámparas puede encontrarse en los catálogos de los fabricantes, pero debe tomarse en cuenta que el número de horas publicado está dado considerando 10 horas de operación por encendido. Períodos menores pueden disminuir notablemente la vida real.

IV.6.- COLOR.

En los últimos años los fabricantes de lámparas de HID han logrado perfeccionar su tecnología en diversos aspectos, principalmente en lo que a color se refiere. Los nuevos desarrollos han permitido a los diseñadores y especialistas usar lámparas de

HID en un campo de aplicación cada vez más amplio.

En términos de TCC y CRI se puede resumir lo siguiente:

IV.6.a.- Lámparas de Aditivos Metálicos.- La mayor parte de las lámparas de VAM tienen una TCC intermedia ó neutral, con un rango entre 3500-4300K, aunque se tienen recientes desarrollos con apariencia más cálida que operan entre 2700-3200K. El CRI fluctúa generalmente entre 65 y 70, pero existen algunos desarrollos muy recientes que alcanzan valores entre 93 y 96.

IV.6.b.- Lámparas de Vapor de Sodio en Alta Presión. Las lámparas de VSAP presentan típicamente un color rosa-dorado ó champagne con TCC de 1900-2100K con un CRI relativamente pobre de 25, pero cuando el bulbo es fosforado el CRI puede aumentar hasta 65. Para el caso de sodio blanco la TCC es de 2500-2800K con CRI superior a 75. Tanto en el caso de bulbo fosforado como en el de sodio blanco la eficacia es menor que en la lámpara estándar de bulbo claro.

IV.7.- SENSIBILIDAD A LA TEMPERATURA.

Las lámparas de VAM presentan generalmente dificultades en el arranque a temperaturas muy bajas, reduciéndose además su vida cuando se tienen arranques frecuentes a temperatura ambiente inferior a 12° C bajo cero. El sistema con VSAP es menos sensible a las bajas temperaturas y puede arrancar con temperaturas de hasta 30° C bajo cero.

IV.8.- POSICION DE OPERACION.

Muchas de las lámparas de HID están diseñadas para operar en una posición específica, como puede ser horizontal (H), vertical base arriba (BU), vertical base abajo (BD) y vertical base arriba/base abajo (BU/BD). Si las lámparas se operan en posición inadecuada, la vida y los lúmens se reducen notablemente, por lo que los fabricantes generalmente incluyen en sus catálogos la posición de operación correcta. Las lámparas de VSAP son casi siempre de posición universal (U), y aunque son pocos los diseños de VAM de posición universal, su aplicación es muy amplia.

IV.8.a.- POSICION UNIVERSAL.- Aunque las lámparas de VAM de posición universal pueden trabajar en cualquier posición, generalmente en posición vertical presentan mayor vida y lúmens que cuando su tubo de arco sobrepasa los 15° con respecto a la vertical. En este tipo de lámparas la TCC es de 4000-4500K y CRI de 65 en bulbo claro ó 3700-4000K y CRI de 70 en bulbo fosforado. Las versiones recientes se presentan con más diversidad de potencias y con base media en las compactas. Las eficacias típicas fluctúan entre 65 y 100 l/w.

IV.8.b.- POSICION VERTICAL.- Las lámparas para posición vertical pueden ser del tipo BU, BD ó BU/BD. Además de la lámpara estándar bulbo claro (4000-4500K) y de la de bulbo fosforado (3700-4000K), se dispone de lámparas de varias potencias con

temperatura cálida (2700-3200K) en bulbos claros y fosforados. La tendencia actual del mercado es hacia el uso de potencias menores con base media y tamaño compacto. La más pequeña es la de 32 watts y está diseñada específicamente para operar con balastro electrónico. Una ventaja importante de operar en posición vertical es la eficacia. Estas lámparas producen entre 70-100 l/w, o sea 10% más que las lámparas en posición universal. Tienen el inconveniente de reducir su vida y eficacia drásticamente si la posición se modifica.

IV.8.c.- POSICION HORIZONTAL.- Al igual que en el caso de las lámparas en posición vertical, las de posición horizontal tienen un excelente desempeño cuando trabajan en la posición correcta. Las lámparas de alta emisión tienen un tubo arqueado y un alfiler en la base tipo mogul para asegurar la posición correcta. Como su aplicación es principalmente en exteriores la más pequeña disponible es de 175 watts, aunque hay versiones especiales para iluminación deportiva. Se tienen disponibles en los colores más populares (3200K y 3700K en bulbo fosforado y 4100K en bulbo claro). Su eficacia es similar a las de posición vertical (70-110 l/w).

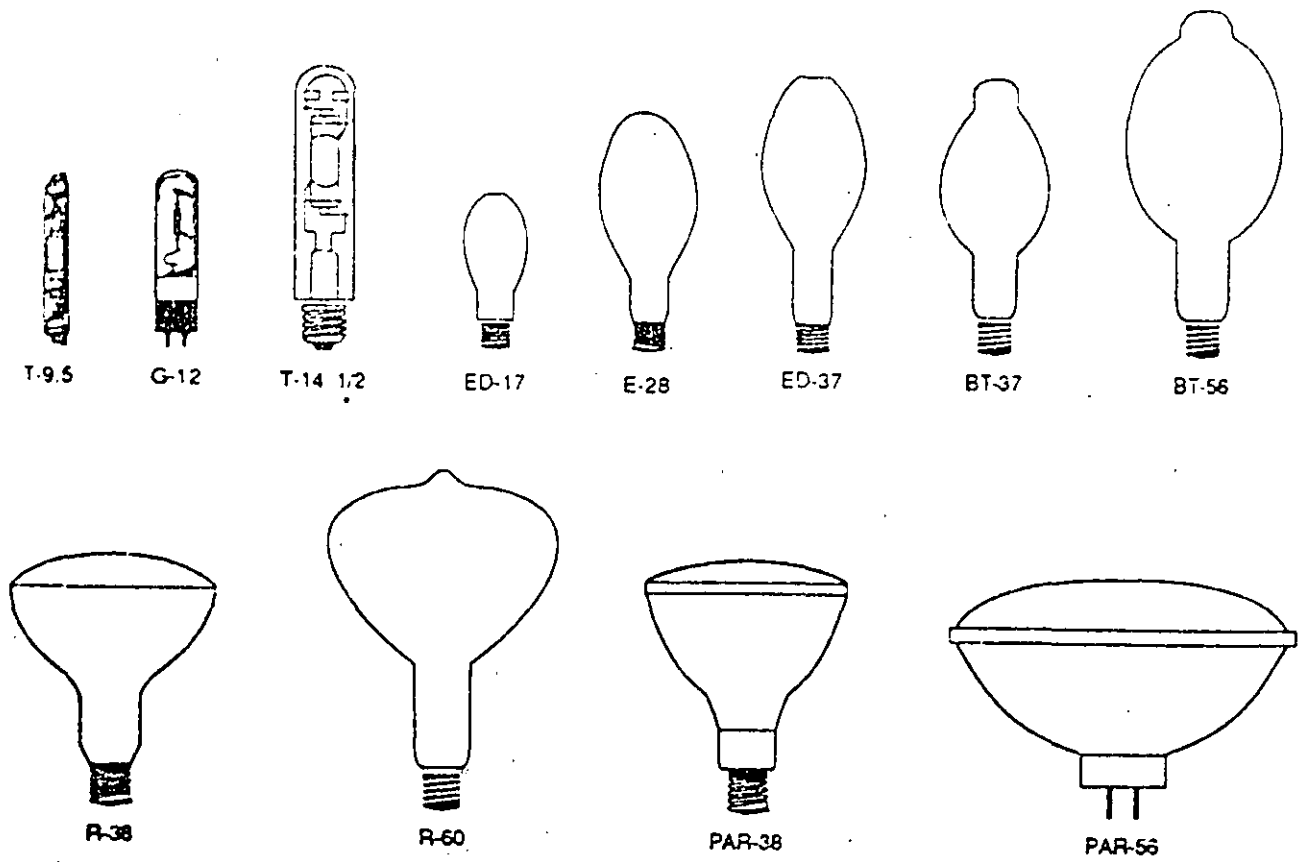
IV.8.d.- POSICION HORIZONTAL DE DOBLE CONTACTO.- Las lámparas de VAM de doble contacto fueron introducidas originalmente con gran éxito en el mercado europeo. Algunos fabricantes utilizan metales de tierras raras, alcanzando CRI de 80 o más, en contraste con el CRI de 65-70 típico. Las de menor CRI son menos susceptibles a las variaciones de tensión que

las de CRI alto, operando con una eficacia entre 65-90 l/w. Las versiones con balastro electrónico de 70 watts producen un color más estable, tienen mayor vida y 75 l/w, o sea 10% más que con balastro electromagnético. Una ventaja adicional es que el tamaño más compacto del conjunto permite hacer luminarios más versátiles y eficientes, pudiéndose instalar inclusive en rieles. Al instalar estas lámparas se debe tener cuidado para que el tubo de arco quede siempre dentro de 45° con respecto a la horizontal.

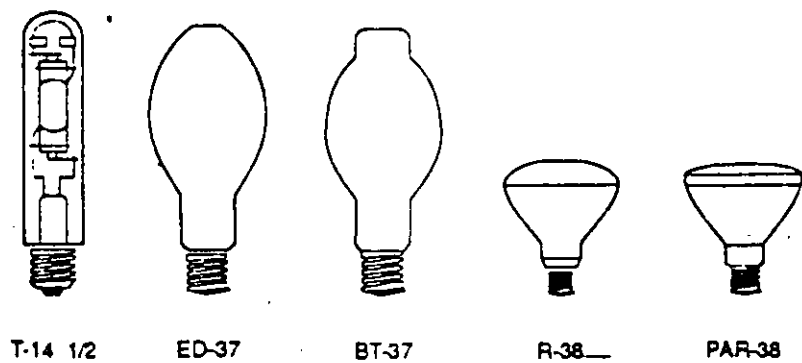
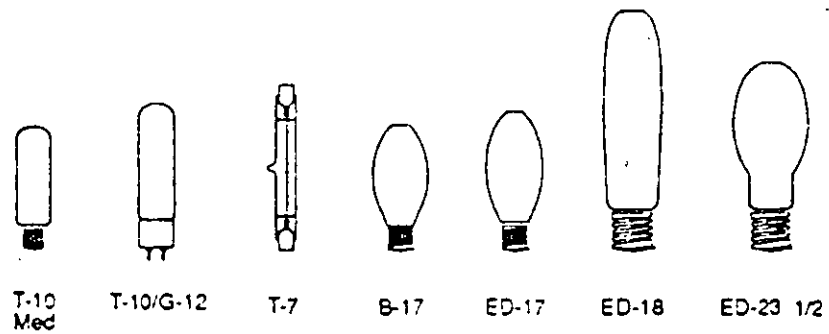
IV.9.- CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS LAMPARAS DE HID.

Las lámparas de HID se encuentran disponibles en una amplia variedad de tamaños, formas y bases. La tecnología moderna vive un proceso de gran dinamismo dado que los fabricantes lanzan constantemente productos con nuevas y mejores características que amplían cada día el campo de aplicación. En las figuras siguientes se aprecian las bases y los bulbos más comunes para cada sistema.

ING. ALEX G. RAMIREZ RIVERO
GENERTEK, S.A. DE C.V.
MAY/95



a) Configuraciones Típicas de Lámparas de Aditivos Metálicos



b) Configuraciones más comunes de Lámparas de Vapor de Sodio en Alta Presión

"CLASIFICACION Y CARACTERISTICAS DE LOS BALASTROS PARA LAMPARAS DE DESCARGA ELECTRICA EN GAS"

ING. ALEX G. RAMIREZ RIVERO.
GENERTEK, S.A. DE C.V.

El diseño, prueba en laboratorio, aplicación y selección de balastros es un tema tan apasionante como complejo. Es tal la cantidad de lámparas de descarga en gas y las distintas posibilidades para satisfacer sus necesidades que el mundo de los balastros se vuelve verdaderamente enorme. En este trabajo se intenta clasificar y analizar las características de operación de los principales tipos de balastros, con el objeto de orientar al usuario para que realice una buena selección de acuerdo con sus propias necesidades y recursos.

INTRODUCCION.

Todas las lámparas que producen luz por medio de un arco eléctrico en un ambiente gaseoso requieren de un dispositivo externo que limite la corriente de operación. Debido a que el tubo de descarga de este tipo de lámparas tiene una impedancia negativa, si esta corriente no se controlara seguiría incrementándose hasta destruir la lámpara. Este dispositivo externo se llama BALASTRO.

De acuerdo con las normas nacionales, un balastro "Es un dispositivo que, por medio de inductancias o resistencias solas ó en combinación, limita la corriente de las lámparas al valor requerido para su operación correcta y también cuando es necesario suministra la tensión y corriente de arranque; en el caso de balastros para lámpara fluorescentes de arranque rápido, también se encarga de suministrar la tensión para calentamiento de cátodos".

Los balastros se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Para lámparas fluorescentes
- b) Para lámparas de alta intensidad de descarga (HID)
- c) Para lámparas de baja intensidad de descarga (LID)

También pueden clasificarse de acuerdo con su factor de potencia. Los hay de factor de potencia bajo ó normal (menor a 0.8), factor de potencia corregido (0.8 a 0.9) y alto factor (mayor de 0.9).

El balastro en general tiene como funciones:

- 1) Proporcionar la tensión ó tensiones de encendido y operación de la lámpara.

- 2) Limitar la corriente de operación de la lámpara.
- 3) Proporcionar la energía necesaria con una mínima distorsión de la corriente.
- 4) Corregir el factor de potencia (en los tipos de factor corregido y alto factor).
- 5) Amortiguar las variaciones de la tensión de línea.
- 6) En algunos tipos reducir la radiointerferencia producida normalmente por el conjunto lámpara-balastro.
- 7) En circuitos de ER proveer un calentamiento continuo a los filamentos de la lámpara.

Aunque los requisitos de encendido y operación de las lámparas de descarga en gas se pueden satisfacer con una infinidad de modalidades, a continuación comentaremos el principio y las características de operación de los tipos de balastos de mayor aplicación.

BALASTROS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

Los sistemas fluorescentes se dividen en tres grandes categorías de acuerdo con su encendido:

a) ENCENDIDO PRECALENTADO (EP).

Por el diseño de este tipo de lámparas, se requiere que sus electrodos sean calentados antes del arranque. En serie con los filamentos y en paralelo con la lámpara debe colocarse un dispositivo arrancador (también conocido como cebador) que puede ser manual o automático. Al energizar el circuito, la corriente pasa a través del balastro, de los filamentos y del arrancador. Durante este período de encendido el balastro únicamente proporciona la corriente necesaria para calentar los cátodos de la lámpara.

Cuando el dispositivo bimetalico con que van dotados estos arrancadores abre el circuito, o cuando se abre por operación manual, automáticamente se provoca que la corriente ya no pase a través del mismo, sino a través de la lámpara, lográndose así el encendido de ésta.

En este encendido se usan tres tipos principales de circuitos:

1) REACTOR SERIE.

Este circuito es utilizado cuando el voltaje de encendido de la lámpara es igual ó menor al voltaje de línea. Debido a la alta inductancia, este circuito es de bajo factor de potencia, pero con un capacitor apropiado se puede hacer la corrección al valor deseado. Debido al costo adicional del capacitor el reactor serie de alto factor de potencia se recomienda cuando el número de lámparas es grande, de modo que pueda afectar al

factor de potencia de toda la instalación (Figura 1).

2) AUTOTRANSFORMADOR DE ALTA REACTANCIA PARA UNA LAMPARA.

Se usa cuando se quieren aprovechar las ventajas de un reactor serie pero la tensión de alimentación al balastro es diferente a la de arranque de la lámpara.

Este circuito es de bajo factor de potencia, pero al igual que en el reactor serie, es posible hacer la corrección mediante un capacitor de valor adecuado (Figura 2).

3) AUTOTRANSFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (ATRAS ADELANTE).

Para este arreglo se combina la primera sección del circuito con reactancia inductiva X_{L1} y la segunda sección con reactancia inductiva X_{L2} conectada en serie con un reactancia capacitiva X_{C1} , predominando esta última. En serie con esta segunda sección se conecta un devanado auxiliar de compensación con X_{L3} para proveer de una corriente mayor en el arranque, lográndose un encendido más satisfactorio y una duración mayor de las lámparas.

Este circuito es de alto factor de potencia y disminuye el efecto estroboscópico (Figura 3).

b) ENCENDIDO INSTANTANEO (EI).

En este sistema de encendido se inicia el arco por medio de la aplicación de un voltaje alto sin que los electrodos hayan sido precalentados. Por esta razón los balastros de encendido instantáneo son de mayor tamaño y aunque tienen la ventaja de no necesitar arrancadores (con lo cual se reduce el mantenimiento) son económicamente recomendables sólo en el caso de usarse para encender dos lámparas, aunque desde luego existen circuitos para una lámpara.

En este encendido se usan tres tipos de circuitos principalmente:

1) AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA.

Se usa cuando se requiere encender una sola lámpara con factor de potencia corregido (Figura 4).

2) ATRAS-ADELANTE (SECUENCIA SERIE).

En este circuito las lámparas encienden siguiendo un orden prefijado. Primero se efectúa el encendido de una de las lámparas aplicando tensión y corriente y una vez que esto se ha llevado a cabo se aplica tensión y corriente a la segunda lámpara (Figura 5).

Los circuitos con lámparas de EI son recomendables para lugares donde hay problemas de variaciones de tensión ó en lugares fríos, ya que las limitaciones de voltajes de encendido no son muy estrechas

y los balastos se diseñan para tener tensiones de circuito abierto (OCV) muy altas.

3) ADELANTADO-ATRASADO (LEAD-LAG).

En este circuito las lámparas operan independientemente una de la otra. Se emplean principalmente en lugares donde la temperatura ambiente es muy baja. Este tipo de balastos son de mayor tamaño y mayor peso en comparación con los de secuencia serie.

c) ENCENDIDO RAPIDO.

En este tipo de balastos se tienen devanados para proveer de calentamiento continuo a los filamentos, por lo que no requieren de arrancador. Las lámparas encienden casi tan rápidamente como las de EI porque además de la tensión aplicada a cada cátodo se aplica una tensión entre cátodos de tal manera que se inicie el arco.

El reflector debe estar aterrizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra que facilite el arranque. Los circuitos más usados para este encendido son:

a) AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA.

El circuito es similar al de encendido precalentado, excepto por la inclusión de dos devanados que suministran un voltaje entre 2.5 y 4 volts para calentar los electrodos. El

OCV es de tal valor que enciende la lámpara sólo cuando los electrodos están calientes. Si se aumentara el valor del OCV para asegurar el encendido, la lámpara arrancaría como si fuera del tipo EI y su vida se acortaría notablemente (figura 6).

b) AUTOTRANSFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (SECUENCIA SERIE).

En este circuito las lámparas encienden una después de la otra. Tiene la ventaja de que con sólo proporcionar un OCV 25% mayor que el requerido para encender una sola lámpara es suficiente para encender las dos (Figura 7).

Los balastos con este circuito tienen factor de potencia corregido, bajas pérdidas, bajo costo y producen menor interferencia debido a que los filamentos siempre están calientes.

Dentro de las desventajas de los circuitos de ER está la dificultad de arranque con frío y humedad, la necesidad de una tierra física para aterizar el reflector, la limitación para instalar los balastos remotos y los falsos contactos en las bases principalmente.

BALASTROS HIBRIDOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

En general se puede decir que los balastos híbridos son aquellos que combinan un conjunto núcleo-bobinas como los mencionados anteriormente, con un dispositivo de estado sólido. Existen dos

tipos principalmente:

1) CON AYUDA DE ARRANQUE.- Son balastos de ER que no proveen calentamiento continuo a los cátodos. El encendido se logra por medio de una tensión transitoria proporcionada por el dispositivo de estado sólido, similar al ignitor para lámparas de VSAP. Con esto se logra reducir la potencia de línea sin disminución apreciable de la emisión luminosa. Se requiere de un cuidadoso diseño para evitar disminuir la vida de las lámparas.

2) CON CORTADOR DE FILAMENTOS.- Son balastos de ER que proveen durante el arranque de un calentamiento normal a los filamentos. Una vez encendida y estabilizada la lámpara el dispositivo de estado sólido reduce gradualmente el calentamiento hasta eliminarlo por completo. Con esto se abate notablemente la potencia de línea sin una disminución apreciable de emisión luminosa ni de vida de lámpara.

BALASTROELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA.

Son fabricados con alta tecnología y mejores materiales que los normales, con el objeto de reducir las pérdidas. Operan a las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos, pero generalmente tienen la ventaja de contar con un termoprotector que evita sobrecalentamientos internos.

Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. (Tablas I y II). Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas de mayor uso y su aplicación es muy recomendable. Por trabajar a temperaturas menores que los normales están garantizados generalmente por 4 años, pero se estima que puedan vivir entre 10 y 12 años. Se encuentran disponibles en el mercado pero debe tenerse la precaución de acoplarse sólo a lámparas compatibles con ellos.

BALASTROS ELECTRONICOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (típicamente de 4 a 6 watts), ayudando a mejorar la eficacia de las lámparas (Tabla I).

Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable. A su vez, los de potencia variable puede tener dos ó tres escalones definidos ó bien los hay que pueden controlar la potencia en pasos discretos, en forma similar al dimmer de una lámpara incandescente.

En combinación con lámparas ahorradoras permiten ahorros de hasta 35% si se comparan con balastos y lámparas normales. El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican ya en

México en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayores que los normales. Algunos modelos importados son muy eficientes y cuestan entre 4 y 5 veces más que los normales.

Se recomienda su uso en lugares con buena ventilación y poca vibración, que dispongan además de una buena tierra. En productos importados se debe verificar que su tensión nominal corresponda a la tensión de suministro en México.

BALASTROS PARA LAMPARAS DE HID.

Estos balastros operan a las lámparas de Vapor de Mercurio en Alta Presión (VMAP), de Vapor de Aditivos Metálicos (VAM) y de Vapor de Sodio en Alta Presión (VSAP), aunque en esta categoría suele incluirse a las lámparas de Vapor de Sodio en Baja Presión (VSBP) que estrictamente pertenecen a las lámparas de Baja Intensidad de Descarga (LID).

Los balastros para lámparas de HID se diseñan y fabrican con una clasificación térmica mayor que la de los balastros fluorescentes (típicamente Clase H ó 180°C aunque los hay también clase C ó 200°C) y con núcleos magnéticos de materiales que soportan densidades típicas de saturación magnética (1.7 a 1.85 Teslas). Además, como su aplicación es predominantemente en exteriores se diseñan para ser más resistentes al medio ambiente.

Se encuentran generalmente en tres presentaciones: desnudo, en caja y en bote.

Los primeros se montan directamente dentro de la carcasa de un luminario usando los orificios que se encuentran en las laminaciones del núcleo ó por medio de los herrajes soldados al propio balastro. Los de tipo caja (similar a los fluorescentes) operan en interiores y están contenidos en un material asfáltico para favorecer la transmisión del calor y para reducir el ruido. Dentro de la caja se aloja el conjunto núcleo-bobinas, el capacitor y en su caso el ignitor. Pueden tener también termoprotector integrado. Los de tipo bote se usan para montaje exterior remoto. Pueden instalarse en la punta o sobre las caras de los postes ó también en la base. Las distancias a las cuales se pueden instalar estos balastros depende del tipo y potencia de la lámpara y del calibre del conductor. Como las lámparas de VSAP requieren de un ignitor que genera un pulso de volate alto pero con poca energía, las distancias son menores que para otros balastros, pero pueden llegar hasta 15 metros. Los fabricantes proporcionan información sobre los calibres y las distancias recomendadas para cada tipo de lámpara de modo que se garantice que la tensión de lámpara no caiga más de 1%.

Otra forma de clasificar a los balastros de HID es de acuerdo con la relación de fase. Cuando la corriente en la lámpara va atrasada con respecto al voltaje, se trata de un balastro atrasado. Cuando en serie con la lámpara está conectado un capacitor la corriente está adelantada con respecto al voltaje y entonces el balastro es adelantado.

Los circuitos más comunes son los siguientes:

- a) Reactor Serie
- b) Autotransformador Alta Reactancia
- c) Autotransformador Autorregulado
- d) Potencia Constante

corriente de arranque es mayor que la corriente nominal, lo que debe tomarse en cuenta para el cálculo de las protecciones. El voltaje de extinción, que es la tensión con la que la lámpara se apaga es muy alto (75% del nominal), lo cual es otra deficiencia que debe considerarse.

1) REACTOR SERIE (R).

Es el tipo más sencillo y consta básicamente de una inductancia (reactancia inductiva) formada por una bobina en un núcleo de hierro con una pequeña interrupción ó entrehierro en la trayectoria magnética (Figura 8). La función del entrehierro es obtener un cierto grado de linealidad, lo que mejora considerablemente la regulación.

Este balastro, también llamado bobina de choke se puede usar únicamente cuando la tensión de línea es mayor que la tensión de encendido de la lámpara. Como el circuito es muy inductivo, el factor de potencia es muy bajo (50%), pero puede corregirse si se conecta en paralelo un capacitor (el precio aumenta 20%). Por su simplicidad de construcción es el balastro más pequeño, más barato, más ligero y más eficiente a tensión nominal. Sin embargo, su regulación deja mucho que desear: $\pm 5\%$ de variación en la tensión de línea provoca $\pm 12\%$ en la potencia de lámpara, lo que repercute en la vida de ésta última y en la potencia de línea y las pérdidas propias del balastro. Esto condiciona su uso a redes con excelente regulación.

El factor de cresta en la corriente de la lámpara es generalmente bajo (1.45 a 1.55), pero tiene el inconveniente de que la

2) AUTOTRANSFORMADOR ALTA REACTANCIA (HX).

Cuando el voltaje de línea es menor que el voltaje de lámpara se utiliza un autotransformador para elevar la tensión de entrada. El autotransformador de alta reactancia consiste de un autotransformador más un reactor serie combinados en una sólo estructura (Figura 9). Aunque el devanado primario y el secundario comparten un cierto número de vueltas, estrictamente se tienen dos bobinas. Las características de operación son similares a las del balastro serie, pudiéndose también corregir el factor de potencia por medio de un capacitor (50% más caro que el reactor serie bajo factor). Tiene además la desventaja de ser más grande y más caro (20% a 30% más que el reactor equivalente) y con mayores pérdidas.

3) AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO (CWA).

El balastro autotransformador autorregulado combina un transformador y una bobina de choke en un sólo núcleo, lo que disminuye el tamaño y costo, aumentando la eficiencia. El circuito magnético está diseñado de modo que sólo parte del flujo magnético del primario enlaza

al secundario; el resto del flujo es derivado de regreso al primario. El núcleo en el lado secundario puede o no tener una restricción magnética que modifique la forma de onda del voltaje inducido en el secundario. Tanto en circuito abierto como en operación los flujos primario y secundario son diferentes. En serie con la lámpara se conecta un capacitor, por lo que el circuito trabaja en adelanto (Figura 10). Controlando la corriente a través del primario en atraso, se obtiene fácilmente un alto factor de potencia.

El contar con una capacitancia en combinación con una inductancia provee al circuito de mejor control sobre la operación de la lámpara. En este circuito, que siempre es de alto factor de potencia, las características en general son mejores que en los circuitos atrasados. Con $\pm 10\%$ de variación en la tensión de línea se obtiene

$\pm 5\%$ en la potencia de lámpara. La corriente de encendido es menor que la corriente nominal y el voltaje de extinción es más bajo que en los circuitos atrasados (60% a 70% del nominal) mientras que las pérdidas son de valor medio si se les compara con otros tipos de circuitos a tensión nominal. El precio es típicamente 50% mayor que el del reactor serie de bajo factor. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 aunque típicamente no rebasa el 1.85.

4) TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (CW).

Tiene el mismo circuito eléctrico que un transformador común, con una bobina

primaria y otra secundaria aisladas eléctricamente entre sí y con respecto al núcleo, lo que se deriva en una condición de seguridad para el usuario. La diferencia con un transformador reside en el núcleo, el cual contiene un fuerte puente magnético entre primario y secundario, que da en principio una distribución de flujo semejante a la de un autotransformador. La bobina secundaria cierra el circuito de la lámpara por medio de un capacitor, por lo que el secundario opera en adelanto (Figura 11).

En circuito abierto, el conjunto se comporta en forma similar a un transformador, con la diferencia de que el voltaje inducido en el secundario es menor que el correspondiente a la relación de vueltas de las bobinas, debido al campo magnético derivado por los puentes magnéticos.

En operación la bobina secundaria trabaja en una condición cercana a la de resonancia y en un punto próximo al nivel de saturación magnética del núcleo (1.7 - 1.85 Teslas). Debido a esto el secundario se convierte en una fuente regulada de amperaje, prácticamente insensible a los cambios de voltaje de la línea de alimentación en un amplio rango: $\pm 13\%$ en la tensión de línea repercute en $\pm 3\%$ de la potencia de lámpara, lo que lo hace idóneo para usarse en redes con regulación pobre.

Por otro lado, la corriente de línea durante el encendido es mucho menor que la nominal, y su voltaje de extinción es tan bajo (50% del nominal) que prácticamente elimina el problema de lámparas apagadas por variaciones severas en la tensión de

línea. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 con pérdidas mayores que en los demás circuitos a tensión nominal, con un costo de unas 3 veces más que el reactor serie de bajo factor.

BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

Los balastos para lámparas de Vapor de Mercurio pueden fabricarse con cualquiera de los circuitos mencionados. En general la tensión de la lámpara es casi constante a lo largo de su vida, pero depende del tipo de balastro que la potencia de la lámpara varíe con la tensión de lámpara.

BALASTROS PARA LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.

Las lámparas de VAM son muy parecidas a las de VMAP. Su tensión y corriente son muy similares para potencias iguales. Sin embargo los aditivos metálicos que contiene la primera presentan, debido a su comportamiento durante la ionización, dos requisitos que deben ser satisfechos por los balastos:

- a) Se requiere de una elevada tensión de circuito abierto (OCV) para que se inicie el arco, a una temperatura determinada.
- b) Durante el ciclo de calentamiento se presenta un período de baja conducción eléctrica en el plasma del tubo de arco, en donde la lámpara requiere de una tensión de reignición en cada medio ciclo que no puede

proporcionar un balastro de VMAP.

De usarse un balastro para VMAP en el momento de presentarse el fenómeno de reignición, la lámpara se apagaría, se enfriaría para reencender nuevamente, y el ciclo se repetiría indefinidamente. Esta condición se agrava conforme la lámpara envejece y aunque el balastro de VMAP sea en ocasiones capaz de encender una lámpara nueva, generalmente se presentan problemas después de unas cuantas horas de operación.

Para evitar estas deficiencias se desarrolló el balastro AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO CON PICO, diseñado específicamente para lámparas de VAM. El circuito de este balastro es idéntico al CWA para VMAP, pero con algunas diferencias en el secundario. Una parte del núcleo que está bajo el devanado secundario tiene uno o más entrehierros que proveen una restricción magnética y una saturación localizada. Estos entrehierros producen un OCV de gran factor de cresta si se le compara con el del OCV de un balastro para mercurio, lo que ayuda al encendido de la lámpara; también provee una tensión de sostenimiento que permite a la lámpara superar el período crítico de la reignición.

Este balastro generalmente provee una buena regulación, que se encuentra entre la del CWA y la del R: $\pm 10\%$ en la tensión de línea provocará $\pm 10\%$ en la potencia de lámpara. El resto de sus características son tan buenas como las del autorregulado: elevado factor de potencia, baja corriente de encendido, y voltaje de extinción bajo (70% del nominal).

Su circuito eléctrico es igual al CWA típico.

BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION.

A diferencia de las lámparas de VMAP y VAM las lámparas de VSAP no pueden alojar en su interior un electrodo de arranque. Por ello, los balastos para lámparas de VSAP cuentan con un circuito electrónico auxiliar que genera pulsos de tensión elevada (2500 - 3500 volts) durante el período de encendido. Este dispositivo llamado IGNITOR es de estado sólido y se polariza a través de uno de los devanados del balastro. Los circuitos disponibles para estas lámparas pueden ser de los 4 tipos mencionados, con algunas variantes:

- a) Circuitos Atrasados.- Como el reactor serie común (Figura 12)
- b) Alta Reactancia.- Equivalente a los tipos mencionados (Figura 13)
- c) Autotransformador Adelantado Regulado.- Es similar a los circuitos para VMAP, pero cuenta con entrehierros especiales para generar una mayor reactancia de dispersión (Figura 14).
- c) Atrasado Regulado.- Es similar en comportamiento al CW para VMAP, PER su circuito es un transformador de tres devanados (Figura 15): el primero sirve para alimentar al balastro, el segundo es un secundario auxiliar que incluye al

capacitor y actúa junto al primario para regular el voltaje del tercer devanado, el cual se conecta en serie con la lámpara funcionando como un choke.

BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESION.

Debido a la baja presión en el tubo de arco las lámparas VSBP requieren necesariamente de un balastro tipo autorregulado. En estas lámparas la potencia se mantiene prácticamente constante, por lo que el balastro debe ser capaz de mantener a la corriente sin variaciones a pesar de los cambios en la tensión de línea. El más usado es el autotransformador alta reactancia con alto factor de potencia (Figura 16). La regulación se mide comparando los valores de corriente contra variaciones de tensión de $\pm 5\%$, medidos en proporción inversa para mantener constante la potencia.

En la Figura 17 se aprecian las características de regulación para los principales tipos de circuitos.

Al igual que en el caso de los balastos fluorescentes, existen balastos de HID de bajas pérdidas. Por ejemplo, un balastro normal para una lámpara de 150 W de VSAP tiene 35 watts de pérdidas. Un balastro ahorrador de la misma potencia consume sólo 22 watts, es decir 38% menos. Tienen además las siguientes ventajas:

- i) Operan a una temperatura

considerablemente menor que los normales.

2) Mantienen la potencia de lámpara en sus rangos nominales.

ALEX G. RAMIREZ RIVERO
GENERTEK, S.A. DE C.V.
MAYO DE 1995



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

ILUMINACION EFICIENTE DE AREAS Y CENTRO COMERCIALES .

FECHA: DEL 22 DE MAYO AL 2 DE JUNIO 1995.

CRITERIOS BASICOS PARA LA ILUMINACION COMERCIAL

ING. CARLOS GARCIA ROMERO

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

LOS ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES ENCIERRAN UNA VARIEDAD DE FAREUS VISUALES A ILUMINAR

- PASILLOS DE CIRCULACIÓN
- EXHIBICIÓN DE MERCANCÍAS
- OFICINAS
- ALMACÉN
- CAFETERÍAS
- ESTACIONAMIENTO
- FACHADAS

LA ILUMINACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES JUEGA UN PAPEL MUY IMPORTANTE EN LOS OBJETIVOS DE VENTA. UN POBRE SISTEMA DE ILUMINACIÓN QUE NO PROVEA LA SUFICIENTE ILUMINACIÓN REDUNDARÁ EN PÉRDIDA DE VENTAS MIENTRAS QUE UN SISTEMA QUE PROPORCIONE ADECUADA ILUMINACIÓN AUMENTARÁ LAS VENTAS Y UTILIDADES.

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

OBJETIVO

EL OBJETIVO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN COMERCIAL ES ATRAER AL CLIENTE PARA INICIAR, FACILITAR Y COMPLETAR LA VENTA DE MERCANCÍAS.

ADEMÁS ES HACER QUE EL ESTABLECIMIENTO SEA LO MÁS SUGESTIVO POSIBLE PARA LOS CLIENTES Y DE FACILITAR LA ORIENTACIÓN EN EL INTERIOR LA ILUMINACIÓN DEBE SATISFACER LAS SIGUIENTES EXIGENCIAS:

ILUMINACIÓN:

- PARA ATRAER LA ATENCIÓN
- PARA CREAR INTERÉS Y AMBIENTE
- PARA GUIAR VISUALMENTE AL CLIENTE
- PARA EVALUAR
- PARA COMPLETAR LA VENTA

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

ILUMINACION PARA ATRAER LA ATENCIÓN

EL PRIMER PASO EN EL PROCESO DE VENTA ES ATRAER AL CLIENTE AL ESTABLECIMIENTO Y A LA MERCANCÍA.

EL ESTABLECIMIENTO DEBE SOBRESALIR SOBRE EL FONDO DE UNA MULTIPLICIDAD DE INFORMACIÓN VISUAL SEA EN UNA CALLE O EN UN CENTRO COMERCIAL, EL ESCAPARATE Y EL INTERIOR DEBEN ESTAR ILUMINADOS DE FORMA QUE PROYECTEN UNA PERSONALIDAD EN RELACIÓN CON LA COMPETENCIA.

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

ILUMINACION PARA CREAR INTERES Y AMBIENTE

LA EXPOSICIÓN EL ESCAPARATE HA DE ESTAR ILUMINADA DE FORMA QUE LOS CLIENTES SE INTERESEN POR LO QUE VEN Y DESEANDO VER MÁS ENTREN AL LOCAL.

EL AMBIENTE GENERAL DE LA ZONA DE VENTAS Y LA FORMA EN QUE SE PRESENTA LA MERCANCÍA RESALTADA POR LA ILUMINACIÓN DEBERÁ EJERCER UNA INFLUENCIA POSITIVA SOBRE EL COMPORTAMIENTO DEL COMPRADOR POTENCIAL, NO SE APRECIARÁ LA VERDADERA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS MAL ILUMINADOS.

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

ILUMINACIÓN PARA GUIAR VISUALMENTE AL CLIENTE

LA ILUMINACIÓN DEBE AYUDAR A GUIAR AL COMPRADOR.

ILUMINACIÓN PARA EVALUAR

SE REQUIERE DE ILUMINACIÓN ADECUADA EN CALIDAD Y CANTIDAD PARA REVELAR, RESALTAR LAS CARACTERÍSTICAS, LOS DETALLES, LOS COLORES Y LA NATURALEZA DE LOS PRODUCTOS.

ILUMINACIÓN PARA COMPLETAR LA VENTA

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

3.- REGLAMENTACIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 CLASIFICACION DE AREAS COMERCIALES

Para propósito del desarrollo del diseño básico de iluminación los establecimientos comerciales pueden dividirse en tres amplias categorías basadas en el volumen de tránsito de clientes:

- ACTIVIDAD ALTA
- ACTIVIDAD MEDIA
- ACTIVIDAD BAJA

Cada categoría tiene características que las distinguen de las otras categorías

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

ACTIVIDAD ALTA

Mercancía exhibida en gran volumen

Rápidamente reconocible

Tiempo de evaluación corto

Mínima asistencia de vendedores

Punto de venta centralizado

En esta categoría se incluyen primordialmente tiendas de autoservicio, supermercados, tiendas departamentales de descuento, farmacias, autopartes, ferreterías de autoservicio.

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

ACTIVIDAD MEDIA

Mercancía es familiar pero el cliente puede requerir de tiempo o ayuda para evaluar la calidad, el uso y la decisión de compra, algunos vendedores y ayuda al cliente

Precios ligeramente más altos

Enfasis en la decoración para crear ambiente confortable y placentero

Usualmente una combinación de autoservicio y asistencia de ventas

En esta categoría se incluyen Tiendas Departamentales y de especialidades como Deportes

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

ACTIVIDAD BAJA

Establecimientos comerciales de baja actividad generalmente son atendidos por vendedores

Mercancía exclusiva y alta calidad, altos precios

Tiendas de bajo volumen de clientes, de alto poder adquisitivo

Lugares con énfasis en crear ambiente exclusivo

Punto de venta es generalmente el vendedor

Ejemplos típicos: Joyería fina, muebles finos, boutiques modas de firmas exclusivas, galerías, pieles.

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

3.2 NIVELES DE ILUMINANCIA

El cuidado que se preste a la selección del nivel de iluminancia tendrá una influencia importante en el volumen de ventas y disminución de reclamaciones y devoluciones

Cuando se trate solo de iluminación general deberán respetarse los valores máximos, si existe iluminación de acento deberán utilizarse valores más bajos

**RECOMENDACIONES DE NIVELES DE ILUMINACION PARA
ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES ***

AREA O TAREA	DESCRIPCION	TIPO DE ACTIVIDAD AREA	ILUMINANCIA LUX
CIRCULACION	AREA NO UTILIZADA PARA EXHIBICIONES O APRECIACION DE MERCANCIAS O PUNTOS DE VENTA	ALTA MEDIA BAJA	300 200 100
GENERAL DE VENTA (INCLUYE VITRINAS Y EXHIBICION DE PARED)	EL AREA GENERAL HORIZONTAL O VERTICAL DONDE LA MERCANCIA SE EXHIBE Y SE ENCUENTRA ACCESIBLE PARA EL EXAMEN DEL COMPRADOR	ALTA MEDIA BAJA	1,000 750 300
EXHIBICIONES ESPECIFICAS CON ILUMINACION DE ACENTO	SIMPLE PARTE O PARTES QUE QUE REQUIEREN ALTA ILUMINACION PARA IMPACTAR VISUALMENTE Y SOBRESALIR DEL ENTORNO	ALTA MEDIA BAJA	5,000 3,000 1,500
ESCAPARATES LUZ DE DIA GENERAL ACENTO LUZ ARTIFICIAL	AREAS DE COMERCIOS IMPORTANTES ALTAMENTE COMPETITIVOS		2,000 10,000
GENERAL ACENTO			2,000 10,000
GENERAL ACENTO	AREAS DE COMERCIOS SECUNDARIAS O PEQUEÑAS CIUDADES		1,000 5,000
AREAS DE CAJAS REGISTRADORAS (PUNTOS DE VENTA)	AREAS UTILIZADAS POR LOS EMPLEADOS PARA VERIFICACION DE PRECIOS, ELABORACION DE NOTAS Y COBRO DEL IMPORTE DE VENTA, LECTURA DE COPIAS, ESCRITURA, IMPRIMIR O PROCESAMIENTO ELECTRONICO DE INFORMACION		CONSULTAR HANDBOOK IESNA
SERVICIOS DE APOYO	AREAS DE ALMACEN DE MERCANCIAS DE EMPAQUE, ENVOLTURA, ECT.		

* RECOMENDACIONES DE ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA

1 Valor recomendado, Iluminación general

Valoración	Iluminancia (lux)	Campo de aplicación
Muy baja	Inferior a 150	Boutiques
Baja	150 - 300	Comercios selectos
Media	300 - 500	La mayoría de las tiendas
Alta	Superior a 750	Supermercados, tiendas de descuento
Muy alta	3.000 - 30.000	Condiciones de luz natural en escaparates y zonas de venta

2 Reproducción y tonalidad de los colores

Reproducción de colores	Tonalidad y temperatura de los colores			
	Blanco extracálido 2500-2900 K	Blanco cálido 2900-3300 K	Blanco neutro 3300-5000 K	Blanco frío Sup. 5000 K
R _a 90-100 Excelente	TLD82 Lámpara halógena incandescente	TLD93 Lámpara halógena incandescente	TLD94	TLD95
R _a 80-90 Buena	SL PL82 PLC TLD82 SDW/T	PL83 TLD83	PL84 TLD84 MHN-TD QL	
R _a 70-80 Razonable	-	MHW-TD	-	TLD54
R _a 50-70 Moderada	-	TLD29	TLD33	-

* FUENTE: REVISTA INTERNACIONAL DE LUMINOTECNIA
PHILIPS LIGHTING

ILUMINACION DE ESTABLECIMIENTOS COMERCIALES

3.3 DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA

La densidad de potencia eléctrica (W/m^2) utilizada en la iluminación de establecimientos comerciales esta reglamentada por la Norma Oficial Mexicana NOM-000-1994 y cuyo campo de aplicación comprende los sistemas de alumbrado interior y exterior para uso general en los edificios nuevos cuya carga conectada sea mayor de 20 KW, así como también para ampliación de los edificios ya existentes.

TABLA 1. Valores máximos permisibles de densidad de potencia eléctrica para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

TIPO DE EDIFICIO	DENSIDAD DE POTENCIA ELECTRICA (W/m ²)	
	ALUMBRADO INTERIOR	ALUMBRADO EXTERIOR
Oficinas	16.0	1.8
Escuelas	16.0	1.8
Hospitales	14.5	1.8
Hoteles	18.0	1.8
Restaurantes	15.0	1.8
Comercios	19.0	1.8
Bodegas o áreas de almacenamiento.*	8.0	
Estacionamientos interiores.*	2.0	

* Sólo áreas que formen parte de los edificios cubiertos por esta Norma.

Con el propósito de promover la utilización de equipos y sistemas de control de alumbrado como una alternativa que propicie el uso eficiente de la energía en sistemas de alumbrado, se establecen las bonificaciones de potencia con base en los factores indicados en la Tabla 2 aplicables a los diferentes equipos de control más comúnmente utilizados en nuestro país. Estas bonificaciones de potencia influirán en el cálculo de la carga conectada para la determinación de la DPEA de acuerdo con el Método de Cálculo indicado en el Capítulo 7.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS ABIERTOS

ILUMINACION EFICIENTE DE AREAS Y CENTROS
COMERCIALES.

TEMA: CONTROL DE ILUMINACION

ING. CARLOS G. MENDOZA R.

CONTROL DE ILUMINACION

Las necesidades de conservación y ahorro de energía tanto a nivel mundial como nacional, hoy en día han tomado una importancia de primer orden. Por lo que una cantidad considerable de empresas, han desarrollado y mejorado en los últimos años los sistemas de servicio que necesitan las instalaciones ya sea a nivel industrial, comercial, educacional, hospitalario, etc. para satisfacer las necesidades de ahorro de energía.

En la actualidad se viene manejando el concepto de control digital directo (DDC por sus siglas en inglés), y es aquel que se ha diseñado para aprovechar el uso de la energía en cualquiera de sus formas ya sea térmica, luminica, etc. a un costo bajo y un rendimiento mayor.

La iluminación es uno de los aspectos de mayor consumo energético en todas las instalaciones y con los sistemas de control digital directo se permite en encendido y apagado de la iluminación automáticamente en base a los programas de uso de las diferentes áreas o en función de los niveles de iluminación adecuados a la utilización del área en cuestión.

CRITERIOS BASICOS DE DISEÑO PARA EL CONTROL DE ILUMINACION

El sistema de iluminación tiene como característica de diseño el proporcionar el nivel de iluminación requerido dependiendo del espacio a un costo bajo. El objetivo es proveer o mantener la calidad de luz y reducir aún más su energía de consumo por cargas luminicas.

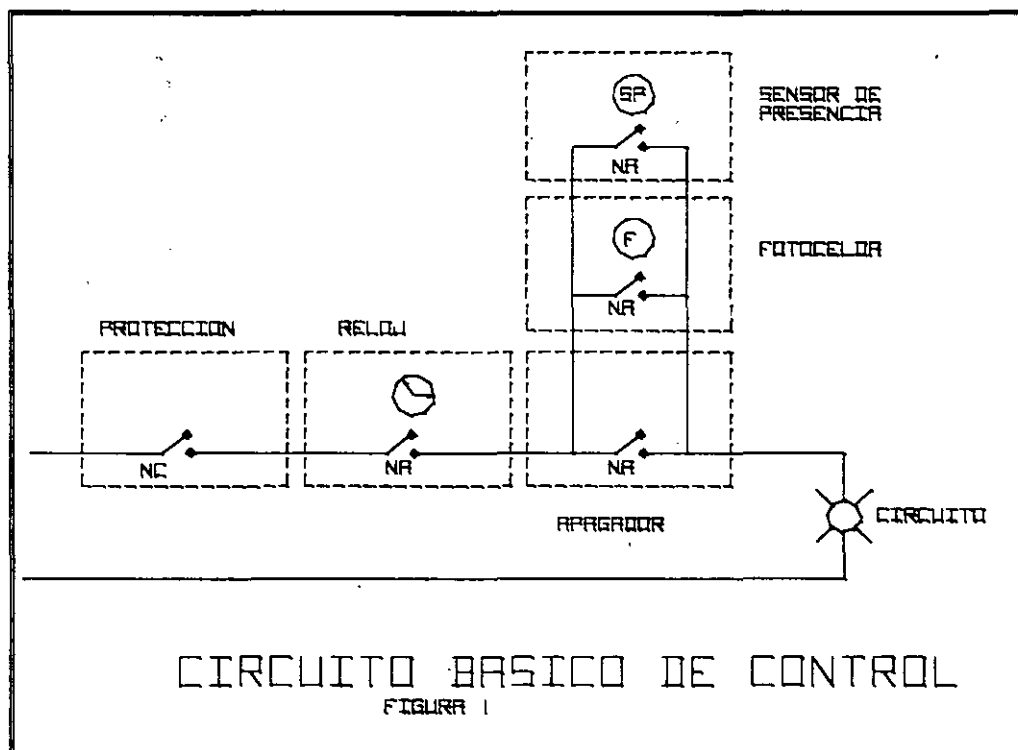
El análisis es:

- a) Calidad de la iluminación
- b) Intensidad y cantidad de la iluminación
- c) Iluminación directa
- d) Iluminación directa o difusa
- e) Fuentes de iluminación
- f) Procedimiento de mantenimiento
- g) Re-proyección del sistema de iluminación
- h) Reemplazo y modificación de instalaciones
- i) Sistemas de control (Programación)

PROGRAMACION DE ENCENDIDO Y APAGADO DE ACUERDO A LA UTILIZACION

Control de iluminación.

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



El sistema deberá incorporar los programas necesarios para la conexión y desconexión del sistema de alumbrado.

Los programas diferenciarán el tratamiento a dar al alumbrado de las zonas internas y al de las zonas periféricas.

Alumbrado de zonas internas. El tratamiento de las zonas internas del edificio es similar al de los programas de arranque-paro a horario fijo en función del horario de ocupación del edificio.

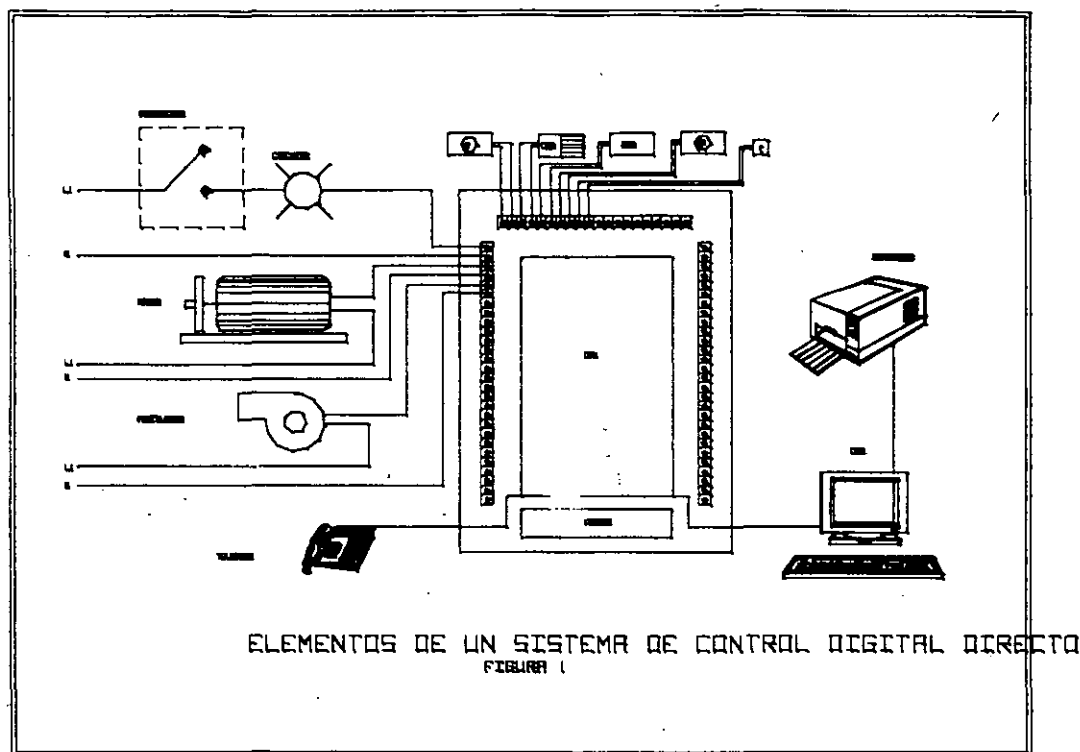
Alumbrado de zonas externas. El programa que la conexión y desconexión del alumbrado de las zonas periféricas del edificio, deberá tener en cuenta no solo el tiempo de ocupación sino, que es función del nivel lumínico existente en cada zona, detectado por celdas fotoeléctricas con dispositivos de retardo incorporado que indicarán al ordenador el momento de iniciar los programas de conexión-desconexión adecuados.

Encendido y apagado programado.

Al igual que la iluminación, no todos los equipos en una instalación deberán estar trabajando las 24 hrs del día, de manera que el sistema de DDC para el manejo de instalaciones puede encender y apagar automáticamente los equipos de acuerdo al programa de utilización de estos.

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS PROGRAMADORES

El control inteligente de iluminación es un controlador de aplicación programable que ejecuta control ON/OFF en circuitos eléctricos y otro tipo de cargas como manejadoras, extractores, ventiladores auxiliares, etc., para edificios de oficinas, habitaciones, plantas industriales, centro de control de motores, etc.



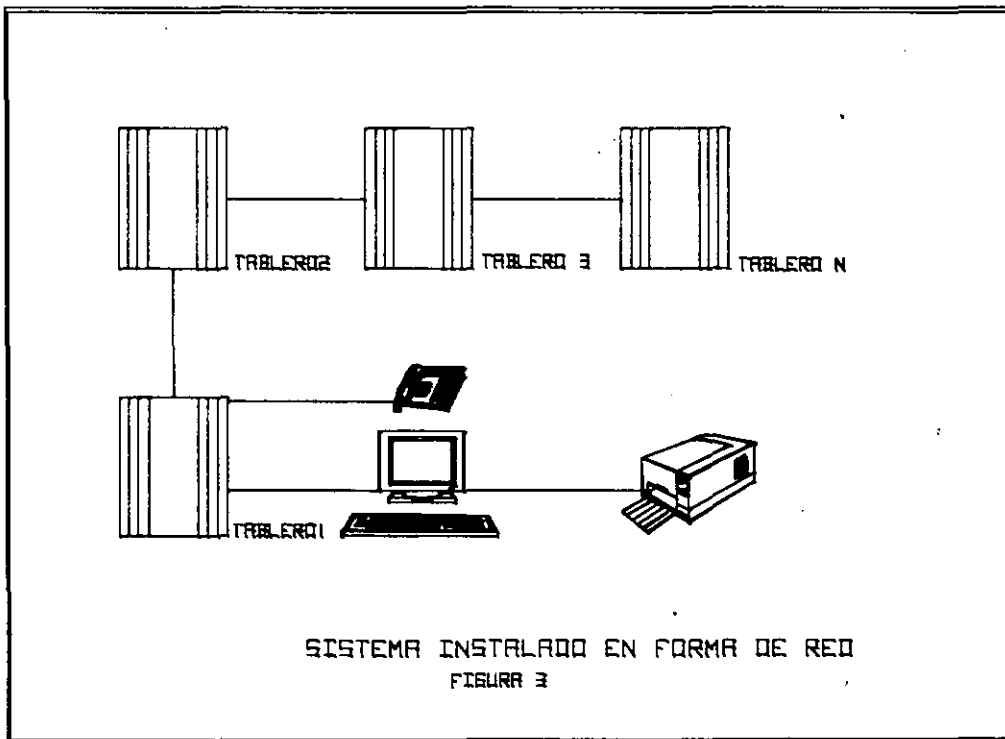
Con el fin de controlar correcta y eficazmente una carga de iluminación en un edificio un sistema deberá ser capaz de lo siguiente:

- Abastecer un control ON/OFF de las cargas de iluminación de cuando menos 20 Amp. a 220 VCA.
- Ser capaz de controlar un número relativamente grande de cargas.
- Ser capaz de agrupar cargas individuales en grupos definidos de control por usuario o zonas las cuales puedan incluir cargas comunes a más de un grupo.
- Aceptar un gran número de entradas para anular de forma inmediata la operación automática y recuperar la iluminación en el área deseada.

El sistema también debe tener la capacidad de:

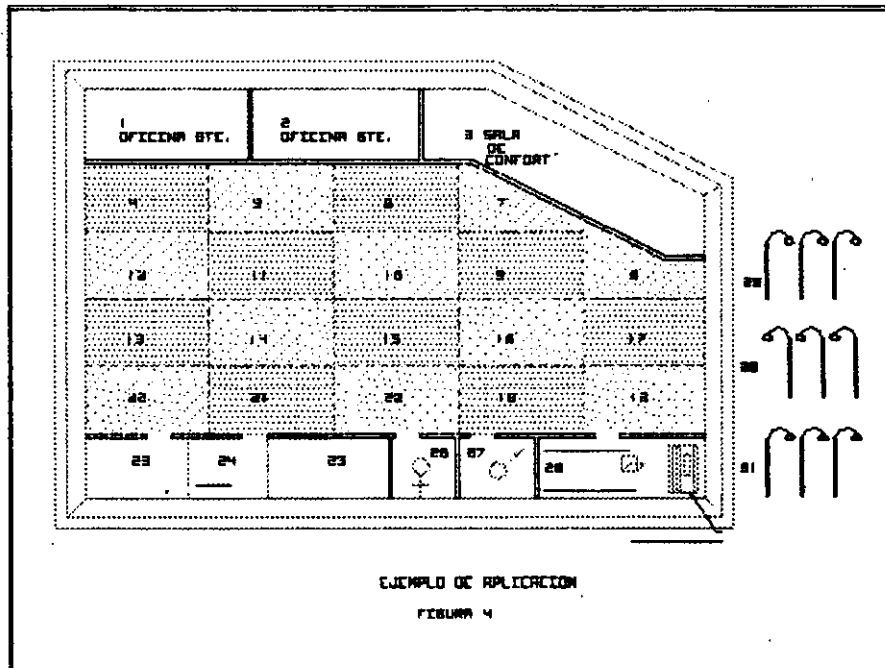
- Permitir al usuario re-definir o reconfigurar los grupos de control facil mente.
- Monitorear el uso de las cargas controladas.
- Utilizar comandos por medio de un tono telefónico digital como una opción de mecanismo de recuperación (override) en sobre comando del mecanismo de interruptor del circuito de alambrado.

El controlador puede operar en forma independiente (standalone) o integrado al Sistema Central, estos controladores operan con un máximo de 40 relevadores programados independientemente en función del tiempo, formando grupos hasta un máximo de 32 grupos. El usuario puede interrumpir las funciones por medio de comandos telefónicos, interruptores de pared, fotoceldas, sensores de movimiento, etc Cuando se usa integrado con el Sistema Central, el usuario puede interrumpir la programación a través de la estación manual de la red, o conectando a través de CRT. (Terminal).



APLICACION

A continuación se ilustra un ejemplo de una planta que utiliza 40 relevadores de un panel maestro, los cuales están definidos en 31 grupos, incluye entre ellos tres grupos de iluminación de alta intensidad para el estacionamiento. Ver figura 4.



Los grupos han sido programados para ser encendidos a la 7:00 A.M. y ser apagados a las 5:30 P.M. En la programación también ha sido tomado en cuenta la sección cafetería, esta sección se encenderá por medio de un sensor de movimiento y dar servicio el tiempo suficiente a los trabajadores.

Supongamos que son las 9:30 P.M., en una de las oficinas del gerente se ha usado un interruptor de pared, para interrumpir la programación y en la sección 16 se ha usado un comando telefónico. El personal de limpieza esta trabajando en los grupos 13 y 22, cuando el personal termine sus labores en los grupos 13 y 22 el controlador apagará la iluminación y encenderá los grupos que serán limpiados.

Los grupos de estacionamiento se encienden por medio de fotoceldas, estos serán apagados a las 9:00 P.M. excepto el grupo 31 será apagado a la media noche, previniendo que alguien se quede a trabajar tarde, si es necesario, un empleado puede usar el comando telefónico para dejar más tiempo encendida la iluminación del estacionamiento.

MEDIOS DE CONSUMO DE ENERGIA POR CARGA

Diagnosticar antes de recetar. Así como el médico se le visita para saber su opinión acerca de nuestros padecimientos, antes que nos recete precipitadamente para curarnos, al especialista en iluminación debe consultarse para que dictamine cuál es la situación del inmueble, cual es la situación lumínica, cuales son las condiciones de sus circuitos, que cambios podrán hacerse sin estar por ellos obligado a hacer una fuerte inversión.

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

Como es sabido por todos, un estudio de prefactibilidad determina desde el punto de vista técnico y económico que posibilidades tiene un proyecto de ser reañizado, en el caso de los controles de iluminación horario en función al uso y arranque y paro programado de equipos el ahorro de energía eléctrica oscila entre el 40 y el 60%, por lo que el período de recuperación debe ser no mayor a los cuatro años y la vida útil de los equipos debe ser como mínimo de 10 años.

A continuación se anexán cinco tablas básicas con los elementos necesarios para realizar una evaluación del sistema de iluminación y cargas eléctricas factibles de controlar realizando la comparación en su forma actual Vs. sistema propuesto (con control horario, fotoceldas, sensores de presencia, etc.) y determinando los ahorros energéticos y comparandolos contra la inversión.

TECNOCONTROL Y SISTEMAS, S.A. DE C.V.

CONSUMO ANUAL DE ENERGIA EN KILOWATTS.

ANO	CUOTA FIJA	CUOTA VARIABLE	IMPORTE
ENERO			
FEBRERO			
MARZO			
ABRIL			
MAYO			
JUNIO			
JULIO			
AGOSTO			
SEPTIEMBRE			
OCTUBRE			
NOVIEMBRE			
DICIEMBRE			
TOTAL ANUAL			

**ANALIAIS ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO
CON RESPECTO AL SISTEMA ACTUAL**

SISTEMA	CONSUMO DE ENERGIA	DEMANDA DE ENERGIA	PAGO DE ENERGIA
ACTUAL			
PROPUESTO			
AHORRO			

TIEMPO DE RECUPERACION: _____

COSTO DE LA INVERSION: _____

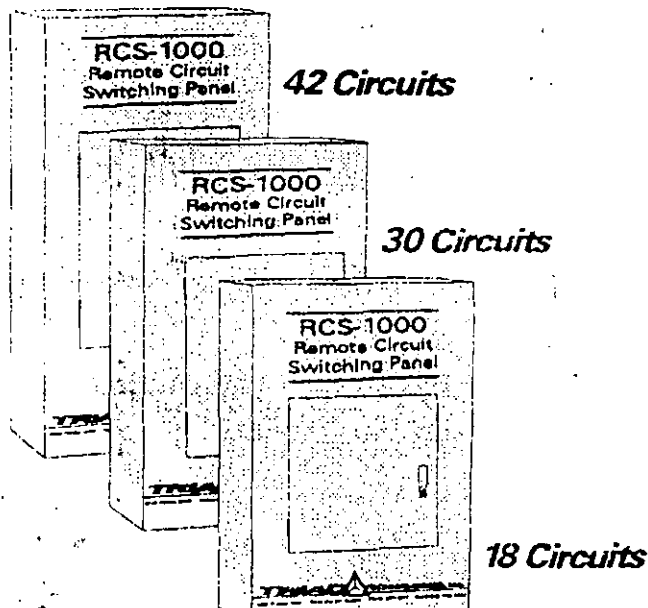
AHORRO A UN AÑO: _____

VIDA UTIL DEL EQUIPO: _____

AHORRO A UN AÑO: _____

Tecnocontrol y Sistemas S.A. de C.V.

Lighting Control Products Remote Circuit Switching System



Triad RCS-1000 Features & Benefits

- UL Listed, FCC Approved
- Panel Sizes up to 42 Circuits
- Designed for Retrofit Applications
- Ideal for New Construction
- Up to 120 Switch Inputs Per Panel
- RS-485 Network Option
- Programmable Flash Warning
- Programmable On-Time After Warning
- Manual Override Standard
- Control up to 60 Circuits
- Modular Design for Easy Expansion
- Status Controls on Each Circuit Breaker

Overview

Triad's RCS-1000 Remote Circuit Switching System is UL listed and provides over current protection and the capability to switch up to 277VAC, 20 amp loads all in a single circuit breaker panel. In the past, remote control of circuits required installing a separate circuit breaker panel for the over current protection and a separate relay panel for remote switching of circuits from a building automation control system or time clock.

The RCS-1000 keeps retrofit and new construction costs to a minimum by combining remote switching and over current protection in one panel board unit.

Each RCS-1000 remote control circuit breaker provides auxiliary status contacts for position monitoring. The circuit breaker status is checked by the RCS-1000 Controller to assure proper output position (on/off). The circuit breaker is housed in a compact molded case that is ideal for retrofit of existing panelboards.

The RCS-1000 retrofit version installs in existing circuit breaker panels eliminating the need to install a separate relay panel. The total installed cost is min-

imited by eliminating additional high voltage wiring. The electrical contractor simply disconnects the main feeders and branch circuits in the existing panelboard, removes the existing interior, installs the RCS-1000 interior, reconnects the existing branch circuits, main feeder and connects the RCS-1000 controller. Installing a relay panel requires splicing all the circuit breaker panel branch circuits in a wire trough (National Electric Code does not allow splicing of wires within a circuit breaker panel). Then the spliced circuits connect to the relay panel, requiring a considerable amount of wiring and labor. The RCS-1000 eliminates the need for a separate relay panel. The RCS-1000 remote control circuits can be mixed with Westinghouse "GHB" style non remote control circuit breakers in the same interior.

The new construction version of the RCS-1000 is a complete unit that replaces a typical circuit breaker panel eliminating the need to install a separate relay panel for remote control of circuits.

Triad's RCS-1000 "open" protocol provides the capability to communicate with multiple RCS-1000's over a twisted pair of wires. The RCS-1000

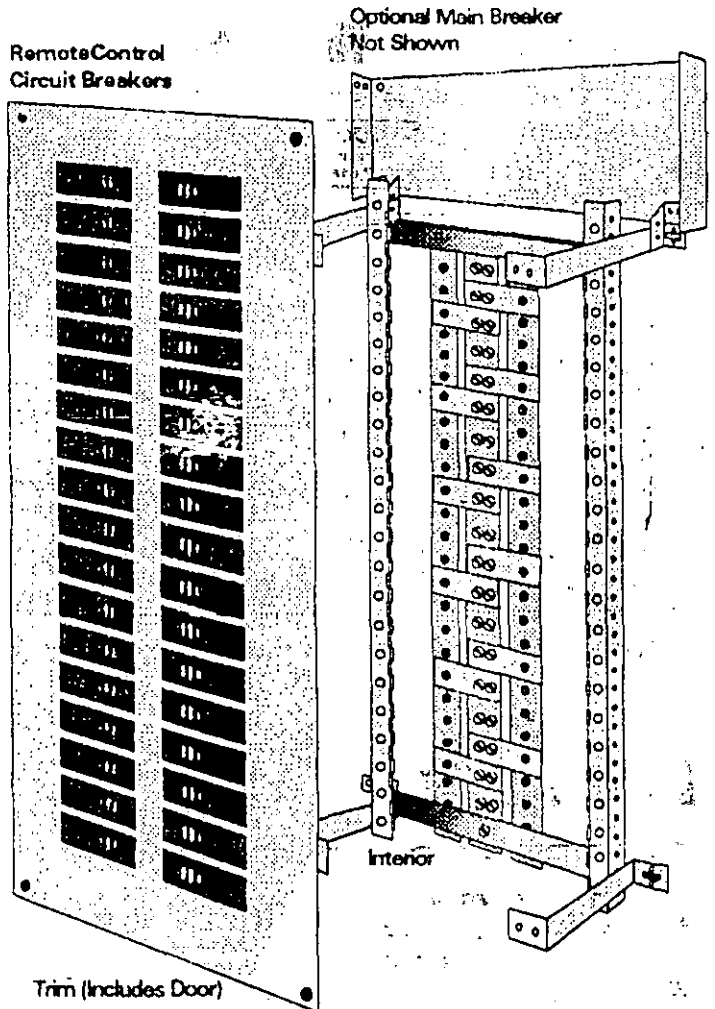
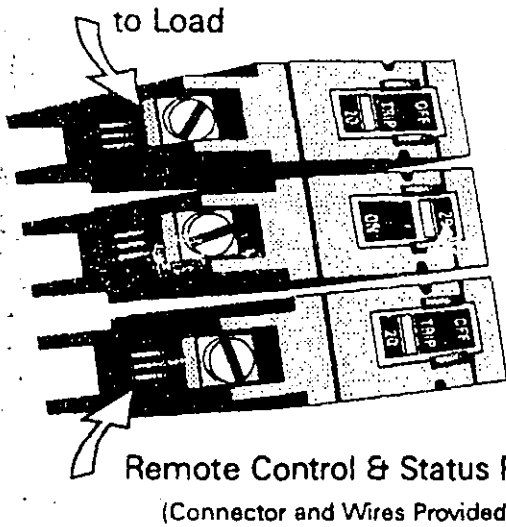
protocol is available to any building automation or control system manufacturer that desires to network the RCS-1000 with their system. This protocol is utilized with Triad's LP-2500 and LP-2800 Lighting Control Panels, too. This network capability reduces the cost of automating lighting control by networking into building automation or HVAC control systems.

Remote lighting switches within a building can connect directly to the RCS-1000. These switch inputs can control any or all of the circuits within the RCS-1000. Each switch input can be programmed for either momentary on, momentary off, momentary on/off or maintained contacts. Each input can have a timer assigned to it so the circuit will automatically be turned off by the RCS-1000 after the time has expired.

RCS-1000 parameters are set-up via Triad's RCS-PK Programmers Kit. This is a Windows based program that provides the capability to program, store to diskette, run diagnostics and read the parameters of a RCS-1000 from a laptop or PC.

RCS-1000 Retrofit Version

Typical 3 RCS-1000 Circuit Breakers



Design Features

MANUAL OVERRIDE This feature provides the capability to manually override any of the units circuits. This feature is ideal for the testing of the panel during installation or if the device controlling the panel fails.

EPROM AND EEPROM DIAGNOSTIC This feature verifies integrity of the units EPROM (Electrically Programmable Read Only Memory) and EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory).

CONSTRUCTION MATERIALS The units enclosure is constructed of 16 gauge steel coated with polyurethane enamel with textured hinged door and cylinder lock. Standoffs are provided for the factory mounted microprocessor module and circuit

interface board. The circuit interface board connects each remote control circuit breaker to the microprocessor via 600 volt insulated control cables. Each circuit breaker is rated for 227V, 20 Amperes. The interior bus bar is constructed of copper for increased performance and longevity. The interior can be ordered with or without a main breaker.

All assembly and testing of these components is completed at Triad prior to shipment. No assembly of the unit is required in the field other than typical installation of inputs, outputs and power.

PRODUCT CERTIFICATION AND TESTING The unit is Listed by Underwriters Laboratories, Inc. (UL) and approved by FCC. In addition Triad performs burn in testing of the unit. This test includes

minimum of a 24 hour period where all of the circuits in the panelboard are cycled continuously. After the burn-in period the unit is re-checked and any faulty components replaced. This minimizes component failures in the field and assures a higher quality product.

SERIAL COMMUNICATION An advanced option of the unit is its capability to be addressed via an optional two or five wire RS-485 serial communication network. This eliminates the need for dedicated outputs from a building automation or control system to drive each zone. Triad's RCS-1000 "open" protocol is available to the public. Triad can assist in protocol converter development.

Tecnocontrol y Sistemas S.A. de C.V.

Design Features

MICROPROCESSOR-BASED DESIGN The heart of the RCS-1000 controller is a Microprocessor (CPU) module which provides hardware for up to 24 switch inputs (120 with optional modules- no modification is required), RS-485 communications, connectors for interfacing to each remote control circuit breaker and firmware for the features listed below.

LED DISPLAY This feature provides visual indication of zone and contactor status through the use of bar chart style led on the units CPU.

USER INTERFACE The unit is programmed via a Windows based programmed that provides the capability to set all of the units features listed below, store these parameters to diskette, run diagnostic checks and read the RCS-1000 parameters.

CIRCUIT GROUPING This software feature provides the capability to group any of all of the units circuit breakers into zones or sectors. **SWITCH**

INPUT TIME-OUT This software feature provides the capability to have any of the circuits associated with a momentary switch turn OFF after a programmable amount of time has elapsed. This feature is designed for lighting control.

ZONE PRIORITY This software feature provides the capability to set-up priorities for each of the zones because multiple inputs can be assigned to the same zone so an order of priority may need to be established.

FLASH MODE This software feature provides the capability to flash the lights (off then on) prior to turning the lights off.

ON-TIME AFTER FLASH WARNING This software feature provides the capability to set the length of time the lights will be on after the lights have been flashed.

FLASH WARNING TIME This software feature provides the capability to set the length of the flash

off time during the Flash Warning.

MAXIMUM CIRCUITS IN SYSTEM This feature provides the capability to set the maximum number of breakers in the unit which can be activated.

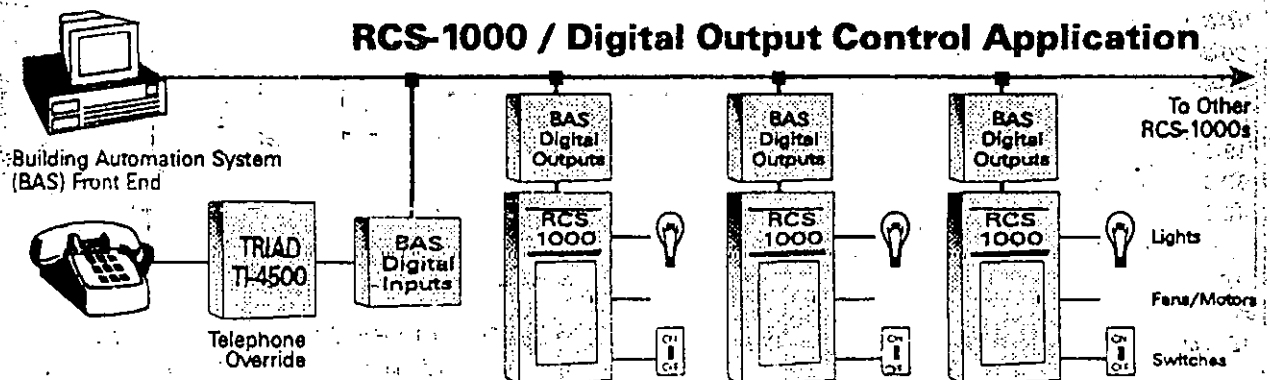
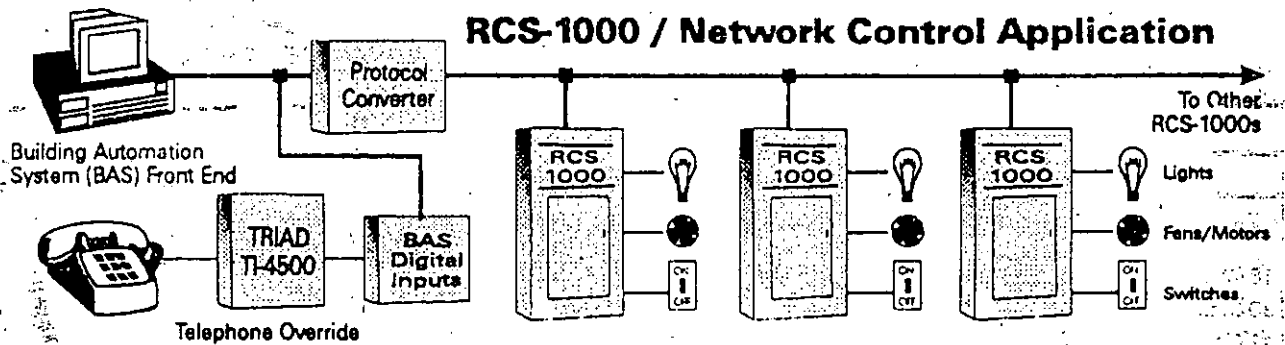
MAXIMUM INPUTS IN SYSTEM FEATURE This feature provides the capability to select the maximum number of switch inputs the unit will monitor.

INPUT POLARITY This software feature provides the capability to set each switch input for either normally open or normally closed contacts.

PROGRAMMABLE INPUTS This software feature provides the flexibility to select the zones controlled by each input, input type (maintained, momentary on, momentary off, or momentary toggle contact), timer associated with input, flash warning and polarity of input.

EASY EXPANSION Circuits can be easily added up to the interior maximum circuit modification.

Typical Configurations



Electrocontrol y Sistemas S.A. de C.V.

Specifications

Electrical

Power Supply	120 or 277Vac, 30Va, ± 10%, 60 Hz
Switch inputs	24 standard expandable to 120 per panel
Switch input types	Momentary on, off, on/off and maintained
Output rating	20 ampere, 277 volt, single pole breaker
Output interrupt rating	14,000 @277 volts, 65,000 @120 volts
Bus bar material	Copper, bolt-on circuit breaker connection
Controller Output Capability	Up to 60 Circuits

Mechanical

Panelboard capacities	18, 30 or 42 single pole circuit breakers
Panelboard dimensions	See chart below
Circuit breaker dimensions	See chart below
Controller dimensions	See chart below
Shipping Weight (including controller)	65 lbs. 18 circuit panelboard 85 lbs. 30 circuit panelboard 105 lbs. 42 circuit panelboard

Environmental

Operating Temperature	32° to 125°F
Operating Humidity	10% - 95% RH, Non-condensing

Communications

Programming	Lap-top or PC runs under Windows 3.0
Network capability	Optional RS-485 serial communication

Certifications

Underwriters Laboratories	UL916
Federal communication Commission	FCC Part 15
Design and Construction	Per National Electric Code

Ordering Instructions

RCS-10□□ - □□ - □□□

of 20 Amp Circuits

- 00=Zero Circuits
- 01=One Circuit
- 42=Forty-two Circuits

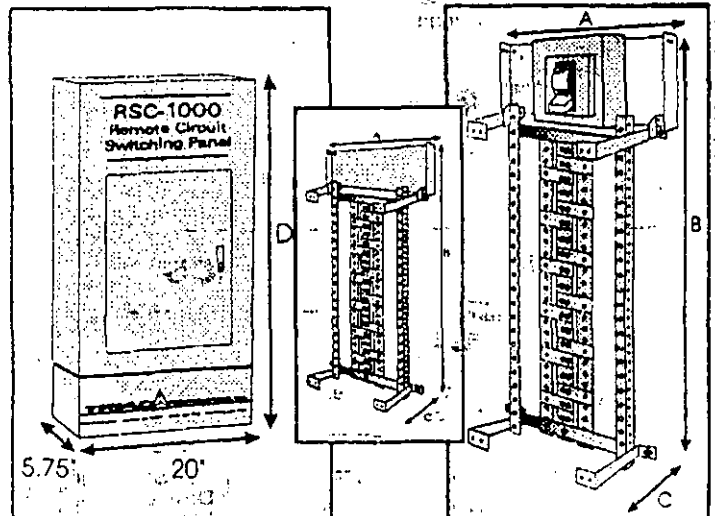
Panelboard Capacity

- 18=18 Circuits Maximum (100 Amp)
- 30=30 Circuits Maximum (100 Amp)
- 42=42 Circuits Maximum (225 Amp)

Optional Main Breaker

- 000=No Main Breaker
- 100=100 Amp Main Breaker
- 225=225 Amp Main Breaker

PART	DIMENSION (Inches)			
	A	B	C	D
18 Circuit Interior w/100 Amp MLO	9.8	13	5.7	34
30 Circuit Interior w/100 Amp MLO	9.8	19	5.7	40
42 Circuit Interior w/100 Amp MLO	9.8	25	5.7	46
18 Circuit Interior w/100 Amp Main	9.8	22	5.7	46
30 Circuit Interior w/100 Amp Main	9.8	28	5.7	52
42 Circuit Interior w/100 Amp Main	9.8	34	5.7	58
18 Circuit Interior w/225 Amp MLO	9.8	19	5.7	40
30 Circuit Interior w/225 Amp MLO	9.8	25	5.7	46
42 Circuit Interior w/225 Amp MLO	9.8	31	5.7	52
18 Circuit Interior w/225 Amp Main	9.8	37	5.7	52
30 Circuit Interior w/225 Amp Main	9.8	43	5.7	58
42 Circuit Interior w/225 Amp Main	9.8	49	5.7	64



* Includes 20"W x 10" H x 5.75" Controller Enclosure. Controller Enclosure can be mounted on side of panelboard or remote if wall space is limited.