

3  
2er



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON

## SISTEMAS DE ILUMINACION EN VIAS PUBLICAS

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO-ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
MARTINIANO CASTRO POPOCA

México, D. F.

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

1988



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# INDICE

	Página
INTRODUCCION	1
I LA LUZ - CARACTERISTICAS Y MEDIDAS	3
1.1. Naturaleza de la Luz.	3
1.1.1. Radiación Electromagnética.	3
1.1.2. Radiación Ultravioleta.	4
1.1.3. Radiación Infrarroja.	6
1.1.4. Colores.	6
1.2. Fenómenos de la Luz.	8
1.2.1. Introducción.	8
1.2.2. Reflexión.	8
1.2.3. Factor de Reflexión.	9
1.2.4. Transmisión.	9
1.2.5. Factor de Transmisión.	10
1.2.6. Polarización.	10
1.2.7. Refracción.	11
1.2.8. Índice de Refracción.	11
1.3. La Radiación y el Ojo Humano.	12
1.3.1. Partes y Funciones del Ojo Humano.	14
1.3.2. Características Visuales del Ojo Humano.	16
1.3.2.1. Acomodación.	16
1.3.2.2. Adaptación.	16
1.3.3. Curva de Sensibilidad del Ojo Humano.	17
1.3.4. Factores Objetivos del Proceso Visual.	19
1.3.4.1. Tamaño.	19

1.3.4.2.	Luminancia.	19
1.3.4.3.	Contraste.	19
1.3.4.4.	Tiempo.	20
1.4.	Unidades Básicas para la Medición de la Luz.	20
1.4.1.	Introducción.	20
1.4.2.	Flujo Luminoso.	20
1.4.3.	Intensidad Luminosa.	21
1.4.4.	Intensidad de Iluminación.	23
1.4.5.	Luminancia.	24
1.4.6.	Curvas de Distribución Luminosa.	25
1.5.	Mediciones de Iluminación.	31
1.5.1.	Introducción.	31
1.5.2.	Bases de la Fotometría.	33
1.5.2.1.	Leyes Fundamentales de la Iluminación.	33
1.5.2.1.a.	Ley de Kepler o Ley del Cuadrado Inverso.	33
1.5.2.1.b.	Ley de Lambert o Ley del Coseno.	34
1.5.3.	Instrumentos de Medición.	36
1.5.3.1.	Patrones.	36
1.5.3.1.a.	Patrón Primario.	36
1.5.3.1.b.	Patrón Secundario.	36
1.5.3.2.	Fotómetros.	36
1.5.3.2.a.	Fotómetros de Laboratorio.	36
1.5.3.2.b.	Fotómetros portátiles.	40
1.5.3.2.c.	Fotómetros de Distribución.	40
1.5.3.2.c.1.	Goniómetro y Celda Fija.	40
1.5.3.2.c.2.	Fotómetro de Celda Múltiple Fija.	41
1.5.3.2.c.3.	Fotómetro de Celda Móvil.	41
1.5.3.3.	Reflectómetros.	42
1.5.3.4.	Radiómetros.	42
1.5.3.5.	Espectrofotómetros.	42
1.5.4.	Mediciones de Laboratorio.	43

	Página	
1.5.4.1.	Condiciones Generales de Prueba.	44
1.5.4.1.a.	Lámparas de Prueba.	44
1.5.4.1.b.	Estabilización.	44
1.5.4.1.c.	Fotómetro.	44
1.5.4.1.d.	Mediciones.	44
1.5.5.	Mediciones en Campo.	45
II	DISEÑO LUMINICO	47
2.1.	Definición.	47
2.2.	Descripción del Problema.	47
2.3.	Selección de Criterios de Diseño.	48
2.3.1.	Tipo de Lámpara.	51
2.3.2.	Energía Luminosa Emitida por las Lámparas.	51
2.3.2.1.	Variación de la Tensión.	52
2.3.2.2.	Factor de Balastro.	52
2.3.2.3.	Temperatura Ambiente.	52
2.3.3.	Pérdidas de Energía de las Lámparas.	53
2.3.3.1.	Curva de Depreciación Lumínica.	53
2.3.3.2.	Curva de Vida Util o Mortalidad.	55
2.3.3.3.	Condiciones para Diseño.	56
2.3.3.4.	Factor de cresta del Balastro.	56
2.3.4.	Tipo de Luminaria.	58
2.3.4.1.	Adecuadas al Tipo de Lámpara.	58
2.3.4.2.	Funcionamiento Optico Necesario.	58
2.3.4.2.1.	Selección Distribución Transversal.	59
2.3.4.2.2.	Selección Distribución Longitudinal.	59
2.3.4.2.3.	Selección Distribución Vertical.	67
2.3.4.3.	Utilización Máxima del Flujo Luminoso.	70
2.3.4.4.	Adecuadas a las Condiciones del Ambiente.	72
2.3.5.	Pérdidas de Energía Luminosa Originadas por la Operación de las Luminarias.	78
2.3.5.1.	Curva de Utilización.	79

	Página	
2.3.5.2.	Curva Isolux.	80
2.3.6.	Reducción de la Eficiencia de la Luminaria con el tiempo.	82
2.3.6.1.	Pérdidas en Propiedades Ópticas (FPPD).	82
2.3.6.2.	Suciedad.	82
2.3.6.2.1.	Decaimiento por Suciedad Exterior.	83
2.3.6.2.2.	Decaimiento por Suciedad Interior.	83
2.3.6.2.3.	Decaimiento Total.	84
2.3.7.	Condiciones de instalación.	84
2.3.7.1.	Localización de la Luminaria.	84
2.3.7.1.1.	Distribución.	85
2.3.7.1.2.	Posición.	86
2.3.7.2.	Altura de Montaje.	87
2.3.7.2.1.	Relación con Potencia y Distribución Longitudinal.	87
2.3.7.2.2.	Ancho de la Calle.	89
2.3.7.2.3.	Brillo.	89
2.3.7.3.	Distancia Interpostal.	89
2.4.	Método de Cálculo.	92
2.4.1.	Método de Cálculo Nivel de Iluminación Promedio	92
2.4.2.	Método Punto por Punto.	94
2.4.3.	Método de Luminancia.	97
2.4.4.	Método de los 21 Puntos.	102
 <b>III SELECCION DE EQUIPO</b>		 <b>105</b>
3.1.	Introducción.	105
3.2.	Fuentes de Iluminación.	105
3.2.1.	Lámpara Incandescente.	106
3.2.2.	Lámpara Fluorescente.	116
3.2.3.	Lámpara de Vapor de Mercurio.	127
3.2.4.	Lámpara de Vapor de Sodio.	135
3.2.4.1.	Lámpara de Vapor de Sodio de Baja Presión.	135

	Página	
3.2.4.2.	Lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión	139
3.2.5.	Lámpara de Luz Mixta.	144
3.2.6.	Lámpara de Aditivos Metálicos.	146
3.2.7.	Lámpara de Yodo - Cuarzo.	149
3.3.	Luminarias.	151
3.3.1.	Introducción.	151
3.3.2.	Definición.	152
3.3.3.	Propiedades.	152
3.3.4.	Características.	152
3.3.5.	Partes Básicas de una Luminaria.	154
3.3.6.	Tipo de Luminarias.	160
3.3.7.	Selección de Luminarias.	163
3.4.	Balastos.	168
3.4.1.	Introducción.	168
3.4.2.	Funciones de los Balastos.	168
3.4.3.	Tipos de Balastos.	169
3.4.4.	Temperatura en el Balastro.	182
3.4.5.	Intercambiabilidad.	183
3.4.6.	Pérdidas.	184
3.5.	Postes.	187
3.5.1.	Introducción.	187
3.5.2.	Propiedades.	187
3.5.3.	Partes principales de un Poste.	187
3.5.4.	Estilo y Dimensiones de los Postes.	189
3.5.5.	Postes de la Red Eléctrica.	195
3.5.6.	Montaje de las Luminarias.	195
3.6.	Equipo de Control y Protección.	199
3.6.1.	Fotocontroles.	199
3.6.2.	Relojes.	204
3.6.3.	Interruptores.	204

	Página
IV PROYECTO ELECTRICO	208
4.1. Instalación Eléctrica.	208
4.1.1. Control de Encendido.	208
4.1.1.1. Control Individual.	210
4.1.1.2. Control por Grupo.	210
4.1.1.3. Control Manual.	210
4.1.1.3.1. Operación Manual Individual.	211
4.1.1.3.2. Operación Manual por Grupos.	211
4.1.1.4. Operación Automática.	214
4.1.1.4.1. Fotocontroles.	214
4.1.1.4.2. Interruptores de tiempo o Relojes	214
4.1.1.5. Operación a Consumo Reducido.	216
4.1.2. Alimentación.	218
4.1.2.1. Alimentación en Alta Tensión.	218
4.1.2.2. Alimentación en Baja Tensión.	220
4.1.2.3. Factor de Potencia.	221
4.1.2.4. Circuitos Derivados.	221
4.1.2.4.1. Circuito Múltiple o Paralelo.	221
4.1.2.4.2. Circuito Serie.	223
4.1.3. Selección de Conductores.	225
4.1.3.1. Capacidad Permisible Suficiente.	226
4.1.3.2. Caída de Tensión Limitada.	227
4.1.3.3. Aislamiento del Conductor.	227
4.1.3.4. Resistencia Mecánica.	228
4.1.3.5. Otros Factores que Afectan la Selección del Conductor.	229
4.1.4. Medios de Canalización.	229
4.1.4.1. Sistema de Ductos.	229
4.1.4.2. Canalización en Línea Abierta Aerea.	230
4.1.5. Medios de Protección.	230
4.1.6. Métodos de Medición.	231
4.2. Instalación Obra Civil.	232
4.2.1. Trazo y Localización.	232

	Página	
4.2.2.	Canalizaciones.	233
4.2.2.1.	Ducto Plástico.	235
4.2.3.	Registros.	235
4.2.3.1.	Registro Auxiliar.	236
4.2.3.2.	Registro de Paso.	239
4.2.4.	Cimentación.	239
4.2.4.1.	Cimentación para poste de 5 a 9 metros.	239
4.2.4.2.	Cimentación para poste de 12 metros.	242

V PROGRAMA DE MANTENIMIENTO 243

5.1.	Definición.	243
5.2.	Estructura.	243
5.3.	Beneficios.	244
5.4.	Sistemas de Reemplazo de Lámparas.	246
5.4.1.	Sistema de Reemplazo en Grupo.	246
5.4.1.1.	Definición.	246
5.4.1.2.	Ventajas.	246
5.4.1.3.	Sistemas Básicos de Reemplazo en Grupo.	250
5.4.1.3.1.	Reemplazo en Grupo sin Cambio Intermedio.	250
5.4.1.3.2.	Reemplazo en Grupo con Cambio Intermedio utilizando lámparas usadas.	251
5.4.1.4.	Selección del Intervalo.	251
5.4.1.5.	Tiempo de Intervalo.	252
5.4.2.	Sistema de Reemplazo Individual.	253
5.4.2.1.	Definición.	253
5.4.3.	Costo del Reemplazo por Lámpara.	
5.4.4.	Cálculo del Costo de Cada Sistema.	254
5.4.5.	Otro Procedimiento para llevar a cabo el - Reemplazo de Lámparas en un Sistema de Alum brado.	255

	Página
CONCLUSIONES	262
APENDICES	
A 1 - Características Principales y Selección de Fuentes Luminosas y Balastos.	262
A 2 - Símbolos Convencionales.	270
A 3 - Relación de Fabricantes de Equipo para Alumbrado Público.	274
A 4 - Organizaciones Internacionales en Iluminación.	275
A 5 - Niveles de iluminación y Factor "R"	277
BIBLIOGRAFIA	285

## INTRODUCCION

LOS SISTEMAS DE ILUMINACION EN VIAS PUBLICAS EN MEXICO, TRADICIONALMENTE SE HAN VENIDO DISEÑANDO CON AYUDA DE MANUALES O GUIAS DE DISEÑO, DESARROLLADOS EN OTROS PAISES, POR INSTITUTOS PROFESIONALES, ORGANISMOS NORMATIVOS O FABRICANTES DE EQUIPO, Y ESTAN PRINCIPALMENTE ORIENTADOS A RESOLVER LAS NECESIDADES DE ESOS PAISES EN EL GRADO PERMITIDO POR LOS EQUIPOS Y RECURSOS DISPONIBLES.

DURANTE LOS ULTIMOS AÑOS HAN OCURRIDO CAMBIOS SIGNIFICATIVOS EN LOS FACTORES QUE AFECTAN EL PROYECTO DE UN SISTEMA DE ILUMINACION TALES COMO:

- a).- COSTO DE LOS ENERGETICOS.
- b).- MEJORES O NUEVAS FUENTES DE ENERGIA.  
(FUENTES LUMINOSAS)
- c).- MAYOR CONOCIMIENTO SOBRE LA CANTIDAD Y CALIDAD DE LA LUZ NECESARIA PARA LAS TAREAS VISUALES NOCTURNAS.

CONSIDERANDO LO ANTERIOR, EN ESTE TRABAJO SE PRETENDE PROPORCIONAR UN CONJUNTO DE PROCEDIMIENTOS QUE PERMITAN DESARROLLAR SOLUCIONES ADECUADAS A LAS NECESIDADES PARTICULARES, EN VEZ DE BUSCAR SOLUCIONES GENERALES QUE PODRIAN SER MAS COSTOSAS.

POR LO CUAL EL PRESENTE TRABAJO ESTA ESTRUCTURADO DE LA MANERA SIGUIENTE:

EL CAPITULO I CUYO NOMBRE ES LA LUZ CARACTERISTICAS Y MEDIDAS NOS DESCRIBE EN FORMA SENCILLA LOS PRINCIPIOS Y LEYES DE LA NATURALEZA DE LA LUZ, EL COMPORTAMIENTO DEL OJO HUMANO EN EL PROCESO VISUAL, Y LA MEDICION CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE LA LUZ POR MEDIO DE LA FOTOMETRIA.

EL CAPITULO II, CUYO NOMBRE ES DISEÑO LUMINICO, ESTA DIVIDIDO EN DOS PARTES, LA PRIMERA PARTE NOS MUESTRA COMO DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS - DE LOS ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO LUMINICO; Y LA SEGUNDA PARTE NOS MUESTRA COMO LLEVAR A CABO LA DETERMINACION DE PARAMETROS EN UN SISTEMA DE ILUMINACION POR MEDIO DE UN METODO DE CALCULO, ASI COMO TAMBIEN LLEVAR A CABO LA COMPROBACION DE LOS NIVELES DE ILUMINACION POR MEDIOS ANALITICOS.

EL CAPITULO III, DENOMINADO SELECCION DE EQUIPO, NOS DA LA INFORMACION NECESARIA DE LOS PRINCIPALES ELEMENTOS QUE INTERVIENEN EN UN SISTEMA DE ILUMINACION, INFORMACION DE INDOLE TEORICA Y TECNICA LA CUAL ES IMPORTANTE, YA QUE NOS AYUDARA EN UNA FORMA SEGURA Y RAPIDA A SELECCIONAR EL EQUIPO A UTILIZAR EN UN SISTEMA DE ILUMINACION DETERMINADO.

EL CAPITULO IV, LLAMADO PROYECTO ELECTRICO, NOS DESCRIBE COMO LLEVAR A CABO LA SECUENCIA DE INSTALACIONES (ELECTRICA Y CIVIL) EN FORMA CORRECTA Y SEGURA, ADEMAS DE DESCRIBIR EN DETALLE CADA UNA DE LAS ETAPAS DE LA INSTALACION, ASI COMO LAS POSIBLES ALTERNATIVAS EN CADA UNA DE ELLAS.

EL CAPITULO V, DENOMINADO PROGRAMA DE MANTENIMIENTO, NOS DESCRIBE EN UNA FORMA SENCILLA UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE TIPO PREVENTIVO Y CORRECTIVO, EL CUAL CONTEMPLA LA ORGANIZACION, METODOS Y PROCEDIMIENTOS.

AL FINAL DEL TRABAJO SE PRESENTAN UNA SERIE DE APENDICES LOS CUALES - NOS DAN INFORMACION DE TIPO TECNICO, QUE NOS SERA DE GRAN AYUDA EN LA ELABORACION DE UN PROYECTO, ASI COMO LA BIBLIOGRAFIA CONSULTADA PARA LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

## CAPITULO I

## LA LUZ: CARACTERISTICAS Y MEDIDAS

## I.1. NATURALEZA DE LA LUZ

## I.1.1. RADIACION ELECTROMAGNETICA

La luz es una forma de energía radiante que se evalúa en cuanto a su capacidad para producir la sensación de la visión.

La energía visible es una porción sumamente pequeña del espectro electromagnético, enorme gama de energía radiante que se desplaza a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas.

Todas estas radiaciones son parecidas en su naturaleza y en la velocidad a que se transmiten (300,000 Km/Seg.), diferenciándose -- tan sólo en su frecuencia y longitud de onda, así como en las formas en que se manifiestan.

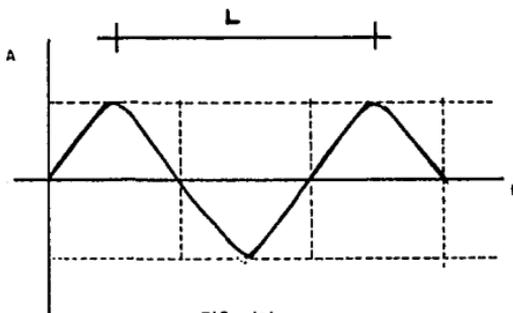


FIG. 1-1

La distancia "L" entre las crestas de dos ondas sucesivas se denomina longitud de onda y se representa por la letra  $\lambda$  (lambda), - como la longitud de onda multiplicada por la frecuencia (F), es -

igual a la velocidad de propagación (C), que es constante, la frecuencia es inversamente proporcional al período T.

$$C = \lambda \cdot F$$

$$F = \frac{1}{T}$$

$$C = \frac{\lambda}{T}$$

DONDE:

- C = 300,000 KM/Seg.-Vel., de propagación (vacío)
- $\lambda$  = Longitud de onda (metro o sub-múltiplos del metro)
- F = Frecuencia (Hertz ó múltiplos del Hertz)
- T = Período (seg.)

Por consiguiente, cada movimiento ondulatorio o radiación electromagnética puede caracterizarse por sus longitudes de onda, velocidad y frecuencia.

El espectro actualmente conocido abarca desde los rayos cósmicos de una longitud de onda de  $1 \times 10^{15}$  cm., y una frecuencia de  $3 \times 10^5$  ciclos por segundo hasta las ondas de corriente alterna - de conocidos, de una longitud de onda de 4,989 Km. El ojo humano responde solamente a la energía que está dentro del espectro visible, el cual comprende una estrecha banda de longitudes de onda - entre los 3,800 y 7,600 Angstroms, la energía correspondiente a - esta región, esta elevada de acuerdo con la curva de sensibilidad del ojo humano, Fig. No. 1-2.

### I.1.2. RADIACIONES ULTRAVIOLETAS

La energía del extremo de las ondas del espectro visible produce

# EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.

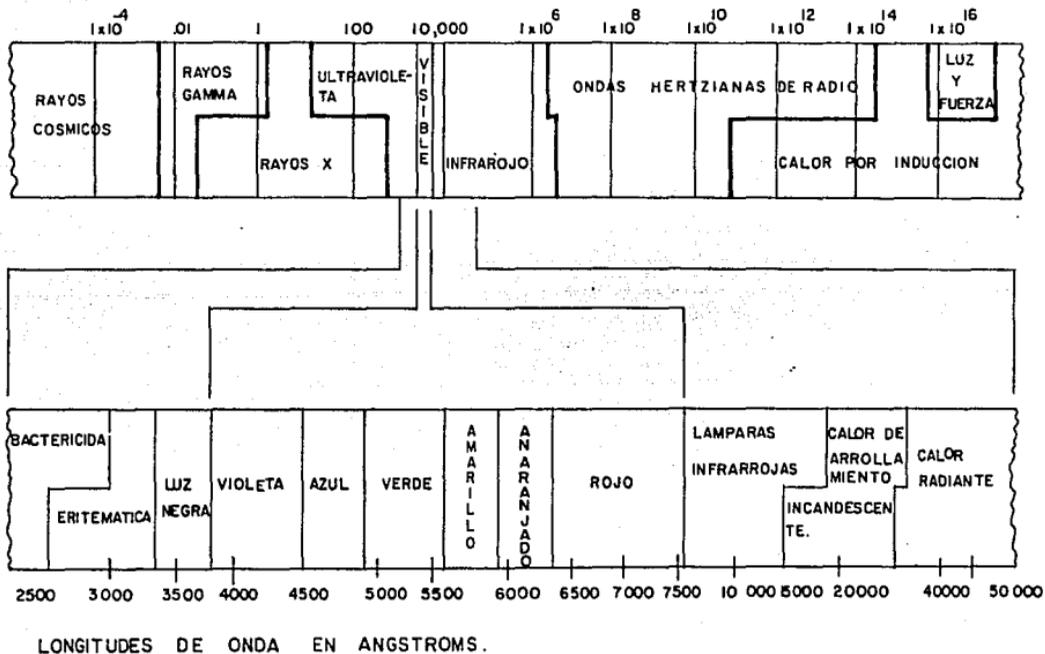


FIG. 1-2

la sensación de color violeta junto al final de la longitud de onda corta de la banda visible, está la energía radiante ultravioleta, la cual es invisible al ojo humano.

Una de las fuentes de rayos ultravioletas es el sol, pero existen fuentes de estos rayos hechas por el hombre, para producir el espectro ultravioleta.

Las características de las radiaciones ultravioletas son interesantes, sobre todo en química y biología, como el efecto eritemático (bronceado y enrojecimiento de la piel, acción terapéutica contra el raquitismo), por propiedades germicidas y la excitación de materiales fluorescentes a la luz negra.

### I.1.3. RADIACIONES INFRARROJOS

La región del espectro inmediato al extremo de las largas longitudes de onda de la banda visible, se conoce como infrarrojo.

Los rayos infrarrojos no son visibles por el ojo humano, el sol es una fuente natural de esta clase de rayos.

Las radiaciones infrarrojas se conocen por la intensa sensación de calor que producen, motivo por el cual se llaman a veces rayos caloríficos.

### I.1.4. COLORES

El color de la luz se determina por su longitud de onda, la energía del extremo de las ondas cortas del espectro visible produce la sensación de violeta desde 3.800 a 4.500 Angstroms, aproximadamente. Las ondas visibles, más bajas, desde unos 6,300 a 7,600 Angstroms aparecen como rojas.

El efecto de toda radiación luminosa, varía con su longitud de --  
 onda, corresponde una sensación particular de color; por lo tanto,  
 cada longitud de onda será asociada a un color determinado. En  
 la siguiente tabla se dan los colores y su longitud de onda.

<u>COLOR</u>	<u>LONGITUD DE ONDA EN ANGSTROMS</u>
VIOLETA	-- 3,800 - 4,500
AZUL	-- 4,500 - 4,900
VERDE	-- 4,900 - 5,600
AMARILLO	-- 5,600 - 5,900
NARANJA	-- 5,900 - 6,300
ROJO	-- 6,300 - 7,600

La combinación de todos los colores forman la luz blanca, la cual  
 en sí no es una radiación original, por lo tanto con la adición -  
 de los diferentes colores se puede formar luz blanca y con la sus  
 tracción de los mismos eliminarla.

## I.2. FENOMENO DE LA LUZ

### I.2.1. INTRODUCCION

La luz como energía radiante que se desplaza en el espacio en forma de ondas electromagnéticas, posee ciertas propiedades y características, las cuales debemos de aprovechar para la realización de un proyecto de iluminación.

Las características que nos van a interesar en este caso serán:- la reflexión, la transmisión, la polarización y la refracción.

### I.2.2. REFLEXION

Cuando una superficie devuelve un rayo de luz que incide sobre ella, se dice que el rayo es reflejado.

La reflexión puede ser de varios tipos, y son:

- a) REFLEXION ESPECULAR
- b) REFLEXION DIFUSA
- c) REFLEXION DIFUSA - DIRIGIDA
- d) REFLEXION MIXTA

Las siguientes figuras muestran los diferentes tipos de reflexión:

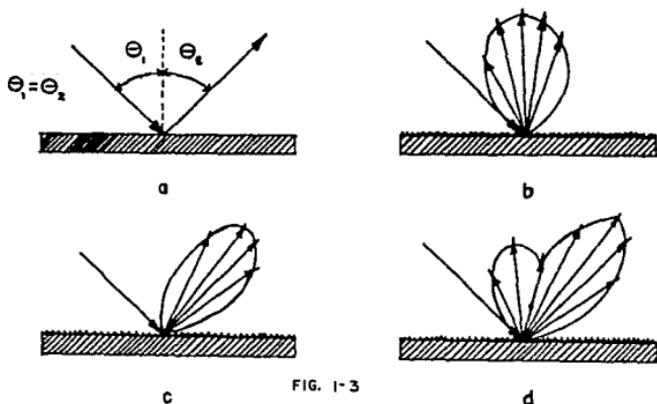


FIG. 1-3

### 1.2.3. FACTOR DE REFLEXION

Factor de reflexión o reflectancia es la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre ella.

El factor de reflexión de una superficie dada puede variar considerablemente de acuerdo con la dirección y la naturaleza de la luz incidente. La reflexión especular aumenta con el ángulo de incidencia, hasta obtenerse una casi total reflexión con ángulos rasantes.

En el caso de superficies coloreadas, puede ser distinto el factor de reflexión para diferentes colores de luz.

### 1.2.4. TRANSMISION

Cuando los rayos de la luz pasan a través de materiales transparentes o translúcidos, se dice que son transmitidos. El grado de difusión de los rayos depende del tipo y densidad del material.

Las siguientes figuras muestran dos tipos de transmisión en diferentes materiales.

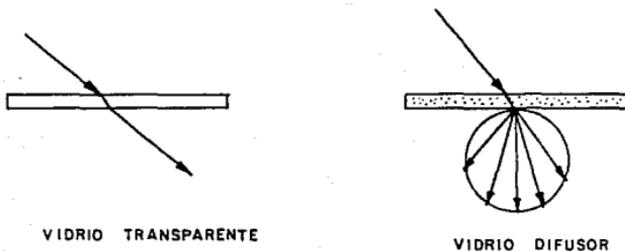


FIG. 1-4

### 1.2.5 FACTOR DE TRANSMISION

Se le denomina factor de transmisión o transmitancia a la relación entre la luz transmitida por un material y la luz que incide sobre él, depende en cierta medida de la dirección y tipo de luz.

### 1.2.6. POLARIZACION

Las radiaciones luminosas se propagan en forma de vibraciones transversales en todas direcciones y sentidos.

Existen materiales que al ser atravezados por luz blanca, tienen la propiedad de polarizarla, es decir, que dejan pasar vibraciones en un plano y las demás las elimina, dicho de otra forma, la luz polarizada es aquella que tiene orientadas sus vibraciones en un sólo plano, como se observa en la figura. 1-5

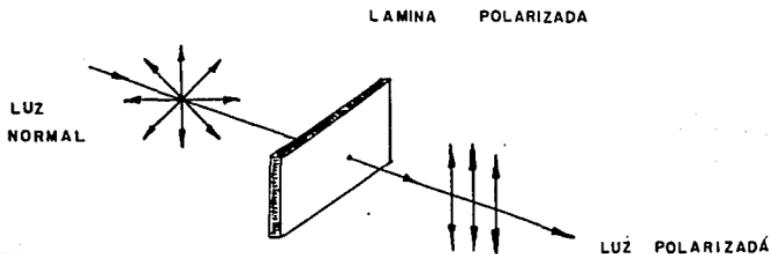


FIG. 1-5

La luz polarizada se utiliza para reducir el deslumbramiento por reflejos producidos en superficies brillantes, y para reducir -- pérdidas de contraste en las tareas visuales que son ocasionadas por reflejos que impiden ver claramente.

### 1.2.7. REFRACCION

Un rayo de luz que cambia de dirección al pasar oblicuamente de un medio transparente a otro en el que su velocidad es diferente, se dice que se ha refractado. Como se muestra en la figura siguiente: 1-6

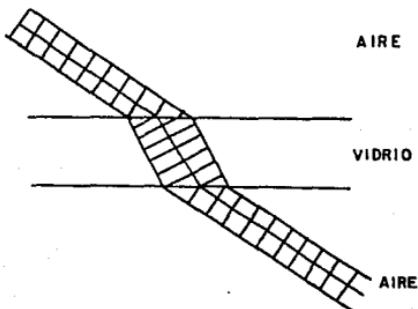


FIG. 1-6

### 1.2.8. INDICE DE REFRACCION

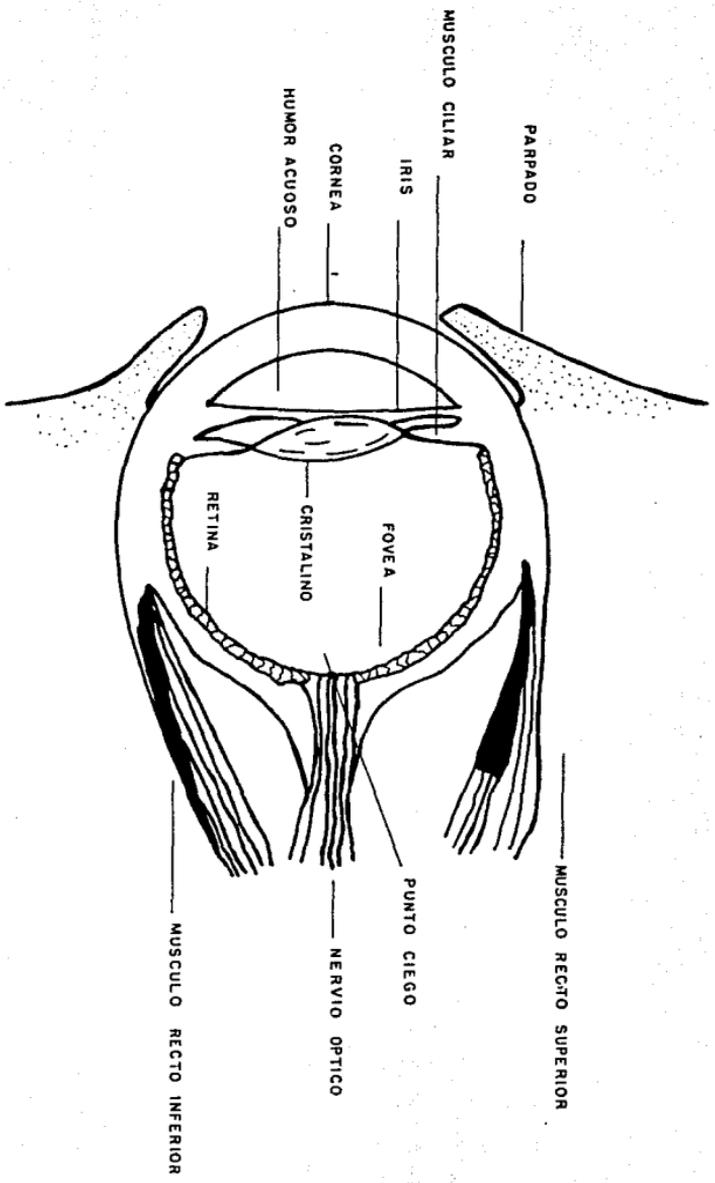
Es la relación entre la velocidad de la luz en el espacio libre y su velocidad en el medio en cuestión.

### 1.3. LA RADIACION Y EL OJO HUMANO

El ojo humano es el órgano fisiológico mediante el cual se realizan las sensaciones de luz y color, es decir, es el órgano que - recoge las radiaciones luminosas, por medio del fenómeno denominado sensación visual y las envía al cerebro para que este órgano las interprete mediante el proceso llamado percepción visual.

En cierto modo el ojo humano puede compararse a una máquina fotográfica aunque es mucho más perfecto.

En la siguiente figura se muestra un esquema del ojo humano. 1-7



ELEMENTOS DEL OJO HUMANO

FIG. 1-7

### 1.3.1. PARTES Y FUNCIONES DEL OJO HUMANO

- a) **PARPADO.** Pliegue de piel que protege el ojo y que, en condiciones de luz muy brillante ayuda a regular la cantidad de luz que llega a él.
- b) **CORNEA.** Es una membrana transparente situada en la parte frontal que protege el ojo, junto con los órganos adyacentes (párpados, pestañas, cejas, etc.), la córnea se prolonga hacia la parte interior del ojo, por medio de otra membrana llamada esclerótica que cierra el ojo ocular.
- c) **IRIS.** Detrás de la córnea, se encuentra el iris que gradúa automáticamente la abertura de entrada de luz en el ojo; tiene una perforación circular por la que penetra la luz hacia el interior del ojo, y que se llama pupila. El iris y la pupila son análogos en su funcionamiento al diafragma de una máquina fotográfica, pero más perfectos, puesto que se adaptan automáticamente a la cantidad de luz recibida.
- d) **CRISTALINO.** Cápsula transparente situada detrás del iris, cuya forma puede cambiar para enfocar objetos a distancias distintas.
- e) **COROIDES.** El cristalino se prolonga por la parte interior del ojo con una membrana llamada coroides, destinada a contener la parte más sensible a la luz.
- f) **MUSCULO CILIAR.** Músculo en forma de anillo que ajusta la tensión aplicada al cristalino, cambiando así su curvatura y enfocando objetos cercanos o lejanos,
- g) **RETINA.** Superficie sensible a la luz, situada en la parte posterior del globo ocular. Contiene una delicada película

de fibras nerviosas que parten del nervio óptico y que terminan en pequenísimas estructuras con forma de conos y bastoncillos.

- h) **CONOS.** Receptores de la retina que hacen posible la discriminación de los detalles finos y la percepción del color. - Son insensibles a los niveles bajos de iluminación; se encuentran principalmente cerca de la retina, con mayor concentración en la fovea, zona de 0.3 mm., de diámetro aproximadamente, que sólo está compuesta de conos. Es en la fovea donde el ojo enfoca, involuntariamente, la imagen de un objeto que deba ser examinado minuciosamente.
  
- i) **BASTONES.** Receptores de la retina, sensibles a los niveles bajos de iluminación. No responden al color y existen solamente fuera de la región foveana, aumentando su número a medida que aumenta su distancia a la fovea, la parte más superficial de la retina, compuesta principalmente de bastoncillos, no ofrece una visión precisa, pero es muy sensible al movimiento y a las oscilaciones luminosas.
  
- j) **PURPURA RETINICUA.** Es un líquido purpúreo que se encuentra en los bastones, sensibles a la luz, y se decolora rápidamente cuando es expuesto a ella. Su regeneración es un factor importante en la adaptación a la oscuridad.
  
- k) **PUNTO CIEGO.** Es el punto de la retina por donde entra en el ojo el nervio óptico, el cual conduce las sensaciones de luz al cerebro. En este punto no hay bastones ni conos y por consiguiente un estímulo de luz no provoca sensación alguna.

### I.3.2. CARACTERISTICAS VISUALES DEL OJO

I.3.2.1. ACOMODACION. Cuando el cristalino presenta su forma más aplanada, el ojo normal está enfocado sobre objetos en el infinito. Para enfocar un objeto más cercano, particularmente dentro de los 6 metros, es preciso aumentar la convexidad del cristalino mediante la contracción de los músculos ciliares. Cuanto más cercano esté el objeto, más convexo debe hacerse el cristalino; ésto es parte del proceso conocido por "acomodación".

La acomodación incluye también cambios en el diámetro de la pupila. Cuando el ojo se enfoca sobre objetos distantes la pupila es relativamente grande. Cuando la atención se fija en un objeto visual cercano, la pupila se contrae algo, logrando así una apreciación más penetrante, pero admitiendo menos luz en el ojo.

I.3.2.2. ADAPTACION. El ojo es capaz de trabajar en un amplísimo campo de niveles de iluminación, mediante un proceso conocido como adaptación, que incluye un cambio en el tamaño de la abertura de la pupila, al mismo tiempo que unas variaciones fotoquímicas en la retina.

El tamaño de la abertura de la pupila obedece principalmente a la cantidad de luz recibida en el ojo.

En una luz muy tenue la pupila se dilata, pero a medida que la luz aumenta la abertura se contrae.

El tiempo requerido para el proceso de adaptación depende de la magnitud del cambio. En general la adaptación a un nivel más alto de iluminación se lleva a cabo más rápidamente que en sentido contrario. La mayor intensidad de adaptación suele te

ner lugar al primer minuto, mientras que el proceso de adaptación a la oscuridad, se verifica a los 30 minutos y para la completa adaptación a la oscuridad puede ser necesaria una hora.

### I.3.3. CURVA DE SENSIBILIDAD DEL OJO HUMANO

El conjunto de radiaciones de la luz de día, cuyas longitudes de onda van desde 3,800 Angstroms para el color violeta, hasta 7,800 Angstroms 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, ésto es, no percibe ninguna clase de radiación.

Si cada una de las radiaciones que contiene la luz blanca se hace llegar al ojo 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 presenta mediante una gráfica, la sensibilidad de la retina del ojo humano para las distintas longitudes de onda de la luz del medio día soleado, se obtiene una curva acampanada que se denomina "curva de sensibilidad luminosa del ojo humano".

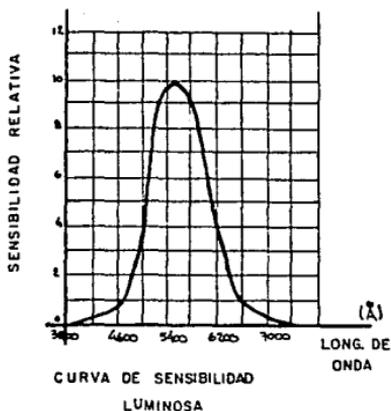
El ojo tiene la mayor sensibilidad para una longitud de onda de 5,550 Angstroms que corresponde al color amarillo verdoso, y la mínima a los colores rojo y violeta, como se observa en la figura. I.8

La curva de sensibilidad del ojo humano, está basada en la visión por conos (fotópica), es decir, a niveles ordinarios durante el día.

Cuando la visión es efectuada por los bastoncillos (escotópica), la curva de sensibilidad se verifica de acuerdo con una nueva -- curva de la misma forma que la fotópica, pero desplazada 480 -- Angstroms hacia el extremo azul del espectro.

Esta traslación que es conocida como "Efecto Purkinje", desplaza la sensibilidad máxima del ojo de los 5,550 a los 5,070 Angstroms como se observa en la figura. Nº 18

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.



#### EFECTO PURKINJE

- 1- VISION ESCOTOPICA
- 2- VISION FOTOPICA

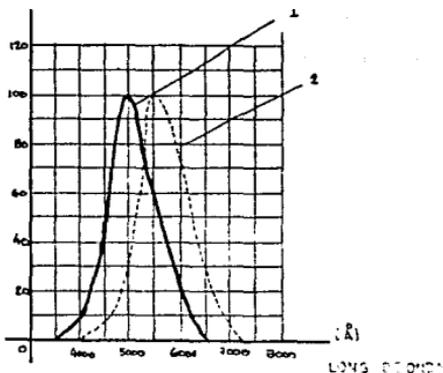


FIG. 1-8

### I.3.4. FACTORES OBJETIVOS DEL PROCESO VISUAL

Las investigaciones han demostrado que la visión depende de cuatro variables primarias, asociadas al objeto visual: tamaño, luminancia, contraste de luminación entre el objeto y sus alrededores y tiempo disponible para verlo.

I.3.4.1. TAMAÑO. El tamaño del objeto es el factor que generalmente tiene más importancia en el proceso visual. Cuanto más grande es un objeto en relación con el ángulo visual más rápidamente puede ser visto.

I.3.4.2. LUMINANCIA. Uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia, la de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y de la proporción de ésta que se refleja en dirección al ojo.

Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca.

Cuanto más oscuro es un objeto o una labor visual, más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo y en circunstancias parecidas, para la misma visibilidad.

I.3.4.3. CONTRASTE. Tan importante para la visión es el nivel general de luminancia como el contraste de luminancia o color entre el objeto visual y su fondo.

- I.3.4.4. TIEMPO. La visión no es un proceso instantáneo; requiere tiempo, el ojo puede ver detalles muy pequeños con niveles bajos de iluminación, si se da tiempo suficiente y se prescinde de la fatiga visual; pero para una visión rápida se requiere más luz.

## I.4. UNIDADES BASICAS PARA LA MEDICION DE LA LUZ

### I.4.1. INTRODUCCION

Las magnitudes fundamentales para la medición, comparación y valorización de las diversas fuentes de energía luminosa son cuatro:

- a) FLUJO LUMINOSO
- b) INTENSIDAD LUMINOSA
- c) INTENSIDAD DE ILUMINACION
- d) LUMINANCIA O BRILLO FOTOMETRICO

Es importante aclarar que en las definiciones de estas magnitudes, se supone que el manantial luminoso es puntiforme, es decir, se halla reducido a un punto del que parten las radiaciones luminosas en todos los sentidos.

### I.4.2. FLUJO LUMINOSO

En todos los manantiales luminosos, se obtiene energía luminosa por transformación de otra clase de energía, por ejemplo, la luz de una lámpara eléctrica de incandescencia es consecuencia de la energía eléctrica de la lámpara. Pero no toda la energía primaria se transforma en energía luminosa, en el caso de la lámpara de incandescencia parte de la energía eléctrica se transforma en energía radiante y una pequeña parte de esta energía radiante se convierte en energía luminosa.

Llamaremos potencia o flujo radiante a la energía radiante emitida por un manantial luminoso en la unidad del tiempo y "flujo luminoso", a la parte del flujo radiante que produce sensación luminosa en el ojo humano.

Por lo tanto, el flujo luminoso es la medida de la potencia luminosa, es decir, que se podrá definir como la energía luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo.

La unidad del flujo luminoso es el lumen, cuya definición es:

"EL LUMEN SE DEFINE COMO LA CANTIDAD DE LUZ EMITIDA POR UN RADIAN SOLIDO PROVENIENTE DE UNA FUENTE DE LUZ DE UNA CANDELA DE INTENSIDAD".  
SE REPRESENTA POR LA LETRA "F" ó "lm"

#### 1.4.3. INTENSIDAD LUMINOSA

Se define como la densidad de flujo luminoso dentro de un ángulo sólido en una dirección determinada. Se entiende por ángulo sólido al correspondiente a un cono situado en una esfera de radio unidad, de manera que su vértice se encuentre en el centro de la esfera (donde se supone colocado el manantial luminoso), y su base en la superficie de la esfera.

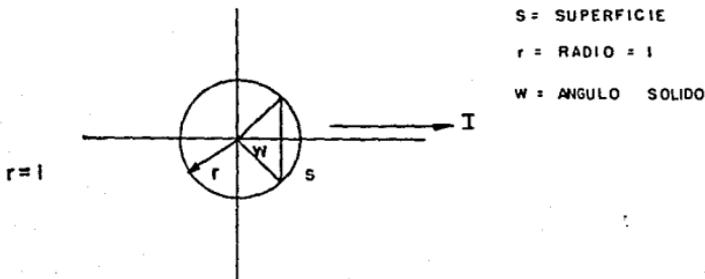


FIG. 1-9

La intensidad luminosa se expresa en candelas (cd) o bujías y se representa por la letra "I", cuya definición es la siguiente:

"LA CANDELA ES LA UNIDAD DE INTENSIDAD DE UNA FUENTE DE LUZ EN UNA DIRECCION DADA".

LA CANDELA SE DEFINE COMO LA INTENSIDAD LUMINOSA PRODUCIDA POR 1/600,000 de metro cuadrado de un cuerpo negro radiante a la temperatura - de solidificación del platino. .

"BUJIA HEFNER. En Alemania se adoptaba como unidad de intensidad luminosa la bujía Hefner, cuyo patrón primario era una lámpara que quemaba acetato de amilo".

"BUJIA CARCEL. En Francia, se utilizaba la bujía carcel correspondiente a la intensidad luminosa de una lámpara que quemaba aceite de colza".

"BUJIA INTERNACIONAL. En 1909, los Estados Unidos de Norteamérica, Inglaterra y Francia, decidieron normalizar la unidad de intensidad luminosa, apareciendo la bujía internacional establecida con ayuda de la intensidad de varias lámparas eléctricas de filamento de carbón.

BUJIA HEFNER BUJIA CARCEL BUJIA INTERNACIONAL CANDELA

BUJIA HEFNER	1	0.093	0.90	0.92
BUJIA CARCEL	10.75	1	9.65	9.80
BUJIA INTERNACIONAL	1.11	0.104	1	1.02
CANDELA	1.09	0.102	0.98	1

#### I.4.4. INTENSIDAD DE ILUMINACION

Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie, se representa por la letra "E", y su unidad es el LUX cuya definición es:

" UN LUX ES LA ILUMINACION PRODUCIDA POR UN LUMEN UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO SOBRE UN METRO CUADRADO ".

En los paises ingleses se emplea el footcandle, que es la iluminación de una superficie de un pie cuadrado, que recibe uniformemente repartido el flujo de un lumen.

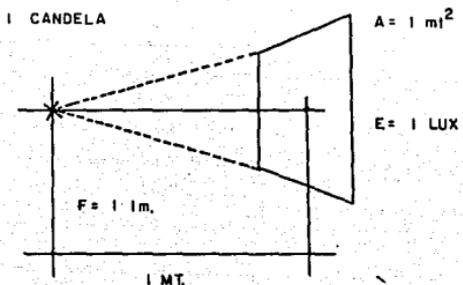


FIG. I-10

Equivalencia entre las unidades de intensidad de iluminación.

	WX	FOOTCANDLE
WX	1	0.093
FOOTCANDLE	10.764	1

TABLA I-2

#### 1.4.5. LUMINANCIA O BRILLO FOTOMETRICO

Llamado también brillo fotométrico, se define como la intensidad luminosa radiada por unidad de superficie y se representa por la letra "L".

##### UNIDADES DE LUMINANCIA SON:

EL STILB . Es la unidad internacional normalizada de luminancia y se define como la luminancia de una candela sobre un centímetro cuadrado de superficie ( $\text{cd}/\text{cm}^2$ ).

La luminancia también se expresa en  $\text{cd}/\text{m}^2$ , unidad que se conoce como "NIT".

También se utiliza el "LAMBERT", que es la luminancia de una superficie perfectamente difusora que emite o refleja un flujo luminoso uniforme de un lumen por centímetro cuadrado.

En los países de habla inglesa se usa la candela por pulgada cuadrada ( $\text{cd}/\text{pul}^2$ ), o también el footlambert que es igual a la luminancia de una superficie perfectamente difusora que emite o refleja un flujo luminoso uniforme de un lumen por pie cuadrado ( $\text{lm}/\text{ft}^2$ ).

## EQUIVALENCIAS ENTRE LAS UNIDADES DE LUMINANCIA

	STILB	NIT	LAMBERT	CANDELA POR PULG <sup>2</sup>	FOOTLAMBERT
STILB	1	$10^{-4}$	3.14	6.45	2.900
NIT	$10^{-4}$	1	$3.14 \times 10^{-4}$	$6.45 \times 10^{-4}$	0.29
LAMBERT	0.318	3183	1	2.05	930
CANDELA POR PULGADA <sup>2</sup>	0.155	1550	0.487	1	452
FOOTLAMBERT	$3.43 \times 10^{-4}$	3.43	$1.09 \times 10^{-3}$	$2.21 \times 10^{-3}$	1

TABLA 1-3

## 1.4.6. CURVAS DE DISTRIBUCION LUMINOSA

Un equipo de alumbrado se diseña para distribuir la luz de diversas formas, según la finalidad a la que vaya destinada.

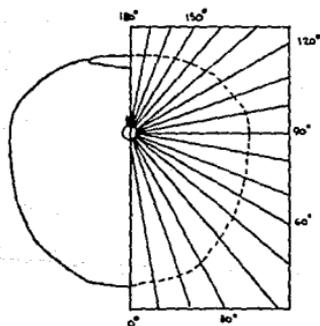
Esta distribución de la luz puede representarse gráficamente o numéricamente por diferentes métodos, el más común, de los cuales es, el de la "curva de distribución luminosa", las fuentes de luz artificial utilizadas en la práctica se ven afectadas en su distribución luminosa por la propia construcción de la fuente, presentando valores diversos en las distintas direcciones.

Con aparatos especiales se puede determinar la intensidad luminosa de un manantial en todas direcciones del espacio con relación a un eje vertical. Si representásemos por medio de vectores la intensidad luminosa de un manantial, en infinitas direcciones -- del espacio, obtendríamos un cuerpo llamado "sólido fotométrico", ver figura. 1-4

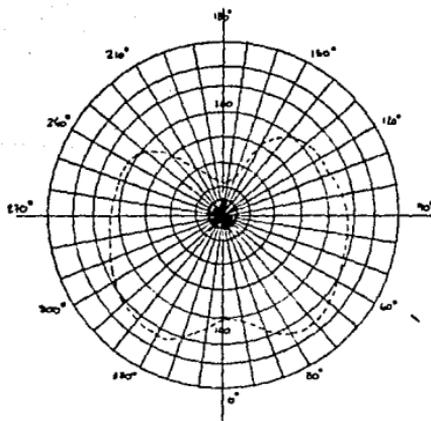
Haciendo un plano por el eje de simetría del cuerpo luminoso, se obtiene una sección limitada por una curva a la que se denomina "curva de distribución luminosa" ó "curva fotométrica".

Mediante la curva fotométrica de un manantial, se puede determinar con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, dato necesario para algunos cálculos de iluminación, las curvas de distribución luminosa las proporcionan las casas fabricantes de lámparas y de aparatos de iluminación.

Si la curva de distribución es simétrica, casi siempre las casas comerciales proporcionan media curva fotométrica.



SOLIDO FOTOMETRICO



CURVA DE DISTRIBUCION LUMINOSA

Existen manantiales luminosos cuya distribución de luz, no es si métrica; por ejemplo, las lámparas fluorescentes o las lámparas de vapor de sodio a baja presión. En este caso se necesitan varios grupos de curvas ya que la fuente por medir no es puntiforme.

Los planos que se consideran para obtener las curvas de distribución luminosa de las fuentes que no son puntiformes son: el longitudinal, el transversal y uno a  $45^\circ$  con respecto al centro de la lámpara o luminaria, como lo muestra la figura siguiente: 1-12

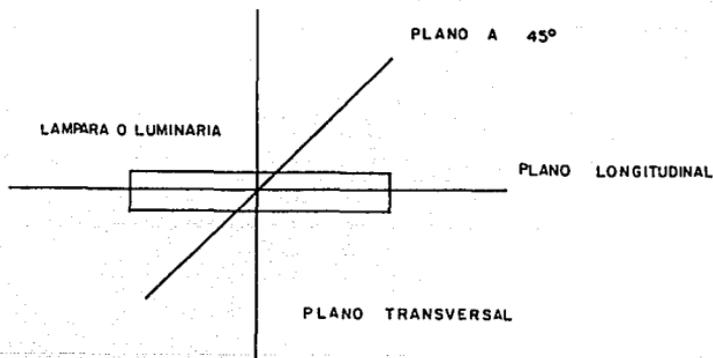


FIG. 1-12

Los datos de distribución luminosa de equipos productores de haces tales como focos y proyectores, se suelen representar en -- coordenadas rectangulares en lugar de en polares indicándose sobre la base del diagrama la distancia angular desde el centro del haz, y en ordenadas la intensidad luminosa. Si la distribución es simétrica respecto a un eje central, puede representarse

el haz con una sola curva. Un haz asimétrico, en cambio requiere al menos una curva vertical y otra transversal horizontal y - a veces más, para que la descripción sea completa.

DISTRIBUCION LUMINOSA DE UN PROYECTOR

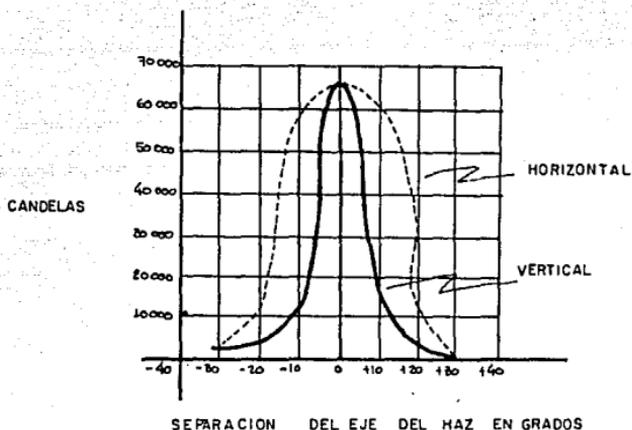


FIG. 1-13

La mejor representación de un haz irregular se obtiene mediante un Diagrama Isocandela. En él se representan en grados las distancias al eje del haz, tanto horizontal como verticalmente, y se recoge gran número de lecturas de intensidades luminosas en diferentes puntos. las curvas que se dibujan unen puntos de igual intensidad luminosa, de forma similar a como se trazan las isobaras e isoterms en un mapa del tiempo.

Los diagramas isocandela que se refieren a haces notablemente dispersos se representan a veces en proyección semiesférica, en la cual las áreas de las zonas estudiadas pueden verse con mayor

precisión que empleando coordenadas rectilíneas.

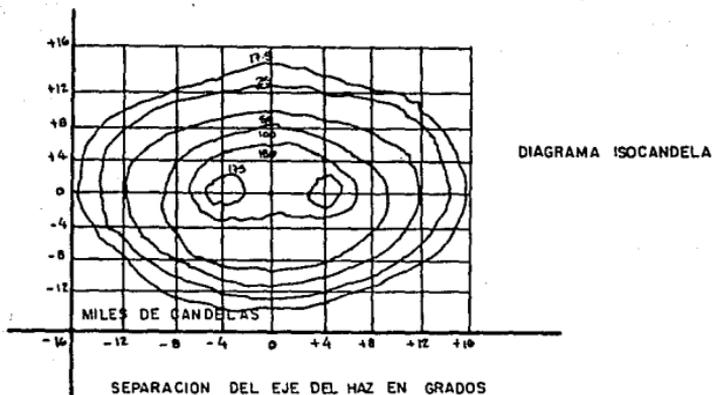


FIG. 1-14

Un "diagrama isolux", es un conjunto de curvas que unen puntos - del plano de trabajo que reciben la misma iluminación con objeto de que la información pueda ser fácilmente aplicable para distintas alturas de montaje las distancias en el plano de trabajo se expresan en múltiplos de dicha altura.

La iluminación para otras alturas de montaje distintas de la correspondiente a las curvas trazadas se obtienen multiplicando -- los valores dados por éstas por la relación entre el cuadrado de la altura de montaje dada y el cuadrado de la nueva altura montaje o distancia entre la luminaria y el plano de trabajo da lugar a un diagrama isolux distinto.

Por otro lado, el diagrama isocandela es una característica fija de la luminaria, independientemente de la distancia o altura de montaje. Los diagramas isocandela se utilizan quizá con más frecuencia en la representación de haces de faros, focos y proyectores, y los diagramas isolux por su parte, para instalaciones de alumbrado público, si bien unos y otros pueden emplearse indistintamente para cualquier tipo de instalaciones de alumbrado.

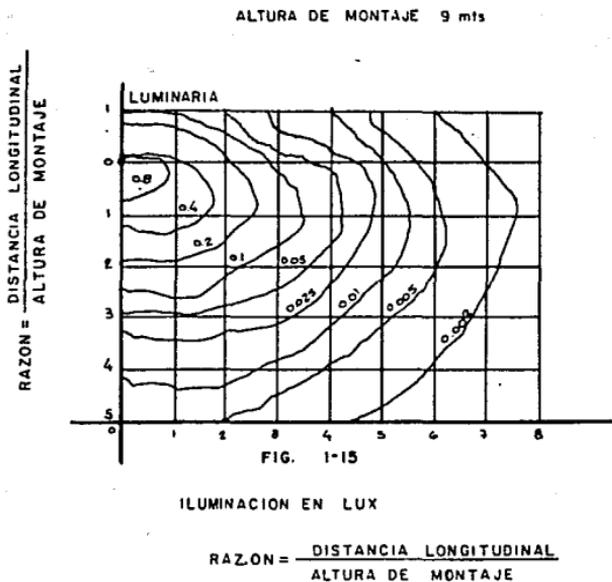


DIAGRAMA ISOLUX DE UNA LUMINARIA TIPO  
DE ALUMBRADO PUBLICO

## 1.5. MEDICIONES DE ILUMINACION

### 1.5.1. INTRODUCCION

Apartir del descubrimiento del fuego, el hombre ha ido desarrollando continuamente mejores fuentes luminosas, así como métodos para controlar la luz en su medio ambiente.

Primero aparecieron las fogatas para iluminar sus cavernas, pero como la civilización progresó y su extensión fue cada vez mayor.

La fogata cambió a cirio, después una lámpara de aceite, después una lámpara de gas; finalmente, la ciencia de la iluminación como la conocemos hoy en día se inició con el invento de la lámpara eléctrica de Edison.

La iluminación avanzó rápidamente, desarrollando lámparas de filamento más eficientes y nuevas fuentes de luz como: lámparas de vapor de mercurio, aditivos metálicos, vapor de sodio y las lámparas fluorescentes. Sin embargo estas mejoras en la energía luminosa carecían de sentido, a menos que ellas pudieran ser medibles y controlables, así como la ciencia creció, un número de términos fueron apareciendo para describir ciertas cantidades y condiciones que fueran características para la iluminación.

La Fotometría es una rama de la ingeniería de iluminación que se dedica a las mediciones de luz y emplea como instrumento básico al fotómetro. Los primeros fotómetros dependen de una apreciación o estimación visual como medio de medición. Estos han sido sustituidos por fotómetros físicos, los cuales dan mayor precisión en sus lecturas, además de un fácil manejo.

Los fotómetros físicos difieren en su funcionamiento al del ojo humano, porque ellos responden a la iluminación o concentración de-

energía radiante. Energía radiante incidente sobre receptores físicos producen un cambio en cantidades eléctricas las cuales pueden ser medidas.

En la ingeniería de iluminación, la luz es parte del espectro de energía radiante el cual puede ser visto por el ojo humano.

El espectro electromagnético incluye energía radiante de muchas longitudes de onda, pero solamente una banda angosta de alrededor de los 400 a 700 milimicrones es visible.

Cuando éstas ondas de energía llegan al ojo humano, la visión toma lugar.

#### CURVA DE EFICIENCIA LUMINOSA ESPECTRAL.

En general, las mediciones de luz con instrumentos físicos son útiles solamente, si ellos indican realmente como reaccionaría el ojo humano a ciertos estímulos. En otras palabras, tales instrumentos deberán ser sensibles al espectro de energía radiante en la banda de los 400 - 700 milimicrones.

Debido a diferencias sustanciales entre pares de ojos la CIE ha establecido una curva de respuesta patrón o curva de sensibilidad del ojo.

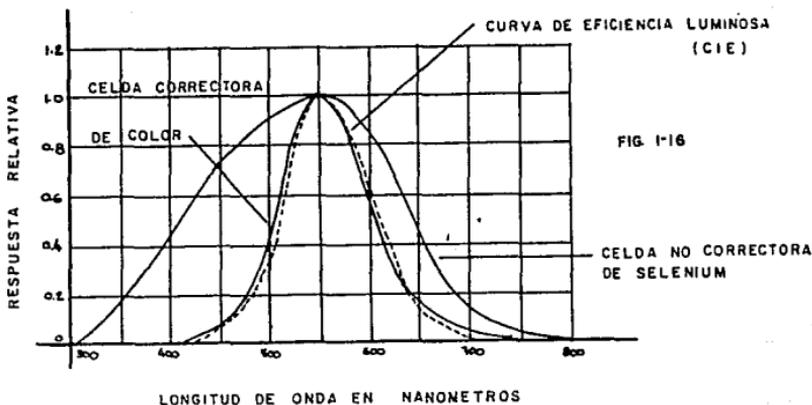


FIG 1-16

Por lo tanto, las características sensitivas de un receptor físico deberán ser equivalentes a este observador patrón.

## I.5.2. BASES DE LA FOTOMETRIA

### I.5.2.1. LEYES FUNDAMENTALES DE LA ILUMINACION

#### I.5.2.1.a. LEY DE KEPLER O LEY DEL CUADRADO INVERSO

La cual expresada en forma matemática es la relación que existe entre la intensidad luminosa y la iluminación.

Establece que la iluminación (E), en un punto sobre una superficie es directamente proporcional a la intensidad luminosa (cd), de la luz incidente en ese punto e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia ( $d^2$ ), del punto a la fuente. Cuando el punto está sobre una superficie normal a la luz incidente, se aplica la siguiente fórmula:

$$E = \frac{I}{d^2} \text{ (cd)} \quad (1)$$

EN DONDE:

- E = Iluminación (bujías/pie o luxes)
- cd = Candelas dirigidas hacia el punto de interés
- $d^2$  = Distancia desde la fuente luminosa al punto de interés.

Esta ley se basa en el concepto de una fuente puntual, cuya radiación es igual en todas direcciones, bajo esta condición el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido unitario se esparcía sobre una área grande conforme la distancia hacia la fuente-

aumenta.

Por lo tanto, la densidad de flujo, o lumen por metro cuadrado - decrece inversamente, según el cuadrado de la distancia, es decir a un metro de distancia de una fuente de una candela la iluminación es de un lux.

Conforme la distancia se duplica desde la fuente de luz, el área cubierta por el ángulo sólido se cuadruplica, por lo tanto la iluminación disminuye a la cuarta parte.

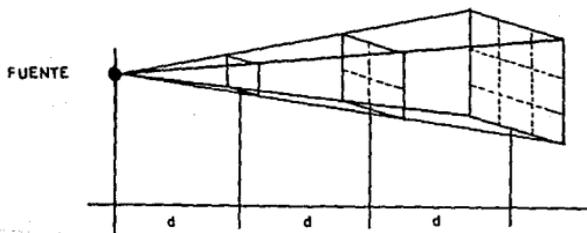


FIG. I-17

#### I.5.2.1.b. LEY DE LAMBERT O LEY DEL COSENO

Cuando un rayo de luz incide sobre una superficie inclinada a - cierto ángulo, éste cubre una área mayor comparativamente a dicha superficie si es perpendicular a dicho rayo.

Como consecuencia la densidad de flujo (luz), o lúmenes por me-- tro cuadrado sobre una superficie inclinada es menor. El área -

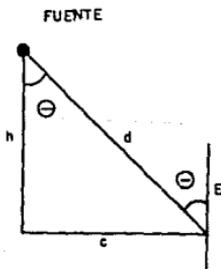
interceptada por el rayo de luz puede calcularse debido a que es proporcional al coseno del ángulo que el plano inclinado forma con el plano normal.

La ley del Coseno establece que la iluminación de una superficie es proporcional a el coseno del ángulo de incidencia del rayo de luz.

Combinando la ley del inverso cuadrado de la distancia y la ley del coseno queda:

$$E = \frac{cd}{d^2} \cos \theta \quad (2)$$

Una derivación de la ecuación 2 es: El coseno cúbico



$$\cos \theta = \frac{h}{d} \therefore d = \frac{h}{\cos \theta}$$

$$E = \frac{1}{h^2} \cos^3 \theta \quad (3)$$

### 1.5.3. INSTRUMENTOS DE MEDICION

#### 1.5.3.1. PATRONES

Los patrones de candelas, flujo luminoso y color son establecidos por los "National Physical Laboratories".

Diferentes tipos de patrones pueden ser usados en los laboratorios Fotométricos.

##### 1.5.3.1.a PATRON PRIMARIO

Establecido como patrón primario y del cual se derivan los valores de otros patrones.

##### 1.5.3.1.b PATRON SECUNDARIO

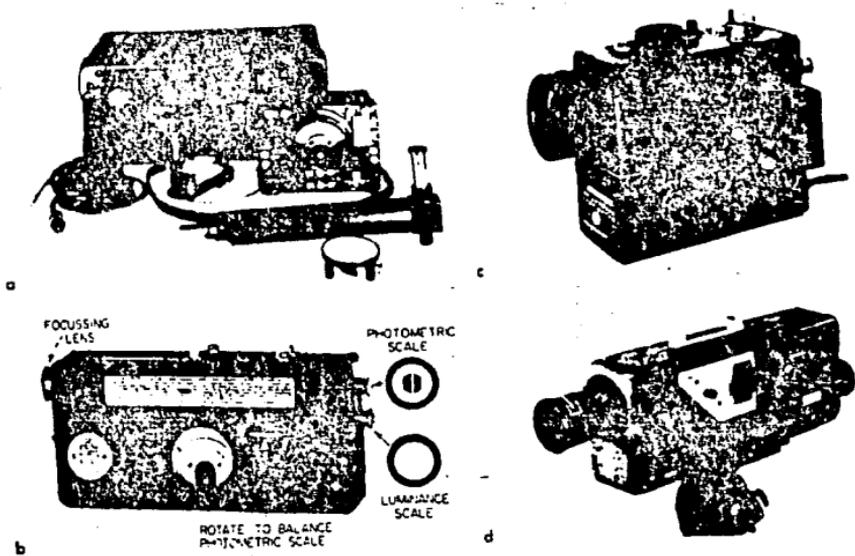
Usualmente derivados de los primarios y son generalmente utilizados en los laboratorios Fotométricos de la industria.

#### 1.5.3.2. FOTOMETROS

Un Fotómetro es un dispositivo para hacer mediciones de energía radiante dentro del espectro visible. En general los fotómetros pueden ser clasificados en:

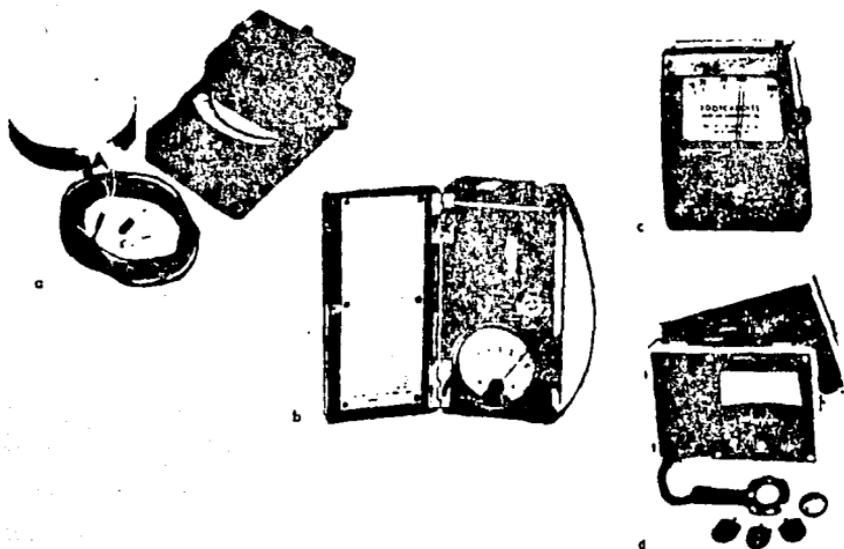
##### 1.5.3.2.a FOTOMETROS DE LABORATORIO

Son en general instrumentos físicos que consisten de un elemento sensitivo a estas radiaciones dentro del espectro visible, además de ser de alta precisión y exactitud.



- a. Iluminómetro Macbeth  
 b. Medidor de Luminancia Taylor  
 c. Medidor de Brillantez  
 d. Fotómetro de Pritchard

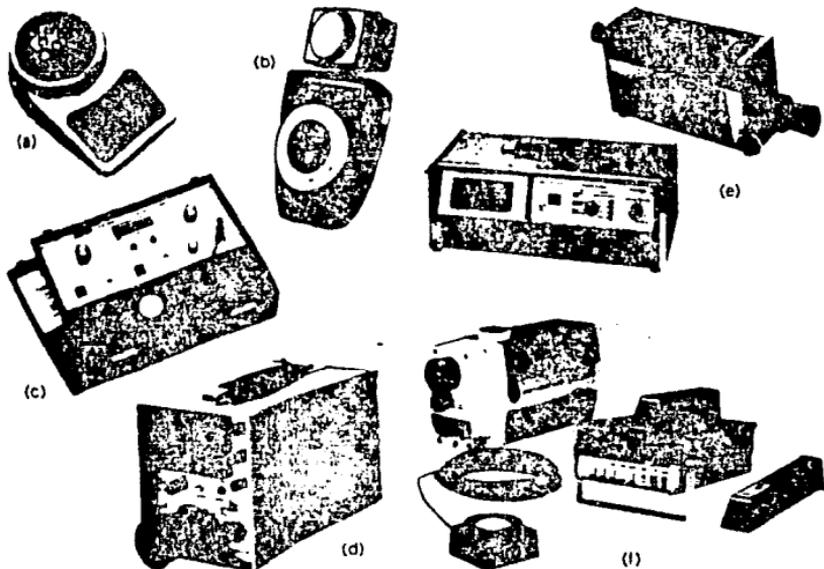
FIG. 1-18



Medidores de Iluminación fotoeléctrica portátiles

- a. Medidor de celda múltiple
- b. Medidor de celda embizagrada
- c. Medidor de Iluminación con color y coseno corregido de bolsillo
- d. Medidor de Iluminación con fotocelda color-coseno corregido y -  
amplificador operacional.

FIG. 1-19



• Fotómetros Fotoeléctricos Portátiles

- a. Medidor de Iluminancia con color y coseno corregido de bolsillo.
- b. Medidor pequeño de Luminancia/Iluminancia.
- c. Medidor de Iluminancia/Radiación.
- d. Medidor de Luminancia tipo gota.
- e. Fotómetro de Luminancia Pritchard.
- f. Fotómetro para Iluminancia, Luminancia y Radiación.

FIG. 1-20

### 1.5.3.2.b FOTOMETROS PORTATILES

Son utilizados para mediciones de campo y de menor exactitud. - Estos son agrupados según su función y de ellos los principales son para medición de: Intensidad luminosa, iluminancia, luminancia y flujo luminoso.

### 1.5.3.2.c FOTOMETROS DE DISTRIBUCION

Son utilizados para realizar mediciones de intensidad luminosa - (candelas), y hay 3 tipos diferentes.

#### 1.5.3.2.c-1 GONIOMETRO Y CELDA FIJA

La fuente luminosa es montada en un goniómetro el cual permite - que la fuente sea rotada alrededor de ambos ejes vertical y horizontal. Las candelas son medidas por una celda fija. Existen - diferentes versiones de goniómetros, cada uno relacionado al tipo de luminario que va a ser fotometreado.

Con el uso de las computadoras, el sistema de coordenadas de un - goniómetro puede ser fácilmente combinado a otro sistema, los -- dos tipos de sistemas de goniómetros son conocidos como tipo "A" y tipo "B".

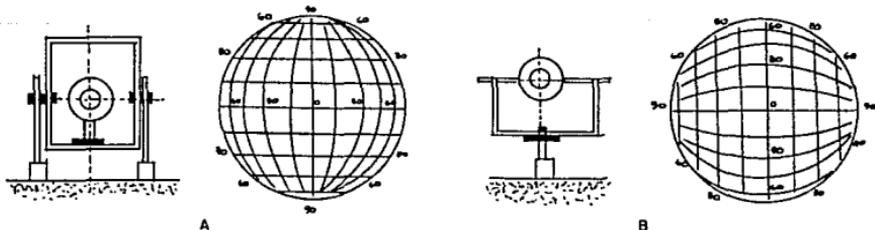


FIG. 1-21

## I.5.3.2.c-2 FOTOMETRO DE CELDA MULTIPLE FIJA

Numerosas fotoceldas individuales son colocadas a diferentes ángulos alrededor de la fuente luminosa bajo prueba. Las lecturas son tomadas en cada fotocelda para determinar la distribución de candelas.

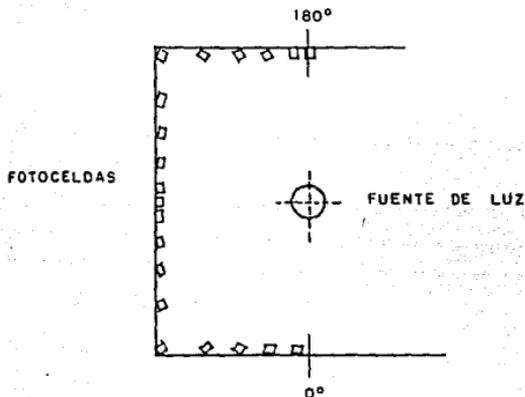


FIG. I-22

## I.5.3.2.c-3 FOTOMETRO DE CELDA MOVIL

Este dispositivo consiste de una fotocelda la cual se monta sobre un eje giratorio, donde la fuente luminosa esta ubicada en el arco trazado por la celda. Las lecturas son tomadas con la celda colocada en las posiciones angulares deseadas.

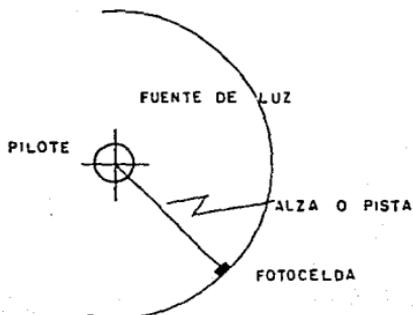


FIG. I-23

### I.5.3.3. REFLECTOMETROS

Son fotómetros usados para medir reflectancia de materiales o su superficies en formas especiales. Miden reflectancias difusas, es peculares y/o totales.

### I.5.3.4. RADIOMETROS

Son usados para medir energía radiante en un amplio rango de longitudes de onda, incluyendo las regiones ultravioleta visible, e infrarroja del espectro.

### I.5.3.5. ESPECTRO FOTOMETROS

Fotometría son las mediciones de energía dentro del espectro visible, valorado de acuerdo a la curva de respuesta del ojo; sin embargo, cuando la energía es medida como una función de la longitud de onda, la medición es retenida como espectro fotometría es importante en la determinación de la transmitancia y reflectancia espectral.

#### I.5.4. MEDICIONES DE LABORATORIO

Los luminarios deben ser probados en un local con medio ambiente controlado; el laboratorio fotométrico deberá permanecer libre de corrientes de aire, la temperatura del cuarto de prueba deberá mantenerse constante a  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . La fuente de alimentación deberá ser regulada y libre de distorsiones para minimizar cualquier efecto por variaciones de tensión.

El cuarto de prueba deberá pintarse de negro y contar con suficientes pantallas acústicas para eliminar fenómenos extraños y reflexión de luces extrañas durante la prueba.

Los luminarios son montados en goniómetros que permiten tal colocación que definen ángulos alrededor de ambos ejes vertical y horizontal. Existen diferentes versiones de goniómetros, cada uno de ellos relacionado al tipo de luminario bajo prueba. Es conveniente usar un goniómetro que mantenga al luminario en su posición de operación normal durante la prueba.

Para mediciones precisas, la distancia entre el luminario y el dispositivo sensor de luz, deberá ser lo suficientemente grande para que se aplique la ley del cuadrado inverso.

La distancia de prueba mínima es gobernada por las dimensiones -- máxima del luminario.

Para mayor precisión de la distancia de prueba, ésta deberá medirse desde el centro fotométrico del luminario a la superficie de la fotocelda.

### I.5.4.1. CONDICIONES GENERALES DE PRUEBA

Recomendaciones IES, para interiores

#### I.5.4.1.a LAMPARAS DE PRUEBA

Deberán prevejerse al menos 100 horas y cumplir con las características de lámparas patrón (parámetros eléctricos nominales), antes de ser utilizadas en las pruebas fotométricas, debido a que durante las pruebas deben permanecer estables.

#### I.5.4.1.b ESTABILIZACION

Deberá dejar que la emisión luminosa alcance su punto de estabilización antes de correr la prueba.

#### I.5.4.1.c FOTOMETRO

El equipo fotométrico deberá estar calibrado en todas sus escalas. Las lecturas deberán tomarse con una tolerancia de  $\pm 2\%$ . - Las posiciones angulares con una tolerancia de  $\pm .25^\circ$ .

#### I.5.4.1.d MEDICIONES

Se recomienda el método relativo para la distribución de candelas. Un factor de calibración debe obtenerse con instrumentos calibrados y dentro de su precisión especificada.

### 1.5.5. MEDICIONES EN CAMPO (tipo interior)

En la evaluación de una instalación de alumbrado en campo es necesario medir o inspeccionar la calidad y cantidad de iluminación en el medio ambiente específico.

La IES ha desarrollado un método de inspección uniforme de mediciones y de los datos necesarios para un reporte de este tipo.

Los resultados de estas inspecciones uniformes pueden ser usadas solas o con otras inspecciones, con propósitos de comparación y de acuerdo a especificaciones se analizan para revelar las necesidades de mantenimiento modificación o sustitución.

Las mediciones de campo son aplicables únicamente a las condiciones de alumbrado existente durante la inspección. Esto es muy importante de modo que se debe hacer una descripción detallada del área inspeccionada así como de los factores que puedan afectar los resultados, tal como: Reflectancias de superficies, tipo y envejecimiento de las lámparas, tensión e instrumentos usados en la inspección.

En mediciones de iluminación, los instrumentos de celda utilizados deben ser de coseno y color corregido. Deberán ser utilizados si es posible a una temperatura entre 15°C y 50°C.

Antes de tomar lecturas, las celdas deberán exponerse a un nivel de iluminación igual al que va a ser medido hasta que alcance su estabilización. Proyección de sombras sobre la celda del elemento sensor de luz, deberán evitarse mientras se están tomando las lecturas con el instrumento. Un sistema de alumbrado con lámparas de descarga de alta intensidad o fluorescentes deberá estar en operación durante al menos una hora antes de ser tomadas las mediciones para asegurar que la salida luminosa en condiciones -

normales ha sido alcanzada. En instalaciones con lámparas de des carga con gas relativamente nuevas deberán transcurrir al menos - 100 horas antes de hacer las mediciones.

Con lámparas de tipo incandescente el preenvejecimiento es llevado a cabo en un tiempo corto (20 horas o menos según los Watts de la lámpara).

## CAPITULO II

### DISEÑO LUMINICO

#### 2.1. DEFINICION

Por diseño lumínico se entiende el conjunto de cálculos, dibujos, especificaciones, estudios y evaluaciones económicas cuyo objetivo es definir los elementos de un sistema de alumbrado y sus condiciones de instalación. Dicho sistema deberá proporcionar suficiente energía luminosa, de la calidad necesaria para realizar en forma adecuada la tarea visual que se requiere, y sus características deberán ser congruentes con la geometría particular de las calles y vialidades.

#### 2.2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Para llevar a cabo el diseño de un sistema de iluminación se deben de tomar en cuenta ciertos factores, los cuales van a determinar la selección del equipo, y que a continuación mencionamos:

- La tarea visual a realizar es muy importante ya que nos marca un margen de nivel de iluminación dependiendo de el carácter de ésta. Como ejemplo podemos mencionar que no es el mismo nivel de iluminación requerido para seguridad en una vialidad residencial que el requerido para una vialidad de alta velocidad.
- Otro factor importante a considerar es la geometría de las calles ya que dependiendo de éstas, se toman decisiones con respecto a la selección del equipo, así como también el aspecto estético del mismo.

- Otro factor no menos importante y que hay que considerar, es la energía luminosa, la cual será de la cantidad y calidad necesaria para llevar a cabo la realización de la "Tarea Visual".

### 2.3. SELECCION DE CRITERIOS DE DISEÑO

En términos generales, se puede considerar que un diseño lumínico consiste en llegar a contestar tres preguntas:

- 1.- Qué tipo de lámparas se deben instalar.
- 2.- Qué tipo de luminaria se debe instalar para esas lámparas y
- 3.- Cómo y dónde se deben instalar las luminarias.

Para llegar a contestar estas tres preguntas, se parte del conocimiento de:

- 1.- La tarea visual por realizar.
- 2.- La geometría de la localidad en que se va a realizar dicha tarea.

A continuación se presenta un diagrama de flujo el cual nos indicará la secuencia a seguir en la determinación del diseño de un sistema de iluminación.

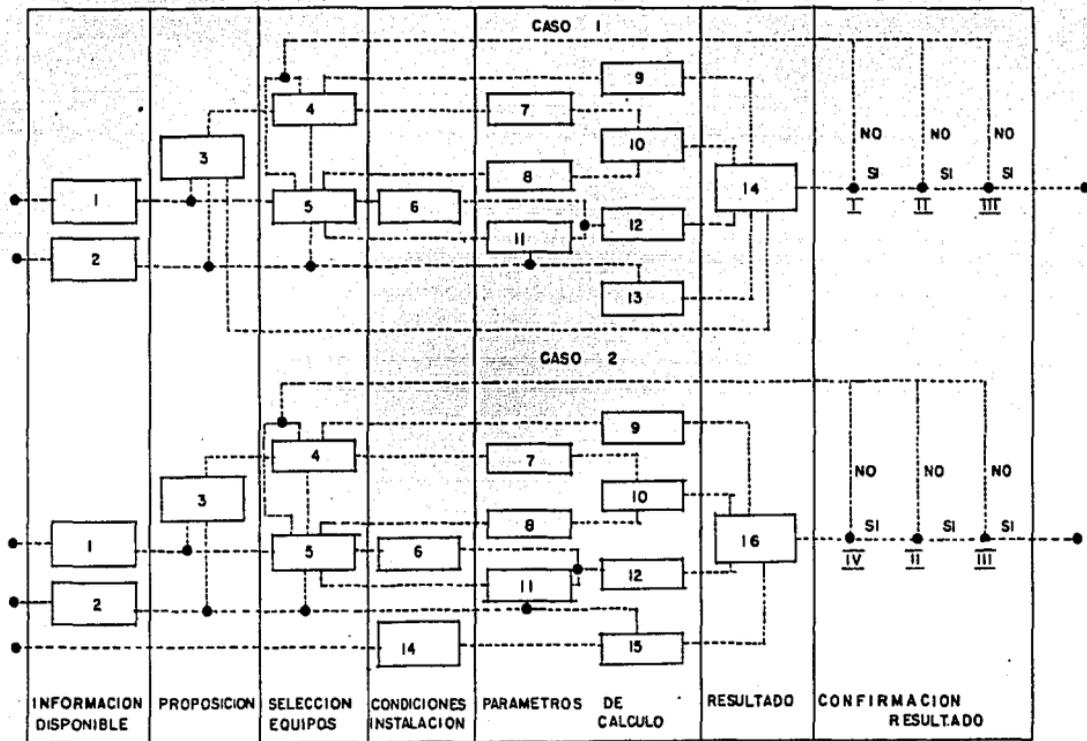


FIG. 2 0

- 1 - USO DE LA VIALIDAD
  - 2 - GEOMETRIA DE LA VIALIDAD
  - 3 - NIVEL DE ILUMINACION PROPUESTO
  - 4 - SELECCION DE LA LAMPARA
  - 5 - SELECCION LUMINARIA
  - 6 - ALTURA DE MONTAJE
  - 7 - FACTOR DE DEPRECIACION DE LA LAMPARA
  - 8 - FACTOR DE DEPRECIACION DE LA LUMINARIA
  - 9 - LUMENES POR LAMPARA
  - 10 - FACTOR DE MANTENIMIENTO
  - 11 - CURVA DE UTILIZACION
  - 12 - COEFICIENTE DE UTILIZACION
  - 13 - ANCHO DE CALLE
  - 14 - DISTANCIA INTERPOSTAL
  - 15 - SUPERFICIE
  - 16 - NIVEL DE ILUMINACION OBTENIDO
- I - Es util vs. geometria vial
- II - Uniformidad
- III - Brillo
- IV - Nivel adecuado -

### 2.3.1. TIPO DE LAMPARA

La selección del tipo de lámpara a utilizar debe hacerse tomando en consideración varias condiciones importantes las cuales mencionaremos a continuación:

- a).- LA EFICIENCIA DE LA FUENTE.
- b).- LA DEPRECIACION DE LA EMISION LUMINOSA CON EL TIEMPO.
- c).- LA VIDA UTIL DE LA LAMPARA.
- d).- EL COLOR DE LA LUZ EMITIDA.
- e).- LA EFICIENCIA DE LAS LUMINARIAS EN RELACION CON LA LAMPARA.
- f).- LA GEOMETRIA LOCAL.

Es importante considerar en el análisis el efecto conjunto de las condiciones, ya que se interrelacionan y dependiendo de las condiciones que se presenten en el diseño de un proyecto de alumbrado público, unas condiciones tendrán una importancia mayor que otras para una tarea visual específica, luego entonces no podemos jerarquizar estas condiciones ya que dependiendo del tipo de tarea visual a realizar la importancia ó jerarquización de las mismas no es absoluta.

### 2.3.2 ENERGIA LUMINOSA EMITIDA POR LAS LAMPARAS

La energía luminosa emitida por las lámparas que usualmente publican los fabricantes, expresada en lúmenes, corresponde a la emisión inicial de las Fuentes luminosas, generalmente es el flujo luminoso esperado a las 100 horas de uso.

No obstante, este valor inicial de emisión luminosa sufre de pérdidas constantes, pérdidas las cuales se deben a diferentes factores tales como la variación de la tensión, factor de balastro y temperatura ambiente.

A continuación se describirá cada uno de los factores indicando como influyen en la pérdida de la emisión luminosa de la lámpara.

### 2.3.2.1. VARIACION DE LA TENSION

La variación de la tensión de alimentación a las lámparas en aumento o disminución, repercute necesariamente sobre la emisión luminosa variando desde valores depreciables en balastos autorregulados hasta 3% por cada 1% de variación en la tensión en balastros con alta reactancia.

### 2.3.2.2. FACTOR DE BALASTRO

La información fotométrica proporcionada por los fabricantes, está basada en pruebas desarrolladas en balastos "patrón", y la emisión luminosa que se obtenga con equipos de línea puede variar.

### 2.3.2.3. TEMPERATURA AMBIENTE

La variación de la temperatura ambiente ocasiona una variación en la emisión de las lámparas; sin embargo, en el caso de las lámparas de descarga de alta intensidad, que prácticamente tienen un encapsulado doble, este efecto no es de consideración.

De acuerdo con lo expuesto, no existen criterios precisos para la cuantificación de estas variaciones, con la información disponible sin embargo la "IES", recomienda un factor de decaimiento global de 0.9.

### 2.3.3. PERDIDAS DE ENERGIA DE LAS LAMPARAS

El flujo luminoso emitido por las lámparas no es un valor que permanece constante a lo largo de su vida útil. Cada uno de los diferentes tipos de lámpara presentan una " depreciación " debida a diferentes causas.

Los fabricantes de lámparas deben proporcionar, además de los valores de todos los parámetros en que operan, información sobre la variación de la emisión y de la vida de ellas, mediante las curvas de depreciación lumínica, y de mortalidad.

#### 2.3.3.1. CURVA DE DEPRECIACION LUMINICA

Esta curva nos permite analizar gráficamente la variación de la emisión luminosa de la lámpara a lo largo de su vida, normalmente a partir del valor inicial obtenido a las 100 horas. En algunos casos, como en las lámparas de aditivos metálicos, existe variación en estas características según la cantidad de "arranques" a que se somete a la lámpara:

Como se observa en la fig. 2.1..

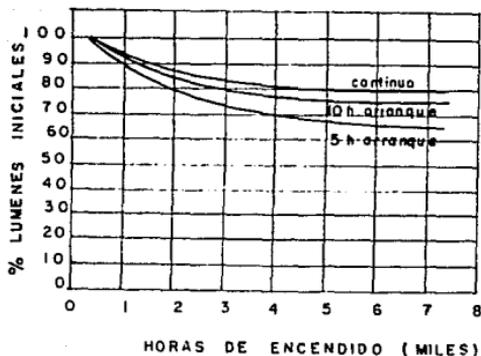


FIG N° 2.1

En el caso de las lámparas de vapor de mercurio y de vapor de sodio de alta presión, no se presenta la variación anterior. El decaimiento de las lámparas de vapor de mercurio se ve afectado; -- sin embargo, por la posición de operación de la lámpara, la lámpara en posición vertical logra una menor disminución, como se ob--serva en la fig. 2.2

DEPRECIACION LUMINICA DE LAMPARA VM 175 W

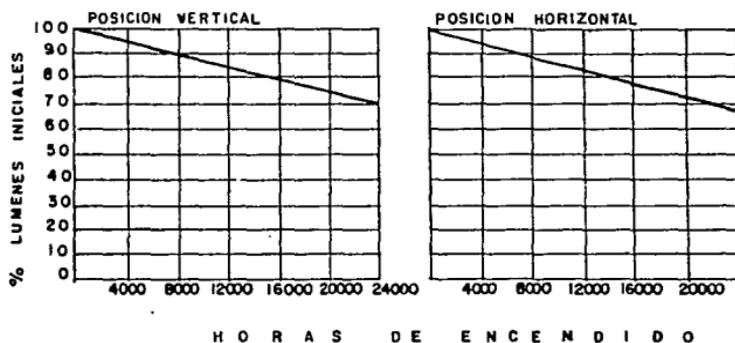


FIG N° 2.2

DEPRECIACION LUMINICA DE LAMPARAS VSAP DE 150, 250, 400, Y 1000 W.

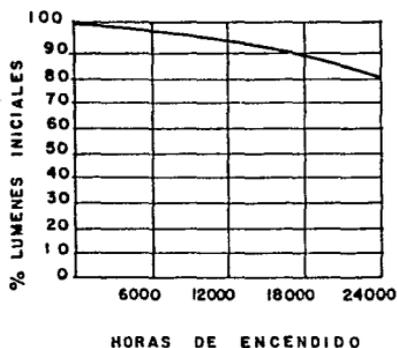


FIG N° 2.2

## 2.3.3.2. CURVA DE VIDA UTIL Ó MORTALIDAD

El fabricante, con esta curva, informa la vida promedio reportada en condiciones "ideales" en pruebas de laboratorio, con tensión de alimentación regulada y equipo patrón, reportando el porcentaje de las lámparas de un "lote" representativo que permanece operando después de la cantidad de horas transcurridas graficadas, determinadas comúnmente en ciclos de trabajo de cierta -- cantidad de horas por arranque. Ver fig. 2.3.

CURVA DE MORTALIDAD — LAMPARAS V.M.

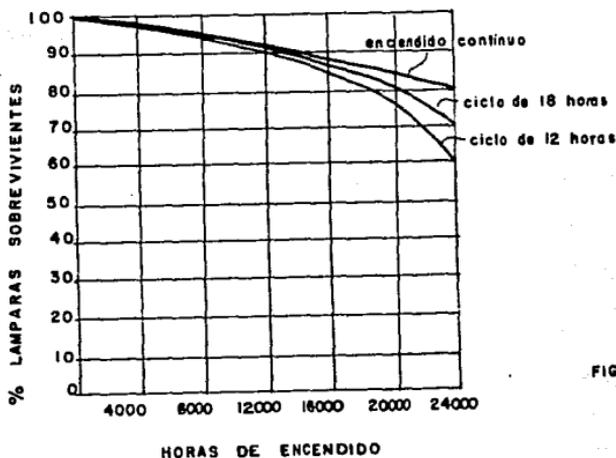


FIG. Nº 23

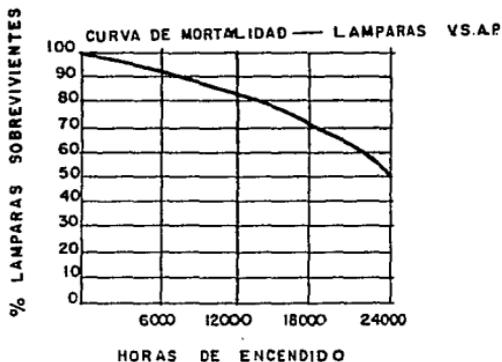


FIG. Nº 23

### 2.3.3.3. CONDICIONES PARA DISEÑO

Para el diseño lumínico, es importante considerar que no se debe hacer el cálculo del sistema con el valor de la emisión inicial de las lámparas, ya que de esta manera la instalación cumplirá con su cometido sólo en el momento de iniciar la operación. En realidad, el valor del flujo a considerar para el cálculo es función del análisis conjunto de las dos gráficas anteriores, definiendo en la curva de depreciación lumínica el porcentaje de los lúmenes iniciales que se tendrán transcurrido el tiempo para el cual se está diseñando. Este tiempo es función del resultado de un estudio económico que define el valor óptimo para el intervalo de reposición de las lámparas, dependiente de la curva de mortalidad. Este es un proceso en el que se procede por aproximación planteando varias alternativas cuya relación permita concluir un resultado certero. En conclusión, se conocerá el valor de la pérdida de la energía emitida por las lámparas, al tiempo de diseño, leyendo directamente los datos de la curva de depreciación lumínica de la lámpara en cuestión. En realidad, el dato necesario para diseño es el porcentaje de la energía que permanece emitiéndose después de transcurrido un intervalo de tiempo, que es el valor indicado en la gráfica.

### 2.3.3.4. FACTOR DE CRESTA DEL BALASTRO

El factor de cresta del balastro usado con las lámparas de descarga de alta presión, puede afectar notablemente el decaimiento lumínico de éstas. El factor de cresta de una onda de corriente alterna se define como la relación del valor " pico " al valor RMS., ver fig. 2.4.

El valor " perfecto " para la onda de salida del balastro es 1.4. El valor del factor aumenta al disminuir su calidad, y el resultado de esto es negativo para la operación de las lámparas.

Las figs. No. 2.5 y No. 2.6, permiten observar como se afecta el flujo medio emitido, y el decaimiento de las lámparas, al aumentar el factor de cresta.

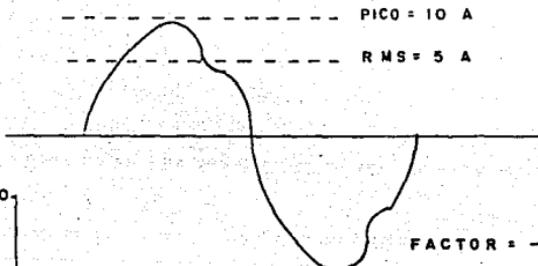


FIG. N° 2.4

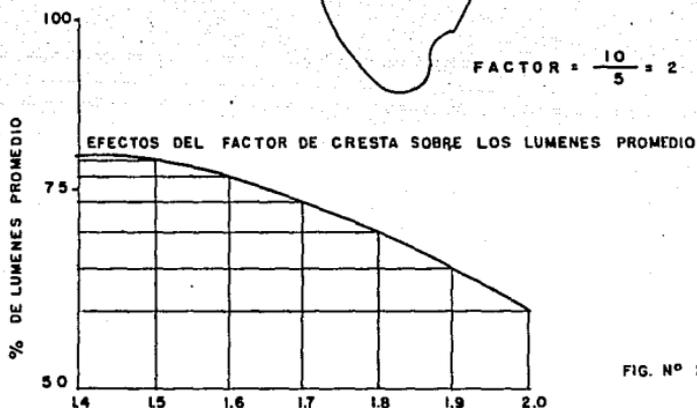


FIG. N° 2.5

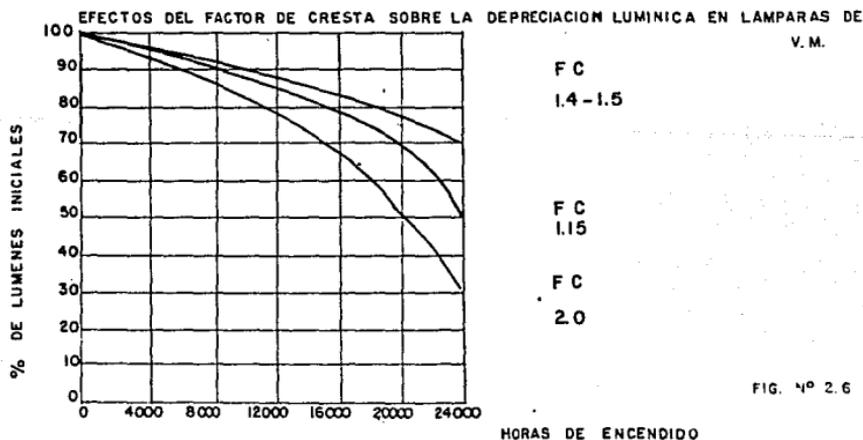


FIG. N° 2.6

HORAS DE ENCENDIDO

#### 2.3.4. TIPO DE LUMINARIA

Para la definición del tipo de luminaria se debe tomar en cuenta el cumplimiento de las siguientes condiciones:

- Ser adecuadas al tipo de lámpara seleccionada.
- Ser adecuadas al funcionamiento óptico impuesto por la geometría de las vialidades.
- Proporcionar la máxima utilización del flujo luminoso emitido por las lámparas.
- Ser adecuadas a las condiciones del ambiente en que operarán.

A continuación, explicaremos en detalle cada una de las condiciones antes mencionadas:

##### 2.3.4.1. ADECUADAS AL TIPO DE LAMPARA

No obstante que existen luminarias que pueden operar con distintos tipos de lámpara, al seleccionar una luminaria se debe considerar que las dimensiones de las lámparas son variables en función de su tipo; establecen limitaciones importantes que impiden la operación de una luminaria con lámparas distintas, ó que al operar en esas condiciones originan disminuciones importantes en la eficiencia.

Debe considerarse también la existencia del equipo eléctrico auxiliar (balastro), cuya ubicación se simplifica cuando forma parte de la luminaria misma.

##### 2.3.4.2. FUNCIONAMIENTO OPTICO NECESARIO

De acuerdo con las restricciones que impone la geometría de las vialidades, se debe analizar cuál es el tipo de luminaria cuya

distribución lumínica es más útil para cada caso, la selección -- correcta de la distribución tiene como consecuencia una utilización mejor de la energía.

Toda luminaria tiene 3 tipos de distribuciones, las cuales en conjunto nos dan la distribución lumínica total.

Dichas distribuciones son:

- Distribución transversal.
- Distribución horizontal ó longitudinal.
- Distribución vertical

#### 2.3.4.2.1 SELECCION DE LA DISTRIBUCION TRANSVERSAL

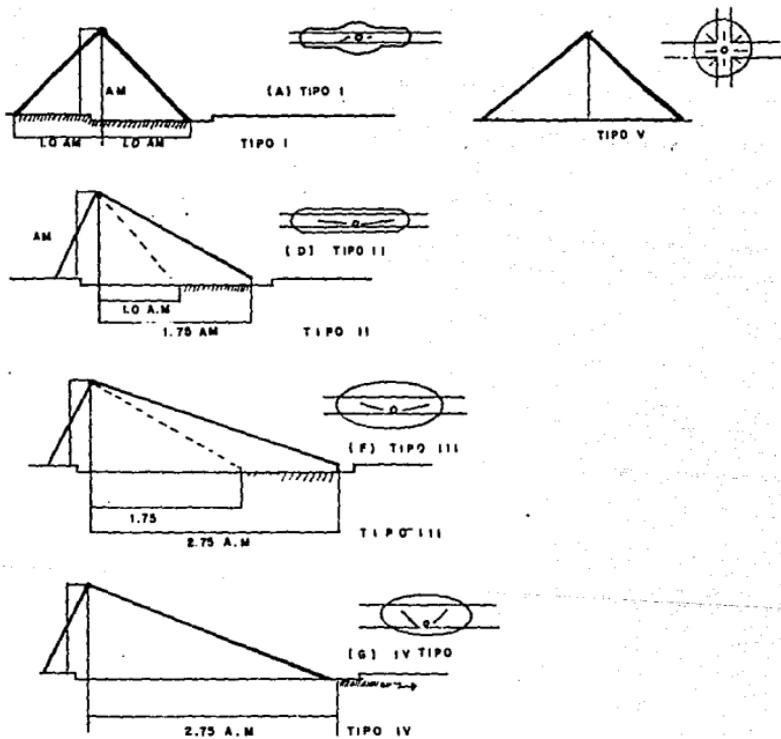
La variable a definir es la capacidad de la luminaria de dirigir la intensidad luminosa en sentido transversal al eje de la calle, de acuerdo con el mayor alcance que se desee.

La figura 2.7 resume la clasificación de los diferentes tipos de curvas en función del alcance transversal que logran, referido a la altura de montaje de la luminaria.

#### 2.3.4.2.2 SELECCION DE LA DISTRIBUCION LONGITUDINAL

En relación con el mayor ó menor alcance en el sentido longitudinal de la calle, se seleccionará: Distribución S (corta), M (media), ó L (larga); de acuerdo a la distancia longitudinal, referida a la altura de montaje, en que incide la máxima intensidad luminosa emitida, según las figs. No. 2.8, No. 2.9 y No. 2.10

## SELECCION DE LA DISTRIBUCION TRANSVERSAL



Zona en la cual incide el valor medio de la intensidad luminosa (condens).

FIG. N° 2.7

## SELECCION DE LA DISTRIBUCION LONGITUDINAL

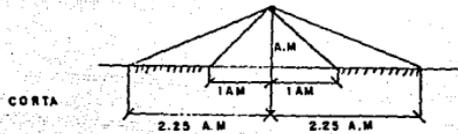


FIG. Nº 2.8

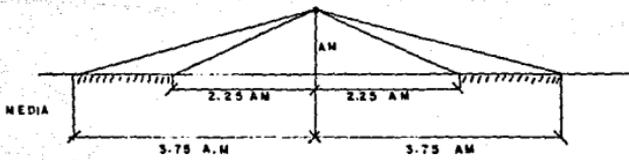


FIG. Nº 2.9

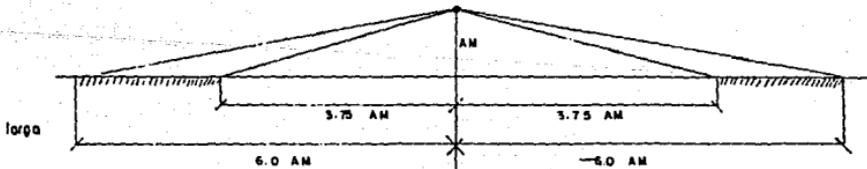
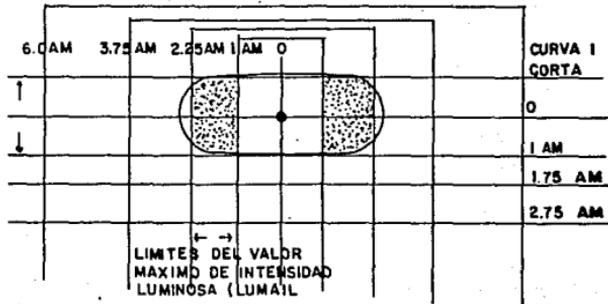


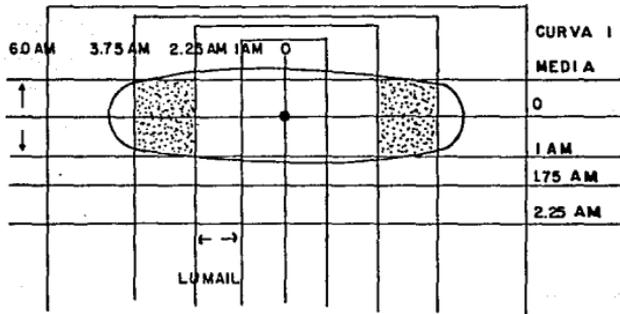
FIG. Nº 2.10

En las siguientes láminas, se ilustra la forma característica de las curvas de distribución de una luminaria, en el plano horizontal, al considerar conjuntamente el efecto de la distribución - - transversal y longitudinal.

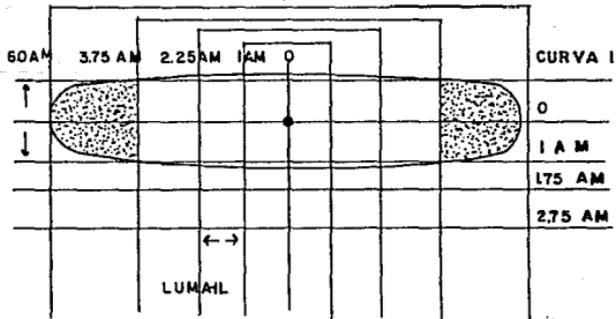
LIMITES DEL VALOR MEDIO DE LA INTENSIDAD LUMINOSA (LUMIL)

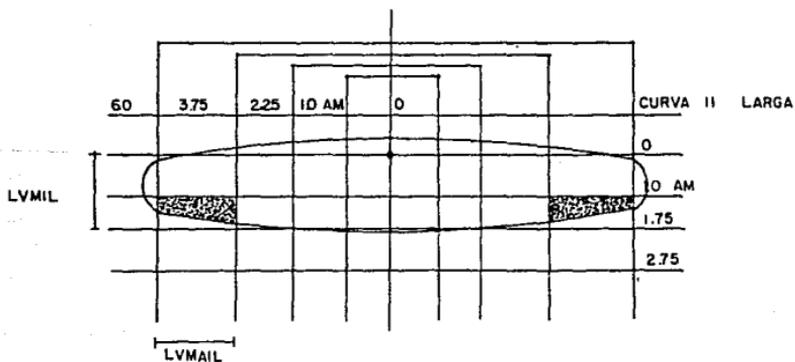
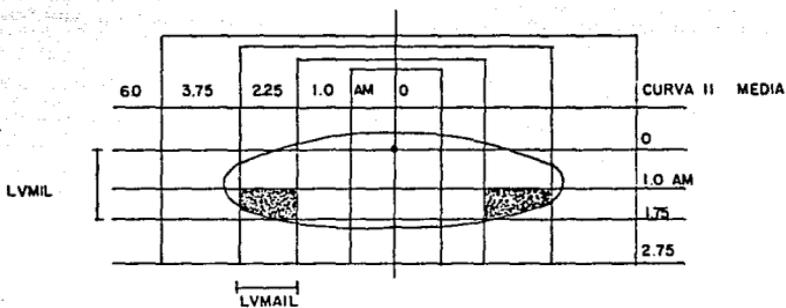
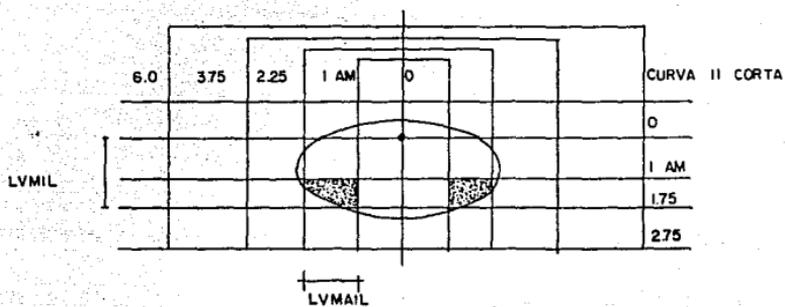


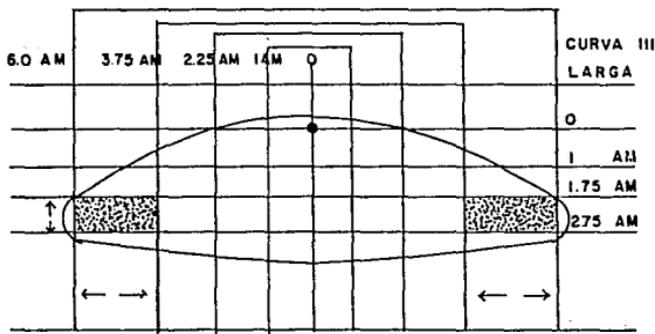
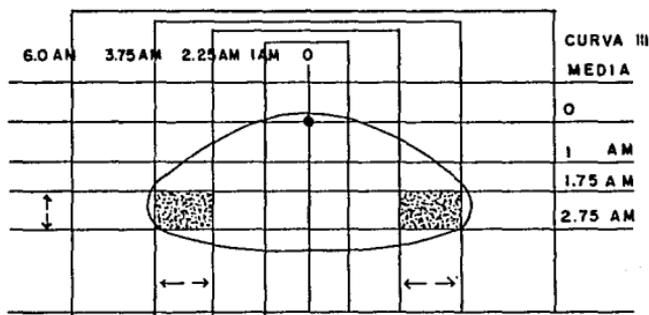
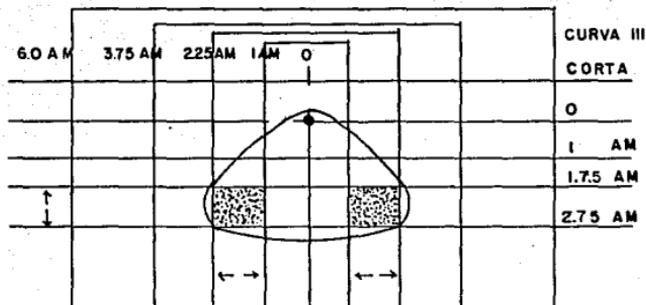
LUMIL

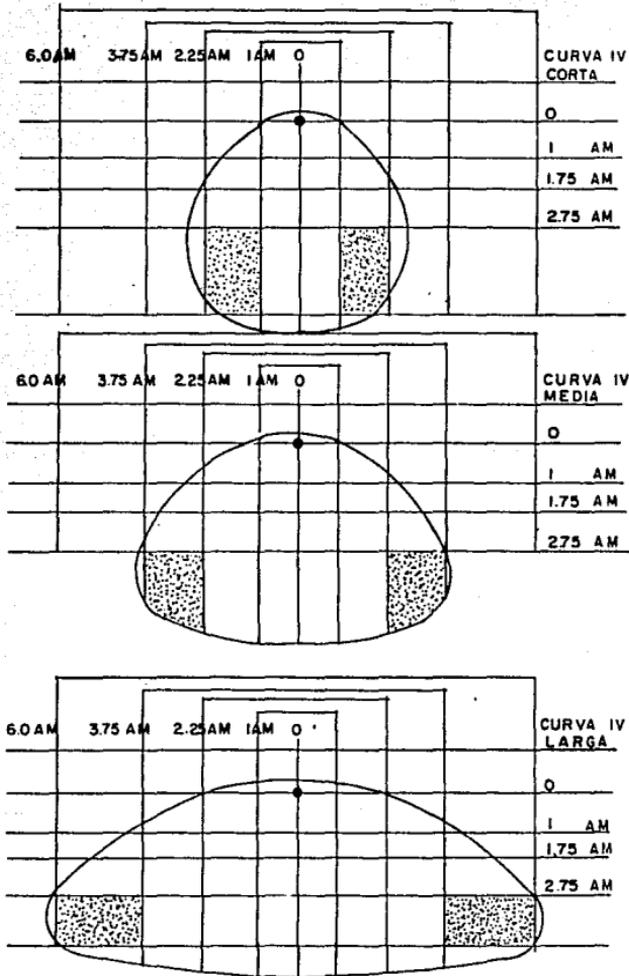


LUMIL









### 2.3.4.2.3 SELECCION DE LA DISTRIBUCION VERTICAL

La selección del tipo de distribución luminosa de las luminarias en el plano vertical, condiciona en forma importante el brillo -- que se obtenga. El brillo de una luminaria (en una determinada -- dirección), es función de la intensidad luminosa en la dirección-- observada. Como argumento para limitar el brillo, las luminarias se clasifican ( ANSI/IES ), en tres grupos ó tipos: CUT OFF, -- SEMI CUT OFF y NON CUT OFF.

La clasificación anterior se basa en la dirección de la intensi-- dad máxima con relación a la vertical ó de la importancia de la -- intensidad luminosa por encima de los 80° (fig. No. 2.11)

TIPO DE LUMINARIA	DIRECCION DE LA INTENSIDAD MAXIMA	VALORES MAXIMOS DE LA INTENSIDAD LUMINOSA EMITIDA BAJO :	
		90°	80°
CUT - OFF	0-65°	10 CD/1000 LUMENES	30 CD/1000 LUMENES
SEMICUT- OFF	0-75°	50 CD/1000 LUMENES	100 CD/1000 LUMENES
NOT CUT- OFF	0-90°	1000 CD INDEPENDIENTE DEL FLUJO	_____

FIG. N° 2.11

La fig. No. 2.12, corresponde a la curva fotométrica típica de -- una luminaria CUT-OFF, cuya intensidad máxima la tenemos a los -- 54° en este caso.

La fig. 2.13, corresponde a la curva fotométrica típica de una luminaria SEMI-CUT-OFF, cuya intensidad máxima la tenemos a los  $65^\circ$  en este caso.

La fig. No. 2.14, corresponde a la curva fotométrica típica de una luminaria NON-CUT-OFF, cuya intensidad máxima la tenemos a los  $77^\circ$ .

FIG. N° 2.12

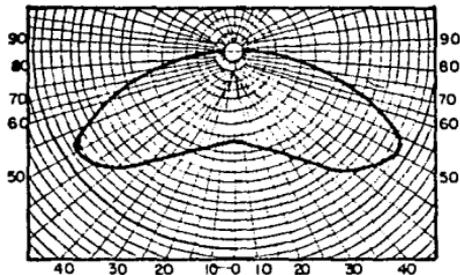


FIG. N° 2.13

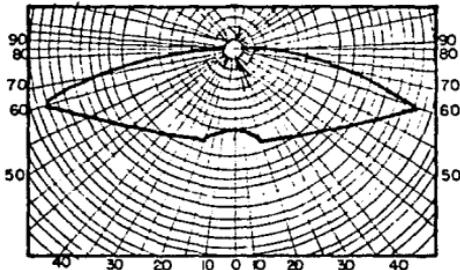
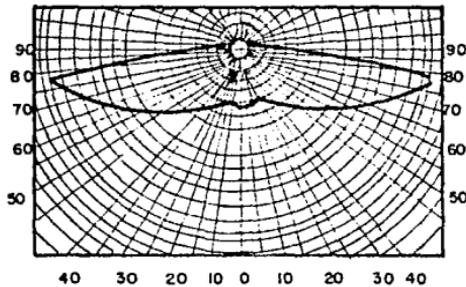


FIG N° 2.14



Los equipos con distribución del tipo CUT-OFF, suprimen todo deslumbramiento, pero producen sobre la calle manchas brillantes cortas, por lo que hay que recurrir a distancias interpostales pequeñas para obtener una superposición conveniente de las manchas luminosas, ó a alturas de montajes de cierta importancia.

Los equipos con distribución del tipo NON-CUT-OFF, (los más usuales en México), por el contrario resultan muy deslumbrantes, ya que el plano que contiene a la intensidad máxima, se encuentra muy cerca de la horizontal y por ende, de la dirección normal de observación, proporcionando al observador un flujo directo muy importante del equipo; pero producen sobre la calle, manchas brillantes en forma de "T" alargada, lo que permite distancias interpostales importantes, con alturas de montaje relativamente bajas, para lograr la superposición de las manchas luminosas.

Los equipos con distribución del tipo SEMI-CUT-OFF, que a propósito hemos dejado en último término, tal y como su nombre lo indica, es una solución intermedia entre las dos clasificaciones antes citadas, es decir, son equipos en los que la dirección del plano que contiene la máxima intensidad luminosa está comprendida entre los  $60^{\circ}$  y los  $75^{\circ}$ , siendo idóneo aquel plano que se encuentra a  $65^{\circ}$ .

Con este tipo de equipos, se puede alargar la mancha brillante sobre la calle y así obtener una muy buena uniformidad de luminancia, a partir de distancias interpostales y alturas de montaje convenientes.

La estimación del deslumbramiento de una instalación de alumbrado público, puede hacerse mediante el examen de la curva fotométrica de la luminaria evaluando desde luego las intensidades próximas a la máxima y su dirección con respecto a la vertical.

Hay que hacer notar que el exigir una excelente uniformidad de luminancia a partir de una relación de distancia interpostal y altura de montaje muy grande, corre el riesgo de disminuir el confort visual.

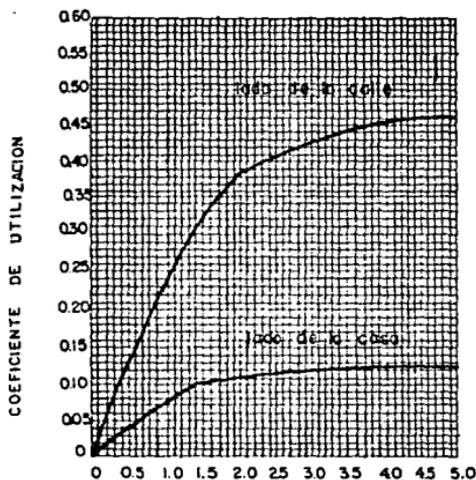
### 2.3.4.3. UTILIZACION MAXIMA DEL FLUJO LUMINOSO

El sistema óptico de un luminario está formado generalmente por dos elementos: El reflector y el refractor.

Ambos, cuyas características ópticas se diseñan en función de la posición de la fuente luminosa, tienen como objetivo controlar la energía luminosa y dirigirla lo más eficientemente posible hacia la superficie del pavimento.

El valor de la eficiencia variará de acuerdo con el diseño de ambos elementos y con las características reflectoras y refractoras de ellos. La selección de la luminaria, en función de esta característica, deberá obviamente conducirnos a obtener el valor máximo posible de la eficiencia.

Para seleccionarlo, será necesario el conocimiento del valor del "coeficiente de utilización", término con el que se designa a esta eficiencia, al cual llegamos mediante las curvas llamadas de "utilización" que deberá proporcionar el fabricante de la luminaria. Ver fig. No. 2.15



$$\text{Relación} = \frac{\text{Ancho transversal (lado de la calle ó casa)}}{\text{Altura de montaje del luminario}}$$

FIG. No. 2.15

El coeficiente de utilización, como se muestra en la fig. No.2.15 es el porcentaje de los lúmenes de lámparas que caerán en cualquiera de las dos áreas de longitud infinita; una extendida al frente del luminario (lado de la calle) y la otra detrás del luminario (lado de la casa), cuando el luminario es nivelado y orientado sobre la calle en una manera equivalente a aquella en la cual éste fue probado, ya que el ancho de la calle está expresado en término de una razón de la altura de montaje del luminario al ancho de la calle, el término no tiene dimensiones.

#### 2.3.4.4. ADECUADAS A LAS CONDICIONES DEL AMBIENTE

Una consideración importante, al hacer la selección de una luminaria es el análisis del impacto que va a ejercer sobre ella el medio ambiente. El efecto puede condicionar la selección en varias formas: En primer término, la luminaria debe soportar las más --críticas condiciones meteorológicas que prevalecen en el lugar de instalación, tales como humedad, viento, nieve, temperatura, etc. Además, deberá ser adecuada para las condiciones de contaminación ambiental existentes.

La contaminación ambiental origina que la luminaria pierda eficiencia al acumularse las partículas en suspensión que están en el aire, en las superficies de reflectores, refractores y lámparas. - Esta acumulación se localiza en el interior y exterior de la luminaria, y su influencia en la selección del tipo de la misma es diferente.

La acumulación exterior se origina al adherirse las partículas a las superficies de los dispositivos ópticos expuestos directamente, que tienen posición vertical ó invertida.

Estas partículas permanecen adheridas a las superficies hasta que la lluvia, viento ó diversos agentes meteorológicos las desalojan, aumentando con el tiempo, hasta que se establece una condición de equilibrio ó saturación.

Se han hecho estudios de este fenómeno, que establecen que puede considerarse que la disminución a la emisión es función principalmente de las condiciones de contaminación ambiental.

Como puede observarse en la fig. No. 2.16

VARIACION DE LA EMISION LUMINOSA DE LAS LUMINARIAS  
ORIGINADAS POR SOCIEDAD EXTERIOR EN FUNCION DE LA  
CONTAMINACION AMBIENTAL

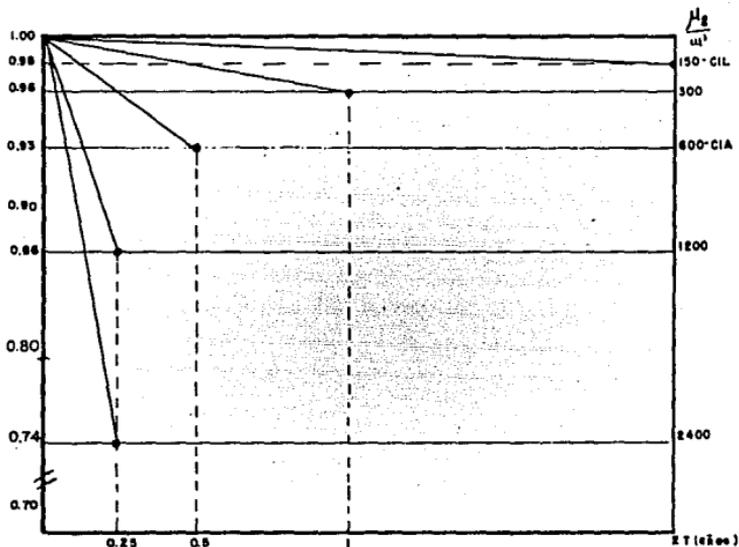


FIG. N° 2.16

En la figura No. 2.16, puede observarse que para un ambiente con  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Micro grámas por metro cúbico), de partículas en suspensión, correspondiente a una contaminación tipo industrial ligera, las condiciones de equilibrio se establecen a los dos años, - en que la disminución de emisión lumínica ha sido de 2% (sólo por sociedad externa). En el caso de una contaminación industrial alta ( $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), el equilibrio se establece a los 6 meses, con una disminución del 7%.

Desde este punto de vista (sociedad exterior), la única conclusión posible es que mientras más alta sea la contaminación am---

biental, la limpieza de las superficies exteriores de la luminaria será necesaria más frecuentemente; por lo tanto, para definir la luminaria habrá que analizar sólo la relación posibilidades de retener suciedad externa (superficies verticales, aristas, huecos, etc.), contra el grado de contaminación en el sitio de instalación.

La acumulación interior depende fundamentalmente de la cantidad de aire que entra a la luminaria y de la cantidad de contaminantes que arrastra el aire.

La cantidad de aire que entra a la luminaria es función de su tipo, las luminarias pueden clasificarse en 4 categorías ó tipos:

#### TIPO I ABIERTA



El difusor no tiene fondo, de tal forma que la lámpara es accesible directamente desde abajo. El aire puede entrar sin limitación.

#### TIPO II VENTILADA



El difusor es cerrado, pero el con junto permite la entrada libre del aire.

TIPO III SEMI -  
SELLADA



Difusor cerrado, el conjunto no --  
permite la entrada del aire, pero  
no es hermético.

TIPO IV EMPACADA



Construida para máximas condicio--  
nes de hermeticidad. La cámara óp  
tica puede "respirar" a través de-  
empaques ó filtros.

El aire entra a la luminaria debido a los efectos de "respira---  
ción" y de "difusión", la "respiración" la origina el aumento de-  
su temperatura al encenderse, que expulsa el aire interior y que-  
lo absorbe cuando se apaga.

La difusión la origina el efecto de la acción constante del vien-  
to sobre la superficie de la luminaria, que induce flujos de aire  
a través de diversas trayectorias, normalmente ranuras y desajus-  
tes mecánicos, como se muestra en la fig. No. 2.17

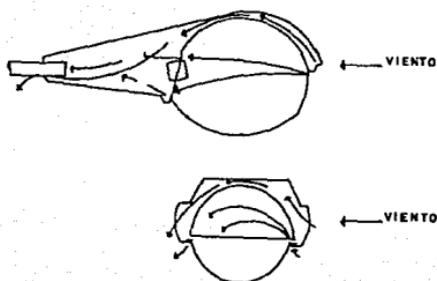


FIG. N° 2.17

El volúmen total admitido, función variable por diversas causas, puede llegar a representar volúmenes del orden de 10 a 780 m<sup>3</sup> -- anuales, originados, la mayor parte por el efecto de "difusión", y que llevan al interior una gran cantidad de contaminantes.

Para seleccionar la luminaria, se deberá analizar la influencia entre la contaminación existente y el decaimiento de la emisión lumínica ocasionado para el tiempo en que sea económico el mantenimiento del interior de la luminaria, de acuerdo con los diferentes tipos. Para ello, se presenta en la fig. No. 2.18, una orientación útil que permite observar resultados experimentales obtenidos en distintos tipos de luminarias.

Independientemente de las condiciones analizadas, en ocasiones, existen otros factores que condicionan la selección del tipo de luminaria a instalar, como pueden ser factores estéticos que obliguen a utilizar un determinado tipo ó estilo de luminaria; ó la utilización de equipos ya disponibles que permitan disminuir la -

inversión inicial. En todos los casos es conveniente definir qué condición establece la decisión, en tal forma que el sistema de alumbrado pueda desarrollar eficientemente su función.

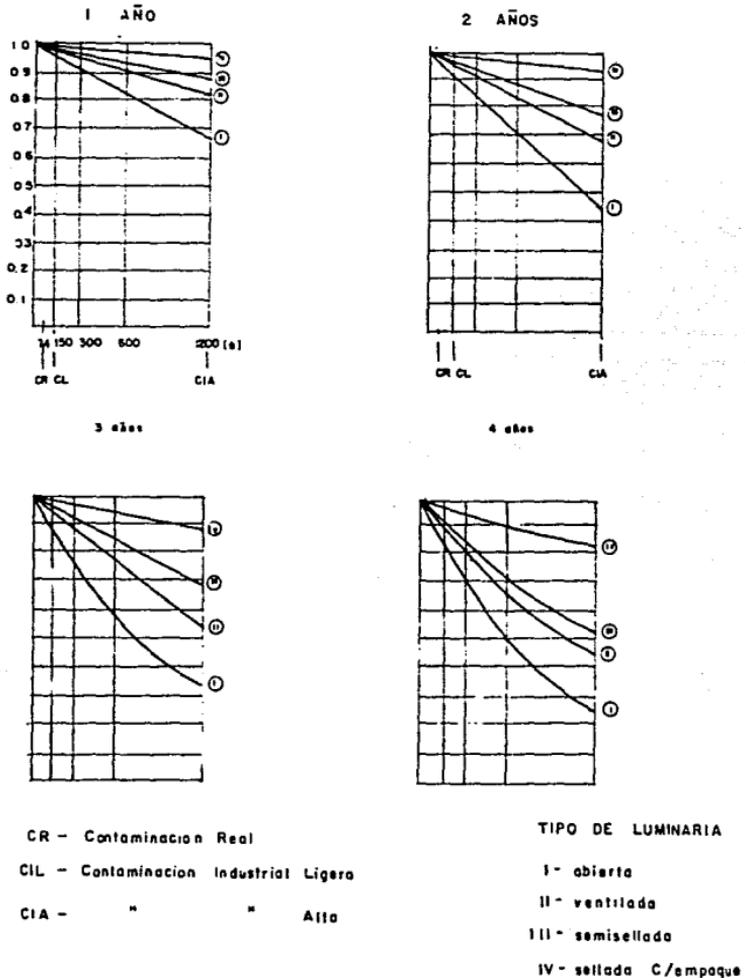


FIG. Nº 2.18

### 2.3.5. PERDIDAS DE ENERGIA LUMINOSA ORIGINADAS POR LA OPERACION DE LAS LUMINARIAS

Como ya se mencionó, todo el flujo luminoso producido por las lámparas incide en la superficie del pavimento.

Cuando la luminaria es nueva y está totalmente limpia; esta pérdida de energía luminosa se debe fundamentalmente a incapacidad -- práctica de los dispositivos ópticos de la luminaria para controlar totalmente la energía emitida por la lámpara.

Teóricamente, los reflectores se diseñan y construyen con la consideración de que el emisor lumínico es un punto, y ese punto está localizado en el "foco" óptico del reflector. En realidad, aún -- cuando el avance tecnológico logrado en las lámparas permite tener fuentes emisivas cada vez más pequeñas, los emisores no son -- puntuales, lo que origina energía radiada no controlada.

Además existe energía indicada en direcciones en que se tiene imposibilidad física absoluta de controlarla.

La energía emitida por la lámpara, que no se dirige directamente en la dirección del pavimento, es captada por la superficie del -- reflector, el que la cambia de dirección y al reflejarla la dirige hacia el pavimento. En esta operación existe determinada cantidad de energía que es absorbida por el reflector y que se pierde. Es necesario que los reflectores sean construidos con materiales ó con acabados que permitan el mínimo de pérdidas.

La energía dirigida hacia el pavimento es ahora recogida y orientada con precisión en la dirección y con el alcance deseado por -- el conjunto óptico del refractor. La luz pasa a través de él, y de acuerdo con el diseño propuesto cambia de dirección.

Esta transmisión de la energía a través del material del refrac--tor (plástico ó cristal), origina pérdidas en él.

Se puede concluir que las pérdidas descritas son un "mal necesaa--rio". Si se desea controlar la luz, es necesario reflejarla y dirigirla, al reflejarla y al cambiarla de dirección, se originan -pérdidas.

Para conocer las pérdidas en la operación de la luminaria, ó lo -que es más importante, la energía que efectivamente puede hacer -llegar al pavimento, es necesario disponer de información experi--mental, que el fabricante debe de proporcionar.

La información mencionada puede tener dos presentaciones:

- la curva de utilización de la luminaria.
- Las curvas isolux de la luminaria.

### 2.3.5.1. CURVA DE UTILIZACION

La curva de utilización nos permite conocer el "factor" ó "coefi--ciente" de utilización de la luminaria en función de la relación--distancia transversal/altura de montaje. Es ésta una cifra des--criptiva de la eficiencia de la luminaria, ya que si se multipli--ca por la energía luminosa emitida por la lámpara, permite cono--cer la energía que la luminaria es capaz de hacer llegar al pavi--mento, de acuerdo con la relación distancia transversal/altura de montaje (DT/AM), considerada.

En vista de que la construcción de reflectores y difusores tienen características diferentes para dirigir la luz hacia el frente y--hacia atrás en una misma luminaria, la curva de utilización se --

presenta en dos partes: La correspondiente a la energía emitida hacia el frente en sentido transversal (lado calle), y hacia - - atrás en el mismo sentido (lado "banqueta" ó "casa"), ver fig. 2-19

### 2.3.5.2. CURVA ISOLUX

Esta curva nos permite analizar, en una representación en planta y a escala de la superficie iluminada, cuáles son los valores de la iluminación producidos por la fuente en cada punto de esa superficie.

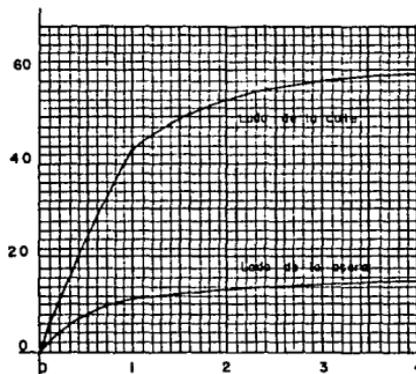
Para este fin la gráfica localiza la posición de la fuente, y mediante líneas continuas representa el lugar geométrico de todos - los puntos que tienen un mismo nivel de iluminación.

La información del valor del nivel normalmente se indica calculada por un valor de la altura de montaje de la luminaria, y para un valor del flujo luminoso emitido, y para obtener el valor real deberán usarse factores de corrección.

Así mismo, la escala de las coordenadas que permiten localizar un punto en la superficie está representada en valores que toman como unidad la altura de montaje, por lo que, para localizar un punto, habrá que considerar la relación distancia/altura de montaje - en las direcciones transversal y longitudinal, para definir el valor a usar en la escala de la representación.

En algunas ocasiones es posible disponer de la información presentada en forma de valores numéricos tabulados matricialmente, de - lectura directa tal y como se muestra en la fig. 2-20.

Lumenes utilizados %



Curva de utilización

FIG. 2-19

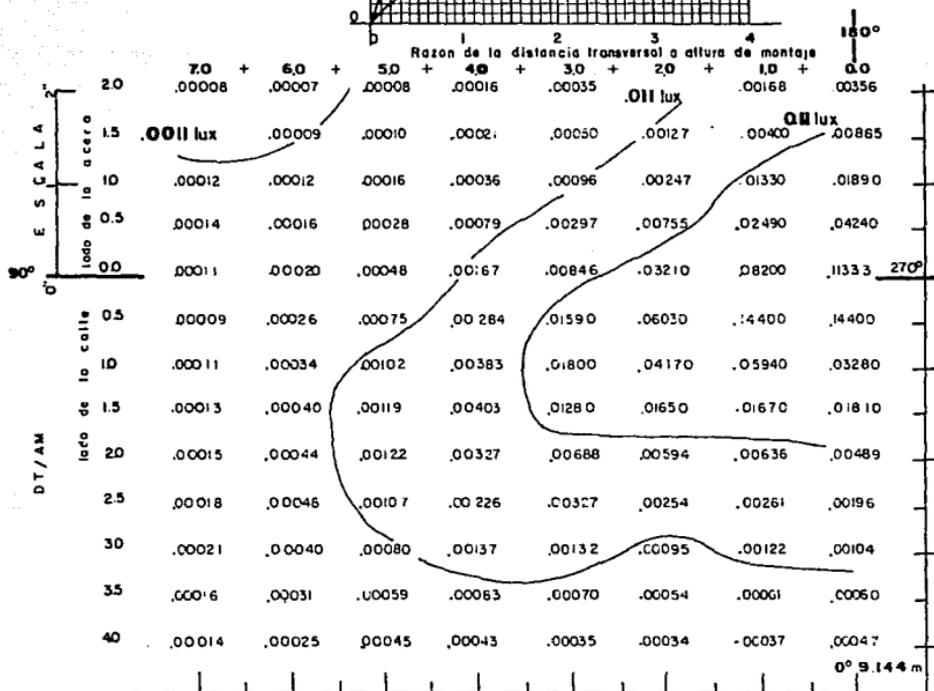


FIG. 2-20

### 2.3.6. REDUCCION DE LA EFICIENCIA DE LA LUMINARIA CON EL TIEMPO

La luminaria, como todo dispositivo que maneja energía, trabaja con una determinada eficiencia; es decir, la cantidad de energía que entrega, en este caso lumínico no es matemáticamente igual a la que recibe.

Debe considerarse en forma adicional, que el valor de las pérdidas razonadas no es constante, sino que según transcurre el tiempo se modifica por varias razones, fundamentalmente disminución de las propiedades reflectoras y refractoras de los dispositivos ópticos, y acumulación de suciedad en los mismos.

#### 2.3.6.1 PERDIDAS EN PROPIEDADES OPTICAS (FPP0)

Se deben fundamentalmente a cambios en las características físicas de los materiales usados en la construcción de los dispositivos ópticos, que afectan los índices de reflexión y transmisión de la luz. Por la diversidad de causas involucradas en el análisis, es muy complejo predecir y aun cuantificar este efecto. No se conocen a la fecha factores que precisen este efecto; una cifra ilustrativa del orden del mismo es un decaimiento de 0.6% - anual.

#### 2.3.6.2 SUCIEDAD

El efecto de la suciedad en la eficiencia de la luminaria fue analizado previamente en 2.3.4.4.; además de las dos condiciones de suciedad mencionadas, la interior y exterior, para tener un pano-

rama completo, deberemos contemplar en forma adicional la existencia de una suciedad interior proveniente de las operaciones de "servicio" (limpieza, reparaciones, etc.), que por no ser necesariamente común sólo tiene interés su influencia al hacer pruebas de campo (se han llegado a medir valores de 8.2%).

### 2.3.6.2.1 DECAIMIENTO POR SUCIEDAD EXTERIOR

El decaimiento de la emisión por suciedad exterior varía linealmente hasta alcanzar un valor constante a un determinado tiempo - que es fijo para las condiciones de contaminación de una localidad determinada.

Se puede observar esta información en la figura No. 2.16.

La selección del factor de decaimiento por suciedad exterior (FD-SE), a usar dependerá de:

- 1.- Estimar las condiciones de contaminación locales.
- 2.- Establecer el intervalo que va a transcurrir entre maniobras de limpieza exterior.
- 3.- Leer de la gráfica de la figura 2.16 el valor de decaimiento para el tiempo establecido.

### 2.3.6.2.2 DECAIMIENTO POR SUCIEDAD INTERIOR

La variación de la emisión luminosa de un determinado tipo de luminaria originada por suciedad interior es función de:

- 1.- Las condiciones de contaminación locales.
- 2.- El tipo de luminaria.
- 3.- El tiempo transcurrido entre maniobras de limpieza interior de la luminaria.

Definidos estos tres parámetros mediante el empleo de las gráficas de la fig. No. 2.18 puede determinar el factor de decaimiento por suciedad interior (FDSI).

### 2.3.6.2.3 DECAIMIENTO TOTAL

El factor total de decaimiento de la eficiencia de la luminaria - con el tiempo, se integra:

$$FDLU = FPPO \times FDSE \times FDSI$$

### 2.3.7. CONDICIONES DE INSTALACION

Son tres las condiciones de instalación a analizar:

Localización de la luminaria, Altura del montaje y Distancia inter postal.

Aún cuando la determinación definitiva de estas condiciones forma parte del resultado final del cálculo de un diseño (a veces de -- las mismas posibilidades de construcción), se describen previamente sus relaciones con las demás variables y los criterios que pueden determinarlas.

#### 2.3.7.1 LOCALIZACION DE LA LUMINARIA

Se analizará su distribución y su posición.

### 2.3.7.1.1 DISTRIBUCION

La condicionan fundamentalmente las características de la geometría de las vialidades y los valores de uniformidad que se deben imponer.

En algunos casos, la distribución queda impuesta por la posición existente de postes de los sistemas de distribución eléctrica urbana; en ellos la problemática es seleccionar la luminaria más adecuada para las condiciones existentes.

Cuando el montaje de las luminarias se hace en postes propios, su distribución referida al eje de la calle iluminada puede tener -- tres formas: Lateral (a un lado), en ambos lados de la calle, -- frente a frente (opuestas); y en ambos lados de la calle, alternadas (tesbolillo).

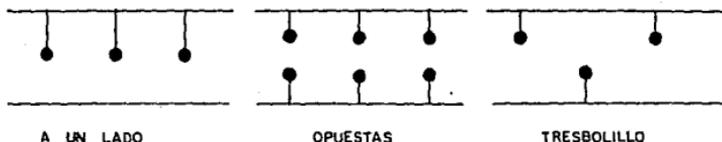


FIG. 2.21

La distribución a escoger es función del tipo de curva fotométrica y de la altura de montaje en primer término, deberá analizarse en función de las características de la distribución longitudinal y transversal de las luminarias. En general, la distribución lateral es preferida para calles angostas en las que el ancho no sea mayor de 1.5 veces la altura de montaje. Al aumentar el ancho, puede considerarse la alternativa entre una distribución --

tresbolillo con una curva de mayor alcance transversal, o distribución opuesta, la distribución opuesta es útil para calles muy anchas, o bien para lograr niveles altos con menor potencia en cada poste.

Es importante observar que desde el punto de vista de la obra civil (ductería enterrada), que puede requerir una red de alumbrado público, la distribución lateral presenta la ventaja de un costo menor, ya que para la distribución tresbolillo y opuesto serán necesarias las excavaciones y ductos en ambos lados de la calle. - El costo de la red eléctrica será mayor al requerirse mayores longitudes de conductores.

Una función adicional importante de la distribución de las luminarias es la orientación visual que proporciona a los cambios de dirección y trayectoria del camino; desde este punto de vista, se deben analizar cuidadosamente estos sitios para permitir que la distribución lograda ayude y no confunda a la orientación visual.

Independientemente de la distribución escogida que proporcione - una uniformidad aceptable, en algunos casos, como en zonas cercanas a cruces e intersecciones y zonas para peatones, es recomendable localizar luminarias que permitan "acentuar" la zona y distinguirla fácilmente, mediante el refuerzo al nivel de iluminación o mediante el color de la luz

### 2.3.7.1.2 POSICION

La situación precisa de la luminaria es función de su distribución transversal, como sigue:

<u>TIPO DE DISTRIBUCION TRANSVERSAL</u>	<u>AL CENTRO DE LA CALLE</u>	<u>AL LADO DE LA CALLE</u>
I	X	
II		X
III		X
IV		X
V	X	

En los tipos II, III y IV se debe evitar que la luminaria se introduzca más de 0.25 veces la altura de montaje en la calle, ya que de lo contrario se aumentan innecesariamente el brillo y el costo.

La posición de las luminarias se afecta además de factores como:- Accesibilidad para servicio, posibilidades de choques con postes, visibilidad de señales de tránsito, estética, etc.

### 2.3.7.2. ALTURA DE MONTAJE

La definición de la altura de montaje de las luminarias debe tomar en consideración la potencia de las lámparas a instalar, en relación con el tipo de distribución longitudinal de aquéllas, el ancho de la calle y la limitación del brillo.

#### 2.3.7.2.1. RELACION CON POTENCIA Y DISTRIBUCION LONGITUDINAL

Se muestra en la fig. No. 2.22 cuya lectura permite la selección adecuada.

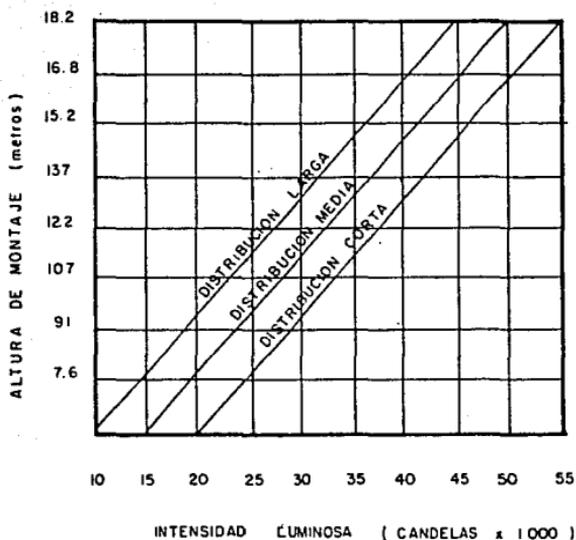


fig. 2.22

DISTRIBUCION	RELACION ALTURA MONTAJE ANCHO CALLE	
	MINIMO	MAXIMO
LATERAL	0.85	1
TRESBOLILLO	0.50	0.67
OPUESTA	0.33	0.50

fig 2.23

### 2.3.7.2.2. ANCHO DE LA CALLE (RELACION CON)

La definición precisa puede hacerse mediante las características de distribución transversal de la luminaria. Para una primera -- aproximación se recomienda que la altura de montaje cumpla las relaciones siguientes con el ancho de la calle, como se muestra en la fig. No. 2.23.

### 2.3.7.2.3. BRILLO

La molestia por brillo de una lámpara (salvo aquellas 100% cutoff) aumenta conforme su altura es más baja; este efecto para una misma luminaria puede analizarse en los valores relativos de la fig. No. 2.24.

### 2.3.7.3. DISTANCIA INTERPOSTAL

La distancia interpostal es un factor de gran importancia en el diseño lumínico; la uniformidad del nivel de iluminación de la -- instalación tiene gran dependencia con la relación distancia interpostal entre altura de montaje, variando en forma inversa con ella. El costo, por otra parte, aumenta en la misma forma, de -- aquí que la selección de la distancia interpostal contempla en sí la solución del estudio económico del proyecto.

El valor de la distancia interpostal es el resultado del cálculo aproximado del sistema; está relacionado sin embargo, con la altura de montaje de la luminaria en función de la dirección en que ésta presenta su máxima intensidad, ya que la trayectoria de máxima intensidad de dos luminarias vecinas debe coincidir en el mismo punto sobre el pavimento.

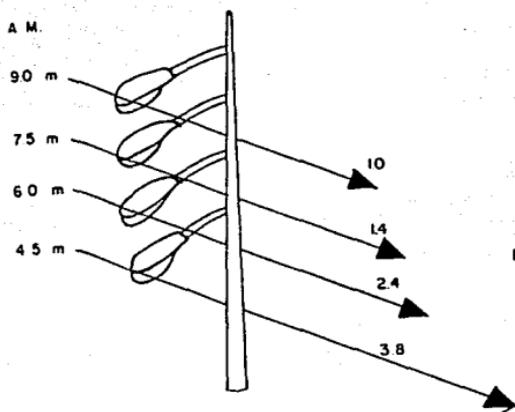


FIG 2.24

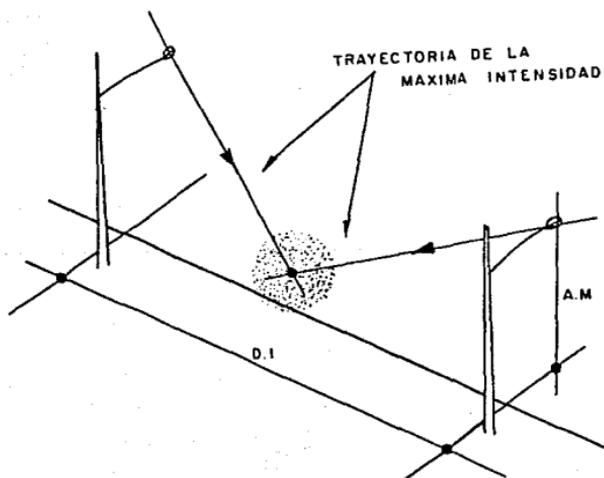


FIG 2.25

Esta condición geométrica es función de la correcta relación distancia interpostal entre altura de montaje, fig. No. 2.25.

De acuerdo con lo anterior, el espaciamiento máximo es función de la distribución longitudinal de la luminaria de la altura de montaje, como sigue:

- Distribución Corta: 4 - 5 veces altura montaje.
- Distribución Media: 7 - 5 veces altura montaje.
- Distribución Larga: 12 - 7 veces altura montaje.

## 2.4. METODO DE CALCULO

### 2.4.1. METODO DE CALCULO NIVEL DE ILUMINACION PROMEDIO

De acuerdo con la definición de nivel de iluminación la cual es: La relación entre la energía recibida por una superficie y la superficie misma, el método conocido como iluminación o iluminancia, consiste en establecer para la superficie iluminada por una luminaria, el cociente.

$$\text{NIVEL DE ILUMINACION} = \frac{\text{ENERGIA RECIBIDA EN LA SUPERFICIE}}{\text{SUPERFICIE}} - (1)$$

Conforme, lo planteado en 2.3, para llevar a cabo el diseño de un sistema de iluminación es necesario analizar varios parámetros in volucrados en la relación anterior.

La energía recibida en la superficie es diferente a la energía lu minosa emitida por las lámparas ya que existen constantes pérdidas tanto en la lámpara o fuente luminoso como en la luminaria por lo tanto para poder determinar con exactitud la energía recibida en la superficie hay que determinar el coeficiente de utilización -- (CU), y el factor de mantenimiento (FM), que son las pérdidas más importantes a considerar en el diseño.

Por tanto la sig. expresión:

$$\text{ERS} = \text{PL} \times \text{CU} \times \text{FM} - (2)$$

DONDE:

- ERS = Energía recibida en la superficie (Lux)
- PL = Potencia de la lámpara (Lúmenes)
- CU = Coeficiente de utilización de la luminaria
- FM = Factor de mantenimiento del conjunto óptico

El factor de mantenimiento (FM) esta integrado por las siguientes pérdidas, tanto de la fuente luminosa como de la luminaria.

$$FM = FDG \times FDLA \times FDLU \quad - (3)$$

FDG = Factor de decaimiento global - 0.9 (I.E.S.)

FDLA = Factor de decaimiento de la lámpara

FDLU = Factor de decaimiento de la luminaria

El factor de decaimiento de la luminaria (FDLU) esta compuesto -- por:

$$FDLU = FPPO \times FDSE \times FDSI \quad - (4)$$

determinado según 2.3.6.

Así, para poder determinar la superficie iluminada por la luminaria, partiremos de la fig. No. 2.26, la cual nos muestra que la superficie es igual a el ancho de calle (AC) por la distancia interpostal (DI).

$$S = AC \times DI \quad - (5)$$

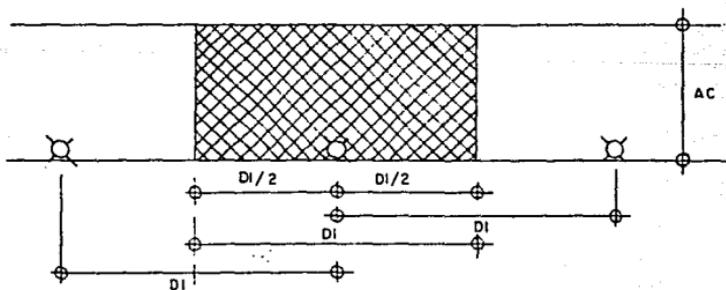


FIG. 2.26

Haciendo una sustitución en la ec (1) de (2) y (5) tenemos:

$$NI = \frac{ERS}{S} = \frac{PL \times CU \times FM}{AC \times DI} \quad - (6)$$

En condiciones de diseño, normalmente se desconoce DI y se parte de un NI conocido, por lo que queda la ec (6) de la forma siguiente:

$$DI = \frac{PL \times CU \times FM}{AC \times NI} \quad - (7)$$

#### 2.4.2. METODO PUNTO X PUNTO

El método desarrollado en 2.4.1., nos permite conocer el valor promedio de la iluminación, por lo tanto no proporciona un instrumento útil para conocer la uniformidad.

Para determinar la uniformidad es necesario obtener el valor mínimo del nivel de iluminación que permita establecer el cociente:

$$\text{UNIFORMIDAD} = \frac{\text{NIVEL DE ILUMINACION PROMEDIO}}{\text{NIVEL DE ILUMINACION MINIMO}} \quad - (8)$$

La solución a este problema puede consistir en calcular a una serie de puntos el nivel de iluminación mediante el método punto x punto.

Como sabemos este método, hace uso de la ley de los cuadrados inversos y la ley de los cosenos, para determinar la ecuación de la iluminación en el plano horizontal.

Partiendo de la ley de los cuadrados inversos tenemos que:

$$E = \frac{I}{d^2} \quad - (9)$$

Cuando la superficie es perpendicular a los rayos luminosos.

DONDE:

$E$  = Intensidad de iluminación.

$I$  = Intensidad luminosa.

$d$  = Distancia entre la fuente luminosa y la superficie iluminada.

Y la ley de los cosenos:

$$E = \frac{I \cos \theta}{d^2} \quad - (10)$$

Cuando se forma un ángulo  $\theta$  entre la dirección de los rayos luminosos y la perpendicular a la superficie, como se muestra en la figura No. 2.27.

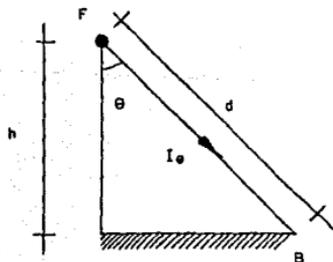


FIG. 2.27

En la práctica es más fácil conocer la distancia  $h$ , que la distancia  $d$ , ya que generalmente  $h$  es la distancia que existe entre el luminario y el plano de trabajo, por lo tanto:

$$\cos \theta = \frac{h}{d} ; d = \frac{h}{\cos \theta} \quad - (11) \quad \text{sust. en (10)}$$

$$E = \frac{I_{\theta} \cdot \cos \theta}{\left| \frac{h}{\cos \theta} \right|^2} = \frac{I_{\theta} \cdot \cos \theta}{\frac{h^2}{\cos^2 \theta}} = \frac{I_{\theta} \cdot \cos \theta \cdot \cos^2 \theta}{h^2}$$

$$E = \frac{I_{\theta} \cdot \cos^3 \theta}{h^2} \quad - (12) \quad \text{ó} \quad E = \frac{I_{\theta} \cdot \cos^3 \theta \cdot \cos X}{h^2} \quad - (13)$$

La ecuación (13) se utiliza cuando el punto por iluminar no se encuentra en el mismo plano que el manantial luminoso F.

Es este un procedimiento complicado, que requiere de información-fotométrica amplia, y complejo en su desarrollo aritmético y trigonométrico, ya que hay que calcular individualmente en cada punto el efecto originado por las lámparas cercanas y después sumarlo.

Es posible también resolver este problema, de una forma más sencilla, y es recurriendo a las curvas ISOLUX de las luminarias, mediante las cuales es posible calcular el nivel originado individualmente por cada luminaria en diversos puntos de la superficie del pavimento, para sumar este efecto individual y conocer el valor establecido por el conjunto.

### 2.4.3. METODO DE LUMINANCIA

El cálculo de un sistema de iluminación mediante la determinación de la luminancia permite un análisis más real, desde el punto de vista físico, de la energía que se necesita para desarrollar la función de "ver".

El ojo ve "luz reflejada" (luminancia) y no "luz incidente" (iluminación). Si se diseña de acuerdo con esta idea, responderá realmente a una necesidad.

Al diseñar por luminancia hay que tener en cuenta que la luminancia calculada es un "indicador de reflexión", válido sólo para:

- Una superficie específica del pavimento.
- Un punto en esa superficie.
- La dirección del observador.

El valor de la luminancia es una función de:

- El valor de la iluminación en el pavimento.
- La dirección de la incidencia de la luz relativa a la posición del observador.

De la figura No. 2-28 se supone una lámpara L montada a una altura h. P es el punto en el que se desea conocer la luminancia producida por la intensidad I en el sentido del observador  $\theta$ .

La iluminación en P, producida por I es:

$$E_p = \frac{I \theta \cdot \cos^3 \theta}{h^2} \quad - (14)$$

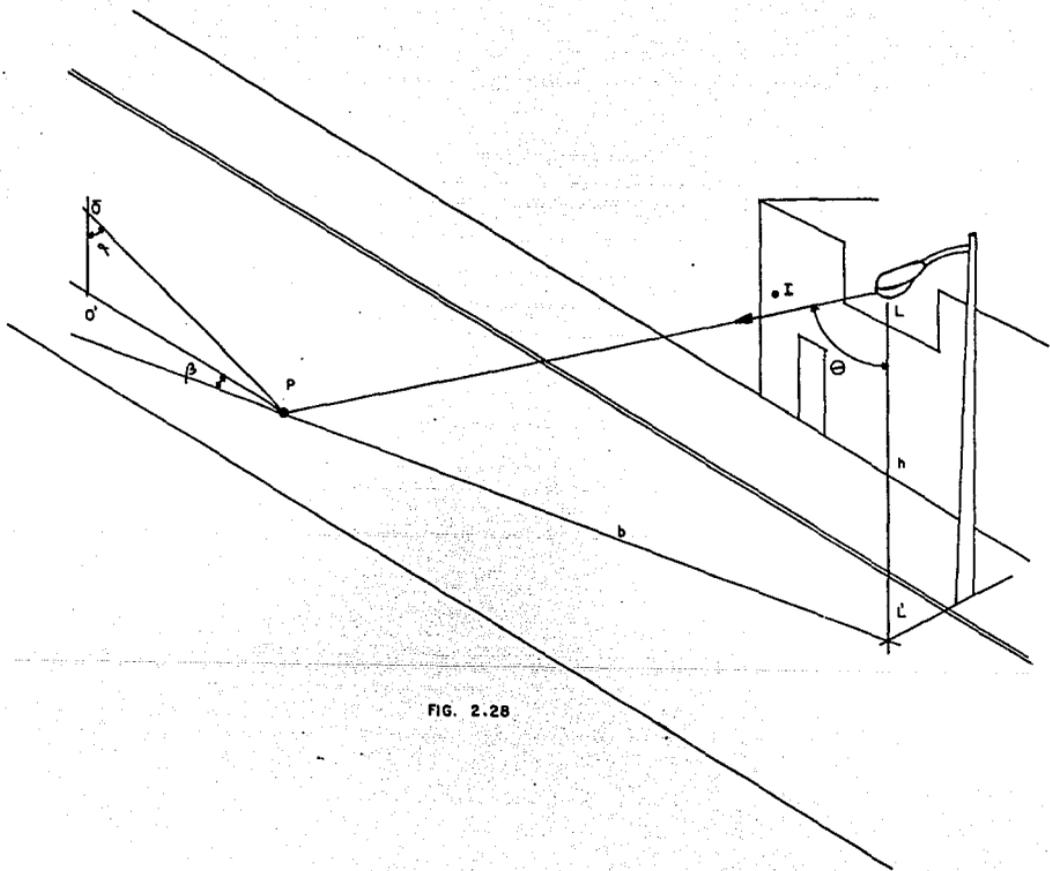


FIG. 2.28

La luminancia en Po será:

$$L_{p_0} = q E \rho \quad - (15)$$

DONDE:

Q Es un factor de proporcionalidad, que es:

$$q = f(\theta, \alpha, \beta)$$

Sin embargo, mientras mayor sea la distancia, la influencia de  $\theta$  es muy pequeña, y su efecto en  $q$  llega a ser despreciable. Normalmente se diseña para distancias mayores de 30 metros.

Sustituyendo en (15) el valor de  $E_p$  dado en (14).

$$L_{p_0} = q \frac{I \theta \cdot \cos^3 \theta}{h^2}$$

Si se suponen valores unitarios para  $I$  y para  $h$

$$L_{p_01} = \frac{q \times 1 \times \cos^3 \theta}{1^2} = q \cos^3 \theta \quad - (16)$$

A  $q \cos^3 \theta$  se le llama factor "R". De acuerdo con lo anterior,

$$L_{p_0} = \frac{R \times I}{h^2} \quad - (17)$$

Para el cálculo, es necesario conocer dos propiedades del pavimento

$Q_0$  = Coeficiente de luminancia promedio.

$K_p$  = Factor especular.

TABLA NÚMERO - 1 OCTAB - 1.0 OO CALZADA - 0.1009  
 CIE CLASE - I NORMAX - 29 S1 CALZADA - 0.25  
 KAPPA P - 0.1938 TIPO - CIE-1 S2 CALZADA - 1.53

STANDARD CIE

SUPERFICIE TIPO R1

DOCUMENTACIÓN CIE

BETA GRA	TANG. (GR/MIN) - R1 VALORES CORRESPONDIENTES AL LISTADO DE LOS VALORES DE REFLEXION																		
	0 00	3 75	0 50	3 75	1 00	1 25	1 50	1 75	2 00	2 50	3 00	3 50	4 00	4 50	5 00	5 50	6 00	6 50	7 00
0	6550	6190	5390	4310	3410	2690	2240	1890	1620	1210	940	810	710	630	570	510	470	430	400
	370	350	330	310	300	290	280	270	260	250									
2	6550	6190	5390	4310	3410	2690	2240	1890	1620	1210	940	800	690	590	520	470	420	380	340
	310	280	250	230	220	200	180	160	150	140									
5	6550	6190	5390	4310	3410	2690	2240	1890	1570	1170	860	660	550	430	360	310	250	220	180
	150	140	120	100	90	80	70	70	60	60									
10	6550	6190	5390	4310	3410	2690	2150	1710	1250	950	660	460	320	240	190	150	120	100	80
	10	80	50	40	40	30	30	30	20	20	20								
15	6550	6190	5390	4310	3230	2510	1980	1530	1170	790	490	330	230	170	140	110	90	70	60
	50	40	40	30	30	20	20	20	20	20									
20	6550	6100	5390	4310	3230	2420	1800	1350	1080	660	410	280	200	140	120	90	70	60	50
	40	40	30	30	30	20	20	20	20										
25	6550	6100	5210	4310	3050	2240	1710	1300	990	600	380	250	180	130	100	80	70	50	40
	40	30	30																
30	6550	6100	5210	4310	2960	2070	1620	1210	940	570	360	230	160	120	90	80	60	50	40
35	6550	6100	5210	4310	2870	1980	1530	1170	900	540	340	220	150	120	90	80	60		
40	6550	6100	5210	4310	2870	1890	1480	1120	850	520	330	220	140	110	90	80			
45	6550	6100	5210	3950	2780	1890	1440	1080	850	510	320	210	140	110	90				
50	6550	6100	5030	3860	2690	1800	1440	1030	830	500	310	210	140	110	90				
75	6550	6100	5030	3710	2600	1800	1390	990	840	510	310	220	150	120	90				
90	6550	6010	5130	3710	2690	1800	1390	990	840	520	330	220	170	130	100				
110	6550	6010	5130	3710	2690	1800	1390	990	860	540	350	240	190	140	110				
130	6550	6010	5030	3710	2690	1800	1440	1060	900	560	380	270	200	140	130				
150	6550	6010	5030	3710	2690	1800	1440	1120	940	590	400	290	220	160	140				
165	6550	6010	5030	3950	2780	2070	1620	1300	1030	690	470	340	250	190	160				
180	6550	6010	5030	3950	2780	2240	1800	1390	1110	750	510	380	270	210	160				

FIG. 2.29

Ambos valores se pueden medir directamente en el campo.

De ellos C.I.E. ha establecido criterios para su cálculo. Existe además información sobre sus valores para cálculos prácticos de luminancia. (ver apéndice A 5).

Conociendo el valor  $K_p$ , existen tablas publicadas por C.I.E., llamadas tablas "R", en cuales, en función de los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$ , - puede encontrarse el factor "R".

Como la que se muestra en la fig. No. 2-29.

De acuerdo con la ec (17), el factor R determinado en la fig. 2-29 multiplicado por I y dividido entre  $h^2$ , para el caso que se esté calculando nos permitirá conocer la luminancia.

Existe otra manera de resolver el problema a través de un cálculo gráfico, el cual hace uso de las curvas ISO -  $cd/\pi e^2$  que proporciona el fabricante de luminarias, normalmente con escala  $h = 1$  e  $I = 1$ , como la de la fig. No. 2-30.

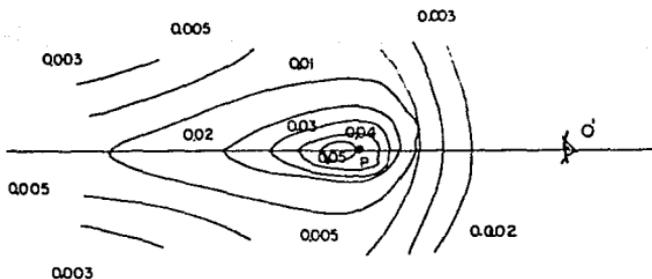


FIG. 2.30

#### 2.4.4. METODO DE LOS 21 PUNTOS (METODO DE CAMPO)

A continuación se expone el método para realizar mediciones de niveles de iluminación por el método conocido como de los 21 puntos:

Para llevar a cabo este método es necesario de disponer de ciertos datos tales como:

- Altura de montaje.
- Distancia Interpostal.
- Ancho de camellón (para calles de doble circulación, avenidas, etc.)
- Ancho de vía lateral.

Los resultados mínimos que se requieren para verificar una calidad y eficiencia que se consideren buenos en los arreglos y los equipos por probar y considerando las condiciones antes citadas serían a partir de los coeficientes de uniformidad.

De esta manera se tiene que:

$$E \text{ promedio} = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_{21}}{21} = \text{luxes}$$

De lo anterior se puede apreciar que se harán mediciones en 21 puntos previamente establecidos, ver fig. No. 2-31.

Los valores mínimos aceptables para los coeficientes de uniformidad serán los siguientes (de acuerdo a la Comisión Internacional de Iluminación, I.I.C.)

$$\text{COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD GENERAL} = \frac{E_{\min}}{E_{\text{prom}}} = 0.55$$



- Coeficiente de uniformidad general =  $\frac{E_{\min}}{E_{\text{prom}}}$
- Coeficiente de uniformidad longitudinal (Eje I) =  $\frac{E_{\min}}{E_{\max}}$
- Coeficiente de uniformidad longitudinal (Eje II) =  $\frac{E_{\min}}{E_{\max}}$
- Coeficiente de uniformidad longitudinal (Eje III) =  $\frac{E_{\min}}{E_{\max}}$
- Coeficiente de uniformidad transversal (Eje A) =  $\frac{E_{\min}}{E_{\max}}$
- Coeficiente de uniformidad transversal (Eje B) =  $\frac{E_{\min}}{E_{\max}}$
- Coeficiente de uniformidad transversal (Eje C) =  $\frac{E_{\min}}{E_{\max}}$

Al obtenerse los valores calculados para los coeficientes de uniformidad deberán compararse con los valores considerados como mínimos aceptables de acuerdo a lo indicado anteriormente, esto con el fin de verificar el nivel de calidad de la instalación en prueba.

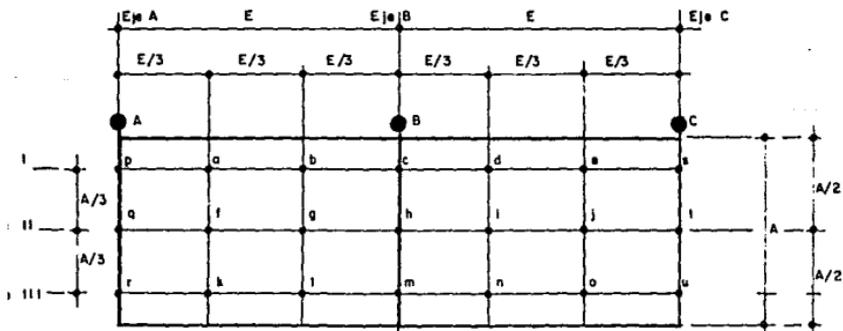


FIG 2.31

## CAPITULO III

### SELECCION DE EQUIPO

#### 3.1. INTRODUCCION

Para llevar a cabo la selección del equipo a utilizar en un proyecto de iluminación, es necesario tener un conocimiento previo - del equipo existente a nivel nacional ó de importación, con el objeto de que al seleccionarlo se tengan los elementos suficientes para decidir su adecuada aplicación.

El equipo a seleccionar comprenderá de varios elementos, los cuales se listan a continuación:

- 1.- FUENTES DE ILUMINACION
- 2.- LUMINARIAS
- 3.- BALASTROS
- 4.- POSTES
- 5.- EQUIPO DE CONTROL Y PROTECCION

Cada elemento del equipo seleccionado tiene ciertas características y propiedades, que a continuación se sitan.

#### 3.2. FUENTES DE ILUMINACION

Se llama fuente de iluminación al dispositivo, aparato y órgano - natural ó artificial que emite radiaciones visibles para el ojo humano, por lo tanto, las fuentes de iluminación pueden ser naturales o artificiales.

Las fuentes de iluminación natural más importante es el sol, las-

fuentes de iluminación artificiales se denominan en general lámparas.

Actualmente disponemos de muchos tipos de lámparas para la producción de iluminación artificial; pero todos estos tipos, están basados solamente en dos fenómenos físicos, que son: El calor y la luminiscencia. Por lo tanto podemos distinguir entre las lámparas basadas en la elevación de la temperatura de un cuerpo, es decir en elementos que emiten radiaciones cábrificas y lámparas basadas en otras propiedades cuya característica común, es que apenas -- existe elevación de temperatura emiten radiaciones luminiscentes, algunas lámparas emiten ambas clases de radiaciones.

Hay muchas formas de producir luminiscencia; pero la más interesante para nosotros es la electroluminiscencia, producida por el paso de la descarga eléctrica a través de los gases (neón, xenón, etc.), o de vapores metálicos (mercurio, sodio).

Como se mencionó anteriormente existen varios tipos de lámparas; para su uso en luminarias de alumbrado público se cuenta con las siguientes:

- 3.2.1. LAMPARA INCANDESCENTE
- 3.2.2. LAMPARA FLUORESCENTE
- 3.2.3. LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO
- 3.2.4. LAMPARA DE VAPOR DE SODIO
- 3.2.5. LAMPARA DE LUZ MIXTA
- 3.2.6. LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS
- 3.2.7. LAMPARA YODO - CUARZO.

### 3.2.1. LAMPARA INCANDESCENTE

La lámpara incandescente mostrada en la fig. 3.1 es un dispositi-

**FILAMENTO**

Generalmente hecho de tungsteno. Puede ser un alambre en espiral sencilla o en doble espiral.

**GAS**

Normalmente una mezcla de nitrógeno y argón para retardar la evaporación del filamento. Se usa en lámparas de 40 y más watts.

**ELECTRODOS**

Entre el casquillo y la prensa son de cobre. Desde la prensa hasta el filamento son de níquel.

**PRENSA**

Los electrodos, obturados herméticamente en el vidrio, son una combinación de núcleos de aleación de hierro y níquel dentro de manguitos de cobre (hilo Dumal). Se asegura un factor de dilatación igual al del vidrio.

**TUBO DE VACIO**

Durante la fabricación, por este tubo se introducen gases inertes a la bombilla. Entonces se obtura y se corta al tamaño debido para cubrirlo con el casquillo.

**BOMBILLA**

Casi siempre de vidrio blando. Hay lámparas de vidrio duro para resistir intemperie y temperaturas elevadas.

**SOPORTES**

Sostienen y posicionan el filamento y son de molibdeno.

**BOTON**

Se forma con el vidrio caliente. En él se colocan los soportes.

**VASTAGO DE SOPORTE**

Es una varilla o tubo de vidrio que dá apoyo al botón.

**DEFLECTOR**

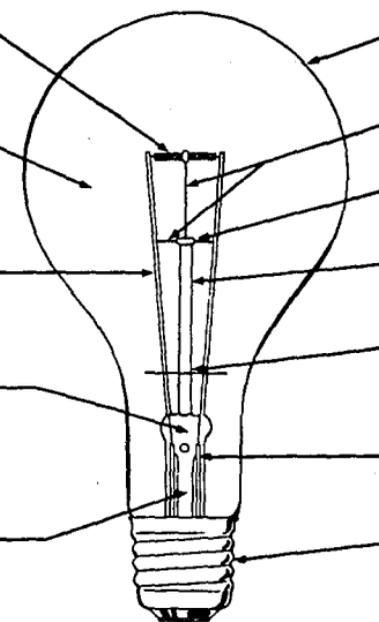
Se usa en las lámparas de mayor potencia cuando es necesario reducir la circulación de los gases calientes hacia el cuello de la bombilla.

**FUSIBLE**

Si saltan arcos en el filamento, al fundirse protege el circuito.

**CASQUILLO**

Generalmente roscado. Es de latón o aluminio. Un conductor se suelda al contacto central y el otro al borde superior de la base.



vo para transformar energía eléctrica en energía luminosa. Esto se logra calentando un filamento hasta la incandescencia, mediante el paso de una corriente eléctrica a través de él.

No obstante su compleja naturaleza técnica se fabrica en cantidades inmensas lo que hace posible su muy bajo precio unitario. -- Cada lámpara exige un proceso de fabricación que supera en precisión a los que se usan en relojería fina.

Los electrodos conducen la corriente desde la fuente a través del filamento y otra vez hacia afuera. Con el paso de la corriente - el filamento se calienta "al blanco vivo", alcanzando una temperatura de  $2,482^{\circ}\text{C}$ , que equivale al doble del punto de fusión del acero.

El resplandor radiado por ese gran calor es "la incandescencia" - que la vista percibe como luz.

A pesar de esa alta temperatura el filamento no se funde porque - la temperatura de fusión del tungsteno es superior, no puede haber combustión porque la atmósfera carece de oxígeno, puesto que previamente se hizo el vacío y se llenó con gases inertes.

Así se crea una radiación dentro del espectro visible (luz), durante la "vida" del filamento.

#### PARTES PRINCIPALES DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE

- Las partes más importantes o principales de una lámpara incandescente son: el filamento, el gas de relleno, el bulbo ó ampolla y la base ó casquillo.

a) FILAMENTO. Es el elemento productor de luz de la lámpa-

ra, las consideraciones principales al proyectarlo se refieren a sus características eléctricas.

El filamento utilizado actualmente en las lámparas incandescentes es de tungsteno, éste tiene un alto punto de fusión y un bajo porcentaje de evaporación, por lo que permite alcanzar temperaturas de funcionamiento más altas que con cualquier otro tipo de material y, por consiguiente lograr una mayor eficiencia en la lámpara, la cual es la cantidad de luz (medida en lúmenes), emitida por unidad de energía consumida (watts).

La longitud, el diámetro y la configuración de los filamentos varían según la finalidad a que se dedique la lámpara, la potencia que consume, la tensión con que se alimenta y la vida deseada.

Anteriormente se usó el alambre recto como filamento para todas las lámparas; actualmente se utiliza muy poco pues su longitud obliga a colocar muchos soportes, lo cual es desventajoso porque el calor se pierde proporcionalmente al número de soportes.

Mediante el arrollamiento en doble espiral del hilo de tungsteno que constituye el filamento se consigue un aumento de eficacia luminosa. El sistema de doble espiral, al mismo tiempo que aumenta la eficacia de la lámpara, reduce el tamaño del filamento, por lo que se ha incorporado en muchos tipos de lámparas incandescentes de uso general.

Este tipo de filamento también presenta al gas de relleno una superficie menor, lo que trae como consecuencia una reducción de la pérdida de calor por conducción y convección.

Aparentemente el filamento de una lámpara incandescente común mide unos 25 mm., sin embargo contiene cerca de 600 mm., de alambre arrollado, cuyo diámetro se mide en milésimas de milímetro; cualquier inexactitud en la distancia de sus espiras puede acortar considerablemente la vida de la lámpara.

- b) GAS DE RELLENO. Las primeras lámparas incandescentes se hicieron con bombillas al vacío buscándose impedir que ardiera el filamento mediante la supresión del oxígeno. Más tarde se descubrió que la presión ejercida sobre el filamento por un gas inerte introducido en la bombilla retardaba la evaporación del tungsteno, haciendo posible la creación de lámparas con filamento para temperaturas más altas y por lo tanto más eficientes.

Al principio se usó exclusivamente nitrógeno como gas inerte, en las lámparas modernas se combina el nitrógeno con argón, en mezclas que varían según sea la potencia en watts, ambos gases son inertes y no se combinan químicamente con el tungsteno.

Los gases se introducen a la bombilla a una presión aproximadamente de 0.8 atm., ésta presión interna se acerca a la unidad cuando la lámpara en condiciones normales; actualmente todas las lámparas menores de 40 watts, suelen ser del tipo al vacío, y todas las de más potencias son rellenas de gas.

El criptón es un gas inerte que causa una menor pérdida de calor, pero debido a su alto costo, sólo se emplea en algunas lámparas especiales.

- c) BULBO O AMPOLLA. Como el filamento incandescente debe operar en el vacío o en una atmósfera de gas inerte como ya se

## BULBOS

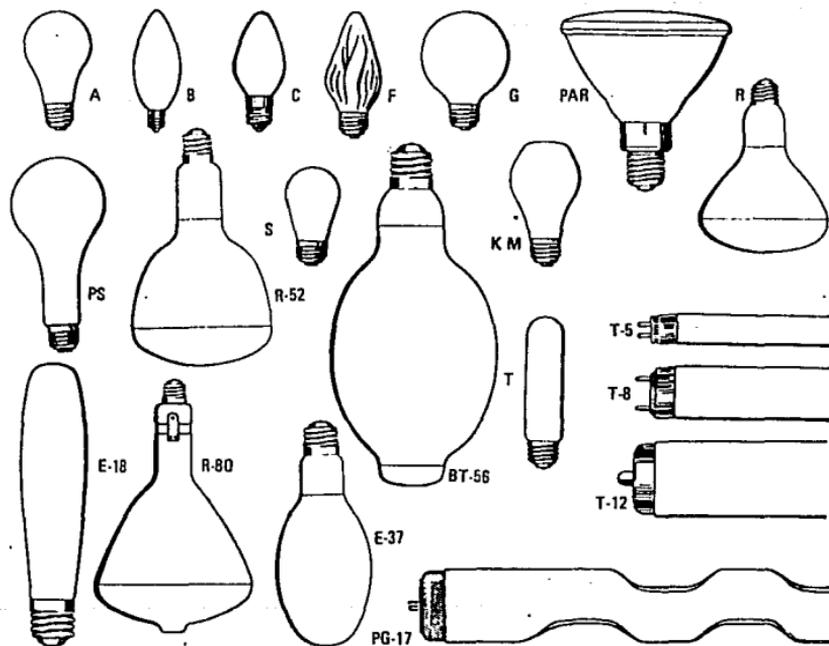


FIG. N° 3.2

mencionó, se le encierra en una envoltura de cristal llamada ampolla o bulbo. Se utilizan varias clases de cristal, dependiendo del tipo de lámpara y sus aplicaciones la mayor parte de los bulbos de las lámparas de alumbrado general están hechas de cristal blanco.

Los bulbos de cristal duro o resistente al calor se utilizan para lámparas de servicio especial, utilizadas en lugares donde la lluvia o la nieve puedan entrar en contacto con el bulbo caliente y provocar su ruptura. El cristal duro es necesario también para proyectores, focos, etc., los cuales trabajan con temperatura más alta que las lámparas de servicio general.

Hay bulbos de una gran variedad de formas, algunas de las cuales se muestran en la figura Número 3.2

- d) BASE O CASQUILLO. La mayoría de las lámparas tienen la base adherida al vidrio del bulbo con un cemento especial lo que proporciona suficiente resistencia mecánica durante su uso y vida normales. Sin embargo en ciertas lámparas de alta potencia de alumbrado general, la base es sometida a altas temperaturas y humedad que recocen el cemento y lo deterioran anulando las propiedades de adherencia de éste y ocasionando en consecuencia que base y bulbo se sueltan. Para proporcionar mayor resistencia en este tipo de lámparas se utilizan bases mecánicas; esto consiste en una base de latón roscada y un casquillo interior, el casquillo interior tiene 4 orijas que lo posicionan a manera de mordaza sobre las correspondientes muescas en el bulbo.

Después que la base exterior ha sido colocada sobre el casquillo interior se practican 3 misiones que obligan a cier-

tas partes del latón de la base a introducirse a la incisión correspondiente del casquillo, resultando con esto la unión-mecánica de la base con el bulbo.

La base desempeña dos funciones muy importantes la primera - sujetar firmemente la lámpara con el portalámpara y la segunda conducir la electricidad desde el circuito hasta los hilos de conexión de la lámpara, debido a la inmensa variedad de usos a que se destinan las lámparas, éstas van dotadas de bases de distintos tamaños como las que se muestran en la -- fig. 3.3

## BASES (Para lámparas grandes)

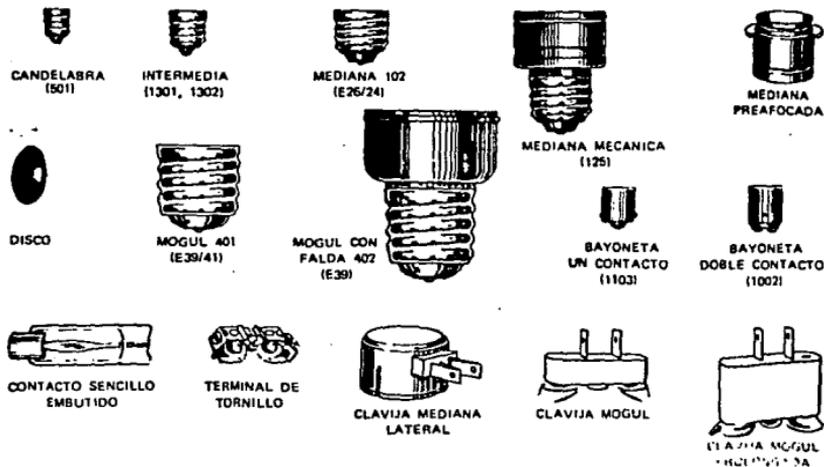


FIG. N° 3.3

### CARACTERISTICAS DE OPERACION

Tanto la duración como el rendimiento luminoso de una lámpara depende de la temperatura del filamento. Cuanto mayor sea la temperatura, mayor será la eficiencia y menor su vida.

Cuando una lámpara incandescente funciona a tensión constante el filamento se evapora o se sublima, lo que da lugar a una lenta pero continúa reducción de su potencia y de su emisión de luz.

El término normal de la vida se alcanza cuando el filamento se rompe o se quema por su parte más fina. Una posterior reducción de la emisión de luz tiene lugar debido a la absorción de luz por parte del tungsteno evaporado, el cual forma un ennegrecimiento del bulbo, debido a que es depositado en la superficie interna del bulbo. En una lámpara de vacío dicho ennegrecimiento ocurre en forma uniforme por todo el interior del bulbo. Como regla general, las lámparas deben alimentarse a su tensión nominal, ya que cualquier variación de la tensión de alimentación aplicada a una lámpara incandescente ocasiona cambios en sus características.

La figura número 3.4., muestra la forma en que las variaciones por encima o por debajo de los voltajes nominales afectan las características de una lámpara.

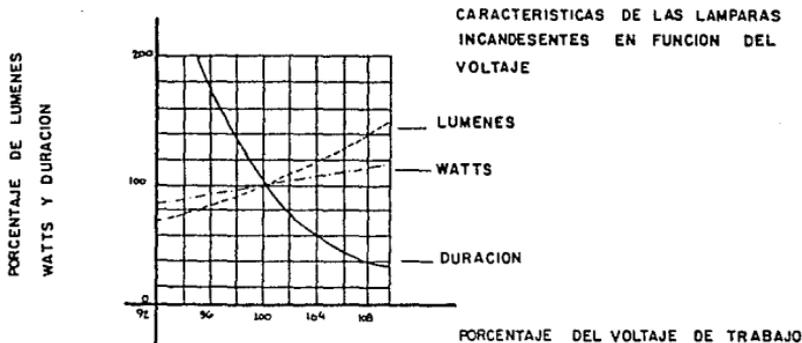


FIG. N° 3.4

## TIPOS DE LAMPARAS INCANDESCENTES

Existen varios tipos de lámparas incandescentes las cuales presentan características especiales dependiendo de las necesidades a cubrir, esta clasificación de lámparas incandescentes va desde alumbrado general de interiores hasta proyectores de alumbrado de intemperie.

Para nuestro caso en particular el tipo de lámparas incandescentes que nos interesan se presentan en la figura número 3.5

TIPO	TIPO DE FABRICACION	FABRICANTES	POTENCIA DE LAMPARA		DISEÑO DE BASE DE VIDA	COLOR DE VIDA	VOLTAJE	LUMENES INICIALES	LUMENES PLACI PLATI	MANTENIMIENTO EN HORAS		TEMPERA LUNA APARENTE DE CULPA DE VIDA	TEMPERATURA DE VIDA
			NUMERO DE LAMPARAS	SIGNIFICADO						LUMENES A 10% DE VIDA PROMEDIO	LUMENES A 1% DE VIDA		
INCANDESCENTE	ALUMBRADO GENERAL	ELECTRIC	1000 W	N R	PS 42	C	220	18 500	18 5	N R H	N R H	1 000	N R
			750 W	N R	PS 40	C	220	13 800	18 13	N R H	N R H	1 000	N R
			500 W	N R	PS 30	C	220	8 300	17 8	N R H	N R H	1 000	N R
		300 W	N R	PS 20	C	220	8 750	17 5	N R H	N R H	1 000	N R	
		300 W	N R	PS 30	C	220	4 800	16 1	N R H	N R H	1 000	N R	
		300-1	N R	PS 30	C	220	4 740	15 8	N R H	N R H	1 000	N R	
	ALUMBRADO GENERAL	PHILIPS	1500 W	N R	E 40	L	220	18 800	18 8	N R H	N R H	1 000	N R
			750 W	N R	PS 30	L	220	13 300	17 8	N R H	N R H	1 000	N R
			500 W	N R	PS 20	C	220	8 900	17 3	N R H	N R H	1 000	N R
			300 W	N R	PS 15	C	220	4 700	15 1	N R H	N R H	1 000	N R
			1500 W	N R	PS 52	C	220	29 500	18 13	N R H	N R H	750	N R
			1000 W	N R	PS 40	C	220	18 800	18 8	N R H	N R H	750	N R
ALUMBRADO GENERAL	GEOS	750 W	N R	ME 7	C	220	14 750	19	N R H	N R H	750	N R	
		500 W	N R	ME 7	C	220	8 800	17 5	N R H	N R H	750	N R	
		300 W	N R	ME 7	C	220	4 950	15 5	N R H	N R H	750	N R	
		1000 W	N R	PS 52	C	220	29 500	18 13	N R H	N R H	750	N R	
		750 W	N R	PS 40	C	220	18 800	18 8	N R H	N R H	750	N R	
		500 W	N R	PS 30	C	220	8 800	17 5	N R H	N R H	750	N R	
ALUMBRADO GENERAL	SYLVANIA	1000 W	N R	PS 52	C	220	14 175	14 17	N R H	N R H	1 000	N R	
		500 WPS 40	N R	PS 40	C	220	8 300	16 6	N R H	N R H	1 000	N R	
		300 W	N R	PS 30	C	220	4 810	15 26	N R H	N R H	1 000	N R	
ALUMBRADO GENERAL	ELECTRIC	500 W	N R	ME 7	C	220	4 810	15 26	N R H	N R H	1 000	N R	
		1500 W (3000)	N R	PS 50	C	220	3 000	16 66	N R H	N R H	3 500	N R	
ALUMBRADO GENERAL	ELECTRIC	1500 W (3000)	N R	E 40	C	220	8 400	16 8	N R H	N R H	N R	N R	
		1500 W (3000)	N R	PS 50	C	220	4 750	15 87	N R H	N R H	N R	N R	
		1500 W (3000)	N R	PS 50	C	220	4 750	15 87	N R H	N R H	N R	N R	

N: Normal, NH: No humectable, C: Curvo, DE: Doble, E: Especial, LV: Lámpara

FIG. N° 3.5

### 3.2.2. LAMPARA FLUORESCENTE

El éxito del alumbrado fluorescente ha sido espectacular casi -- desde su descubrimiento en 1938, éste nuevo tipo de alumbrado no produce luz desde un sólo centro o núcleo luminoso, sino que la radía suave y difusamente por toda la extensión de sus tubos sin producir resplandores y sombras acentuadas. Esta luz más "fres--ca" y más eficiente reduce el esfuerzo visual y facilita el ver y trabajar más que cualquier otra antes disponible, la lámpara fluorescente es una fuente que produce la luz por medio de una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, la radiación del mercurio en estas condiciones no es visible, por lo que se utilizan polvos fluorescentes, los cuales tienen la propiedad de cambiar la longitud de onda ultravioleta del arco a longitudes de onda dentro del espectro visible (luz).

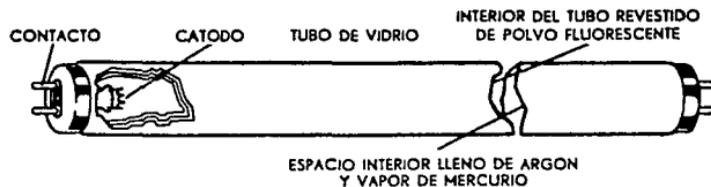
La cromaticidad de la luz es una consecuencia de las caracterfsticas especiales de los polvos fluorescentes para cada lámpara en - particular.

#### PARTES PRINCIPALES DE UNA LAMPARA FLUORESCENTE

- Las partes más importantes en una lámpara fluorescente son: -

- a) bulbo    b) eléctrodo    c) bases    d) fósforos, como se muestra en la fig. 3.6

a) BULBO. La forma y tamaño del bulbo de una lámpara fluorescente, se expresa mediante una clave que consiste en la letra "T" (designando la forma tubular del bulbo), la cual va - seguida de un número que expresa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada. El diámetro puede variar desde T-5 a T-17, en la longitud total nominal, las lámparas fluorescentes fluctuán entre seis y noventa y seis pulgadas.



### COMO PRODUCE LUZ LA LAMPARA FLUORESCENTE

1. Hay un cátodo, consistente en un filamento de tungsteno revestido de óxidos en cada extremo de la lámpara. Al calentarse por el paso de corriente eléctrica, se produce una nube de electrones alrededor de cada cátodo.
2. Según va alternando la corriente, una onda de alta tensión establece una corriente de electrones entre

los 2 cátodos en ambas direcciones.

3. Los electrones chocan con los átomos de argón y de mercurio produciéndose rayos ultravioleta invisibles.
4. Al incidir los rayos ultravioleta sobre los polvos fluorescentes que cubren las paredes interiores del tubo se transforman en luz visible.

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".

- b) ELECTRODO. El tipo de electrodo utilizado en la mayor parte de las lámparas fluorescentes es el de hilo de tungsteno baña do y doblemente arrollado en espiral (catodo caliente).

El hilo en espiral de tungsteno se recubre con un material emisor (bario, estroncio y óxido de calcio), que cuando se caliente desprende electrones. El proceso se denomina emisión-termoiónica, pues los electrones son emitidos más como resultado del calor desarrollado que de la tensión aplicada.

Se crea en el cátodo un punto caliente en el que salta el arco de mercurio y se produce un flujo continuo de electrones.- Este tipo de funcionamiento es característico de las llamadas lámparas de "cátodo caliente".

- c) BASES. Debido a que existen varios tipos de lámparas fluorescentes (que se tratarán más adelante), existen diferentes tipos de bases por ejemplo 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. En las lámparas circulares, los cátodos van conectados a una base con -- cuatro espigas ubicadas entre la unión de los dos extremos de la lámpara. Las lámparas fluorescentes de alta emisión lumínica, así como las de muy alta emisión lumínica, tienen bases embutidas de doble contacto.

Las lámparas slim-line (de arranque instantáneo), requieren -- solamente de dos contactos eléctricos, o sea uno en cada ex--

tremo de la lámpara y usan bases de una sola espiga.

- d) **FOSFOROS.** Las lámparas fluorescentes emplean fósforos seccionados por su eficacia en la conversión de la energía ultravioleta de onda corta de 2,537 Angstroms en luz visible y por ser compuestos estables que mantienen su emisión luminosa a un alto nivel a lo largo de la vida de la lámpara. El color producido depende de la composición química de los fósforos. Los colores "blanco cálido normal" y "blanco", se obtienen mediante una mezcla de fósforos. Las lámparas verdes, azules y rosas usan solamente fósforo de un cierto tipo, en tanto que las doradas y rojas llevan un revestimiento coloreado, añadido al fósforo en la superficie interior del bulbo.

#### TEORIA DE FUNCIONAMIENTO

Las lámparas fluorescentes son 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 o algunos milímetros de presión y de una pequeña cantidad de mercurio.

Al aplicar una tensión adecuada entre los 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 éstos choques una parte de los átomos se ioniza, aumentando así la corriente de descarga la cual produce la excitación de los átomos de mercurio, -

los cuales emiten casi exclusivamente radiaciones ultravioletas.-- 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 ultravioleta incidentes, dí cho de otra forma, emitirán radiaciones visibles. Una de las ven tajas más importantes de las lámparas fluorescentes es su alta e- ficacia, que fluctúa entre 24 y 81 lúmenes por watts.

#### CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

**VIDA DE LA LAMPARA:** En comparación con la lámpara incandescente la lámpara fluorescente tiene una larga vida promedio. El - fin normal de la vida de una lámpara fluorescente se alcanza --- cuando en uno de los electrodos queda una cantidad tan pequeña de material emisor de electrones que es insuficiente para la inicia- ción del arco. Una parte del material emisor se consume de forma continua mientras funciona la lámpara, y otra cantidad se arranca por el impacto del arco cada vez que la lámpara se enciende. Por lo tanto, la vida de una lámpara es afectada por el número de en- cendidos. El promedio normal de vida de las lámparas fluorescen- tes se halla basandose en un ciclo de trabajo de 3 horas por cada encendido.

**EFFECTOS DE LA TEMPERATURA:** La temperatura es un factor importan- te en el funcionamiento de las lámparas fluorescentes. La tempe- ratura de la pared del bulbo tiene una importancia fundamental en la cantidad de radiación ultravioleta generada por el arco; de -- ahí que la emisión luminosa se vea significativamente afectada - por la temperatura y el movimiento del aire que circunda la lámpa ra. Para obtener una máxima eficacia, las paredes del bulbo debe- rán estar en un margen de temperaturas comprendidas entre los 38° y los 49°C, la luz emitida decrece un 2 por 100 por cada grado de descenso de la temperatura del bulbo por debajo de 38°C, y tam---

bién en la misma proporción por cada aumento de tres grados, para temperaturas comprendidas entre los 49° y 93°C.

Los valores promedios de la emisión luminosa se basan en medidas realizadas a una temperatura ambiente de 25°C, con aire en calma, los efectos de las temperaturas altas y bajas varían con el tipo de lámpara, dependiendo de la temperatura del bulbo en condiciones normales de funcionamiento.

**EFECTO DE LA HUMEDAD.** La carga electrostática sobre la pared externa del bulbo de una lámpara fluorescente afecta a la tensión requerida para que salte el arco.

El aire húmedo que circunda la lámpara que puede formar una película de humedad sobre el bulbo, al que afecta esta carga superficial siendo entonces necesarias tensiones de encendido mucho más altas. Las lámparas utilizadas en circuitos de encendido rápido o instantáneo van provistas de un revestimiento externo invisible de silicona, que dispersa la humedad y asegura el encendido a cualesquiera condiciones de humedad. En los circuitos del tipo de precalentamiento, el impulso de tensión de encendido es suficiente para que salte el arco, incluso con alto grado de humedad.

**EFECTO DE LA TENSION.** La tensión de alimentación de una luminaria debe mantenerse dentro de los márgenes de funcionamiento normal de la reactancia, tanto las tensiones bajas como las altas, - respecto a la nominal del trabajo, perjudican enormemente el buen funcionamiento y duración de la lámpara. Con tensiones bajas el arranque ofrece mayor dificultad, desprendiéndose más cantidad de material emisor que recubre los cátodos, lo que origina una combustión prematura de los mismos que acorta la vida de la lámpara y también una disminución apreciable del flujo luminoso. Con tensiones altas, si bien las lámparas arrancan con más facilidad y -

el flujo luminoso es mayor, su vida se extingue mucho más rápidamente.

**EFFECTO DE LA FRECUENCIA.** Las características limitadoras de corriente de una reactancia dependen directamente de la frecuencia de la red y por esta razón las reactancias deben emplearse únicamente en redes de frecuencia para la que fueran proyectadas. Con una frecuencia inferior, por ejemplo una reactancia para 60 hertz conectada a una red de 50, se reduce la inductancia y circula una mayor corriente a través de la lámpara lo que provoca un acortamiento de la vida de ésta y un calentamiento excesivo de la reactancia. Con una frecuencia superior a la proyectada, se reduce la corriente de la lámpara, con el consiguiente acortamiento de su vida y disminución de la emisión lumínica.

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 de la reactancia la utilización práctica de las ventajas mencionadas dependen del desarrollo de un equipo eficiente y económico para obtener tales frecuencias.

**EFFECTO ESTROBOSCOPICO.** Se conoce como efecto estroboscópico 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 emisión luminosa al pasar por el punto cero la intensidad de la corriente, excepto cuando lámparas de poca potencia se hacen funcionar a la frecuencia de 25 hertz. En las fluorescentes, el arco se extingue completamente dos veces durante cada ciclo y la permanencia de la luz depende de las cualidades fosforescentes del revestimiento esta característica de los fósforos varía de un modo considerable de unos a otros.

INTERFERENCIA DE RADIO. Todas las lámparas de descarga pueden producir interferencia en los radio-receptores cercanos debido a la radiación electromagnética producida en las lámparas; estas interferencias se manifiestan en forma de ruido molesto, la interferencia en la radio se puede suprimir mediante el uso de capacitores en los balastos de arranque rápido y de arranque instantáneo y en los arrancadores de los circuitos de precalentamiento.

La radiación de las lámparas fluorescentes puede llegar a la radio de tres maneras: por radiación directa desde la lámpara hasta el circuito de antena del aparato de radio, por transmisión de la interferencia por los conductores eléctricos hasta las proximidades del circuito de antena, y, por realimentación de la perturbación desde la lámpara, a través de la línea de alimentación del aparato radio receptor.

En los dos primeros casos, el problema se resuelve si éstos elementos (lámpara y conductores), se alejan como a 3 metros de distancia del radioreceptor. Cuando la interferencia es producida a través de la línea de alimentación, se puede suprimir conectando un filtro en la línea de la luminaria.

#### TIPOS DE LAMPARAS FLUORESCENTES (cátodo caliente)

Estas lámparas se pueden dividir por la forma de encendido en -- tres tipos fundamentales que son:

- a) LAMPARAS DEL TIPO PRECALENTAMIENTO
- b) LAMPARAS DE ARRANQUE INSTANTANEO (slimline)
- c) LAMPARAS DE ARRANQUE RAPIDO

LAMPARAS DE TIPO PRECALENTAMIENTO. Este tipo de lámparas funcio-

na con un arrancador separado. El arrancador suministra durante varios segundos un flujo de corriente a través de los cátodos para precalentarlos, este período es el tiempo que transcurre desde el encendido de la lámpara hasta que ésta emite luz.

Los cátodos se precalientan para emitir electrones que ayudan a producir el arco a un voltaje más bajo. El arrancador es generalmente del tipo automático para detener el flujo de corriente y causar que se conecte el voltaje con un pico de voltaje inducido a través de los cátodos, generando así el arco. Todas las lámparas de precalentamiento, tiene bases con doble espiga.

LAMPARAS DE ARRANQUE INSTANTANEO (slimline). Las lámparas slimline, 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 en las lámparas de precalentamiento, además simplifica el sistema de alumbrado y el mantenimiento correctivo.

Dado que los cátodos de las lámparas slimline no necesitan calentamiento previo, se requieren bases con una sola espiga a cada extremo de la lámpara.

LAMPARAS DE ARRANQUE RAPIDO. Este tipo de lámparas arrancan con suavidad y rapidez, sin necesidad de arrancadores. En realidad arrancan rápidamente pero no instantáneamente como lo hacen los del tipo slimline, arrancan en un período de tiempo mucho más corto que las lámparas de precalentamiento, usando balastos más eficientes y más pequeños que los balastos de arranque instantáneo. Este tipo de lámparas dependen del calentamiento del cátodo, el cual es suministrado por unos devanados de calentamiento que tienen el balastro, de esta forma se reduce el voltaje de arranque, que es menor que el de las lámparas slimline.

LAMPARAS FLUORESCENTES DE CATODO FRIO. Conocidas también como -- lámparas fluorescentes de alta tensión constructivamente difieren de las lámparas de cátodo caliente, en que la presión del gas contenido en el bulbo de descarga es siempre algo menor y en que los electrodos están constituidos por un cilindro hueco de hierro puro, recubierto en su interior de una capa de óxidos metálicos emisores de electrones. La superficie interna del tubo posee una capa de polvo fluorescente análoga a la de las lámparas fluorescentes de cátodo caliente.

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; -- tensión la cual es del orden de los 1,000 volts en adelante y suministrada a partir de la red de baja tensión, por 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, de un transformador elevador de tensión; la reactancia necesaria para estabilizar la descarga puede obtenerse del mismo transformador, la tensión de descarga es de el orden 50% de la tensión de encendido, - generalmente no se presentan dificultades al arrancar estas lámparas en condiciones de un alto índice de humedad o frío. Tienen - una duración que puede evaluarse en 10,000 horas de vida, cuando la lámpara sobrepasa el tiempo destinado como tiempo normal de vida, la luz que se emite es inestable y pálida, cuando ésto sucede, hay que reemplazar la lámpara.

Al contrario de lo que sucede con las lámparas fluorescentes normales, que solamente pueden funcionar entre límites muy estrechos



### 3.2.3 LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO

La iluminación mercurial ha tenido un crecimiento dramático desde que la primera lámpara práctica de vapor de mercurio fue inventada en 1901. Grandes adelantos técnicos y nuevas aplicaciones - han acelerado su uso en los últimos años.

La lámpara de vapor de mercurio pertenece a la clasificación conocida con el nombre de lámparas de descarga de alta intensidad - H.I.D. (High Intensity Discharge). En las lámparas de éste tipo, la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de un vapor de gas bajo presión.

**TEORIA DE FUNCIONAMIENTO.** Cuando se conecta el interruptor de la línea de alimentación, voltaje de arranque del balastro, es aplicado a través del espacio existente entre los electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco y también a través del pequeño espacio entre el electrodo de operación y el de arranque. Lo anterior ioniza el gas argón en el espacio existente entre el electrodo de arranque y el de operación; pero la corriente es limitada a un valor pequeño, debido al resistor de arranque, cuando hay suficiente argón ionizado y vapor de mercurio, distribuidos ambos a lo largo del tubo de arco, se establece una descarga entre los electrodos de operación, esto vaporiza más mercurio, calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable después de formarse el arco principal, el resistor de arranque provoca que el potencial a través del espacio de encendido, se mantenga muy bajo para mantener esta descarga, estableciéndose en ésta forma el flujo de descarga entre los electrodos de operación.

Los iones y electrones que componen el flujo de la corriente se ponen en movimiento a grandes velocidades a lo largo del trayecto

existente entre los dos electrodos de operaci3n situados en los - extremos opuestos del tubo de arco, el impacto producido por los - electrones y por las iones que viajan a enorme velocidad por el -- gas o vapor circulante, cambian ligeramente su estructura at3mica. La luz se produce de la energ3a emitida por los 3tomos afectados, a medida que vuelven nuevamente a su estructura normal.

#### PARTES PRINCIPALES DE LA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO

La figura No. 3.8, muestra las partes b3sicas de la l3mpara de va - por de mercurio. A pesar de que existen muchos tama3os y formas, los tipos m3s comunmente usados est3n contruidos a base de dos - bulbos, uno exterior, a manera de "cubierta", y otro interior, -- que es el "tubo de arco", el cual contiene cuarzo, vapor de mercu - rio, los electrodos y una peque3a cantidad de arg3n.

El bulbo exterior relleno comunmente de nitr3geno, sirve para pro - teger el tubo de arco contra el deterioro y la corrosi3n atmosf3 - rica. Tambi3n regula la temperatura de funcionamiento del tubo - de arco y actúa como filtro para absorber la radiaci3n ultravio-- - leta.

Las l3mparas de vapor de mercurio, estan dotadas de un marco de - montaje para el tubo de arco, de tal manera que se encuentra fir - memente sostenido y colocado correctamente. Los electrodos de la l3mpara de mercurio son espirales de tungsteno impregnadas de ma - terial emisor. En la mayor3a de las l3mparas, este material es - una mezcla de 3xidos trimet3licos embebida en las vueltas de la - espiral de tungsteno. El material emisor suministra electr3nes - para iniciar y ayudar a mantener el arco. Los electrodos tambi3n actúan como terminales del arco.

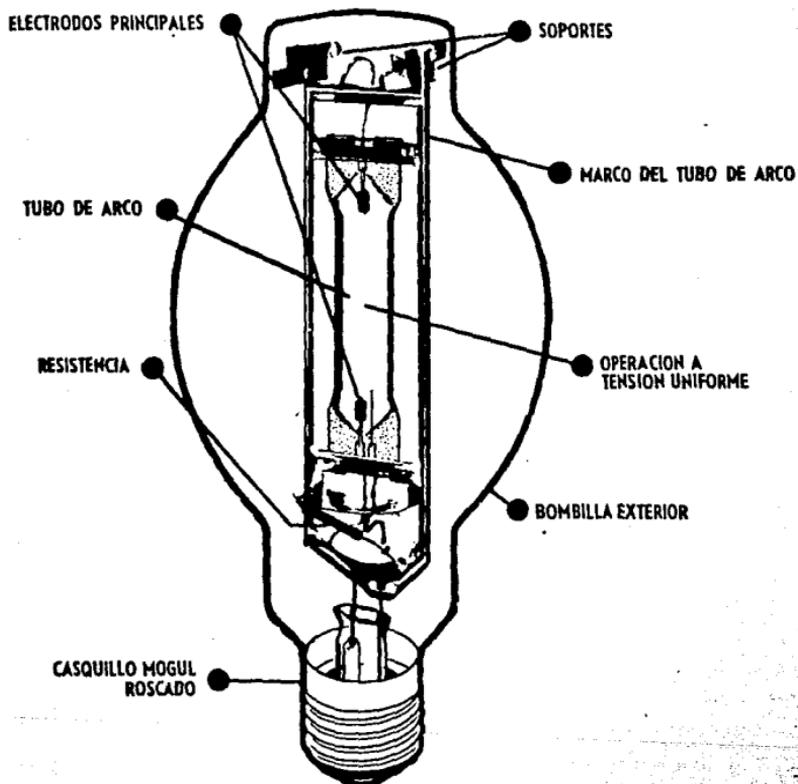


FIG. N° 3,8

El bulbo exterior, fabricado de vidrio borosilicado (duro, con -- base mecánica de bronce niquelado, donde se puede grabar la fecha en que fue instalada la lámpara. La superficie interna del bulbo externo lleva un revestimiento de fósforo a fin de mejorar el color, convirtiendo gran parte de la energía ultravioleta irradiada por el arco, en luz visible, predominante en la región roja del espectro. La figura muestra los tamaños y formas de los bulbos utilizados en las lámparas de vapor de mercurio.

Finalmente la lámpara de vapor de mercurio lleva una base o casquillo que generalmente es de rosca, del tipo mogul.

#### CARACTERISTICAS DE ILUMINACION DE LAS LAMPARAS

La lámpara de vapor de mercurio de bulbo claro, produce una luz de color blanco azulado, en la cual no existe virtualmente radiación roja. Debido a las fuertes líneas azules, verdes y amarillas, estos colores, en los objetos resaltan notablemente; sin embargo, la falta de color rojo hace que el anaranjado y el rojo se aprecien parduscos. Las lámparas con revestimiento de fósforo en la superficie interior del bulbo exterior, mejora enormemente el color de la luz al convertir parte de la energía ultravioleta en luz visible. Estos fósforos no solo mejoran el rendimiento del color, sino también aumentar en algunos casos, la producción inicial de lúmenes.

Existen lámparas que tienen un revestimiento de fósforo actuando con europio, cuyo máximo rendimiento se encuentra en la región de los rojos del espectro, aumentando también la eficacia inicial. Además de mejorar la apariencia en los colores de los objetos iluminados, en comparación con las lámparas de bulbo claro.

## NOMENCLATURA DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Las nomenclaturas para identificar las lámparas de mercurio son muy diferentes de las utilizadas para las incandescentes. En el sistema de nomenclatura establecido por el United States of America Standards Institute, todas las designaciones comienzan con la letra "H" (de Hg, mercurio), seguida de un número arbitrario que indica las características eléctricas de la lámpara y la reactancia con la que se ha de acompañar, y de dos letras arbitrarias -- que indican las características físicas (tamaño del bulbo, material, acabado, etc.), cuando el bulbo exterior lleva baño de fósforo se añade una barra diagonal (/) seguida de una letra que indica el color de la luz.

## CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

### VIDA DE LA LAMPARA

Una de las características de las lámparas de mercurio es su largo promedio de vida, tienen una vida promedio de 24,000 horas, esta vida promedio se basa en gran parte en las condiciones de operación; siempre será mayor cuando el ciclo de encendido es continuo, que cuando es en ciclos intermitentes. La vida de la lámpara también es afectada por la temperatura ambiental excesivamente alta, el voltaje de línea, balastro, etc.

### EFECTO TENSION DE ALIMENTACION

No se recomienda el funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio a voltajes superiores a los recomendados. Aún cuando aumentaría la emisión luminosa, los electrodos y el tubo de arco se someten a temperaturas excesivas, ocasionando como resultado un aumento de la depreciación de los lúmenes y acortando la vida de la lámpara.

Una interrupción en el suministro de energía, o un descenso brusco de tensión, puede extinguir el arco. La mayor parte de las reactancias están calculadas para permitir un descenso en la tensión del 15% sin que se extinga el arco de la lámpara otros tipos permiten un 25% o más.

Antes de que la lámpara pueda volver a encenderse es preciso que se enfríe suficientemente para reducir la presión del vapor hasta un valor en el que el arco pueda volver a saltar a la tensión adecuada. Para la mayoría de las lámparas el tiempo de reencendido (tiempo de enfriamiento hasta que la lámpara pueda encenderse de nuevo), es aproximadamente el mismo que el de calentamiento, aunque en instalaciones perfectamente herméticas es algo mayor.

#### EFFECTOS DE LA POSICION DE OPERACION

La lámpara de vapor de mercurio, tiene su mayor efectividad funcionando en posición vertical, porque cuando trabaja en posición horizontal, el voltaje, la emisión luminosa y la eficacia disminuyen ligeramente. Esto se debe a que la descarga del arco, estando en posición horizontal tiende a colocarse en la parte superior, quedando más cerca de la pared del bulbo, reduciendo así ligeramente la presión del vapor en el arco.

#### EFFECTO DE LA TEMPERATURA

TEMPERATURA AMBIENTE. La emisión luminosa de las lámparas de doble bulbo no resulta afectada de un modo apreciable por la temperatura ambiente. Sin embargo, para asegurar el encendido inmediato a baja temperatura, muchas de las lámparas requieren una reactancia con una tensión a circuito abierto superior a la que tendría una reactancia normal para interiores.

**TEMPERATURA DE LA LAMPARA.** Debido a que las lámparas de mercurio tienen una vida larga, las temperaturas de trabajo resultan particularmente importantes. El efecto del calor es en parte una función del tiempo y cuanto más larga es la vida de la lámpara mayor será la posibilidad de ser dañada por las altas temperaturas. La excesiva temperatura en el bulbo y en el casquillo puede ocasionar la inutilización de la lámpara o un funcionamiento insatisfactorio a causa de un reblandecimiento del cristal, o dañar el tubo de cuarzo, debido a la humedad, o causar el debilitamiento de la soldadura o la corrosión de la base o de los hilos de toma. Por ello deberá evitarse el uso de cualquier equipo reflector que pueda concentrar el calor y los rayos luminosos sobre el tubo interior o sobre el bulbo exterior.

**EFEECTO ESTROBOSCOPICO.** El arco de una lámpara de mercurio que trabaja a 50 ciclos con corriente alterna se extingue 100 veces por segundo. Por ello el ojo tiene tendencia a ver una serie de destellos sucesivos lo que trae como consecuencia que un objeto que se mueva rápidamente pueda aparecer como si se moviese de forma intermitente.



### 3.2.4. LAMPARA DE VAPOR DE SODIO

En estas lámparas la descarga eléctrica se produce a través del metal sodio vaporizado a altas o bajas presiones.

En baja presión se obtiene la emisión de una radiación visible ca si monocromática.

En alta presión se obtienen energías a todo lo largo del espectro visible, con lo que se mejora el rendimiento de color el cual es bastante bueno, si se compara con el de la lámpara de vapor de so dio a baja presión.

#### 3.2.4.1. LAMPARA DE VAPOR DE SODIO A BAJA PRESION

Este tipo de lámpara está constituida principalmente por un tubo de vidrio en forma de "U", en el cual se realiza la descarga, este tubo se encuentra alojado dentro de un bulbo tubular también de vidrio, que le sirve de protección mecánica y térmica, reforzada esta última por el vacío que se hace del espacio interior en tre tubo y bulbo.

Como el sodio ataca el vidrio ordinario, la pared interna del tubo de descarga se protege con una fina capa de vidrio al bórax.

En las actuales lámparas de vapor de sodio a baja presión se ha incluido en la pared interna del bulbo exterior una delgada capa de óxido de estaño o de óxido de indio, la cual actúa como un reflector infrarrojo y mantiene así la pared del tubo de descarga a la temperatura correcta de funcionamiento (270°C).

En los extremos de los tubos de descarga, se encuentran dos electrodos formados por un filamento de wolframio en espiral doble o-

triple, en cuyos intersticios se deposita un material emisor de electrones (generalmente óxido de torio o de tierras raras).

El interior del tubo contiene además un gas noble generalmente neón, que favorece el encendido de la lámpara y la cantidad de sodio en forma de gotas que se deposita en forma regular, una vez condensado después de la descarga, en unas pequeñas cavidades existentes en la periferia del tubo.

#### TEORIA DE FUNCIONAMIENTO

La tensión de encendido de la lámpara es de 480 y 660 volts, según los tipos y como la tensión de red suele ser de 220 volts, se necesita de un aparato de alimentación con autotransformador que eleve la tensión de la red al valor necesario para el encendido.

Al conectar la lámpara se produce una descarga a través del gas neón que rellena el tubo, emitiendo una luz rojiza característica de este gas, el calor generado por el paso de la corriente en el tubo de descarga, vaporiza el sodio progresivamente hasta convertirlo en el soporte principal de la descarga.

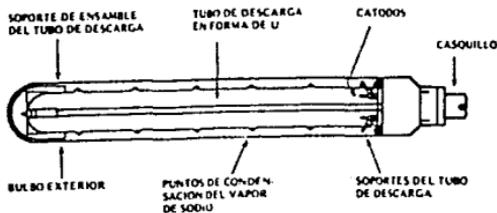
En el período de arranque, el color de la luz emitida por la descarga va variando paulatinamente del color rojo al amarillo. El flujo luminoso en un principio es muy escaso y aumenta con lentitud: Solamente cuando la descarga se hace a través del vapor de sodio, comienza un rápido incremento del mismo. Transcurrido un tiempo de aproximadamente diez minutos, la lámpara alcanza el 80% de sus valores nominales, finalizando el período de arranque en unos quince minutos, la intensidad de la lámpara aumenta durante este período alrededor de unos quince por ciento variando muy poco la potencia eléctrica absorbida.

### CARACTERISTICAS DE ILUMINACION

Debido a la luz monocromática de la lámpara de vapor de sodio a baja presión, la deformación de los colores de los objetos iluminados es muy notorio; por esta razón, este tipo de lámpara no se utiliza muy frecuentemente en iluminación de interiores. Pero a causa de su poca luminancia y del tono amarillo de su luz, pueden verse los objetos con todos sus detalles. Por ello esta lámpara es muy apropiada para la iluminación de aquellos lugares en los que se precise una gran agudeza visual, sin que sea indispensable, la perfecta visión de los colores.

La lámpara de vapor de sodio a baja presión emite luz amarilla, - con producción de energía visible en dos longitudes de onda 589 y 589.6 manómetros en la región amarilla del espectro.

La fig. 3.10-b nos muestra las características más importantes de estas lámparas.



COMPONENTES DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESION

(a)

Características de lámparas de sodio de baja presión

TIPO	MARCA FABRICA	FABRICANTES	POTENCIA DE LAMPARA		DESIGNACION BASE/BULBO	COLOR DE BULBO	ORIENTACION	LUMENES INICIALES	LUMENES POR WATT	MANTENIMIENTO DE LUMENES				TEMPERATURA APARENTE DE COLOR (KELVINI)	BLANCO	VIOLETA/AZUL	VERDE	AMARILLO/NARANJA	ROJO	FABRICACION	
			NUMERO DE CATALOGO	DESIGNACION ANSI						HORAS FACTOR 80	HORAS FACTOR 566	AL FINAL DE VIDA									
												HORAS	FACTOR								
SODIO BAJA PRESION	SOLIX	PHILIPS	80X	180 W	N.R.	B 22 Tubular	CLARO	H	33,000	183.33	N.R.	N.R.	20,000	N.R.	N.R.	N.H.	N.R.	N.R.	N.H.	N.H.	..
			80X	135 W	N.R.	B 22 Tubular		H	22,500	166.66	N.R.	N.H.	20,000	N.H.	N.H.	N.H.	N.H.	N.H.	N.H.	N.H.	..
			80X	90 W	N.R.	B 22 Tubular		H	12,500	150	N.R.	N.R.	20,000	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	..
			80X	55 W	N.H.	B 22 Tubular		H	8,000	145.45	N.R.	N.R.	20,000	N.R.	N.R.	N.H.	N.R.	N.R.	N.H.	N.H.	..
			80X	38 W	N.H.	B 22 Tubular		H	4,800	127.14	N.R.	N.R.	20,000	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.	N.R.

N.R. No reportado

\* Nacional  
BD Base step

\*\* Importación

C = Claro

F = Factor fijo

H = Horizontal

V = Vertical

N.H. Base 47-10

(b)

FIG. N° 3.10

### 3.2.4.2. LAMPARA DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESION

Al igual que las lámparas de vapor de mercurio, este tipo de lámparas se fabrican con un tubo exterior "cubierta" y uno "interior tubo de arco". El tubo de arco cerámico contiene los electrodos, amalgama de mercurio-sodio, y una pequeña cantidad de xenón.

El bulbo exterior de vidrio resistente a la intemperie (borosilicado), protege al tubo de arco y, debido a que se encuentra al vacío, reduce las pérdidas de calor por las corrientes de conducción y convección, originadas en el tubo de arco asegurando en esta forma alta eficacia.

El tubo de arco en este tipo de lámparas es largo y esbelto, se fabrica con cerámica de óxido de aluminio policristalino. La geometría del tubo está determinada por los requerimientos de la alta temperatura para vaporizar el sodio, se requiere que la cerámica resista esas temperaturas. El material del tubo de descarga es translúcido y adecuado para la transmisión y generación de luz en lámparas de alta intensidad de descarga, con una transmisión de aproximadamente 95% en las longitudes de onda de luz visible. Además el material del tubo del arco es resistente al efecto corrosivo del sodio a alta presión. El sodio a altas temperaturas deteriora al cuarzo o cualquier otro material similar rápidamente.

#### TEORIA DE FUNCIONAMIENTO

Para su ignición, la lámpara requiere voltajes extremadamente altos debido a la geometría del tubo de arco, el cual deberá ser largo y estrecho, a fin de lograr la máxima eficacia y, además, el hecho de no usar electrodos de arranque sino únicamente gas xenón que facilita la ignición inicial. La función de arranque,-

se logra por medio de un circuito electrónico que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro.

El circuito electrónico provee un corto pulso de alto voltaje en cada ciclo o mitad del ciclo del voltaje de alimentación.

El pulso tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y, de esta forma, iniciar la secuencia de arranque de la lámpara.

La lámpara de vapor de sodio de alta presión se fabrica con un exceso de sodio, en forma de amalgama con mercurio, ya que después de un período de operación de la lámpara, parte del vapor de sodio se pierde en el flujo del arco y absorción de las paredes. Y el exceso de sodio sirve para compensar las pérdidas.

La lámpara de sodio a alta presión requiere de un período de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez durante el período de calentamiento existen varios cambios en el color de la luz, inicialmente existe un débil resplandor azul blanco producido por la ionización del xenón el cual es rápidamente reemplazado por un brillante color azul, típico de la luz de mercurio. Con un incremento en la brillantez, se efectúa un cambio al amarillo monocromático, característico del sodio a baja presión. Así cuando la presión en el tubo de arco se incrementa la lámpara logra su completa brillantez, produciendo una luz blanca dorada. Si existe una interrupción momentánea de energía, el tiempo de reencendido será de aproximadamente un minuto.

#### CARACTERISTICAS DE ILUMINACION

La característica más importante de la lámpara de vapor de sodio a alta presión, es su alta eficacia. La eficacia de esta lámpara

es más del doble que la lámpara de vapor de mercurio, de potencia equivalente, acompañada de una larga vida y una depreciación de luz a través de la vida satisfactoria.

Debido a la alta temperatura en el tubo de arco de la lámpara de vapor de sodio de alta presión, la radiación del sodio se altera y produce una distribución espectral que tiene un color amarillo-blanco.

La fig. 3.11 nos muestra las partes y características más importantes de estas lámparas.

Características de lámparas de vapor de sodio de alta presión

TIPO DE LÁMPARA	MARCAS FABRICADORAS	FAMILIARIDAD	POTENCIA DE LÁMPARA		MANTENIMIENTO DE LLUMINES	TEMPERATURA APARENTE DE COLERA (KELVIN)	ALARGAMIENTO DE VIDA													
			NÚMERO DE CATALOGO	DESIGNACIONES			LUMENES NOMINALES	LUMENES REALES	HORAS FACTOR 80	HORAS FACTOR 866	AL FINAL DE VIDA									
												RETOQUE	MULTIPLAZO	RETOQUE						
GENERAL ELECTRIC	GE	G	LU 1000	N.R.	140 000	140	18 000	N.R.	24 000	72	2100*	***								
			LU 800	-	90 000	126	18 000	N.R.	24 000	72	2100*		***							
			LU 600-0	-	67 500	118.75	18 000	-	24 000	72	2100*			***						
			LU 250	-	27 000	110	18 000	-	24 000	72	2100*				***					
			LU 750-0	-	36 000	104	18 000	-	24 000	72	2100*					***				
			LU 150-15	-	18 000	106.7	18 000	-	24 000	72	2100*						***			
			LU 150-0-15	-	18 000	100	18 000	-	24 000	72	2100*							***		
			LU 100	-	9 000	88	18 000	-	24 000	72	2100*								***	
			LU 100-0	-	9 000	88	18 000	-	24 000	72	2100*									***
			LU 70	-	6 300	62.36	18 000	-	24 000	72	1900*									
LU 70-0	-	6 300	77.7	18 000	-	24 000	72	1900*	***											
PHILIPS	P	P	SON-T 1000H	N.R.	130 000	130	N.R.	N.R.		30 000	N.R.	N.R.	**							
			SON-1000H	N.R.	130 000	130	N.R.	N.R.		30 000	N.R.	N.R.		**						
			SON-E 520 H	-	47 000	120	N.R.	N.R.		20 000	N.R.	N.R.			**					
			SON-400 H	-	47 000	117.5	N.R.	N.R.		20 000	N.R.	N.R.				**				
			SON-H 320 H	-	30 000	96.9	-	-		20 000	-	-					**			
			SON-E 250 H	-	29 000	104	-	-		20 000	-	-						**		
			SON-250	-	26 000	100	-	-		20 000	-	-							**	
			SON-E 210 H	-	18 000	86.7	-	-		20 000	-	-								**
			SON-180	-	18 000	83.3	-	-		20 000	-	-								
			OSRAM	O	O	LU 1000	N.R.	140 000	140	N.R.	N.R.	24 000								
LU 800	-	90 000				126	-	-	24 000	-	-	***								
LU 600-0	-	67 500				118.75	-	-	24 000	-	-		***							
LU 250	-	27 000				110	-	-	24 000	-	-			***						
LU 750-0	-	36 000				104	-	-	24 000	-	-				***					
LU 150-15	-	18 000				106.7	-	-	24 000	-	-					***				
LU 150-0-15	-	18 000				100	-	-	24 000	-	-						***			
LU 100	-	9 000				88	-	-	24 000	-	-							***		
LU 100-0	-	9 000				88	-	-	24 000	-	-								***	
LU 70	-	6 300				62.36	-	-	24 000	-	-									***
LU 70-0	-	6 300	77.7	-	-	24 000	-	-	***											

\* Temperatura de arco en K. \*\* Temperatura de arco en K. \*\*\* Temperatura de arco en K. N.R. = No Registrado. C = Clear. D = Doble. F = Fluorescente. S.O. = Sodio de Alta Presión.

(Continuación)

TIPO	MARCA DE FABRICA FABRICANTES	POTENCIA DE LA LAMPARA		DESIGNACION DE FABRICA	LUGAR DE USO	ORIENTACION	MANTENIMIENTO DE LUMENES				TEMPERATURA APARENTE DE COLOR (KELVIN)	RENDIMIENTO DE COLOR									
		NUMERO DE CANTALOS	DESIGNACION ANSI				LUMENES INICIALES	LUMENES POR WATT	HORAS FACTOR 80	HORAS FACTOR 666		AL FINAL DE VIDA		BLANCO	VIOLETA/AZUL	VERDE	AMARILLO/ROJO				
												HORAS	FACTOR								
Focos		LU 100	44	840 45 87 25	C	U	5,500	95	N.R.	N.R.	20,000	N.R.									
		LU 100-D	-	87 25	F	U	8,800	88	-	-	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-		
		LU 70	-	840 45 87 25	C	U	5,800	82 85	-	-	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-		
		LU 70-D	-	87 25	F	U	5,400	77 15	-	-	20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LAMPARAS DE SODIO ALTA PRESION LUMENAS SODIUM SYLVANIA		LU 1000	552	875 878 87 37	C	U	140,000	140	18,700	N.R.	24,000	70	2100°								
		LU 800	551	87 37	C	U	90,000	125	18,700	N.R.	24,000	70	2100°								
		LU 600/0	N.R.	87 37	F	U	47,500	118 75	18,700	-	24,000	70	2100°								
		LU 6 360	564	87 37	C	U	38,000	105 58	18,000	-	18,000	80	2090°								
		LU 6 360-D	N.R.	87 37	F	U	34,000	100	18,000	-	18,000	80	2080°								
		LU 310	N.R.	87 37	C	U	37,000	119 25	N.R.	N.R.	24,000	N.R.	N.R.								
		LU 250	580	87 37	C	U	27,500	110	18,700	N.R.	24,000	70	2100°								
		LU 250-D	N.R.	87 37	F	U	26,300	104	18,700	N.R.	24,000	70	2100°								
		LU 6 318	N.R.	87 37	C	U	20,000	83	N.R.	-	16,000	N.R.	2080°								
		LU 200	N.R.	87 37	C	U	22,000	110	N.R.	N.R.	24,000	N.R.	N.R.								
		LU 150 15	595	87 37	C	U	16,300	106 7	18,700	N.R.	24,000	70	2100°								
		LU 150 15-D	N.R.	87 37	F	U	15,000	100	18,700	N.R.	24,000	70	2100°								
		LU 100	554	87 37	C	U	9,500	95	N.R.	N.R.	20,000	N.R.	2100°								
		LU 100-D	N.R.	87 37	F	U	8,800	88	N.R.	N.R.	20,000	N.R.	2100°								
		LU 70	562	87 37	C	U	5,800	82 85	N.R.	N.R.	20,000	N.R.	2100°								
LU 70-D	N.R.	87 37	F	U	5,400	77 15	N.R.	N.R.	20,000	N.R.	2100°										
LU 60 15-D	N.R.	87 37	C	U	2,300	58	18,700	N.R.	24,000	70	1800°										
LU 60 15-D	N.R.	87 37	F	U	2,150	43	18,700	-	24,000	70	1800°										
LAMPARAS DE SODIO BAJA PRESION LUMENAS SODIUM SYLVANIA		Nat. 125	N.R.	847	C	U	47,000	177 5	N.R.	N.R.	8,000	N.R.	2100°								
		Nat. 75	N.R.	847	C	U	25,000	100	N.R.	N.R.	3,000	N.R.	2100°								
		Nat. 40	N.R.	847	C	U	9,000	90	N.R.	N.R.	1,000	N.R.	2100°								

N.R. No Reporte

40. Seawite

\* Nat. 100

10. Sea-wite

C = Clear

U = Up

F = Filament

N = No Reporte

V = Venice

FIG. N° 3.11

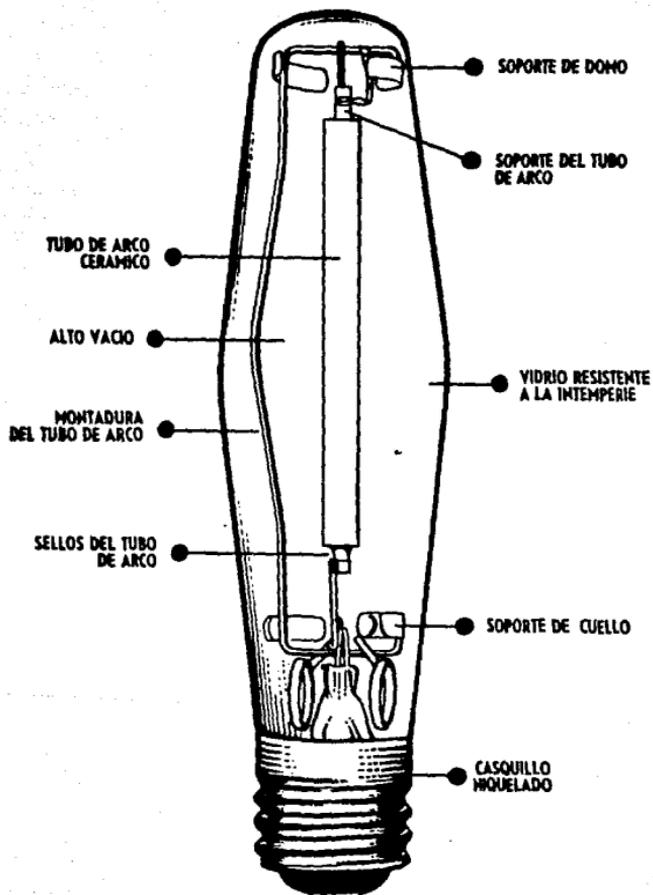


FIG. N° 3.11

### 3.2.5. LAMPARA DE LUZ MIXTA

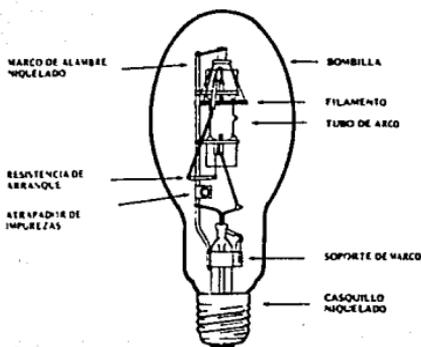
Las lámparas de luz mixta son una combinación de las lámparas de vapor de mercurio y de las incandescentes, como resultado de uno de los intentos para corregir el color de la luz emitida por las lámparas de vapor de mercurio (luz azulada), la cual se consigue con la inclusión dentro de la misma ampolla de un tubo de descarga de vapor de mercurio y un filamento incandescente.

Este tipo de lámpara se constituye de la siguiente manera:

Dentro del mismo bulbo exterior, se sitúa un tubo de descarga, -- fabricado de cuarzo y relleno de vapor de mercurio y argón, y un filamento de tungsteno conectado en serie con el bulbo. Las características técnicas de este filamento son calculadas de tal manera que su resistencia química pueda estabilizar la descarga -- eléctrica en el tubo de descarga; de esta manera, se evita la utilización del balastro, por lo que este tipo de lámpara puede conectarse directamente a la línea de alimentación, se diseña para operar en circuitos de 120 ó 220 - 240 volts. Las lámparas de luz mixta son mucho menos eficientes y de menor duración que las de vapor de mercurio que funcionan con el balastro separado, ello debido a la baja eficacia del filamento de tungsteno.

Por lo que respecta al color de la luz, se tienen mejores características que con una lámpara de vapor de mercurio, ya que el filamento incandescente introduce colores amarillo, naranja y rojo, - lo que proporciona una mejor identificación de colores.

La fig. No. 3.12 nos muestra las partes y características más importantes de estas lámparas.



COMPONENTES DE LAS LAMPARAS DE LUZ MIXTA

TIPIC	MARCA DE FABRICA	FABRICANTE	POTENCIA DE LAMPARA		USO	COLOR DE BULBO	ORIENTACION	LUMENES INICIALES	LUMENES POR WATT	MANTENIMIENTO DE LUMENES			TEMPERATURA APARENTE DE COLOR (KELVIN)	RENDIMIENTO DE COLOR									
			NUMERO DE CATALOGO	DESIGNACION ANSI						HORAS FACTOR 80	HORAS FACTOR 50	AL FINAL DE VIDA		BLANCO	VIOLETA AZUL	VERDE	AMARILLO/ROJANEA	ROJO	FABRICATION				
LUM. MIXTA	MILLER	MILLER	MILL 800 W	NH	E 40 Overhead	BP	V° 45°	14,000	28	N/R	N/R	8000	N/R	N/R	N/R	ALA	N/R	N/R	N/R	*			
			MILL 750 W	NH	E 40 PS 26	F	V° 45°	9,700	22.8	-	-	9000	-	-	-	-	-	-	-	-	*		
			MILL 180 W	NH	E 28 PS 30	F	V° 30°	2,000	18.75	-	-	9000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
			MILL N 180 W	NH	E 28 Overhead	BP	V° 30°	2,380	14.7	-	-	8000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	*	
LUM. MIXTA	FLOURESC	DURD-TEST	800 W	N/R	E 40/48 E 12 27	BP	H	11,200	22.84	N/R	N/R	6000	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	-		
			800 W	-	E 40/48	BP	H	12,500	25	-	-	6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			750 W	-	E 40/48	BP	H	6,180	20.70	-	-	6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			750 W	-	E 12 30	BP	V	6,800	22	-	-	6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			180 W	-	E 27 30	BP	H	2,730	17	-	-	6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			150 W	-	E 12 15	BP	V	2,800	18.12	-	-	6000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			1,280 W	N/R	BT 88 Muyal	C	N/R	42,000	33.6	N/R	N/R	14 16,200	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	**
			1,280 W	-	R 57	C	-	41,080	32.88	-	-	14 16,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
			750 W	-	R 57	C	-	23,300	21	-	-	14 20,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
			450 W	-	BT 37 Muyal	C	-	13,000	29.9	-	-	14 16,600	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**
450 W	-	Muyal	B	-	13,000	28.9	-	-	14 15,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**			
300 W	-	PS 35 Muyal	B	-	6,600	28.86	-	-	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**			
300 W	-	Muyal	B	-	6,600	28.86	-	-	10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**			
750 W	N/R	PS 36 Muyal	B	-	6,100	20.4	-	-	8 10,000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**			
180 W	N/R	PS 30 Muyal	B	-	2,520	15.75	-	-	8000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**			
LUM. MIXTA	MILL	OSRAM	MILL 500	NH	E 40	CC	U	14,000	28	N/RH	N/RH	5000	N/R	3,500*	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	1		
			MILL 750	N/R	E 40/E 27	CC	U	9,800	27.4	-	-	5000	N/R	3,500*	-	-	-	-	-	-	-	-	
			MILL 150	N/R	E 27	CC	VI	3,100	19.4	-	-	5000	N/R	3,500*	-	-	-	-	-	-	-	-	

\* Resumen \*\* Impedancia N/R = No reportado P = para C = Duro B = Blanco CC = Color corregido BP = Blanco plate  
H = Horizontal V = Vertical U = Universal

FIG. N° 3.12

### 3.2.6. LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS

Este tipo de lámpara es similar a la de vapor de mercurio a alta presión con la particularidad de contener en el tubo de arco además de argón y mercurio, aditivos de yoduros metálicos (talio, so dio, indio, etc.), los cuales varían de una manera de fabricante de lámparas a otra, pero siempre con la finalidad de aumentar la distribución espectral de la lámpara, añadiendo a las líneas de mercurio ya presentes, otras líneas correspondientes a los vapores metálicos de los yoduros en descomposición.

La segunda ventaja de la lámpara de aditivos metálicos, en comparación con la lámpara de vapor de mercurio es su eficacia substan cialmente mayor. En general sobre la base de lámpara de aditivos metálicos, proporciona entre el 30% y 40% más de eficacia, aunque esta eficacia trae como consecuencia un decremento de su vida útil en comparación con la lámpara de vapor de mercurio.

La lámpara de aditivos metálicos hace uso del mismo principio de arranque de las lámparas de vapor de mercurio, pero difieren significativamente en características y requerimientos de arranque. Cuando el voltaje se aplica a la lámpara, se inicia la ionización en el espacio existente entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Debido a la presencia de los yoduros metálicos, en el tubo de arco, el voltaje requerido para la ionización es mucho más alto en la lámpara de aditivos metálicos. Cuando existe suficiente ionización, se establece un flujo de -- electrones entre los electrodos principales.

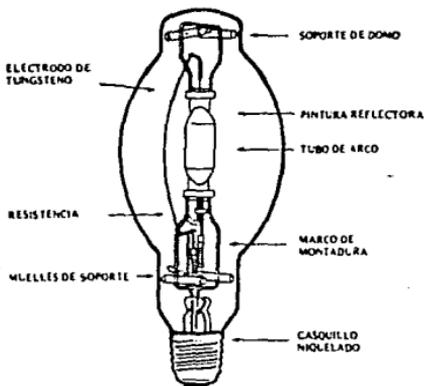
Una vez establecido el arco, la lámpara empieza a calentarse conforme la temperatura se va incrementando, los aditivos metálicos van integrándose al flujo del arco, emitiendo su radiación característica. Debido a la presencia de yoduros metálicos en la lám-

para, se hace más difícil la ionización del gas en el tubo del arco, requiriéndose, por lo tanto que el balastro proporcione un alto voltaje de circuito abierto, dicho de otra manera, las exigencias básicas del balastro son más severas que las requeridas en el balastro usado en la lámpara de vapor de mercurio.

Cuando la lámpara ha logrado su estabilización y los aditivos metálicos se encuentran en el arco en concentración apropiada, sus efectos se notan claramente. La emisión espectral de la lámpara contiene todas las longitudes de onda, a las cuales responde el ojo humano y, adicionalmente, mucha de la energía radiada, se desplaza a áreas del espectro donde la lámpara de vapor de mercurio es deficiente.

La lámpara de vapor de mercurio de aditivos metálicos, es la fuente de luz blanca más eficiente disponible hoy en día. --- Además, incorpora todas las características deseables de otras fuentes luminosas: alta eficacia, vida razonablemente económica, excepcional rendimiento de color y buen mantenimiento de lúmenes.

La fig. No. 3.13 nos muestra las partes y características más importantes de estas lámparas.



COMPONENTES DE LAS LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS



### 3.2.7. LAMPARA YODO - CUARZO

Conocidas como lámparas halógenas, son fuentes de luz compacta y con muy alta luminosidad, sin dejar de ser lámparas incandescentes, como ya sabemos la lámpara común de incandescencia tiene una vida útil muy limitada a causa de la evaporación de su filamento de tungsteno y además, el flujo luminoso disminuye como consecuencia del progresivo ennegrecimiento de la pared del bulbo.

La solución a este problema sería la regeneración del tungsteno - vaporizado; de esta manera se aumentaría la duración de la lámpara y el ennegrecimiento del bulbo disminuiría considerablemente. - Después de varios años de investigación se descubrió que añadiendo al bulbo una pequeña cantidad de yodo vaporizado, podía conseguirse la regeneración parcial del filamento de tungsteno, a esta regeneración se le denomina "ciclo de regeneración del halogeno", - que se explica a continuación: mientras la lámpara permanece encendida las partículas de tungsteno, al evaporarse del filamento, se combinan con el gas halógeno dentro de la lámpara esta nueva mezcla (yoduro de tungsteno), es conducida hasta la pared del tubo de cuarzo por las corrientes de convección, pero no se depositan debido a la alta temperatura de operación ( $250^{\circ}\text{C}$  a  $1,200^{\circ}\text{C}$ ), - y entonces regresa al filamento, que tiene una temperatura superior a los  $2,500\text{ C}$ , esta alta temperatura libera al gas halógeno que circuló de nuevo para continuar el ciclo regenerativo y las partículas de tungsteno se depositan en el filamento. Este ciclo se repite una y otra vez y la lámpara como resultado de esa acción, se limpia por si misma, se ennegrece mucho menos y produce máxima emisión luminosa durante todo el tiempo de su duración.

Teóricamente la lámpara duraría mucho más si se pudiera volver a depositar el tungsteno con mayor uniformidad en el filamento.

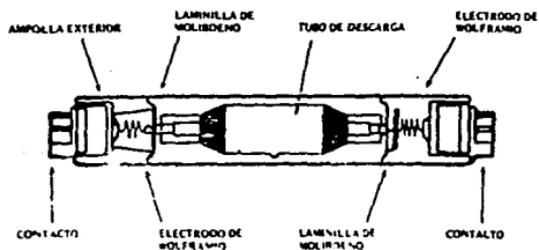
### APLICACIONES DE LA LAMPARA HALOGENA

Son apropiadas para varios usos, debido a sus características, - las cuales son:

- EXCELENTE MANTENIMIENTO DE LUMENES
- ALTA TEMPERATURA DE COLOR
- TAMAÑO COMPACTO Y
- LARGA DURACION RELATIVA

Para nuestro caso son muy utilizadas para la iluminación de autopistas, calles, etc.

La fig. No. 3.14 nos muestra los componentes de las lámparas de yodo - cuarzo.



COMPONENTES DE LAS LAMPARAS DE YODO CUARZO

FIG. Nº 3.14

### 3.3. LUMINARIAS

#### 3.3.1. INTRODUCCION

Un equipo de iluminación o luminaria es un aparato que esta compuesto de un gabinete o armadura, el cual está diseñado para que en su interior aloje un reflector, lámparas y accesorios para fijar, proteger y conectar las lámparas al circuito de alimentación, así como un difusor, para que este conjunto pueda proporcionar la mejor distribución y filtración de una fuente de luz artificial.

Existen varios criterios en la clasificación de las luminarias, - las cuales se basan en los siguientes términos:

- a) CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS POR SU USO
- b) CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS POR EL TIPO DE LAMPARA QUE USAN.
- c) CLASIFICACION DE LAS LUMINARIAS POR LA DISTRIBUCION DEL FLUJO LUMINOSO QUE EMITE.

Para nuestro propósito la clasificación que más interesa será la de clasificación de luminarias por su uso, clasificación que a su vez se divide en la siguiente forma:

- a) COMERCIALES
- b) INDUSTRIALES
- c) ALUMBRADO PUBLICO
- d) DECORATIVOS

En forma análoga, nuestro punto de interés será las luminarias de alumbrado público.

### 3.3.2. DEFINICION

Una luminaria para alumbrado público es el aparato que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una o varias lámparas, y el cual incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar estas lámparas, y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.

### 3.3.3. PROPIEDADES

Una luminaria debe tener las siguientes propiedades:

- a) DISTRIBUIR EL FLUJO LUMINOSO EMITIDO POR LA LAMPARA, A FIN DE OBTENER LOS RESULTADOS REQUERIDOS.
- b) CONTROLAR EL FLUJO LUMINOSO A FIN DE EVITAR CUALQUIER MOLESTIA VISUAL A LOS USUARIOS.
- c) TENER LAS CUALIDADES ELECTRICAS Y MECANICAS QUE LO -- HAGAN ADECUADA PARA EL USO PARA EL CUAL SE HA DISEÑADO Y QUE SEA CAPAZ DE HACER EL MEJOR USO DEL FLUJO EMITIDO POR LAS LAMPARAS.
- d) PROTEGER LAS LAMPARAS Y LOS SISTEMAS OPTICOS Y ELEC-- TRONICOS CONTRA LA ACCION DE LAS INCLEMENCIAS DEL -- TIEMPO O AGENTES CONTAMINANTES EN LA ATMOSFERA QUE -- PUEDAN AFECTAR SU EFICIENCIA.

### 3.3.4. CARACTERISTICAS

#### CARACTERISTICAS MECANICAS DE LUMINARIAS

Una luminaria debe constituir una unidad indeformable que resista la acción de fuerzas extrañas o fuerzas internas, que se puedan encontrar en las condiciones usuales de trabajo.

#### CARACTERISTICAS ELECTRICAS

Las normas aplicables indican claramente el tipo de protección - contra contactos indirectos. Las conexiones terminales deberán - ser de tipos normalizados, la sección de los conductores deberá - ser suficiente para asegurar una resistencia mecánica adecuada, - así como mantener el efecto Joule a un nivel despreciable.

Los aislantes y las características eléctricas deberán ser compa- tibles con las indicadas, de acuerdo a la clase especificada, los accesorios tales como portalámparas y terminales, deberán ser de un tipo normalizado e intercambiable.

#### CARACTERISTICAS TERMICAS

Las diferentes partes de las unidades de alumbrado deberán resis- tir las temperaturas correspondientes al uso normal.

El calor producido por la lámpara y por el balastro en el caso de ser autocontenido, no deberá de alcanzar niveles peligrosos espe- cialmente para el alumbrado interior y los aislamientos, y no de- berá sobrecalentar excesivamente las partes metálicas de la uni- dad.

Los contactos y otras partes conductoras deberán ser diseñadas pa- ra asegurar que el paso de la corriente no produzca un aumento de temperatura ambiente de 25°C, todos los materiales empleados no - deberán ser sometidos a temperaturas mayores que las indicadas co- mo aceptables en las pruebas realizadas sobre los mismos.

#### CARACTERISTICAS ESTETICAS

A fin de hacer una selección adecuada de las luminarias, no se de- be de olvidar la selección desde el punto de vista estético.

El aspecto diurno de las instalaciones de alumbrado público debe ser examinado con un especial cuidado; las unidades se deben escoger para armonizar con las características arquitectónicas del lugar a iluminar. En la mayoría de los casos, las luminarias existentes en el mercado permiten satisfacer esta condición. En algunos casos particulares, tales como sitios de interés histórico, se necesitan soluciones especiales, las cuales generalmente son más costosas.

### 3.3.5. PARTES BASICAS DE UNA LUMINARIA

- a) LAMPARA. Una luminaria está equipada con una o varias lámparas de características específicas, compatibles con ella. Si se usa una luminaria equipada con varias lámparas, el sistema óptico deberá estar diseñado en forma tal que asegure que la distribución de la luz es aceptable, independientemente del número de lámparas que esten trabajando.

Si en forma excepcional las lámparas usadas son de tipo diferentes (por ejemplo: Mercurio y sodio), la mezcla del flujo luminoso deberá ser homogéneo, a fin de evitar diferencias de color en la superficie a iluminar.

- b) SISTEMA OPTICO. El sistema óptico tiene como fin el modificar la distribución del flujo luminoso emitido por la lámpara. Esta distribución puede ser obtenida por uno o varios elementos.
- c) REFLECTORES. El propósito del reflector es redirigir los rayos de luz que produce una lámpara. La forma en que distribuye

ye la luz una lámpara desnuda rara vez es la más conveniente, por lo que se requiere de un reflector o de algún otro método de control. En la mayoría de los casos, la combinación de una lámpara con un reflector externo produce los resultados busca dos.

Estos componentes usan el fenómeno de la reflexión especular- la reflexión difusa o la reflexión total. Estan hechos gene- ralmente de vidrio, el cual ha sido pulido o preparado para - actuar como superficie reflejante, o bien de aluminio tratado especialmente.

El vidrio reflector se obtiene por plateado, metalización al- vacío por rociado en forma de prismas con cualidades de refle- xión total.

El aluminio se usa como reflector, generalmente en forma de - láminas troqueladas y formadas.

Independientemente de que se hagan de vidrio, aluminio o cual- quier otro material, sus tratamientos y su protección contra- la corrosión deben ser de la mayor calidad a fin de asegurar- que la potencia reflectora se mantenga inalterable con el -- tiempo.

- d) REFRACTORES. El diseño de los refractores está basado en las leyes de la refracción, la luz se puede desviar utilizando -- lentes o prismas.

Con el uso de refractores se puede lograr un control completo de toda la luz que produce una luminaria. Este procedimiento se utiliza en la mayoría de las luminarias de bajo consumo pa- ra áreas abiertas y para caminos.

Desafortunadamente, el máximo control que se puede lograr con los refractores está limitado a la máxima inflexión que se puede obtener con una prisma individual, más la interreflejan-  
cia que los diferentes prismas producen entre ellos. La eficiencia de la luminaria puede ser alta cuando se utiliza únicamente un refractor; no obstante, nunca será tan alta como cuando se utiliza una combinación reflector-refractor.

Entre las luminarias que más uso hacen de los refractores se encuentran las del tipo para caminos y carreteras en las cuales se colocan prismas al lado de los refractores, para elevar su intensidad luminosa 5 ó 10 grados más de lo que podría con el uso de un solo reflector. Los refractores también pueden utilizarse para crear un haz asimétrico a partir de un reflector simétrico. Los refractores pueden estar hechos de cristal, acrílico o plástico policarbonato. El policarbonato es extraordinariamente resistente por lo que se recomienda instalarlo en los lugares en donde el vandalismo constituye un problema. Aún cuando el policarbonato tiende a hacerse amarillento y quebradizo durante la exposición prolongada a la luz ultravioleta, puede aplicársele un tratamiento para hacerlo más resistente a este efecto. El cristal y el acrílico, por su parte, poseen excelentes propiedades ópticas y de estabilidad.

- e) DIFUSORES. Un difusor es un material translúcido que se utiliza para ocultar una lámpara, los difusores están hechos de cristal, plástico o policarbonato. La adición de pigmentos a un refractor puede incrementar sus cualidades difusoras. También se puede utilizar un difusor debajo de una lámpara, en lugar de un refractor.

Los difusores pueden tener casi cualquier forma. Su propósito

to es esparcir la brillantez de una fuente de luz sobre un -- área más grande, de manera que se reduzca al mínimo la brillantez pico. Se pueden utilizar difusores en donde se desea controlar la brillantez, siempre y cuando no haya necesidad - de un control fotométrico preciso.

Las luminarias con difusores tienen una eficiencia menor que las de reflector abierto o cubierto, y todavía menor que las que combinan un refractor y un reflector.

- f) PORTALAMPARAS. Los portalámparas deberán asegurar permanente-  
mente que la lámpara se encuentre en la posición correcta y -  
que el contacto eléctrico sea eficiente bajo todas las cir- -  
cunstancias y, especialmente, cuando los accesorios están su-  
jetos a vibraciones. Dieléctricamente debe ser capaz de so-  
portar la tensión de arranque.

En algunos casos, el portalámparas no es suficiente para so-  
portar la lámpara en posición y requiere el uso de soportes -  
adicionales.

- g) CUBIERTA DE CRISTAL. Las luminarias pueden estar descubiertas  
en su parte interior o protegidas con un cristal plano y --  
transparente, con un difusor o con un refractor. Una cubier-  
ta de cristal transparente no proporciona control óptico y --  
sólo se utiliza para proteger la lámpara, mantener limpia la  
luminaria y mejorar su apariencia.

De la luz incidente que llega a la superficie de un cristal, -  
aproximadamente el 4 por ciento se refleja de la primera su-  
perficie cristal-aire y una cantidad igual de la segunda su-  
perficie aire-cristal.

Dependiendo de su calidad, el cristal absorbe del 2 al 8 por ciento de la luz que lo atraviesa. Por lo tanto, el uso de una cubierta de cristal puede reducir la eficiencia de una luminaria aproximadamente un 10 por ciento.

La cantidad de luz que refleja un cristal depende del ángulo de incidencia. Por encima de los 50 grados, la reflexión de la luz se incrementa rápidamente a un ángulo de incidencia de 75 grados, se refleja aproximadamente el 30% de la luz incidente. Este efecto es más evidente en las luminarias para caminos y en las de poste elevado, las cuales requieren de una alta luminosidad en la zona de los 60 a 75 grados.

La alta reflexión de las superficies de cristal a elevados -- ángulos tiende a reducir la intensidad luminosa de la luminaria en estos ángulos. El uso de un cristal convexo o corrugado ayuda a reducir el problema.

- h) CUERPO O ARMADURA. El cuerpo o envolvente exterior puede ser una pieza o una composición de varios elementos que puedan -- ser desensamblados y puede constituir parcial o totalmente el conjunto óptico. Su forma, dimensión, naturaleza de sus componentes y su construcción, deberán corresponder al tipo y potencia de la lámpara a usar, a las especificaciones estéticas y deberá ser capaz de cumplir satisfactoriamente la función -- requerida.

En particular, estos elementos deberán:

- Permitir el reemplazo y ajuste de las lámparas en forma -- sencilla y efectiva.
- Asegurar la protección de la lámpara y de las partes eléc--

tricas.

- Tener una excelente resistencia a la corrosión.

El cuerpo deberá tener una buena resistencia a los impactos - mecánicos, una alta rigidez y no deberá ser deformado por elementos extraños o por vibraciones.

- 1) ADITAMENTO DE MONTAJE. El aditamento de montaje deberá ser - una parte integral de la luminaria para asegurar y mantener - permanentemente la posición de la luminaria. Puede ser fijo- u orientable.
  
- j) ADITAMENTO DE AJUSTE. Una luminaria generalmente incluye adi tamentos de ajuste los cuales deberán ser capaces de:
  - Ubicar las lámparas de determinadas potencias en la posi--- ción correcta.
  - Adaptar la distribución luminosa de los equinos a la super- ficie a iluminar.
  
- k) ESPACIOS PARA EQUIPOS DE CONTROL Y BALASTRO. Si el equipo - y/o balastro se alojan dentro de la luminaria, los aumentos - de temperatura en condiciones de trabajo, no deberán afectar- su eficiencia.
  
- 1) ADITAMENTOS PARA CERRAR O SELLAR LUMINARIAS. Se justifica el uso de un aditamento de este tipo, ya sea por razones estéti- cas o por razones técnicas, tales como:

Proteger el equipo óptico de las lámparas, constituir una par

te o todo el sistema óptico, o bien el asegurar que la lámpara funcione correctamente, manteniendo las temperaturas internas compatibles con la eficiencia correcta de la misma.

Las cubiertas en vidrio o en plástico, que constituyen el aditamento de cierre, deben ser removibles, a fin de permitir el reemplazo de la lámpara y de su mantenimiento.

Deben ser fácilmente removibles y cuando la luminaria se encuentre en la posición de abierta, la parte móvil deberá permanecer sujeta a la parte fija del cuerpo de la luminaria.

### 3.3.6. TIPO DE LUMINARIAS

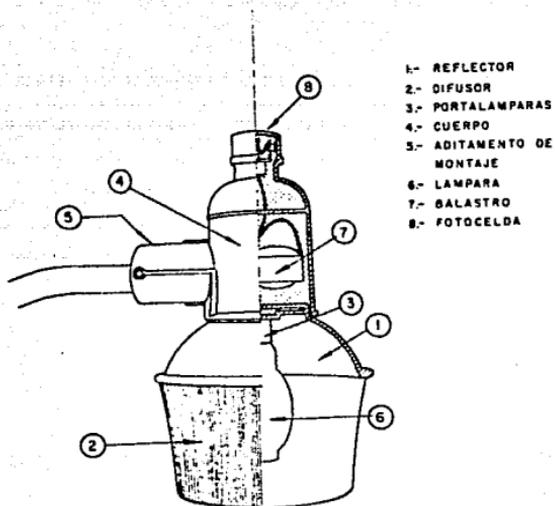
Existen dos tipos de luminarias para alumbrado público las cuales se denominan: Abierta y Cerrada, y se muestran en la fig. No. - 3.16.

Cada uno de estos tipos de luminarias poseen ciertas cualidades - que se mencionarán a continuación:

Las luminarias tipo abierto son muy fáciles de usar y de mantener, debido a que se tiene un acceso directo a las lámparas y a los elementos principales de la unidad.

En este tipo de luminarias se debe evitar la absorción parcial -- del flujo luminoso por la cubierta, sin embargo bajo ciertas condiciones atmosféricas, el sistema óptico y la lámpara, rápidamente decrecen en su eficiencia.

Las luminarias de tipo cerrado protegen a los componentes, de --



LUMINARIA TIPO ABIERTO

FIG. Nº 3.16

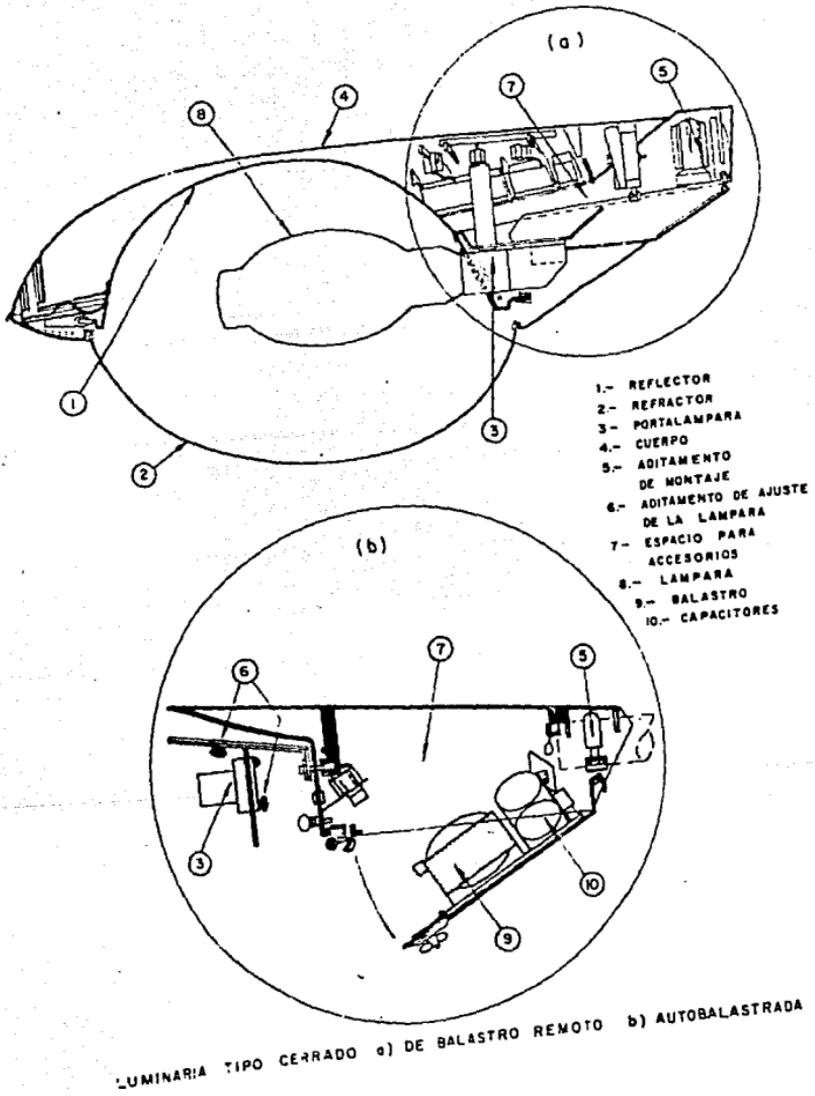


FIG. Nº 3.16

acuerdo a la calidad de sello que tengan las luminarias. Si la hermeticidad es defectuosa, el polvo que se acumula en las cubiertas aumenta la cantidad de flujo luminoso absorbido.

Algunas luminarias están equipadas con un filtro que evita el paso de polvos e insectos, al mismo tiempo que mantiene una presión interna igual a la externa.

La hermeticidad se mantendrá únicamente cuando se usen adecuadamente los aditamentos de cierre y tomándose ciertas precauciones cuando la unidad se encuentre en operación y, en particular, cuando el aditamento de cierre sea operado para mantenimiento, reemplazo de lámparas, etc.

### 3.3.7. SELECCION DE LUMINARIA

#### ELEMENTOS QUE DETERMINAN LA SELECCION DE UNA LUMINARIA

Los elementos que determinan la selección de una luminaria son numerosos y dependen de factores diferentes es importante examinar cuidadosamente todos estos factores y darles un orden de importancia, de acuerdo a las condiciones locales.

#### A NIVEL TECNICO:

- Necesidad o no de usar una luminaria cerrada

#### DESDE EL PUNTO DE VISTA OPTICO:

- Tipo y potencia de la lámpara
- Distribución del flujo luminoso para el mejor uso

#### FACTOR DE UTILIZACION:

- Tipo y dimensiones del sistema óptico
- Conservación de las características ópticas

**DESDE EL PUNTO DE VISTA ELECTRICO Y TERMICO:**

- Calidad y seguridad en los contactos
- Protección contra sobrecalentamiento
- Calidad de los materiales aislantes y de los aditamentos eléctricos.

**DESDE EL PUNTO DE VISTA MECANICO:**

- Dimensiones de la luminaria
- Calidad y tipo de los materiales usados
- Robustez de la unidad con el tiempo
- Método de montaje
- Simplicidad y seguridad de ajuste en los aditamentos de montaje.
- Resistencia a la corrosión y vibraciones
- Protección de las lámparas y sus accesorios

**A NIVEL ESTETICO:**

- Armonía con el ambiente
- Balance y simplicidad

**A NIVEL ECONOMICO:**

- Costo de capital
  - Costo de las luminarias
  - Costo de instalación
- Costo de operación y mantenimientos
- Facilidad de limpieza
- Fácil reemplazo de lámparas, balastro, etc.

La fig. No. 3.17, nos muestra las características de un tipo de luminaria.

### LUMINARIA TIPO EMPACADO PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO CARACTERISTICAS DE LUMINARIAS

CURVA DE DISTRIBUCION				COEFICIENTE DE UTILIZACION				MATERIALES			
Form.	Long.	Vert.	Fab.	Modelo	Potencia Watt/m <sup>2</sup>	Distm 1-1.5	Máximo C.U. Distm	Reflector	Refractor		
II	Corta	Cut off	15	Cromate	400	0.42	0.50	0.54	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	EMPACADA V.M.
II	Corta	Cut off	15	Dorote	400	0.29	0.34	0.37	Al c/retiles	Vidrio plano termomembrado	
II	Corta	Cut off	3	AS-BSL-AA	250	0.23	0.28	0.35	Al Alzak	Crystal clear termomembrado	
II	Corta	Cut off	21	HRC501/AD	400	0.23	0.28	0.42	Aluminio Alzak pantel	Metacrilato	
II	Corta	Sem cut off	16	Metropolitano	250	0.27	0.30	0.34	Aluminio Alzak	Policarbonato	
II	Corta	Non cut off	15	Cromate	400	0.30	0.26	0.43	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	
II	Meda	Sem cut off	15	Cromate	400	0.41	0.49	0.49	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	
II	Meda	Metropolitano	15	Cromate	400	0.25	0.42	0.48	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	
III	Corta	Cut off	15	Dorote	400	0.30	0.35	0.40	Al c/retiles	Vidrio plano termomembrado	
III	Corta	Cut off	3	ASL-BSL-CC	250	0.22	0.28	0.34	Aluminio Alzak	Crystal clear termomembrado	
III	Corta	Cut off	3	ASL-BSL-AA	400	0.22	0.27	0.32	Aluminio Alzak	Crystal clear termomembrado	
III	Corta	Cut off	21	HRC 501/250	250	0.34	0.39	0.44	Aluminio Alzak pantel	Metacrilato	
III	Corta	Sem cut off	3	OV-10	175	0.29	0.35	0.42	Aluminio Alzak	Vidrio plano termomembrado	
III	Corta	Sem cut off	3	OV-10	250	0.28	0.34	0.42	Aluminio Alzak	Vidrio plano termomembrado	
III	Corta	Non cut off	15	Cromate	400	0.31	0.38	0.43	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	
III	Meda	Cut off	3	OV-25	400	0.38	0.45	0.54	Aluminio Alzak	Vidrio plano termomembrado	
III	Meda	Non cut off	15	Cromate	400	0.37	0.48	0.54	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	
IV	Corta	Cut off	3	ASL-BSL-CC	400	0.20	0.25	0.32	Aluminio Alzak	Crystal clear termomembrado	
I	Meda	Cut off	15	Cromate	100, 150	0.38	0.45	0.49	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	EMPACADA V.S.A.P.
I	Meda	Sem cut off	15	Cromate	250, 400	0.34	0.40	0.44	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	
I	Corta	Cut off	15	Cromate OD	100, 150	0.31	0.35	0.39	Al c/retiles	Vidrio plano termomembrado	
II	Corta	Cut off	15	Dorote	100, 150	0.31	0.35	0.39	Al c/retiles	Vidrio plano termomembrado	
II	Corta	Cut off	16	Dorote	400	0.41	0.48	0.54	Aluminio	Vidrio plano termomembrado	
II	Corta	Cut off	16	Aguero	400	0.41	0.48	0.55	Aluminio	Vidrio plano termomembrado	
II	Corta	Cut off	16	Dorote	1000	0.41	0.48	0.55	Aluminio	Vidrio plano termomembrado	
3	Corta	Cut off		Met far	150	0.30	0.38	0.42	Al anodizado	Vidrio plano termomembrado	
3	Meda	Cut off	15	Cromate	75, 100, 150	0.38	0.43	0.46	Al c/retiles	Acrylic o policarbonato	
3	Meda	Cut off		Cromate OD	100, 150	0.30	0.37	0.43	Al c/retiles	Vidrio plano termomembrado	
II	Meda	Cut off	15	Cromate OD	250	0.27	0.31	0.36	Al c/retiles	Vidrio plano termomembrado	
II	Meda	Cut off	15	Dorote	250	0.27	0.31	0.36	Al c/retiles	Vidrio plano termomembrado	
II	Meda	Cut off	15	Cromate OD	400	0.29	0.34	0.38	Al c/retiles	Vidrio plano termomembrado	
3	Meda	Cut off	3	ASL-BSL-AA	400	0.23	0.27	0.35	Aluminio Alzak	Crystal clear termomembrado	
3	Meda	Cut off	3	ASL-10L/250	1000	0.32	0.38	0.41	Aluminio Alzak	Crystal clear termomembrado	
3	Meda	Cut off	16	Dorote	250	0.28	0.43	0.49	Aluminio	Vidrio plano termomembrado	

CURLADO DE DISTRIBUCION			EFICIENCIA DE UTILIZACION					MATERIALES			
Tipo	Caro	Caro	Caro	Materia	Peso de carro	Distancia Km	Materia C.O.	Distancia Km	Referencia	Temperatura	
II	Meda	Carro	18	Aguapane	250	2.38	2.43	2.48	Aluminio	Valle	EMPACADA V.S.A.P.
II	Meda	Semacarro	15	Melillo	150	3.38	3.47	3.54	Aluminio	Adit. 20	
II	Meda	Semacarro	15	Cromate	250, 400	0.41	0.51	0.58	Aluminio	Adit. 20	
II	Meda	Semacarro	3	ASL/PSL AA	150	0.29	0.33	0.39	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	18	Dopmarco	400	0.37	0.48	0.50	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	15	Cromate CO	100, 150	0.28	0.33	0.40	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	15	Dopmar	100, 150	0.27	0.33	0.40	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	15	Cromate CO	250	0.25	0.21	0.27	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	15	Dopmar	250	0.21	0.21	0.27	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	15	Dopmar	400	0.28	0.34	0.38	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	3	ASL/PSL CC	150	0.20	0.28	0.37	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	3	ASL/PSL CC	400	0.21	0.27	0.36	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	16	OV 75	400	0.28	0.44	0.55	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	12	Max 70	250	0.24	0.30	0.34	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Carro	12	Max 70	400	0.24	0.30	0.34	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Semacarro	15	Cromate	250, 400	0.42	0.46	0.54	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Semacarro	18	Dopmarco	250	0.25	0.45	0.52	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Semacarro	18	Aguapane	250	0.25	0.45	0.52	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Semacarro	15	Cromate	100, 150	0.38	0.35	0.51	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Non-carro	15	Cromate	250, 400	0.41	0.50	0.60	Aluminio	Adit. 20	
III	Meda	Non-carro	15	Cromate	400	0.40	0.50	0.59	Aluminio	Adit. 20	
IV	Carro	Carro	3	ASL/PSL EE	150	0.18	0.23	0.27	Aluminio	Adit. 20	
IV	Carro	Carro	3	ASL/PSL EE	400	0.21	0.28	0.40	Aluminio	Adit. 20	
IV	Meda	Non-carro	15	Cromate	250, 400	0.33	0.43	0.54	Aluminio	Adit. 20	
III	Carro	Carro	21	ARCOS 90	90	0.25	0.30	0.34	Aluminio	Adit. 20	EMPACADA V.S.B.P.
III	Carro	Carro	21	ARCOS 125	125	0.25	0.30	0.35	Aluminio	Adit. 20	
I	Carro	Carro		Cromate	400	3.48	3.57	3.62	Aluminio	Adit. 20	EMPACADA ADIT. MEY.
2	Carro	Carro		Cromate CO	400	0.25	0.28	0.42	Aluminio	Adit. 20	
3	Carro	Carro		Dopmar	400	0.28	0.42	0.48	Aluminio	Adit. 20	
4	Carro	Carro		Dopmar	400	0.25	0.28	0.42	Aluminio	Adit. 20	
5	Carro	Carro		ASL/PSL AP	400	0.22	0.28	0.35	Aluminio	Adit. 20	
6	Meda	Carro		ASL/PSL P2A	1000	3.28	3.40	3.46	Aluminio	Adit. 20	
7	Meda	Semacarro		Cromate	400	0.41	0.47	0.54	Aluminio	Adit. 20	
8	Meda	Carro		ASL/PSL CC	400	0.18	0.23	0.27	Aluminio	Adit. 20	
9	Meda	Non-carro		Cromate	400	0.40	0.48	0.57	Aluminio	Adit. 20	
IV	Carro	Carro		ASL/PSL EE	400	0.17	0.21	0.22	Aluminio	Adit. 20	
	Carro	Semacarro	12	111	175	0.18	0.25	0.25	514	Carro	ABIERTA V.M.
	Meda	Semacarro	12	111	100	0.22	0.26	0.25	514	Carro	
	Carro	Carro	12	112	100	0.20	0.23	0.27	514	Carro	

TIPO DE DISTRIBUCION				COEFICIENTE DE UTILIZACION					MATERIALES			
Fuente	Local	Vista	Fab.	Muestra	Numero muestras	Distancia [m]	Muestra C/U	Distancia [m]	Refractor 1	Refractor 2		
I	Medio	Non cutoff	12	112	100	0.23	0.26	0.36	5	SIN	Cristal borosilicada	ABIERTA V.M.
II	Medio	Semi cutoff	12	113	175	0.18	0.23	0.32	5	SIN	Cristal borosilicada	
III	Medio	Non cutoff	15	Norma IV	175	0.21	0.26	0.34	5	Al. siliceo	Acil. H <sub>2</sub> O e poli carbonato	
III	Medio	Non cutoff	15	Lumbar	175	0.21	0.26	0.34	5	Al. siliceo	Acil. H <sub>2</sub> O e poli carbonato	
III	Medio	Non cutoff	15	Suburba IV	175	0.21	0.26	0.34	5	Al. siliceo	Acil. H <sub>2</sub> O e poli carbonato	
IV	Medio	Non cutoff	12	111	175	0.15	0.19	0.25	5	SIN	Cristal borosilicada	
IV	Medio	Non cutoff	12	112	175	0.18	0.18	0.26	5	SIN	Cristal borosilicada	
I	Carre	Cutoff	16	Cruiser	400	0.41	0.48	0.55	5	Alumina	SIN	ABIERTA V.S.A.P.
II	Medio	Cutoff	16	Cruiser	250	0.38	0.43	0.48	5	Alumina	SIN	
III	Medio	Semi cutoff	16	Cruiser	250	0.35	0.45	0.52	5	Alumina	SIN	
I	Carre	Semi cutoff	12	1100	1000	0.24	0.28	0.33	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	VENTILADA V.M.
II	Carre	Non cutoff	12	Referencia	400	0.20	0.23	0.27	5	Alumina	Cristal borosilicada abarata	
III	Carre	Non cutoff	12	1100	1000	0.23	0.27	0.33	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	
IV	Carre	Semi cutoff	12	1100	1000	0.25	0.30	0.35	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	
I	Carre	Non cutoff	12	Referencia	400	0.18	0.24	0.33	5	Alumina	Cristal borosilicada abarata	VENTILADA V.S.A.P.
II	Carre	Non cutoff	12	Referencia	400	0.21	0.29	0.40	5	Alumina	Cristal borosilicada abarata	
III	Carre	Non cutoff	12	Referencia	400	0.18	0.25	0.28	5	Alumina	Cristal borosilicada abarata	
I	Carre	Cutoff	12	1100	400	0.27	0.31	0.36	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	VENTILADA V.S.A.P.
II	Carre	Semi cutoff	12	1100	400	0.24	0.29	0.34	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	
III	Carre	Non cutoff	12	1100	1000	0.20	0.24	0.31	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	
II	Carre	Non cutoff	12	1100	400	0.22	0.28	0.35	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	VENTILADA V.S.A.P.
III	Carre	Cutoff	12	1100	400	0.26	0.33	0.39	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	
IV	Medio	Non cutoff	12	1100	400	0.20	0.27	0.33	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	
I	Carre	Semi cutoff	12	1100	1000	0.26	0.30	0.36	5	Cristal borosilicada primario	Cristal borosilicada abarata	VENTILADA ADIT. MET.
II	Medio	Non cutoff	12	Referencia	400	0.24	0.28	0.33	5	Alumina	Cristal borosilicada abarata	
III	Medio	Semi cutoff	12	Referencia	400	0.20	0.23	0.28	5	Alumina	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	4.8	12	Vista III 251	100	0.44	0.60	0.86	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	SEMISELLADA V.M.
V	4.8	4.8	12	Vista III 262	100	0.40	0.52	0.84	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	4.8	12	Vista III 261	175	0.44	0.60	0.84	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	4.8	12	Vista III 262	175	0.40	0.52	0.76	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	SEMISELLADA ADIT. MET.
V	4.8	Semi cutoff	12	Pavido 255	175	0.40	0.52	0.84	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	Cutoff	12	Pavido 255	0	0.36	0.52	0.88	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	Cutoff	12	Pavido 256	100	0.36	0.52	0.86	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	SEMISELLADA ADIT. MET.
V	4.8	Cutoff	12	Pavido 255	100	0.36	0.52	0.86	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	Cutoff	12	Pavido 255	100	0.36	0.52	0.86	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	Semi cutoff	12	Pavido 255	175	0.40	0.60	0.86	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	SEMISELLADA ADIT. MET.
V	4.8	Semi cutoff	12	Pavido 255	175	0.40	0.56	0.84	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	Semi cutoff	12	Pavido 255	250	0.36	0.52	0.86	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	
V	4.8	Semi cutoff	12	Pavido 255	250	0.40	0.52	0.86	5	SIN	Cristal borosilicada abarata	

FIG. Nº 3.17

### 3.4. BALASTROS

#### 3.4.1. INTRODUCCION

Los balastros se usan en combinación con lámparas de descarga de alta intensidad y son dispositivos que por medio de inductancias, capacitancias o resistencias, solas o en combinación, limitan la corriente de una lámpara de descarga al valor requerido para su operación correcta y proporcionan la corriente de arranque y, cuando es necesario, también la tensión de arranque requerida. Pueden formar parte del balastro, capacitores para la corrección del factor de potencia, resistores para descarga de capacitores y supresores de radiointerferencia.

La función del balastro consiste en arrancar, operar y controlar la lámpara. Por lo tanto, la unidad balastro-lámpara, debe ser perfectamente compatible a fin de obtener las mejores condiciones de operación de la lámpara.

#### 3.4.2. FUNCIONES DE LOS BALASTROS

- a) ARRANQUE. La función de arranque de una lámpara de descarga es realizada por el balastro al proporcionar la tensión de -- circuito abierto, requerida por la lámpara para excitar los -- gases en su interior e iniciar una descarga a través de sus -- electrodos; también proporciona la alta tensión requerida durante el tiempo de calentamiento de la lámpara.
- b) CONTROL Y REGULACION. El arco producido en una lámpara de -- descarga no tiene una resistencia o impedancia que lo limite; una vez iniciado el arco, la corriente de la lámpara tiende a aumentar hasta que la lámpara se destruya por sí misma; este fenómeno se conoce como "resistencia negativa".

Con el fin de controlar el flujo de la corriente a través de una lámpara de arco, se requiere una impedancia externa para disminuir y controlar la corriente. El balastro proporciona dicha impedancia o "resistencia positiva", en forma tal que al aumentar el flujo de corriente y mantenerla regulada dentro de los valores especificados.

- c) **FUNCIONES COMPLEMENTARIAS.** Además de arrancar, controlar y regular la operación de la lámpara, un balastro puede, con la adición de algunos dispositivos, mantener el factor de potencia a un nivel adecuado, disminuir el efecto de las variaciones de tensión en la línea de alimentación sobre la potencia luminosa entregada por la lámpara, suprimir o reducir las señales de radio-interferencia que se producen en el circuito balastro-lámpara, etc.

### 3.4.3. TIPOS DE BALASTROS.

Cada tipo de lámpara tiene requerimientos particulares que afectan las características de los balastros, tal como la forma de onda, la regulación de voltaje y corriente y tipo de encendido. Estas características pueden variar dependiendo de la potencia de la lámpara y de las condiciones ambiente de operación.

Las limitaciones físicas, mecánicas y de temperatura de las luminarias o de otras restricciones de montaje, también afectan el diseño del balastro.

Desde el punto de vista de sus características eléctricas, existen en el mercado 3 tipos básicos de balastros: Inductivo, Autorregulado y de Potencia Constante; cada uno de ellos puede obtenerse --

con cubiertas protectoras, sean éstas metálicas o de resinas o sin ellas, para alojarse dentro de los espacios disponibles en las luminarias. La figura No. 3.18 muestra el aspecto físico de balastos con y sin protección exterior.

**BALASTROS PARA LAMPARAS DE MERCURIO, ADITIVOS METALICOS, SODIO DE ALTA Y BAJA PRESION.**

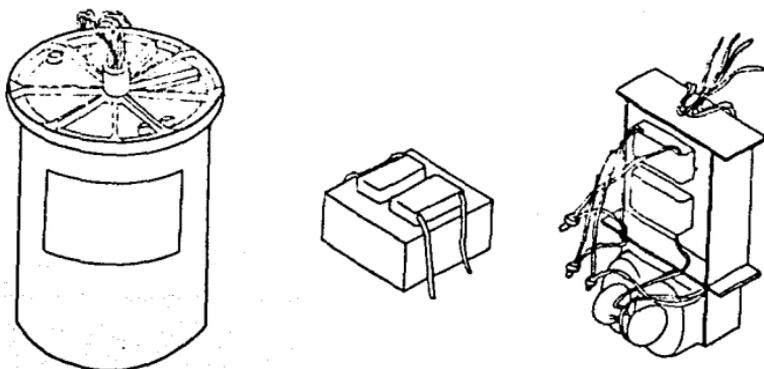


FIG. N° 3.18

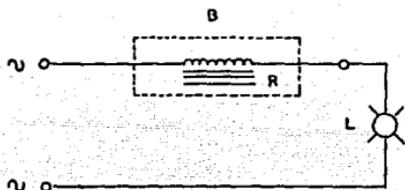
**BALASTRO TIPO REACTOR.**

Este tipo de balastro se le conoce también como tipo reactor serie y es el balastro más sencillo para lámparas de descarga, pues consiste exclusivamente de una inductancia en serie con la lámpara. - En la fig. No. 3.19, se muestra un diagrama elemental de este equi

po. Los reactores se pueden utilizar únicamente en aquellos casos en que la tensión de línea disponible sea mayor que la tensión de arranque requerida por la lámpara. Por ejemplo, en donde se tiene disponible una tensión de línea de 220 volts, se puede usar un balastro tipo reactor con una lámpara de mercurio de baja potencia que requiere únicamente 200 volts para arrancar.

Debido a que el reactor únicamente realiza la función de control de la corriente, es el equipo de menor tamaño físico, más económico y más eficiente para lámparas de descarga, tales como las de vapor - de mercurio, vapor de sodio en alta y baja presión, aditivos metálicos y fluorescentes.

#### BALASTRO TIPO REACTOR DE BAJO FACTOR DE POTENCIA.



- |   |                       |
|---|-----------------------|
| B | BALASTRO              |
| ~ | LINEA DE ALIMENTACION |
| L | LAMPARA               |
| R | REACTOR               |

FIG. N° 3.19

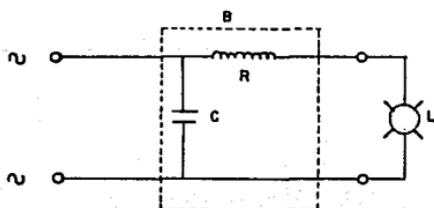
Los balastros tipo reactor serie tienen tres condiciones de operación que los caracterizan:

- 1.- Factor de potencia bajo del orden del 50%.
- 2.- Su dimensionamiento está definido por la co rriente de arranque de la lámpara.
- 3.- Baja capacidad de regulación de la potencia de la lámpara al variar la tensión de línea del 5% resulta en una variación en la poten cia de la lámpara del 10% al 12%. Debe evi tarse el uso de este tipo de balastro cuando la regulación de la emisión luminosa sea crítica.

Una variedad del balastro tipo reactor es el llamado reactor de potencia, que tiene un factor de potencia del orden del 90%. -- El mejoramiento del factor de potencia se obtiene simplemente -- por la adición de un capacitor al circuito básico, tal como se muestra en la figura No. 3.20. El capacitor generalmente se pro porciona como parte de la balastra.

Al igual que el reactor normal, el reactor de alto factor de potencia se puede usar únicamente cuando la tensión de línea disponible sea mayor que la tensión de arranque especificada para la lámpara.

#### BALASTRO TIPO REACTOR DE ALTO FACTOR DE POTENCIA



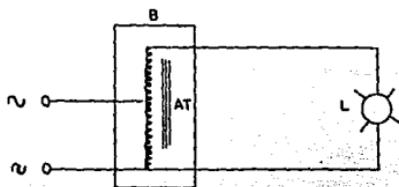
B - BALASTRO  
 C - CAPACITOR  
 L - LAMPARA  
 R - REACTOR  
 ~ - LINEA DE ALIMENTACION

FIG. N° 3.20

**BALASTRO TIPO AUTOTRANSFORMADOR:** Cuando la tensión de la línea disponible sea menor que la tensión de arranque requerida por la lámpara, se debe de usar un transformador elevador para aumentar la tensión de la línea y obtenerse la tensión suficiente que permita el arranque y operación normal de la lámpara.

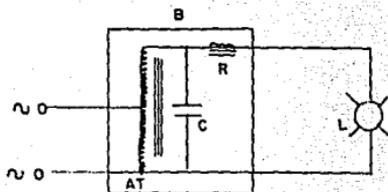
Al balastro que realiza la función elevadora de la tensión junto con la función de reactor, se le llama autotransformador alta reactancia, o simplemente balastro tipo autotransformador. Al igual que los dos balastos precedentes, éste es compacto, económico y eficiente. También se encuentra disponible en las versiones de alto o bajo factor de potencia. Ambos tipos presentan una pobre regulación de la potencia luminosa de la lámpara, así como una alta corriente de arranque. Caídas de tensión de 20% más en la línea de alimentación harán que la lámpara se apague.

Las figuras No. 3.21 y 3.22, muestran los diagramas para los dos tipos de autotransformadores de alta reactancia.



AT - AUTOTRANSFORMADOR  
 B - BALASTRO  
 L - LAMPARA  
 ~ - LINEA DE ALIMENTACION

FIG. Nº 3.21



B - BALASTRO  
 C - CAPACITOR  
 L - LAMPARA  
 AT - AUTOTRANSFORMADOR  
 R - REACTOR  
 ~ - LINEA DE ALIMENTACION

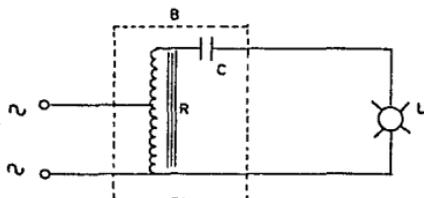
FIG. Nº 3.22

## AUTOTRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE. (A P C)

En aquellas aplicaciones en donde la variación de la tensión de líneas sea normal pero se requiere una tensión luminosa estable, deberá de emplearse el autotransformador de potencia constante, comercialmente conocido como autotransformador autorregulado. Es un balastro regulado de alto factor de potencia que opera con una corriente de arranque menor que en los tipos descritos anteriormente y es posible mantener la lámpara en operación con bajas tensiones de línea.

Una diferencia básica de diseño entre el APC y el autotransformador de alta reactancia, consiste en que en el primero el capacitor está conectado en serie con la lámpara, en lugar de estar conectado en paralelo. El capacitor serie constituye ahora el elemento principal de control en el balastro mientras que en el balastro tipo reactancia el elemento principal de control de corriente es la inductancia. Cuando el elemento principal de un balastro es un capacitor, el balastro se conoce como de tipo adelantado. Si por el contrario, el elemento de control principal es inductivo, el balastro recibe el nombre de tipo atrasado. Ambos están caracterizados por un factor de potencia en los circuitos del tipo reactor no tienen una función de balastro.

En el balastro APC, una variación de 10% en la tensión de línea reflejará un cambio en la potencia de la lámpara del 6% al 8%, -ya que su autorregulación es razonablemente buena. Se pueden tolerar caídas de tensión en la línea hasta de un 50% en períodos de algunos segundos, sin que la lámpara se apague.



- B - BALASTRO
- C - CAPACITOR
- L - LAMPARA
- R - REACTOR
- ~ LINEA DE ALIMENTACION

FIG- Nº 3-23

### TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (TPC).

Pueden encontrarse situaciones que requieran una emisión luminosa constante, con un grado mayor al que pueda alcanzarse por medio de un autotransformador de potencia constante. En estos casos se deberá emplear el balastro de transformador a potencia constante. Como en el caso del balastro APC, el tipo TPC utiliza un circuito adelantado. (Observar el capacitor serie a la salida del balastro en la figura Núm. 3-24). Está construido como un transformador de aislamiento, por lo que no existe ninguna conexión directa entre el primario del balastro y el secundario -- (lámparas).

#### BALASTRO TIPO TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE

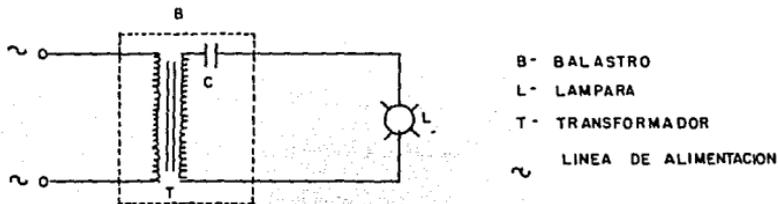


FIG. N° 3-24

Las principales características del balastro tipo TPC son:

- 1.- Un mejor control de la emisión luminosa de la lámpara a mayores variaciones en la tensión de línea.

- 2.- Alto factor de potencia.
- 3.- Baja tensión de línea para extinguir la lámpara
- 4.- Baja corriente de arranque en la línea y
- 5.- Aislamiento del circuito de la lámpara.

En este tipo de balastro, una variación en el voltaje de línea - del 13%, resultará en cambios en la potencia de la lámpara de - únicamente 3%.

Las ventajas y características del balastro TPC inciden en aumen-  
tos de tamaño y peso, que hacen de este balastro el de mayor cos  
to inicial.

#### BALASTROS PARA LAMPARAS CON ADITIVOS METALICOS.

La adición de yoduros metálicos al mercurio en el tubo de arco - de la lámpara, nos produce una lámpara con aditivos metálicos. - Los ingredientes especiales de esta familia de lámparas permiten que tengan una alta intensidad luminosa y excelentes caracterís-  
ticas de color, los aditivos metálicos en estas lámparas, sin em  
bargo, requieren de características especiales del balastro, no-  
fácilmente disponibles en los balastros normales para lámparas -  
de vapor de mercurio. Las lámparas de aditivos metálicos gene--  
ralmente requieren tensiones de circuito abierto mayores que las  
lámparas de mercurio de la misma capacidad. Además, se requie--  
ren formas especiales de onda con el fin de mantener las condi--  
ciones adecuadas durante el tiempo normal de calentamiento y de-  
operación.

Los balastros diseñados específicamente para operar con lámparas  
de aditivos metálicos, deben de suministrar todas las característica

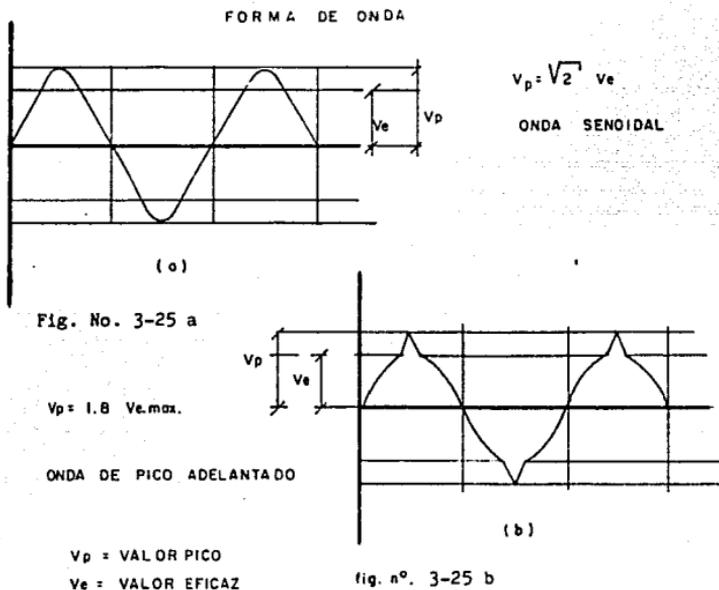
cas eléctricas requeridas. Con el fin de alcanzar la mayor tensión de circuito abierto en la lámpara, sin que esto signifique un aumento considerable del tamaño físico del balastro, el núcleo del balastro bajo el devanado secundario (de lámpara), tiene una o más ranuras cortadas en él. Estas ranuras permiten tener una forma de onda con un pico muy pronunciado tal como se muestra en la figura No. 3-25 b. Este pico alto en la tensión es adecuado para arrancar y operar las lámparas de aditivos metálicos a todas las temperaturas normales de operación. Ya que este balastro -- tiene un circuito adelantado y suministra la función pico, se le conoce como balastro de pico adelantado. El diseño del balastro de pico adelantado puede ser similar al balastro tipo autotransformador o al tipo transformador.

Estos balastos también pueden operar lámparas de mercurio de la misma potencia y también son capaces de arrancar o encender lámparas de mercurio a temperaturas de operación de los balastos normales para mercurio.

Las lámparas de aditivos metálicos requieren una relación baja -- del valor pico al valor de la corriente RMS. Esta relación se -- conoce como factor de cresta. Mientras que en la lámpara de mercurio el factor de cresta puede ser hasta de 2 a 1, en las lámparas de aditivos metálicos no debe exceder de 1.8 a 1. Este requerimiento también se obtiene en el balastro especialmente diseñado para estas lámparas. Los factores de corriente de cresta -- menores generalmente significan una mayor vida de la lámpara, -- así como una mayor producción de lúmenes durante la vida de esta misma. Según algunos autores, el factor de cresta óptimo es 1.4 a 1.

Las características de regulación son similares a sus contrapartes para mercurio en el diseño tipo autotransformador. Normal--

mente una variación del 10% en la tensión de línea resultará en una variación del 10% al 12% en la potencia de la lámpara. El factor de potencia es alto. Se puede tolerar caídas de tensión de línea hasta de un 50%, sin que la lámpara se apague.



#### BALASTROS PARA SODIO DE BAJA PRESION.

Las lámparas de sodio de baja presión requieren tensiones de circuito abierto hasta de 680 volts durante su arranque; sin embargo, no se requiere un buen control de la potencia. Tanto las necesidades de arranque como de control se pueden alcanzar con los balastros previamente descritos como reactores atrasados y auto-transformadores de alta reactancia.

**BALASTROS PARA LAMPARAS DE SODIO DE ALTA PRESION.**

Debido a sus características eléctricas únicas, la familia de lámparas de sodio de alta presión requiere de los balastros, características muy especiales. Estos requerimientos generalmente obligan a que los diseños sean más grandes, más pesados y más caros.

Una característica de las lámparas de sodio de alta presión es la alta tensión necesaria para el arranque a fin de ionizar la amalgama de sodio y mercurio en el tubo de arco de la lámpara. No es práctico diseñar los circuitos magnéticos del balastro (bobina y núcleo), para que suministre las altas tensiones requeridas (2,500 a 4,000), volts, por lo tanto se emplea un circuito electrónico separado.

El circuito auxiliar llamado ignitor, generalmente es de estado-sólido y puede estar integrado al balastro, o bien estar separado.

El ignitor produce pulsos de alta tensión que se superponen a la forma de onda de salida del balastro. Se produce un pulso cada ciclo sucesivo hasta que la lámpara arranca. Después de que la lámpara arranca no se requieren pulsos adicionales y éstos no volverán a aparecer.

Una característica adicional de las lámparas de sodio de alta presión es que la tensión de arco a través de la lámpara tiende a aumentar a lo largo de la vida de la lámpara. Si el aumento de tensión de la lámpara continuara y la corriente suministrada por el balastro fuera constante, entonces la potencia de la lámpara aumentaría. Esta condición puede originar un ciclaje de encendido y apagado y/o una falla definitiva de la lámpara.

## LIMITES DE TENSION Y POTENCIA LAMPARA VSAP= 400w

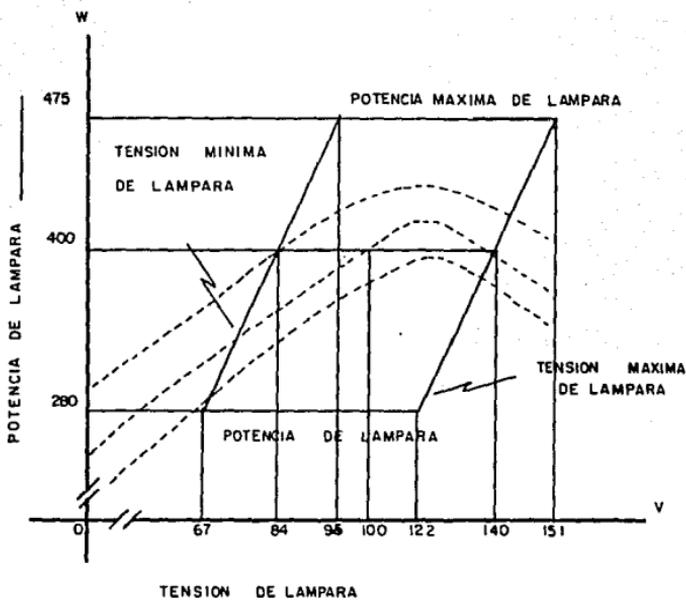
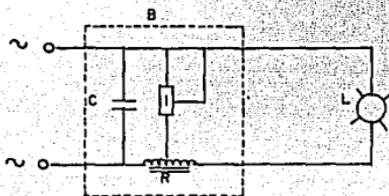


FIG: 3.25

A fin de controlar la potencia de la lámpara, el balastro deberá disminuir la corriente de la lámpara conforme la tensión aumente. Los fabricantes de lámparas especifican los límites para la tensión y potencia de lámpara permitibles. Cualquier balastro debe tomar estas limitaciones en cuenta a fin de operar adecuadamente con lámparas de sodio de alta presión, la figura No. 3.25, muestra un diagrama típico de estas condiciones de operación eléctrica para tres diferentes tensiones de línea.

181  
BALASTRO TIPO REACTOR RETRASADO, ALTO FACTOR DE POTENCIA PARA  
LAMPARA DE VAPOR DE ALTA PRESION DE SODIO

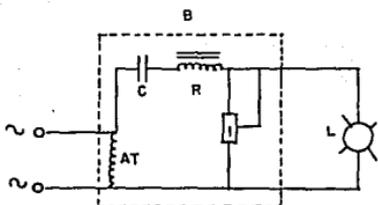


B - BALASTRO  
C - CAPACITOR  
I - IGNITOR  
L - LAMPARA  
R - REACTOR

~ LINEA DE ALIMENTACION

FIG: 3.26

BALASTRO TIPO AUTOTRANSFORMADOR ADELANTADO, REGULADO  
PARA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION

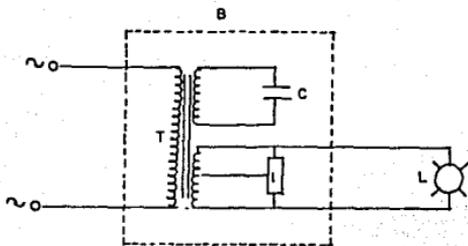


AT - AUTOTRANSFORMADOR  
B - BALASTRO  
C - CAPACITOR  
I - IGNITOR  
L - LAMPARA  
R - REACTOR

~ LINEA DE ALIMENTACION

FIG- 3.27

BALASTRO TIPO TRANSFORMADOR ATRASADO, REGULADO PARA  
LAMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION



B - BALASTRO  
C - CAPACITOR  
I - IGNITOR  
T - TRANSFORMADOR  
L - LAMPARA

~ LINEA DE ALIMENTACION

FIG- 3-28

Los balastos para sodio de alta presión pueden ser cualquiera - de los diferentes diseños, tales como: Reactor retrasado, auto-transformador adelantado, o tipo transformador atrasado-regulado. Estos tipos tienen las características eléctricas necesarias para arrancar, operar y controlar las lámparas de sodio de alta presión. Fig. 326, 327, 328.

La regulación de la potencia luminosa en los balastos de sodio de alta presión es similar a la regulación obtenida con los balastos equivalentes para lámparas de mercurio. El factor de potencia será bajo si no se corrige por medio de un capacitor en los tipos retrasados.

#### BALASTRO REMOTO.

Cuando el balastro se localice fuera de la luminaria, se dice -- que es un balastro remoto.

En instalaciones con lámparas de vapor de mercurio o aditivos me tálicos, los balastos pueden instalarse a cien o más metros de distancia de la lámpara y con lámparas de vapor de sodio de alta presión no se recomiendan distancias mayores a los diez metros.

La distancia máxima dependerá de las características de los conductores del tipo de balastro y las recomendaciones de los fabri cantes. Una instalación inadecuada en función a la distancia -- balastro - lámpara, puede producir una atenuación en los pulsos de arranque que evite el encendido de la lámpara o lo haga errático.

#### 3.4.4. TEMPERATURA EN EL BALASTRO

La temperatura de operación es una función crítica, ya que si --

excede los valores especificados se reducirá la vida del balastro. Generalmente los componentes críticos son los capacitores que se afectan en mayor grado que el núcleo y la bobina por las temperaturas altas o bajas a que está expuesto el balastro.

### 3.4.5. INTERCAMBIABILIDAD

Existen casos especiales en donde un tipo de lámpara operará satisfactoriamente con un balastro diseñado para otro tipo de lámpara.

El primer y más común tipo de intercambiabilidad posible es el de la operación de lámparas de mercurio con balastos para lámparas de aditivos metálicos. El único requerimiento aquí es que la potencia de la lámpara y del balastro sean compatibles. Una excepción a este intercambio es la lámpara H34 de mercurio de 1,000 watts, que no debe ser operada con un balastro de aditivos metálicos de 1,000 watts. La lámpara estándar de 1,000 watts de baja corriente, tipo H36 de mercurio, operará satisfactoriamente.

Algunos modelos de lámparas de aditivos metálicos operarán con algunos balastos para mercurio y, en general, operarán adecuadamente con balastos tipo reactor de 480 volts.

En la familia de sodio de alta presión también se puede encontrar alguna intercambiabilidad con lámparas de mercurio en balastos tipo reactor y autotransformador, siempre y cuando la potencia de la lámpara de sodio sea menor que la de la lámpara de mercurio que reemplaza.

Es conveniente analizar conjuntamente con los fabricantes los casos particulares en que se requiera definir la intercambiabilidad-

de balastos, por ejemplo para reducir los inventarios de partes de repuesto o para reemplazarlos de emergencia.

### 3.4.6. PERDIDAS

Todos los balastos tienen alguna resistencia, impedancia y pérdidas de energía inherentes en su diseño. Debido a estas pérdidas, los balastos durante la operación normal consumen una determinada cantidad de energía.

Generalmente estas pérdidas son del orden del 10% al 15%, de la potencia de la lámpara. Las lámparas de baja potencia normalmente tienen pérdidas mayores que las de las lámparas de mayor potencia; los balastos tipo reactor y autotransformador tienen menores pérdidas propias que los balastos tipo regulado. Los balastos de aditivos metálicos consumen más potencia que los equivalentes para lámparas de mercurio.

Es importante considerar las pérdidas de los balastos en todos los cálculos de consumo de energía para determinar la potencia total del sistema.

Para determinar la potencia total para las combinaciones más populares de lámpara y balastro, refiérase a la tabla siguiente -- (fig. No. 3.29), que contiene información de carácter general; - si desea conocer los valores característicos de un balastro en particular, solicítelo al fabricante, quien está obligado a proporcionar y a certificar, en su caso, la información técnica relativa a los productos que ofrece al mercado.

**CARACTERISTICAS ELECTRICAS DE BALASTROS PARA LAMPARAS DE DESCARGA**

TIPO DE CIRCUITO BALASTRO-LAMPARA	Variación de la Tensión de Alim. vs Potencia Luminosa de la Lámpara		Factor de Potencia del Balastro	Caída Momentánea de Tensión Permitida en la Línea	Pérdidas Típicas en Balastros	Corriente en Cresta de la Corriente en la Lámpara
	Tensión de Línea	Potencia Lámpara				
	%	%	%	%	%	%
Reactor atrasado bajo F.P. -- VMAP	5	10	50	20	5-10	1.4-1.5
Reactor alto F.P. -- VMAP	5	10	90	20	5-10	1.4-1.5
Autotransformador bajo F.P. alta reactancia VMAP	5	10	50	20	7-13	1.4 1.5
Autotransformador alto V.P. Alta reactancia VMAP	5	10	90	20	7-13	1.4-1.5
Autotransformador autorre- gulado (potencia constante) - VMAP	10	6	90	50	8-20	1.6-2.0
Transformador de potencia constante - VMAP	13	3	90-95	60	12-22	1.6-2.0
Autotransformador de pico adelantado - aditivos metálicos	10	10	90	50	7-20	1.6-1.8
Reactor retrasado alto F.P. -- VSAP	5	10	90	20	10-15	1.4-1.5
Autotransformador regulado adelantado - VSAP	10	5	95	50	9-20	1.6-1.8
Reactor no regulado alto F.P.	5	10	90	20	22-71	1.4-1.5

F.P.: Factor de potencia  
 VMAP: Vapor de mercurio alta presión  
 VSAP: Vapor de sodio alta presión  
 VSBP: Vapor de sodio baja presión

**IMPORTANTE:** Los valores mostrados en la *tabla* corresponden a balastros de fabricación Estadounidense. Solicite a los fabricantes nacionales los valores característicos de sus productos.

DATOS TÍPICOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS BALASTROS MAS USUALES PARA L.V.M.A.P. (50/60 Hz) (1)

TIPO DE LAMPARA	TIPO DE BALASTRO	FIGURA	TENSION DE LINEA		Regulación (2) Watts de lámpara	VOLTAMPERES DE LINEA(3)			PERDIDAS EN WATTS
			Nominal	Variación		Operación normal	Arranque línea mol.	Circuito abierto	
100 W H 38	Reactor bajo factor	5	220	±5%	±12%	195	395	0	10 - 14
	Reactor alto factor	4	220	±5%	±12%	170	240	145	10 - 14
	Autotransformador en atrás	3	127	±5%	±12%	290	395	40	20 - 25
	Autotransformador en adelante	2	(4)	±10%	±6%	140	(5)	(5)	25 - 30
	Transformador en adelante	1	(4)	±13%	±3%	140	(5)	(5)	28 - 35
175 W H 39	Reactor bajo factor	5	220	±5%	±12%	330	560	0	10 - 15
	Reactor alto factor	4	220	±5%	±12%	210	395	225	10 - 15
	Autotransformador en atrás	3	127	±5%	±12%	470	660	55	30 - 35
	Autotransformador en adelante	2	(4)	±10%	±6%	215	(5)	(5)	23 - 28
	Transformador en adelante	1	(4)	±13%	±3%	220	(5)	(5)	32 - 40
250 W H 37	Reactor bajo factor	5	220	±5%	±12%	465	945	0	15 - 20
	Reactor alto factor	4	220	±5%	±12%	300	565	320	15 - 20
	Autotransformador en atrás	3	127	±5%	±12%	600	1100	90	36 - 43
	Autotransformador en adelante	2	(4)	±10%	±6%	300	(5)	(5)	25 - 30
	Transformador en adelante	1	(4)	±13%	±3%	310	(5)	(5)	40 - 50
400 W H 33	Reactor bajo factor	5	220	±5%	±12%	705	1430	0	25 - 30
	Reactor alto factor	4	220	±5%	±12%	460	860	485	25 - 30
	Autotransformador en atrás	3	127	±5%	±12%	-	-	-	-
	Autotransformador en adelante	2	(4)	±10%	±6%	490	(5)	(5)	45 - 55
	Transformador en adelante	1	(4)	±13%	±3%	500	(5)	(5)	55 - 65
700 W H 35	Reactor bajo factor	5	440	±5%	±12%	1240	3000	0	35 - 45
	Reactor alto factor	4	440	±5%	±12%	790	1800	800	35 - 45
	Autotransformador en adelante	2	(4)	±10%	±6%	810	(5)	(5)	55 - 60
	Transformador en adelante	1	(4)	±13%	±3%	850	(5)	(5)	70 - 90
	1000 W H 36	Reactor bajo factor	5	440	±5%	±12%	1760	3300	0
Reactor alto factor		4	440	±5%	±12%	1100	2000	1150	40 - 50
Autotransformador en adelante		2	(4)	±10%	±6%	1150	(5)	(5)	75 - 95
Transformador en adelante		1	(4)	±13%	±3%	1200	(5)	(5)	90 - 110

(1) Todos los valores de esta tabla se aplican a operación de un balastro con una lámpara operando en posición vertical con la base arriba.

(2) Variación máxima en potencia de lámpara debido a la variación aceptable en la tensión de línea.

(3) Datos para el proyecto de línea. Se recomienda basarse en los valores de arranque máximo. Para determinar la corriente de línea, dividida los voltamperes entre la tensión de línea.

(4) Dimensiones en milímetros (1 milímetro = 0.039 pulgadas).

(5) En los balastos con autotransformador en adelante y transformador en adelante, los voltamperes en arranque y circuito abierto, nunca son más que los voltamperes de operación normal.

### 3.5. P O S T E S

#### 3.5.1. INTRODUCCION

Los postes se fabrican de muchas formas y materiales, y su altura puede variar de 3 metros a 46 metros. Son tantos los factores que hay que tener en cuenta durante la elección de un poste, que el diseñador debe buscar toda la información que le sea posible antes de tomar la decisión final.

Los propios fabricantes de postes pueden proporcionar la información necesaria para el diseño. Los fabricantes de luminarias -- también pueden indicar cuáles postes son los más adecuados para sus productos.

#### 3.5.2. PROPIEDADES

- Resistir los impactos del viento.
- Resistir los agentes corrosivos de la atmósfera.
- Ser lo suficientemente ligeros para su manejo.
- Proveer espacio suficiente para los accesorios que deban alojarse en ellos, tales como conductores, balastros o equipos de control.
- Requerir el mínimo de mantenimiento.

#### 3.5.3. PARTES PRINCIPALES DE UN POSTE

Los postes son en sí columnas verticales instaladas con el fin de soportar una o varias luminarias y consta de varias partes; - ver fig. No. 3.31.

POSTE O COLUMNA VERTICAL. Que permite alcanzar la altura de monta

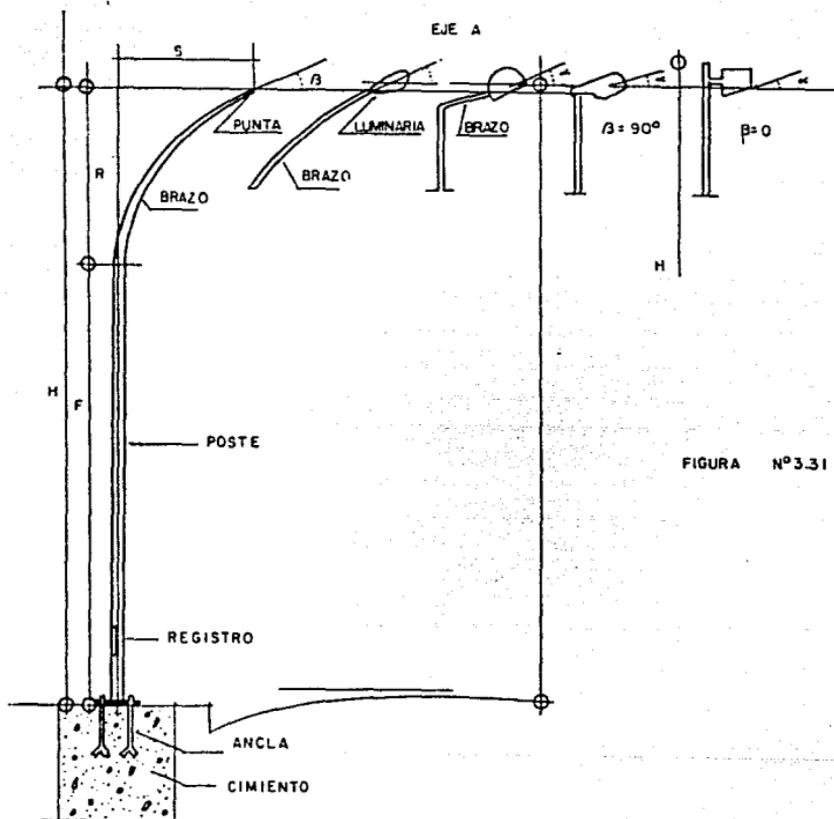


FIGURA N° 3.31

B: ANGULO DE INDICACION DEL BRAZO

H: ALTURA DE POSTE Y BRAZO

F: ALTURA DE POSTE

R: ALTURA DEL BRAZO

S: LONGITUD DEL BRAZO

$\alpha$ : ANGULO DE INDICACION DE LA LUMINARIA

je requerida, en combinación con el brazo, si se requiere.

**BRAZO O COLUMNA HORIZONTAL.** Que permite ubicar la luminaria en el punto deseado, en el plano transversal de la calle a iluminar.

**PUNTA O PIEZA DE MONTAJE.** Colocada en el extremo superior del poste o del brazo, según sea el caso y que permite el montaje de la(s) luminaria(s). Puede ser lisa o roscada.

**PLACAS O BASE.** Solidamente fija a la base del poste para recibir las anclas de fijación al cimiento.

**REGISTRO.** Puesto cerca de la base del poste para permitir el alcance a los accesorios dentro del poste.

**PEDESTAL.** Pieza que tiene el doble propósito de servir para el anclaje del poste y alojar el balastro.

**ANCLAS.** Pernos metálicos empotrados en la cimentación de concreto para sujetar la base (placa o pedestal), al cimiento.

### 3.5.4. ESTILO Y DIMENSIONES DE LOS POSTES

Los postes pueden estar hechos de varios materiales, incluyendo aluminio sin costura, aluminio soldado y acero pintado, galvanizado o recubierto de anticorrosivo, así como concreto y madera sólida o laminada.

Los postes de acero pintados o galvanizados de hasta 12.2 mts., pueden adquirirse con caras planas y rectas o con un adelgazamiento en la parte superior.

Los postes de menos de 12 metros se embarcan en una sola pieza.-  
Los postes de mayor longitud se embarcan en dos piezas.

Algunos postes de poca altura se pueden abatir para facilitar su mantenimiento. Otros postes tienen escalones para subir por ellos.

Se consideran postes elevados a aquéllos cuyas luminarias no pueden recibir servicio de mantenimiento desde el suelo.

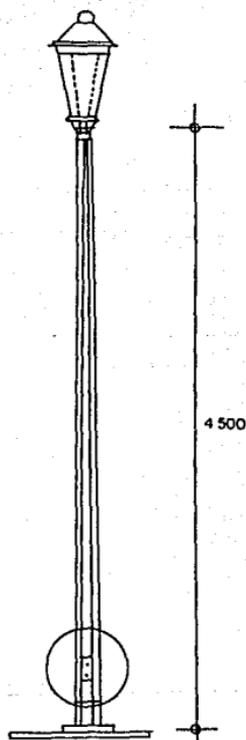
Generalmente se consideran postes elevados los que tienen una altura superior a 18.3 mts. En estos postes se utiliza algún mecanismo para subir y bajar las luminarias a fin de prestarles servicio de mantenimiento.

Por su uso se clasifican como "punta de poste", cuando la luminaria va montada directamente al extremo superior del poste o "con brazo", estando en este caso preparados para soportar diferentes tipos de brazo. En ambos casos, pueden soportar una o más luminarias, como se aprecia en la fig. No. 3.32 y fig. No. 3.33.

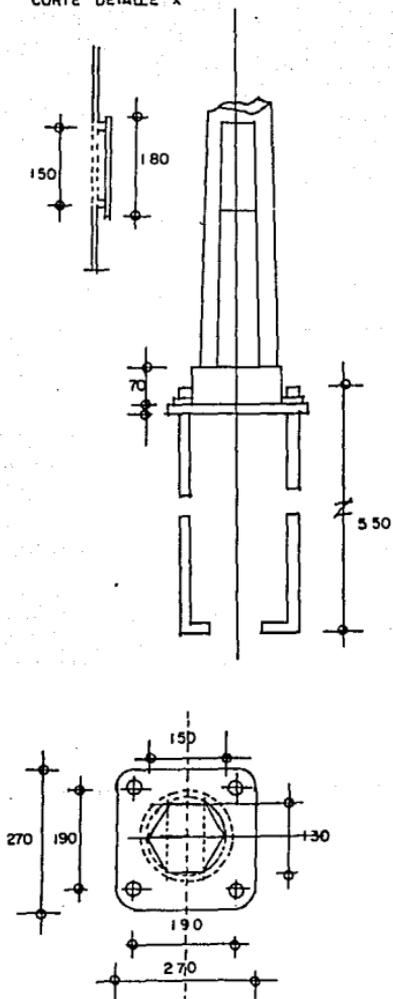
Es necesario hacer resaltar que la longitud del poste no necesariamente corresponde a la altura de montaje, ya que se debe de combinar con el brazo y en algunos casos con la longitud de postes que se empotra en el terreno para su montaje.

Los fabricantes los ofrecen rectos o curvados (látigo). Es costumbre definir la sección transversal por la forma, el material y el espesor del mismo, pero es recomendable especificarla por los esfuerzos a que estará sometida el poste tales como: Empuje del viento, impactos, flexión, peso originado por la luminaria y el brazo, etc. Las formas más comunes en el mercado son: Circular, cuadrada, hexagonal y octagonal, la fig. No. 3.34 muestra las características más importantes.

## PUNTA DE POSTE

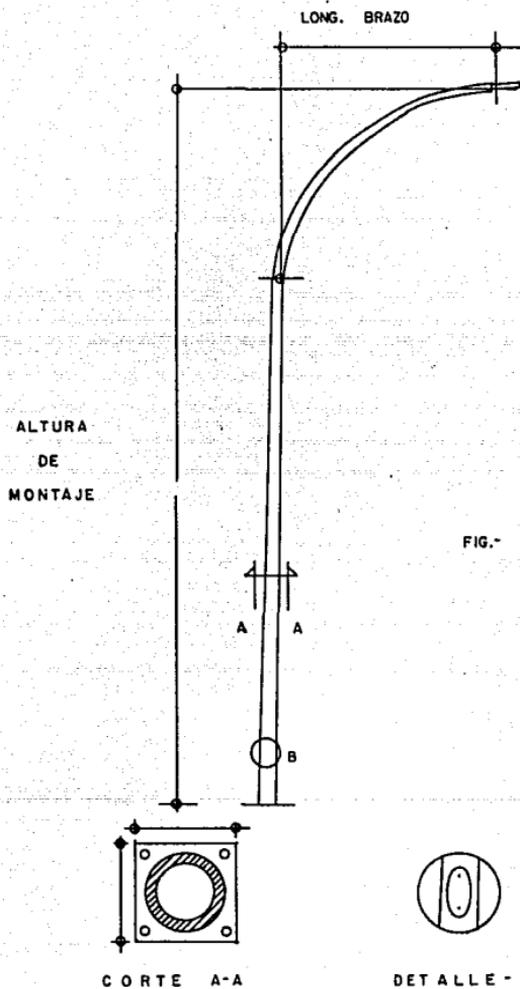


## CORTE DETALLE X

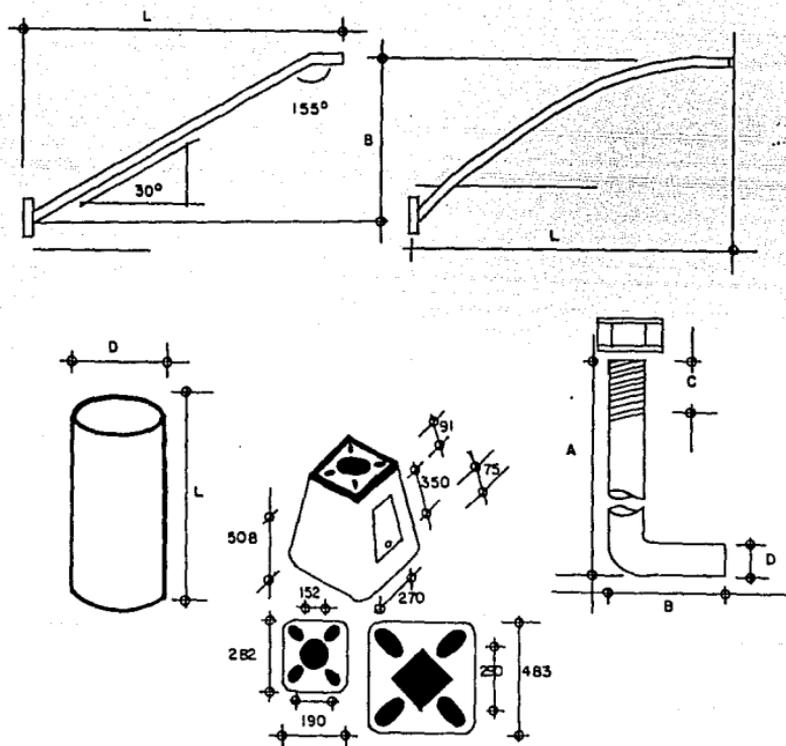


ACOTACION EN MM

FIG. 3.32



## BRAZOS METALICOS



COTAS EN MM

FIG: N° 3.33 - a

TIPO	MOJISTO	MATERIAL	ALTURA (m)	DIAMETRO BASE (cm)	DIAMETRO CORONA (cm)	MONTEJE	LONGITUD BRAZO (m)	ALTURA MONTEJE (m)
CUADRADO	Luzado	Lamina de acero	4 y 4,5	12	6,35	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	5,2 y 5,7
		Lamina de acero	5 y 7	15,24	7,62	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,2 y 7,2
		Lamina de acero	7,5 a 9,5	18,73	8,9	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,7 y 10,7
		Lamina de acero	10 a 15	24,13 y 30,5	10,16 a 14	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	11,2 y 16,2
		Lamina de acero	7 a 9	15	10	Sobrepuesto	2,4	7 y 8,5
	Con base metálica Para empotrarse	Concreto (ligero)	6 y 7,5	15	10	Con pedestal	2,4	8 y 14
		Concreto (normal)	7 a 13	23,1 y 30	15	Empotrado	2,4	7 y 8,5
		Concreto (normal)	8 y 7,5	15 y 16,3	10	Empotrado	2,4	8 y 14
		Concreto (normal)	7 a 13	23,1 y 30	15	Empotrado	2,4	8 y 14
		Concreto (normal)	7 a 13	23,1 y 30	15	Empotrado	2,4	8 y 14
PIRATA DE PIRATA	Tapas de platos Circulares	Lamina de acero	7	15,2	5,1	Sobrepuesto	Sm	7
		Lamina de acero	4 y 7,5	15,25	10,16	Sobrepuesto	Sm	4 y 7,5
		Lamina de acero	8 y 17	16,51 y 26,67	10,6 a 15,25	Sobrepuesto	Sm	8 y 17
		Lamina de acero	3 y 9	15	5	Sobrepuesto	Sm	3 y 9
		Lamina de acero	5 y 7	15,24	7,62	Sobrepuesto	Sm	5 y 7
	Ajustado para el uso Anet Cuadrado Recto rectangular Tubos rectos para maleo sin registro	Lamina de acero	7,5 a 9	18,73	8,9	Sobrepuesto	Sm	7,5 a 9
		Lamina de acero	4,5	13	5,1	Sobrepuesto	Sm	4,5
		Lamina de acero	12	28	N.R.	Sm	12	
		Lamina de acero	4,5 y 5	N.R.	7,62	Con pedestal	Sm	4,5 y 5
		Lamina de acero	4 y 5	16,2	10,16	Sobrepuesto	Sm	4 y 5
Lamina de acero	5,5 a 6,5	10,16	7,62	Sobrepuesto	Sm	5,5 a 6,5		
OCTAGONAL	Cónico para maleo con y sin registro	Lamina de acero	4 y 4,5	11,8	6,35	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	5,2 y 5,7
		Lamina de acero	6 y 7	15,8	7,62	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,2 y 6,7
		Lamina de acero	7,5 y 9,5	19	8,9	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,7 y 10,7
		Lamina de acero	10 y 10,5	23,1	10,16	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	11,2 y 11,7
	Tipo Emergente Cónico Para el uso con y sin registro	Lamina de acero	6 y 9	27,7	N.R.	Con pedestal	1,8 x 2,4	6,5 a 8,5
		Lamina de acero	6 y 7	15,6	7,62	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	7,2 y 8,2
		Lamina de acero	7,5 y 9,5	19	8,9	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,7 y 10,7
		Lamina de acero	10 y 10,5	23,1	10,16	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	11,2 y 11,7
	Recto con y sin pedestal	Lamina de acero	7 y 8	N.R.	N.R.	Con pedestal	2,4	7,5 a 8,6
		Lamina de acero	7 y 8	10	10	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	8 y 8
Almuerzo Con base metálica Para empotrarse	Concreto (ligero)	6,5 y 10,5	21 y 24,5	13,5	Con pedestal	2,4	9,5 y 11,5	
	Concreto (normal)	7 y 13	25 y 35	15	Con pedestal	2,4	8 y 14	
	Concreto (ligero)	8,5 y 10,5	21 y 24,5	13,5	Empotrado	2,4	9,5 y 11,5	
	Concreto (normal)	7 y 13	25 y 35	15	Empotrado	2,4	8 y 14	

TIPO	MOJISTO	MATERIAL	ALTURA (m)	DIAMETRO BASE (cm)	DIAMETRO CORONA (cm)	MONTEJE	LONGITUD BRAZO (m)	ALTURA MONTEJE (m)
CIRCULAR	Cónico tipo chimenea Luzado para reflectores	Lamina de acero	N.R.	19	N.R.	Con pedestal	1,8 y 2,4	N.R.
		Lamina de acero	6 y 10,5	19	9	Sobrepuesto	1,8 y 2,4	6 y 10,5
		Lamina de acero	12 y 21	25 y 40	10	Sobrepuesto	1,8 y 2,4	12 y 21
		Lamina de acero	12 y 18	30 y 36	18	Sobrepuesto	1,8 y 2,4	12 y 18
		Lamina de acero	24 y 30	40 y 48	30	Sobrepuesto	1,8 y 2,4	24 y 30
	Francisco Recto sin pedestal Recto con pedestal Reducido para adopción sin pedestal Reducido para adopción con pedestal Cónico para un brazo sin registro Cónico para niple	Lamina de acero	10,3 y 14,7	25,8 y 32,7	12	Empotrado	1,8 y 2,4	N.R.
		Lamina de acero	6,5 y 8	N.R.	N.R.	Sobrepuesto	2,4	7,5 a 8,6
		Lamina de acero	8,5 y 8	N.R.	N.R.	Con pedestal	2,4	8 y 9,1
		Lamina de acero	4 y 5,8	N.R.	N.R.	Sobrepuesto	2,4	4,5 y 6
		Lamina de acero	6 y 7,5	14	N.R.	Sobrepuesto	2,4	6,5 y 8
Lamina de acero	4 y 6,5	N.R.	N.R.	Con pedestal	2,4	5 y 6,5		
Lamina de acero	6 y 7,5	N.R.	N.R.	Con pedestal	2,4	7 y 8,6		
Lamina de acero	7 y 8	10	10	Sobrepuesto	1,8 y 2,5	8 y 8		
Lamina de acero	6 y 9,5	15,8 y 19	7,6 y 8,9	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,2 y 10,7		
Lamina de acero	10 y 10,5	23,1	10,1	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	11,2 y 11,7		
Lamina de acero	4 y 7	11,8 y 15,8	6,35 y 7,6	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	5,2 y 8,2		
Lamina de acero	7,5 y 9,5	19	8,9	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,7 y 10,7		
Lamina de acero	10 y 12	23,1	10,18	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	11,2 y 13,2		
Lamina de acero	15	30	14	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	16,2		
LATIGO	Forma parabólica Cónico tipo olímpico Cónico sin pedestal Cónico circular para el uso sin registro Cónico circular para maleo sin registro	Lamina de acero	8 y 8	N.R.	N.R.	Sobrepuesto	1,8 x 2,8	6 y 8
		Lamina de acero	5,3 y 7,3	15	4,5 y 6,9	Con pedestal	1,6 x 2,15	7 y 8
		Lamina de acero	7 y 8	N.R.	7,6 y 8,9	Sobrepuesto	1,8 y 2,4	7 y 8
		Lamina de acero	7 y 9,5	15,8 y 19	7,6 y 8,9	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,2 y 10,7
		Lamina de acero	10,5 y 12	23,1	10,18	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	11,2 y 13,2
	Cuadrado tipo olímpico Octagonal sin pedestal	Lamina de acero	4 y 7	11,8 y 15,6	6,35 y 7,6	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	5,2 y 8,2
		Lamina de acero	7,5 y 9,5	19	8,9	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	6,7 y 10,7
		Lamina de acero	10 y 15	23,1 y 30	10,16 y 13,4	Sobrepuesto	1,8 x 2,5	11,2 y 16,2
		Lamina de acero	5,3 y 7,3	27	4,5 y 6,9	Con pedestal	1,8 y 2,4	7 y 8
		Lamina de acero	7 y 8	N.R.	N.R.	Sobrepuesto	1,8 y 2,4	7 y 8
HEXAGONAL	Cónico para niple	Lamina de acero	4 y 4,5	11,43	6,35	Sobrepuesto	1,8 y 2,5	5,2 y 5,7
		Lamina de acero	5 y 6	15,24	7,62	Sobrepuesto	1,8 y 2,5	6,2 y 7,2

Altura de montaje - Altura sin pedestal longitud del brazo de acero el ángulo en que se fijan al pedestal  
N.R. = No representado en el dibujo

Fig. 3.34

### 3.5.5. POSTES DE LA RED ELECTRICA

Tanto desde el punto de vista económico como estético, es conveniente usar los postes de la red eléctrica para soportar luminarias para alumbrado público, como se aprecia en la fig. No. 3.35.

Desde el punto de vista estético, al disminuir el número de postes se reducen los obstáculos al paisaje urbano.

Desde el punto de vista económico, la inversión inicial disminuye por:

- a) No se requiere de postes ni de su instalación
- b) No se requiere la red subterránea ni la obra civil (excavaciones, ductos, registros, etc.)
- c) En caso de instalarse una red aérea de alimentación exclusiva para el servicio de alumbrado público, el costo de los conductores se reduce al usarse desnudos y de longitud menor.

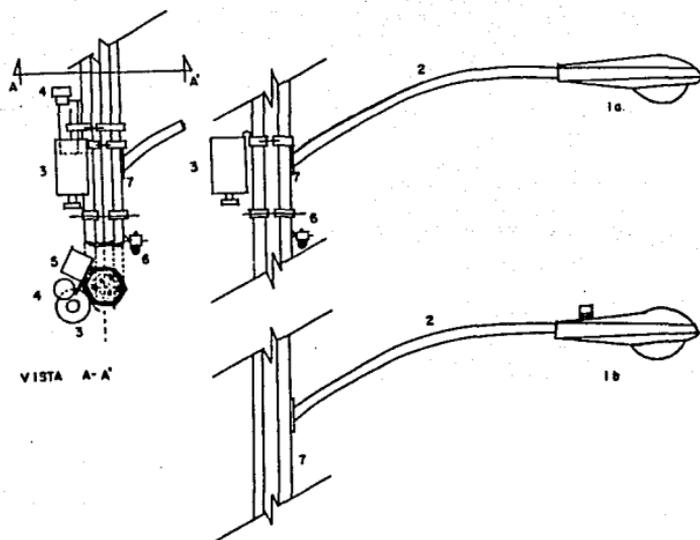
Por otra parte la inversión aumenta por:

- a) La posibilidad de instalar controles de encendido y apagado para cada lámpara.
- b) La posibilidad de requerir que algunas operaciones de montaje y/o mantenimiento tengan que ser realizadas por la empresa suministradora.

Obviamente, esta solución sólo se puede considerar en aquellos casos en que la red eléctrica sea del tipo aéreo.

### 3.5.6. MONTAJE DE LAS LUMINARIAS

La mayoría de las luminarias decorativas pueden montarse direc--



A) MONTAJE DE LUMINARIA CON BALASTRO Y FOTOCONTROL.  
REMOTOS EN POSTE DE CFE

B) MONTAJE DE LUMINARIA AUTOBALASTRADA EN POSTE CFE

1a- LUMINARIA

1b- LUMINARIA AUTOBALASTRADA

2- BRAZO

3- REACTOR REMOTO

4- FOTOCONTROL

5- INTERRUPTOR

6- LINEA DE ALIMENTACION

7- POSTE DE CONCRETO

FIG- 3.35

tamente sobre un poste de 3 a 6 mts., de alto con el adaptador - con el que vienen provistas. Para montar luminarias en postes - de 5 a 18 mts., se utiliza una espiga, el tamaño de la espiga va ría de 5.8 cm. a 10 cm., dependiendo del número de luminarias -- que se van a montar, del peso y de su area proyectada. Con postes de aluminio se puede usar una placa cuadrada de montaje para instalar dos o cuatro luminarias.

Las luminarias para caminos se montan sobre postes de 3 a 18 mts. de alto. Estas luminarias generalmente se fijan a brazos de 1.2 mts., o más de largo, unidos al poste mediante pernos o un adaptador simplex. Se acostumbra soldar de uno a cuatro adaptadores al remate del poste para montar un número igual de luminarias. - Los postes para luminarias de caminos vienen provistos con sus propios brazos, cuya longitud debe especificarse al hacerse el pedido.

Las luminarias para caminos sencillos también pueden montarse -- con pescantes. Un extremo del pescante se fija a la parte superior del poste y en el otro se fija la luminaria.

Las luminarias de poste elevado deben montarse de tal manera que pueden ser subidas y bajadas mediante algún dispositivo para dar les servicio de mantenimiento. Para esto se requiere que el peso de la luminaria esté distribuido uniformemente alrededor del anillo de montaje.

Por esta razón, las luminarias generalmente se montan en un patrón circular.

Sobre los postes elevados, las luminarias también se pueden fijar a brazos que se extiendan desde el anillo central, pero debe distribuirse bien el peso a su alrededor.

#### RESISTENCIA DE LOS POSTES.

Un poste para iluminación debe ser capaz de soportar el peso del equipo que se colocará sobre él, así como la fuerza de los vientos prevalecientes en la zona en donde se erijan. Por lo tanto, no debe hacerse una elección definitiva hasta que se hayan evaluado estos factores.

#### PESO Y AREA PROYECTADA EFECTIVA.

La fuerza con la que el viento actúa sobre un objeto se determina multiplicando el área proyectada del objeto, su coeficiente de resistencia está relacionado directamente con la forma aerodinámica del objeto, la cual puede afectar la fuerza del viento -- hasta 300 ó 400 por ciento.

Al multiplicar el área proyectada de una luminaria por su coeficiente de resistencia, se obtiene el área proyectada efectiva -- (APE), de la luminaria. Casi todos los fabricantes de luminarias publican las especificaciones APE para sus productos.

El APE de los travesaños, cables y letreros sostenidos por el -- poste debe sumarse al APE de las luminarias. El peso de estos -- objetos, así como el de la luminaria se suma también para calcular el peso total que soportará el poste.

Los fabricantes de luminarias y postes publican tablas en las -- que se indica la velocidad máxima de viento que pueden resistir -- las diferentes combinaciones de modelo y altura de poste, número de brazos, peso y APE.

### 3.6 EQUIPOS DE CONTROL Y PROTECCION

#### 3.6.1. FOTOCONTROLES

Son dispositivos sensibles a la luz natural, por lo que permiten encender y apagar las lámparas de un sistema de alumbrado público cuando se alcanza un nivel de iluminación natural prefijado.

El fotocontrol puede tener incorporados circuitos o elementos -- que le permitan complementar su operación:

- Ajuste de los límites de operación en función de la iluminación natural.
- Retardos en la operación para evitar operaciones indebidas por la influencia de la luz proveniente de fanales de automóviles, rayos, oscurecimiento temporal por nubes espesas, etc.

**FUNCIONAMIENTO.** El fotocontrol se ajusta a un valor tal que opere a valores cercanos a los obtenidos para el trazo de la curva astronómica del lugar.

La luz del sol no empieza en el momento mismo de salir el sol ni se apaga subitamente cuando se pone. Así, al orto y ocaso del sol precede y antepone una iluminación variable por momento, denominada crepúsculo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede trazar la curva de este comportamiento durante el año; a esto se le denomina curva astronómica, ver fig. No. 3.36

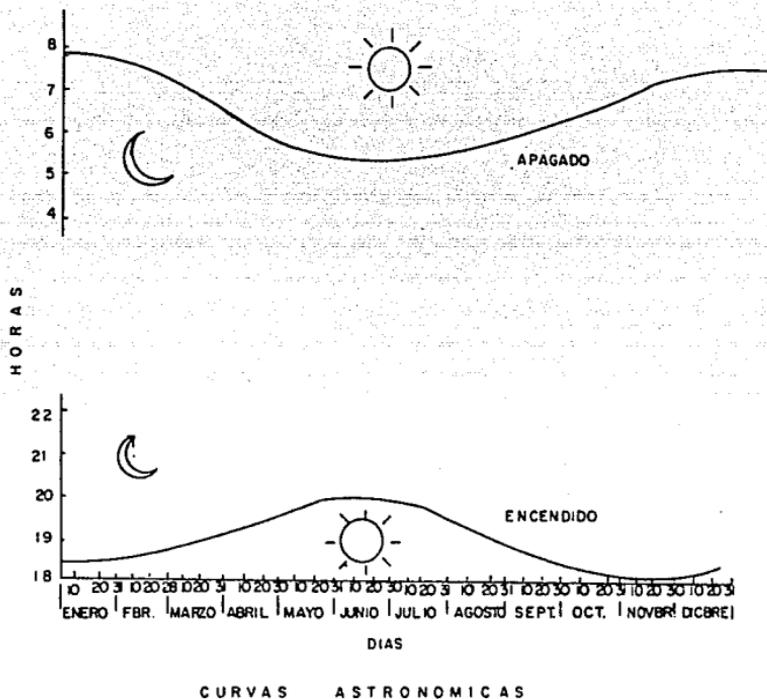


FIG. N° 3.36

Existen tres tipos de fotocontroles:

- Fotoconductores que funciona por el efecto de la luz sobre el valor de la resistencia de determinados elementos, como el selenio y el sulfuro de cadmio.
- Autogeneradores en los cuales se produce una pequeña diferencia de potencial entre sus bornes - cuando el elemento sensible es iluminado, como - el selenio y óxido de cobre.
- Fotoemisores en los cuales el cátodo emite electrones al iluminarse, utilizando para ello litio o sodio.

Todos los fotocontroles tienen el inconveniente de que con el - transcurso del tiempo se van insensibilizando, por lo cual deben sustituirse o regularse periódicamente (este periodo puede estar comprendido entre dos y cinco años).

El fotocontrol se debe situar normalmente en el centro de mano - de la instalación, en tal forma que sólo pueda recibir luz diurna; orientado hacia el norte, cuidando que no incida sobre él la luz producida por las lámparas que controla o alguna otra fuente. El fotocontrol también puede instalarse en la parte superior de la luminaria si ésta está diseñada para dicho objetivo.

Es necesario hacer resaltar que dada la velocidad con que varía la iluminancia en los momentos en que se enciende o apaga el alumbrado, no tiene importancia decisiva la localización del foto control, siempre que se tomen las medidas necesarias para que no incida sobre él luz artificial.

Un mismo fotocontrol puede accionar diversos centros de mando, - aunque es conveniente que los circuitos correspondan a características similares.

En la figura No. 3.37, se representa físicamente un fotocontrol y un esquema típico.

#### CARACTERISTICAS DE SELECCION

- 1.- CONTACTOS: Deberán estar protegidos en el interior del foto control, se suministran para una potencia entre 1,000 y -- 2,000 W., dependiendo de la utilización, con acción intantánea de cierre para evitar cualquier posibilidad de cebado -- del arco o chisporroteo.
- 2.- TIEMPO DE RETARDO: Deberá tener un tiempo de retardo entre 10 y 50 seg. en el accionamiento del fotocontrol, con el fin de evitar que éste funcione debido a una luz momentánea o a un ensombrecimiento.
- 3.- ORIENTACION DIRECCIONAL: Para que la máxima respuesta se al cance colocando el fotocontrol hacia el norte (no todas las fotoceldas la requieren).
- 4.- NIVEL DE AJUSTE: Los fotocontroles se suministran con el -- objeto realizado en fábrica, que puede variar entre 10 y 45-luxes al encender, pero lo importante es verificar que con--serven la relación entre el encendido y apagado de 1 a 3.

La tabla presenta los diferentes valores característicos dispo--nibles en el mercado. Fig. 3.38

## FOTOCONTROL



## DIAGRAMA BASICO DE CONEXION

- 1 - CHISPEADOR
- 2 - RDV (REGULADOR DE VOLTAJE)
- 3 - RESISTENCIA LIMITADA
- 4 - FOTOCELULA
- 5 - BOBINA RELEVADOR
- 6 - CONTACTO DE OPERACION
- 7 - TERMINALES EXTERNAS

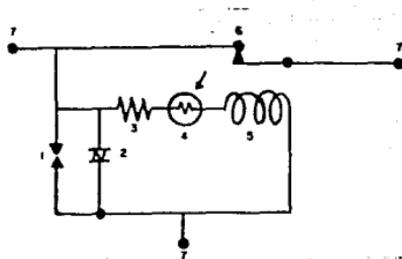


FIG. N° 3.37

Calibración nominal, relación encendido-apagado y consumo propio de los fotocontroles nacionales

Tensión de operación, en volts	Calibración nominal, en luxes	Relación encendido apagado	Consumo propio, en watts
127	10.767	1:3	1.5
127	15 ± 20%	< 1:5	0.6
220	10.767	1:3	1.5
220	15 ± 20%	< 1:5	1.5
105 - 130	45	1:3	s/d
100 - 280	15 ± 20%	< 1:5	s/d
105 - 285	21.5	s/d	0.3
208 - 277	45	1:3	s/d
440	10.767	1:3	1.5

FIG. N° 3.38

### 3.6.2. RELOJES

El contactor puede ser accionado por medio de relojes de diversas características.

En el alumbrado público se deben utilizar los de operación electrónica. Con reglaje astronómico, varían diariamente, en forma automática y continua, la hora en que efectúan el enganche y desenganche del alumbrado, realizando esta operación a lo largo del año en el momento en que se indica en la curva astronómica es necesario ajustar a las curvas astronómicas la hora a la cual accionan el apagado y encendido de la instalación de alumbrado; este ajuste debe efectuarse en periodos comprendidos entre 10 y 20 -- días como máximo, lo que hace resaltar el problema y costo de esta operación y justifica ampliamente que no se utilicen en alumbrado público los interruptores horarios sin reglaje astronómico.

Cuando se interrumpe la corriente, es necesario que el reloj continúe funcionando, lo que se logra con un dispositivo de resorte para mantener el control. El resorte reserva debe enrollar eléctrica y automáticamente al retornar la corriente, sin necesidad de enrollamiento manual.

### 3.6.3. INTERRUPTORES

Los interruptores son aparatos que sirven para interrumpir una corriente eléctrica, con objeto de proteger los equipos que se instalan a continuación de ellos, de sobrecorrientes que puddieran presentarse en las líneas de alimentación.

Para alumbrado público, se utilizan interruptores de navajas con fusibles, o termomagnéticos.

Al encontrarse normalmente a la intemperie, se utilizan cajas o gabinetes con denominación NEMA 3R, los cuales son a prueba de lluvia, ya que fueron diseñados para usarse en exteriores y para proteger al equipo que encierran contra precipitaciones pluviales; al mismo tiempo son resistentes a la corrosión ocasionada por la humedad.

En la fig. No. 3.39 y fig. 3.40, se muestran las características eléctricas de los interruptores, así como también su aspecto físico.

a) *Interruptores de navajas con fusibles*

Las capacidades en las que se fabrica este tipo de interruptor son:

<u>Capacidad, en amperes</u>	<u>Fusible tipo</u>	<u>Número de polos</u>	<u>Tensión, en C.A.</u>	<u>Gabinete Nema</u>
30	Tapón	2	240	3R
30	Tapón	3	240	3R
30	Tapón	2	240	3R
30	Cartucho	3	240	3R
60	Cartucho	2	240	3R
60	Cartucho	3	240	3R
100	Cartucho	3	240	3R
200	Cartucho	3	240	3R

b) *Interruptores termomagnéticos en gabinete*

Se pueden conseguir de las siguientes capacidades:

<u>Capacidad, en amperes</u>	<u>Número de polos</u>	<u>Tensión, en C. A.</u>	<u>Gabinete Nema</u>
15	1	120	3R
15	2	240	3R
15	3	240	3R
15	3	600	3R
20	1	120	3R
20	2	240	3R
20	3	240	3R
20	3	600	3R
30	1	120	3R
30	2	240	3R
30	3	240	3R
30	3	600	3R
40	1	120	3R
40	2	240	3R
40	3	240	3R
40	3	600	3R
50	1	120	3R
50	2	240	3R
50	3	240	3R
50	3	600	3R
70	2	240	3R
70	3	240	3R
70	3	600	3R
100	2	240	3R
100	3	240	3R
100	3	600	3R

INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO  
EN GABINETE

INTERRUPTOR DE NAVAJAS  
CON FUSIBLE

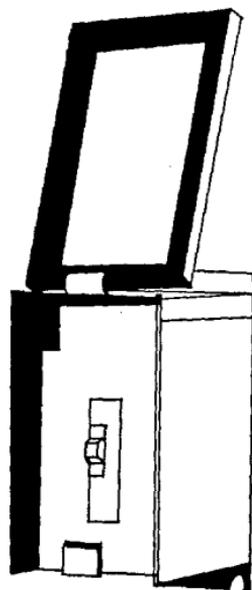
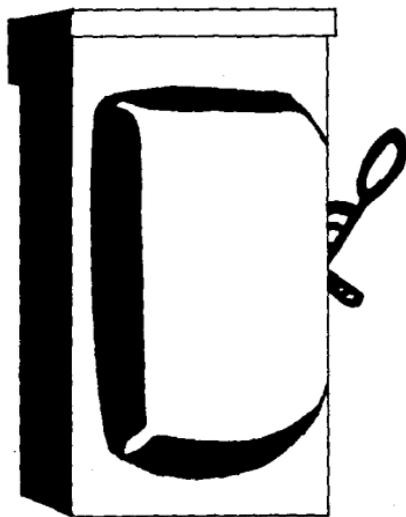


FIG. Nº 3-40

## CAPITULO IV

## PROYECTO ELECTRICO

## 4.1. INSTALACION ELECTRICA

La instalación eléctrica de un proyecto de sistema de "Alumbrado - Público" contempla varias etapas en su desarrollo, las cuales son:

- 4.1.1. El control de encendido
- 4.1.2. Alimentación
- 4.1.3. Selección de conductores
- 4.1.4. Medios de canalización
- 4.1.5. Medios de protección
- 4.1.6. Métodos de medición

Estas etapas las vamos a desarrollar ó describir para una mejor -- comprensión de las mismas y resaltar su importancia en el diseño -- de un sistema de "Alumbrado Público".

## 4.1.1. CONTROL DE ENCENDIDO

El control de encendido es un factor fundamental en la operación -- de los sistemas de "Alumbrado Público", pues repercute en el impor -- te de la energía eléctrica que se consume; de ahí la imprescindi -- ble necesidad de emplear sistemas de encendido - apagado adecua -- dos, que permitan que se opere el sistema oportunamente.

Se considera que el encendido y el apagado de una instalación de alumbrado público debe realizarse cuando la iluminancia producida por la luz solar sea igual ó ligeramente superior al nivel medio que proporciona la iluminación artificial.

Un mal funcionamiento ó diseño del sistema de control repercute - en los costos de operación y en el servicio que se presta, ocasionando disminución en la vida del equipo ó en los niveles de iluminación, a causa de tener luminarias apagadas ó encendidas fuera - de su horario de utilización.

La selección del método de control es función de los recursos y - objetivos que se fijan al diseñar un sistema de alumbrado público y se desarrolla mediante un análisis comparativo de los equipos - que reúnen las mismas características técnicas para elegir aquel - que garantice un índice de fallas mínimo.

Otros aspectos a considerar son las técnicas de utilización del - equipo. Pueden instrumentarse políticas de reducción del consumo de energía mediante sistemas que permitan desconectar durante la noche, en un tiempo programable, uno ó varios circuitos en forma - alternada; apagar luminarias en forma individual a determinada -- hora ó reducir la intensidad de la fuente luminosa.

El control de un sistema de alumbrado público puede clasificarse según su forma de conexión ó de operación.

Por su forma de conexión puede ser individual ó en grupos y por - su forma de operación puede ser manual ó automática.

#### 4.1.1.1. CONTROL INDIVIDUAL

Este control se logra por medio de un interruptor manual ó un fotocontrol montado en la misma luminaria ó en el poste. Este tipo de control se utiliza cuando las luminarias estan montadas en los postes de la compañía suministradora y solo tienen que conectarse a los circuitos secundarios de la red de alimentación.

#### 4.1.1.2. CONTROL POR GRUPO

Se utiliza un fotocontrol, reloj ó interruptor para operar una -- combinación para alumbrado que energiza el circuito que alimenta un grupo de luminarias.

#### 4.1.1.3. CONTROL MANUAL

El encendido y apagado del alumbrado se realiza en forma manual -- por medio de interruptores.

Los factores que originan su adopción son variables:

- 1.- Se ~~adota~~ adopta en comunidades de escasos recursos, normalmente se emplea para control de lámparas incandescentes y en menor frecuencia para circuitos en los que las lámparas requieren de balastro ó reactor.
- 2.- Cuando las condiciones ambientales son muy severas y propician frecuentes fallas en los fotocontroles ó relojes, como es el caso de las ciudades en las que las condiciones atmosféricas, tales como humedad, contaminación y temperatura que imperan, son -- extremas.

#### 4.1.1.3.1 OPERACION MANUAL INDIVIDUAL

Se define como encendido manual individual a la operación de una sola luminaria con un interruptor.

No es aconsejable en ningún caso realizar en forma manual individual el apagado y el encendido de las instalaciones de alumbrado público, ya que la operación es siempre cara, pues exige la utilización de mucha mano de obra.

Existen varias alternativas para operación manual individual, las cuales se muestran en las figuras No. 4.1 y No. 4.2

#### CRITERIO DE SELECCION:

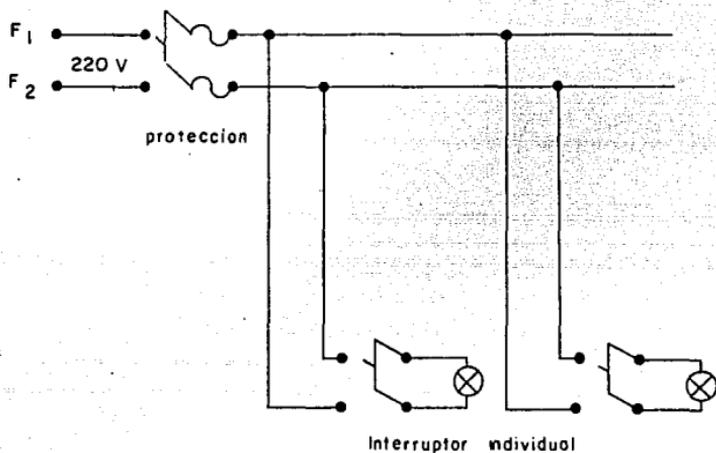
- 1º.- Cuando el costo de un circuito de encendido para un conjunto de luminarias exceda la capacidad económica del municipio.
- 2º.- Cuando la red de alimentación pase cerca de la luminaria en cuestión.
- 3º.- Cuando la luminaria esta montada en postes de la compañía suministradora de energía.
- 4º.- Cuando la tarea visual a efectuar obligue un encendido a horas irregulares.

#### 4.1.1.3.2. OPERACION MANUAL POR GRUPOS

Los circuitos para encendido están constituidos por grupos de -- lámparas que son controlados por un interruptor.

## OPERACION MANUAL INDIVIDUAL PROTECCION EN GRUPO

a) PARA REDES DE 220 V (bifasicas)



b) PARA REDES DE 127 V (monofasicas)

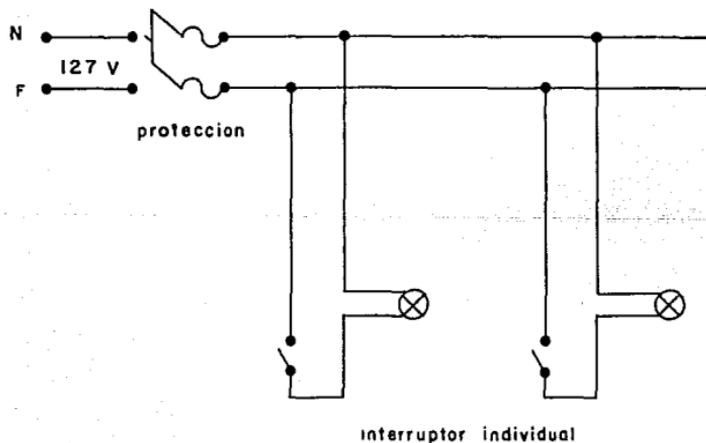


FIG. Nº 4.1

## OPERACION MANUAL INDIVIDUAL PROTECCION INDIVIDUAL

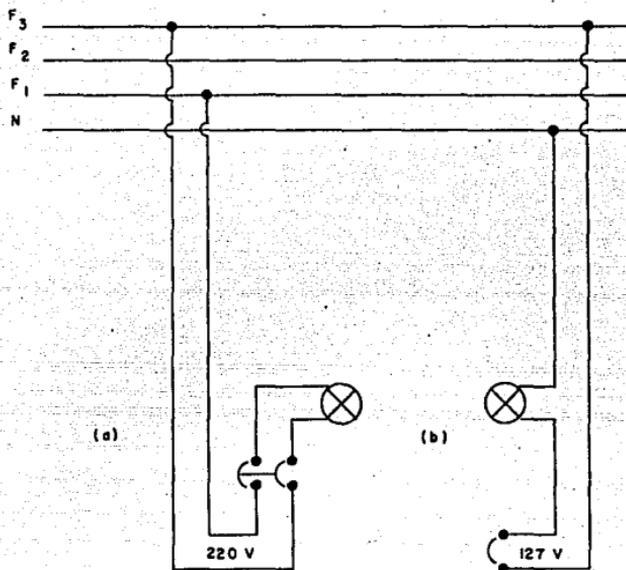


FIG. Nº 4.2

## OPERACION MANUAL POR GRUPOS

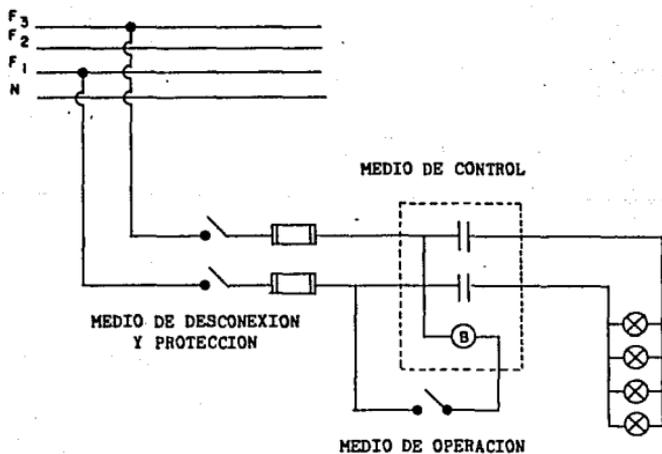


FIG. Nº 4.3

Esta forma de operación reduce considerablemente el número de interruptores y, por lo tanto, agiliza el encendido de un sistema de alumbrado público, un esquema típico se muestra en la figura No. 4.3.

#### 4.1.1.4. OPERACION AUTOMATICA

La operación de encendido y apagado se efectúa en forma independiente a la acción de un operador, efectuándose por medio de dispositivos accionados por relojes ó por la luz ambiente, tales como fotocontroles, relojes, etc., que se describirán a continuación:

##### 4.1.1.4.1. FOTOCONTROLES

Es un dispositivo electrónico sensible a la luz, capaz de abrir ó cerrar un circuito eléctrico como resultado de la acción de la cantidad de energía luminosa que recibe; la operación de este dispositivo podrá actuar sobre una ó varias lámparas y se situará de tal forma que solo pueda recibir la luz natural. Se debe de tener cuidado de que no incida sobre ella la luz producida por las lámparas que controla. Observar Fig. No. 4.4 y 4.5.

##### 4.1.1.4.2. INTERRUPTORES DE TIEMPO Ó RELOJES

Un interruptor de tiempo es un dispositivo que acoplado a un reloj puede abrir ó cerrar un circuito a una hora determinada que ha sido prefijada. Mediante una adecuada programación a la hora de encendido y apagado de la instalación, puede lograrse también

## ENCENDIDO INDIVIDUAL POR FOTOCONTROL

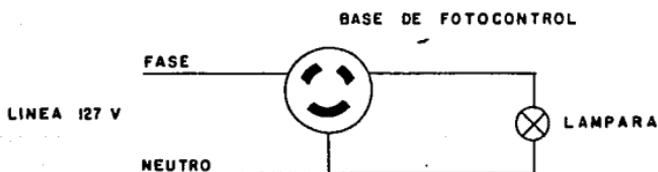


FIG. N° 4.4

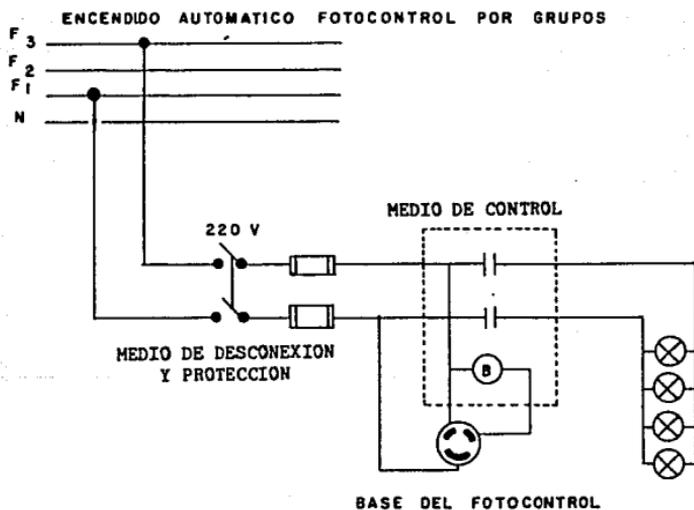


FIG. N° 4.5

una operación automática; sin embargo, la programación escogida - debe ajustarse en cada estación del año, tomando en consideración el cambio de nivel luminoso solar.

#### 4.1.1.5. OPERACION A CONSUMO REDUCIDO

La tarea visual a efectuar en una vía pública, en la mayoría de - los casos varía a lo largo de la noche en tal forma que los niveles lumínicos y la uniformidad pueden ser distintos a diversas horas; durante la noche, normalmente, los niveles más altos de iluminación se requieren durante el inicio y transcurso de la hora - "pico", en que el número de vehículos y peatones que transitan por las calles es mayor; pero a altas horas de la noche no se justifican niveles elevados pudiéndose reducir y emplear un alumbrado de seguridad. Si se utiliza el alumbrado reducido, debe conseguirse una uniformidad de iluminación suficiente y respetar las exigen- cias impuestas por los puntos especiales de las vías (cruces de - peatones, curvas, intersecciones).

El apagar un punto de luz de cada dos sólo es admisible, en principio, cuando la relación distancia interpostal y altura de montaje mantenga los niveles de uniformidad dentro del intervalo que - se considere adecuado.

Otra alternativa se tiene con las luminarias colocadas a tresbolillo, pudiéndose apagar un lado de la calle, al igual que en las - que tienen distribución opuesta.

El alumbrado público es aconsejable emplearlo después de la media noche, para lo cual pueden emplearse distintos tipos de control:

- 1.- Fotocontroles con contador de tiempo incorporado en la misma-

unidad.

**FUNCIONAMIENTO:** Al anochecer, el circuito fotosensible cierra el circuito, lo cual provoca dos acciones:

- a).- La carga se enciende.
- b).- Un contador electrónico inicia, desde cero, un conteo programado ( 5 ó 6 horas ), ó cualquier otro tiempo. Después del tiempo programado, el contador toma el control y apaga la carga. Al amanecer, el circuito fotosensible toma el control y se inicia un nuevo ciclo.

## 2.- INTERRUPTORES PROGRAMABLES PARA UNO ó VARIOS CIRCUITOS.

**FUNCIONAMIENTO:** El control automático enciende por medio de fotocontrol los circuitos programados y, en ese momento, empieza a funcionar un contador programado a un tiempo prefijado, al transcurrir éste, desconecta uno de los circuitos y deja el otro operando hasta el amanecer. A la noche siguiente se repite la secuencia, sólo que se apaga el circuito opuesto.

## 3.- RELOJES HORARIOS.

El funcionamiento básicamente es el mismo que el anterior, -- con la diferencia de que se requiere un reloj para cada circuito que se desea apagar.

## 4.- BALASTROS CON POTENCIA VARIABLE.

Mediante balastros cuya potencia sea variable, (300 a 400 w), se logra con una misma lámpara dos niveles diferentes de iluminación y consumo; es necesario cuidar con este tipo de equipo, que el factor de potencia se encuentre dentro de los límites permisibles. Para su operación se requiere un hilo piloto.

to y un control de tiempo que a una hora programada varíe la potencia de los balastos, lográndose así una operación a intensidad reducida.

Las combinaciones con este tipo de equipos quedan limitadas a la imaginación del diseñador.

#### 4.1.2. ALIMENTACION

La conexión de la alimentación de un sistema de alumbrado público puede realizarse en dos formas distintas:

- a).- Alta tensión.
- b).- Baja tensión.

Las cuales explicaremos a continuación para una mayor comprensión:

##### 4.1.2.1. ALIMENTACION EN ALTA TENSION

La diferencia fundamental al conectar el sistema en alta tensión, consiste en que el transformador de distribución es del sistema de alumbrado público y no de la compañía suministradora; las ventajas que esto representa, son:

- 1.- Un costo más bajo de la energía consumida, ya que la tarifa es menor.
- 2.- Facilidad de medir el consumo en forma directa.
- 3.- Una mejor regulación, ya que los transformadores se usan sólo para el sistema.

Sin embargo, es necesario determinar si el ahorro compensa en un tiempo razonable la mayor inversión inicial, representada por el transformador y su equipo asociado. La regulación es buena ya que

Las variaciones de tensión son mínimas, pues la carga del transformador queda exclusivamente reservada para alumbrado público, - la que es constante.

La ventaja de tener una buena regulación repercute en la vida del equipo, el que trabaja en mejores condiciones, obteniéndose por - tanto beneficios adicionales en el aspecto de operación y mantenimiento. Es posible además, utilizar balastos más sencillos y, - por lo tanto, más económicos, del tipo reactor.

Por lo que respecta al control de encendido, el primario del - - transformador está directamente conectado al circuito de alimentación, efectuando la operación de cierre por medio de un relevador múltiple ó contactor localizado entre las terminales del secundario del transformador y el circuito de lámparas.

Otra manera de control, es aquella en que el secundario del transormador está directamente conectado al circuito de las lámparas- y la operación de cierre es hecha por medio de un interruptor conectado al lado primario del transformador. En la fig. No. 4.6 - se muestra la alimentación de un sistema de alumbrado en alta tensión.

#### ALIMENTACION EN ALTA TENSION

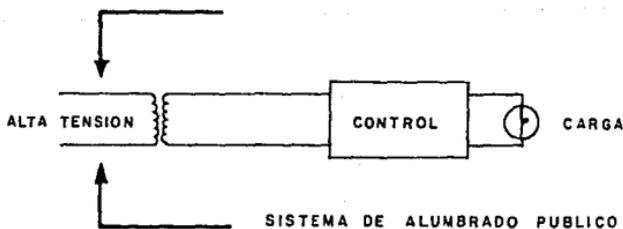


FIG. N° 4.6

#### 4.1.2.2. ALIMENTACION EN BAJA TENSION

Al conectarse la alimentación del sistema de alumbrado al secundario de los transformadores de distribución, éstos no son destina--dos exclusivamente al alumbrado público y se aprovechan los exis--tentes de la red de distribución.

Los transformadores pueden ser monofásicos o trifásicos, de acue--do con las condiciones del sistema de distribución local.

La regulación de este tipo de conexión no es muy buena, en espe--cial a horas pico, pues como el alumbrado comparte la carga del -transformador, pueden existir variaciones de tensión que originen que la potencia de las lámparas disminuya y ocasionalmente lle--guen a apagarse.

Por lo que respecta al control de encendido puede ser cualquiera--de los tipos descritos anteriormente, al inicio de este capítulo. En la fig. No. 4.7, se muestra la alimentación de un sistema de -alumbrado público, en baja tensión.

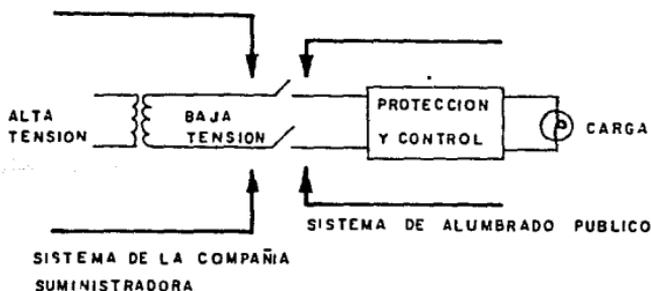


FIG N° 4.7

#### 4.1.2.3. FACTOR DE POTENCIA

Cuando se emplean lámparas de vapor de mercurio, sódio, aditivos-metálicos ó tubos fluorescentes, se compensará por medio de capacitores el factor de potencia, de manera que éste sea por lo menos de 0.85; la compensación puede hacerse individualmente, por grupos ó para la totalidad de las lámparas en alta ó baja tensión.

#### 4.1.2.4. CIRCUITOS DERIVADOS

La distribución de los sistemas de alumbrado público básicamente se hace por medio de dos tipos de circuitos derivados:

- Circuito múltiple ó paralelo.
- Circuito serie ó de corriente constante.

Los cuales describiremos a continuación:

##### 4.1.2.4.1. CIRCUITO MULTIPLE PARALELO

Consiste básicamente de un circuito paralelo y sus características corresponden a las de este tipo de circuito; la tensión aplicada a cada carga es función solamente de la regulación de los conductores y la corriente a lo largo del circuito es variable. Un esquema del circuito múltiple se muestra en la fig. No. 4.8

Los circuitos múltiples emplean lámparas de tensión constante.

#### V E N T A J A S

- 1.- Flexibilidad: Las cargas de alumbrado pueden conectarse a circuitos secundarios existentes, que alimentan otras cargas.

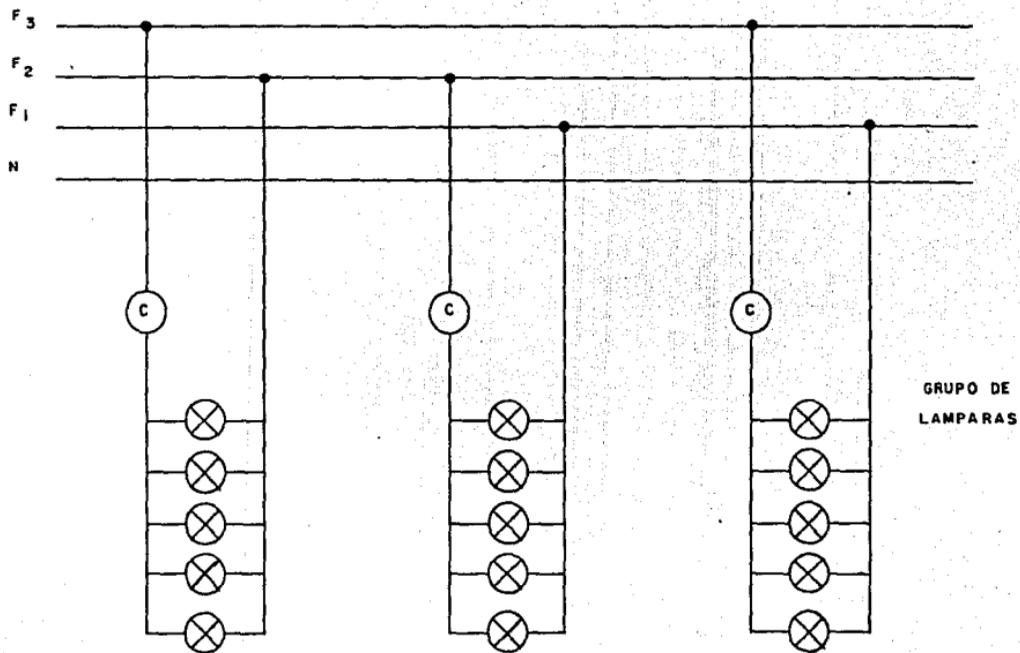
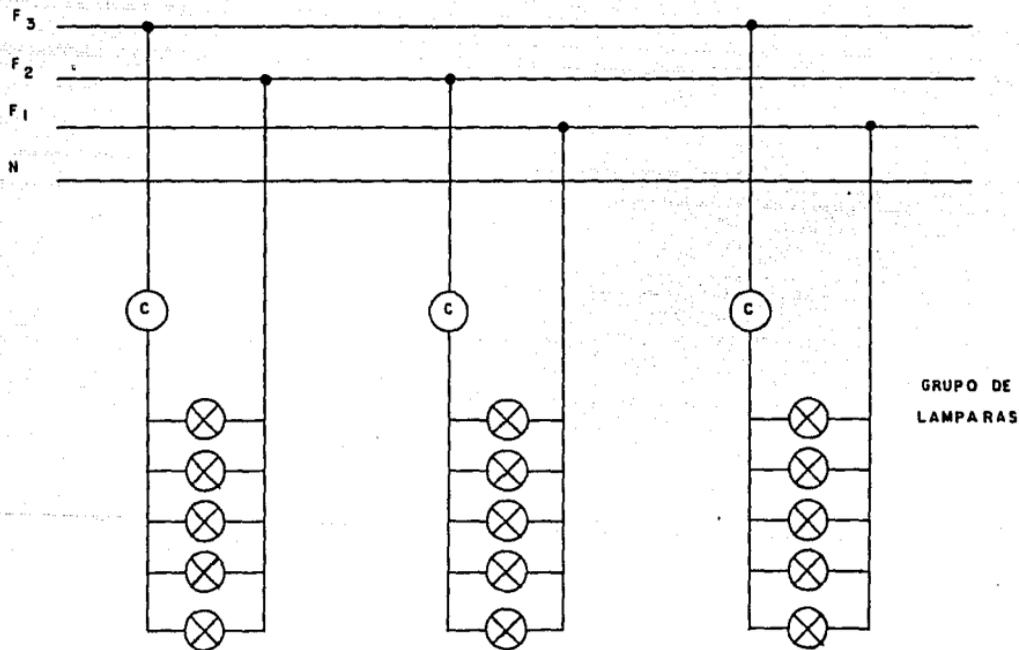


FIG. Nº 4.8



GRUPO DE  
LAMPARAS

FIG. Nº 4.8

- 2.- Bajo costo inicial: Requiere equipo relativamente barato; puede integrarse al sistema de distribución existente.
- 3.- Control simplificado y eficiente.
- 4.- Operación a baja tensión: Esto reduce los problemas de aislamiento obteniéndose mayor seguridad para su operación y mantenimiento.
- 5.- Confiabilidad: La falla de una lámpara no origina la falla del circuito.

#### DESVENTAJAS

- 1.- La longitud del circuito está limitada por la caída de tensión en la lámpara más alejada, máximo 3%; sección 202, artículo - 202.6, de las Normas Técnicas para instalaciones eléctricas.
- 2.- Sensible a fallas ajenas: La continuidad del servicio resulta afectada por fallas locales sobre los circuitos de carga, cuando el alumbrado está integrado a un secundario que alimenta a otras cargas.

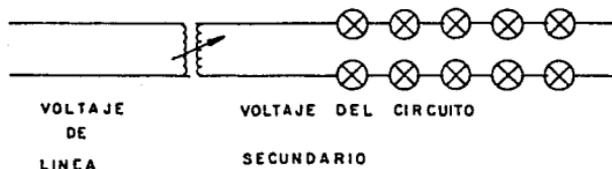
#### 4.1.2.4.2. CIRCUITO SERIE

Este circuito actualmente se encuentra en desuso, la tensión aplicada a cada lámpara es función de la lámpara misma y la corriente total del circuito es constante.

Es esencialmente un circuito primario de alta tensión (1000, 5000 V y en algunos casos más alto), lo que permite que una cantidad -

relativamente grande de energía pueda ser transmitida a largas -- distancias sobre conductores de calibre pequeño y con pérdidas pe queñas; esto elimina los problemas creados por la caída de ten-- sión en un sistema múltiple.

Un esquema del circuito serie se muestra en la fig. No. 4.9



#### CIRCUITO SERIE

FIG Nº 4.9

Como ya mencionamos, la corriente en el secundario es constante a través del sistema, fluyendo a través de todas las lámparas, mien tras la tensión a través del circuito serie es variable.

#### V E N T A J A S

- 1.- Sensibilidad a fallas externas: La continuidad del servicio normalmente no es afectada por fallas locales en los circuitos de distribución.

- 2.- Facilidad para ampliaciones en el sistema: La longitud del circuito es ilimitada, en tanto no se exceda la capacidad del transformador.

#### D E S V E N T A J A S

- 1.- Alto costo inicial: El costo del equipo es más alto.
- 2.- Carece de flexibilidad: No pueden conectarse cargas para servicio residencial ó de fuerza al circuito de alumbrado.
- 3.- Seguridad: En los transformadores de corriente constante, al quedar el secundario en circuito abierto, provocan que la tensión del secundario se incremente hasta convertirse en un potencial peligroso. Para prevenir esto, se usa un relé que desenergiza automáticamente el interruptor general, el cual desconecta el primario del transformador de corriente.
- 4.- Confiabilidad: La continuidad del servicio se afecta por las fallas de cada lámpara. Al fallar una lámpara, falla todo el circuito.

#### 4.1.3. SELECCION DE CONDUCTORES

Los conductores eléctricos de los sistemas de alumbrado deben cumplir con las siguientes condiciones fundamentales:

- 1.- Capacidad permisible, conductor suficiente
- 2.- Caída de tensión limitada a los valores permisibles
- 3.- Aislamiento adecuado a las condiciones de instalación
- 4.- Resistencia mecánica suficiente.

## 4.1.3.1. CAPACIDAD PERMISIBLE SUFICIENTE

La corriente permisible de los conductores del circuito, determina de acuerdo con el artículo 302.4 de las normas técnicas para instalaciones eléctricas, no deberá ser menor que la corriente de régimen calculada para el total de las cargas que se van a -- conectar a lo largo del circuito.

Debe tomarse en consideración que la potencia conectada debe incluir las pérdidas en balastos, así como el factor de potencia (  $\cos \phi$  ). Ya que normalmente las lámparas se conectan a sistemas eléctricos de 127.5 y 220 volts, se recordará que la corriente puede obtenerse:

## SISTEMA MONOFASICO

$$I = \frac{W}{E_n \times \cos \phi}$$

## SISTEMA TRIFASICO

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} \times E_f \times \cos \phi}$$

DONDE:

- I = corriente en amperes
- W = potencia de la lámpara + pérdidas en el balastro en watts.
- $\cos \phi$  = factor de potencia
- $E_n$  = tensión ó voltaje entre fase y neutro en volts.
- $E_f$  = tensión ó voltaje entre fases en volts.

#### 4.1.3.2 CAIDA DE TENSION LIMITADA

El artículo 202.6 de las Normas Técnicas para instalaciones eléctricas, limita a un 3% la caída de tensión de un circuito de aluminio, "desde la entrada del servicio hasta el último punto de la canalización".

Conocida la corriente de régimen, el cálculo de la sección transversal del conductor necesario, puede resolverse aplicando las siguientes fórmulas:

#### SISTEMA MONOFASICO

$$S = \frac{4 L I}{En e\%}$$

#### SISTEMA TRIFASICO

$$S = \frac{2 L I}{En e\%} = \frac{2 \sqrt{3} L I}{Ef e\%}$$

DONDE:

- S = Sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>
- L = Distancia expresada en metros
- e% = Caída de tensión en tanto por ciento
- En = Tensión ó voltaje entre fase y neutro en volts
- I = Corriente en amperes.
- Ef = Tensión o voltaje entre fases.

#### 4.1.3.3 AISLAMIENTO DEL CONDUCTOR

CIRCUITO SERIE.- El nivel de aislamiento va de 1000 hasta 5000 -

volts. y los cables más comunmente usados para sistemas de alumbrado serie son a base de aislamientos tales como PVC (cloruro de polivinilo) de alta tensión y polietileno de cadena cruzada - - ( XLP).

CIRCUITO MULTIPLE: La selección está limitada en general a la clase de aislamiento para 600 volts, con alta resistencia a la humedad. El tipo de aislamiento puede ser:

- HULES SINTETICOS
- POLIETILENO
- POLIETILENO DE CADENA CRUZADA

Los cables de hule sintético generalmente llevan una cubierta elastomérica protectora encima del aislamiento; los cables con aislamiento de polietileno con una cubierta de PVC (cloruro de polivinilo), y los cables con aislamiento de polietileno de cadena cruzada no llevan cubierta exterior, el aislamiento también es función de la temperatura de operación.

#### 4.1.3.4. RESISTENCIA MECANICA

De acuerdo con el artículo 302,5 de las Normas Técnicas para instalaciones eléctricas, el calibre mínimo permitido es No. 14 AWG. Sin embargo, debe tomarse en consideración, en el caso de circuitos en línea abierta en postería, el efecto de la presión del viento y la tensión resultante sobre el conductor para lograr los libramientos necesarios.

En general, deberán respetarse las condiciones de resistencia mecánica establecidas.

En el caso de instalaciones en ductos, se deberá tomar en consideración el esfuerzo producido por la tensión que se aplique al conductor.

ductor durante la maniobra de jalado, que es función de la geometría resultante del sistema de canalización.

#### 4.1.3.5. OTROS FACTORES QUE AFECTAN LA SELECCION DEL CONDUCTOR

- 1.- Arreglo del circuito a ser usado.
- 2.- La existencia de ductos, registros y otras facilidades que puedan ser usadas.
- 3.- Condiciones físicas existentes en la ruta del circuito.
- 4.- Los resultados y costos de una falla.
- 5.- Seguridad.
- 6.- Estandarización.

#### 4.1.4. MEDIOS DE CANALIZACION

Los cables para sistemas de alumbrado pueden ser instalados de la manera siguiente:

- 1.- EN DUCTOS SUBTERRANEOS.
- 2.- DIRECTAMENTE ENTERRADOS.
- 3.- EN LINEA ABIERTA AEREA.

#### 4.1.4.1. SISTEMA DE DUCTOS

El sistema de ductos es usado comúnmente en áreas urbanas, donde el sistema de distribución general es subterráneo.

Para el cálculo del diámetro del ducto no se debe olvidar que según el artículo 304.4 de las Normas Técnicas para Instalaciones -- Eléctricas, los conductores no deben ocupar más del 40% del área interior de un ducto, a fin de facilitar su instalación y permitir

una mejor operación.

Los cables directamente enterrados son instalados usualmente en -- areas residenciales y en parques; normalmente se usan protecciones encima de los cables, como por ejemplo: Concreto, ladrillos, etc.; este sistema proporciona gran rapidez en instalación y menor costo en obra civil, aunque sus condiciones de facilidad para manteni--- miento son bajas.

Para canalizaciones subterráneas, lo más adecuado es utilizar duc- tos, pues evitan en gran parte la entrada de humedad al sistema y- protegen al conductor contra posibles fallas mecánicas; por otra - parte, tienen la ventaja de facilitar el mantenimiento ó cambio de cables sin necesidad de abrir nuevamente las zanjas; normalmente - se usan tubos de asbesto, cemento, plástico o metálicos.

#### 4.1.4.2. CANALIZACION EN LINEA ABIERTA AEREA

Los cables deberán sujetarse a los postes o sus crucetas por medio de aisladores adecuados a la tensión del sistema. Sólo se admitira un cable por aislador.

Los cables deberán estar suficientemente separados entre sí para - evitar que puedan entrar en contacto por el balanceo debido al vien to.

#### 4.1.5. MEDIOS DE PROTECCION

Se puede proteger cada lámpara y su instalación en forma individual o en grupo por medio de fusibles o interruptores termomagnéticos, - siguiendo las indicaciones de las Normas Técnicas para Instalacio- nes Eléctricas, artículo No.

La capacidad de la protección, fusibles o termomagnética, debe ser igual a la capacidad máxima permisible para los conductores del -- circuito. En caso de no existir la condición anterior, se permite el uso de un elemento de protección de capacidad mayor, siempre y cuando ésta no exceda de 150% de la capacidad máxima permisible para los conductores del circuito.

#### 4.1.6. METODOS DE MEDICION

La medición del consumo de energía eléctrica puede hacerse en dos formas:

- 1.- INSTALANDO WATTHORIMETRO.
- 2.- ESTIMANDO EL CONSUMO.

El método del wathorímetro define perfectamente la magnitud de la energía consumida por las luminarias, incluyendo las pérdidas ocasionadas por los reactores o balastros, que no son necesariamente las mismas para diversas marcas que hay en el mercado; la medición puede ser en alta o baja tensión, siendo proporcionado el wathorímetro por la compañía suministradora.

No siempre es posible ó práctico instalar los equipos de medición y por ello se llega a convenir un consumo base de facturación que consta de 3 elementos:

- 1.- LAMPARAS INSTALADAS
- 2.- VALOR DE LAS PERDIDAS EN BALASTROS
- 3.- HORAS DE OPERACION.

#### ESTIMACION DEL CONSUMO

Según el Diario Oficial del 15 de Noviembre de 1976, el número de-

horas de operación al año a considerarse para la evaluación del -- consumo es de 4,047 horas/año por luminaria, a lo que habrá que aumentar el porcentaje de pérdidas en balastro que normalmente es -- del 25%, según disposiciones complementarias a las tarifas vigentes.

## 4.2. OBRA CIVIL

### ESPECIFICACIONES

La obra civil de un sistema de alumbrado público se compone de los siguientes elementos:

- Cepas.
- Ductos.
- Registros.
- Cimentaciones.

Un sistema de alumbrado aumenta su grado de complejidad, costo de operación y mantenimiento, en función del número de luminarias que lo integran; de ahí la razón de garantizar que cada uno de los elementos que intervienen conserven las mismas características.

### 4.2.1. TRAZO Y LOCALIZACION

El inicio de una instalación de alumbrado público parte de la localización en el terreno de los sitios donde se pretende que queden ubicados los postes; esto deberá efectuarse de acuerdo con el proyecto, librando obstáculos como árboles, entradas de automóviles, registros, etc.; se debe tomar nota del lugar definitivo, para proyectar posteriormente en los planos las modificaciones que se tuvieron que hacer en el terreno.

## 4.2.2. CANALIZACIONES

Para las canalizaciones se utilizará ducto de concreto de 10.16 cm de diámetro interior con una capa interior de 3 mm de material asfáltico y de 90 ó 100 cm de longitud. El interior será liso y terso sin salientes bruscos en la superficie del acoplamiento ni en el ajuste recto, y la aplicación del asfalto deberá ser homogénea para dar espesor constante en toda la superficie interior.

Formas disponibles:

- TRAMOS RECTOS (figura No. 4.10)
- CODOS DE 90° (figura No. 4.11)
- PIEZAS EN Y griega (figura No. 4.12)

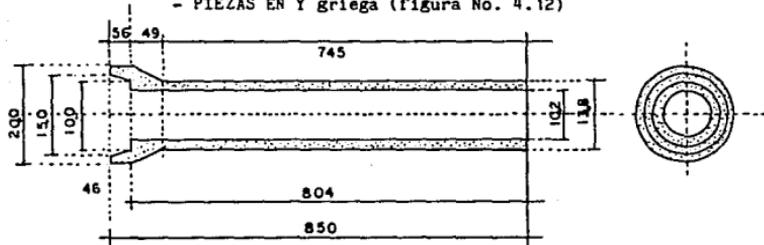


FIG. Nº 4.10

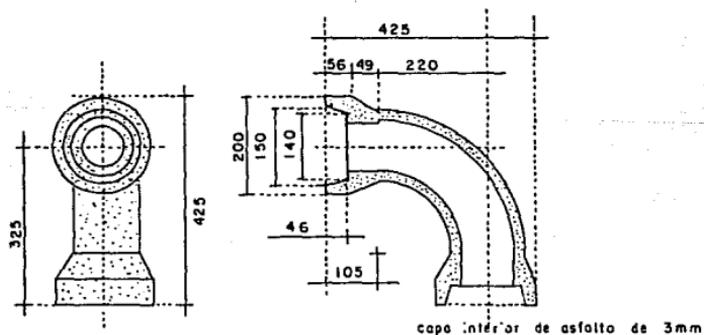


FIG Nº 4.11

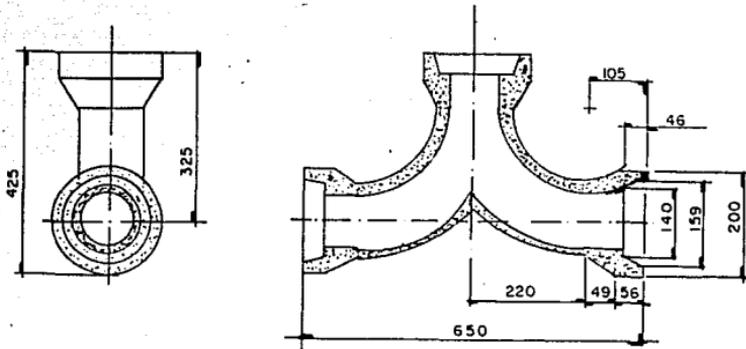
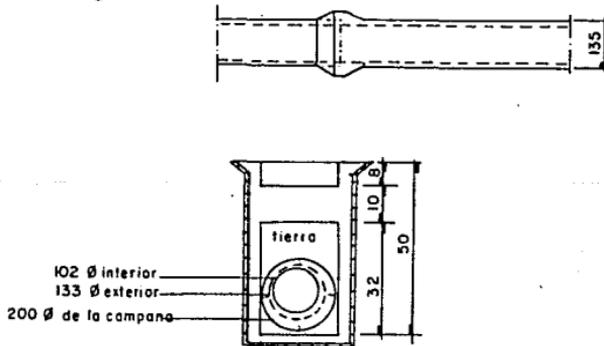


FIG. 4.12

Cuando se instale en banqueta o áreas jardinadas, irá colocado su eje a una distancia de 93 cm con relación al paño exterior de la guarnición y a una profundidad de 38 cm del eje a la corona de la guarnición, y se junteará con mortero de cemento de proporción 1:3 (figura No. 4.13)



JUNTEO DE DUCTO CON MORTERO

FIG. 4.13

Cuando se instale en pasos de arroyo se colocarán dos vías en un solo lecho con una separación de 24 cm entre ejes, a una profundidad de 104 cm del eje a la corona de la guarnición, y se recubrirán con concreto de  $f^c$  150 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, con agregado máximo de 20 mm, con una cama bajo lecho de 5 cm y una sobre lecho de 15 cm; llevando a cabo el colado se procederá a tapar la cepa totalmente con grava cementada debidamente compactada. Si se instala en el arroyo, se colocarán los ductos, se recubrirá con concreto de las mismas características que el señalado anteriormente, con una cama bajo lecho y una sobre lecho de 5 cm, repitiéndose la misma operación de tapado de la cepa con grava cementada.

#### 4.2.2.1. DUCTO PLASTICO

El uso de ducto diferente al concreto se justifica cuando las condiciones de la instalación lo requieren: por ejemplo, el caso de un sistema de alumbrado para parques y jardines, áreas iluminadas con postes de gran altura de montaje, como campos deportivos, estacionamientos, distribuidores viales.

En estos casos, donde la localización del ducto demasiado rígido como el de concreto dificulta seguir una trayectoria, es aceptable el uso de material menos rígido como el ducto plástico, que se puede manejar por tramos muy largos y cambiar de dirección sensiblemente, sin necesidad de registros.

#### 4.2.3. REGISTROS

Para los cambios de dirección en la línea de ductos se instalarán registros, mediante los cuales éstos pueden librar una curvatura, obstáculos naturales, limitar las longitudes en los tramos de duc-

to a las distancias requeridas, y derivar el ducto para conectarlo a la alimentación.

Para el cruce de arroyos se instalarán registros más profundos (figura No. 4.14), de donde parten los ductos ahogados en concreto, - recibiendo los que están instalados en la banqueta, las tapas serán de concreto armado con marco y contramarco estructural.

#### 4.2.3.1. REGISTRO AUXILIAR (figura 4.15)

El registro auxiliar se utilizará donde el ducto en banqueta cambie de dirección, para alimentaciones de energía eléctrica a los circuitos de alumbrado y donde la luminaria sea soportada por cualquier otro elemento que no sea un poste de fierro; tendrá las siguientes dimensiones exteriores: Lado menor de 50 cm, incluyendo el marco; las paredes tendrán 5 cm de espesor y serán de concreto de f'c 150/cm<sup>2</sup> a los 28 días y con un agregado máximo de 20 mm y - reforzadas con una malla de alambón de 6.3 mm de diámetro, con la distribución que se señala en el siguiente dibujo. El marco será de fierro ángulo de 38.1 X 38.1 X 4.8 mm (1 1/2" X 1 1/2" X 3/16"), - el cual quedará integralmente empotrado al registro inmediatamente después de vaciado el concreto y antes de que se inicie el fraguado del mismo, mediante 6 anclas de varilla No. 3. La cimbra interior deberá ser metálica y la exterior similar o de madera, a criterio del constructor. La tapa del registro será construida con - concreto f'c 200 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, con agregado máximo de 20mm Con fierro ángulo de 31.7 X 31.7 X 4.8 mm (1 1/4" X 1 1/4" X 3/16")- y con refuerzo de varilla corrugada No. 3 distribuida según plano- utilizando cimbra metálica. La varilla irá soldada al fierro ángulo con doble cordón.

## REGISTRO PARA CRUCES DE CALLES Y AVENIDAS

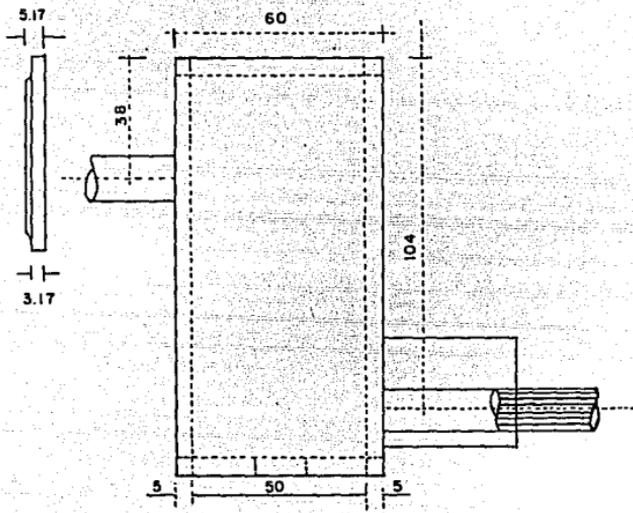
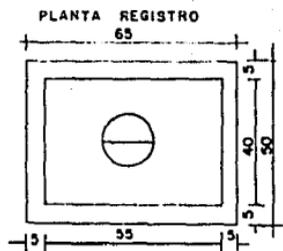


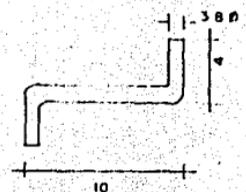
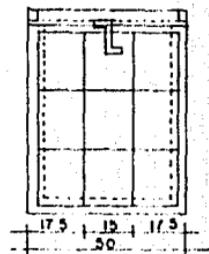
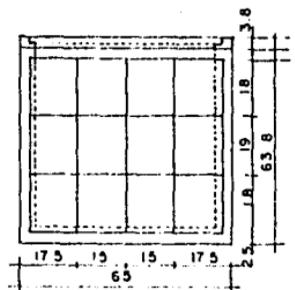
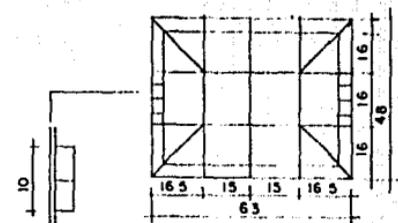
FIG. N° 4.14

Al ser instalado el registro cuyas caras interiores deben estar a plomo, escuadradas y bien pulidas, el lado mayor quedará paralelo al arroyo. Una vez instalado se procederá a colar una plantilla de 5 cm de espesor de mortero de cemento, proporción 1:3 con un dren central de 14 cm de diámetro y una profundidad de 29 cm. El ducto será entroncado y emboquillado debidamente con las paredes del registro. El fierro ángulo del registro y la tapa serán pintados con dos manos de pintura anticorrosiva. El relleno alrededor-

REGISTRO AUXILIAR



PLANTA TAPA REGISTRO

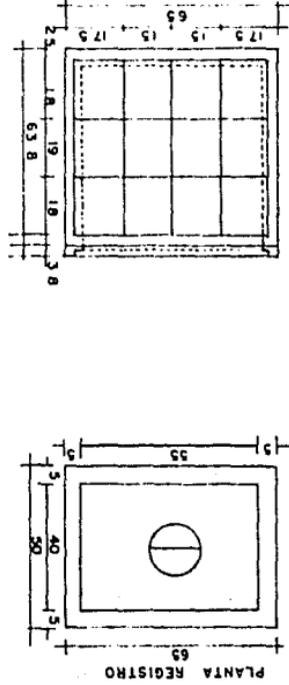


DETALLE ANCLA

not en Cm

FIG N° 4 15

REGISTRO AUXILIAR



PLANTA TAPA REGISTRO

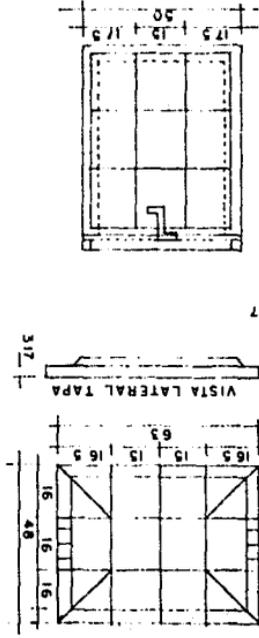
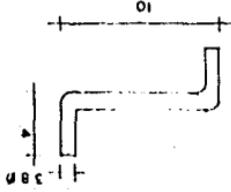


FIG. Nº 413

escala en cm

DETALLE ANCLA



238

del registro se hará con grava cementada debidamente compactada.

#### 4.2.3.2 REGISTRO DE PASO (figura No. 4.16)

El registro de paso tendrá las siguientes dimensiones exteriores:- Lado menor de 60 cm, lado mayor de 80 cm y con una profundidad de 123.8 cm; incluyendo el marco. En todos los demás aspectos se - - ajustará a lo señalado para el registro auxiliar y a lo indicado - en el plano, tomando en consideración los siguientes aspectos; el registro será colado de una pieza aunque se empleen cimbras superpuestas y el marco llevará ocho anclas para su fijación.

#### 4.2.4 CIMENTACION

La cimentación es básicamente el medio de sujeción del poste; sus dimensiones variarán de acuerdo con la altura del mismo.

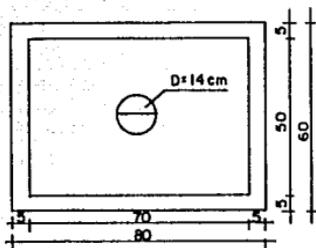
##### 4.2.4.1 CIMENTACION PARA POSTE DE 5 A 9 m (fig. No. 4.17)

El cimiento de concreto tendrá forma de pirámide truncada con las siguientes dimensiones: Base superior de 60 X 60 cm, base inferior de 100 X 100 cm y profundidad de 100 cm. Se construirá con concreto de  $f'c = 150 \text{ Kg/cm}^2$  a los - 28 días con agregado máximo de 40 mm debidamente vibrado.

La cimbra que se utilice puede ser metálica con lámina de 1.27 mm ( $\frac{1}{2}$ " de espesor y reforzada para que no sufra deformación durante el colado del cimiento, de tal manera que las caras de la pirámide queden planas y las caras superiores a escuadra. Integralmente se instalarán cuatro anclas de 2.54 cm de diámetro y 56 cm de longitud, con 10 cm de cuerda estándar en un extremo y en el -

## REGISTRO DE PASO

PLANTA REGISTRO



PLANTA TAPA REGISTRO

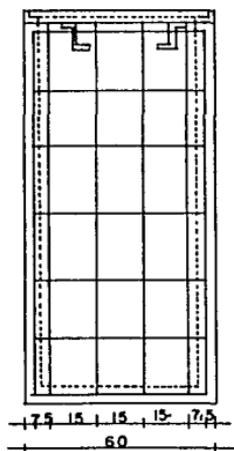
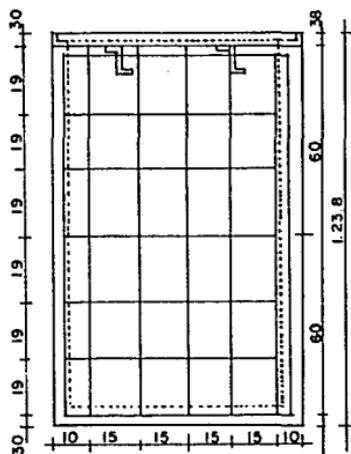
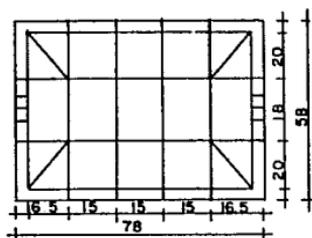
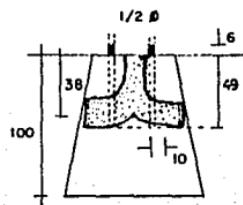
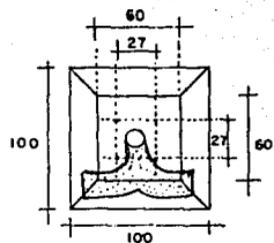
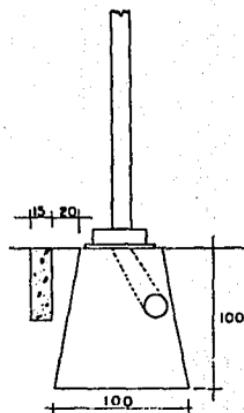
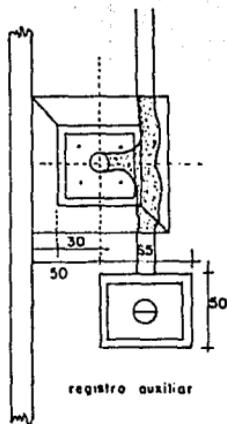


FIG. N° 4.16

BASE PARA ARBOTANTE EN AVENIDAS

otro un dobliez de 10 cm de longitud. Al extremo con cuerda se le aplicarán dos manos de esmalte anticorrosivo aluminio. La separación de las anclas será de acuerdo con la plantilla de la unidad, debiendo sobresalir del cimiento 6 cm; también intertramente se --



Base para arbotante

241

FIG N° 4.17

instalará una pieza de concreto en forma "Y", y los nipples para la conducción del cable de distribución dentro del cimiento. La cara superior del cimiento deberá quedar paralela a la guarnición o - - arroyo, con una altura de 1.5 cm en relación a la corona de la mis ma. Las aristas de esta cara deberán quedar rectas y a escuadra - entre sí y tendrán una terminación pulida y salidas de la pieza - "Y" adecuadamente emboquillada.

El relleno lateral se hará con grava cementada debidamente compactada.

#### 4.2.4.2 CIMENTACION PARA POSTES DE 12 m

Cuando el proyecto de un sistema de alumbrado se solucione con pos tes para altura de montaje de luminarias a 12 m, sus dimensiones - serán las siguientes: De 70 X 70 cm de sección y altura, 151 cm - de forma rectangular.

Material empleado: Concreto de  $f''c = 200 \text{ Kg/cm}^2$  con agregado máxi mo de 40 mm, resistencia del acero  $f_y = 4,200 \text{ Kg/cm}^2$ . Armado de - la zapata integrada por 16 varillas No. 4 alta resistencia. Tras - lapes mínimos 40 diámetros. El resto de características son igua - les al cimiento anterior.

## CAPITULO V

### PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

#### 5.1. DEFINICION

El objetivo de un servicio de alumbrado público puede expresarse - como: El proporcionar la iluminación adecuada a las vías públicas al menor costo posible.

Por iluminación adecuada se entiende:

- a).- DE NIVEL Y CALIDAD APROPIADAS AL TIPO DE VIA PUBLICA.
- b).- MANTENIDA CON UNA CONSTANCIA RAZONABLE, CORRIENDO LAS FA LLAS QUE OCURRAN EN LAMPARAS E INSTALACIONES.

Para poder alcanzar este objetivo, es necesario realizar determinadas funciones, tales como mantenimiento, planeación, abastecimiento y administración; el elemento que realiza en una forma conjunta todas estas funciones recibe el nombre de "PROGRAMA DE MANTENIMIENTO".

#### 5.2. ESTRUCTURA

Todo programa de mantenimiento para poder llevar a cabo en una - - forma ordenada y segura sus funciones, puede clasificarlas de la - siguiente manera:

- a).- MANTENIMIENTO.
  - Reposición de lámparas.
  - Limpieza de luminarias.
  - Reparaciones varias.

- Pintura de postes.
- Transporte.
- Inspección de instalaciones.
- Supervisión de los trabajos.

b).- PLANEACION.

- Mantenimiento de la información sobre el sistema.
- Población de lámparas.
- Control de órdenes de trabajo.
- Control de inventarios.
- Control de calidad del suministro del servicio.
- Control de calidad de los abastecimientos.
- Productividad.

c).- ABASTECIMIENTO.

- Compras.
- Almacenes.

d).- ADMINISTRACION.

- |                         |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| - Contraloría.          | - Demandas.                           |
| - Contabilidad.         | - Personal.                           |
| - Control presupuestal. | - Contratación.                       |
| - Costos.               | - Relaciones laborales.               |
| - Legal.                | - Administración, sueldos y salarios. |
| - Contratos.            | - Nóminas y prestaciones.             |

### 5.3. BENEFICIOS

Establecer un programa planeado de mantenimiento nos proporciona importantes beneficios tales como:

- a).- Más luz por el mismo pago de energía.
- b).- Mejor apariencia de los sistemas de iluminación.

- c).- Costo total menor de luz.
- d).- Mayor producción y ventas.
- e).- Mayor exactitud y menos accidentes.

Un buen sistema de iluminación está diseñado para proporcionar una visibilidad adecuada y confortables condiciones de visión. Un sistema de iluminación con buen mantenimiento continúa proporcionando mes tras mes, los luxes para los cuales fue originalmente diseñado. Cualquier disminución reduce la visibilidad, lo que hace que la visión sea más difícil, la acumulación de polvo más el consumo de -- lámparas y otros defectos del sistema pueden dañar la apariencia - general de la instalación de iluminación.

Sin una limpieza de la instalación y reemplazos periódicos de las lámparas, los niveles de iluminación pueden caer hasta en la mitad del valor instalado, en pocos meses.

Con el simple establecimiento de un programa de mantenimiento en - tales áreas, la cantidad de luz útil puede ser duplicada inmediatamente y sin gasto de capital.

Para reducir posteriormente el costo total de iluminación con un - mantenimiento planeado, un sistema de "reemplazo de lámparas" debe asegurarse con un programa de limpieza. Si el cambio de lámparas- o las operaciones de limpieza se hacen después de horas de trabajo o durante días de vacaciones, las interrupciones costosas de las - actividades en una área, se eliminan virtualmente. Los ahorros -- reales en el costo total de luz se acrecentan donde las instalaciones se diseñan para un fácil cambio de lámparas y operación de limpieza.

El costo de la limpieza y reemplazo de lámparas puede también reducirse al utilizar técnicas actuales y equipo de limpieza moderno.-

De hecho, una compañía externa de mantenimiento de iluminación es a menudo la forma más confiable y económica de asegurarse que los sistemas de iluminación estén recibiendo un mantenimiento adecuado.

#### 5.4. SISTEMAS DE REEMPLAZO DE LAMPARAS

Las lámparas de un sistema de iluminación pueden reemplazarse individualmente conforme se vayan fundiendo o en grupo a un determinado tiempo.

Existen dos tipos de sistemas de reemplazo de lámparas y son:

SISTEMA DE REEMPLAZO EN GRUPO.

SISTEMA DE REEMPLAZO INDIVIDUAL.

#### 5.4.1. SISTEMA DE REEMPLAZO EN GRUPO

##### 5.4.1.1 DEFINICION

Al sistema de mantenimiento de cambiar totalmente las lámparas se le llama reemplazo en grupo.

##### 5.4.1.2 VENTAJAS

El costo por labor del reemplazo en grupo generalmente tiene mayores ventajas que el valor remanente de la depreciación de las lámparas que pueden durar más.

La práctica del reemplazo en grupo se originó en el alumbrado público y es ampliamente usado por el ahorro que representa y la disminución de áreas inseguras.

El programa de reemplazo en grupo es adecuado para instalaciones - donde se usan lámparas incandescentes y fluorescentes, sin embargo esto no significa que en las instalaciones de lámparas de alta intensidad de descarga (HID) no sea conveniente, a pesar de que el - costo de las lámparas es mayor en proporción al costo de la mano - de obra; con relación al sistema fluorescente ha sido difícil im- - plementar el sistema, sin embargo es factible.

El reemplazo en grupo ofrece cinco importantes ventajas, de la pri - mera a la tercera son aplicables a cualquier sistema de ilumina- - ción, las dos últimas principalmente a lámparas fluorescentes.

- 1.- El reemplazo en grupo reduce el costo por labor ya que disminu- - ye los viajes y tiempo requerido para el cambio individual. - El costo por labor con un reemplazo en grupo esta entre  $\frac{1}{5}$  o -  $\frac{1}{10}$  del costo del cambio individual.

El costo de compra se reduce ya que se ordena una compra masi- - va, los embarques estibados simplifican su manejo.

- 2.- Todo tipo de lámparas sufre una depreciación al estar en servi- - cio. El reemplazo de lámparas antes de que finalice su vida - útil no aumenta los costos por consumo de energía y mantiene - un mayor nivel lumínico en relación al que se tendría si se -- reemplazara al final de su vida.
- 3.- El reemplazo en grupo se puede realizar durante los días y ho- - ras más convenientes, tales como aprovechar los períodos de va - caciones, o fuera de las horas normales de trabajo. En esta - forma se disminuyen notablemente las interrupciones debidas al reemplazo individual de lámparas fundidas.
- 4.- En una instalación de lámparas fluorescentes cuando se sigue -

el método de reemplazo individual, se llegan a observar algunas lámparas con extremos ennegrecidos, otras con variación de color y diferencias en brillantez entre lámparas nuevas y viejas, lo que ocasiona un mal aspecto. Sin embargo con el reemplazo en grupo, la apariencia es uniforme y se evitan además las molestias y distracciones que los flasheos de lámparas en mal estado producen.

- 5.- Al final de la vida de la lámpara fluorescente puede ocurrir condiciones anormales de operación que pueden dañar a los balastos, esto se evita reemplazando las lámparas antes de que lleguen al final de su vida y no se afecta la vida útil del balastro.

Una manera práctica de saber cuándo se debe realizar el reemplazo en grupo, es a través del número de lámparas que se encuentren fuera de servicio en la instalación ya que es un indicativo del número de horas de servicio de la lámpara.

En las figuras siguientes se muestra el porcentaje de lámparas que sobreviven en cierto número de horas.

Por ejemplo: En la figura 5.1 se muestra el porcentaje de lámparas fluorescentes que sobreviven en cierto número de horas. Después del 80% de vida, el porcentaje de lámparas muertas se incrementa rápidamente.

En la figura 5.2 se muestra la curva típica de mortalidad para lámparas incandescentes y

En la figura 5.3 la curva de mortalidad para lámparas de vapor de mercurio de 100 a 1,000 watts.

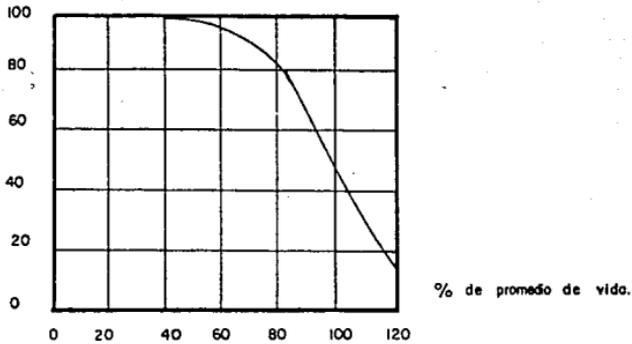


fig. 5.1 Curva típica de mortalidad para lamparas fluorescentes.

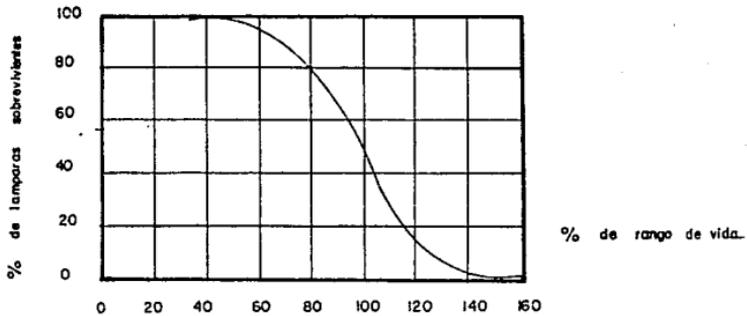


fig. 5.2 Curva típica de mortalidad para lamparas incandescentes.

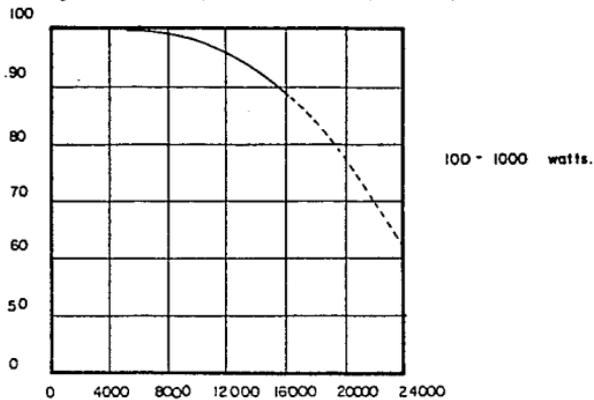


fig. 5.3 Curva típica de mortalidad para lamparas de vapor de mercurio.

### 5.4.1.3 SISTEMAS BASICOS DE REEMPLAZO EN GRUPO

El método de curva de mortalidad determina el intervalo que se puede emplear, teniendo dos sistemas básicos:

REEMPLAZO EN GRUPO SIN CAMBIO INTERMEDIO.

REEMPLAZO EN GRUPO CON CAMBIO INTERMEDIO UTILIZANDO-LAMPARAS USADAS.

#### 5.4.1.3.1 REEMPLAZO EN GRUPO SIN CAMBIO INTERMEDIO

Este sistema es simple aplicable para grandes áreas, donde cada -- punto recibe iluminación de varias lámparas y donde la apariencia no es importante.

Este sistema no debe ser empleado cuando se tenga equipo con balastos de arranque instantáneo o con arranque por precalentamiento, ya que se reduce considerablemente la vida útil del balastro debido al sobre calentamiento que se produce al estar operando en condiciones de NO lámpara.

No se realiza ningún reemplazo individual hasta que se llegue al -- punto óptimo de reemplazo en grupo.

La mayor ventaja es que el costo por labor es por una sola vez ya que NO hay cambios individuales o intermedios. Este sistema está limitado para instalaciones de lámparas fluorescentes con intervalos para el reemplazo no mayores al 70% de la vida útil de la lámpara, ya que se reducirá notablemente el nivel lumínico.

No es recomendable para sistemas incandescentes, ya que bajaría no tablemente el nivel lumínico en una área específica. No debe emplearse en áreas de ventas ya que afecta la apariencia.

#### 5.4.1.3.2 REEMPLAZO EN GRUPO CON CAMBIO INTERMEDIO UTILIZANDO LAMPARAS USADAS

El sistema basado en el empleo de la curva de mortalidad puede ser más favorable ya que el reemplazo en grupo con cambio intermedio - mantiene fijo el nivel luminoso. Se emplea cuando haya transcurrido el 80% de la vida promedio. El 20% de lámparas sobrevivientes - que estén mejor y que deben ser las que tengan mayor intensidad y extremos más limpios, se utilizan para el reemplazo intermedio antes del siguiente reemplazo en grupo.

Se deberá efectuar una limpieza a luminarios, tubos y controles.

Las lámparas fundidas en períodos intermedios se reemplazan de el sobrante de lámparas que obtuvimos en el reemplazo en grupo. Cuando este sobrante se termina es señal de que el siguiente reemplazo grupal es necesario.

En una instalación donde se emplean lámparas de encendido por precalentamiento deberá tenerse cuidado de reemplazar inmediatamente las lámparas fundidas ya que pueden dañarse los arrancadores y los balastos al estar operando en condición de NO lámpara.

#### 5.4.1.4 SELECCION DEL INTERVALO

Usando la curva de mortalidad y cualquiera de los dos sistemas de reemplazo en grupo, el intervalo puede escogerse entre los puntos - 50% y 80% de vida para las lámparas incandescentes.

Para períodos tan cortos como el 50%, el sistema puede volverlo an tieconómico y para períodos más allá del 80%, no es posible tener lámparas suficientes para el reemplazo intermedio, así que deberán usarse lámparas nuevas.

Esto también se cumple para lámparas incandescentes después del -- 85% de vida.

Cuando el reemplazo en grupo se efectúa con grandes intervalos, -- los costos por labor del reemplazo intermedio son altos, esto in-- crementa el costo total del reemplazo hasta el grado que podrían - emplearse intervalos más allá del límite recomendable.

En instalaciones de lámparas fluorescentes donde no se realicen -- reemplazos intermedios el intervalo no deberá exceder el 70% de su vida útil, lo que permitirá una pequeña pérdida del nivel luminoso, antes de que se efectúe el cambio. Este sistema sin reemplazo in-- termedio es recomendable emplearlo con intervalos de cambio entre el 50% y 70% de vida útil y no es aplicable para instalaciones en-- donde se encuentren lámparas fluorescentes de encendido por preca-- lentamiento o encendido instantáneo.

#### 5.4.1.5 TIEMPO DE INTERVALO

El intervalo ideal para el reemplazo en grupo deberá ser el punto-- de más bajo costo anual por Lux. En muchos casos este intervalo - puede ser menor del 50% de vida útil de la lámpara, intervalos arri-- ba del 80% de vida tienden a dar un costo menor de labor y de lám-- paras, intervalos cortos minimizan interrupciones de trabajo, mejo-- ran apariencia y resulta un mantenimiento adecuado del nivel de -- iluminación.

En la práctica el intervalo seleccionado es usualmente un balance-- entre el costo más bajo por Lux y el costo más bajo de mantenimien-- to.

El período de tiempo que debe transcurrir para efectuar el reempla-- zo en grupo, es también un factor importante.

## 5.4.2. SISTEMA DE REEMPLAZO INDIVIDUAL

### 5.4.2.1 DEFINICION

El "reemplazo individual" es un sistema que comprende el reemplazo de lámparas apagadas, ya sea porque hayan llegado al fin de su vida útil o que han fallado. Un sistema de iluminación con mantenimiento de reemplazo individual daña considerablemente las tareas - visuales y disminuye la productividad.

Sin embargo un programa modificado de reemplazo individual, puede emplearse en algunas áreas donde la apariencia y necesidades no -- son importantes. En estos casos el sistema de iluminación se verifica periódicamente (por ejemplo semanalmente), y las lámparas fundidas se reemplazan.

Esto es más eficiente que el reemplazo individual, pero menos económico que el reemplazo en grupo.

### 5.4.3. COSTO DEL REEMPLAZO POR LAMPARA

El reemplazo por lámpara incluye el costo de la lámpara y el costo de la labor requerida para reemplazarla. Cuando la suma es reducida, el costo total de operación del sistema de iluminación es reducido, lo que significa más luz por peso invertido.

Para determinar el ahorro que resulte de la comparación de un sistema de reemplazo en grupo contra el sistema de reemplazo individual es necesario conocer el costo de cada uno y se comparará el - reemplazo por lámpara resultante de cada sistema. Deberá notarse que el reemplazo económico también reduce el costo total de la iluminación.

## 5.4.4. CALCULO DEL COSTO DE CADA SISTEMA

En el sistema de reemplazo individual (una lámpara cada vez) el -- costo total de reemplazo por lámpara es igual al costo de la lámpara más el costo de labor involucrada. (reporte, atención y regreso al punto de partida).

El costo en un sistema de reemplazo en grupo es igual al costo de la lámpara, más el costo de labor y más el costo de reemplazo individual efectuado durante el intervalo del reemplazo en grupo. Esto dividido entre el % de vida de la lámpara en el momento de efectuar el reemplazo.

Estos costos pueden expresarse por las siguientes fórmulas:

Para reemplazo individual;

$$C = L + S$$

Para reemplazo en grupo con reemplazo intermedio;

$$C = \frac{L + G + (B \times S)}{I}$$

Para reemplazo en grupo sin reemplazo intermedio;

$$C = \frac{L + G}{I}$$

DONDE:

C = Costo total del reemplazo, por lámpara.

L = Precio neto de la lámpara.

S = Costo de labor para reemplazo individual.

G = Costo de labor para reemplazo en grupo, por lámpara.

B = % de lámparas apagadas al final del intervalo del reemplazo en grupo.

I = % de la vida promedio de la lámpara en el momento de efectuar el reemplazo colectivo.

#### 5.4.5. OTRO PROCEDIMIENTO PARA LLEVAR A CABO EL REEMPLAZO DE LAMPARAS EN UN SISTEMA DE ALUMBRADO

Como se ha dicho anteriormente las lámparas tienen una duración de vida, expresada en horas de operación y esta información la podemos observar en la gráfica denominada curva de mortalidad que nos facilita el fabricante, como la que mostramos en la fig. 5.4.

Como sabemos, el proceso, el cual reemplaza las lámparas que fallan una a una recibe el nombre de sistema de reemplazo de lámparas individual y al proceso que sustituye todas las lámparas en una forma total a intervalos de tiempo determinado recibe el nombre de -- sistema de reemplazo de lámparas en grupo.

Para poder llevar a cabo este procedimiento de calculo es necesario preparar una tabla, la cual se denomina tabla de mortalidad anual, y se desarrolla partiendo de la gráfica de mortalidad de la lámpara.

La tabla de mortalidad se generará de la manera siguiente:

- Determinar las horas anuales de servicio del sistema de alumbrado, generalmente esta cifra es cercana a 4,000. En una columna anotar en forma creciente los años transcurridos, y al lado, las horas co rrespondientes de servicio; terminar cuando las horas correspondan al 100% de mortalidad.

<u>AÑO</u>	<u>HORAS DE SERVICIO</u>
1	4,000
2	8,000
3	12,000
4	16,000
5	20,000
6	24,000
7	28,000
8	32,000

## CURVA DE MORTALIDAD

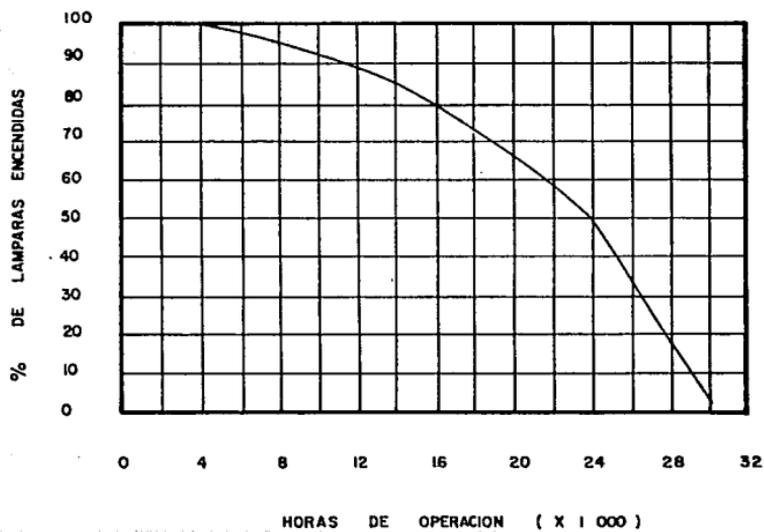


fig. 5.4

- En otra columna, anotar el porcentaje de lámparas encendidas que correspondan al total de las horas de servicio de cada año, de acuerdo con la gráfica:

<u>AÑO</u>	<u>HORAS SERVICIO</u>	<u>% LAMPARAS ENCENDIDAS</u>
1	4,000	98.8
2	8,000	95.5
3	12,000	89.4
4	16,000	80.0
5	20,000	67.5
6	24,000	50.0
7	28,000	20.0
8	32,000	0.0

- En otra columna, restar el 100 del porcentaje de lámparas encendidas de cada año.

<u>AÑO</u>	<u>HORAS DE SERVICIO</u>	<u>% DE LAMPARAS ENCENDIDAS</u>	<u>100% DE LAMPARAS ENCENDIDAS</u>
1	4,000	98.8	1.2
2	8,000	95.5	4.5
3	12,000	89.4	10.6
4	16,000	80.0	20.0
5	20,000	67.5	32.5
6	24,000	50.0	50.0
7	28,000	20.0	80.0
8	32,000	00.0	100.0

- En otra columna, anotar el incremento que hay en la columna que se acabó de calcular, entre la cantidad del año y la del año anterior el primer año se anota sin cambio. El total de esta nueva columna debe ser 100.

<u>AÑO</u>	<u>HORAS DE SERVICIO</u>	<u>% DE LAMPARAS ENCENDIDAS</u>	<u>100% DE LAMPARAS ENCENDIDAS</u>	<u>INCREMENTO EN LA COL. ANTERIOR</u>
1	4,000	98.8	1.2	1.2
2	8,000	95.5	4.5	3.3
3	12,000	89.4	10.6	6.1
4	16,000	80.0	20.0	9.4
5	20,000	67.5	32.5	12.5
6	24,000	50.0	50.0	17.5
7	28,000	20.0	80.0	30.0
8	32,000	0.0	100.0	<u>20.0</u>
				100

- En otra columna se anotan los mismos valores de la columna anterior, divididos por 100. A estos valores se les llama probabilidad de que la lámpara falle a los tantos (1ra. columna) años.

<u>AÑO</u>	<u>HORAS DE SERVICIO</u>	<u>% DE LAMPARAS ENCENDIDAS</u>	<u>100% DE LAMPARAS ENCENDIDAS</u>	<u>INCREMENTO</u>	<u>PROBABILIDAD DE FALLA</u>
1	4,000	98.8	1.2	1.2	0.012
2	8,000	95.5	4.5	3.3	0.033
3	12,000	89.4	10.6	6.1	0.061
4	16,000	80.0	20.0	9.4	0.094
5	20,000	67.5	32.5	12.5	0.125
6	24,000	50.0	50.0	17.5	0.175
7	28,000	20.0	80.0	30.0	0.300
8	32,000	0.0	100.0	<u>20.0</u>	<u>0.200</u>
				100	1.000

- Esta columna nos servirá para calcular el probable número de fallas en cada uno de los años de una instalación de alumbrado.
- Cálculo de las fallas en cada uno de los años.

Para poder llevar a cabo este cálculo nos ayudaremos de la forma -

que esta representada en la fig. No. 5.5 en donde se colocan las -  
cifras y se va siguiendo una secuencia indicada por la propia for-  
ma y explicada a continuación:

- 1.- Transcribir las probabilidades de falla a los cuadros del ren-  
glón superior, poniendo el correspondiente al año 1 al extre-  
mo derecho y a continuación, hacia la izquierda, los siguien-  
tes hasta el último año.
- 2.- Definir una cantidad de lámparas. Puede optarse por conside-  
rar el número de lámparas de la alternativa, o puede conside-  
rarse 100. En el primer caso, los resultados serán las fallas  
o cambios totales que se pueden esperar cada año. Y si se --  
considera 100, los resultados serán en porcentaje.
- 3.- Este número de lámparas se pone en el único cuadro que se ha-  
lla en el siguiente renglón.
- 4.- El proceso general es:
  - a).- Multiplicar el factor por el número que se encuentra en-  
la columna directamente inferior al factor.
  - b).- Anotar el resultado de la multiplicación siguiendo la --  
flecha que lleva una M.
  - c).- Transferir los números siguiendo las flechas que llevan-  
una T.
  - d).- Sumar las cifras en los renglones horizontales, de acuer-  
do con los signos + (más), anotando los totales en los -  
cuadros de la extrema derecha.
- 5.- Los totales anotados en la columna de la extrema derecha re--  
presentan el total anual de fallas (o el porcentaje anual de-

HOJA DE CALCULO DE LAMPARAS A CAMBIAR POR REEMPLAZO INDIVIDUAL.

FACTORES ( Probabilidad de falla )

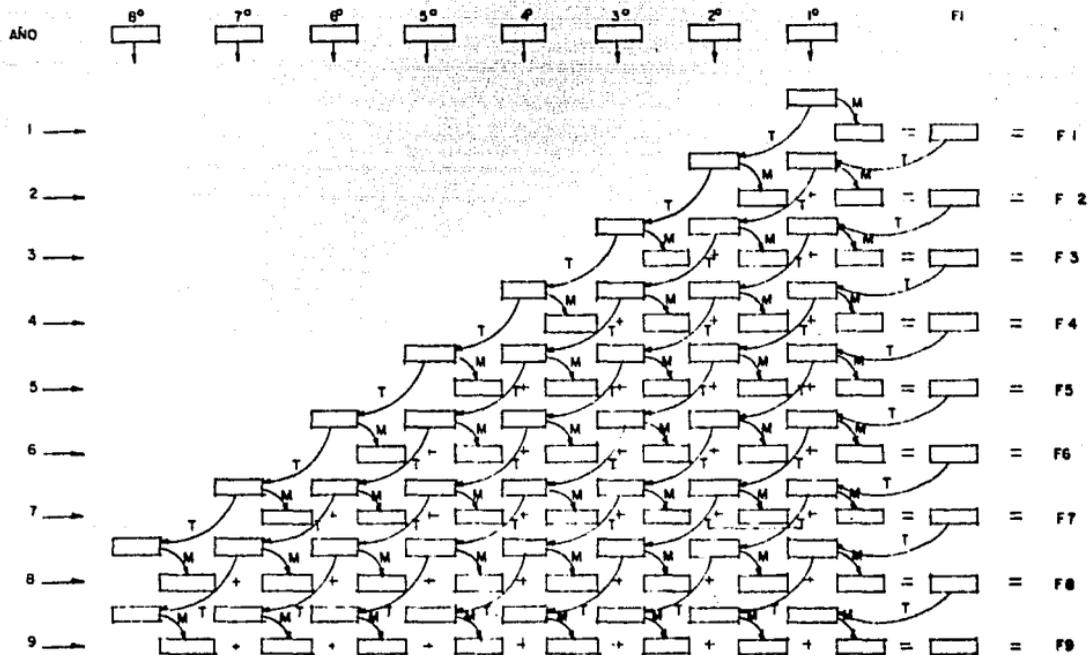


FIG. 5.5

fallas), correspondiente al año 1, año 2, etc., en posición -- descendente. Se denominarán F1, F2, F3, etc., para el cálculo posterior (Fi).

- Cálculo promedio de fallas anuales.

- a).- Sin reemplazo en grupo (no hay cambios generales periódicos.)  
Se puede continuar con el cálculo anual de fallas por el número de años que se requiera; sin embargo, al no haber cambios generales, se llega a un equilibrio, de modo que las fallas - anuales se estabilizan.

La fórmula para calcular este número de fallas anuales, en el estado de equilibrio es la siguiente:

$$\text{Promedio de fallas anuales} = \frac{N \times HA}{HM}$$

DONDE:

- N = Número de lámparas  
HA = Horas de operación anuales ( $\pm$  4,000)  
HM = Vida media (en horas) de la lámpara

- b).- Con reemplazo en grupo (cambios generales periódicos), es la siguiente:

$$\text{Promedio de fallas anuales} = \frac{\sum n \cdot Fi}{n}$$

DONDE:

- n = Intervalo entre cambios generales  
Fi = Fallas en el año 1, 2, etc., hasta el año n.

## CONCLUSIONES

Después de exponer el tema de como llevar a cabo el diseño de un sistema de iluminación en vías públicas contenido en cinco capítulos, los cuales contemplan todas las posibles alternativas con respecto al mismo, podemos hacer mención de ciertas recomendaciones y conclusiones al respecto:

- Al diseñar un sistema de iluminación en vía pública debemos de tener mucho cuidado al seleccionar el equipo a utilizar, ya que va a trabajar en forma conjunta y de lo contrario, la eficiencia del mismo disminuiría.
- Debemos de tener una atención especial en la selección de la fuente-luminosa, la luminaria y la balastra; ya que son los elementos del sistema de iluminación en los cuales recae el mayor peso porque son los que generan, distribuyen y controlan el flujo luminoso.
- Antes de empezar a llevar a cabo la selección del equipo para el sistema de iluminación, es muy importante definir ciertos factores que son determinantes en el diseño, tales como el tipo de vialidad que se va a iluminar, ya que es muy importante cuidar el aspecto estético del mismo, otro factor es la tarea visual a realizar y por último la energía luminosa, la cual debe ser de la calidad y cantidad necesaria para poder desarrollar la tarea visual.
- Es necesario llevar a cabo en México un estudio detallado de las dimensiones, tráfico peatonal, tráfico vehicular y condiciones de las vialidades para hacer una cierta clasificación de las mismas y estandarización, para lo cual se tendrían que recomendar niveles de ilumi

nación, los cuales serían los suficientes para poder llevar a cabo la tarea visual a realizar, pero ajustándose a las condiciones y características de nuestras ciudades.

- Los niveles de iluminación que se utilizan y que son recomendados por la S.M.I.I. (Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación), -- son los mismos niveles de iluminación que recomienda la A.N.S.I., -- por lo tanto estamos cayendo en un error ya que las características y condiciones de las vialidades en los Estados Unidos de Norteamérica no son las mismas que en México, por lo tanto es necesario llevar a cabo un análisis de estos niveles de iluminación y adaptarlos a -- nuestras vialidades.
  
- Por último debemos de contemplar que como todo diseño esta sujeto a realizarse iterativamente hasta que cumpla con las condiciones a las que fue propuesto.

## APENDICE A 1

### CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS FUENTES LUMINOSAS

LAMPARA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
INCANDESCENTE	- NO MODIFICA EL TONO DEL COLOR. ES COMPACTA PERMITE FACIL CONTROL DEL HAZ LUMINOSO.	BAJO RENDIMIENTO DE FLUJO LUMINOSO (LUMENES POR --- WATTS), VIDA CORTA (500 - 1000 HRS), COSTO DE OPERACION ELEVADO.
YODO - CUARZO	- NO MODIFICA EL TONO DEL COLOR, ES COMPACTA Y -- PERMITE UN BUEN CONTROL DEL HAZ LUMINOSO, BUEN RENDIMIENTO EN MANTENIMIENTO. (EL FLUJO LUMINOSO PERMANECE CONSTANTEMENTE A LO LARGO DE - SU VIDA).	BAJO RENDIMIENTO DE FLUJO LUMINOSO (LUMENES POR -- WATT), POR SE UNA FUENTE-TUBULAR LIMITA EL CONTROL DE HAZ VIDA MEDIA (2000 - 4000 HRS.) ALTO COSTO DE OPERACION
MERCURIO	- LARGA VIDA (MAS DE --- 16000 HRS), ELEVADO RENDIMIENTO LUMINOSO (LUMENES POR WATTS) BAJO COSTO DE OPERACION.	ALTO COSTO INICIAL, CON - BULBO CLARO LOS COLORES - SE MODIFICAN RADICALMENTE POR SER UNA FUENTE DE - - GRAN TAMAÑO, TIENE UN LIMITADO CONTROL DEL HAZ LUMINOSO. (ESPECIALMENTE -- CON LAMPARAS DE REVESTIMIENTO DE FOSFORO). NO ENCIENDE INMEDIATAMENTE DESPUES DE UNA INTERRUPCION-DE ENERGIA.
ADITIVO METALICO	- VIDA UTIL MODERADA - - (7500 HRS). MUY ELEVADO RENDIMIENTO LUMINOSO -- (LUMENES POR WATTS), -- PERMITE VER LOS COLORES EN FORMA NATURAL BAJO COSTO DE OPERACION.	

LAMPARA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
FLUORESCENTE	- VIDA UTIL MODERADA -- (7500-9000 HRS) ALTO - RENDIMIENTO LUMINOSO - (LUMENES POR WATT). - BAJO COSTO DE OPERA--- CION.	ALTO COSTO INICIAL POR- FORMA Y LONGITUD, NO PER- MITE UN CONTROL EFICAZ -- DEL HAZ LUMINOSO, SU REN- DIMIENTO LUMINOSO VARIA - MUCHO CON LA TEMPERATURA- AMBIENTE.
VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESION	- LARGA VIDA UTIL (15000 HRS), LA DE MAYOR REN- DIMIENTO LUMINOSO BAJO COSTO DE OPERACION SU- LUZ DE COLOR AMARILLO- PALIDO, PERMITE LOGRAR EFECTOS ESPECIALES EN- FACHADAS.	ALTO COSTO INICIAL, REGU- LAR CONTROL DEL HAZ LUMI- NOSO SU LUZ MONOCROMATICA MODIFICA LOS COLORES.

## TABLA PARA SELECCION RAPIDA DE LAMPARAS

	INCANDESCENTE	V. DE SODIO ALTA PRESION	YODO-CUARZO	MERCURIO	ADITIVO METALICO	FLUORESCENTE
COSTO INICIAL	BAJO	ALTO	BAJO	ALTO	ALTO	ALTO
CONSUMO DE ENERGIA	ALTO	BAJO	ALTO	BAJO	BAJO	BAJO
COSTO DE OPERACION ANUAL	MEDIO	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO	BAJO
TAMAÑO DE LUMINARIO	MEDIO	MEDIO	PEQUEÑO	MERCURIO	MEDIO	GRANDE
DEFINICION DE COLOR	BUENA	REGULAR	MUY BUENA	REGULAR	BUENA	REGULAR
CONTROL DE HAZ LUMINOSO	MUY BUENO	REGULAR	BUENO	REGULAR	BUENO	POBRE
PROY. DE GRAN ALCANCE	LA MEJOR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	POBRE
OPERACION EN AMBIENTE DE BAJA TEMPERATURA	MUY BUENA	BUENA	MUY BUENA	BUENA	BUENA	REGULAR
PROY. DE MEDIANO ALCANCE	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	REGULAR
PERIODOS DE ENCENDIDO LAR GOS (MAS DE 1000 HRS. AL AÑO)	REGULAR	BUENO	REGULAR	BUENO	BUENO	BUENO
PERIODOS DE ENCENDIDO COR TOS (MENOS DE 1000 HRS. - AL AÑOS).	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	BUENA	REGULAR

## CARACTERISTICAS COMPARATIVAS DE FUENTES LUMINOSAS

	SALIDA LUMINOSA POR LAMPARA	EPICACIA	DURACION	FORMA DE ACEPTAR LOS COL.	CONTROL DE LUZ	SALIDA LUMINOSA
INCANDESCENTE	REGULAR	BAJA	BAJA	ALTA	ALTA	BUENA
TUNGSTENO Y HALOGENO	REGULAR	BAJA	BAJA	ALTA	ALTA	ALTA
MERCURIO	BUENA	REGULAR	ALTA	BAJA	BUENA	BUENA
FOSFORO Y MERCURIO	BUENA	REGULAR	ALTA	REGULAR-BUENA	REGULAR	REGULAR
HALUROS METALICOS	ALTA	BUENA	REGULAR	BUENA-ALTA	BUENA	REGULAR
SODIO DE ALTA PRESION	ALTA	ALTA	REGULAR	REGULAR	BUENA	BUENA
FLUORESCENTE DE 40 - WATTS	BAJA	BUENA	BUENA	BUENA-ALTA	ALTA	BUENA
FLUORESCENTE DE ALTA SALIDA	REGULAR	BUENA	BUENA	BUENA-ALTA	BAJA	BUENA
FLUORESCENTE DE 1500 - WATTS	BUENA	BUENA	REGULAR	BUENA-ALTA	BAJA	REGULAR

## BALASTRO

### BALASTRO TIPO REACTOR SERIE

SUS CARACTERISTICAS PRINCIPALES SON:

#### VENTAJAS

- Muy económico
- Muy pequeño
- Muy liviano
- La deformación de la lámpara es mínima
- Pérdidas muy bajas

#### DESVENTAJAS

- Regulación muy pobre
- El voltaje de arranque es el de línea
- La lámpara se extingue fácilmente
- Alto amperaje de línea durante el calentamiento
- La lámpara no puede aterrizar

### BALASTRO TIPO AUTO - REGULADO

#### VENTAJAS

- Costo moderado
- Bastante compacto
- Poco peso
- Máximo voltaje de arranque a cualquier voltaje nominal de línea
- Poca deformación de la corriente de lámpara

#### DESVENTAJAS

- La lámpara no puede aterrizar

## BALASTRO DE WATAJE CONSTANTE

### VENTAJAS

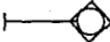
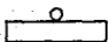
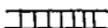
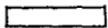
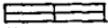
- Máxima regulación
- Buen voltaje de arranque
- Soporta caídas severas en la línea
- Bajo amperaje en la línea durante el calentamiento
- La lámpara puede aterrizar

### DESVENTAJAS

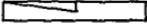
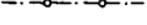
- Alto costo
- Muy voluminoso
- Pérdidas altas
- Deformación considerable en la corriente de lámparas

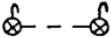
## APENDICE A 2

### SIMBOLOS CONVENCIONALES

<u>SIMBOLOS</u>	<u>NOMBRE</u>
1.- 	Arbotante Esférico
2.- 	Arbotante Colonial
3.- 	Cables
4.- 	Combinación Centro de Carga Control
5.- 	Ducto de Concreto en Banqueta
6.- 	2 Ductos de Concreto en Arroyo
7.- 	Fluorescente 40/60 Watts
8.- 	Fluorescente 80 Watts
9.- 	Fluorescente 110/120 Watts
10.- 	Fluorescente 150 Watts
11.- 	Incandescente 15 Watts
12.- 	Incandescente 25 Watts
13.- 	Incandescente 40 Watts
14.- 	Incandescente 60 Watts
15.- 	Incandescente 75 Watts
16.- 	Incandescente 100 Watts
17.- 	Incandescente 150 Watts

18.-		Incandescente 200 Watts
19.-		Incandescente 300 Watts
20.-		Incandescente 500 Watts
21.-		Incandescente 1000 Watts
22.-		Incandescente 2000 Watts
23.-		Lámpara PAR
24.-		Mufa de Cfa. de Luz y Fuerza
25.-		No. del Circuito/No. de Lámparas
26.-		Poste Ornamental Sencillo
27.-		Poste Semi Ornamental
28.-		Poste Tipo Jardín
29.-		Poste Tipo Colonial
30.-		Poste Tipo Cuadrado
31.-		Poste Hexagonal 20,000
32.-		Poste Tipo Vista III
33.-		Poste Ornamental Doble mensula
34.-		Reflector de Cuarzo
35.-		Reflector Tipo Cañón
36.-		Reflector Tipo Mercurio
37.-		Reflector Tipo Sodio
38.-		Registro de Cambio de Dirección

39.-		Registro para Cruce en Arroyo
40.-		Sodio Baja Presión 135 Watts
41.-		Sodio Baja Presión 250 Watts
42.-		Sodio Alta Presión 1000 Watts
43.-		Vapor de Mercurio 175 Watts
44.-		Vapor de Mercurio 250 Watts
45.-		Vapor de Mercurio 400 Watts
46.-		Vapor de Mercurio 700 Watts
47.-		Vapor de Mercurio 1000 Watts
48.-		Líneas Baja Tensión 3 Hilos
49.-		Líneas Baja Tensión 4 hilos
50.-		Poste de Concreto de 30' o menos
51.-		Poste de Concreto de 35' o más
52.-		Poste de madera de 35' o más
53.-		Transformador en Poste de Acero
54.-		Fusible
55.-		Fusible Desconectador
56.-		Transformador c 20/6
57.-		Alumbrado Público Múltiple Aereo 2 Hilos
58.-		Alumbrado Público Múltiple Subterráneo 2 Hilos

- 59.-  Alumbrado Público Múltiple Aereo 3 Hilos.
- 60.-  Alumbrado Público Múltiple Subterráneo 3 Hilos
- 61.-  Alumbrado Público Serie Aereo 1 Hilo 6.6 Amp.
- 62.-  Alumbrado Público Serie Subterráneo 1 Hilo - -  
6.6. Amp.
- 63.-  Alumbrado Público Serie Aereo 2 Hilos 6.6 Amp.
- 64.-  Alumbrado Público Serie Subterráneo 2 Hilos - -  
6.6. Amp.

## APENDICE A 3

RELACION DE FABRICANTES DE EQUIPO  
PARA ALUMBRADO PUBLICO

## FABRICANTES

## EQUIPOS

- 1.- Abastecedores Personales, S.A.
- 2.- Centriposte, S.A. de C.V.
- 3.- Crouse Hind Dowex, S.A.
- 4.- Cutler Hammer
- 5.- Dispositivos Eléctricos
- 6.- Duro Test de México, S.A.
- 7.- Electro Lighting Mexicana
- 8.- Electrotec de Occidente, S.A.
- 9.- Federal Pacific Electric de México
- 10.- General Electric de México, S.A.
- 11.- GTE Sylvania, S.A. de C.V.
- 12.- Holophane, S.A. de C.V.
- 13.- Iluminación para la Industria, S.A.
- 14.- Industria Tec. Lumínica, S.A.
- 15.- Lumisistemas C M, S.A.
- 16.- Lux, S. A.
- 17.- Manufacturera de Reactores, S.A.
- 18.- Osram, S.A. de C.V.
- 19.- PEC de Puebla, S.A.
- 20.- Perval, S. A.
- 21.- Phillips Mexicana, S. A.
- 22.- Prod. Electromagnéticos, S. A.
- 23.- P Y E S A
- 24.- Sola Basic
- 25.- Solar (Focos, S.A.)
- 26.- Square D' de México, S. A.
- 27.- Técnica Industrial, S. A.
- 28.- Tork - Electrosistemas, S.A.
- 29.- Tubo y Postes, S. A.

	LAMPARAS	LUMINARIAS	BALASTROS	FOTOCONTROLES	POSTES	CONTACTORES	INTERRUPTORES
		X					
		X			X		
		X				X	X
	X						
		X		X			
	X					X	X
	X		X				
		X					
		X	X	X			
		X	X				
		X			X		
	X		X				
		X					
		X					
		X					
		X					
		X					
	X		X				
		X					
				X			
					X		
						X	X
		X					
				X			
					X		

## APENDICE A 4

## ORGANIZACIONES INTERNACIONALES EN ILUMINACION

## ARGENTINA:

Asociación Argentina de Luminotecnia (AADL)  
Chile 1192, Buenos Aires,  
República de Argentina.

## ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA:

Illuminating Engineering Society (I.E.S.)  
1860 Broadway,  
New York 23, N. Y. 1953.

## FRANCIA:

Asociation Francaise de L'Eclairage (AFE)  
26, Rue de Naples,  
Paris - 8º

## INGLATERRA:

The Association of Public Lighting Engineers  
Buckingham Court,  
78 Buckingham Gate,  
London SW 1E 6PF  
United Kingdom.

Illumination Engineering Society - York House  
199 Westwinston Bridge Road  
London S.E. 17 UN  
United Kingdom

## INTERNACIONAL:

Comission Internationale de l'Edairage (CIE)  
57, Rue Cubier  
Paris - 5º 1959

**ITALIA:**

Associazione Italiana Di Illuminazione (AIDI)

Via G. Revere 14

20123 Milano Italia

**SUIZA:**

Association Suisse Des Electriciens

Zurich 8, Seefeldstrasse 301, 1961

## APENDICE A 5

### NIVELES DE ILUMINACION Y FACTOR "R"

Tabla recomendada por la Illuminating Enginneering Society (I.E.S.)  
y la Sociedad Mexicana de Ingenierfa de Iluminación (S.M.I.I.)

CLASIFICACION DEL TRAFICO	VEHICULOS POR HORA *
TRAFICO MUY LIGERO	MENOS DE 150
TRAFICO LIGERO	150 a 500
TRAFICO MEDIO	500 a 1,200
TRAFICO PESADO	1,200 a 2,400
TRAFICO MUY PESADO	2,400 a 4,000
TRAFICO MAXIMO	MAS de 4,000

\* Street Lighting Committee del Institute of Traffic Engineers.

TRANSITO DE PEATONES	CLASIFICACION DE TRANSITO DE VEHICULOS x HORA			
	MUY LIGERO (MENOS DE 150)	LIGERO (150 a 500)	MEDIO (500-1,200)	PESADO O MAS (MAS DE 1,200)
PESADO	6	8	10	12
MEDIO	4	6	8	10
LIGERO O NULO	2	4	6	8

Iluminación promedio recomendada en luxes (lúmenes  $\times$  m<sup>2</sup>), estos -- valores estan basados en condiciones de reflexión del pavimento -- muy favorables, del orden del 10%.

Cuando la reflexión sea pobre (del orden del 3% como en el asfal-- to), la iluminación recomendada deberá aumentarse 50%.

Cuando la reflexión sea raramente alta (20% o más, como en el con-- creto claro), los valores recomendados pueden reducirse un 25%.

Los valores recomendados se supone que deberán mantenerse en ser-- vicio.

Si el mantenimiento es bajo, estos valores deberán aumentarse.

El valor más bajo en cualquier punto de la carretera no deberá ser menos de  $\frac{1}{10}$  de los valores indicados en la tabla para carreteras-- con tránsito de vehículos muy escaso, y no menor de  $\frac{1}{4}$  de los valo-- res anteriores indicados para todos los demás casos de carreteras.

Tabla sobre el nivel luminoso medio horizontal recomendada por la American Standard Practice for Street and Highway Lighting.  
( LUMENES X M<sup>2</sup> ).

CARRETERAS (QUE NO SEAN MUY RAPIDAS NI AUTOPISTAS)				CARRETERAS MUY RAPIDAS Y AUTOPISTAS	
CARRETERAS MUY RAPIDAS Y AUTO PISTAS	CLASIFICACION DE CARRETERAS			CLASIFICACION	CARRETERAS MUY RAPIDAS
	SUBURBIOS	INTER	RURALES		
Principal	200	120	90	Urbana Cont. Rural Cont.	14 10
Colectora	120	90	60	Tráfico Urbano	20
Local	90	60	20	Tráf. Normal	14

• Niveles de iluminación recomendados para caminos por parte de -  
la Illuminating Engieneering Society of North America (I.E.S.)

- Arterias principales con tránsito pesado durante la noche o en-  
las horas pico : 21.5 Lux (2 bujía - pie)

Uniformidad : 3 : 1

- Calles de acceso que conectan las diferentes partes de una área  
industrial con las calles principales : 12.9 Lux (1.2 bujía -  
pie).

Uniformidad : 3 : 1

- Calles con poco tránsito y calles peatonales : 6.5 Lux (0.6 -  
bujía - pie).

Uniformidad : 6 : 1

Niveles recomendados para iluminación exterior por parte de la Comisión Internacional de Iluminación (C.I.E.)

CLASE DE VIA DE CIRCULACION	CARPETA OSCURA	CARPETA CLARA
a).- COMPLEJOS VIALES A VARIOS NIVELES b).- VIAS DE GRAN CIRCULACION c).- PLAZAS IMPORTANTES	50 LUX	25 LUX
VIAS URBANAS DE TRAFICO IMPORTANTE Y VELOCIDAD LIMITADA	30 LUX	15 LUX
VIAS RESIDENCIALES	20 LUX	10 LUX

Valores del Factor  $R = \frac{E \text{ prom}}{L \text{ prom}}$  \* para diferentes recubrimientos.

TIPO DE RECUBRIMIENTO	LUMINARIAS CUT-OFF	LUMINARIAS SEMICUT-OFF
CONCRETO LIMPIO	12	8
CONCRETO SUCIO	14	10
ASFALTO EMBLANQUECIDO	14	10
ASFALTO GRIS	19	14
ASFALTO OSCURO	24	18
EMPEDRADOS	18	13

\* C.I.E.

* VALORES DE LUMINANCIA PROMEDIO PARA DIFERENTES INSTALACIONES			
CLASE VIA	VIAS RAPIDAS	ALUMBRADO URBANO	GLORIETAS Y CRUCEROS PELIGROSOS
LUMINANCIA PROMEDIO	1 a 2.5 cd/m <sup>2</sup>	1 a 2 cd/m <sup>2</sup>	1 a 2 cd/m <sup>2</sup>
TIPO DE LUMINARIA ACONSEJABLE	CUT-OFF o SEMICUT-OFF	SEMICUT-OFF	SEMICUT-OFF o NON CUT-OFF

\* C.I.E.

## VALORES "Kp"

Los tipos de superficies secas se clasifican en cuatro grupos:

Clase 1	Kp = 0.18
Clase 2	Kp = 0.25
Clase 3	Kp = 0.37
Clase 4	Kp = 0.49

Estos cuatro grupos se clasifican, de acuerdo con su superficie, - los diferentes tipos de pavimento analizados por C.I.E., son:

## CLASE I

- Superficie de calzada de tipo asfáltico, con un 15% por lo menos de abrillantador artificial o al menos con un 30% de anortositas muy brillantes.
- Revestimientos superficiales que contienen grava que cubre más del 80% de la superficie de la calzada, en los que la grava consta principalmente de abrillantadores artificiales o son 100% de anortositas muy brillantes.
- Superficies de calzada de hormigón.

## CLASE II

- Revestimientos superficiales que tienen una estructura áspera - y contienen agregados normales.
- Superficies asfálticas que contienen del 10 al 15% de abrillantadores artificiales.
- Hormigón asfáltico grueso y áspero, rico en grava (máx. del 60%) de tamaños de 10 mm. o más.

- Asfalto de cemento de reacondicionamiento.

### CLASE III

- Hormigón asfáltico (asfalto en frío, asfalto de cemento), con grava de gran tamaño, hasta 10 mm, pero de textura muy áspera (similar al papel de lija).
- Revestimientos superficiales de textura gruesa, pulidos.

### CLASE IV

- Asfalto de cemento, al cabo de varios meses de uso.
- Superficies de calzada que tengan una textura bastante suave o pulida.

## BIBLIOGRAFIA

### NORMAS INTERNACIONALES PARA DISEÑO DE SISTEMAS DE ALUMBRADO PUBLICO.

- American National Standard Practice for Roadway Lighting, Julio 8, 1977 IES - RP - 8
- International Recommendations for the Lighting of Public Thoroughfares, "CIE" Publication - 1960

### NORMAS RELACIONADAS CON LOS EQUIPOS USADOS EN ALUMBRADO PUBLICO.

- DGN
- Balastos para lámparas de Vapor de Mercurio en alta presión, NOM - J 222 - 1976
- Especificaciones generales y métodos de prueba para reactores patrón para lámparas de vapor de mercurio en alta presión, NOM - J 232 - 1976
- Luminarias para alumbrado público y exteriores, NOM - J 324 - 1977
- Métodos de prueba para la medición en balastos para lámparas de vapor de mercurio en alta presión, NOM - J - 230 - 1976

### PUBLICACIONES NACIONALES.

- Curso básico de iluminación de la Illuminating, Engineering Society of North America (IES)  
Publicado en México por la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, AC (SMII).

- Curso Iluminación: Principios, diseño y aplicaciones 1986,  
División de Educación Continua, Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
- Instalaciones Eléctricas Prácticas,  
Ing. Becerril L. Diego Onesimo I.P.N.
- Light, Photometry and Illuminating Engineering  
William E. Barrows
- Niveles de iluminación en México, recomendados por la Sociedad Mexi-  
cana de Ingeniería e Iluminación AC. Illuminating Engineering So-  
ciety México, Chapter.
- Sistemas de Iluminación Industriales,  
John P. Frier y Mary E. Gazley Frier, Limusa 1986.
- Tecnología Aplicada en la Capacitación y Aplicación de los Elementos de Alumbrado,  
Juan Ignacio Lima Velasco, I.P.N.

PUBLICACIONES INTERNACIONALES:

- BOER, J. B.  
"The concept of luminance in street lighting"  
light and lighting, Nov. 1952
- BO, PAUL C.  
"Relationships between illumination and freeway accidents"  
IERI Report, 1971
- VAN DUSEN, H. A.  
"Street Lighting Luminaire Depreciation"  
Illuminating Engineering, Feb. 1971

MANUALES DE ALUMBRADO.

- ANSI/IES  
American National Standard  
Practice for Roadway Lighting, RP - 8 - 1977
- OSRAM, S. A.  
Maquial Osram, 1975
- Phillips, S. A.  
Manual de Alumbrado Ed. Paraminfo, S. A.
- SOLAR - SYLVANIA  
Clínica HID 1979
- Westinghouse Lamp Division  
Manual de Alumbrado 3a. Edición revisada y ampliada  
Ed. Dossat, S. A.
- Secretaría de Programación y Presupuesto.  
Ley de Inspección de Contratos y Obras Públicas, y su Reglamento.  
12 Julio de 1966, Diario Oficial México.
- Secretaría de Programación y Presupuesto  
Bases y Normas Generales para la Construcción y Ejecución de Obras  
Públicas.  
26 de Enero de 1970, Diario Oficial México.
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial  
Dirección General de Normas  
Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas,  
Parte I - Instalaciones para el uso de Energía Eléctrica  
Edición 1981.
- Manual de CONELEC.