

***ESCUELA POLITECNICA NACIONAL***

***FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA***

***TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO***

***DE INGENIERA EN***

***ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES***

***ESTUDIO PLANIFICACION Y DISEÑO DE***

***SISTEMAS DE ILUMINACION EN***


***LOCALES ABIERTOS***

***APLICADO A UN ESTADIO ABIERTO***

***NELLY LUCILA CARDENAS DIAZ***

***QUITO, MARZO 1999***

**CERTIFICO QUE, BAJO MI  
DIRECCION, LA PRESENTE  
TESIS FUE REALIZADA EN  
SU TOTALIDAD POR LA  
SEÑORITA NELLY LUCILA  
CARDENAS DIAZ.**

A handwritten signature in cursive script, appearing to read "Antonio Calderon", written in black ink. The signature is positioned above a horizontal dotted line.

**ING. ANTONIO CALDERON**

## ***AGRADECIMIENTO***

*ÁGRADEZCO EN PRIMER LUGAR A DIOS Y AQUELLAS PERSONAS, QUE CON SU AYUDA CONTRIBUYERON EN EL DESARROLLO Y TERMINACION DE LA PRESENTE TESIS, EN ESPECIAL AL INGENIERO ANTONIO CALDERON QUIEN ME DIRIGIO DE MANERA ACERTADA EN EL DESARROLLO Y FINALIZACION DE LA MISMA.*

## ***DEDICATORIA***

*DEDICO EL ESFUERZO PUESTO  
TANTO EN MI CARRERA COMO EN EL  
DESARROLLO Y TERMINACION DE  
ESTA TESIS A MI MADRE QUE  
AUNQUE NO ESTA MATERIALMENTE  
EN ESTE MUNDO SIEMPRE FUE Y  
SERA EL MOTIVO DE MI  
SUPERACION.*

## INDICE

CAPITULO I.....	1
INTRODUCCION.....	1
1.1 GENERALIDADES.....	1
1.1.1 UNIDADES DE LONGITUD EMPLEADAS EN LUMINOTECNIA.....	1
1.1.2 LA LUZ.....	2
1.1.3 RADIACION ELECTROMAGNETICA.....	4
1.1.4 MAGNITUDES FUNDAMENTALES.....	5
1.1.5 RELACIONES Y LEYES FUNDAMENTALES.....	7
1.1.6 CONTROL DE LA LUZ.....	12
1.1.7 REPRESENTACIONES GRÁFICAS.....	19
1.1.8 FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS DE LA LUMINOTECNIA.....	23
1.1.9 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PERCEPCIÓN VISUAL.....	28
1.1.10 EL COLOR.....	32
1.2 LAMPARAS ELECTRICAS.....	38
1.2.1 GENERALIDADES.....	38
1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS ELÉCTRICAS.....	42
1.3 APARATOS DE ILUMINACION.....	69
1.3.1 GENERALIDADES.....	69
1.3.2 CLASIFICACIÓN LUMINOTÉCNICA.....	70
1.3.3 PROYECTORES.....	71
1.3.4 APARATOS PARA ALUMBRADO PÚBLICO.....	78
1.3.5 PROTECCIONES.....	80
1.4 SOPORTES.....	81
1.4.1 CLASES DE POSTES.....	82
CAPÍTULO II.....	84
I L U M I N A C I O N  E X T E R I O R.....	84
INTRODUCCIÓN.....	84
2.1 ALUMBRADO PÚBLICO.....	84
2.1.1 GENERALIDADES.....	84
2.1.2 ALUMBRADO DE TÚNELES.....	94
2.1.3 ILUMINACIÓN DE ÁREAS RESIDENCIALES Y PEATONALES.....	98
2.1.4 DATOS LUMINOTÉCNICOS.....	101
2.1.5 MÉTODOS DE DISEÑO.....	106
2.2 ALUMBRADO DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS.....	113
2.2.1 MÉTODOS DE CÁLCULO.....	116
2.3 ALUMBRADO DE PARQUES Y JARDINES.....	118
2.4 ALUMBRADO DE PROTECCION Y VIGILANCIA.....	120
2.5 SEÑALAMIENTO LUMINOSO DE PISTAS DE AEROPUERTOS.....	124
2.6 ILUMINACION PARA DEPORTES.....	127
2.6.1 INTRODUCCION.....	127
2.6.2 ILUMINACION DE CANCHAS.....	132
2.6.3 ILUMINACION DE ESTADIOS DE FUTBOL.....	134

CAPÍTULO III .....	139
DISEÑO DE ILUMINACION DEL ESTADIO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL . . . .	139
3.1 ESTUDIO .....	139
3.1.1 ESTUDIO DEL ESPACIO FISICO A ILUMINAR.....	139
3.1.2 ESTUDIO DE MERCADO.....	140
3.2 PLANIFICACION.....	142
3.2.1 DETERMINACION DE LA ALTURA DE MONTAJE DE LAS TORRES.....	143
3.2.2 DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION.....	144
3.2.3 SELECCIÓN DE LA DISTANCIA DESDE LA TORRE A LA CANCHA.....	145
3.3 CALCULOS DE DISEÑO.....	145
3.3.1 COEFICIENTE DE UTILIZACION .....	146
3.3.2 COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO.....	146
3.3.3 CALCULOS.....	146
3.3.4 DISTRIBUCION DE LUMINARIAS .....	148
3.4 CALCULOS DE COMPROBACION.....	148
3.4.1 NIVEL MEDIO DE LA ILUMINACION .....	148

CAPITULO IV .....	181
4.1 CONCLUSIONES.....	181
4.2 RECOMENDACIONES .....	183
BIBLIOGRAFIA .....	184

## ANEXOS

ANEXO A	
FACTORES DE REFLEXION ABSORCION Y TRANSMISION DE ALGUNOS MATERIALES	
ANEXO B	
LAMPARAS	
ANEXO C	
LAMPARAS ACTUALES	
ANEXO D	
LUMINARIAS ACTUALES	
ANEXO E	
IGNITORES Y BALASTOS	
ANEXO F	
TABLAS SOBRE NIVELES DE ILUMINACION , COEFICIENTE DE UTILIZACION Y RECOMENDACIONES PARA CUADRICULA	
ANEXO G	
SOLUCIONES PARA ILUMINAR CANCHAS DEPORTIVAS	
ANEXO H	
PLANOS Y CORTES DEL ESTADIO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL	

## GLOSARIO

## **OBJETIVO**

Dar un conocimiento claro y sencillo a estudiantes de ingeniería eléctrica sobre los sistemas de iluminación en locales abiertos, además mediante el diseño de iluminación del estadio de la Escuela Politécnica Nacional, se pretende dar una guía para un mejor aprovechamiento de los parámetros y elementos utilizados en dicho diseño.

## **INTRODUCCION**

La Luminotecnia, constituye la base del conocimiento humano sobre las instalaciones eléctricas, la iluminación de ciertos lugares, las formas de producir luz, sus controles y aplicaciones, por lo cual es necesario realizar un estudio sobre el tema.

En la actualidad la iluminación tanto de interiores como de exteriores se orienta a la disminución de costos en base a un ahorro energético.

Tomando en cuenta que dentro de la Escuela Politécnica Nacional, el uso de sus instalaciones deportivas y en especial su cancha principal de fútbol se ven restringidas en su utilización al uso de la luz natural del día, la implementación de un adecuado sistema de iluminación para la cancha, pista atlética, y graderíos es necesario con el fin de ampliar su horario de utilización.

El presente tema se justifica por cuanto mediante el mismo se puede dejar una base teórica suficientemente amplia que pueda servir como una referencia para técnicos e ingenieros que deseen ahondar en este campo.

# CAPITULO I

## INTRODUCCION

Cuando un observador se encuentra en un ambiente iluminado percibe una serie de sensaciones que le permiten distinguir y reconocer los objetos que lo rodean.

### 1.1 GENERALIDADES

#### 1.1.1 UNIDADES DE LONGITUD EMPLEADAS EN LUMINOTECNIA

En luminotecnia es importante el concepto de longitud de onda. Como la longitud de onda de las radiaciones visibles son muy pequeñas, para medidas se utilizan unidades de longitud también muy pequeñas.

$$1 \text{ micra} = 0,001 \text{ milímetros}$$

Una unidad muy utilizada en luminotecnia es la milimicra

$$\begin{aligned} 1 \text{ milimicra} &= 0,001 \text{ micra} \\ &= 0,000001 \text{ milímetros} \end{aligned}$$

Representación:

$$\text{Micra} = 1\mu$$

$$\text{Milimicra} = 1\mu\mu$$

otra unidad muy utilizada es el Angstrom

$$1 \text{ Angstrom} = 0,0000001 \text{ milímetros}$$

Representación:

$$1 \text{ Angstrom} = 1 \text{ \AA}$$

Concepto ángulo sólido.- Angulo sólido es aquel formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio R y cuya base se encuentra situada sobre la esfera. Figura 1.1.



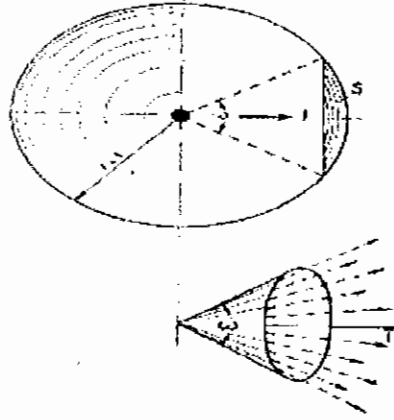


Fig.1.1:Concepto de ángulo sólido

La unidad del ángulo sólido es el estereoradián y se lo representa con la letra  $\omega$ .

Estereoradián.- Se define como el ángulo sólido formado con un cono cuya base ocupa una superficie de un  $m^2$  sobre una esfera de un metro de radio cuyo vértice coincide con el centro de la esfera.

$$S = 4\pi R^2 \quad (1.1)$$

S = superficie de la esfera [ $m^2$ ]

R = radio de la esfera [m]

Concepto de temperatura absoluta.- El coeficiente de dilatación y de contracción de los gases es  $1/273$ .

Si la temperatura desciende hasta  $-273^\circ\text{C}$ , su volumen tendría que anularse. Esta temperatura de  $-273^\circ\text{C}$  recibe el nombre de cero absoluto y es el origen de la escala absoluta o escala Kelvin.

$$T(^{\circ}\text{K})=273+(^{\circ}\text{C}) \quad (1.2)$$

### 1.1.2 LA LUZ

La luz, el calor, etc. son manifestaciones de la energía.

La luz se puede producir de varias maneras calentando hasta la incandescencia cuerpos sólidos o gases (fundamento de las lamparas de incandescencia), además se obtiene energía calórica generando esta, en forma de pérdidas. También se obtiene energía luminosa por medio de una descarga eléctrica entre dos placas de material conductor sumergido en un gas ionizado o en un vapor metálico (de mercurio, sodio, etc.) este es el fundamento de las lamparas de descarga.

Naturaleza De La Luz.- Para explicar la naturaleza de la luz se utilizará un ejemplo: Supongamos (figura 1.2) que se lanza una piedra a un estanque, se forman ondas que se propagan a lo largo y ancho del estanque, y estas ondas se amortiguan hasta desaparecer tal como se indica en la figura (1.3).

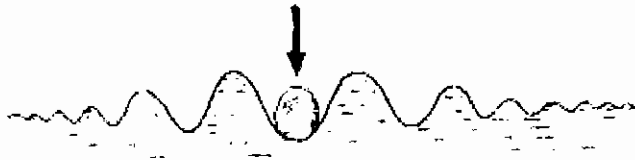


Fig.1.2 Ondas producidas en un líquido.

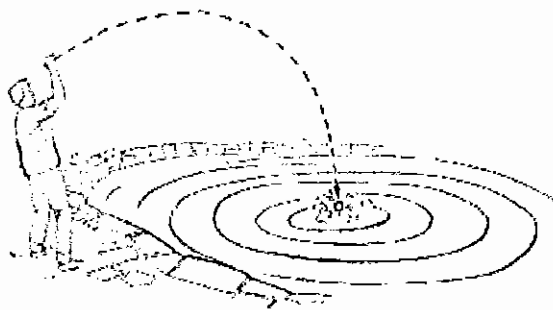


Fig.1.3 Amortiguación de las ondas producidas en líquido

El efecto del choque de la piedra sobre el agua del estanque, ha repercutido lejos y se ha notado a bastante distancia del lugar del choque.

De la misma forma un manantial luminoso emite ondas luminosas, pero a diferencia del ejemplo, no necesita de un medio material para propagarse; incluso la luz

se propaga en el vacío: que es un ambiente que no contiene ninguna sustancia líquida o gaseosa.

En el estanque las ondas se propagan sobre una superficie plana, o sea, en dos dimensiones (ancho y largo), mientras que la luz se propaga en tres dimensiones del espacio (ancho, largo y alto), lo común entre las ondas producidas en el estanque y las ondas luminosas es que en ambos casos el efecto se aprecia muy lejos en el espacio.

La luz tiene tres propiedades fundamentales:

- 1) se propaga en el vacío por medio de ondas
- 2) se propaga en todas las direcciones del espacio
- 3) se transmite a distancia.

### **1.1.3 RADIACION ELECTROMAGNETICA**

Algunos tipos de energía necesitan de un medio material para propagarse. No obstante existen otros tipos de energía que se propagan por medio de radiaciones, es decir, son perturbaciones periódicas o cíclicas del estado electromagnético. A estos tipos de energía se los llama energía radiante.

La propiedad común de las radiaciones electromagnéticas es la velocidad de propagación en el vacío, cuyo valor es 300.000Km/s. aproximadamente. Cada tipo de radiación puede distinguirse de las demás por una de las tres características que se definen a continuación.

a.- Frecuencia.- Se expresa en ciclos por segundo y se representa por medio de la letra f. Es una característica invariable.

b.- Período.- Es el tiempo que tarda una radiación en recorrer un ciclo, es también una característica invariable. Se expresa en segundos y se representa por medio de la letra T.

c.- Longitud de onda.- Es una propiedad no invariable.

Es el camino recorrido por una radiación durante un período. Más correctamente se define como la menor distancia que separa dos puntos del espacio a lo largo de la dirección de propagación. La longitud de onda se expresa en unidades de longitud y se representan por medio de la letra  $\lambda$ .

$$f = c/\lambda \quad (1.3)$$

Luminotecnia.- Es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación.

#### 1.1.4 MAGNITUDES FUNDAMENTALES

Para poder hablar de iluminación es preciso contar con la existencia de una fuente productora de luz y de un objeto a iluminar.

Flujo luminoso.- Es la energía luminosa radiada al espacio por unidad de tiempo.

El flujo luminoso de un manantial de luz, no se distribuye por igual en todas las direcciones del espacio, sino que depende del dispositivo empleado para la iluminación. En consecuencia, el flujo luminoso puede definirse también como la potencia de una energía radiante apreciada, de acuerdo con la sensación luminosa producida. Se simboliza con la letra  $\phi$ .

La unidad de flujo luminoso es el lumen (lm) y como unidad de potencia corresponde a  $1/680 \text{ W}$ , emitidos a la longitud de onda de  $5550 \text{ \AA}$ .

Intensidad Luminosa.- Es el flujo luminoso ( $\phi$ ) emitido por una fuente en una determinada dirección dividido por el ángulo sólido que lo contiene. La intensidad luminosa se expresa por medio de la fórmula:

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \quad (1.4)$$

$I$  = intensidad luminosa en la dirección considerada [cd]

$\phi$  = flujo luminoso contenido en el ángulo sólido [lm]

$\omega$  = valor del ángulo sólido [estereoradián]

Al ángulo sólido se lo define como: “un cono con base esférica, cuya unidad es el estereoradián”.

La unidad de intensidad luminosa es la candela (cd) y se define como 1/60 de la intensidad luminosa por m<sup>2</sup>.

Illuminación.- Es el flujo luminoso incidente por unidad de superficie y se simboliza por medio de la letra E. Su unidad es el lux (lx).

El lux, a su vez puede definirse como la iluminancia de una superficie de un m<sup>2</sup> cuando sobre ella incide uniformemente repartido un flujo luminoso de un lumen.

$$E = \frac{d\phi}{dS} \quad (1.5)$$

Luminancia.- Es la magnitud que mide el brillo de los objetos iluminados o fuentes de luz, tal como son observados por el ojo. Se trata en realidad de la verdadera medida de la sensación de iluminación de un objeto.

Se define la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria o secundaria.

Si el área es en m<sup>2</sup>, la luminancia se expresa en cd/m<sup>2</sup>.

Se simboliza con la letra mayúscula L.

La luminancia se considera como intensidad luminosa por unidad de superficie aparente. La luminancia se expresa con la fórmula:

$$L = \frac{I}{S} \quad (1.6)$$

Donde:

L = luminancia [cd/m<sup>2</sup>]

S = superficie [m<sup>2</sup>]

I = intensidad luminosa [lm]

## 1.1.5 RELACIONES Y LEYES FUNDAMENTALES

### 1.1.5.1 Ley fundamental de la iluminación.

La intensidad luminosa de un manantial luminoso viene dado por:

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \quad (1.7)$$

de donde  $d\phi = Id\omega$

La iluminación viene definida por:

$$E = \frac{d\phi}{dS}$$

La superficie esférica viene dada por:

$$dS = r^2 \cdot d\omega \quad \text{o} \quad dS = d^2 \cdot d\omega$$

$$\text{de donde } d\omega = \frac{dS}{r^2} \quad \text{o} \quad d\omega = \frac{dS}{d^2}$$

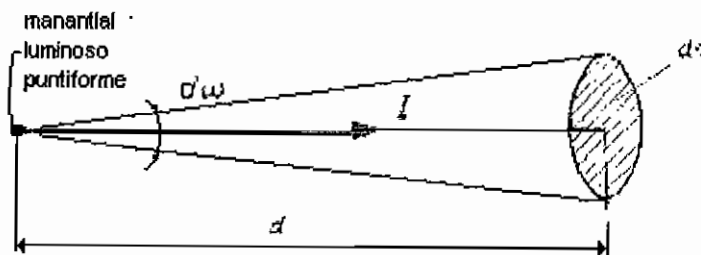


Fig. 1.4 Figura ilustrativa de la ley fundamental de la iluminación.

En la figura se considera un manantial luminoso puntiforme.

La iluminación valdrá:

$$E = \frac{d\phi}{dS}$$

$$E = \frac{I \cdot d\omega}{dS}$$

Reemplazando  $d\omega = \frac{dS}{d^2}$  en la ecuación anterior tenemos:

$$E = \frac{I \cdot dS}{d^2 \cdot dS} = \frac{I}{d^2} \quad (1.8)$$

en donde : E= iluminación [lx]

I= intensidad luminosa [cd]

d = distancia desde el manantial luminoso hasta el área iluminada [m]

La ley fundamental dice:

La iluminación de una superficie es directamente proporcional a la intensidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

Observación: Esta ley solo puede aplicarse directa en caso de manantiales luminosos puntiformes. En la práctica se puede considerar a una superficie luminosa como si fuera un manantial puntiforme, cuando la distancia a dicha superficie luminosa es diez veces mayor que el diámetro de la superficie luminosa, o si fuera de forma irregular su mayor dimensión transversal. En la práctica la aplicación de esta ley conduce a un error menor al 1% que tiende a cero, cuando la distancia entre la superficie luminosa y la superficie iluminada aumenta.

#### 1.1.5.2 Ley del coseno

En la figura 1.5, Se representa una superficie que recibe un flujo luminoso uniforme  $\phi$  procedente de un manantial de luz; esta superficie es perpendicular a la dirección del flujo y su iluminación cómo se sabe es equivalente a

$$E = \frac{\phi}{S}$$

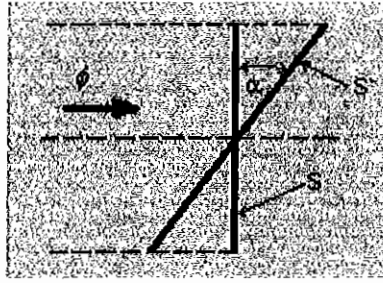


Fig.1.5 Ley del coseno.

la superficie  $S'$ , vale.

$$S' = \frac{S}{\cos \alpha} \quad (1.9)$$

La ecuación anterior se deduce del siguiente gráfico (fig. 1.6)

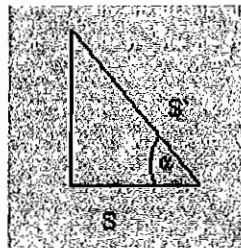


Fig. 1.6 Gráfico para determinar  $S'$  en función de  $S$ .

Además recibe el mismo flujo luminoso  $\phi$ , por tanto la iluminación será:

$$E' = \frac{\phi}{S} \cdot \cos \alpha \quad (1.10)$$

Recordando la ley fundamental de la iluminación queda

$$\Rightarrow E' = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \alpha \quad (1.11)$$

La ley del coseno dice:

La iluminación es proporcional al coseno del ángulo de incidencia de los rayos luminosos en el punto iluminado.



El ángulo de incidencia, es el formado entre la dirección de los rayos luminosos y la perpendicular a la superficie en el punto de incidencia.

### 1.1.5.3 Ley de la inversa del cuadrado de las distancias

Esta ley es consecuencia de la ley fundamental ya estudiada anteriormente.

En la figura 1.7, L representa un manantial luminoso. La iluminación en A1 será:

$$E_1 = \frac{I}{d_1^2} \cdot \cos \alpha \quad (1.12)$$

y en A<sub>2</sub> con distancia d<sub>2</sub>, será

$$E_2 = \frac{I}{d_2^2} \cdot \cos \alpha \quad (1.13)$$

De 1.12 se obtiene

$$I \cdot \cos \alpha = E_1 \cdot d_1^2 \quad (1.14)$$

y de 1.13 se obtiene

$$I \cdot \cos \alpha = E_2 \cdot d_2^2 \quad (1.15)$$

igualando las ecuaciones 1.14 y 1.15 queda

$$E_1 \cdot d_1^2 = E_2 \cdot d_2^2 \quad (1.16)$$

de donde se obtiene que

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad (1.17)$$

La ley de la inversa del cuadrado de las distancias dice:

Para un mismo manantial luminoso las iluminaciones en diferentes superficies son: inversamente proporcionales al cuadrado de las distancias a dicho manantial.

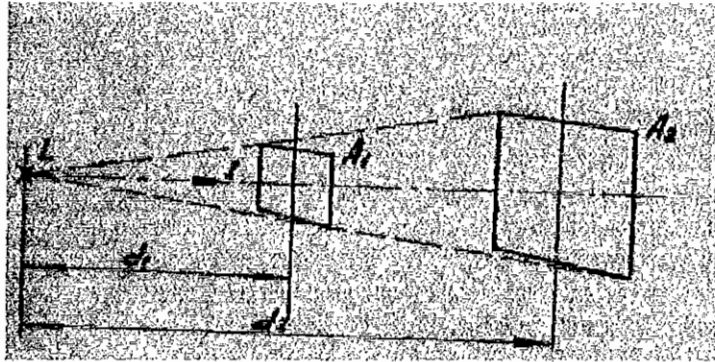


Fig. 1.7 Ley de la inversa del cuadrado de las distancias.

#### 1.1.5.4 Ley de Lambert.

Esta ley dice:

Una superficie luminosa considerada como un punto, siempre que sea efectivamente pequeña, presenta un brillo constante, cualquiera que sea la dirección que se considere.

Esta ley puede aplicarse también a los manantiales luminosos secundarios, que al ser iluminados por un manantial luminoso primario emiten luz por reflexión siempre que presenten una difusión perfecta.

Esta ley se demuestra utilizando la figura 1.8. En esta figura se representa un manantial luminoso que emite luz por una superficie pequeña  $dS$ . La intensidad luminosa  $I_{\max}$  corresponde a la dirección perpendicular a la superficie  $dS$ , cuando  $\alpha$  vale 0 y entonces el  $\text{Cos } \alpha$  vale 1.

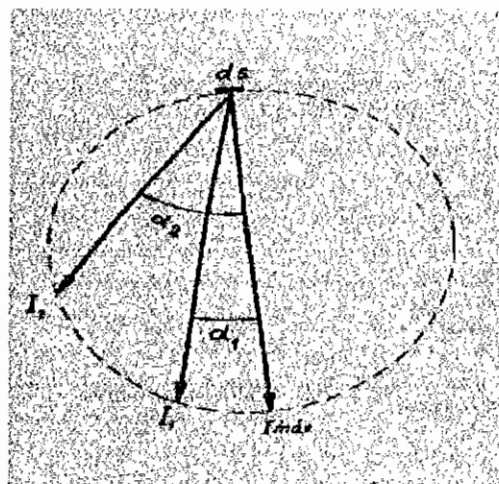


Fig.1.8 Ley de Lambert.

Las intensidades luminosas según otros ángulos, de acuerdo con la ley del coseno, se expresan:

$$\begin{aligned} I_1 &= I_{max} \cdot \cos \alpha_1 \\ I_2 &= I_{max} \cdot \cos \alpha_2 \\ I &= I_{max} \cdot \cos \alpha \end{aligned}$$

Sabemos por ecuación 1.6 que:

$$\begin{aligned} L &= \frac{I}{S} \\ L &= \frac{I}{ds \cdot \cos \alpha} \end{aligned} \quad (1.18)$$

Finalmente las luminancias  $L_1, L_2, L_3, \dots, L$  se expresan de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} L_1 &= \frac{I_1}{dS \cdot \cos \alpha_1} = \frac{I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \alpha_1}{dS \cdot \cos \alpha_1} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{dS} \\ L_2 &= \frac{I_2}{dS \cdot \cos \alpha_2} = \frac{I_{m\acute{a}x} \cdot \cos \alpha_2}{dS \cdot \cos \alpha_2} = \frac{I_{m\acute{a}x}}{dS} \end{aligned}$$

$$L = \frac{I_{m\acute{a}x}}{dS} \quad (1.19)$$

Por lo tanto  $L_1=L_2=L_3=\dots=L$ =constante.

### 1.1.6 CONTROL DE LA LUZ

El control de luz se hace necesario por que los manantiales de luz no realizan una distribución del flujo luminoso que permita aplicaciones directas.

La modificación de las características luminosas de un manantial luminoso, para aplicaciones eficientes de luz emitida, puede realizarse aprovechando uno o varios fenómenos físicos que se citan a continuación:

- a) Reflexión
- b) Refracción
- c) Absorción
- d) Transmisión
- e) Difusión

Reflexión.- Cuando la luz incide sobre la superficie y esta, es devuelta se dice que la luz se refleja.

La reflexión de la luz depende de las siguientes circunstancias:

- a) Una superficie lisa refleja mejor la luz que una superficie rugosa.
- b) Angulo de incidencia de los rayos luminosos
- c) La luz blanca se refleja mejor que la luz coloreada.

La ley fundamental de la reflexión de la luz dice:

El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

$\alpha$  = ángulo de incidencia.

$\beta$  = ángulo de reflexión

$$\alpha = \beta$$

$r_i$  = rayo incidente

$r_r$  = rayo reflejado

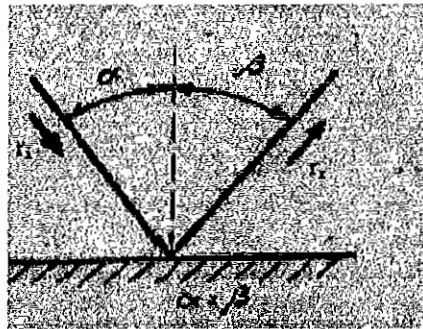


Fig.1.9 Ley fundamental de la reflexión de la luz.

La ley fundamental solo se cumple en forma teórica, ya que es válida sólo para superficies lisas y brillantes tales como por ej.: la de un espejo, esta reflexión se llama dirigida o especular.

Cuando al incidir el rayo luminoso sobre una superficie rugosa y brillante, a cada rayo incidente corresponderán varios rayos reflejados, esto cumple aproximadamente con la ley fundamental de la reflexión. A esta reflexión se le llama reflexión semidirigida ( figura 1.10).

$r_i$  = rayo incidente

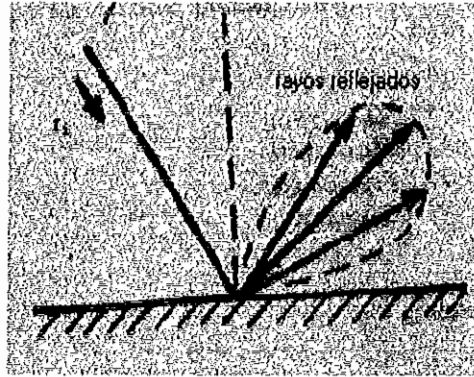


Fig.1.10 Reflexión semidirigida

Finalmente cuando al incidir el rayo luminoso sobre una superficie rugosa y mate, por ejemplo: un trozo de tela blanca, el rayo incidente se refleja por igual en todas las direcciones del espacio y en consecuencia no cumple con la ley fundamental de la reflexión. A esta reflexión se le llama reflexión difusa (figura 1.11).

$r_i$  = rayo incidente

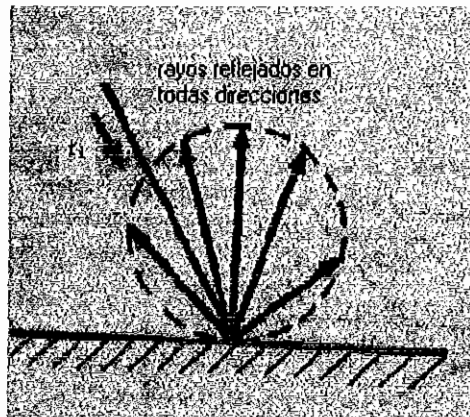


Fig.1.11 Reflexión difusa.

La reflexión especular proporciona una luminancia máxima en la dirección del rayo reflejado, y nula en las demás direcciones del espacio.

La reflexión difusa proporciona una luminancia constante en cualquier dirección del espacio, pero de menor valor que la proporcionada por la reflexión dirigida.

Con la reflexión difusa se evita el efecto de deslumbramiento (será estudiado mas adelante).

En la reflexión difusa cualquier superficie reflectora aparece como un disco luminoso de igual luminancia en todas las direcciones.

Refracción.- La dirección de los rayos luminosos queda modificada al pasar de un medio a otro de diferente densidad, este fenómeno físico se llama refracción.

La ley fundamental de la refracción dice (figura 1.12)

La razón de los índices de refracción de ambos medios es igual a la razón de los senos de los ángulos de incidencia y de refracción:

$i$  = ángulo de incidencia

$r$  = ángulo de refracción

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} \quad (1.20)$$

$n_1$  = aire

$n_2$  = medio diferente al aire (vidrio)

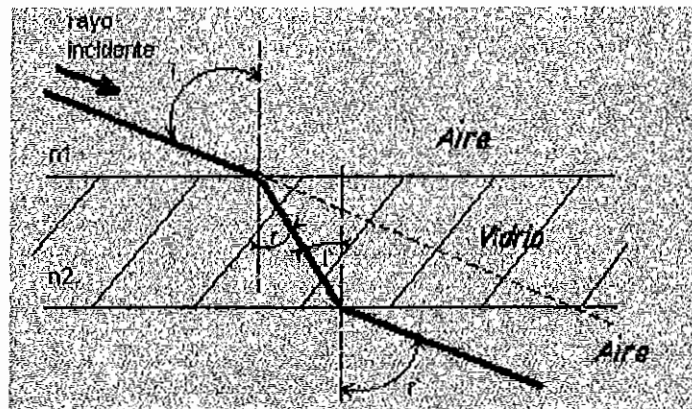


Fig.1.12 Ley fundamental de la refracción de la luz.

Índice de refracción: es la relación de la velocidad de la luz a través del aire y su velocidad a través del medio o sustancia correspondiente, a propósito el índice de refracción del aire es la unidad.

$$n = \frac{v_a}{v_m} \quad (1.21)$$

donde:

$n$  = índice de refracción

$v_a$  = velocidad de la luz a través del aire

$v_m$  = velocidad de la luz a través de cualquier medio (ej. vidrio)

Si  $n = n_1 = 1$  (aire)

Entonces de la ecuación 1.20 se tiene que:

$$n_2 = \frac{\text{sen } i}{\text{sen } r} \quad (1.22)$$

MATERIAL	INDICE DE REFRACCIÓN
Aire	1
Agua	1,33
Vidrio Común	1,5 a 1,54
Cristal	1,56 a 1,78

Tabla 1.1 Indices de Refracción

Absorción.- En un fenómeno de reflexión de luz, no todo el flujo luminoso que incide sobre los cuerpos se refleja, parte de este flujo luminoso es absorbido en mayor o menor proporción según los materiales componentes de cada cuerpo; a este fenómeno se lo llama adsorción.

La consecuencia mas interesante del fenómeno de absorción, es el color de los cuerpos. Si el cuerpo es de color blanco, quiere decir que la luz blanca al incidir sobre el, se refleja enteramente sin haber absorción; mientras que por el contrario los cuerpos negros absorben por completo la luz blanca sin reflexión, y si es de color gris parte de la luz blanca es reflejada y parte es absorbida.

Transmisión.- Al pasar los rayos luminosos a través de los cuerpos transparentes o traslúcidos se dice que estos rayos han sido transmitidos.

Si el rayo luminoso sufre variación debido a la refracción normal esta se llama transmisión dirigida como en la figura 1.13.

Este proceso se consigue utilizando cristales claros (es decir transparentes).

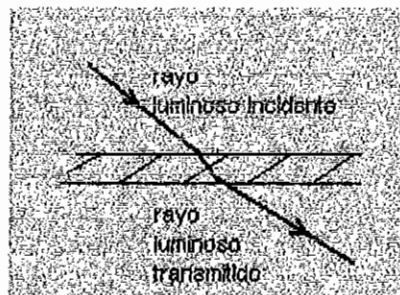


Fig.1.13 Transmisión dirigida.

Cuando al incidir el rayo luminoso, y si este, queda dispersado al chocar con el material de manera que queda iluminada uniformemente toda la superficie, se llama transmisión de luz difusa (figura 1.14). Esta transmisión difusa se puede conseguir utilizando: cristales opalinos, mateados, etc., que se llaman cuerpos traslúcidos.

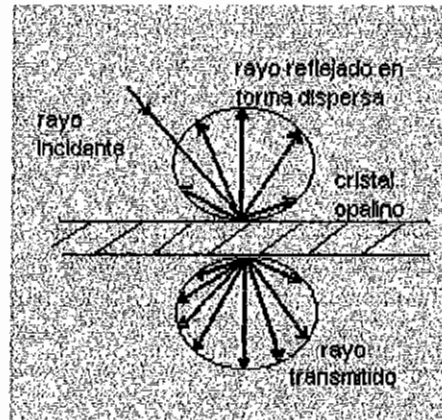


Fig.1.14 Transmisión difusa.

Difusión.- Debido a que, la rugosidad de la superficie que refleja o en su caso que transmite el flujo luminoso, al incidir este sobre ella hace que se esparza en todas las direcciones del espacio, a este fenómeno se lo denomina difusión. Una superficie perfectamente difusora tiene la misma luminancia en cualquier dirección del espacio, o sea que sigue la ley de Lambert.

Relaciones entre reflexión, absorción y transmisión luminosas.- Cuando se ilumina una superficie una parte del flujo se refleja, otra parte atraviesa la superficie y queda absorbida por el cuerpo y finalmente una tercera parte se transmite a través del cuerpo. En consecuencia los tres fenómenos reflexión, absorción y transmisión están íntimamente ligados.

Flujo luminoso total = Flujo luminoso reflejado + flujo luminoso absorbido + flujo luminoso transmitido.

### Consideraciones

1.-En los cuerpos opacos, el flujo luminoso transmitido es nulo, debido a que los cuerpos opacos no dejan pasar la luz.



- 2.- No existen en la práctica cuerpos reflectantes puros, el cuerpo mas reflectante es la plata pulida, aún en este caso el flujo luminoso queda absorbido.
- 3.- Según estas aplicaciones los cuerpos iluminados se convierten en fuentes luminosas secundarias o virtuales.

$\phi_O$  = flujo luminoso total o incidente.

$\phi_R$  = flujo luminoso reflejado

$\phi_A$  = flujo luminoso absorbido

$\phi_T$  = flujo luminoso transmitido

$$\phi_O = \phi_R + \phi_A + \phi_T \quad (1.23)$$

factor de reflexión( $\rho$ ) es la relación entre el flujo reflejado y el incidente.

$$\rho = \frac{\phi_R}{\phi_O} \quad (1.24)$$

factor de absorción( $\alpha$ ), es la relación entre el flujo absorbido y el flujo incidente:

$$\alpha = \frac{\phi_A}{\phi_O} \quad (1.25)$$

factor de transmisión( $\tau$ ), es la relación entre el flujo transmitido y el flujo incidente:

$$\tau = \frac{\phi_T}{\phi_O} \quad (1.26)$$

Multiplicando y dividiendo por  $\phi_O$  en la ecuación (1.23)

$$\phi_O = \frac{\phi_R}{\phi_O} \cdot \phi_O + \frac{\phi_A}{\phi_O} \cdot \phi_O + \frac{\phi_T}{\phi_O} \cdot \phi_O \quad (1.27)$$

Reemplazando las relaciones (1.24) (1.25) (1.26)

$$\phi_O = \rho \cdot \phi_O + \alpha \cdot \phi_O + \tau \cdot \phi_O \quad (1.28)$$

Dividiendo la ecuación (1.28) para  $\phi_0$ , obtendremos

$$1 = \rho + \alpha + \tau \quad (1.29)$$

Ejemplo: En el Anexo A, tabla A., se puede ver factores de reflexión, absorción y transmisión de algunos materiales.

## 1.1.7 REPRESENTACIONES GRÁFICAS

### 1.1.7.1 Curvas de distribución luminosa:

Es la representación gráfica de las medidas de las intensidades luminosas efectuadas del centro de la luminaria. Para realizar estas mediciones se utilizan aparatos llamados goniofotómetros, cuya misión consiste en sostener a las luminarias y hacerlas girar en distintas direcciones, de forma que el centro de giro coincida con el centro óptico de dichas luminarias. Las medidas suelen representarse sobre un sistema de coordenadas polares, indicando la distancia entre un punto cualquiera y el centro.

En los aparatos cuya distribución es muy intensiva es mas conveniente utilizar diagramas de coordenadas cartesianas o rectangulares.

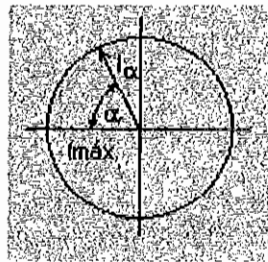


Fig. 1.15 curva de distribución luminosa de un manantial luminoso puntiforme

Un manantial luminoso puntiforme o una pequeña esfera luminosa radiaran flujo luminoso con igual intensidad en todas direcciones del espacio. Su curva de distribución luminosa será un círculo cuyo radio será  $I$  = intensidad luminosa (figura 1.15), esto es un caso virtual porque en la práctica no existen manantiales luminosos puntiformes. Por ejemplo, en la figura 1.16 se representa la curva de distribución luminosa de un manantial luminoso en forma de superficie plana, la intensidad luminosa máxima se la representa con  $I_{máx}$ .

$$I_{\alpha} = I_{máx} \cdot \cos \alpha$$

(1.30)

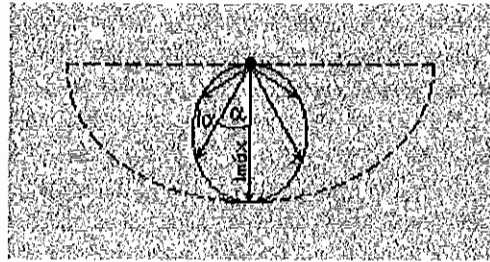


Fig.1.16 Curva de distribución luminosa de un manantial luminoso en forma de superficie plana.

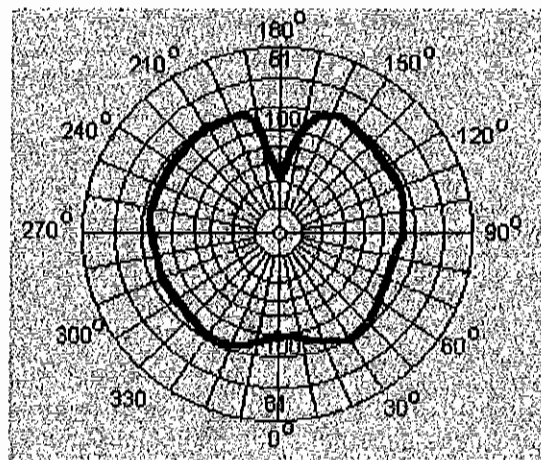


Fig.1.17 Curva de distribución luminosa en el plano vertical.

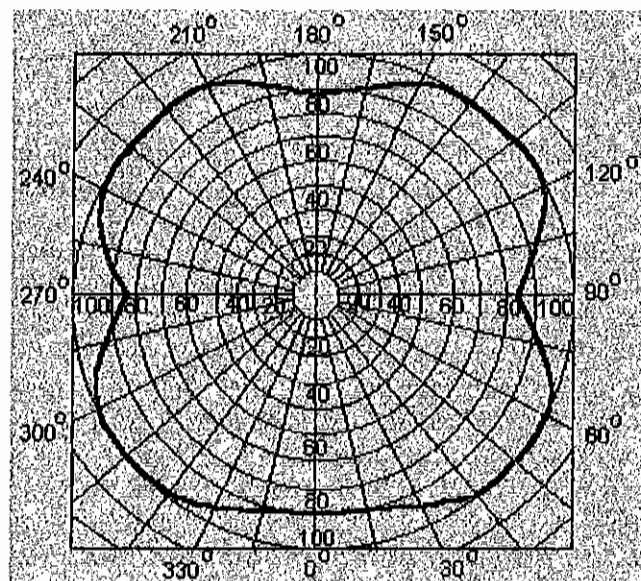


Fig.1.18 Curva de distribución luminosa en un plano horizontal.

Otro ejemplo de distribución luminosa se representa en la figura 1.17.

También se puede obtener la curva de distribución luminosa en el plano horizontal, como la representada en la figura 1.18.

A las curvas de distribución luminosa se las llama también curvas fotométricas.

Si la curva de distribución luminosa es simétrica, basta con suministrar la media curva de distribución luminosa.

En los manantiales luminosos representados anteriormente sus curvas de distribución luminosa son simétricas. Pero hay manantiales luminosos cuya distribución luminosa no es simétrica por ejemplo: en la figura 1.19 se representa la distribución luminosa correspondiente a una lámpara tubular de vapor de sodio.

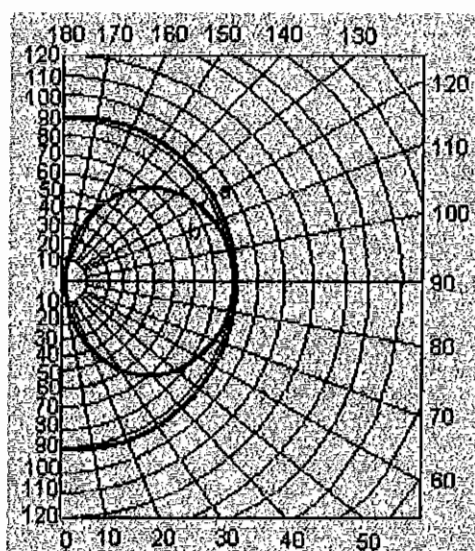


Fig.1.19 Curvas fotométricas de una lámpara fluorescente.

a.- curva circular que corresponde al plano perpendicular al eje de la lámpara.

b.- Curva que corresponde al plano del eje de la lámpara.

### 1.1.7.2 Curvas de iluminación del suelo.

Para tener idea sobre la iluminación horizontal producida por un manantial luminoso se traza la llamada curva de iluminación del suelo, (figura 1.20). Mediante la fórmula:

$$E_{hor} = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} \quad (1.31)$$

De donde:

$E_{hor.}$  = iluminación horizontal [lx].

$I_{\alpha}$  = intensidad luminosa [cd]

$h$  = altura [m]

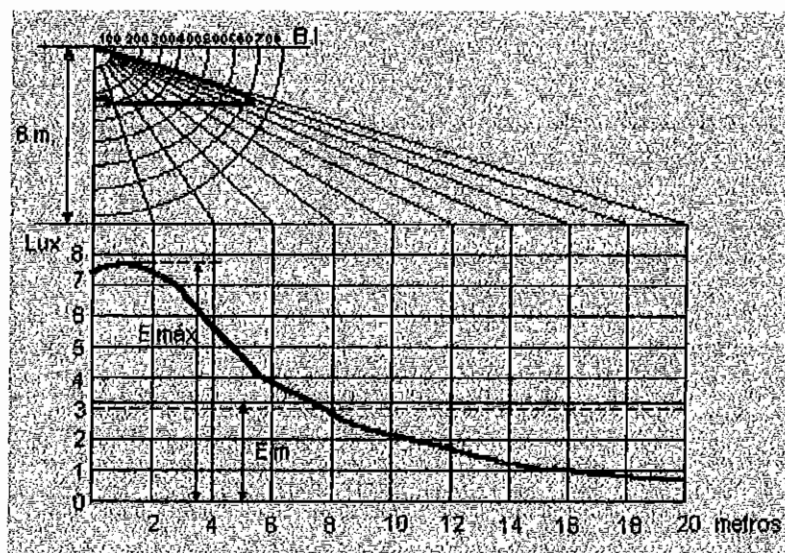


Fig.1.20 Curva de iluminación del suelo con un solo manantial luminoso.

Para trazar esta curva partimos, de la curva fotométrica para 1000 lúmenes (figura 1.21).

Para realizar los cálculos de la iluminación horizontal, se utilizan intensidades luminosas bajo los siguientes ángulos:  $0^\circ$ ,  $18^\circ$ ,  $33^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $53^\circ$ ,  $58^\circ$ ,  $64^\circ$ ,  $67^\circ$ ,  $69^\circ$ ,  $71^\circ$  y  $73^\circ$ , y además una altura de 6 metros.

Los valores de la iluminación se toman desde el pie del foco a distancias de: 2, 4, 6, 8 ... hasta 20 metros. Las distancias se ubican en el eje de las abscisas y los valores de la iluminación en el eje de las ordenadas.

Al unir los puntos se obtiene la curva de iluminación del suelo.

La línea de trazos horizontal indica el valor de la iluminación media  $E_m$ . Y el máximo valor de iluminación corresponde a  $E_{máx}$  en el gráfico:

$E_m$ : iluminación media [lx]

$E_{máx}$ : iluminación máxima [lx]

$$E_m = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n}$$

Siendo:

$E_i$ : iluminaciones horizontales

$n$ : número de iluminaciones horizontales

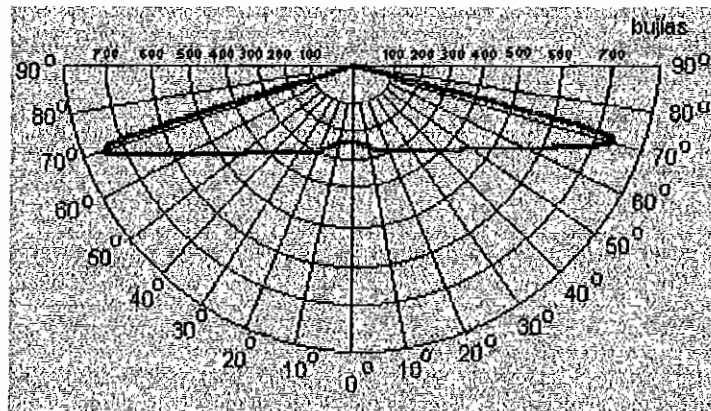


Fig. 1.21 Curva fotométrica para 1000 lúmenes.

## 1.1.8 FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS DE LA LUMINOTECNIA

### 1.1.8.1 El ojo humano

Es el órgano fisiológico mediante el cual se realizan las sensaciones de luz y de color. Tiene un funcionamiento similar al de una cámara fotográfica.

En la figura 1.22 con un corte longitudinal esquemático, se puede observar las partes constitutivas del ojo.

- 1.- Una membrana transparente situada en la parte anterior del ojo y llamada córnea (1), 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 (2) que cierra el globo ocular.
- 2.- Detrás de la córnea se encuentra el iris (3) que gradúa automáticamente la entrada de la luz al ojo, tiene una perforación circular por la que penetra la luz hacia el interior que se llama pupila (4).

3.- Inmediatamente detrás del iris está el cristalino (5) que es una membrana también transparente, cuya función es enfocar los rayos luminosos sobre la retina (6), por medio de los músculos ciliares. (7) puede variar su curvatura, acomodando automáticamente la visión para distancias diferentes, el cristalino se extiende internamente con una membrana llamada coroides(8), sobre ella está la parte más sensible del ojo que es la retina (6)..

4.- Sobre la coroides se extiende la retina; sobre ella se forman las imágenes que quedan impresas de forma semejante a la imágenes de una película fotográfica, la retina puede regenerarse continuamente.

5.- Las imágenes de la retina pasan al nervio óptico (9) que las conduce al cerebro y este es el encargado de interpretar las imágenes percibidas.

La retina contienen células nerviosas especiales de dos tipos:

- a) bastoncillos
- b) conos

A cada fibra nerviosa corresponde unos 100 bastoncillos y unos 8 conos:

Los bastoncillos son sensibles a la energía luminosa y casi insensibles al calor en cambio los conos son sensibles al color pero casi insensibles a la energía luminosa.

Los conos se encuentran mayoritariamente concentrados en el centro de las retinas mientras que los bastoncillos se concentran en la periferia de la retina. En la retina existen dos pequeñas zonas que describiremos a continuación:

a) La fovea.- Zona de reducidas dimensiones que contiene exclusivamente conos sobre los que se proyectan las imágenes y en la que la visión del color es perfecta.

b) El punto ciego.- Zona de la que parte el nervio óptico y que no contiene ni conos ni bastoncillos.

Como conclusión se determina que la visión a la luz de día o visión fotópica intervienen bastoncillos y conos, mientras que en la visión nocturna o visión escotópica intervienen los bastoncillos exclusivamente..

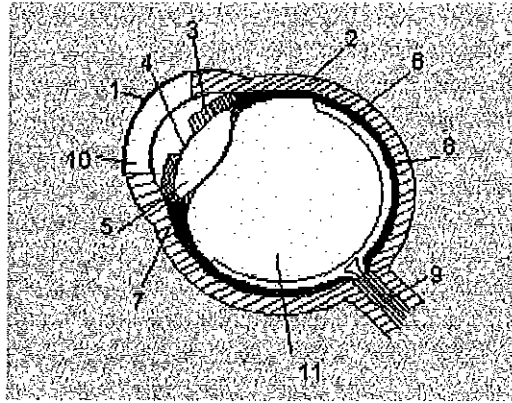


Fig.1.22 Constitución anatómica del ojo humano.

### 1.1.8.2 Características del proceso de la visión.

En el proceso de la visión: primero, el objeto que se desea ver debe estar situado dentro del campo visual. En el hombre el campo visual es limitado por un ángulo de  $2 \times 50^\circ$  en sentido vertical y de  $2 \times 90^\circ$  en sentido horizontal.

Formación de las imágenes en el ojo.- Cuando los objetos que nos rodean son luminosos por sí mismos o están iluminados, parten de ellos rayos luminosos que atravesando la córnea llegan al interior del ojo. Los rayos que llegan a la pupila pasan al cristalino donde se refractan y se dirigen a la retina. Esta refracción se realiza como en la figura 1.23. Luego los rayos luminosos se vuelven a encontrar en otro punto de la retina, esta imagen es mas pequeña y se halla invertida, finalmente esta imagen pasa a través del nervio óptico hasta el cerebro, que es el que interpreta correctamente los datos recibidos.

Acomodación.- El ojo se acomoda automáticamente a las diversas distancias donde se encuentran los objetos de forma que estos se reciben en la retina bien nítidos, esto se consigue por acción involuntaria de los músculos ciliares sobre el cristalino que se hace más o menos convexo, según la distancia en que se encuentren los objetos a ser percibidos.

Adaptación.- El ojo humano tiene la propiedad de ajustarse automáticamente a la iluminación en cada caso particular. Si el ojo se encuentra sometido a una luz intensa, la



pupila se contrae reduciendo el paso de los rayos de luz , en cambio en la oscuridad la pupila se dilata con el objeto de captar la mayor cantidad de energía luminosa.

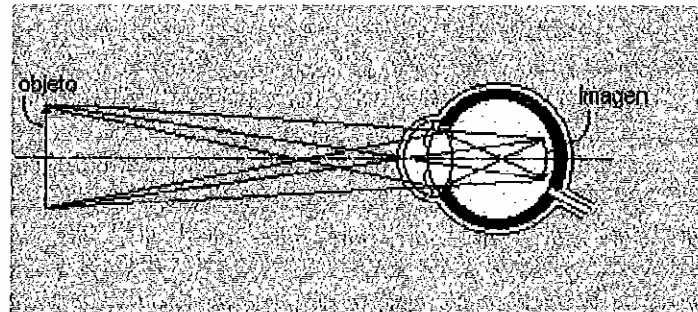


Fig.1.23 Formación de las imágenes en el ojo humano.

De esta forma se regula automáticamente la intensidad de las sensaciones luminosas, sobre la retina consiguiendo que las imágenes se formen de manera más nítida.

La acomodación y la adaptación se realizan simultáneamente y dentro de los límites impuestos por la naturaleza en el proceso de la visión.

### 1.1.8.3 Agudeza visual.

La agudeza visual es la facultad de distinguir los detalles de los objetos. Para atender mejor esta definición utilizaremos el siguiente ejemplo: figura 1.24. Las barras de E tienen el mismo grueso que los espacios en blanco, por tanto, un observador O percibe las barras como el espacio en blanco, con el mismo ángulo. A medida que la distancia  $d$  aumenta, la letra E será confusa e ilegible.

La máxima distancia a la que la letra se percibe confusamente será 3333 veces la altura  $h$  de las barras.

Como se puede observar el ángulo  $\alpha$  es función del grueso  $h$ , entonces si se aumenta el valor de  $h$  también se debe aumentar el valor del ángulo  $\alpha$ .

La agudeza visual es el recíproco del ángulo  $\alpha$ .

$$S = \frac{1}{\alpha} \quad (1.32)$$

Si  $\alpha = 1$  minuto de arco entonces  $S=1^\circ$

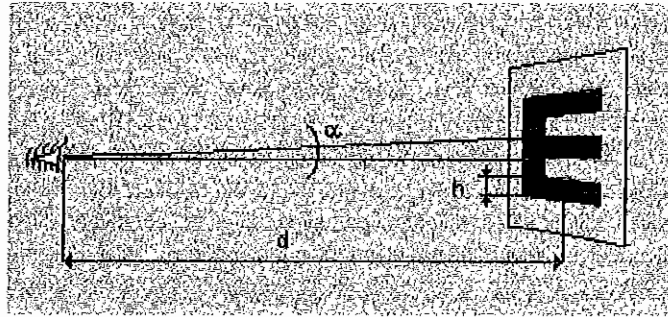


Fig.1.24 Concepto de agudeza visual.

Por regla general, una agudeza visual es normal cuando vale 1, pero existen personas jóvenes que pueden tener una agudeza visual mayor.

La agudeza visual disminuye con varios factores, tales como: la edad, el deslumbramiento, o contrastes fuertes de color con la luminancia en el campo visual. Si la luminancia es menor la agudeza visual también será menor.

Para observar mejor un objeto, se debe tener la siguiente serie de contraste de colores:

1. Negro sobre amarillo
2. Verde sobre blanco
3. Rojo sobre blanco
4. Azul sobre blanco
5. Blanco sobre azul
6. Negro sobre blanco
7. Amarillo sobre negro
8. Blanco sobre rojo
9. Blanco sobre verde
10. Blanco sobre negro

#### 1.1.8.4 Sensibilidad diferencial

El ojo humano es una maravillosa máquina óptica, pero falla cuando se trata de comparar intensidades luminosas de dos manantiales distintos entre sí. Es difícil que alguna persona pueda dar un valor aproximado en candelas de un manantial luminoso.

En cuanto a los valores de iluminación en luxes tampoco el ojo humano puede dar un valor aproximado.

Por otro lado el ojo si puede percibir con bastante exactitud, si dos superficies contiguas están o no están igualmente iluminadas esto es posible percibir por contraste.

Si se tiene dos superficies contiguas igualmente iluminadas y se modifica ligeramente el nivel de iluminación de una de ellas, al inicio el ojo no aprecia esta variación y continúa percibiendo como si las superficies estuvieran iluminadas igualmente. Cuando la diferencia de iluminación de las dos superficies alcanza un valor llamado umbral de percepción se hace perceptible que una superficie está más iluminada que la otra, esta percepción se llama “valor límite de la diferencia de iluminación”.

Ley de Fechner.- Esta ley nos dice:

Las sensaciones son proporcionales a los logaritmos de los estímulos.

Esta es una ley logarítmica y se expresa como:

$$\varepsilon = k \cdot \log \frac{E}{E_0} \quad (1.33)$$

$\varepsilon$  = intensidad de la sensación [#]

$E$  = valor de la iluminación [lx]

$E_0$  = valor mínimo de iluminación [lx]

$k$  = Constante de proporcionalidad [#]

### 1.1.9 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA PERCEPCIÓN VISUAL.

Anteriormente fueron definidas las magnitudes físicas fundamentales tales como: flujo luminoso, intensidad luminosa, iluminación, radiancia y luminancia que hacen posible la percepción de la luz.

Sin embargo el ojo solo puede percibir una de estas magnitudes que es la luminancia. Pero la luminancia está relacionada con las demás magnitudes, por lo cual la percepción de la luz, es la percepción de las diferencias de luminancia.

Brillo.- Es la sensación producida en el ojo humano debido a las diferencias de luminancia de los objetos iluminados o luminosos. Podemos considerar dos tipos de brillo:

1.-Brillo directo.- Es el brillo de un manantial luminoso Ejm.: el brillo de una lámpara fluorescente.

2.-Brillo reflejado.- Es el brillo que se produce cuando incide el flujo luminoso sobre una superficie brillante: Ejm.: el brillo de un espejo intensamente iluminado.

El brillo es directamente proporcional a la intensidad luminosa de un manantial e inversamente proporcional a la superficie de la fuente luminosa emisora ( caso del brillo directo ) o a la superficie que refleja la luz incidente ( caso de brillo reflejado ):

Como conclusión, los cuerpos con reflexión especular son mucho mas brillantes que los cuerpos con reflexión difusa. Por esta razón un cuerpo metálico ( reflexión especular ) es mas brillante que una pieza de tela ( reflexión difusa ).

Deslumbramiento.- El concepto de deslumbramiento está íntimamente relacionado con las diferencias de brillo. Se presenta este fenómeno cuando en el campo de la visión hay objetos iluminados o luminosos con grandes diferencias de brillo, por ejm: en una habitación a oscuras, la luz directa de una lámpara de incandescencia de 50 W produce deslumbramiento mientras que en una habitación bien iluminada, la misma lámpara no provocará este fenómeno.

Casos de deslumbramiento:

1.- Brillo excesivo de un manantial luminoso

2.- Ubicación inadecuada de manantiales luminosos de brillo intenso, es decir, cercanos al órgano visual del observador.

Para evitar el deslumbramiento por esta causa se debe definir el ángulo límite (figura 1.25). Este ángulo está formado por la dirección visual horizontal y la dirección de la visual al foco luminoso.

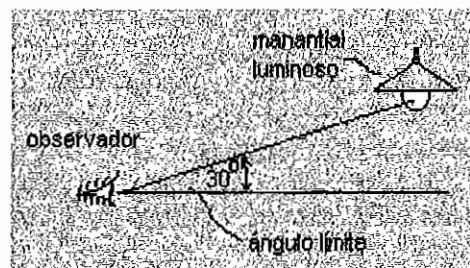


Fig.1.25 Concepto de ángulo límite.

Para evitar el deslumbramiento el ángulo límite ha de ser superior a  $30^\circ$  tal como en la figura 1.25.

Las lámparas de luminancia que se ubican en ángulos menores a  $30^\circ$  deben protegerse con globos reflectores, difusores, etc. hasta que su luminancia alcance el límite admisible:

3.- Contrastes excesivos de luz y sombras en el campo visual

4.- Brillo producido por reflexión especular en superficies metálicas o muy pulimentadas.

El deslumbramiento produce:

1.- Disminución de la percepción visual. Cuando el observador concentra su atención en el objeto más brillante, y no toma en cuenta a los demás.

2.- Efectos desagradables a la vista

3.- Fatiga visual

4.- Dar un aspecto equivocado a los objetos más iluminados:

El deslumbramiento se puede evitar con los siguientes pasos:

a) No deben entrar en el campo visual del observador objetos brillantes; y si no es posible se debe conseguir que los manantiales luminosos queden por encima del ángulo límite.

b) También se debe evitar los deslumbramientos reflejados.

Para ello se deben situar los manantiales luminosos de tal manera que los rayos no lleguen a los ojos del observador.

Para evitar el deslumbramiento, las máximas relaciones de luminancias admisibles en el campo visual del observador serán:

Entre la tarea visual y la superficie de trabajo 3:1.

Entre la tarea visual y el espacio circundante 10:1.

Entre el manantial luminoso y el fondo 20:1.

Máxima relación de luminancia en el campo visual 40:1.

Percepción de formas plásticas.- Para que los objetos en el campo visual den una sensación tridimensional o plástica, es necesario que existan sombras o zonas de menos iluminación.

En las figuras 1.26 y 1.27 se representan las diferencias en la percepción de las formas plásticas en las cornisas de yeso, según la clase de iluminación.

En la figura 1.26 se ilumina las cornisas desde la parte anterior, la sensación que se produce es que existe un solo plano, es decir, no se percibe el relieve debido a la ausencia de sombras.

En cambio, en la figura 1.27 se iluminan las cornisas desde la izquierda y por arriba, entonces aparecen sombras y contrastes de brillo entre las superficies mas iluminadas y las menos iluminadas, produciendo la sensación de relieve entonces las cornisas se perciben en tres dimensiones.

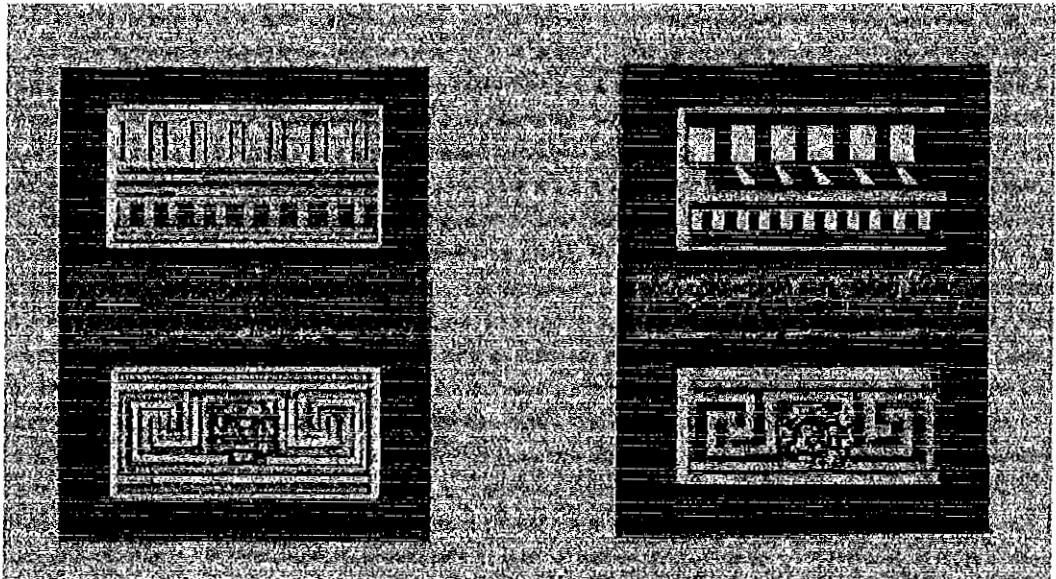


Fig.1.26 Iluminación de cornisas con luz frontal.

Fig.1.27 Iluminación de cornisas con luz horizontal.

Para estudiar las diferentes formas de iluminar un objeto utilizaremos la figura 1.28.

a) Con iluminación difusa, es difícil distinguir adecuadamente al objeto, ya que se ve plano.

b) con un solo foco luminoso luz direccional, foco ubicado a la izquierda del cono, el objeto se distingue pero con una forma tosca y dura, poco agradable a la vista.

c) Combinando. a) y b) luz difusa y superponiendo una iluminación complementaria unidireccional, resulta ideal, porque se puede distinguir la forma adecuada del cono.

d) iluminación direccional desde varias direcciones, la forma del objeto es confusa y con muchas sombras, debido al apareamiento de reflejos en todo su entorno.

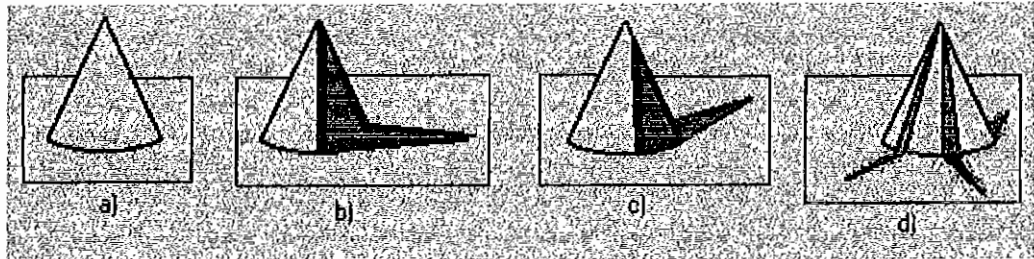


Fig. 1.28 Diferentes formas de iluminar un objeto

### 1.1.10 EL COLOR

Se pueden considerar dos definiciones de color:

- 1.- El color es un fenómeno físico, que como todo fenómeno físico, se puede medir con relación a una unidad.
- 2.- El color es una sensación, es decir, la respuesta a un estímulo luminoso, que se capta por medio del ojo humano y seguidamente se percibe por el cerebro.

Espectro luminoso.- Cada longitud de onda está asociada a un color determinado. El ojo humano puede percibir radiaciones comprendidas entre 350 m $\mu$  y las 760 m $\mu$ . El orden de las sensaciones visuales es: violeta-azul-verde-amarillo-anaranjado-rojo

La luz del sol es la mezcla de varios colores, colocando un prisma triangular de cristal en la trayectoria del haz solar figura 1.29, se puede observar estos colores.

El efecto fisiológico producido es la percepción de una serie de luces coloreadas, comprendidas entre el violeta y el rojo; sin que exista un límite netamente definido entre dos colores sucesivos, sino que pasa de uno a otro color por gradación suave. A esta imagen se llama espectro luminoso.

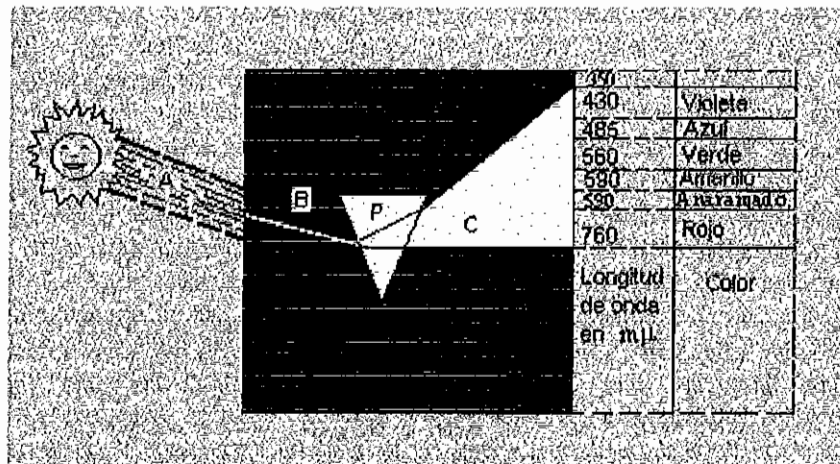


Fig. 1.29 Espectro luminoso solar.

Las radiaciones inferiores a  $350 \text{ m}\mu$  se denominan ultravioletas, ya que se sitúan sobre el color violeta, y este es, el fundamento de las lámparas fluorescentes.

Las radiaciones de onda superiores a  $760 \text{ m}\mu$ , se denominan infrarrojas ya que se sitúan bajo el color rojo; este es el fundamento de las lámparas de rayos infrarrojos.

El espectro luminoso se llama continuo, puesto que se compone de una sucesión ininterrumpida de longitudes de onda.

Pero hay otros cuerpos que al emitir radiaciones luminosas lo hacen sobre una o varias longitudes de ondas separadas entre sí, por ejm: el mercurio al vaporizarse emite las siguientes longitudes de onda:

405 a  $408 \text{ m}\mu$  -- violeta

436  $\text{m}\mu$  -- azul

492  $\text{m}\mu$  -- verde azulado

546  $\text{m}\mu$  -- verde

578. a  $579 \text{ m}\mu$  -- amarillo

Las transiciones entre dos colores son bruscas, a este espectro se llama discontinuo o lineal.

Color de los cuerpos opacos.- Estos cuerpos reciben luz de un manantial luminoso exterior y la transmiten después por reflexión.

En los cuerpos no luminosos, pero sí iluminados la percepción de color se realiza mediante el fenómeno de reflexión selectiva.



Los casos límites son: por un lado el color blanco que refleja todas las radiaciones y ninguna se absorbe, y el color negro que absorbe todas las radiaciones y no refleja ninguna. En un cuerpo gris, se refleja una parte de la radiación total y se absorbe la parte restante.

Si para iluminar los cuerpos opacos en vez de luz blanca, utilizamos luz monocromática, el color de estos cuerpos aparecerá deformado, así por ejemplo: las lamparas de sodio de luz monocromática amarilla al iluminar cuerpos amarillos, estos resultarán aun mas brillantes a nuestros ojos, y en cambio los cuerpos de otro color aparecerán como cuerpos de color negro.

Sensibilidad a los colores.--Se estudió ya, que los órganos sensibles al color son los conos de la retina, mientras que los bastoncillos insensibles al color, entran en actividad en la obscuridad de la noche.

Los conos de la retina no reaccionan por igual a todos los colores de la luz blanca.

Con una longitud de onda de 555 m $\mu$  que corresponde al color verde amarillo se presenta la máxima sensibilidad de percepción visual, y la mínima agudeza corresponde a los extremos del espectro al color rojo y violeta. Cuando desciende la iluminación, o sea en la noche (visión escotópica ) la máxima sensibilidad se desplaza hacia longitudes de onda menores entonces entra en acción los bastoncillos de la retina, este fenómeno se llama Efecto Purkinge.

El efecto Purkinge consiste en que las radiaciones de corta longitud de onda (violeta y azul ) producen mayor intensidad de sensación con baja iluminación que cuando esta iluminación es elevada, mientras que las radiaciones de mayor longitud de onda (anaranjado y rojo ) se comportan de forma inversa. Si se da al color verde-amarillo cuya longitud de onda es 555 m $\mu$ , el valor 1 podemos trazar la curva de sensibilidad relativa de la figura 1.30.

En la figura: las abscisas corresponden a las longitudes de onda del espectro visible, suponiendo una iluminación luz de mediodía soleado, mientras que en las ordenadas corresponde a la relación de las diferentes longitudes de onda, con radiaciones de la misma energía luminosa, respecto de la longitud de onda de 555 m $\mu$ .

De lo anterior se deduce que un manantial luminoso tendría mejor rendimiento luminoso cuanto más se aproxime a la máxima sensibilidad del ojo, pero esto no será apropiada ya que nuestros órganos visuales no pueden estar expuestos por mucho tiempo a este tipo de luz.

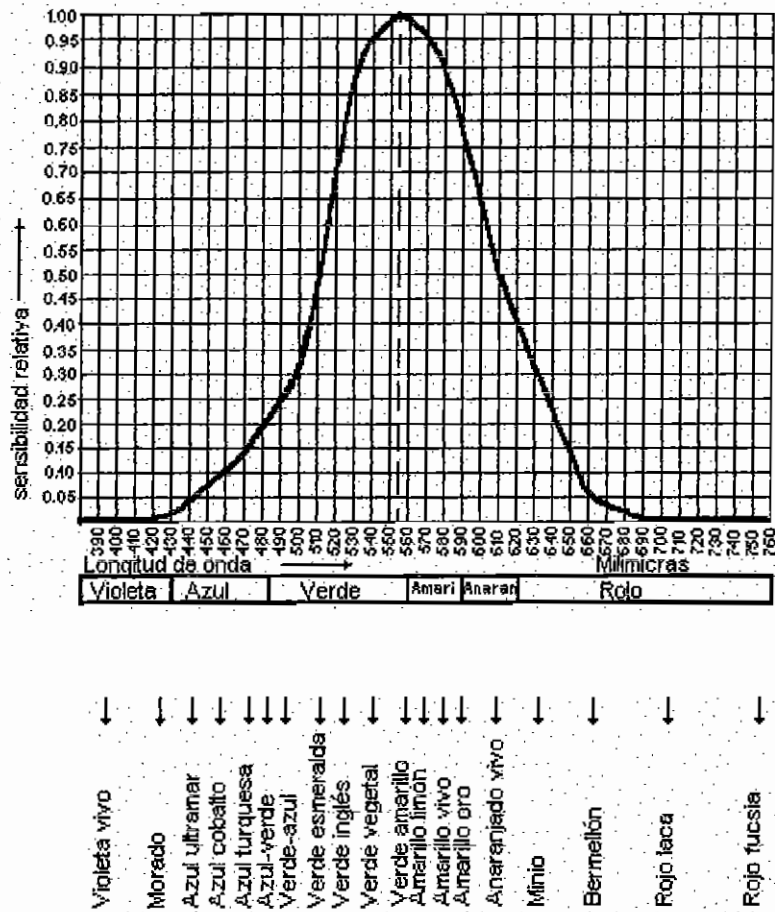


Fig.1.30 Curva de sensibilidad relativa.

La curva anterior esta definida en condiciones de máxima intensidad de iluminación ( visión fotópica ). Por el efecto Purkinge ya mencionado la curva relativa se desplaza hacia zonas de menor longitud de onda. Se tiene la máxima sensibilidad para una longitud de onda de 500  $\mu$ m que corresponde al color verde-azul. En la figura 1.31 se ha trazado la curva de sensibilidad relativa tanto para la visión fotópica ( línea cortada ) como para la visión escotópica ( línea llena ).

El color como sensación.- Anteriormente hemos estudiado, el color físico que se lo puede representar por números. Ahora para definir al color-sensación diremos que es relativo y que depende de muchos factores subjetivos como: armonía con otros colores, iluminación que recibe, etc.

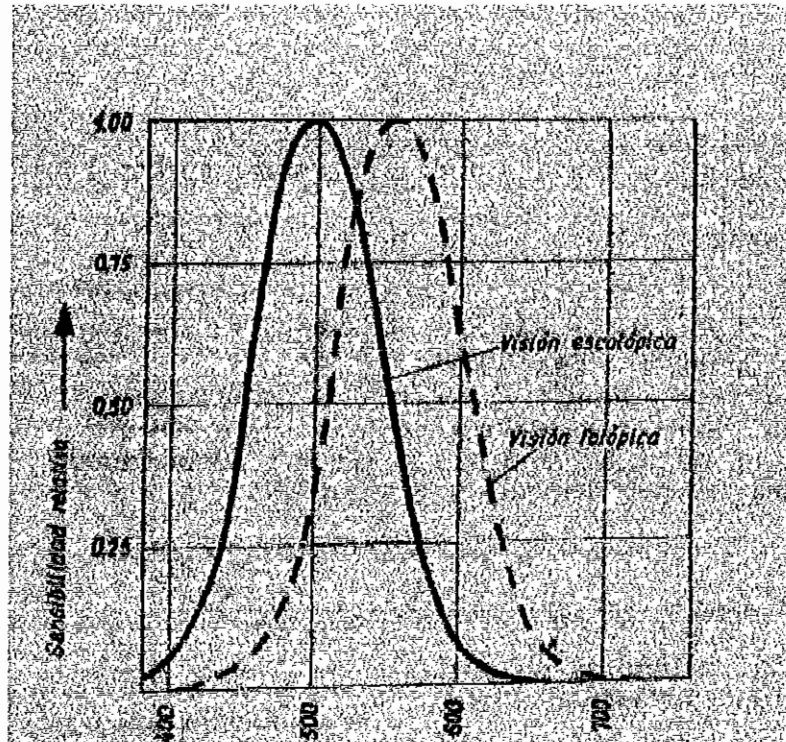


Fig. 1.31 Efecto Purkinge.

Cualidades del color.- Las características cualitativas que distinguen los colores son las siguientes:

1. Tono
2. Intensidad
3. Saturación

Tono.- Corresponde al concepto físico de longitud de onda.

El cuerpo distingue el tono de color pero no la causa que lo produce por ejemplo: el blanco no se distingue que es una mezcla formada por todos los colores del espectro solar.

Intensidad.- Representa la fuerza o el vigor con que nuestros ojos perciben un determinado color, sin tener en cuenta el tono cromático. Es difícil discernir cuando dos colores diferentes tienen la misma intensidad. Pero si se puede determinar que el color blanco es más intenso que todos y que el negro es el menos intenso.

Saturación. - Esta saturación depende de la cantidad de color blanco que contenga un color. Se dice que un cuerpo es saturado cuando no contiene color blanco. La mezcla con el blanco irá debilitando al color.

Colores fundamentales. - Los colores, fundamentales son 8:

1. Amarillo limón
2. Anaranjado
3. Rojo vivo
4. Violeta demetilo
5. Azul Ultramar
6. Azul turquesa
7. Verde esmeralda
8. Verde vegetal

Los colores opuestos o complementarios son los que tienen tonos absolutamente diferentes representados en la fig. 1.32. En la figura los colores opuestos están unidos por diámetros.

En luminotecnia existen colores de “tonos fríos” y de “tonos calientes”; los primeros dan una sensación de frescor, y los segundos proporcionan una sensación de ambiente cálido y acogedor.

Ordenando los colores tendremos:

Tonos fríos { *Violeta*  
*Azul \_ ultramar*  
*Azul \_ turquesa*

Tonos neutros { *Verde \_ esmeralda*  
*Verde \_ vegetal*

Tonos calientes { *Amarillo*  
*Anaranjado*  
*Rojo*

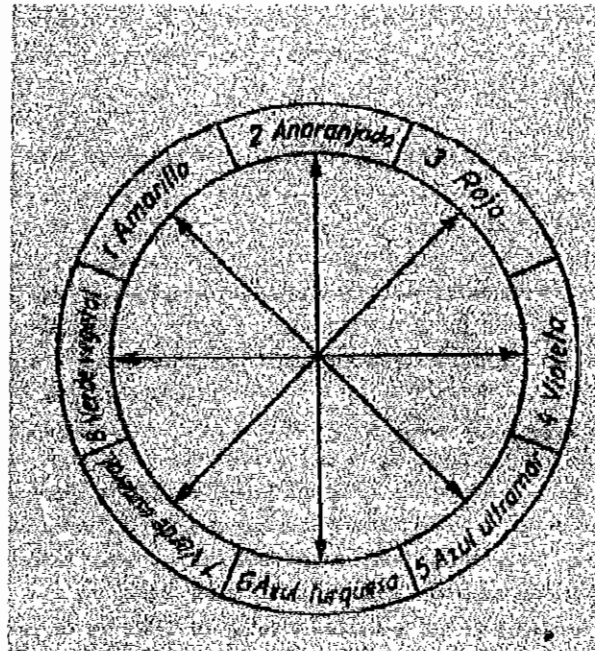


Fig.1.32 Círculo de colores básicos

Se sabe además que el calor dilata a los cuerpos y el frío los contrae. Es así, que en una habitación iluminada con luz de tonos calientes parece más amplia y si se ilumina con tonos fríos parece más chica. Por lo tanto, se debe aprovechar estos conceptos de color, sombras y contraste para realizar los diseños de iluminación.

## 1.2 LAMPARAS ELECTRICAS

### 1.2.1 GENERALIDADES.

Manantial luminoso es el dispositivo, aparato u órgano natural o artificial que emite radiaciones visibles para el ojo humano. Los manantiales luminosos pueden ser naturales o artificiales.

El manantial luminoso natural es el sol. Mientras que los artificiales son las lámparas eléctricas. En la actualidad existen varios tipos de lámparas, pero todas ellas se basan en dos fenómenos físicos, que son: el calor y la luminiscencia. Sin embargo existen algunos tipos de lámparas que se fundamentan en ambos fenómenos.

#### A.- Lámparas que emiten radiaciones caloríficas

Estas lámparas se basan en radiaciones luminosas, que se producen cuando se eleva la temperatura de ciertos cuerpos hasta un grado conveniente.

En la antigüedad se utilizó la madera como combustible y el oxígeno del aire como comburente. Después con el paso del tiempo se utilizaron otros materiales como combustibles tales como: la cera, el esperma de ballena, el aceite, el petróleo, etc.

Las lámparas actuales utilizan los efectos térmicos de la electricidad, para producir energía luminosa; las más conocidas son: las lámparas de arco y las de incandescencia.

Las lámparas de arco poseen dos electrodos de carbón, que al pasar a través de ellos la corriente, se forma un arco que los pone incandescentes, entonces estos producen radiación luminosa, en la que casi no interviene el arco propiamente dicho. Actualmente estas lámparas solo son utilizadas en aplicaciones especiales tales como la fotografía.

Las lámparas incandescentes se basan en los efectos térmicos de la luz, al pasar la corriente eléctrica a través de filamentos metálicos o de carbón de gran resistencia eléctrica, estos al ponerse incandescentes producen radiaciones luminosas y caloríficas simultáneamente.

### **B.- Lámparas que emiten radiaciones luminiscentes**

La luminiscencia es una radiación luminosa que no se produce por la elevación de la temperatura, razón por la cual se llama luz fría, esta se puede obtener por fluorescencia o por fosforescencia.

Si la emisión de radiaciones luminosas persiste mientras se mantiene la causa que la produce, la luminancia producida se llama fluorescencia. Generalmente si las radiaciones recibidas son ultravioletas y estas excitan las sustancias fluorescentes, la luz que se emite poseerá mayor longitud de onda que las ultravioletas.

Cuando la emisión de radiaciones luminosas persisten aún después de cesada la causa que las produce, se trata de la fosforescencia.

La electroluminiscencia es la otra causa de luminiscencia, y se produce por el paso de la descarga eléctrica a través de gases tales como: neón, xenón, etc. o de vapores metálicos tales como: mercurio, sodio. Todas las lámparas de descarga, incluidas las lámparas fluorescentes, se basan en la electroluminiscencia.

Características de las lámparas eléctricas.- Desde el punto de vista luminotécnico las lámparas se caracterizan por el flujo luminoso que es proporcionado por el

fabricante, por el rendimiento luminoso que es la relación entre el flujo total en lúmenes de la lámpara y la potencia total consumida en vatios.

$$\eta = \frac{\phi_T (\text{lúmenes})}{P_{T_{\text{consumo}}} (\text{vatios})} \quad (1.34)$$

Otra característica importante de las lámparas es el tiempo de vida útil, que se define: como el tiempo transcurrido, para que el flujo luminoso de una lámpara haya descendido al 80% del flujo luminoso inicial.

Energía radiada por las lámparas eléctricas.- Las lámparas eléctricas sean estas de incandescencia, fluorescencia, etc. emiten radiaciones en zonas visibles y no visibles del espectro. El órgano visual humano tiene diferente sensibilidad para las diferentes longitudes de onda.

Así por ejemplo, en la figura 1.33 se representa la distribución de la energía radiante total, de una lámpara de incandescencia de 1000 W. En el gráfico, en el eje horizontal van las longitudes de onda en  $m\mu$  y en el eje vertical van las cantidades de energía radiadas por cada longitud de onda, y expresada en  $W/cm^2$  de superficie radiante.

En el gráfico se deduce que gran parte de la energía radiada por la lámpara, pertenece a la zona del infrarrojo que no es visible. Otra, tan solo una pequeña parte de esta energía radiada corresponde al espectro visible (aquella comprendida entre 350  $m\mu$  y 760  $m\mu$ ); mientras que otra parte de esta energía pertenece al ultravioleta que al igual que el infrarrojo también es invisible. En el gráfico no existen discontinuidades, por lo tanto, esta lámpara presenta un espectro continuo. La energía radiada en el margen visible es aproximadamente un 10% de la energía total, por la ley de la conservación, esta energía es igual a la energía consumida, entonces una lámpara de 1000 W produce una potencia de : 100 W ( aplicando el 10% ), pero debido a la desigualdad en la sensibilidad del ojo humano, para las diferentes longitudes de onda, se dio el valor de 1 a la máxima sensibilidad del ojo humano que corresponde a una longitud de onda de 555  $m\mu$ , entonces llamaremos vatio-luz al vatio que corresponde a una longitud de onda de 555  $m\mu$ .

Por lo tanto en el ejemplo, la lámpara radiará 100 vatios-luz, si tuviese radiaciones con una longitud de onda de 555  $m\mu$ , pero en la práctica, debido a la sensibilidad del ojo humano no se cumple lo antes expuesto.

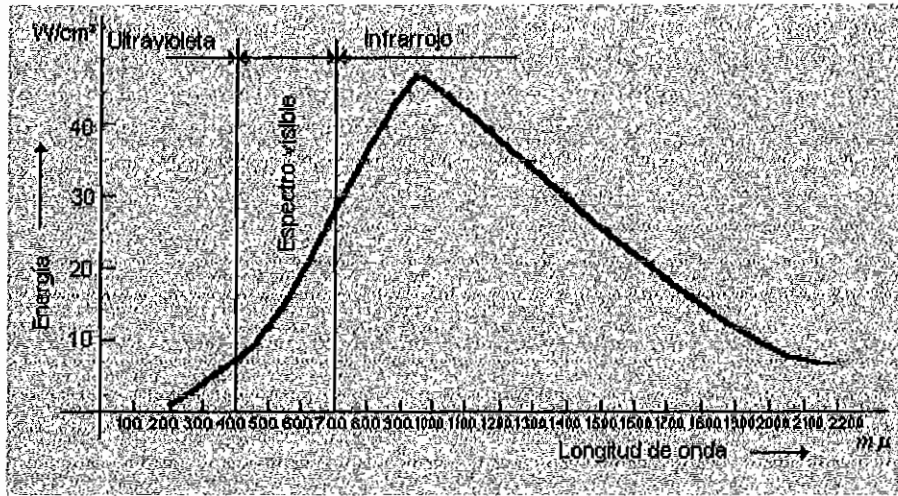


Fig.1.33 Distribución de la energía radiante de una lámpara incandescente de 1000 W.

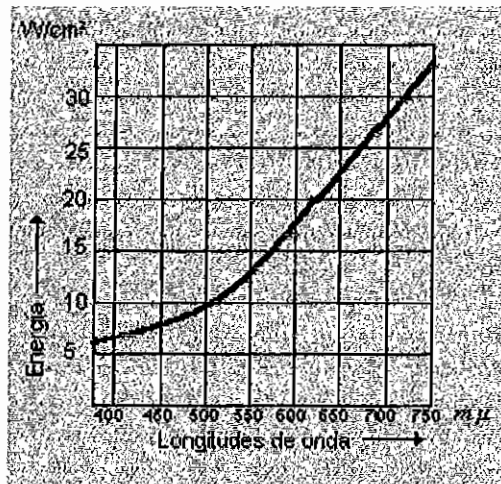


Fig. 1.34 Margen de luz visible de la energía radiante de una lámpara incandescente de 1000 W.

Para entender mejor el razonamiento, en la figura 1.34 se representa el margen visible de la lámpara de 1000 W y su energía radiante. En la figura el máximo de energía radiante corresponde al color rojo, pero este no corresponderá al máximo percibido por el ojo humano.

En la práctica no se utiliza el vatio-luz como unidad de flujo luminoso sino mas bien, el lumen.

1 vatio-luz = 650 lúmenes.



## 1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS ELÉCTRICAS

En el momento de escoger un tipo de lámpara es necesario tener en cuenta las siguientes características:

Potencia nominal: condiciona la magnitud del flujo emitido por la lámpara.

Rendimiento cromático: condiciona una mayor o menor apreciación del color.

Temperatura de color: condiciona la tonalidad de la luz.

Tamaño fijación: condicionan la construcción de las luminarias.

### 1.2.2.1 Lámparas Incandescentes

Tenemos las siguientes lámparas incandescentes:

A. Lámparas reflectoras

B. Lámparas con halógenos.- Tenemos las siguientes lámparas:

- Lámparas HPI(-T)
- Lámparas MHN(-T)
- Lámparas MHN (W).- TD
- Lámparas MHD.1800W...

Las lámparas incandescentes producen la luz, mediante el paso de una corriente eléctrica a través de un filamento calentado hasta el rojo blanco, emitiendo a esta temperatura radiaciones comprendidas dentro del espectro visible. En la figura 1.35 se representa la constitución de una lámpara incandescente.

Las partes constitutivas de las lámparas incandescentes son:

1. Atmósfera gaseosa
2. Filamento espiralado
3. Soportes para el filamento
4. Entradas de corriente

5. Vástago de vidrio
6. Ampolla
7. Casquillo

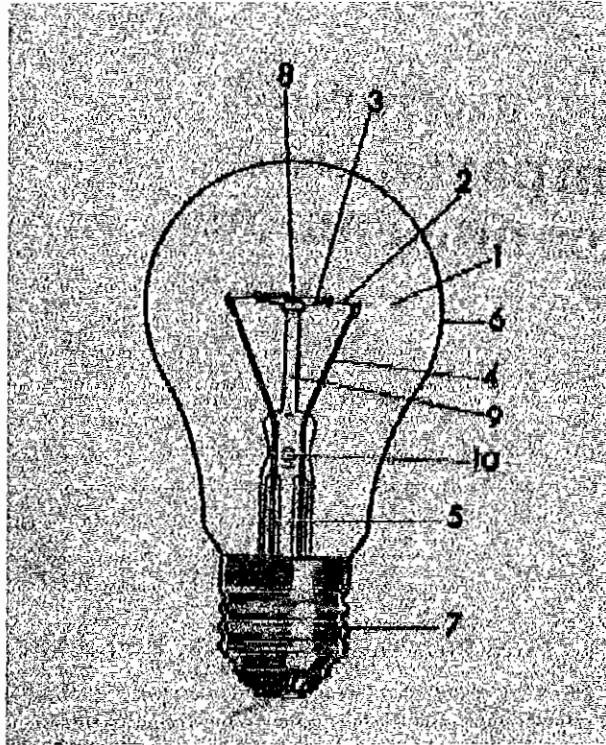


Fig. 1.35 Lámpara incandescente

Filamento.- Es un elemento conductor de resistencia media que al paso de una corriente eléctrica se pone incandescente emitiendo luz.

Este elemento debe cumplir con las siguientes propiedades:

- 1.-Elevada resistividad
- 2.-Elevado punto de fusión
- 3.-Ductilidad
- 4.-Economía

Existen pocos materiales naturales o artificiales que cumplen con las propiedades anteriores, en la tabla 1.2 se exponen algunos de estos materiales.

Material	Punto de fusión Grados Kelvin	Peso específico en gr/cm <sup>2</sup>	Resistencia a 20° C
Cobre	1367	8,9	0,018
Vanadio	1988	5,5	0,1
Platino	2037	21,4	0,1
Iridio	2633	15,8	0,06
Osmio	2773	22,5	0,1
Molibdeno	2853	10,2	0,04
Tantalio	3073	16,6	0,15
Tungsteno	3668	19,1	0,04
Carbón	3803	1,5	40,00

Tabla 1.2 Propiedades de los materiales incandescentes.

De la tabla se deduce que los cuerpos que tienen más elevado punto de fusión son el carbón y el tungsteno, además el carbón es el más económico.

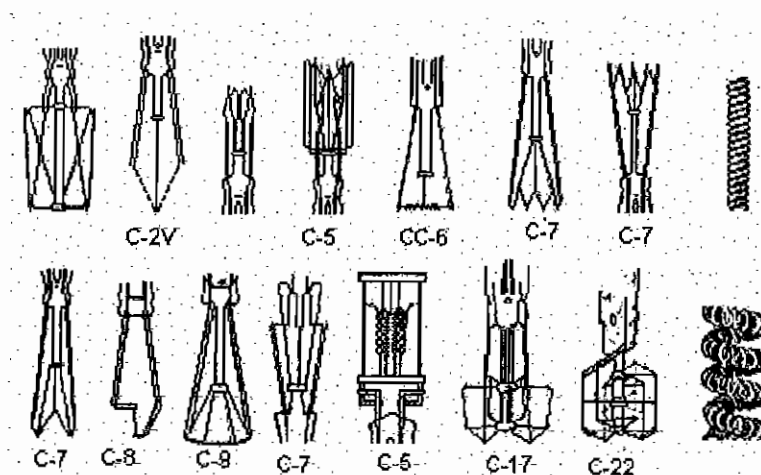


Fig. 1.36 Tipos de filamentos.

Actualmente se utiliza el tungsteno o wolframio, cuya temperatura de fusión es de unos 3668 °K aproximadamente, esto permite que al elevar la temperatura de funcionamiento, este tenga una mayor vida y una mayor eficiencia con respecto a otros materiales.

La vida o duración del filamento depende del fenómeno de evaporación, dicho fenómeno se produce cuando el filamento al calentarse adelgaza hasta que se produce la rotura y muerte de la lámpara.

En la actualidad se llenan a las lámparas con una mezcla de argón y nitrógeno que varían de acuerdo, con la potencia de la misma; existen algunas lámparas que se rellenan con kriptón y xenón. En la figura 1.36 se tienen varios tipos de filamentos. El filamento en espiral es el mas utilizado en la mayoría de lámparas; mientras que en lámparas de alta calidad se emplea el filamento-ondulado-o doble espiralado.

Ampolla.- Las ampollas al igual que el casquillo en las lámparas incandescentes, tienen por función aislar al filamento del medio ambiente y al mismo tiempo permitir la evacuación del calor emitido por el filamento.

Las formas y tamaños de las ampollas de las lámparas incandescentes, dependerán de las potencias y sus aplicaciones. Las formas más usuales pueden observarse en la figura 1.37. Las ampollas por lo general son de vidrio blando soplado aunque en determinados casos se utilizan vidrios especiales e incluso cuarzo.

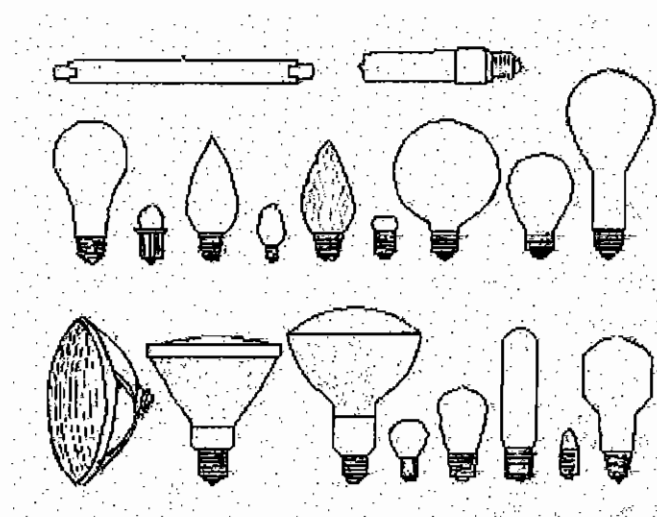


Fig. 1.37 Tipos de Ampollas

La nomenclatura para definir los tamaños y formas de los bulbos se designan con una letra o letras y un número, indicando, la primera la forma del bulbo y la segunda el diámetro máximo del mismo en octavos de pulgada.

Por ejemplo PS-35 significa: PS forma de pera (pear shaped) y el 35, que tiene un diámetro máximo de 35/8 de pulgada.

Las lámparas más utilizadas tienen bulbo tipo A y por lo general son de 15 a 200 W de potencia.

Casquillo.- Es un elemento cuya función fundamental es conectar la lámpara a la red de alimentación:

Existen una gran variedad de formas y dimensiones de casquillos, algunos de ellos representados en la figura 1.38.

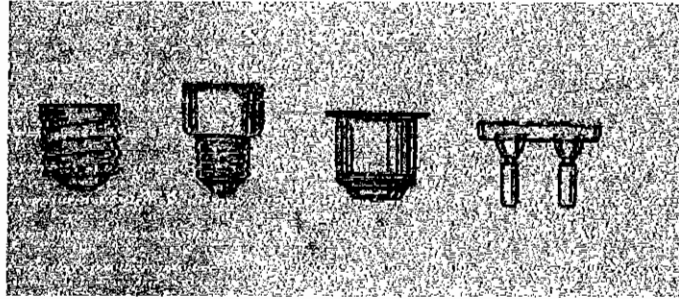


Fig. 1.38 Tipos de casquillos

El casquillo se une a la lámpara por medio de una masilla de resina artificial, pero para potencias superiores a 500 vatios en los cuales esta resina puede fundirse se emplean cementos especiales llamados base mecánica. Existen una infinidad de bases tales como: la minican, la candelabro, intermedia, disco media mogul, bayoneta media con faldilla o casquillo reforzado, biposte mediana y prefocada.

Los casquillos se designan con la letra B (si son de bayoneta) o con la letra E (si se trata de casquillos roscados) seguidas de una o varias cifras. La primera indica el diámetro del casquillo. La segunda indica la altura del casquillo. Si hay una tercera indica el diámetro del collarín del casquillo.

Duración de una lámpara de incandescencia.- El rendimiento luminoso de una lámpara incandescente, disminuye a medida que transcurre el tiempo de funcionamiento de dicha lámpara.

La lámpara incandescente al envejecer provoca que disminuya el flujo luminoso.

Se considera como límite de esta disminución del flujo luminoso en un 20% del flujo luminoso inicial. La duración en horas de encendido hasta que el flujo luminoso alcance el valor anterior, se llama duración útil de la lámpara.

Las lámparas tienen una vida útil de 1000 horas de encendido, se da este valor por economía, por eficiencia, etc. Es difícil que todas las lámparas fabricadas duren 1000 horas, algunas duran más horas y otras duran menos horas, todo depende del funcionamiento y uso que se den a dichas lámparas.

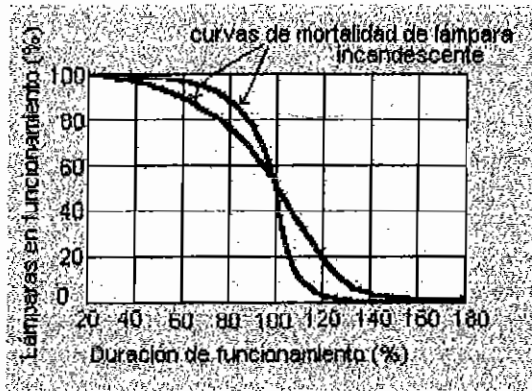


Fig.1.39 Curva de mortalidad de la lámpara incandescente.

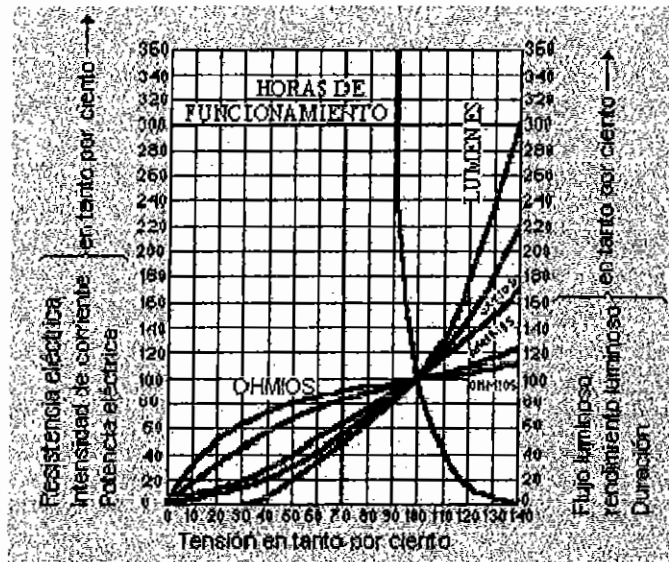


Fig.1.40 Curva característica de una lámpara de incandescencia.

En la fig. 1.39 se representa la curva de mortalidad de la lámpara; en este gráfico las variaciones de tensión de alimentación producen alteraciones tanto del flujo luminoso como de la vida de las lámparas en este caso de incandescencia.

En la figura 1.40 se representan la variación porcentual de las diferentes características de las lámparas incandescentes en función de las variaciones porcentuales de tensión nominal.

En el Anexo B, tabla B.1, se exponen algunas características de las lámparas incandescentes en general.

## **A.- Lámparas reflectoras**

Estas lámparas poseen una ampolla de forma parabólica y plateada interiormente, de tal forma que este plateado interior, convierte a la lámpara en espejo que refleja los rayos emitidos por el filamento figura 1.41. La parte inferior de la ampolla puede ser de vidrio claro o de vidrio mateado.

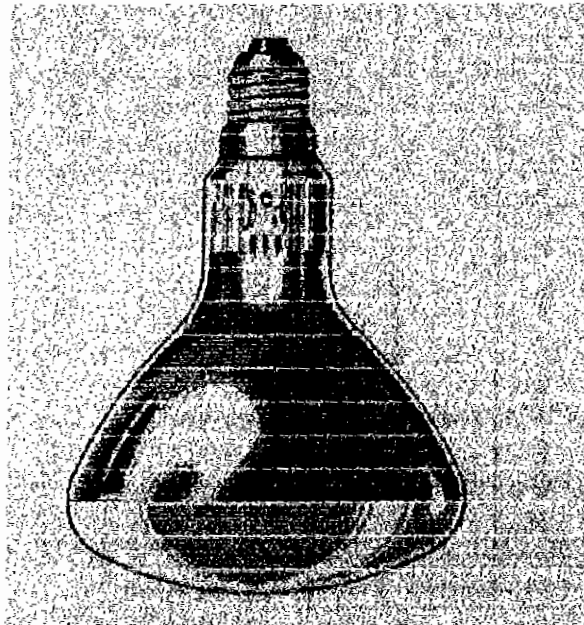


Fig.1.41 Lámparas reflectoras de incandescencia.

Algunos fabricantes utilizan 2 modelos diferentes, estos son:

1. Lámparas intensivas, con haz luminoso concentrado( $30^\circ$ )
2. Lámparas extensivas con haz luminoso abierto(unos  $50^\circ$ ).

En el Anexo B, se representan las características técnicas (Tablas B.2 y B.3) y las curvas de distribución luminosa de las lámparas reflectoras (de 150W y 300W respectivamente).

Áreas de Utilización.- Se utilizan para iluminar pequeñas avenidas residenciales o jardines. Además se utilizan también para iluminar estatuas, jardines, árboles, fuentes luminosas, etc.

## **B.- Lámparas con halógenos**

En las lámparas incandescentes tiene lugar el fenómeno de evaporación de las partículas de tungsteno, que siguiendo las corrientes de convección acaban depositándose sobre la pared interior de la ampolla ennegreciéndola.

Después de experimentos se descubrió que añadiendo al contenido de la ampolla una pequeña cantidad de yodo vaporizado se podía conseguir la regeneración parcial del filamento de tungsteno. Los átomos de tungsteno evaporados en el filamento, se combinan a temperaturas inferiores a  $1450^{\circ}$  con el vapor de yodo formando yoduro de tungsteno. Este se mantiene vaporizado a temperaturas  $>250^{\circ}$ , debido a las corrientes de convección y debido a las altas temperaturas se descompone precipitándose el tungsteno sobre el filamento, entonces se regenera el material incandescente y el vapor de yodo queda liberado y en disposición de reiniciar el ciclo de regeneración. Las ampollas de las lámparas de cuarzo-yodo, no se pueden fabricar de vidrio ordinario, se construyen de cristal de cuarzo que puede resistir temperaturas más elevadas.

En la figura 1.42 se representa una lámpara de cuarzo-yodo tubular. Y en el anexo B, tabla B.4 se representan las características de las lámparas de cuarzo-yodo.

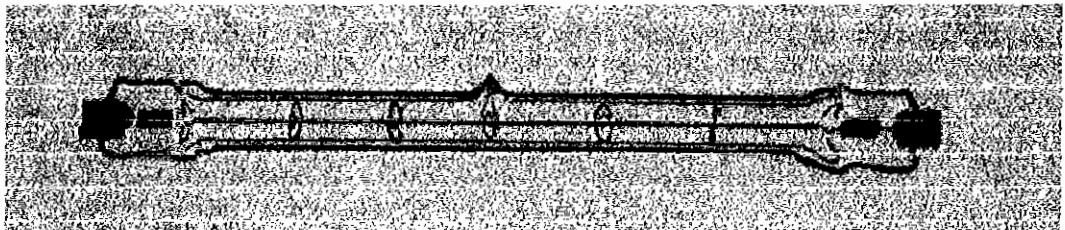


Fig. 1.42 lámpara de cuarzo-yodo

Las lámparas de doble envoltura, en las que el tubo de cuarzo, está situado en el interior de un segundo tubo de vidrio normal, cuya misión es proteger al tubo de cuarzo y al mismo tiempo proporcionar el equilibrio térmico para un buen funcionamiento.

Para la conexión de estas lámparas se utilizan casquillos a rosca E-40. En la figura 1.43 se representa a la lámpara de doble envoltura. Y en el anexo B, tabla B.5, se representan las características técnicas de las lámparas halógenas de doble envoltura.

Áreas de Utilización.-Este tipo de lámparas se utilizan en espacios de grandes dimensiones tales como: subestaciones transformadoras al aire libre, campos deportivos, pistas, etc.



	Eficiencia máxima (lm/W)	Temperatura de Color(°K)
HPI(-T)	96	4500
MHN-T	73	4000
MHN-TD	80	4200
MHW-TD	75	3000
MHD	83	5600

Tabla 1.3 Características de las lámparas de Metal halógenas.

### 1.- Lámparas HPI (-T).

Las lámparas Philips HPI son ovaladas y cubiertas con un polvo fluorescente, para difundir la luz y convertir la radiación ultravioleta. Las HPI-T son lámparas tubulares y claras.

La temperatura de color correlativa es de 4500 °K da una apariencia natural a los contornos y crea un ambiente dinámico. En luminarias cerradas las HPI 400WBUS de Philips pueden ser directamente reemplazadas por lámparas de vapor de mercurio. Cuando las HPI 250 WBU o HPI 400 WBU son usadas se debe añadir un ignitor.

Los beneficios al usar este tipo de lámparas son el incremento de color y los niveles de iluminación de las instalaciones.

Son diseñadas para potencias desde 250W a 2000W, quizá la versión de 2000 W viene con un suministro trifásico de alimentación.

La elevada salida en lúmenes de este tipo de lámparas puede limitar el número de luminarias requeridas para un adecuado nivel de iluminación.

Estas lámparas son utilizadas en aplicaciones de exteriores, para estadios deportivos, monumentos, edificios altos, áreas portuarias e iluminación de áreas de exhibición.

En el Anexo C, se representa a las lámparas HPI(-T), su espectro luminoso y la iluminación de la fachada de una iglesia utilizando este tipo de lámpara.

### 2.- Lámparas MHN-T.

Las lámparas MHN-T son de acabado simple, y modelo tubular. Las MHN-T son una solución económica de iluminación. A 4000 °K la temperatura de color de estas lámparas proveen una luz brillante con una característica de color superior .

Este tipo de lámparas son de fácil diseño y poseen baja salida en la región ultravioleta, por lo tanto son ideales para usarlas en luminarias abiertas.

Cuando estas luminarias son usadas en reflectores apropiados, varios modelos pueden ser creados para producir efectos notablemente teatrales.

La posición universal de encendido de las lámparas MHN-T hacen también que la solución de iluminación sea altamente flexible. Los rangos de potencia son de 35, 70 y 150 vatios.

Estas lámparas son utilizadas en la iluminación de pequeños monumentos y estatuas, y también para acentuar la iluminación de exteriores.

En el Anexo C, se observa a la lámpara MHN-T y su espectro luminoso de potencia.

### 3.- Lámparas MHN ( W ) -TD

Estas lámparas son claras de acabados simples y con alta intensidad de descarga.

Además son lámparas con una pequeña fuente de luz en el centro del tubo. La potencia va desde 70 w a 250 W. La temperatura de color de estas lámparas es de 4200<sup>o</sup> K. A una temperatura de color de 3000<sup>o</sup> K se crea un ambiente fresco con una buena apariencia de color. El tamaño compacto de las lámparas MHN ( W ) -TD proporciona flexibilidad en la selección de las luminarias. La salida alta de luz también crea un nivel alto de iluminación para minimizar el número de luminarias requeridas.

Las lámparas MHN(W)-TD se utilizan en iluminación de estatuas y monumentos, en fachadas de edificios y estaciones de petróleo.

En el Anexo C, se observa a la lámpara MHN(W)-TD y a su espectro de potencia.

### 4.- Lámpara MHD 1800W

Las lámparas MHD son la solución más avanzada para la iluminación deportiva. Una temperatura de color de 5600<sup>o</sup> K crea una atmósfera similar a la luz natural y da una claridad viva e intensa, para este tipo de aplicaciones. Las lámparas MHD transforman a los estadios en grandes teatros externos.

Además, son lámparas compactas y de doble acabado, hechas de alta calidad de cuarzo. Esto facilita para que estas contenga, una muy elevada presión dentro de una pequeña cámara de descarga ovalada, y permite a la lámparas MHD ser operadas sin

bulbo externo. La MHD es por lo tanto ideal para ser usada en los más avanzados diseños arquitectónicos.

La posición espectral de la lámpara MHD la hace también, la perfecta elección para filmación y radiodifusión de TV a color. El funcionamiento de este tipo de lámparas también minimiza el número de luminarias requeridas en una instalación de iluminación. Estas lámparas son utilizadas para iluminación principalmente de grandes estadios.

En el Anexo C, se observa a la lámpara MHD 1800W, su espectro luminoso, y la iluminación de un estadio utilizando este tipo de lámpara.

### 1.2.2.2 Lámparas de descarga

En el interior de un tubo de descarga, existen electrones libres que al estar sometidos a un campo eléctrico creado por la diferencia de potencial aplicada entre los electrodos, se dirigen hacia el ánodo (electrodo +); a medida que se desplazan chocan con los átomos de gas desprendiendo de ellos electrones superficiales indefinidamente. El átomo que queda sin electrones se llama ion, este tiene carga positiva, entonces se desplaza hacia el electrodo negativo o cátodo.

Mientras mayor número de electrones libres existan, mayor será la corriente que circule a través del tubo y menor la resistencia.

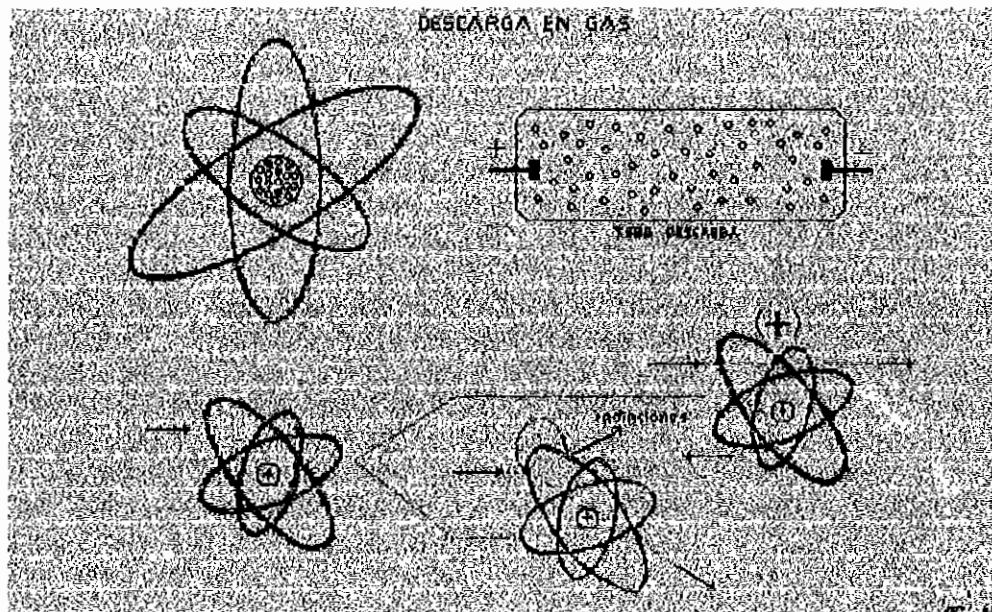


Fig 1.44 Fundamento de la producción de luz por medio de la descarga a través de un gas.

En algunos casos, la energía de estos electrones no es suficiente para arrancar electrones de los átomos de gas, sin embargo, la energía de estos electrones superficiales se incrementa, haciendo que vuelvan a su nivel inicial, restituyendo en forma de radiación electromagnética la energía recibida por el choque. Estas radiaciones pueden ser visibles, entonces el tubo actuará como fuente de luz (figura 1.44).

Anteriormente se estudió, que el espectro de las lámparas incandescentes es continuo, en cambio el espectro de las lámparas de descarga es discontinuo. Las unas emiten radiaciones a lo largo de todo el espectro visible, mientras que las de descarga, emiten radiaciones de determinadas longitudes de onda.

### **Composición de las lámparas de descarga**

Tubos de descarga.- Se destinan a contener y aislar a los electrodos y al gas de relleno del medio ambiente. Para construirlos se utiliza vidrio o cuarzo, la forma y tamaño dependen del tipo y potencia de las lámparas.

Electrodos.- Los electrodos son elementos metálicos situados a los extremos del tubo de descarga, en los que se aplica la alimentación de voltaje para el funcionamiento de la lámpara.

En las lámparas de uso más frecuente, los electrodos trabajan a temperaturas elevadas aprovechando el efecto termoiónico.

Este efecto consiste en que la emisión electrónica de una sustancia aumenta con su temperatura. Lo que se busca es una máxima emisión, mediante el recubrimiento de los electrodos metálicos con materias altamente emisivas, como óxido de estroncio o bario.

Para calentar los electrodos, para el encendido de las lámparas de descarga, se utilizan tres sistemas: El primero; utilizado en las lámparas de vapor de mercurio consiste en disponer un electrodo de arranque en la proximidad de los electrodos principales, de tal forma que estableciéndose un arco entre el principal y su correspondiente auxiliar, se produzca el calentamiento del primero de ellos, entonces aumenta su emisión electrónica y finalmente se establece el arco entre los dos electrodos principales. El segundo procedimiento; corresponde a las lámparas de sodio, este procedimiento consiste en colocar en el interior un gas muy ionizable, y aumentar la tensión de alimentación sobre los valores normales de red.

Finalmente el tercer procedimiento, que se utilizan en los tubos fluorescentes, consiste en construir electrodos en forma de filamentos haciendo pasar la corriente a través de ellos.

Gas de relleno.- El gas de relleno en los tubos de descarga debe ser un gas fácilmente ionizable e inerte, tal como el argón o el neón. En las lámparas de descarga comerciales, además del gas de relleno en el interior del tubo de descarga, se encuentra una pequeña cantidad de mercurio o sodio en estado líquido y sólido respectivamente, que una vez vaporizados determinan las características de la luz emitida. En las lámparas de descarga es preciso poner limitadores de corriente de arco. Los limitadores a utilizarse son los siguientes:

- 1.- Resistencia óhmica
- 2.- Bobina de inductancia
- 3.- Autotransformador de fugas magnéticas

La resistencia óhmica es muy poco utilizada, debido a que la resistencia del conjunto lámpara-resistencia absorbe la energía desperdiciándose en forma de calor.

Cuando a la lámpara se la alimenta con corriente alterna funciona de tres formas:

- 1.- Cuando la tensión de red es suficiente para el cebado de la lámpara y su funcionamiento de régimen, se utiliza una bobina de inductancia que limite el paso de corriente.
- 2.- Cuando la tensión de red no es suficiente se debe utilizar un transformador, que eleve la tensión a un valor adecuado, este transformador puede ser, de fugas magnéticas que puede utilizarse para elevar la tensión en vacío y limitar la corriente.

En las lámparas actuales se utiliza para el arranque arrancadores o ignitores que también se hallan disponibles en el mercado.

Efecto estroboscópico.- Este efecto también se llama centelleo y se presenta cuando las lámparas funcionan con corriente alterna.

Se sabe que la corriente alterna se interrumpe 2 veces por período. Cuando la tensión aplicada pasa por el valor cero, la corriente no circula por la lámpara, entonces

se apaga un rato. Estas interrupciones hacen que los órganos visuales se sometan a un esfuerzo suplementario debido a la presencia de estas fluctuaciones, produciendo molestias en la buena visión.

### 1.2.2.3 Lámparas de Vapor de mercurio

Tenemos las siguientes lámparas:

- A. Lámpara de vapor de mercurio de luz mixta.
- B. Lámpara de vapor de mercurio de color corregido.
- C. Lámpara de vapor de mercurio con yoduros metálicos.

En estas lámparas la luminiscencia se produce por la descarga eléctrica en una atmósfera mezclada de vapor de mercurio y de un gas inerte ( generalmente argón ).

Las propiedades eléctricas y luminosas de la descarga en vapor de mercurio dependen en gran parte de la intensidad de corriente y sobre todo de la presión de vapor en el interior de la lámpara.

En la figura 1.45 se representa las variaciones del rendimiento luminoso en función de la presión de vapor de mercurio, esta curva se obtuvo experimentalmente.

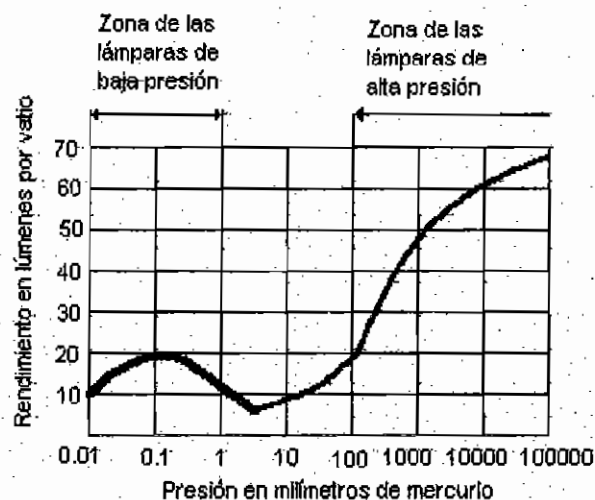


Fig.1.45 Curva de rendimiento luminoso de la descarga de vapor de mercurio, en función de la presión de l vapor.

Las lámparas de vapor de mercurio están compuestas por:

- Un tubo de descarga de cuarzo, cuyo diámetro está comprendido entre 8 y 40 mm, y la longitud oscila entre 3 y 20 mm según las potencias. Este tubo contiene a los electrodos principales (dos) y a uno o dos electrodos auxiliares, además contiene una determinada cantidad de argón y unas gotas de mercurio.
- Una ampolla exterior, que es de tipo ovoide de 5 a 20 cm de diámetro. Entre el tubo de cuarzo y la ampolla exterior existe un relleno de gas neutro a presión elevada, que evita la formación de arco entre las partes metálicas internas de la ampolla.
- Un casquillo de conexión que generalmente es rosca Edison o Goliath.

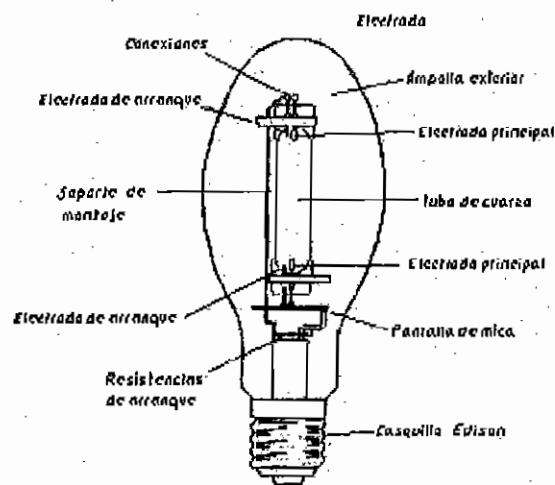


Fig.1.46 Constitución de una lámpara de vapor de mercurio.

Funcionamiento.- Cuando se aplica la tensión de la red, la lámpara no enciende espontáneamente debido a que esta tensión se encuentra entre el electrodo principal y auxiliar. Entonces, debido a la presencia de la resistencia de arranque se establece una descarga entre los electrodos auxiliar y principal que provoca la ionización del gas argón contenido en el tubo, y que inicia la descarga principal.

El calor generado por esta descarga principal hace que el mercurio se caliente y se volatilice; estableciendo un arco, entre los dos electrodos principales a través de la atmósfera del vapor de mercurio. La luz emitida por estas lámparas es de reparto discontinuo.

La ampolla exterior esta compuesta de vidrio ordinario, esta absorbe las radiaciones ultravioletas, entonces solo llegarán las radiaciones visibles hasta el ojo humano.

El espectro emitido por las lámparas de vapor de mercurio de media presión comprende:

- En el espectro visible 4 rayas principales, cuyas longitudes de onda son  $577\text{m}\mu$ ,  $546\text{m}\mu$ ,  $436\text{m}\mu$  y  $405\text{m}\mu$ .
- En la región ultravioleta próxima. Una intensa raya de  $364\text{m}\mu$ . Para absorber todas las radiaciones excepto la de  $365\text{m}\mu$  se utilizan lámparas de vidrio de Wood, entonces se obtiene luz negra.

Las intensidades de los rayos varían en valor relativo con la presión de mercurio y las características de la descarga. La luz emitida por estas lámparas es azulada.

Carece de radiaciones rojas, esto produce deformación en los colores de los objetos iluminados. Las lámparas de vapor de mercurio tienen las siguientes características:

- El rendimiento de una lámpara de vapor de mercurio es superior al de la lámpara incandescente.
- La vida útil es aproximadamente de 8000 horas más o menos, que representa 4 veces la vida útil de las lámparas incandescentes.
- Su encendido no es instantáneo, transcurre algunos minutos hasta alcanzar la máxima emisión luminosa. Para volver a encender se necesita de 4 a 10 minutos ya que el circuito está todavía caliente.
- Factor de potencia bajo ( $\cong 0,5$ ), entonces es necesario corregir la fase.
- Las lámparas de descarga, determinan la aparición del efecto estroboscópico. Este efecto consiste en que al iluminar los objetos con las lámparas de descarga, los objetos dan la impresión, de estar parados o de moverse intermitentemente.

Existen diversos métodos para eliminar el efecto estroboscópico, de entre ellos el más económico y práctico si se dispone de corriente trifásica, es la conexión de



lámparas en grupos de tres sobre pares de fases diferentes (RS, ST, TR). En la figura 1.47 se representa la eliminación del efecto estroboscópico.

Áreas de utilización.- Por su alto rendimiento luminoso e insensibilidad a las fluctuaciones de tensión se las utiliza en alumbrado de vías públicas, plazas y jardines.

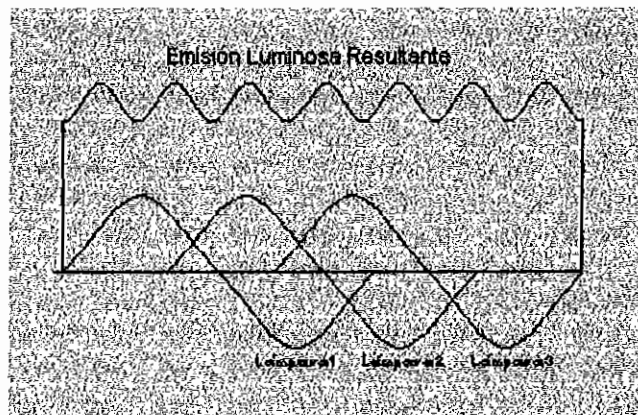


Fig.1.47 Eliminación del efecto estroboscópico

En el Anexo B, se puede observar: la conexión, la distribución espectral, las curvas características, la distribución luminosa y las características de construcción (tabla B.6) de una lámpara de vapor de mercurio.

En el Anexo C, se representan las lámparas de mercurio fabricadas por la firma OSRAM en la actualidad.

En el Anexo C, se pueden observar las lámparas HPL-N de vapor de mercurio de alta presión que fabrica Philips en la actualidad.

#### **A.- Lámpara de vapor de mercurio de luz mixta**

Para corregir la inexistencia del color rojo en las lámparas de vapor de mercurio, se han creado las lámparas de vapor de mercurio de luz mixta. En estas lámparas se acondiciona un filamento incandescente dentro de la misma ampolla.

En la figura 1.48 se representa la lámpara de vapor de mercurio de luz mixta y sus elementos constitutivos.

En esta figura, se puede observar dentro de la ampolla un tubo de descarga de cuarzo, el cual está relleno de vapor de mercurio y argón, además se halla conectado en serie y alrededor del tubo un filamento de incandescencia. Las características de este

filamento han sido calculadas ,de tal manera que su resistencia óhmica pueda estabilizar la descarga eléctrica en el tubo de descarga, por tanto no es necesario utilizar un balasto. Si la tensión de la red es 220 V, se puede conectar directamente a la red, pero si la tensión toma valores inferiores cómo ( 125V , 150V, etc.), se debe colocar un transformador o autotransformador previo, pues la tensión de encendido es 180 Voltios. La conexión de encendido es similar a la lámpara de vapor de mercurio.

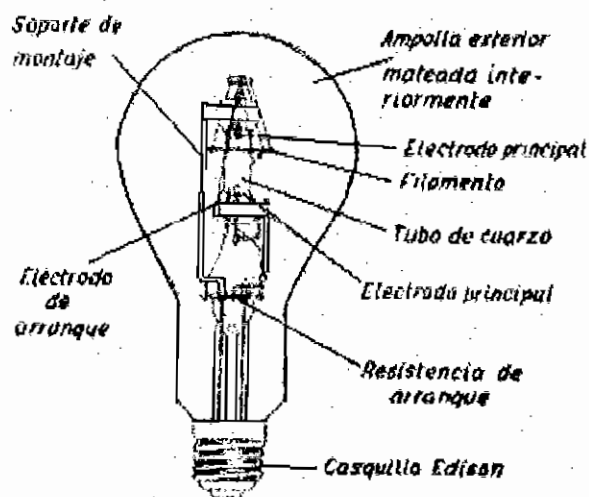


Fig.1.48 Lámpara de vapor de mercurio de luz mixta.

Las lámparas de luz mixta tienen las siguientes características:

- El rendimiento es de unos 18 a 22 lúmenes/W, este rendimiento bajo se debe a que la potencia se divide la mitad en el filamento incandescente y la otra mitad en el arco de mercurio. El rendimiento de la lámpara de vapor de mercurio es 2 veces el rendimiento de la lámpara de luz mixta.
- La mayor tensión de encendido es aplicada al filamento incandescente, debido a que el tubo de descarga está sometido a una tensión pequeña.
- El precio de la lámpara de luz mixta es mayor que el precio de la lámpara de incandescencia aunque sean de la misma potencia.

Áreas de aplicación.- Se utilizan principalmente en el alumbrado de vías públicas.

En el Anexo B, se representan las características técnicas (tabla B.7) de las lámparas de vapor de mercurio de luz mixta Metal-Mazda.

En el Anexo C, se representan las lámparas de descarga de luz mixta diseñadas por Philips en la actualidad.

### **B.- Lámpara de vapor de mercurio de color corregido**

La iluminación de grandes espacios como: carreteras, vías públicas, etc., necesitan de gran potencia unitaria, de volumen reducido y flujo luminoso que sea controlado y orientado por aparatos de alumbrado.

Las características anteriores si se cumplen utilizando lámparas de vapor de mercurio normales, sin embargo, aquella de la calidad de luz no se cumple, esto se debe, a que no tienen radiaciones rojas, razón por la cual los colores de los objetos iluminados se deforman.

De alguna manera se solucionó este problema utilizando lámparas de luz mixta, pero fue afectada su eficiencia luminosa ya que se disminuye y además su construcción es limitada.

Para mejorar la calidad de luz se suman los efectos de la luz del arco de mercurio, mas los producidos por el fluogermanato de magnesio.

El fluogermanato de magnesio es una substancia fluorescente con propiedades diferentes a las utilizadas en las lámparas fluorescentes.

En la figura 1.49 se representa la lámpara de vapor de mercurio de color corregido, como podemos observar la forma de esta lámpara es idéntica a la de vapor de mercurio normal; con la única diferencia de que la ampolla de cristal tiene apariencia opalina, debido a que el fluogermanato de magnesio ha sido depositado en su interior.

La mayor cantidad de luz es producida por el arco de mercurio corregido con la fluorescencia. La fluorescencia en el interior de la ampolla absorbe las radiaciones del espectro de mercurio, después las emite, está cantidad emitida es menor que la absorbida.

Razón por la cuál, el rendimiento es inferior al rendimiento de una lámpara de vapor de mercurio normal.

A estas lámparas se las denominan también lámparas de balón fluorescente. Son lámparas que tienen las mismas características constructivas y eléctricas que las lámparas de vapor de mercurio normales.

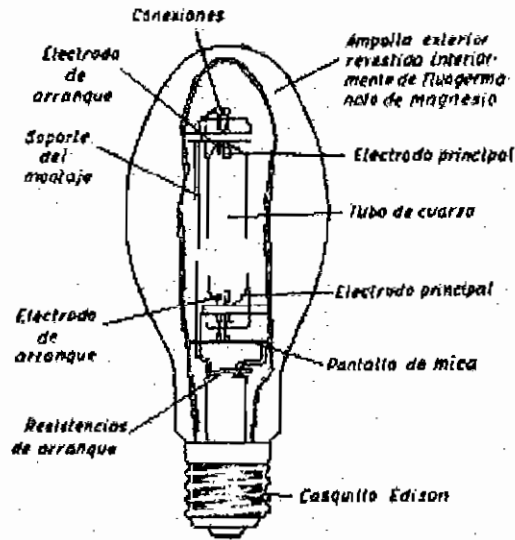


Fig. 1.49 Lámpara de vapor de mercurio de color corregido.

Las características más importantes de estas lámparas son:

- Con menos lámparas y de menor potencia se puede conseguir un mayor flujo luminoso que con las lámparas incandescentes.
- Estas lámparas tienen una duración mucho mayor que las lámparas de incandescencia.
- Proporcionan puntos de luz de gran flujo luminoso.

Áreas de Aplicación.-Las lámparas de vapor de mercurio de color corregido se emplean para la iluminación de grandes espacios y en la iluminación de calles y carreteras.

En el Anexo B, se observa la distribución espectral y las características técnicas (tabla B.8) de una lámpara de mercurio de color corregido.

### C.- Lámpara de vapor de mercurio con yoduros metálicos

Las lámparas de vapor de mercurio estudiadas anteriormente, no reproducen correctamente el color de los objetos, sobretodo para tonos cálidos.

Las lámparas con halogenuros se caracterizan, por el ensanche de la distribución del espectro, aumentando la variedad de colores, además de excelentes rendimientos luminosos. Entre los yoduros utilizados por las diferentes firmas tenemos: yoduro de sodio, talio, indio, iridio, escandio y otros más.

En el Anexo B, se representa la distribución espectral, la conexión y las características técnicas (tabla B.9) de las lámparas Philips de vapor de mercurio con yoduros metálicos.

A las rayas del espectro de mercurio se añaden la raya amarilla del sodio, la raya verde del talio y las rayas azul y roja del indio. Se obtiene una luz coloreada muy agradable para escenarios al aire libre donde se iluminan programas o acontecimientos transmitidos por televisión a color. Los elementos constitutivos de la lámpara con halogenuros son similares a las lámparas de vapor de mercurio de alta presión. Además el espectro de las lámparas con halogenuros poseen suficientes radiaciones rojas por lo tanto, ya no es necesario la capa fluorescente. Las lámparas de capa fluorescentes con yoduros tienen una ampolla de forma ovoidal, semejante a las de vapor de mercurio de color corregido. Las lámparas sin capa fluorescente tienen una ampolla de cristal transparente y de forma cilíndrica. Esta lámpara se halla representada en la figura 1.50 y pertenece a la firma Metal-Mazda.



Fig.1.50 Lámpara de vapor de mercurio con yoduros metálicos.

Las lámparas de vapor de mercurio con halogenuros, funcionan de manera similar como las lámparas de vapor de mercurio normal, para limitar la corriente se conecta en serie una reactancia o balasto.

El período de encendido es de unos 4 minutos tiempo necesario para caldear el tubo de descarga y vaporizar el mercurio y los yoduros. Son lámparas, que llevan el dispositivo de encendido ( cebador o electrodo de arranque ) incorporado a la misma lámpara, por lo tanto se usan los mismos balastos que utilizan las lámparas de vapor de mercurio de color corregido.

El rendimiento luminoso de estas lámparas es superior a los de vapor de mercurio de color corregido, como se aprecia en el cuadro comparativo.

Potencia(w)	Flujo Luminoso(lúmenes)		Ganancia Obtenida
	Lámparas de color corregido	Lámparas con aditivos de yoduros	
400	21000	30000	+43%
2000	125000	190000	+53%

Tabla 1.4 Cuadro comparativo del rendimiento luminoso de dos lámparas.

Áreas de Aplicación.- Son utilizadas en:

- Alumbrado de campos de deportes
- Alumbrado de naves industriales.
- Alumbrado de calles y autopistas.

Tienen una vida útil de 4000 a 6000 horas y se fabrican para potencias elevadas.

En el Anexo C, Se pueden observar las lámparas de descarga de mercurio con haluros metálicos que Philips fabrica en la actualidad.

#### 1.2.2.4 Lámparas de vapor de sodio

Tenemos las siguientes lámparas:

- A. Lámpara de vapor de sodio de baja presión.
- B. Lámpara tubular de vapor de sodio.
- C. Lámpara de vapor de sodio con capa de óxidos metálicos.
- D. Lámpara de vapor de sodio de alta presión

##### **A.- Lámpara de vapor de sodio de baja presión.**

Las lámparas de vapor de sodio de baja presión están constituidas de un tubo de descarga en forma de U, una ampolla tubular que protege al tubo de descarga y un casquillo de conexión que acostumbra a ser de bayoneta figura 1.51.

En los extremos de la lámpara existen dos electrodos, y en su interior se encuentra un gas de relleno generalmente neón y una pequeña cantidad de sodio, en forma de gotas, cuando la lámpara esta fría.

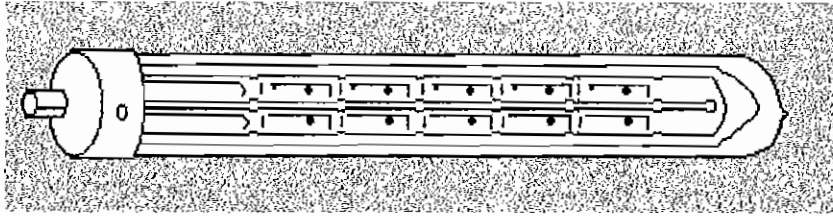


Fig.1.51 Lámpara de vapor de sodio a baja presión.

Al aplicar una tensión a los electrodos se produce una descarga a través del gas neón, esta determina la emisión de luz roja muy ionizable.

El calor generado por el arco produce la vaporización del sodio esto hace que la descarga se produzca en una atmósfera cada vez con mayor composición de sodio, esto hace que la luz sea cada vez más amarilla. Mas del 90% de la radiación obtenida, corresponde, a una longitud de onda de  $589\text{nm}$ ; que está muy cercana a  $555\text{nm}$  que es la mayor sensibilidad del ojo humano.

La tensión de encendido de estas lámparas es de 340 V a 400 V según el tipo. Como la alimentación de la red tiene 220 V la lámpara necesita un autotransformador para elevar la tensión hasta el voltaje de encendido. El período de encendido de las lámparas de vapor de sodio oscila entre 5 y 15 minutos, según los tipos. Estas lámparas tienen una vida útil de 4000 horas. Debido a la luz monocromática la deformación de los colores de los objetos iluminados es mayor, por lo tanto este tipo de lámparas no es utilizada con frecuencia en iluminación de interiores.

Estas lámparas se utilizan en iluminación de carreteras, en iluminación de bifurcaciones, túneles y para señalar situaciones de peligro. Otra aplicación de las lámparas de sodio es el alumbrado arquitectónico y de jardines ya que estas lámparas resaltan los tonos amaromados, y pardos de ciertos tipos de piedra, así como los troncos de los árboles.

En el Anexo B, se representan la curva de distribución luminosa y la conexión con autotransformador de varias tomas de una lámpara de vapor de sodio con capa de óxido de indio. También en el mismo Anexo se expresan las características técnicas (tabla B.10) de este tipo de lámparas.

### **B.- Lámpara tubular de vapor de sodio**

Esta lámpara es diseñada por OSRAM, con este diseño se consiguió un elevado rendimiento y una gran potencia eléctrica. Esta lámpara es la Na 220 W.

En la figura 1.52 se representa a la lámpara tubular de vapor de sodio, sus dimensiones de 1200 mm de longitud y 40 mm de diámetro son similares a las de la lámpara fluorescente normal de 40 W.



Fig.1.52 Lámpara tubular de vapor de sodio.

En el Anexo B, se representa la conexión y las características de las lámparas de vapor de sodio tubular.

Area de Utilización.- Son utilizadas en:

- En alumbrado público: autopistas, carreteras, puentes, túneles, nudos ferroviarios, etc.
- En aplicaciones diversas: Fachadas de edificios, monumentos, iglesias, etc.

### **C.- Lámpara de vapor de sodio con capa de óxidos metálicos**

Esta lámpara consiste en la incorporación en el interior del recipiente de proyección térmica de una fina capa que refleje las radiaciones térmicas infrarrojas, conservando la temperatura de descarga, pero dejando pasar las radiaciones luminosas.

Esta fina capa metalizada es de óxido de estaño y tiene la propiedad de ser transparente, para radiación amarilla anaranjada característica del sodio y reflejante para la radiación infrarroja, procedente del tubo de descarga. El 80% de la radiación infrarroja es reflejado mientras que solo el 10% es absorbido, esto nos da como consecuencia que estas lámparas tengan un rendimiento luminoso elevado, algunas alcanzan hasta 150 (lm/W) que parecía imposible hasta hace algunos años. En la figura 1.53 se observa, una lámpara de vapor de sodio con capa de óxidos metálicos que es similar a una lámpara de vapor de sodio normal.

Los accesorios y aparatos de encendido para esta lámpara son los mismos que para una lámpara de vapor de sodio normal. El período de encendido varía de 5 a 12 minutos y depende también de la potencia de la lámpara.

En el Anexo B, se expresan las características (tabla B.11) de las lámparas de vapor de sodio con capa de óxido de estaño fabricadas por Philips.



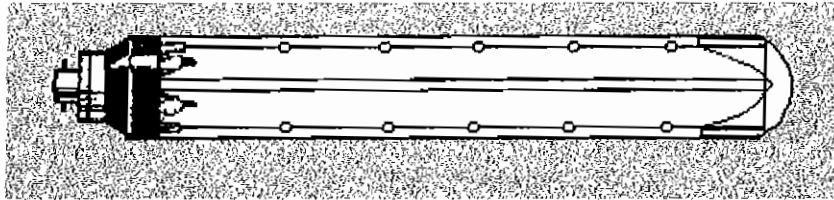


Fig. 1.53 Lámpara de vapor de sodio con óxidos metálicos.

La firma Mazda sustituyó la capa de óxido de estaño por una finísima capa de óxido de indio, cuyo poder reflectante es mayor. Con este cambio se obtuvo mayores rendimientos aunque el período de encendido aumentó de 8 y 15 minutos según la potencia de la lámpara.

En el Anexo B, tabla B.12, se expresan las características de las lámparas de vapor de sodio con capa de óxido de indio fabricadas por Mazda.

Áreas de Aplicación.- Son utilizadas en:

- a.- Iluminación de carreteras, autopistas y cruces de tráfico.
- b.- Iluminación de estaciones, puertos, etc.
- c.- Balizamiento de aeropuertos.
- d.- Iluminación de lugares peligrosos como pasos a nivel, etc.
- e.- Iluminación de túneles
- f.- Iluminación publicitaria y arquitectónica.
- g.- Iluminación industrial.
- h.- Iluminación de canteras, ruinas al aire libre, etc.

#### **D.- Lámpara de vapor de sodio de alta presión**

En el mercado existen dos tipos diferentes de lámparas de vapor de sodio a alta presión. Esta diferencia se refiere a la forma de su ampolla.

En la figura 1.54 se representa a las lámparas de ampolla tubular y en la figura 1.55 se representa a las lámparas de ampolla ovoide que posee características idénticas a las lámparas de vapor de mercurio color corregido de igual potencia.

Debido a las condiciones especiales de funcionamiento el tubo de descarga está construido de un material cerámico de óxido de aluminio sintetizado, denominado comercialmente Lucalox, cuyo punto de fusión es de 2000 °C.

El tubo de descarga se halla encerrado en un recipiente de vidrio resistente a la intemperie.

La ampolla de descarga es traslúcida con una transmisión de luz en la zona visible del 90%.

Además estas lámparas poseen dos electrodos situados en cada extremo y son de tungsteno.

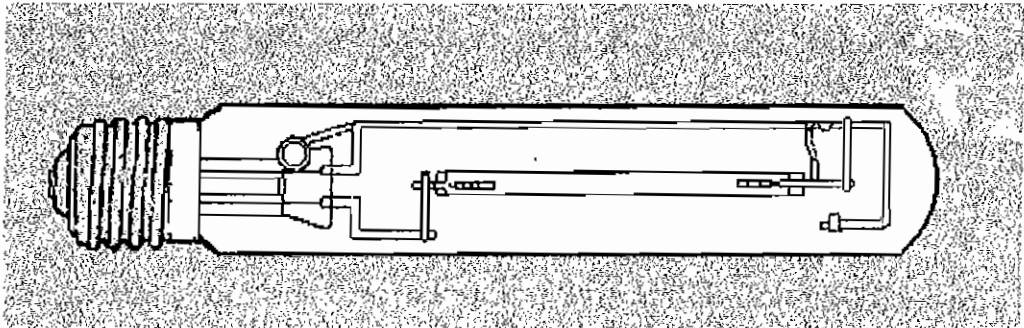


Fig. 1.54 Sodio alta presión tubular

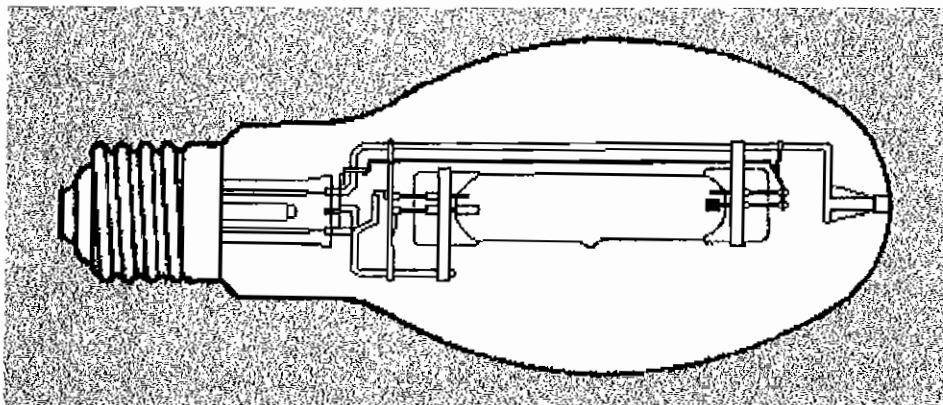


Fig. 1.55 Sodio alta presión tipo ovoide.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen potencias normales de 250, 400 y 1000 W.

Para el arranque de estas lámparas, se necesita además de la reactancia de un ignitor o arrancador cuya misión es generar puntas de tensión de 3 a 4 KV sin las cuáles la lámpara no puede iniciar su encendido. El arrancador puede estar incluido dentro de la lámpara o fuera de ella. El tiempo de arranque de estas lámparas es de unos 4 minutos y el de reencendido es variable. La luz que se obtienen de estas lámparas es de color blanco dorado con gran cantidad de rojo y que resulta agradable a la vista.

En el Anexo B, se representan el esquema de conexión y el espectro luminoso de una lámpara de vapor de sodio de alta presión.

En el Anexo B, tabla B.13, se representan las características de las lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Áreas de utilización.- Se utilizan para la iluminación de grandes arterias, plazas y zonas aeroportuarias.

En el Anexo C, se representan los diferentes tipos de lámparas de vapor de sodio de alta presión que fabrica Philips.

## **1.3 APARATOS DE ILUMINACION**

### **1.3.1 GENERALIDADES**

La misión de los aparatos de iluminación es modificar la distribución luminosa de las lámparas, con el propósito de dirigirlo hacia las superficies que deben iluminarse.

Es importante recalcar que para iluminación externa estos aparatos deben responder a requisitos particulares de tipo: luminotécnico, eléctrico y mecánico.

Propiedades luminotécnicas.- Son las siguientes:

- Buen rendimiento luminoso.
- Distribución luminosa de acuerdo con la función que va a desempeñar la luminaria.
- Valores de luminancia reducidas, para determinadas direcciones.

Propiedades mecánicas y eléctricas.- Son las siguientes:

- Solidez
- Facilidad de montaje, desmontaje y limpieza.
- Accesibilidad a la lámpara y al equipo eléctrico auxiliar (portalámparas, reactancias, regletas, etc.)
- Protección eficaz de las lámparas y equipo eléctrico contra el polvo, humedad y demás agentes atmosféricos así como también contra los efectos mecánicos.

- Construcción que permita funcionar a la lámpara en condiciones apropiadas de temperatura, proporcionando la refrigeración necesaria para luminarias que contengan lámparas incandescentes o de descarga.
- Construidos de un material adaptado a su función y condiciones de trabajo.

Propiedades estéticas.- Son las siguientes:

- Las luminarias deben ser más visibles durante el día que durante la noche, procurando que su aspecto exterior no desentone con el medio ambiente en el cual están incluidas.

### 1.3.2 CLASIFICACIÓN LUMINOTÉCNICA

En iluminación externa se pueden clasificar a los aparatos de alumbrado de la siguiente manera: difusores, reflectores y refractores.

Difusores.- Los difusores actúan relativamente poco sobre la distribución luminosa de la lámpara, su misión es difundir la luz para disminuir los efectos de deslumbramiento. Los difusores están constituidos por envolventes de vidrio o material plástico opalino que atenúan el deslumbramiento, aunque reducen el rendimiento del aparato. Se utilizan para la iluminación de jardines, parques y alamedas, donde se dan exigencias estéticas específicas.

Reflectores.- Por medio de las superficies especulares distribuyen la luz emitida por la fuente luminosa. La fuente luminosa idealmente se ha reducido a un punto situado en el centro de un eje vertical, desde ese punto se mide la intensidad luminosa en un gran número de direcciones.

Los reflectores en relación al grado de apantallamiento pueden ser: apantallados (cut - off ) semiapantallados ( semi cut-off ), no apantallados ( non cut-off ).

- a) cut-off.- Son aquellos que distribuyen la luz de forma que suprimen prácticamente la totalidad de los rayos luminosos, con un ángulo de 75°.
- b) Semi cut-off.- Son aquellas luminarias que suprimen prácticamente los rayos luminosos que forman con el eje de la luminaria, con un ángulo superior a 80 a 85°.

Difusión del haz (grados)	NEMA Tipo	Eficiencias mínimas(%)			
		Lámparas incandescentes		Lámparas de mercurio	
		Area efectiva del reflector (plg <sup>2</sup> )			
		Abajo de 227	Sobre 227	Abajo de 227	Sobre 227
10 a 18	1	34	35	--	--
18 a 29	2	36	36	22	30
29 a 46	3	39	45	24	34
46 a 70	4	42	50	35	38
70 a 100	5	46	50	38	42
100 a 130	6	--	--	42	46
130 a más	7	--	--	46	50

Tabla 1.5 Clasificación de los proyectores .

Areas de Utilización.-Los proyectores se utilizan para: andenes de ferrocarril, estacionamientos de centros comerciales, plataformas de aeropuertos. Además para iluminar las fachadas de monumentos y edificios.

En el Anexo D, se representan los tipos de reflectores que posee Philips en la actualidad.

### Arena visión

Arena visión es un sistema de iluminación muy compacto con un número bien definido de sistemas ópticos y una lámpara de metal halógeno de 1800 W. Esta ha sido desarrollada para mayores facilidades deportivas. Este sistema contiene los siguientes elementos:

La luminaria MVF 406 es un proyector de luz rotacional con un reflector cubierto y un eje levantado. La luminaria puede ser equipada con cinco diferentes sistemas ópticos modulares.

La lámpara MHD 1800 W es una lámpara de metal halógena de doble acabado de quartz, con dimensiones mínimas sin una envoltura exterior. Su cuerpo da un montaje preenfocado en una posición transversal. Esto da como resultado la reproducción exacta de la distribución luminosa.

Esta luminaria trae un equipo que contiene:

- Un balasto BMH 1800

- Un ignitor, SN59(0-45m) o SN56(0-40m)
- Capacitores para corregir el factor de potencia a 0,9

La comodidad de manejo en el sitio, forma el punto de inicio para el diseño de la cubierta del reflector. La unidad es compacta y de poco peso, fácil para transportar, para armar y para conectar.

Todas las distribuciones luminosas son constantes y las diferentes combinaciones del reflector son todas almacenadas en una unidad.

La cubierta es compacta y en la actualidad se utilizan materiales más resistentes.

La cubierta consiste de una parte frontal y una parte posterior, ambas son hechas de aluminio de alta presión de peso mínimo. El espesor es de 1.6 mm y toda la unidad pesa aproximadamente 11 Kilogramos.

El brazo de la luminaria se puede subir, bajar, mover de un lado hacia otro hasta una distancia de 9 cm.

Se conectan dos cables, uno para suministrar la energía de alimentación y otro para el sistema de seguridad.

En estadios largos las luminarias se hallan empotradas en la cubierta y distribuidas uniformemente, si es que la luminaria tiene cubierta.

La televisión requiere que la iluminación vertical de un local abierto, sea de excelente calidad para obtener mejor iluminación.

Características.- Tiene las siguientes características:

- Alta eficiencia lumínica
- Reproducción precisa de luz
- Menos pérdida de luz y menos polución ambiental.
- Brillo limitado.
- Pequeñas dimensiones y bajo peso.
- Alta eficiencia del sistema.
- Menos trabajo de Instalación.
- Reducción del número de luminarias.
- Color mejorado de conformidad con los estándares internacionales y el consentimiento de las normas DIN.
- Alto color de temperatura de 5600 °K. Lo que permite una real reproducción del color.

- Sistema óptico diferente en una única cubierta, conforme las normas DIN. Esto permite flexibilidad en el diseño.
- Alta eficiencia de instalación.
- Forma uniforme de las unidades a lo largo de la instalación.
- Construcción óptima, que permite: fácil mantenimiento, montaje flexible y grupo compacto.
- El suministro eléctrico es desconectado cuando el reflector es encendido. Esto se realiza por seguridad.
- Alambre con red de protección.
- Flexibilidad y rapidez en el encendido. Si existen pequeños cortes de potencia no es causa de largos períodos sin luz.
- Desarrollo simultáneo de los componentes del sistema.
- Alta rehabilitación técnica y compatibilidad de elementos.
- El reflector circular consiste de dos partes:
  - Una carcasa del reflector con marco que posee una caja separada.
  - Una carcasa posterior permanentemente enganchada a la carcasa del reflector.

El sistema Arena Visión usa las lámparas MHD 1800W. La MHD 1800 W es una lámpara de metal halógeno que ha sido especialmente desarrollada para iluminación deportiva y aplicaciones con proyectores. La base de la lámpara preenfocada junto con un tubo de descarga compacto y óptica especiales garantiza una luz de mejor calidad.

La MHD 1800 W debe ser operada en combinación con un balasto, con ignitor y con un ignitor generador especial de 2 x 25 KV, que puede ser utilizado inmediatamente si la reignición es requerida. El color de temperatura de esta lámpara es de 5600 °K.

En combinación con el sistema óptico Arena Visión, la lámpara provee un bien definido haz luminoso y un mínimo de luz derramada.

En caso de rotura del vidrio de en frente, el reflector tiene que ser apagado para prevenir daños debido al alto contenido de radiación ultravioleta.

La lámpara también tiene las siguientes características:

Longitud de arco : 24.7 mm

Eficiencia de la lámpara : 84 lm/W

Color de coordenadas: X=0.330, Y=0,339

Mantenimiento de la lámpara : 100h-100%

1500h > 85%

rango de vida promedio: 4000h

La lámpara MHD 1800 W necesita para ser operado estar en conjunto con un apropiado equipo de control. El ignitor electrónico SN 56/59 sirve para proveer pulsos altos de voltaje a través de la lámpara. El ignitor tiene una serie de componentes que son sensibles a las temperaturas extremas, la temperatura del sensor de la cubierta debería siempre estar entre -20°C y 60°C hasta 80°C dependiendo del tipo de uso.

Una vez que la lámpara está arrancando la corriente en la lámpara es limitada por el balasto BMH 1800. Este balasto es de construcción de tipo abierto y la máxima temperatura permitida en el balasto en condiciones de operación es de 130°C.

El balasto, el ignitor y el capacitor son montados en una placa de ensayo. La placa de ensayo consiste de una placa de acero de 2 mm de espesor.

El sistema de cables, consiste de conductores sólidos de cobre de 2 1/2 mm<sup>2</sup> aislados con PVC. Las conexiones son todas con bloques de terminales. La placa de ensayo es proveída con un terminal de tierra y cables para la lámpara. Opcionalmente en la placa de prueba se pueden armar los siguientes elementos.

- Relay de seguridad por un switch de seguridad, un fusible, bobinas de radiointerferencias.

Características mecánicas del sistema.- Son las siguientes:

- Luminaria IP55.
- Caja Conexión IP44.
- Módulo de Calor IP55.

Sistema compatible con el IEC 598

- Las temperaturas ambiente de la luminaria son:-20°C, 35°C
- Las temperaturas permitidas para el ignitor son:-20°C, 60°C.
- Peso de la luminaria incluida la lámpara es:11Kg.
- Peso del equipo de prueba:25Kg.
- Peso de la caja incluido el equipo de prueba:29Kg.
- La máxima área proyectada por luminaria es:0.176m<sup>2</sup>

Los sistemas cumplen con los requerimientos de los estándares internacionales.

Datos eléctricos del sistema.- Se tienen los siguientes datos:



- Suministro de Voltaje: 220 Voltios y 50 ciclos de onda seno entre fase y neutro.

El balasto se puede utilizar para otros Voltajes: 230/240 Voltios y 50 a 60 ciclos.

Lámparas, luminarias e ignitores para voltajes entre 220 / 240 voltios y 50/60 ciclos.

- factor de potencia: 0,45 sin compensación del circuito lámpara/balasto.

Con un grupo de capacitores en paralelo, se puede ajustar el factor de potencia requerido. Los capacitores cumplen con la norma VDE 0560 o IEC 566.

El pico de ignición en el cable se produce durante el proceso de arranque, y el grado de aislamiento del cable debe ser suficiente, dependiendo de la clase de instalación.

a.- Cable no flexible de acuerdo a la IEC502 tipo XLPE.

b.- Cable flexible de acuerdo a la IEC 228 tipo QWPK.

- Posee un switch de protección, que se coloca en serie con una bobina magnética.
- La eficiencia del sistema total es de 80 lm/W.
- Porcentaje de Salida de la luminaria: 76%
- factor de utilización: superior al 30% comparado con sistemas convencionales de la misma carga elevada.
- Mantenimiento de la lámpara en 100 horas: 100%, en 1500 horas: superior.
- Temperatura de Color es: 5600 °K

La sensibilidad del ojo humano es diferente para los distintos colores. La percepción para la luz verde y amarilla es mayor que para la luz saturada roja y para el color violeta y azul. Las cámaras de TV y material de filmación a color tienen tres sensibilidades pico, nominadas para la luz azul, verde y roja. Por lo tanto se necesitan filtros para mejorar la percepción luminosa. Para fotografía a color y filme a color, se necesitan filtros que generalmente se colocan en frente de la lente, esto disminuye la medida de luz disponible.

Lámpara MHD 1800 w.- La distribución espectral continua de la MHD 1800 W ha sido seleccionada, para que la luz filtrada no exceda el 8% del color de la TV.

Temperatura. - Son las siguientes:

Temperatura máxima permitida para la base: 300°C.

Temperatura máxima permitida para el bulbo: 1000°C.

Condiciones de uso. - Se tienen las siguientes condiciones de uso:

- Posición de encendido: posición horizontal + - 15°.
- Las variaciones de la fuente principal, no pueden fluctuar por más de 10% y 6% desde el rango del balasto.
- La lámpara solo puede ser usada en luminarias cerradas.

En el Anexo D, se observan: la lámpara MHD 1800W, la luminaria Arena Visión, la distribución espectral de potencia, la curva de arranque, variaciones del voltaje principal, distribución lumínica de arco de la lámpara MHD 1800, los datos técnicos de la lámpara MHD 1800W, los datos técnicos del balasto BMH 1800 L20 y los datos técnicos del ignitor SN 56/59.

#### **1.3.4 APARATOS PARA ALUMBRADO PÚBLICO**

En alumbrado público, se debe tener en cuenta la observación usual de la luminaria, por parte del conductor del vehículo.

Si las intensidades emitidas por las luminarias, son muy elevadas y producen molestias al observador al ir conduciendo su vehículo, la Comisión Internacional de Iluminación quiso dar una solución a este problema clasificándolas en 3 categorías como son: “cut\_off”, “semi cut\_off” y “Non cut\_off”.

- a) Luminaria “cut\_off” o de haz recortado: son luminarias que distribuyen la luz de tal forma que suprimen los rayos luminosos que forman un ángulo superior a 75° con el eje perpendicular al plano de la calzada y que pasa por el centro de la luminaria.
- b) Luminaria “Semi cut\_off” o de haz semi\_recortado: son luminarias que suprimen los rayos luminosos que forman con el eje la luminaria ( perpendicular al plano de la calzada ) un ángulo superior a 80-85°.

c) Luminaria "Non cut off" o de haz no recortado: son luminarias que no suprimen, los rayos luminosos emitidos por encima del plano horizontal, que pasa por su centro geométrico.

Partes constitutivas.- Los componentes que pueden encontrarse en estos aparatos son:

- 1.- Carcaza.- Esta hecha de fundición inyectada de aleación ligera, de plancha de acero.
- 2.- Grupo óptico .- Es de aluminio purísimo.
- 3.- Portalámparas .- Es construido de tal forma que evite el contacto directo con las partes internas de la lámpara.
- 4.- Soporte del portalámparas .- Posee un dispositivo de regulación para localizar la lámpara respecto del grupo óptico.
- 5.- Alojamiento del equipo auxiliar
- 6.- Conexión a la alimentación .- Se utiliza una clavija a fin de desconectarla y realizar su mantenimiento.
- 7.- Chasis de aleación ligera .- En aparatos de clase I poseen puesta a tierra.
- 8.- Abrazadera para la fijación al soporte.
- 9.- Cubeta de vidrio o de material plástico.- Esta sirve para proteger a la lámpara y al grupo óptico de los agentes atmosféricos.
- 10.- Filtro.- Es el que facilita el intercambio de aire entre el interior y el exterior del grupo óptico. Además mantiene en el exterior las partículas contaminantes.
- 11.- Tornillo de cabeza moleteada destinado a la fijación de la cubeta.
- 12.- Bisagra de la cubeta
- 13.- Tornillo de cabeza moleteada para la fijación de la carcaza.

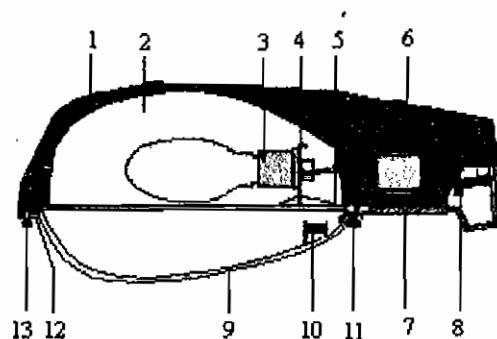


Fig.1.58 Diagrama de luminaria de Alumbrado Público

### 1.3.5 PROTECCIONES

El tipo de protección a utilizarse en los aparatos dependerá de la clase de contactor sean estos directos e indirectos, y también de la protección contra la penetración de líquidos y polvo.

Protección contra los contactos indirectos.- Se tienen los siguientes contactos:

Aparatos de clase I: Están provistos de aislamiento funcional ( funcional: es el aislamiento necesario para asegurar el funcionamiento normal del aparato y la protección básica contra las tensiones de contacto) en todas sus partes y con un borne para la puesta a tierra.

Se puede conectar a sistemas eléctricos cuya tensión de alimentación sea 50 V o mayor respecto a tierra en corriente alterna, e igual o  $>$  a 75 Voltios con respecto a tierra en corriente continua.

Aparatos de clase II: Están provistos de aislamiento especial y no tienen borde para la puesta a tierra. Se consideran como alternativa a los de clase I, sin embargo en aquellos casos en que la puesta a tierra no es necesaria, estos no garantizan la eficacia del sistema. Naturalmente todos los accesorios deben ser de clase II.

La ENPI y el Instituto Italiano de la Marca de calidad son de Italia además debe figurar entre los datos del aparato: tensión, potencia y frecuencia nominal de la fuente luminosa.

Las luminarias se someten al trámite de la Marca de Calidad. En España se conceden las siguientes marcas de calidad: “Marca de Conformidad a Normas UNE” y “Marca de calidad AEE” siendo ambas otorgadas por la Asociación Electrotécnica Española. Sus símbolos son los que figuran a continuación.

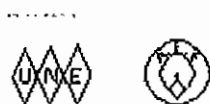


Fig. 1.59 Marcas de Calidad Españolas.

Protección contra los contactos directos y contra la penetración de líquidos y polvo.

Las normas CEI, consideran que la primera cifra indica el grado de protección, contra el contacto directo con elementos bajo tensión y el grado de protección del material contra la penetración de cuerpos sólidos extraños y polvo; la segunda cifra indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Con relación al tipo de protección los aparatos destinados al alumbrado público se clasifican:

SÍMBOLO	TIPO DE PROTECCION	APLICACIÓN
IP 22	Ninguna protección contra la penetración de polvo; protección contra la filtración de agua con una inclinación de 15°.	En el exterior bajo cubierta
IP 23	Ninguna protección contra la penetración de polvo; protección contra la lluvia.	En el exterior, alumbrado público (luminarias abiertas).
IP 53	Protección parcial contra la penetración de polvo; protección contra la lluvia.	
IP 54	Protección parcial contra la penetración de polvo; protección contra las salpicaduras.	Alumbrado público (luminarias cerradas).
IP 55	Protección parcial contra la penetración de polvo; protección contra los chorros de agua.	Túneles
IP 57	Protección parcial contra la penetración de polvo; contra la inmersión.	En lugares polvorientos y muy mojados.
IP 65	Protección total contra el polvo; protección contra los chorros de agua.	Proyectores a la intemperie.

Tabla 1.6 Clasificación de los aparatos de alumbrado público, según el tipo de protección.

## 1.4 SOPORTES

Los soportes deben resistir solicitaciones mecánicas de variada índole por ejemplo: empuje de viento, peso de la nieve en los puntos de luz, etc.; además deben resistir la acción corrosiva de los agentes atmosféricos, y también deben ser ligeros para facilitar su transporte, la instalación o la sustitución; además no deben requerir un

excesivo entretenimiento y finalmente tener un aspecto estético agradable. Los soportes pueden tener formas diversas; en la figura 1.60 se representan algunos tipos de soportes

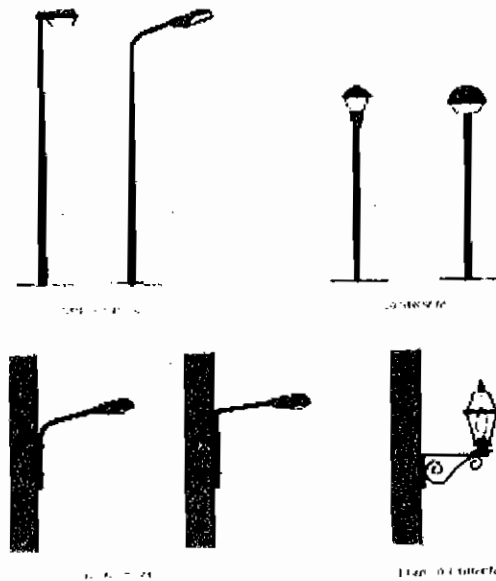


Fig.1.60 tipos de soportes

#### 1.4.1 CLASES DE POSTES

Tenemos las siguientes clases de los postes:

De Acero.- Pueden ser trefilados o soldados. En ambos casos representan una buena resistencia a las sollicitaciones mecánicas y a la corrosión, si han recibido el tratamiento adecuado; de menor peso que los postes de hormigón centrifugados.

Son resistentes a la corrosión porque generalmente tienen un revestimiento bituminoso o también se les da un baño galvánico de zinc tanto interna como externamente.

Este tipo de poste es muy utilizado.

De hormigón armado centrifugado.- De larga duración sin que requieran mantenimiento, aún en presencia de una atmósfera corrosiva (Salina o derivada de procesos industriales); el peso de este tipo de poste es considerable, esto hace que los costes de transporte e instalación sean elevados. Se utilizan cuando la alimentación se efectúa mediante línea aérea por ser menos flexibles que los postes de acero. En la punta del poste por medio de abrazaderas se puede fijar un brazo metálico.

De aluminio.- El peso de este tipo de poste es mucho menor comparado con los anteriores, lo que repercute positivamente en la puesta en funcionamiento, no requieren mantenimiento si han sido anodizados; razón por la cuál, tienen mayor flexibilidad y costo que los de acero o de hormigón.

De material plástico.- Su gran ligereza proporciona ahorro en el transporte e instalación tiene buena resistencia a la corrosión, aislamiento eléctrico elevado y flexibilidad superior a la de los postes de acero.

Con independencia del material utilizado para su fabricación, los postes se pueden suministrar con un orificio practicado hacia la mitad de la parte enterrada a fin de dar entrada al conductor de alimentación si la línea utilizada es subterránea, dicho orificio no, es necesario en aquellos casos en que la conexión se realiza por medio de una caja exterior en la base del poste.

## **CAPÍTULO II**

### **ILUMINACION EXTERIOR**

#### **INTRODUCCIÓN**

Se llama iluminación de exteriores, a la iluminación de toda extensión descubierta de terreno, comprenderá por lo tanto: el alumbrado público de calles y plazas, además el alumbrado de campos de deportes, estaciones, patios de fábrica, etc. El alumbrado público es el más importante de todos.

#### **2.1 ALUMBRADO PÚBLICO**

##### **2.1.1 GENERALIDADES**

El alumbrado Público debe garantizar una visibilidad adecuada durante las horas vespertinas y nocturnas, de tal forma que el tráfico de autos y peatones se desenvuelva con seguridad. Los usuarios de la vía deben estar en posibilidades, de percibir y localizar oportunamente todos los detalles del entorno que los rodea tales como señalizaciones, situaciones de peligro y obstáculos.

El contraste es evidente solo si existe diferencia de luminancia entre el objeto y el fondo. El contraste recibe el nombre de directo si la luminancia del objeto es mayor que la del fondo y es indirecto si ocurre lo contrario.

Es evidente, que una buena instalación de alumbrado público influye en la reducción de accidentes de circulación vehicular y de actos delictivos cometidos durante la noche.

Por regla general, pueden existir dos tipos de factores determinantes, en cuanto a las características básicas de una instalación de alumbrado público; el primero según predominen las exigencias de tráfico y el segundo relacionado con las motivaciones estéticas.

1.- Influencia de las exigencias de tráfico.- Es evidente que cuanto mayor sea la intensidad de tráfico rodado en una vía pública, y mayor sea la velocidad media prevista de los vehículos que circulan por ella, mayor deberá ser la iluminación de dicha vía.



Sabemos que la rapidez de percepción y por consiguiente, de conocimiento depende en gran parte de la luminancia de los objetos situados dentro del campo visual.

Puesto que, la utilización de la iluminación pública, se lleva a cabo en la noche, conviene aclarar el proceso que lleva a cabo la visión del observador.

Debido a que la iluminación pública tiene niveles bajos, la percepción de los detalles de una vía iluminada se efectúa por contraste. Razón por la cuál, la solución más económica consiste en iluminar de la forma más uniforme posible toda la superficie de la calzada, percibiendo los objetos, que están o se mueven sobre ella como cuerpos más o menos oscuros situados sobre una superficie iluminada.

En España, aunque no existan normas concretas y obligatorias, que determinen las características que deban reunir las instalaciones de alumbrado público y basándose en las recomendaciones Internacionales, se ha querido dar, unas tablas de niveles de iluminación y sus correspondientes factores de uniformidad en función de la intensidad del tráfico rodado, así como también de la velocidad de dicho tráfico.

En el Anexo F, tabla F.1, se expresan el nivel y factor de uniformidad de iluminación sobre la calzada en servicio.

Con el objeto de que la instalación no quede prematuramente anticuada, se deben dar valores que den soluciones a futuro. En el Anexo F, tabla F.2, se dan los valores mínimos y normales de los niveles de iluminación y sus factores de uniformidad en función del tipo y categoría de la vía pública. Si bien es cierto que en la actualidad se están usando estos valores, es necesario afectar a dichos valores con un incremento medio en el orden de un 50%. Así por ejemplo donde se indiquen 10 lux es necesario tomar un valor de 15 lux.

Para efecto de proyecto, instalación y explotación, se debe tener en cuenta los siguientes elementos:

- Clase de vía pública, ancho de la misma y tipo de pavimentación: estos elementos son la base para definir el nivel de iluminación.

En el Anexo F, tabla F.3, se expresan los niveles de iluminación, para carreteras y calles.

El coeficiente de uniformidad se calcula con la siguiente relación:

$$U_g = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (2.1)$$

- Luminarias y fuentes luminosas: condicionan la distribución del flujo luminoso al nivel de la calle y los costes de explotación de la instalación.
- Trazado de la instalación: permite definir la situación de los puntos de luz, la altura de los soportes y la separación entre los mismos, el saliente del brazo sobre el bordillo y su inclinación.
- Tipo de alimentación prevista: monofásica o trifásica con neutro, línea aérea o subterránea.
- Posibilidad de efectuar la instalación: recabar la autorización pertinente.
- Cargas de instalación y conservación: tener en cuenta las diversas cargas.

Los requisitos para una buena instalación eléctrica consisten en:

- Evitar el fenómeno de deslumbramiento puesto que reduce la percepción visual, aumentan la tensión nerviosa y causan fatiga.
- Ofrecer una aceptable uniformidad en la iluminación.
- Garantizar la máxima seguridad contra los contactos directos e indirectos.
- Facilitar el mantenimiento de las lámparas y aparatos de iluminación.
- Colocar con cuidado a las luminarias para evitar que estas se conviertan en fuente de peligro para vehículos y peatones.
- Que la instalación sea lo más estética posible.

### **Características Luminotécnicas de una instalación de alumbrado público.-**

Las características del alumbrado son las siguientes:

1.- Elección del tipo de luminarias.- Las luminarias utilizadas en alumbrados públicos, son mayormente de distribución asimétrica del flujo luminoso. Se elige este tipo de luminarias ya que la longitud de las zonas a iluminar es superior a su anchura por lo tanto, se necesita un coeficiente de utilización superior.

En la figura 2.1 se representan la zona alumbrada por luminarias simétricas y luminarias asimétricas.

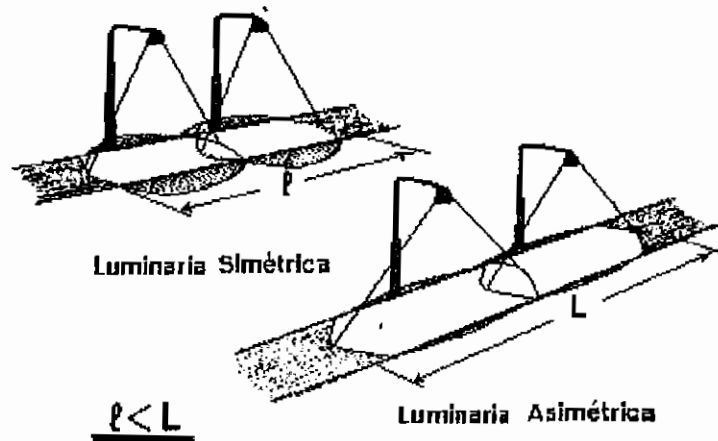


Fig.2.1 Luminaria simétricas y asimétricas en alumbrado público.

Sin embargo en determinadas áreas como son plazas y otros grandes espacios pueden utilizarse, luminarias simétricas ya que no existe relación entre longitud y anchura como en la iluminación anterior.

2.- Elección del tipo de lámpara.- Las lámparas más utilizadas en la iluminación de vías públicas actuales son: las lámparas de vapor de mercurio color corregido y las de vapor de sodio a alta presión. Estas son elegidas por su elevada vida útil, su alto rendimiento luminoso, su aceptable reproducción del color y su extensa gama de potencias. En general actualmente se utilizan tanto las lámparas de vapor de mercurio como las de vapor de sodio de alta como de baja presión.

Elección de las Características geométricas de la instalación.- Tenemos las siguientes:

1.- Altura de Instalación.- La altura de los puntos de luz en una instalación de alumbrado público ejerce una gran influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos. El conectar los puntos de luz a gran altura tiene sus ventajas y desventajas.

Ventajas.- Son las siguientes:

- Buena distribución luminosa sobre la calzada
- Disminución del índice de deslumbramiento, lo que permite instalar lámparas de mayor potencia luminosa por puntos de luz.

- Se consigue una mayor separación entre los puntos de luz, lo que reduce el costo total de la instalación.

Inconvenientes.- Son los siguientes:

- Disminuye el factor de utilización ya que una mayor parte del flujo luminoso emitido incide fuera de la zona a iluminar.
- Incrementa costos.

De acuerdo al punto de vista luminotécnico, las luminarias deben estar colocadas a alturas elevadas, pero desde el punto de vista de costos estos se elevan. Para combinar los dos aspectos se deben tomar en cuenta las recomendaciones de altura en función del flujo luminoso. En la tabla 2.1 se expresan los datos de altura y de potencia luminosa.

POTENCIA LUMINOSA INSTALADA (LM)	ALTURA DEL PUNTO DE LUZ (M)
3000 a 9000	6,5 a 7,5
9000 a 19000	7,5 a 9
>19000	>9

Tabla 2.1 Altura de los puntos de luz.

Los principales sistemas de sustentación de luminarias son tres:

- sustentación por cables
- Fijación sobre báculos
- Fijación sobre brazos murales.

De las tres la Fijación sobre brazos es la más económica y utilizada en calles de tipo medio.

Distribución de los puntos de luz.- Los aparatos en las calles y carreteras pueden ser dispuestos de diferente manera .

- 1.- Axial ( o central ).- Buena iluminación en el centro de la vía, escasa hacia los lados si la calzada es ancha el conductor tiende a irse hacia el centro.

Lo negativo de esta distribución es que los postes o candelabros se ubican en el centro lo que significa obstáculos para el tránsito de vehículos.

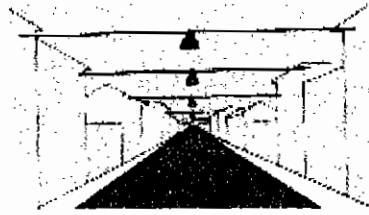


Fig.2.2 Distribución de puntos de luz en forma axial.

2.- Biaxial.- Los puntos de luz están distribuidos a lo largo de los ejes de ambas mitades de la calzada y al igual que la anterior se colocan colgados en el centro de la vía.

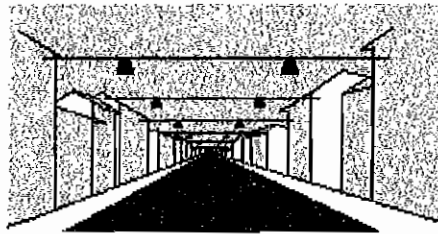


Fig.2.3 Distribución de puntos de luz en forma biaxial.

3.- Unilateral.- Cuando los puntos de luz están situados a una altura igual o superior al ancho de la calzada, se utiliza este tipo de distribución, esta permite la iluminación racional de las curvas. Este tipo de distribución se utiliza para calzadas de anchura menor a 10 metros. Es una distribución que se ubica a un solo lado de la calzada.

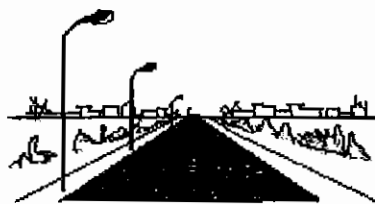


Fig.2.4 Distribución de puntos de luz en forma unilateral.

4.- Bilateral al tresbolillo.- Las disposiciones bilaterales son las más adecuadas utilizando el sistema tresbolillo, cuando la anchura de la calzada es igual o inferior al doble de la altura de instalación prevista. Es una distribución a ambos lados de la vía, con luminarias ubicadas en forma no pareada. Es poco recomendable en los centros habitados. Es necesario determinar cuidadosamente la distancia de separación de los puntos de luz a fin de evitar molestias y manchas de luz en el plano de la vía.

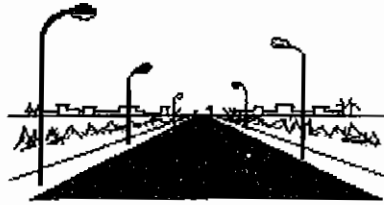


Fig.2.5 Distribución de puntos de luz en forma bilateral al tresbolillo.

5.- Bilateral Pareada.- Es aconsejable para Vías anchas con dos o más carriles en cada sentido, donde el ancho de la calzada es una y media la altura de instalación de los puntos de luz. Es conveniente utilizar luminarias sin brazo, especialmente en los tramos rectos, esto es, para evitar el efecto túnel.

Es una distribución más cara que las anteriores y se ubica a ambos lados de la calzada.

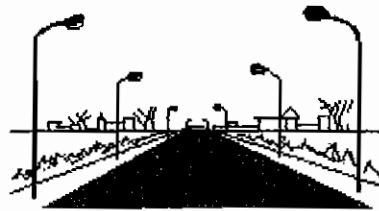


Fig.2.6 Distribución de puntos de luz en forma bilateral pareada.

6.- Doble central.- Se utiliza en vías con banda central de separación y con características similares a la disposición unilateral, pero en lugar de un brazo tiene dos brazos en los que se ubican las luminarias. Respecto a la solución bilateral reduce los costos y además es buena a la estética.



Fig.2.7 Distribución de puntos de luz en forma doble central.

7.- Estilo Alameda.- En vías con árboles y jardines, en donde además es importante la estética. Si se tienen árboles grandes, es otra limitación que no permite la iluminación con postes altos, razón por la cuál se debe proceder a podarlos para que no interfiera con una buena iluminación.

En la figura 2.8 se representa la iluminación estilo alameda.



Fig.2.8 Distribución estilo alameda.

8.- En grupo.- Para la iluminación de cruces con refugio central, plazas y nudos de carreteras.

Para grandes áreas están previstos los torrefaros de 20 a 40 metros de altura en cuya cima se instalan baterías de luminarias.

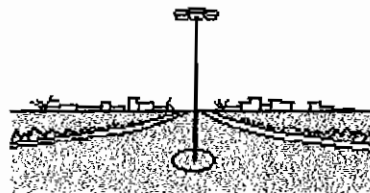


Fig.2.9 Distribución de puntos de luz en forma de grupo.

9.- Casos Especiales.

Los niveles de iluminación citados en el Anexo F, Tabla F.3, son válidos para tramos rectos de calles o carreteras; en los casos de curvas de cruces de calles, plazas, etc., el nivel de iluminación debe aumentarse de acuerdo con su importancia.

Curvas.- En las curvas, los puntos de luz deben ser colocados en la parte exterior de la curva para mejorar la visibilidad, sobre todo cuando el pavimento está mojado. Las distancias de los aparatos de alumbrado en la curva han de ser menores, que las distancias de los aparatos de alumbrado en los tramos rectos.

La distribución unilateral, es la más recomendable ya que facilita la identificación del trazado de la vía. Si la curva es muy larga se situaran aparatos de alumbrado suplementarios en la parte interior de la misma.

En la figura 2.10 se representan la distribución de los puntos de luz en curvas.

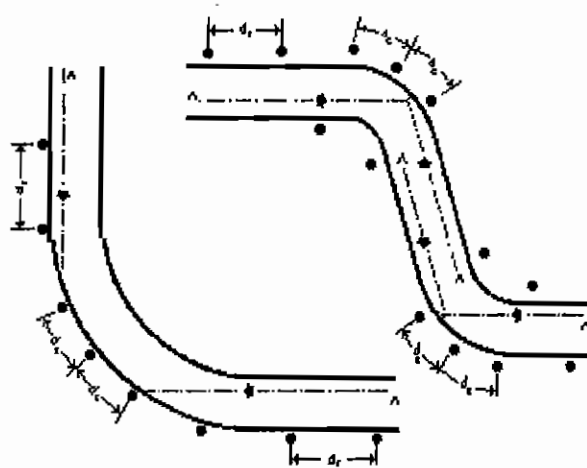


Fig.2.10 Curvas

$d_r$ : distancia en el tramo rectilíneo

$d_c$ : Distancia en el tramo curvilíneo.

Según el radio de curvatura:  $d_c = \frac{2}{3} \cdot d_r$  o  $d_c = \frac{1}{2} \cdot d_r$ .

Cruces.- En los cruces de calles hay que aumentar la iluminación de forma que queden claramente señalados; si la iluminación es bilateral, es aconsejable colocar un punto de luz en el lado opuesto del cruce respecto de la dirección del tráfico (A). Si las vías pertenecen a diferente clase ,será conveniente utilizar diferentes tipos de luminarias.

En la figura 2.11 se representa la iluminación de un cruce de calles.

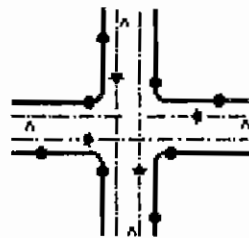


Fig. 2.11 cruce de calles



Para la iluminación de cruces en T, se debe colocar un aparato de alumbrado en el final de la calle que termina, y en el lado opuesto de la que continúa (aparato de alumbrado C), para indicar al conductor que la calle no continúa. Para entender mejor este tipo de iluminación se realiza una representación figura 2.12.

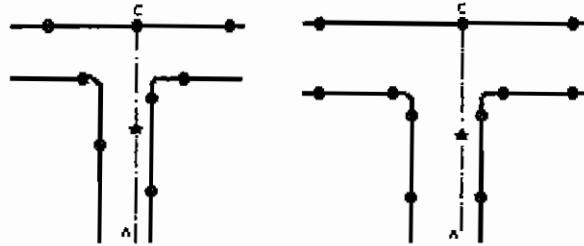


Fig. 2.12 iluminación de un enlace de calles en T.

Para la iluminación de plazas de pequeñas dimensiones y si el diámetro del terraplén es pequeño, para alumbrar estas áreas, basta con colocar un candelabro de gran altura con uno o varios aparatos de alumbrado, en el centro del terraplén como se indica en la figura 2.13.

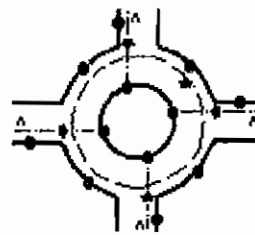


Fig.2.13 Alumbrado de una plaza de pequeñas dimensiones.

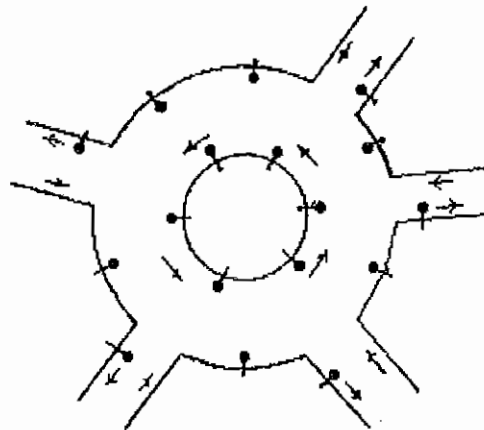


Fig.2.14 Iluminación de una plaza de grandes dimensiones.

Para iluminación de plazas y glorietas de mayores dimensiones, con un terraplén también amplio, como en la figura 2.14, se colocan aparatos de alumbrado en el borde del terraplén, alineados con los focos de cada una de las calles que desembocan en la plaza.

Pasos de peatones.- El alumbrado tiene una doble finalidad:

1. Iluminar a los peatones que se encuentran en paso cebra a fin de que su imagen clara se destaque sobre el fondo oscuro de las zonas circundantes.
2. Señalar en tiempo útil a los conductores de los medios motorizados, la presencia de personas en el paso peatonal.

En el día se colocan aparatos que ayudan a la identificación de los pasos peatonales.

En la noche se destacarán los pasos peatonales, colocando luminarias con lámparas de vapor de sodio de baja presión.

La altura de montaje de las luminarias será lo más reducida posible, sin que ello implique limitación de la altura útil para la circulación.

En la figura 2.15 se representa la iluminación en pasos peatonales.

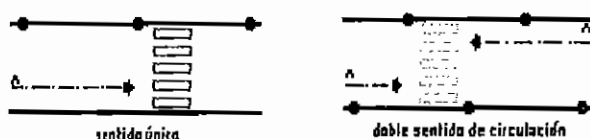


Fig.2.15 Iluminación en pasos peatonales.

### 2.1.2 ALUMBRADO DE TÚNELES.

La iluminación de los túneles debe ser con el fin de evitar a los conductores de automóviles que sientan la impresión del agujero negro.

Para hacer visibles los obstáculos se debe aumentar el nivel de luminancia de la entrada, esto es, en la zona umbral. El nivel de luminancia requerido, depende de la denominada "luminancia externa de adaptación" que es función a su vez de la magnitud y distribución de las luminancias exteriores al túnel.

En la mayoría de túneles se deben tomar medidas especiales para bajar la luminancia externa de adaptación. Dichas medidas incluyen el empleo de materiales oscuros no reflectivos para la superficie de la calzada en la zona cercana al túnel, plantar árboles al lado y encima de la entrada para proteger al túnel del cielo brillante, además construir el túnel con una entrada tan alta y ancha como sea posible.

En la práctica la máxima luminancia externa de adaptación (que corresponde a una iluminancia externa de 100.000 lux) varía de acuerdo con el tipo de túnel y las medidas tomadas entre 3000 Cd/m<sup>2</sup> y más de 8000 Cd/m<sup>2</sup>. En la figura 2.16 se muestra la relación entre la luminancia externa de adaptación con la luminancia necesaria en la zona umbral. De la figura se puede deducir que la luminancia de la zona umbral debe ser 10% del valor externo para el grado de visibilidad de los objetos.

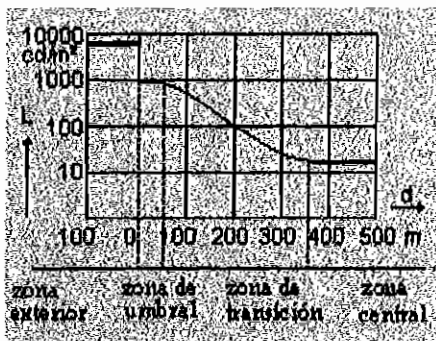


Fig. 2.16 Relación entre la luminancia externa  $L_o$  y la de zona umbral  $L_{th}$ , para hacer visible un objeto crítico. Un objeto es de 20x20cms. con un contraste del 20%.

La distancia de la zona umbral depende de la distancia a la cuál va a ser visible un objeto crítico, definido en la figura 2.16, lo que depende de la velocidad que se permite dentro del túnel. En la práctica, la longitud de la zona umbral es de 40 a 80 metros para una velocidad entre 50 y 100 Km/h.

El alto nivel de alumbrado en la zona umbral, se logra con iluminación en el interior del túnel. Paralelamente se puede crear una zona umbral delante de la entrada del túnel controlando la luz diurna, logrando el nivel de luminancia deseado.

Los conductores que ingresan a un túnel necesitan de un tiempo para que sus ojos se adapten a un nivel inferior de iluminación. Por lo tanto, es necesario que la

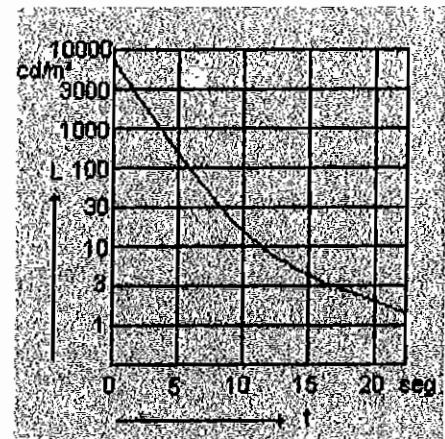


Fig. 2.17 Relación entre tiempo de adaptación  $t$  y luminancia  $L$ .

transición de un nivel más alto a uno más bajo se la realice en forma gradual. Los ensayos realizados con anterioridad, han demostrado que para el 75% de los conductores consideran aceptable, un período de aproximadamente 15 segundos para una transición de luminancia de  $8000 \text{ Cd/m}^2$  de la luz diurna a  $15 \text{ Cd/m}^2$  de luminancia en la zona central del túnel.

Utilizando la figura 2.17 se puede calcular el gradiente ideal de luminancia para cualquier túnel.

En la figura 2.18 se representa el gradiente de luminancia para una velocidad de  $75 \text{ Km/h}$ . Esta curva se determina sobre la base de la recomendación de la CIE-1973.

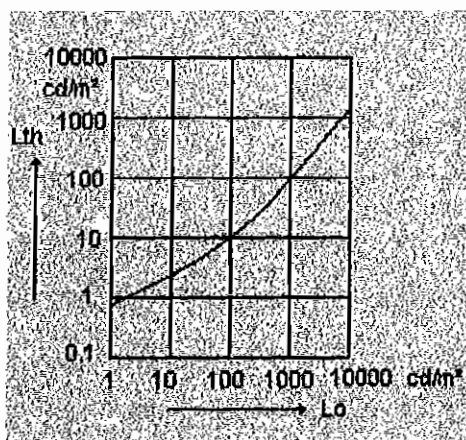


Fig.2.18 Gradiente de luminancia recomendado en el túnel, para vehículos con velocidad de  $75 \text{ km/h}$ .

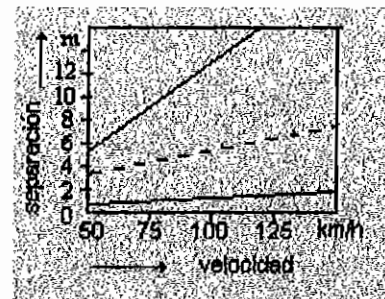


Fig.2.19 Separaciones prohibidas entre luminarias en función la velocidad del vehículo.

En los túneles largos, a la zona de transición sigue otra en la que el nivel de luminancia es constante.

Durante el día la zona de salida del túnel, se presenta al conductor como un agujero brillante, en el cuál, los objetos son visibles en silueta. Utilizando paredes claras se puede acentuar aún más las siluetas de los objetos. En la zona de salida las exigencias en cuanto a iluminación son menores, sin embargo existirá una ventaja si se hace simétrica la iluminación de la zona de salida con la de entrada, en caso de que en el túnel que tiene tráfico en los dos sentidos, exista un bloqueo en uno de los sentidos por tráfico o mantenimiento.

La altura de montaje de las luminarias en los túneles es inferior que en las vías, entonces existe una mayor posibilidad que una luminaria apantallada produzca deslumbramiento. En la zona central el apantallamiento es necesario debido a que es

una zona relativamente oscura. En la zona umbral con su alto nivel de luminancia, el apantallamiento, no es, tan necesario entonces las fuentes pueden tener luminancia alta.

Una diferencia de colores entre la luz del día y la iluminación de la entrada al túnel, le percata al conductor que está ingresando al mismo.

Cuando las luminarias se encuentran ubicadas en hileras discontinuas puede producir parpadeo en los ojos del conductor. Este parpadeo puede producirse también por la luz de las mismas luminarias, por su reflexión en superficies brillantes, como la capota del auto que se halla delante de otro auto. El grado de molestia depende de la frecuencia con la que parpadeen los ojos del conductor.

En la figura 2.19 se dan las recomendaciones para la separación no permitidas entre luminarias en función de la velocidad del vehículo. El ejemplo corresponde a un túnel de 250 m.

En túneles cortos generalmente no es necesaria la iluminación artificial, debido a que se puede observar claramente la salida del túnel y los objetos que están dentro y fuera del mismo, sin embargo, si el túnel corto no es recto o si el tráfico es muy intenso, se puede usar iluminación artificial. Un túnel es corto si tiene hasta 50m de largo.

Las recomendaciones de iluminación, expresados anteriormente sirven durante el día, de acuerdo al tamaño del túnel.

En la noche la situación es inversa a las horas del día. El nivel de luminancia fuera del túnel es menor que dentro, por lo tanto, el fenómeno de agujero negro se produce a la salida del túnel. Para evitar este problema, la relación de luminancia dentro del túnel y fuera de él debe ser menor de 3:1. El alumbrado adicional colocado para la luz diurna debe ser reducido y atenuado, hasta lograr una luminancia media de 3 Cd/m<sup>2</sup> en todo el túnel.

Para obtener un nivel alto de luminancia dentro del túnel la calzada y las paredes deben tener un alto grado de reflectancia. Además es deseable que las paredes y la calzada tengan diferente color evitando superficies con reflexión especular, y finalmente las paredes deben ser fáciles de limpiar.

Para evitar que el polvo y los gases que escapan de los vehículos, disminuyan la agudeza visual en el túnel, este debe disponer de una adecuada ventilación y limpieza.

Equipo de alumbrado.- Se recomienda lámparas fluorescentes a lo largo del túnel.

En las zonas de umbral y de transición se recomiendan lámparas de sodio a baja presión.

Las luminarias deben ser:

- Robustas, con mínimo riesgo para transporte y limpieza.
- A prueba de agua y resistentes a los materiales de limpieza y gases de escape.
- De fácil acceso y mantenimiento.
- Con capacidad para el control de la luminancia de la fuente luminosa.
- Provistas de fusibles independientes.

Debe disponer de un alumbrado de emergencia, que entre automáticamente en funcionamiento cuando la red principal falle en su suministro de iluminación. Además, debe poseer un equipo de regulación para ajustar automáticamente la iluminación dentro del túnel, a las variaciones de la iluminación exterior.

### **2.1.3 ILUMINACIÓN DE ÁREAS RESIDENCIALES Y PEATONALES.**

En áreas en las que se permite el tráfico motorizado, el alumbrado debe diseñarse con el objeto de lograr seguridad en la calzada por un lado y protección y amenidad por otro.

En cambio, cuando solo son áreas peatonales sin tráfico motorizado deben diseñarse para protección y amenidad principalmente.

Criterios de alumbrado.- Demandas de residentes y peatones:

- Para que a los peatones se facilite el movimiento y orientación.
- Para que a los residentes ayude a detectar la presencia de intrusos y evite el deslumbramiento.
- Tanto para peatones y residentes: que mejore el atractivo de los alrededores y funcional para evitar la violencia, vandalismo y el crimen.

El alumbrado para áreas peatonales y paseos públicos se asemeja al alumbrado público en cuanto al reconocimiento nocturno, y se diferencia debido a que los peatones se desplazan más lento que los conductores motorizados, por lo tanto, es más fácil su adaptación a los cambios de luminancia, y también, los peatones solo dependen del alumbrado de la calzada para su orientación, mientras que los conductores se apoyan

además con los faros de su vehículo. Otra diferencia es aquella, en que los peatones necesitan sentirse seguros y protegidos en sus pasos, por lo tanto, el alumbrado debe facilitar el reconocimiento facial de los transeúntes. Los peatones necesitan moverse de manera segura, por lo tanto, el alumbrado debe garantizar que el peatón pueda detectar los obstáculos peligrosos, los baches y demás irregularidades que representen peligro. Lo anterior se consigue, cuando la iluminancia horizontal no es menor de 0,2 lux, además se recomienda un valor mínimo de 1 lux. Estos valores anteriores son recomendados por la CIE.

Para un buen reconocimiento facial se necesita de iluminancia semicilíndrica, por ejemplo: para una distancia de 4m, se requiere una iluminancia semicilíndrica de 0.8 lux en la cara para poder tener un buen reconocimiento facial.

Para una buena orientación, esto es, para que el peatón pueda reconocer casas y edificios y cruces viales se recomienda poner letreros bien iluminados.

Una iluminación de seguridad debe permitir dos funciones: la primera disuadir a los posibles intrusos o ladrones y la segunda revelar su presencia a los residentes o transeúntes. Lo anterior se consigue con un buen reconocimiento facial.

En la práctica se determina que un buen reconocimiento facial es posible con una iluminancia de 0,8 lux.

Los valores recomendados, para la seguridad vial de los conductores en áreas residenciales para iluminancia horizontal, son los que se indican en la tabla 2.2. La iluminancia de 0,8 lux semicilíndrica corresponde a una iluminancia horizontal de 5 lux aproximadamente, sin embargo, debido a que estos dos parámetros son función de la distribución de luz y de la colocación de las luminarias, puede dar menos de 5 lux la iluminancia horizontal y ser aceptable.

ILUMINANCIA	OBSERVACIONES
0,2 lux	Valor mínimo para seguridad de movimientos, detección de obstáculos.
5 lux	Valor medio para un seguro reconocimiento facial.
20 lux	Alumbrado atractivo.

Tabla 2.2 Iluminancias horizontales recomendadas para áreas residenciales o peatonales.

El problema de deslumbramiento es más crítico en los conductores que en los peatones, esto se debe, a que los peatones tienen más tiempo de adaptarse a los cambios de brillo en su campo visual.

El deslumbramiento en los peatones es producido por luminarias brillantes que aparecen cerca de la línea directa de visión, por tanto, se debe limitar la luminancia de cada luminaria para los ángulos críticos de emisión.

El parámetro para controlar el deslumbramiento en zonas residenciales es el producto  $LA^{0,25}$  (expresándose L en  $\text{Cd}/\text{m}^2$  y A en  $\text{m}^2$ ). El valor de este parámetro nunca debe rebasar las 2000 Cd y para alturas de montaje inferiores a los 6m será preferible un “máximo” inferior.

Instalaciones de alumbrado.- Las investigaciones sugieren que en la evaluación de un ambiente exterior, pesa más la apariencia en color que el rendimiento en color.

Las lámparas incandescentes tienen una temperatura de color de 2750 °K, esta se tomará como referencia para nuestro estudio.

Para lograr armonía y unidad en la noche en la zona residencial, es necesario emplear lámparas con temperatura de color que se aproxime a 2750 °K. Las lámparas de sodio de 1800 °K a 2000 °K son las más utilizadas.

Las lámparas utilizadas en áreas residenciales, deben ubicarse en el rango entre 1800 °K a 3300 °K con una cierta preferencia para los valores entre 2000 °K a 3000 °K.

Las lámparas de sodio de alta presión son muy utilizadas en áreas residenciales, al igual, que las lámparas de sodio de baja presión con alta eficacia en situaciones que no se requiera buen rendimiento en color.

Hoy en día, se disponen de una gran variedad de luminarias para alumbrado de áreas residenciales y peatonales con diferente forma, distribución de luz y estilos.

En el día: los aspectos importantes para el uso de las luminarias es el estilo y la forma; en cambio, en la noche, los aspectos importantes es la distribución de la luz, la forma y las dimensiones de las luminarias.

Cuando existe tráfico motorizado la mejor elección, son las luminarias tradicionales para abaratar costos. Si no existe tráfico motorizado o es muy bajo, la distribución de luz, que se puede utilizar son las luminarias con simetría rotacional.

El alumbrado en las zonas residenciales se realiza mediante luminarias montadas de una o de las cuatro formas siguientes: sobre poste o columnas, adosadas a las fachadas, colgadas de cables y a ras del suelo.

- Luminarias montadas sobre postes o columnas.- Son luminarias montadas en la punta de los postes a una altura aproximadamente de 3 a 8 metros, son las más empleadas en áreas residenciales.



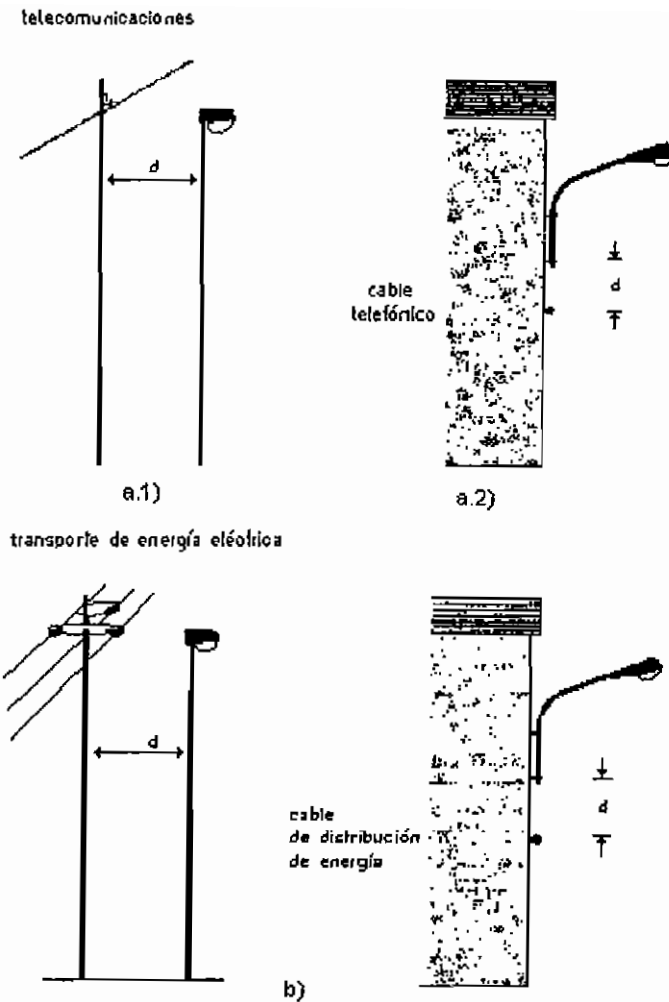


Fig. 2.20 Separación de los soportes.

- Con respecto a las líneas para telecomunicaciones.- Cuando se trata de postes como en la figura 2.20 a<sub>1</sub>), la distancia respecto al cable telefónico será  $d \geq 0,5$  metro, mientras, que si se trata de áreas como en la figura 2.20 a<sub>2</sub>), la distancia respecto al cable telefónico será  $d \geq 1$  metro.
- Con respecto a las líneas para el transporte de energía .- Para las redes de categoría I, esto es, con una tensión nominal en alterna de 1000 V, la distancia debe ser de 0,5 a 1 metro (figura 2.20 b). Para redes de categoría II, esto es para tensiones nominales en corriente alterna de 1000 voltios hasta 30000 voltios y para redes de categoría III, esto es, para tensiones mayores que 30000 voltios, la distancia entre las luminarias y las líneas de transporte de energía deben ser  $d \geq 3$ .

Separación y coeficientes de utilización. - La separación de los puntos de luz será de tal forma que sobre el centro óptico de cada luminaria reciba luz de la luminaria contigua, como en la figura 2.21.

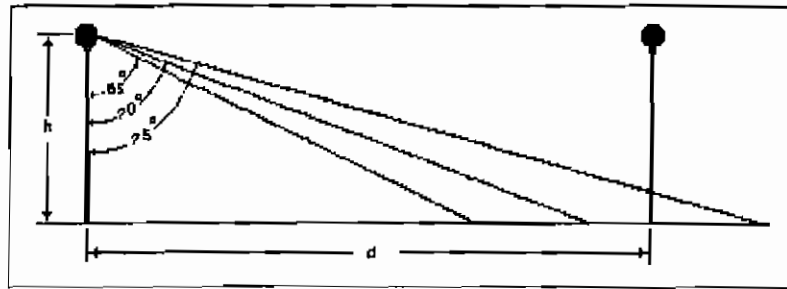


Fig.2.21 Separación entre los puntos de luz.

Coefficiente de utilización  $\eta_u$ . - El coeficiente de utilización puede definirse: como la relación entre el flujo luminoso que incide sobre la calzada o zona a iluminar o flujo útil  $\phi_u$ , y el flujo luminoso nominal emitido por la lámpara  $\phi_L$ , es decir:

$$\eta_u = \frac{\phi_u}{\phi_L} \quad (2.2)$$

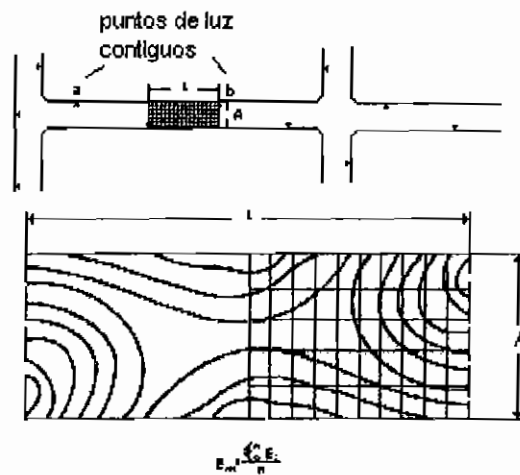


Fig. 2.22 Cálculo del nivel medio de iluminación.

El coeficiente de utilización varía de acuerdo: con el tipo de luminaria, la disposición de los puntos de luz, la anchura de la calzada, el factor de reflexión de las fachadas de los edificios circundantes si es que existen. En la práctica el coeficiente de

utilización es del orden de 0,20 y 0,50 para una vía con anchura similar a la altura de instalación.

Para hallar al coeficiente de utilización se utilizan dos métodos: El primero consiste en efectuar la composición de las curvas isolux de una zona de estudio. Y el segundo método consiste en el uso de las curvas de utilización.

Para utilizar el primer método se procede de la siguiente manera: se dispone de una calzada (fig. 2.22) en la que se tienen dos puntos de luz contiguos a y b, y se reproduce sobre ella, las curvas isolux que pertenecen al conjunto lámpara - luminaria, luego dividiendo la zona en estudio en pequeñas áreas se procede a determinar la iluminación media de cada una de ellas, y finalmente mediante la sumatoria, se calcula el nivel medio de iluminación de la zona de estudio y utilizando la ecuación (2.2) se procede a determinar el coeficiente de utilización.

Para utilizar el segundo método se procede: primeramente se divide la anchura de la calzada en dos partes "La y Lc", definidas por la línea imaginaria que pasa por el centro de la luminaria hasta intersectarse con dicha calzada. Posteriormente, se dividen estos valores para H (altura de montaje) y utilizando las curvas representadas en la figura 2.23 se obtienen los porcentajes de flujo útil respecto del flujo nominal, entonces el coeficiente de utilización es la suma de los porcentajes hallados.

Da: distancia desde el centro de la luminaria hasta la acera.

Dc: distancia desde el centro de la luminaria hasta el borde de la acera de en frente.

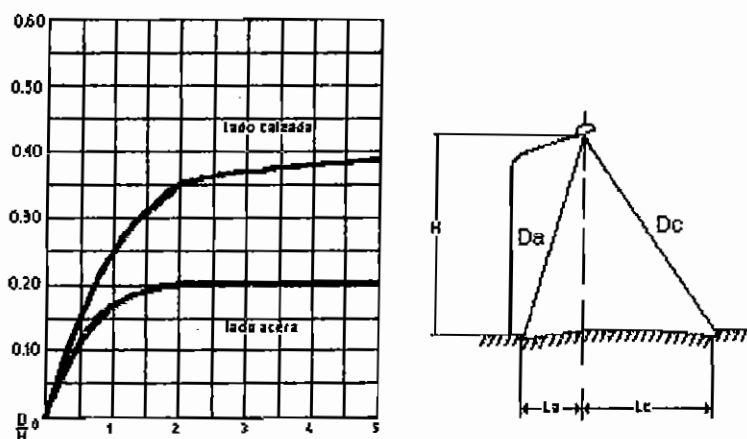


Fig. 2.23 Curvas de coeficientes de utilización de una luminaria asimétrica para alumbrados públicos.

Salientes sobre el borde de la calzada.- El saliente del centro óptico de la luminaria, con relación al borde de la calzada influye en la uniformidad transversal de la iluminación y en el coeficiente de utilización. Al saliente se lo representa con el símbolo  $s$ . En la figura 2.24 se representa la variación del coeficiente de utilización en función del saliente  $s$ .

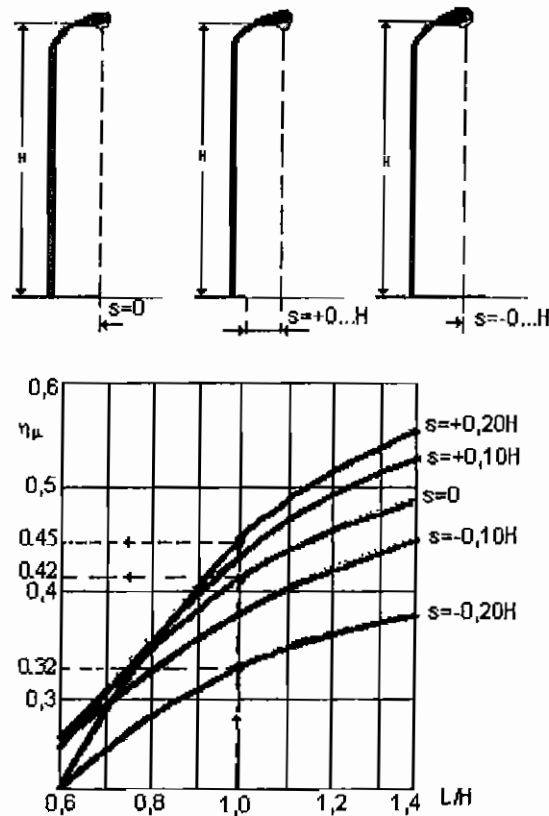


Fig.2.24 variación del coeficiente de utilización en función de  $s$ .

Si por ejemplo: con una relación de  $L/H=1$ , y para un  $s=0$  el coeficiente de utilización es de 0,42. Si  $s=+0,20H$ , el coeficiente de utilización sube a 0,45 y si es de  $-0,20H$  el coeficiente de utilización baja a 0,32; estos valores se determinan utilizando la figura anterior.

Relaciones entre los parámetros fundamentales.- De lo estudiado anteriormente, se determina que variando los parámetros fundamentales, tales como: tipo de luminaria, tipo y potencia de la fuente luminosa, la anchura de la calzada, la altura de montaje y otros, varía así mismo el porcentaje del flujo luminoso útil y también varía el coeficiente de utilización.

## 2.1.5 MÉTODOS DE DISEÑO.

Existen dos métodos para calcular las magnitudes utilizadas en una instalación de iluminación, el método de flujo total y el método punto por punto.

En el primer método se emplea el coeficiente de utilización y en el segundo método se emplean las curvas isolux.

### 2.1.5.1 Método del flujo total.

Pasos que se realizan en este método:

1. Conocido el ancho de la calzada (L), se procede a definir la altura de instalación (h) de los puntos de luz; esta altura depende de : potencia de la lámpara, tipo de luminaria y disposición de las unidades luminosas.

Es aconsejable alturas mayores a 8 metros, salvo en alumbrado para vías residenciales y parques.

2. Conocida la altura de instalación de los puntos de luz, se procede a determinar la separación (d) entre dichos puntos de luz.

En el Anexo F, tabla F.7, se expresan los valores de la relación separación/altura de montaje (d/h). Esta relación (d/h) está directamente ligada a la calidad de instalación.

3. Para calcular la superficie(S) a iluminar se utilizan las siguientes fórmulas:

$$- S = d.L \text{ (m}^2\text{)} \quad \text{para disposición axial, unilateral} \quad (2.3)$$

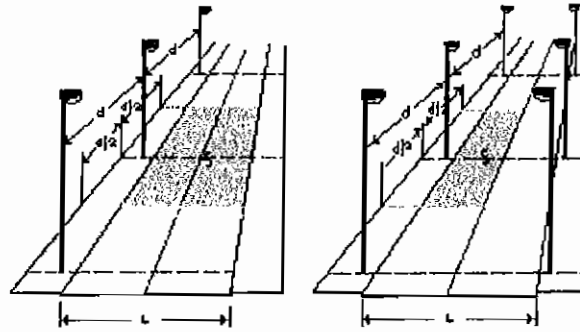
y bilateral al tresbolillo.

$$- S = \frac{d \cdot L}{2} \text{ (m}^2\text{)} \quad \text{para disposición bilateral pareada} \quad (2.4)$$

d = separación entre los puntos de luz.

L = ancho de la calzada.

En la fig.2.25 se representan los dos tipos de disposiciones de las luminarias.



a.- Disposición unilateral      b.- Disposición bilateral pareada

Fig.2.25 disposiciones de las luminarias.

- Después de tomar el nivel medio de iluminación recomendado ( $E_m$ ), desde tablas, se determina el flujo luminoso  $\phi_T$ .

$$\phi_T = \frac{E_m \cdot S}{\eta_u \cdot k_d \cdot k_m} \quad (2.5)$$

$\eta_u$  = coeficiente de utilización. Este coeficiente de utilización es propio para cada luminaria y se determina por la relación entre el flujo luminoso que incide sobre la calzada o flujo útil y el flujo luminoso nominal emitido por la lámpara.

$K_d$  = coeficiente de depreciación de las fuentes luminosas. Representa la pérdida de emisión luminosa y la depreciación lumínica de la lámpara. Es específico para cada lámpara y se encuentra tabulado (tabla 2.3).

$K_m$  = coeficiente de conservación. Es propio para cada luminaria y representa la depreciación lumínica por envejecimiento y por ensuciamiento ante la presencia de polvo. Este factor, se encuentra tabulado en la tabla 2.4.

TIPO DE LAMPARA	FACTOR RECOMENDADO
Lámpara incandescente	0,80
Lámpara de vapor de sodio a baja presión	0,85
Lámpara de vapor de sodio a alta presión	0,90
Lámpara de vapor de mercurio	0,75

Tabla 2.3. Factor de depreciación del flujo luminoso

TIPO DE LUMINARIA	FACTOR RECOMENDADO
Hermética	0,80 a 0,87
Ventilada	0,70 a 0,80
Abierta	0,65 a 0,75

Tabla 2.4. Factor de conservación por suciedad.

Una vez calculado el flujo luminoso se establece en base al tipo de fuente, la potencia de la lámpara. Por ejemplo: si el flujo luminoso es  $\phi_l=5350$  lm, del Anexo B, tabla B.6, relacionada con las lámparas de vapor de mercurio, se determina que el valor más próximo es el de la lámpara de 125 W, cuyo flujo luminoso es de 6300 lm. Una vez determinado el valor del flujo luminoso, se procede a ajustar el valor del nivel de iluminación, para ello se utiliza la ecuación 2.6.

Si de la ecuación 2.5 se despeja el nivel medio de iluminación ( $E_m$ ) nos queda:

$$E_m = \frac{\phi_l \cdot \eta_u \cdot k_d \cdot k_m}{S} \quad (2.6)$$

### 2.1.5.2 Método punto por punto.

Para utilizar este método, se deben considerar los siguientes elementos:

1. Disponer de las curvas isolux de la luminaria.
2. Conocer la inclinación del brazo del báculo.
3. Disponer de una tabla para anotar los valores de iluminación obtenidos de las curvas isolux.
4. Dibujar en una hoja de papel vegetal el trazado de la instalación a una escala adecuada.

**Pasos a seguir.**- Se deben seguir los siguientes pasos.

- 1.- Para obtener las curvas isolux: primero se determina una recta vertical, que pase por el centro de la lámpara de una luminaria instalada a una altura  $h$ , esta recta incide sobre el plano horizontal en un punto P; luego se determinan los puntos de igual iluminación (por ejemplo 30 lux) alejados X metros de P y uniendo dichos puntos entre sí, se ubican

sobre un folio a escala conveniente, obteniendo de esta manera la curva isolux de 30. En la figura 2.26 se puede observar las curvas isolux en un esquema ilustrativo.

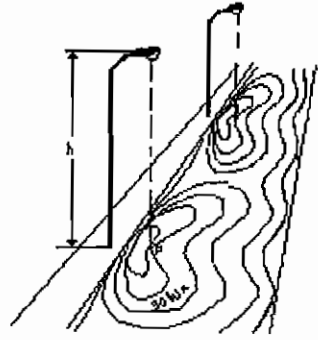


Fig. 2.26 Representación de las curvas isolux.

2.- Generalmente se trazan las curvas isolux para un flujo de 1000 lúmenes, y convencionalmente se utiliza una altura de 1 metro, para obtener este tipo de curvas, pero esta misma familia se puede utilizar para cualquier altura de suspensión.

3.- Los valores de iluminación se obtienen colocando encima de las curvas isolux el dibujo de la instalación hecho en papel vegetal. Por transparencia se leen los valores de las isolux correspondientes a los puntos considerados en el área repetitiva.

Las curvas isolux fueron trazadas considerando una altura de 1 metro del suelo. Por lo tanto las dimensiones a dicha altura, se operan de la siguiente manera:

r- milímetros que en la isolux, corresponde a 1 metro en la escala de distancias.

d- dimensión cualquiera en metros correspondiente al trazado de la instalación.

h- altura de suspensión de las luminarias, en metros.

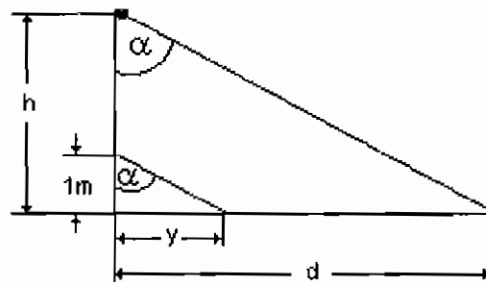


Fig. 2.27 Gráfico para poner las dimensiones de la calle a la misma escala que las curvas isolux.



Por semejanza de triángulos de la figura anterior tenemos:

$$\frac{h}{d} = \frac{1}{y} \quad (2.7)$$

$$y = \frac{d}{h} \quad (2.8)$$

Para representar y en la escala r tenemos:

$$\frac{r}{1} = \frac{x}{7} \quad (2.9)$$

Despejando x tenemos:

$$x = \frac{r \cdot y}{1} \quad (2.10)$$

Reemplazando  $y = \frac{d}{h}$  en la Ecuación 2.10

$$x = \frac{r \cdot d}{h} \quad (2.11)$$

Siendo x, la dimensión d a trazar en el papel traslúcido. En medida tenemos:

$$x(mm) = \frac{r(mm) \cdot d(m)}{h(m)}$$

Ejm: Si la calzada tiene las siguientes dimensiones: d=12 metros, h=8 metros y las curvas isolux tienen una escala de 25 mm, que equivalen a 1 metro.

$$r = 25$$

$$x = \frac{r \cdot d}{h} = \frac{25 \cdot 12}{8} = 37,5mm$$

Entonces x=37.5 mm representa la anchura de la vía, en las dimensiones de la escala de las curvas isolux.

4.- Con las curvas, isolux se puede determinar la iluminación en cualquier punto de la calzada, de una área repetitiva.

Por ejemplo: disponemos de una calzada iluminada con una distribución unilateral, se puede tomar la mitad del área iluminada ( $d/2$ ) por simetría, ya que la iluminación es la misma tanto a la izquierda como a la derecha de la luminaria. Por comodidad solo se tomarán 9 puntos del área repetitiva, algunos puntos caen en los bordes de la calzada, estos serán posiblemente los más representativos para el cálculo de del grado de uniformidad. La ecuación para el cálculo del grado de uniformidad es:

$$U_g = \frac{E_{min}}{E_{max}} \quad (2.12)$$

La iluminación media de la calzada corresponderá a la media de los valores determinados para cada punto, pero considerando siempre la contribución de las luminarias A, B, C, etc. En la fig.2.28 se puede observar el área que se necesita iluminar con el método punto por punto.

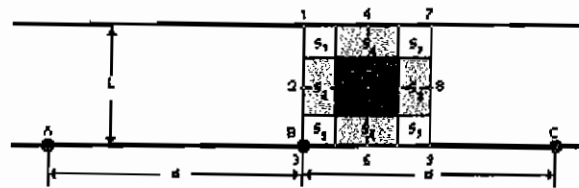


Fig. 2.28 Área a iluminar con el método punto por punto.

5.- Las curvas isolux se trazan para una instalación ficticia con altura de suspensión  $h=1m$ . y flujo luminoso de 1000 lúmenes.

Utilizando la ecuación 2.11, podemos transformar una instalación real en una instalación ficticia. El ángulo  $\alpha$  es el mismo tanto para la instalación real como para la instalación ficticia. Por lo tanto, si el punto 1 en la fig.2.28 es visto por la luminaria A bajo el ángulo  $\alpha$ , bajo este mismo ángulo se considerará en la instalación ficticia.

Lo mismo vale el rayo luminoso, que procede de la luminaria B e incide en el punto 1 de la instalación real, que para el resto de luminarias y puntos sobre los que incide.

La ecuación general para calcular la iluminación horizontal en un punto, válida para la altura  $h$  como para la altura de 1 metro es:

$$E_h = \frac{I_\alpha \cdot (\cos \alpha)^3}{h^2} = \frac{I_\alpha \cdot (\cos \alpha)^3}{1^2} \quad (2.13)$$

$$\text{Si } E_h \cdot h^2 = I_\alpha \cdot (\cos \alpha)^3 = E_{1m} \cdot 1^2 \quad (2.14)$$

$$\text{Entonces: } E_h \cdot h^2 = E_{1m}$$

$$E_h = \frac{E_{1m}}{h^2} \quad (2.15)$$

$E_{1m}$  se determinan en función del flujo equivalente a 1000 lúmenes, el flujo efectivo es  $\phi_L$ ; el valor  $E_h$  se tendrá que referir a  $\phi_L / 1000$ . La fórmula definitiva será:

$$E_{real} = \frac{E_{1m} \cdot \phi_L}{1000 \cdot h^2} \quad (2.16)$$

Por ejm: si a un punto de superficie le corresponde una curva isolux de 50 lux, con una altura de montaje de 8 metros y empleando una lámpara de vapor de mercurio de 250 W.

El flujo luminoso recomendado se toma del Anexo B, tabla B.6:

$$\phi_L = 13700 \text{ lm.}$$

$$E_{real} = \frac{ELm \cdot \phi_L}{1000 \cdot h^2} = \frac{50 \cdot 13700}{1000 \cdot (8)^2} = 10,70 \text{ lux}$$

6.- Los símbolos utilizados en curvas isolux son:

1,2,3,4,...,15 - numeración de los puntos p.

A,B,C,...,Z - indicación de los aparatos iluminadores ( columna a).

S - suma de la contribución de las luminarias.

C - coeficiente para la media ponderada.

$\sigma$  - Producto de S por C en cada columna.

$E_m$  - iluminación media

$\sum \sigma$  - suma de todos los valores ( $\sigma$ ).

$\sum c$  - suma de todos los valores (c)

$U_g$  - uniformidad general

$E_L$  - valores reales de iluminación local

p <sup>a</sup>	1	2	3	4	5		12	13	14	15
A										
B										
C										
V										
Z										
s										
c										
$\sigma$										
$E_m = \frac{\text{flujo de la lámpara} \cdot \sum \sigma}{1000 \cdot (\text{altura})^2 \cdot C} = \dots \text{ lux}$						$U_g = \frac{E_{m.h.}}{E_{max.}} = \dots \%$				
$E_L$										

Tabla 2.5 datos de las curvas isolux

7.- Una vez obtenidos los valores de iluminación en los puntos correspondientes a la calzada por ejm. 9 puntos tenemos:

$$E_m = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_9}{9} \tag{2.17}$$

$E_m$  = media aritmética de la iluminación.

## 2.2 ALUMBRADO DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS.

La iluminación de edificios y monumentos con proyectores, es mas complicada que las otras realizadas con las mismas luminarias, porque aparece un nuevo aspecto a considerar este es el estético. Este aspecto escapa al tratamiento de tipo técnico, y se lo enfoca basándose en la experiencia y en el gusto artístico del diseñador.

Para el alumbrado de edificios y monumentos se deben seguir los siguientes pasos:

- Determinación del aspecto deseado.- En este paso, se decide las soluciones que se deben adoptar en el manejo del aspecto estético, estas soluciones no son únicas, pueden ser variadas y distintas en sustancia.

La diferencia entre una iluminación natural y artificial de una fachada consiste; en que la fuente de luz en este caso el sol va cambiando a lo largo del día y variando su composición de luz, mientras que en el segundo caso, los dos aspectos permanecen constantes.

Mediante alumbrados artificiales se pueden conseguir efectos de sombras y con haces de luz dirigidos se pueden obtener claro-oscuros de gran interés estético.

Existen dos tipos de fachadas: las primeras son las funcionales y modernas, son de acabados lisos y sin salientes o adornos, se debe iluminar con el sistema de inundación de luz cuidando que no existan reflejos molestos que afecten a los observadores. El segundo tipo son las fachadas con salientes, cornisas, columnas, balcones, u otro tipo de elemento arquitectónico ornamental. Este tipo de fachadas son más difíciles de iluminar que las anteriores, entonces es necesario elegir los proyectores de forma que no sean visibles, seleccionando además la abertura de su haz, el color de luz utilizada, etc.

- Niveles de iluminación.- Están acondicionados por factores ambientales, es aconsejable dar preferencia a niveles de iluminación bajos.

En el Anexo F, tabla F8, se expresan los valores de iluminación de fachadas con proyectores.

- Tipo de iluminación.- La iluminación difusa da un carácter plano y monótono al paisaje.

Con una iluminación en múltiples puntos con fuentes de luz de potencia baja, proporcionan un efecto más decorativo y agradable, que colocando pocos reflectores de elevada potencia.

- Camuflaje de las fuentes luminosas.- Todas las fuentes luminosas deben estar ocultas a la vista de las personas mediante pantallas naturales o artificiales. Las luminarias no deben perturbar ni a los vecinos ni al tráfico o transeúntes que circulen por el área.

- Luces de colores.- Se utilizan los colores brillantes para fuentes y charcos de agua. Para flores, se debe iluminar utilizando luz blanca o luz blanca - azulada.

- Presencia de agua.- Puede favorecer al proyecto de iluminación, la consideración que el agua actúa como un “espejo negro”, en el cuál se refleja el edificio. Se debe cuidar que no se produzca deslumbramiento.

Requisitos de instalación.- Los requisitos que se toman en cuenta para la instalación son los siguientes:

- Colocación de los proyectores.- Depende de los efectos que se desee obtener respecto a la estructura del edificio ,y a las posibilidades que ofrezcan los espacios circundantes y edificios que los rodean. Se debe evitar principalmente el fenómeno de deslumbramiento, ya que este crea dificultades a los peatones y tráfico rodado.

Los proyectores pueden ser colocados de las siguientes formas:

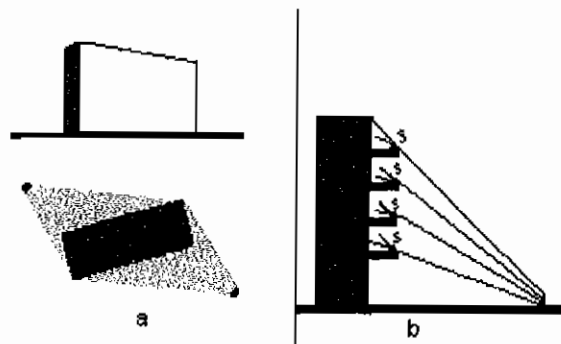
- Sobre la misma fachada del edificio.
- En las zonas más próximas a la fachada.
- Sobre postes o árboles situados en las proximidades de la fachada.
- Sobre los edificios próximos a la fachada.

Los proyectores de haz amplio se utilizan para iluminar la fachada de edificios bajos. Los proyectores de haz estrecho se utilizan para iluminar la fachada de edificios altos de 8-12 o más pisos, se puede utilizar también proyectores de haz medio.

- Forma del edificio.- Para edificios de planta rectangular o poligonal, se debe iluminar con luminarias que tengan un ángulo menor a  $90^\circ$  y para destacar los detalles estructurales se debe emplear luz difusa que incida con un ángulo de  $80-85^\circ$ .

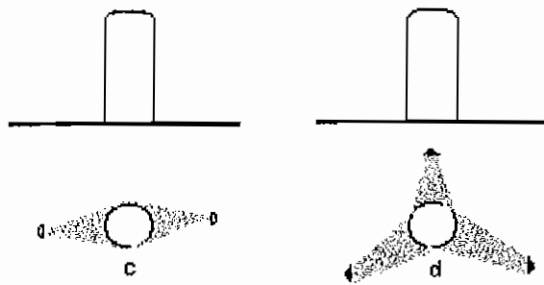
Para edificios de tipo circular se debe iluminar con proyectores de haz estrecho o medio en la proximidad de la estructura girando hacia lo alto.

En la fig.2.29 se representan la iluminación para edificios de forma rectangular y circular.



a.- Distribución de los proyectores para iluminar un edificio de planta rectangular.

b.- Iluminación de un edificio de tipo rectangular con balcones amplios.



c.- Iluminación con dos proyectores

d.- Iluminación con tres proyectores

Fig. 2.29 Iluminación de edificios.

### 2.2.1 MÉTODOS DE CÁLCULO.

La iluminación de un edificio o monumento depende de varios factores: coeficiente de reflexión de la fachada, posición del edificio respecto al ambiente circundante, luminancia de dicho ambiente y dimensiones del edificio.

Para determinar el tipo y el número de reflectores se utilizan los siguientes métodos:

- De iluminación, para fachadas grandes
- De intensidad luminosa para estructuras altas y esbeltas.

### 2..2.1.1 Método de la iluminación

$$\phi_t = \frac{E \cdot S}{\eta_\mu} \text{ (lumen)} \quad (2.18)$$

$\phi_t$  : flujo luminoso total

S: superficie de la fachada (m<sup>2</sup>)

E: iluminación (lux).

$\eta_\mu$ : coeficiente de utilización, cuyo valor está entre 0,20 y 0,35. Este coeficiente considera la eficiencia de los proyectores, las pérdidas de flujo, el ensuciamiento del vidrio de protección y la absorción de flujo por la atmósfera.

Para determinar el número de proyectores en un área a ser iluminada se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{No proyectores} = \frac{\text{Area(m}^2\text{)} \cdot \text{Nivel de iluminación(lx)}}{\text{Lúmenes del haz} \cdot \eta_\mu \cdot K_m \cdot K_d} \quad (2.19)$$

Los lúmenes del haz proyector es un dato proporcionado por el fabricante, es el valor del flujo luminoso que emite el proyector, o el producto del flujo emitido por la lámpara multiplicado por la eficiencia del proyector.

Por ejemplo: se tiene un proyector de 62 % de eficiencia que tiene una lámpara de 259 Watts y 20500 lúmenes.

Lúmenes del haz = 20500 x 0,62 = 12710 lúmenes.

$\eta_\mu$  coeficiente de utilización del haz. El  $\eta_\mu$  es la relación entre el # de lúmenes que inciden en un área determinada para el número total de lúmenes del haz del proyector.

Para calcular el  $\eta_\mu$  se debe suponer, el área a iluminar sobre las curvas fotométricas isocandelas de distribución del proyector.

El  $k_d$  o factor de conservación engloba la pérdida de emisión luminosa y la depreciación lumínica de la lámpara. Este factor se halla tabulado en la tabla 2.3.

El factor de conservación  $k_m$  da el fabricante, y se halla tabulado en la tabla 2.4.

El FL o factor de la lámpara se utiliza cuando la emisión en lúmenes de la lámpara difiere de la indicada en los datos fotométricos.



Entonces:

$$F_L = \frac{\text{Emisión lumínica actual}}{\text{Emisión lumínica de los datos fotométricos}} \quad (2.20)$$

### 2.2.1.2 Método de la intensidad luminosa.

Se procede a calcular la intensidad luminosa ( en candelas ) irradiada por la fuente luminosa en una cierta dirección.

Se aplican las siguientes relaciones:

$$E_V = \frac{I \cdot (\cos \alpha)^3}{D^2} \quad (2.21)$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{D} \quad (2.22)$$

$E_V$  : iluminación vertical sobre la fachada(lx)

$I$ : intensidad luminosa(cd)

$h$ : altura del objeto con relación al nivel de instalación del proyector(m).

$\alpha$  : ángulo con que el haz de luz incide en la perpendicular al plano iluminado.

## 2.3 ALUMBRADO DE PARQUES Y JARDINES

Este tipo de sistemas de iluminación pone en práctica el gusto estético más que el técnico.

El objetivo esencial de este tipo de iluminación, es que se intenta acentuar la belleza del escenario durante la noche y eliminar las zonas oscuras en el área iluminada.

Los tipos de alumbrado utilizados en parques y jardines son los siguientes:

- a) Alumbrado de paso y circulación con ligeros efectos decorativos.
- b) Alumbrado solo decorativo.
- c) Una combinación de los dos anteriores.

El tipo de alumbrado más utilizado es el c) ya que resulta el más adecuado.

Para realizar un adecuado diseño de este tipo de iluminación se deben tener en consideración los siguientes elementos:

- Niveles de iluminación.- Están condicionados por los factores ambientales y de tipo personal. En todo caso se debe dar preferencia a niveles bajos de iluminación.
- Tipo de iluminación.- Para evitar que la iluminación de un paisaje sea monótono, se deben utilizar múltiples puntos de luz de pequeña potencia, que produzca un aspecto agradable y decorativo.
- Camuflaje de las fuentes de luz.- Todas las fuentes de luz en este tipo de instalaciones deben estar ocultas a los observadores; mediante la utilización de pantallas naturales o artificiales se puede obtener un camuflaje adecuado. Las fuentes de luz deben ubicarse de tal forma que no produzcan molestias a los vecinos, transeúntes o al tráfico rodado.
- Luces de colores.- Este tipo de luces se deben utilizar con moderación. Los colores brillantes resultan aconsejables en charcos de agua y fuentes, mientras que para la iluminación de flores se utilizan únicamente luz blanca o blanca-azulada.
- Presencia de agua.- Al colorear las fuentes de luz, se debe tener en cuenta que la superficie del agua, refleja la luz como un espejo, esto puede provocar deslumbramientos.

En un jardín se pueden considerar tres tipos de zonas a iluminar:

- Zonas de paso o circulación.- En capítulos anteriores, ya se mencionó las características más importantes a considerarse en este tipo de iluminación, sobre todo en cuanto a la seguridad y estética.
- Zonas de gran importancia estética.- Son zonas que sobresalen por su belleza desde cualquier sitio. Además, son zonas que destacan durante el día sobre las otras en su forma como en su color.

- Zonas de estancia o visión.- son aquellos lugares donde se permanece habitualmente y están situados en las proximidades de las casas o edificios, tales como: glorietas, pequeñas plazas, piscinas, etc.

### Tipos de fuentes de luz

Para iluminar árboles o follaje se pueden utilizar luces de diferentes colores. Las hojas que son verdes o amarillas, se las puede iluminar con luz amarilla de sodio o incandescente. En árboles o follajes intensamente verdes o verde-azul, se recomienda lámparas de vapor de mercurio de ampolla clara.

En ciertos casos es necesario iluminar con proyectores para poder apreciar mayores extensiones. Además, se puede utilizar puntos de luz empotrados en el suelo lo que hace necesario un buen drenaje.

Para iluminar plantas pequeñas de arbustos, se debe utilizar lámparas especialmente diseñadas en forma de flores, de campanas u hongos, como se observa en la figura 2.30.

Estas lámparas tienen una ventaja ya que durante el día cumplen un papel decorativo y estético.

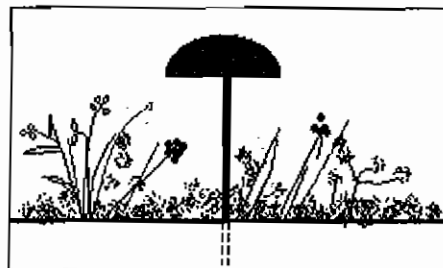


fig.2.30 Luminaria decorativa típica de jardín.

## **2.4 ALUMBRADO DE PROTECCION Y VIGILANCIA.**

En ciertas zonas o lugares se hace necesario disponer de una iluminación suficiente, para dar protección y seguridad ante la presencia de personas u objetos extraños. Esta iluminación se utiliza en parques, zonas de estacionamiento, espacios industriales, zonas militares, etc.

Una adecuada iluminación en determinadas zonas permite un aumento de la seguridad y facilita la vigilancia, considerando que la zona de vigilancia y observación

debe estar fuera de la superficie iluminada. En este tipo de iluminación se pueden utilizar luminarias normales que pueden ser simétricas o asimétricas, al igual que los reflectores que son instalados en zonas de gran área.

En la iluminación de protección y seguridad y sobretodo de vigilancia se deben considerar los siguientes elementos:

- Fuentes de luz.- Para la gran mayoría de aplicaciones del alumbrado de seguridad, se utilizan lámparas con gran flujo luminoso y poco consumo de energía que son las más económicas del mercado, ya que no es necesario considerar el rendimiento de color de las lámparas. Las lámparas más utilizadas son las de vapor de sodio a baja presión, y en algunos casos se utilizan también lámparas de alumbrado público.

- Niveles de iluminación.- Este alumbrado al igual que el público, está diseñado para la detección nocturna, los niveles recomendados para la iluminación de vigilancia, protección y seguridad, se expresan en la tabla 2.6.

Iluminancia	OBSERVACIONES
1 lux	Mínima para zonas donde no hay alumbrado adyacente, necesario para detectar con garantía un intruso.
5 lux	Medía recomendada; facilita la orientación exacta; corresponde a la luminancia recomendada para carreteras de acceso.
20 lux	Recomendada para zonas donde hay alumbrado viario adyacente o por protección; los rasgos faciales son reconocibles; corresponde a la luminancia recomendada para carreteras principales.

Tabla 2.6 Niveles recomendados para la iluminación de vigilancia, protección y seguridad.

En la actualidad aumenta el interés por la televisión en circuito cerrado, como medio de protección y vigilancia.

Un sólo guardia puede observar todo un complejo de edificios interior y exteriormente. La televisión en blanco y negro CCTV presenta los siguientes niveles mínimos de iluminación expresados en la siguiente tabla.

ILUMINANCIA REQUERIDA OBJETO *	VERTICAL SOBRE EL	CIFRA APROXIMADA DE LA ILUMINANCIA HORIZONTAL EQUIVALENTE **	TIPO DE CÁMARA (LENTE DE F/0,95) ***
1,5 lux		3 lux	Newvicon
5 lux		10 lux	Sivicon
10 lux		20 lux	Vidicon

\* Cuando el alumbrado está específicamente diseñado para circuito cerrado de televisión, puede lograrse mediante proyectores ubicados en posiciones cercanas a las cámaras.

\*\* Para alumbrado en zonas extensas

\*\*\* Niveles de iluminancia necesarios para diferentes tipos de lente.

Siendo:

F = abertura de la lente

Tabla 2.7 Niveles de iluminancia requeridos para circuito cerrado de TV.

En iluminación de protección y seguridad en exteriores se tiene para calles, zonas delimitadas y perímetros.

1.- Zonas exteriores de estacionamiento de vehículos.- Los objetivos a ser alcanzados en este tipo de iluminación son los siguientes: índice suficiente de seguridad y protección contra robos y vandalismo, además de crear un ambiente agradable para el usuario.

El nivel medio de una zona de estacionamiento de vehículos, se le determina tomando en cuenta la zona misma del estacionamiento y sus alrededores. Si el estacionamiento se ubica en el casco urbano de una población la iluminación debe ser igual a la de la calle adyacente más iluminada, que es aproximadamente de 7 lux con un valor de uniformidad superior e igual a 0,20. En las salidas y accesos el valor debe ser igual o superior a 30 lux.

En las zonas de estacionamiento se puede utilizar todo tipo de lámparas, desde las incandescentes hasta las de vapor de sodio. Así por ejemplo: en estaciones de servicio permanente, se utiliza las lámparas de vapor de mercurio de color corregido para áreas amplias y grandes.

En cambio para zonas de superficie pequeña y mediana se utilizan los mismos aparatos de alumbrado público, si las áreas a ser iluminadas son muy extensas se

utilizan proyectores y en determinadas ocasiones se utilizan la combinación de ambos tipos de luminarias. Es innegable que al colocar las luminarias a una altura considerable, mejora la uniformidad de iluminación y disminuye el problema de deslumbramiento, aunque se tiene problemas con el coeficiente de utilización al igual que con el mantenimiento y limpieza de este tipo de luminarias. La mejor solución es tomar en cuenta todos los parámetros para poder obtener un buen diseño de este tipo de alumbrado.

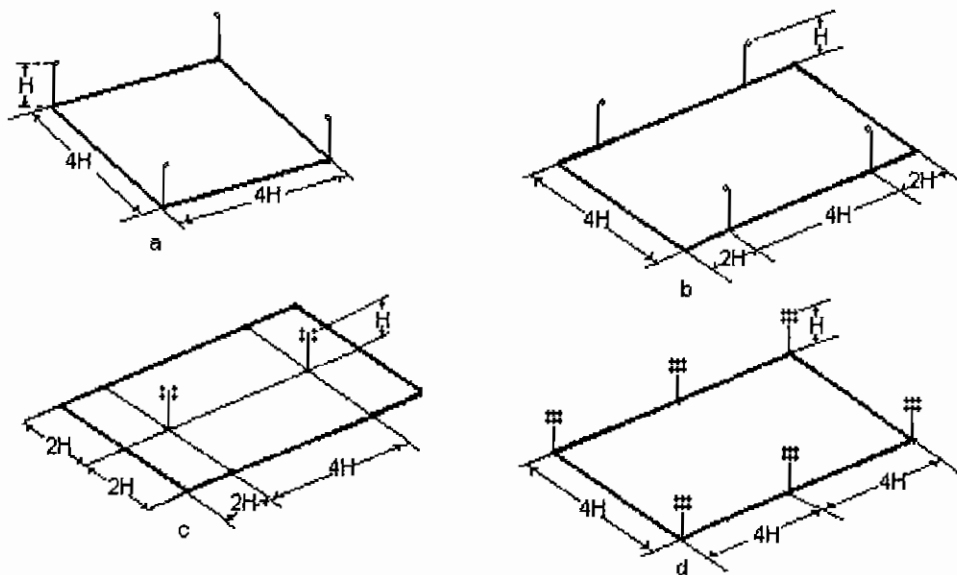


Fig.2.31 Disposición de las luminarias en zonas de estacionamiento de vehículos.

En la figura 2.31, se representan algunas soluciones para este tipo de alumbrado: a y b se aconsejan para zonas de superficie pequeña y mediana mientras que para zonas de gran superficie se recomienda c y d.

Para alturas iguales o inferiores a 10m, se utilizan postes o columnas preferentemente metálicas, mientras que para alturas superiores es aconsejable el uso de torretas metálicas provistas de escalerillas para el acceso a las luminarias.

2.- Calles y zonas delimitadas.- Este tipo de alumbrado se lo puede diseñar utilizando las técnicas de alumbrados convencionales. En parques y zonas peatonales y campos de juego se utiliza alumbrado decorativo con luminarias de montaje post-top.

3.- Alumbrado perimetra.- Este tipo de alumbrado engloba a todas aquellas zonas tales como: fincas, predios privados, instituciones, prisiones; etc., que se hallan protegidos con muros o vallas para impedir que entren intrusos o salgan los residentes.

Para alumbrar la parte externa de una pared o valla se emplea alumbrado viario, con luminarias montadas sobre la propia pared con sus respectivos brazos.

Para alumbrar tanques de combustible o fachadas de edificios se emplean proyectores y en prisiones se utilizan faros buscadores que emplean focos de cuarzo de yodo. La iluminación con proyectores cumple un doble objetivo, que es: el de alumbrar para vigilancia y el alumbrado decorativo.

## **2.5 SEÑALAMIENTO LUMINOSO DE PISTAS DE AEROPUERTOS**

La iluminación de pistas de aeropuertos en este tiempo es normalizada por la Organización de Aviación Civil Internacional(O.A.C), y por la Federal Aviation Administration (F.A.A), por medio de las cuales se pueden realizar las operaciones nocturnas con seguridad y reducida visibilidad. Las señales luminosas permiten a las tripulaciones una idea clara sobre: la configuración del aeropuerto, delimitan la pista de aterrizaje, aseguran el tráfico con regularidad en todo tiempo y bajo las condiciones mas adversas.

Las señales luminosas se clasifican en:

- a.- Señales de identificación.
- b.- Señales de ayuda para aterrizaje y despegue.
- c.- Señales secundarias auxiliares.

Las señales de identificación comprenden: las luces de límite de campo, luces de obstrucción del aerofaro y el sistema de identificación de cabecera de pista (REIL).

Las señales de ayuda para aterrizaje y despegue comprenden: el sistema de luces de aproximación y el de lámparas de destello para el mismo.

Las señales secundarias auxiliares comprenden: los indicadores de direcciones del viento, el proyector para indicar la altura de las nubes y las luces de obstáculos.

Según la General Electric la clasificación de ayudas luminosas en un aeropuerto es la siguiente:

1. Alumbrado de aproximación.
2. Alumbrado de pistas y calles de rodaje.

3. Alumbrado de plataforma de aviones, estacionamientos de autos en terminales de acceso al aeropuerto y áreas de servicio.

Señales y ayudas luminosas:

4. Luces de obstrucción.
5. Faros(identificación, peligro, aproximación y de aeropuerto).
6. Identificadores luminosos de la dirección del viento.
7. Placas señaladoras de pista y de intersección de pista.
8. Proyector de techo.
9. Luces de pista.
10. Luces de eje de pista.
11. Luces de zona de contacto.
12. Luces de inminencia de umbral y de umbral.
13. Luces de calle de rodaje.
14. Luces de aproximación.
15. Sistema VASI.
16. Sistema REIL.

Proyector de techo.- Es un faro buscador o explorador para determinar la altura inferior de las nubes. En la actualidad existe el proyector de techo con rayo láser.

Luces de aproximación.- Son arreglos de luces que se utilizan junto con las ayudas electrónicas para conducir a la nave a un adecuado aterrizaje. Estas indican el acercamiento de la aeronave hacia la pista de aterrizaje, y señala la distancia de la cabecera de la misma.

Existen varios arreglos tales como: las escaleras de gas neón, el de líneas paralelas y el de embudo.

En el ejemplo de la figura 2.32, se puede observar la zona de aproximación, que consiste de una serie de lámparas colocadas en hileras perpendiculares a la prolongación de la línea central de la pista. El tamaño de la iluminación de aproximación por lo general es de 900 metros, desde el final de la pista de aterrizaje, y además posee una barra llamada de decisión colocada a 300 metros de la pista. En el centro de cada hilera se colocan luces de descarga a base de condensadores, desde el inicio del sistema de aproximación hasta unos 100 metros de la pista de aterrizaje.



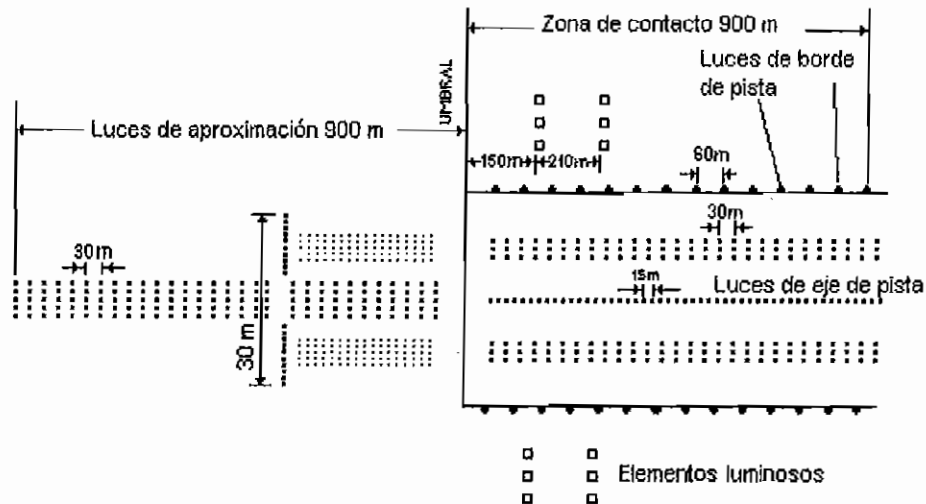


Fig. 2.32 Alumbrado de aproximación, de zona de contacto, de eje de pista y de borde de pista en Aeropuertos.

Las luces de destello se colocan en el centro de las barras centrales, iniciándose desde el final del sistema de aproximación hasta 90 metros de las luces de umbral, como se representa en la figura 2.32.

Sistema Visual de Pendiente de Aproximación.- El período más crítico de un vuelo es la fase final del mismo.

Para evitar que ocurran aterrizajes fuera de las pistas y otro tipo de accidentes causados por los aterrizajes cortos, se desarrolló un sistema que se denomina VASI(Visual Approach Slope Indicator), que es un dispositivo que indica al piloto, el ángulo de planeo para que aterrice en una zona de seguridad.

Este sistema permite que al descender el piloto, observe luces de color rojo para trayectoria alta, luces blancas para trayectoria baja y la combinación de las dos para trayectoria normal.

El piloto al descender observa un haz de luz cuya parte superior es roja, estas luces en el día deben ser visibles a 0,3 Km. en condiciones de VFR(Leyes visuales de Vuelo). En la noche debe ser visible a una distancia de aproximadamente de 20 Km.

Luces de cabecera o umbral de pista.- Son luces que claramente indican el inicio de la pista o umbral, ya que señalan la cabecera y el final de la pista al piloto.

Las luces de cabecera de pista de alta intensidad son necesarias para aeropuertos que tienen luces de aproximación y ayudas electrónicas para la navegación.

Las luces de cabecera o de umbral son de tipo rasante y direccionales; además, estas luces son de color verde en el aterrizaje y de color rojo en el despegue.

Luces de borde de pista de alta intensidad.- Son luces que proporcionan al piloto la apreciación correcta de la pista, y en los últimos 600 metros de la misma las luces con filtro amarillo, indican el espacio que dispone el piloto ya sea en el aterrizaje o en el despegue. Las luces de pista se colocan a lo largo de la misma, en dos líneas rectas paralelas al eje de la pista y separadas a una determinada distancia de las orillas.

A las pistas no se las puede tratar como una vía urbana, debido a que en ellas ya no es importante el nivel de iluminación uniforme, sino mas bien que sean ubicables y observables a la mayor distancia posible por el piloto.

Los sistemas de iluminación de pistas deben tener un regulador de deslumbramiento, ya que, en las noches con buen tiempo el deslumbramiento debe ser bajo, mientras que en aquellas en que la visibilidad sea baja el deslumbramiento deberá aumentar.

Para calles de rodaje, que se ubican entre la pista principal, pistas secundarias y plataformas de estacionamiento de aviones, se utilizan luces con distribución simétrica o asimétrica, siendo el color de su controlante azul.

En el Anexo F, tabla F.9, se expresa el tipo de ayuda visual de pistas de aterrizaje de aviones.

En el Anexo F, tabla F.10, se representan las características de las luces de pista.

Para poder eliminar la “zona oscura”, con la que se encontraba el piloto al cruzar las luces de cabecera de pista, se implementaron las luces de zona de contacto y las de eje de pista. Las luces del eje de pista se instalan a partir del umbral, con las cuales los pilotos se guían a lo largo de los 900 metros de la pista (Ver figura 2.32)

## **2.6 ILUMINACION PARA DEPORTES**

### **2.6.1 INTRODUCCION**

La iluminación deportiva es importante, tanto para los deportistas como para los espectadores en horas vespertinas y diurnas. Este tipo de iluminación, debe proporcionar:

- 1.- La suficiente visibilidad a los deportistas y competidores para que no sean perturbados en sus actividades.
- 2.- La iluminación debe realzar al escenario integrándose en su diseño arquitectónico.
- 3.- Que el espectador pueda observar las actividades sin el más mínimo esfuerzo.
- 4.- Que el alumbrado satisfaga todas las exigencias técnicas de los medios de comunicación.
- 5.- Además de satisfacer el aspecto anterior, debe también satisfacer el aspecto decorativo del escenario deportivo.

Para realizar el diseño de iluminación en escenarios deportivos se deben considerar los siguientes aspectos: estado de adaptación del ojo, tamaño y velocidad de la pelota, grado de deslumbramiento y su disminución, y finalmente el contraste de los jugadores respecto del fondo de la cancha.

Los elementos de una iluminación deportiva son los siguientes:

Nivel de iluminación.- El nivel de iluminación depende del coeficiente de reflexión del terreno de juego. En la tabla 2.8, se expresan los niveles de iluminación de varias actividades deportivas en el exterior, este nivel corresponde al horizontal considerando que el vertical es óptimo. El nivel de iluminación es el factor más importante en la práctica deportiva, ya que de él dependen aspectos tales como: el tamaño de la pelota, la velocidad normal del juego, el tamaño del terreno, etc.

Actividad deportiva	Iluminación media en lux $E_m$ y grado de uniformidad ( $U_x$ ) en tanto por ciento					
	*		**		***	
	$E_m$	$U_x$	$E_m$	$U_x$	$E_m$	$U_x$
Fútbol	500	60	200	50	80	40
Baloncesto	300	70	200	60	100	50
Balónvolea	300	70	200	60	100	50
Tenis	500	70	300	60	150	50
Bochas	---	---	150	40	50	30
Piscinas	300	60	200	50	100	40

Tabla 2.8 Niveles de iluminación para varias actividades deportivas en el exterior.

Cuando se efectúan tomas para televisión, el nivel de iluminación en el plano perpendicular a la línea de mira de las telecámaras será: 250 lux para la transmisión en blanco y negro y de 1000 lux para la transmisión a color. Una cámara de televisión puede distinguir diferencias, del negro total al blanco absoluto en una escala de 1:40 unidades de luminancia, en cambio, el ojo humano trabaja en una escala de 1:10.000.

Uniformidad de la iluminación.- Para obtener una buena uniformidad de la iluminación se puede aumentar el número de luminarias, disminuyendo su potencia.

Deslumbramiento.- El deslumbramiento es un fenómeno que perturba a los jugadores en el desarrollo del juego, y además impide que los espectadores puedan seguir el juego totalmente. Para eliminar el deslumbramiento se utilizan varias formas: una de ellas es colocando las fuentes luminosas fuera del campo visual y adoptando fuentes de luz de menor potencia. Es evidente que mientras mayor sea la altura de las luminarias, menor va a ser el índice de deslumbramiento. Utilizando la figura 2.33, se puede conocer la altura mínima de instalación, en función de la anchura del terreno de juego y de la distancia entre la base de la vertical que pasa por los proyectores y el borde del área de juego. Para zonas de pequeñas dimensiones se tendrá una altura mínima de 6 m. para terrenos de juego raso y 8 m. para terrenos de pelota que se eleva a cierta altura.

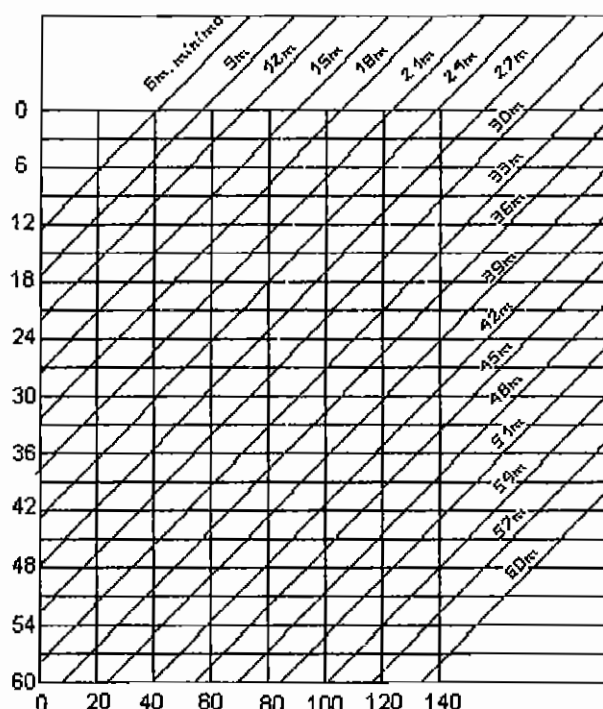


Fig. 2.33 Altura de los puntos de luz en función del ancho del terreno de juego.

Reproducción del color y efecto estroboscópico.- Se deben utilizar fuentes luminosas que tengan un buen rendimiento cromático, principalmente lámparas incandescentes sean estas estándar o halogenadas, especialmente para terrenos pequeños y medianos, mientras que para terrenos de gran extensión se emplean las de vapor de mercurio y sodio con halogenuros metálicos.

El efecto estroboscópico se produce cuando se utilizan lámparas de descarga. Este efecto, es molesto si se mueven los objetos a gran velocidad, da la impresión que se mueven con pequeños saltos rápidos. Este efecto se lo puede eliminar distribuyendo las lámparas en una línea trifásica como en la figura 2.34, cuidando que la carga se reparta por igual sobre las tres fases.

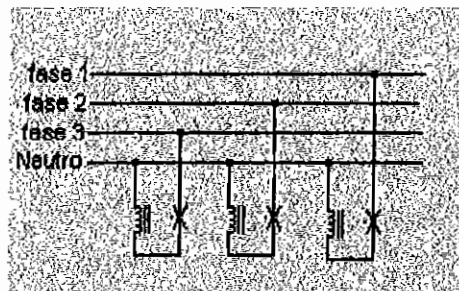


Fig.2.34 Eliminación del efecto estroboscópico.

Criterios para la elección de las lámparas.- Para largas distancias es recomendable utilizar lámparas de cristal claro, mientras que para instalaciones en que los puntos de luz están a escasa altura se utilizan lámparas con ampolla fluorescente.

Las lámparas incandescentes se utilizan en aquellas instalaciones cuyo factor de utilización es pequeño, y además prevalece el criterio de máxima economía.

Luminarias.- En escenarios deportivos generalmente se utilizan proyectores de haz ancho horizontal (flood light).

Para determinar el tipo de proyector se debe tener en cuenta tres aspectos el luminotécnico, el óptico y el mecánico.

- a) El luminotécnico está relacionado con la abertura del haz luminoso o sea con el ángulo en cuyo interior las intensidades luminosas son superiores a 0,1 de la intensidad máxima.

Los fabricantes suministran los diagramas de la intensidad luminosa en los planos vertical y horizontal en función del tipo y potencia de la lámpara. En el ejemplo de la figura 2.35, se representa los diagramas correspondientes al proyector de la figura 2.36 , que se encuentra representado mas abajo.

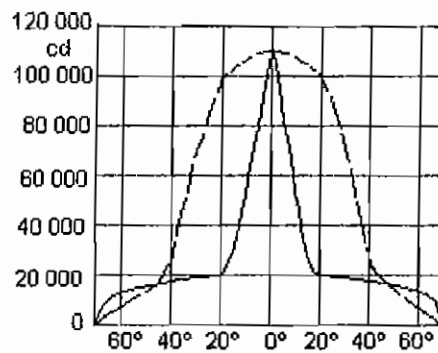


Fig. 2.35 Diagrama de la intensidad luminosa de un proyector. La línea continua indica la intensidad luminosa en un plano vertical y la de trazos en el plano horizontal.

- b) En el óptico tiene importancia el material con el que se realiza el reflector, este puede ser de vidrio plateado, aluminio abrillantado y liso o martillado, y además de su perfil.

El reflector por su diseño condiciona el rendimiento de la luminaria y la direccionalidad del haz luminoso.

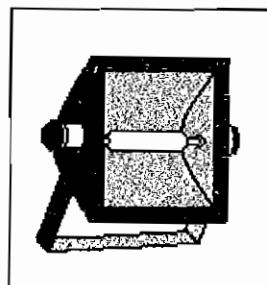


Fig.2.36 Proyector difusor de una lámpara de 2000 w o de dos de 400 w.

c) De los elementos mecánicos depende: la resistencia a la corrosión de la carcasa, el peso y la superficie expuesta al viento, y además del mantenimiento y montaje de la luminaria.

Los modelos de los reflectores varían de un fabricante a otro, para elegir el adecuado no debe guiarse por el precio, ya que un reflector de mala calidad puede deparar sorpresas desagradables, tanto en la ejecución de la instalación como en su funcionamiento.

## 2.6.2 ILUMINACION DE CANCHAS

### 2.6.2.1 Iluminación para pistas de tenis

El nivel medio de las pistas de tenis depende del tipo de juego a desarrollarse.

Normalmente se permiten tres categorías de pistas, estas son: entrenamiento, juego normal y competición.

Las pistas de tenis generalmente se utilizan para competencia. En el Anexo G, se representa la solución para la iluminación de pistas de tenis.

### 2.6.2.2 Iluminación para canchas de baloncesto y balonvolea.

Las pistas de baloncesto para entrenamiento y encuentros amistosos requieren un nivel medio de 100 lux.

Este nivel se puede conseguir utilizando 8 proyectores situados como se indica en la figura 2.37, la altura es de 8 metros.

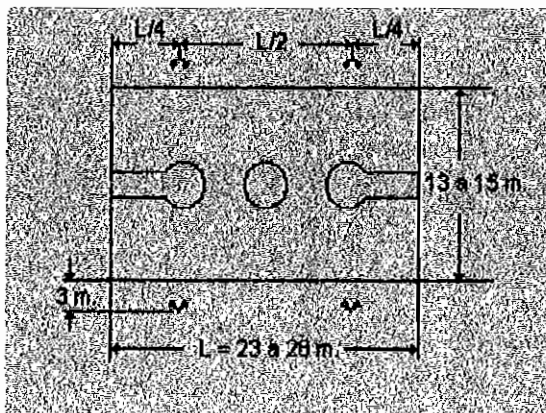


Fig. 2.37 Disposición normal de luminarias en pistas descubiertas de baloncesto para entrenamiento.

En el Anexo G, se representa otra solución para la iluminación de canchas de baloncesto. En balonvolea el nivel medio recomendado depende del tamaño de la pelota y su velocidad normal. El nivel requerido, se lo puede obtener mediante cuatro proyectores extensivos con lámparas de 1500 vatios situados en los extremos de la red y a una altura de 8 metros. Los proyectores más recomendados son: F-20134, F-30234, F-30834/3 y F-70832/3 (Ver figura 2.38).

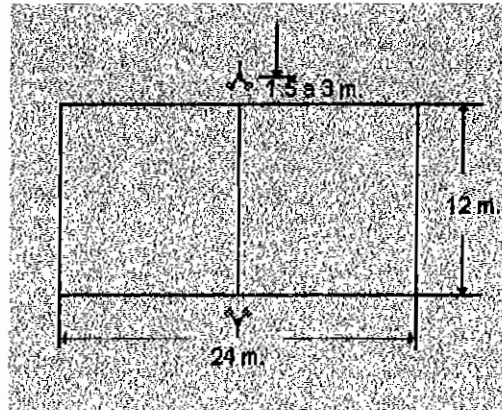


Fig. 2.38 Disposición normal de las luminarias en pistas de balonvolea descubiertas.

Utilizando el mismo gráfico anterior y las mismas dimensiones se puede dar otra solución a este tipo de iluminación, pero con un solo proyector. Ver Anexo G.

### 2.6.2.3 Iluminación para piscinas.

Las piscinas se pueden iluminar desde su interior, desde el exterior o mediante ambos sistemas simultáneamente. Para iluminar desde el exterior, se utilizan postes con proyectores normales que dan un nivel medio de iluminación del orden de 100 lux. La distribución y ubicación de las luminarias se representan en la figura 2.39, las lámparas utilizadas son las halógeno-tungsteno. Además de la iluminación con postes y columnas se utiliza iluminación submarina, que es costosa y se la representa en el Anexo G.

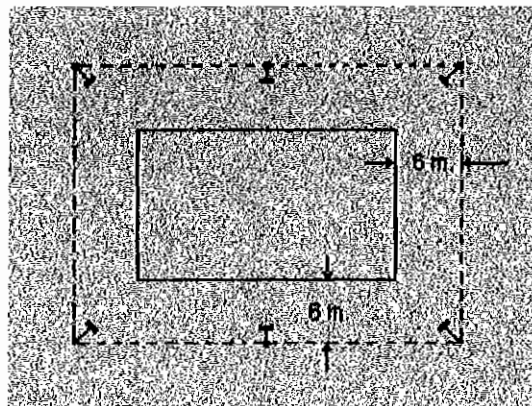


Fig. 2.39 Disposición de los puntos de luz en piscinas descubiertas.



### 2.6.3 ILUMINACIÓN DE ESTADIOS DE FÚTBOL.

En los diseños de iluminación de los estadios de fútbol, se debe considerar dos aspectos importantes: la altura de instalación y la disposición de los soportes. En función de los aspectos antes expuestos se fundamenta el aspecto económico inicial y el control del fenómeno de deslumbramiento. La iluminación horizontal media, deberá estar en relación directa, con la distancia del observador mas lejano hasta el centro del campo como en la figura 2.40.

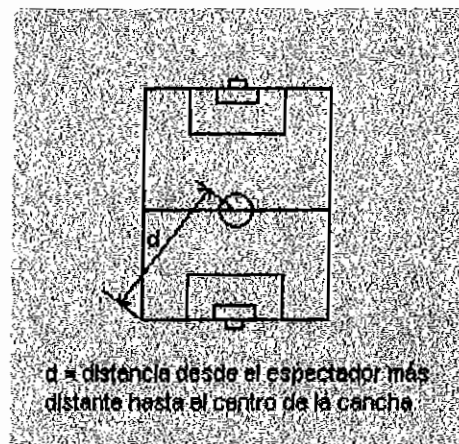


Fig. 2.40 Distancia desde el espectador más distante hasta el centro de la cancha.

Para transmisión de televisión en blanco y negro o para la transmisión de reportajes filmados el alumbrado debe satisfacer las exigencias visuales de los espectadores con una iluminación horizontal superior a 300 lux. En el caso de la transmisión de TV a color el alumbrado debe cumplir con una luminancia en el plano vertical en dirección de las cámaras de 1000 lux. Además la iluminancia del fondo no debe ser muy baja en relación al campo de juego. La iluminación mínima en el sentido vertical para la filmación en color, depende de la sensibilidad de la película y de su exposición. Con la televisión a color, las características cromáticas de la lámpara toman importancia en el rendimiento de la iluminación. Por lo tanto, las lámparas más utilizadas son las de halógeno tungsteno, halógenos metálicos y las tubulares fluorescentes.

#### 2.6.3.1 Disposición de los proyectores

Existen dos disposiciones de proyectores en estadios de fútbol, estas son:

1.- Iluminación desde las cuatro esquinas.- Las fuentes de luz están ubicadas en cuatro columnas o torres situadas en cada esquina como se muestra en la figura 2.41.

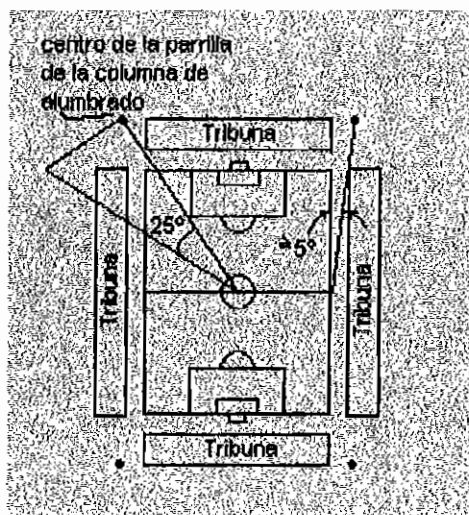


Fig. 2.41 Iluminación para estadios desde las cuatro esquinas.

2.- Iluminación lateral.- En este sistema las fuentes de luz se ubican en torres o en hileras paralelas a las bandas longitudinales del campo como en la figura 2.42.

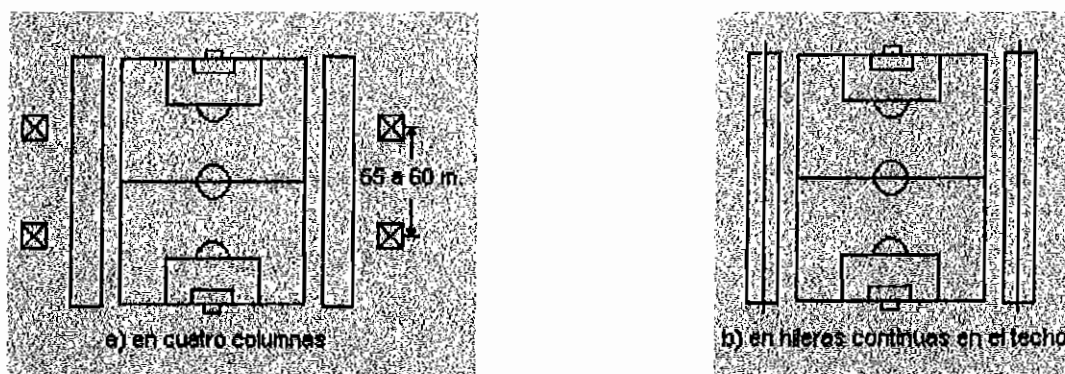


Fig. 2.42 Iluminación lateral para estadios.

Con la iluminación lateral se obtiene una buena uniformidad de la iluminación vertical. Si las dimensiones de las gradas son pequeñas, se deben utilizar postes o columnas que se colocan detrás de las tribunas, muy cerca del terreno de juego.

En tribunas de gran altura con marquesina, se deben colocar las luminarias en dicha marquesina y de esta forma mejorar la uniformidad de la iluminación, disminuyendo además las sombras y abaratando los costos.

La iluminación desde las esquinas utilizando postes se aplican en escenarios grandes, donde no se pueden colocar proyectores como en el sistema anterior. Este tipo

de iluminación, adolece de un insuficiente nivel de iluminación vertical, en la zona central cercana a las bandas laterales del campo, por lo tanto, necesita de iluminación complementaria. Esta iluminación complementaria se la realiza utilizando proyectores adicionales.

### 2.6.3.2 Altura de montaje y deslumbramiento.

Si se disminuye la altura de montaje se produce una mejor iluminación vertical, y disminuye el costo de las columnas, pero en cambio, aumenta la probabilidad de deslumbramiento y el aparecimiento de sombras proyectadas por los jugadores. Cualquiera que sea el proyector elegido, es conveniente que el ángulo formado desde el centro del campo, entre la horizontal y la línea visual dirigida hacia el punto más bajo de cada batería de proyectores, sea por lo menos  $25^\circ$  (figura 2.43).

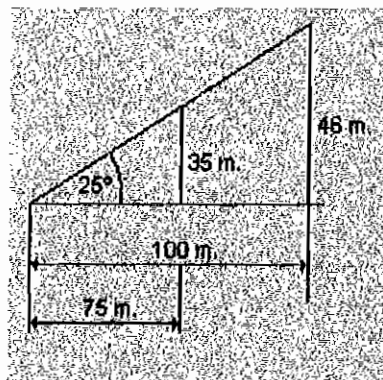


Fig. 2.43 Aumento de la altura de montaje conforme aumenta la distancia entre las torres y el centro del campo.

### 2.6.3.3 Soluciones para iluminar campos de fútbol.

En la figura 2.44, se establecen dos soluciones A y B, para iluminar campos de fútbol utilizando torres o columnas. Los valores recomendados en relación con el nivel de iluminación, número de postes, número de luminarias, etc., que se pueden utilizar para aplicar las soluciones de la figura 2.44, se hallan tabulados en la tabla 2.9.

Como se puede observar en el gráfico, las torres o columnas pueden estar ubicadas en las esquinas o en el lado que corresponde al largo de la cancha. La ubicación dependerá del estudio económico y del estudio físico.

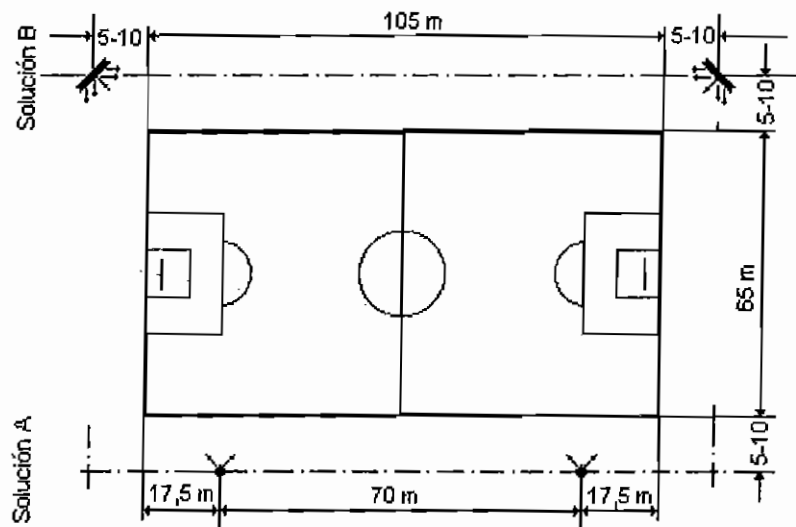


Fig.2.44 Soluciones A y B para iluminar campos de fútbol.

Disposición	▽	▽	□□□□
Iluminación media(lx)	80	150	300
Nº de postes	4	4	4
Altura de los postes (m)	20	25	30
Nº de proyectores por poste	3	6	12
Total de proyectores	12	24	48
Potencia de la lámpara (W)	2000*	2000*	2000*
Potencia instalada (KW)	25	50	100

(\*) Halogenuros, ampolla cilíndrica clara.

▽ Representación de las luminarias de la solución A

□□□□ Representación de las luminarias de la solución B.

Tabla 2.9 Datos recomendados para iluminar campos de fútbol, utilizando la solución A o B.

Otra solución se establece en la figura 2.45. En este caso las torres se ubican en grupos de dos, tres, cuatro en el lado lateral que corresponde al largo de la cancha. La elección del tipo de distribución que se va a utilizar en el diseño de iluminación, dependerá del estudio de mercado y del estudio físico del campo que se va a iluminar.

El estudio de mercado va a la par, con la disponibilidad de los elementos como son: luminarias, lámparas y mas accesorios que se tenga en el mercado.

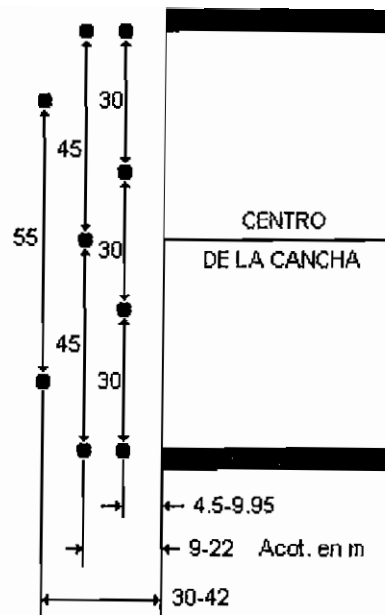


Fig. 2.45 Solución para iluminar canchas de fútbol utilizando torres.

Clase	Luxes	Altura de montaje (m)	Distancia de los postes a la cancha (m)	Capacidad de espectadores	Nº de postes	Proyectores <sup>(1)</sup>	
						Q-1500	HID-1500
I	1000	30-42	30.5-42.5	sobre 30000	4	300	144
II	500	22-30	22.87-30.5	10000 a 30000	6	168	72
		15-22	15.25-22.87			156	60
III	300	9-15	9.15-15.25	5000 a 10000	8	96	48
IV	200	4.5-9	7.62-9.15	5000	8	64	32
V	100	4.5-9	7.62-9.15	-	8	32	16

(1) Se marcan dos alternativas: proyectores con lámparas de cuarzo-yodo de 1500W o proyectores con focos de alta intensidad en la descarga de 1500W.

Tabla 2.10 Datos recomendados para iluminar estadios de fútbol utilizando la figura 2.45.

## **CAPITULO III**

### **DISEÑO DE ILUMINACION DEL ESTADIO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

Para diseñar el alumbrado tanto de interiores como de exteriores es necesario seguir los siguientes pasos:

- Estudio
- Planificación
- Cálculos de Diseño
- Cálculos de Comprobación

#### **3.1 ESTUDIO**

En el capítulo anterior, se enumeraron los diferentes aspectos que se deben considerar en un diseño de iluminación deportiva.

La práctica deportiva es fundamental para el buen desarrollo físico e intelectual del niño y del joven, esta razón obliga al diseño y construcción de escenarios deportivos que cumplan con dicho objetivo.

La iluminación de los escenarios deportivos sobre todo en las horas diurnas y nocturnas es un aspecto fundamental para el disfrute de deportistas y espectadores de los diferentes espectáculos deportivos y sociales.

El proceso para llevar a cabo el estudio de iluminación del estadio de la E.P.N se fundamenta en los siguientes aspectos:

##### **3.1.1 ESTUDIO DEL ESPACIO FISICO A ILUMINAR**

Para lo cual se hace uso de los planos proporcionados por los constructores y diseñadores del estadio. Se consideran características tales como: el área del estadio, la existencia de pista atlética o no, la ubicación y distribución de los graderios, la existencia de tribuna o no, etc. Complementariamente se debe considerar los alrededores del estadio, en relación a cerramientos, y su forma propiamente dicha. En nuestro caso particular se trata de una cancha rectangular, que posee una pista atlética a

su alrededor. La falta de visera no permite realizar una distribución uniforme de luminarias, por lo tanto se utilizarán torres para la ubicación de las luminarias. En la parte superior de la cancha se ubican los graderios desde los cuales son espectadas las programaciones deportivas y socioculturales. Debido a la existencia de estos graderios es necesario ubicar las torres sobre los mismos.

En la parte inferior rodeando la mayor cantidad de la cancha se tiene un cerramiento, cuya forma no es definida.

Como información complementaria de iluminación se debe especificar las actividades a ser realizadas y también la cantidad de personas que van a espectral dichas actividades.

Esta cancha tiene las siguientes dimensiones físicas:

Ancho: 61 metros.

Largo: 94 metros.

Area: 5734 metros cuadrados.

### **3.1.2 ESTUDIO DE MERCADO**

Como se analizó en los capítulos anteriores para la iluminación de espacios abiertos se utilizan principalmente reflectores en sus diferentes tipos y clases. Esto hace que este tipo de iluminación resulte muchas veces más costosa que la de interiores, debido a que los elementos utilizados están sometidos y deben cumplir condiciones de trabajo mas estrictas y rigurosas.

Por lo tanto, es importante realizar una investigación o estudio de los productos que se hallan en el mercado en el momento de desarrollar el diseño de iluminación.

Actualmente en el mercado existen una gama de productos que están orientados a un ahorro económico basado en un ahorro energético.

La información general y técnica que se debe considerar en el estudio del diseño es aquella proporcionada por el fabricante.

En el caso de las luminarias el fabricante proporciona los siguientes datos :

- tipos de lámparas que se pueden utilizar con la luminaria
- material del cual esta construída la luminaria
- tipo de aplicaciones
- tipo de haz y el tipo de distribución de luz

- forma y dimensiones
- peso
- tipo de equipo eléctrico necesario para operar la lámpara. Este equipo puede ser adicional o puede estar incluido en la luminaria.
- curvas isolux

En nuestro caso particular, se escogió la luminaria HFN 006 o la HNF 206 de Philips cuyas características se hallan especificadas en el Anexo D. Para escoger esta luminaria se realizaron las siguientes consideraciones:

- La altura de montaje de las torres es elevada, por lo tanto, se necesita un reflector de haz ancho con una distribución simétrica de luz.
- Se necesita una luminaria que no solo deba estar fija, sino también que tenga posibilidad de moverse de un lado a otro o de arriba hacia abajo, para poder ajustar en cada punto del área a ser iluminada, el flujo luminoso con mayor facilidad, y obtener de esta manera mayor uniformidad en la iluminación.
- La luminaria debe tener facilidad de montaje y mantenimiento.
- Se requiere una luminaria que este disponible en el mercado, que cumpla con los requerimientos que son necesarios para el diseño y que no sea demasiado costosa.

En el caso de las lámparas el fabricante proporciona los siguientes datos:

- tiempo de vida útil
- voltaje de operación
- potencia
- rendimiento de color y eficiencia luminosa
- flujo luminoso
- color y tipo de luz
- curvas fotométricas
- coeficientes de utilización
- posición de funcionamiento
- tipo, forma y dimensiones de la lámpara
- tipo de luminaria, para que en conjunto formen el sistema de iluminación
- aplicaciones



En nuestro caso particular, se escogió la lámpara HPIT2KW de Philips cuyas características se hallan especificadas en el Anexo D. Para escoger esta lámpara se realizaron las siguientes consideraciones:

- El escenario tiene dimensiones grandes por lo tanto se necesita una lámpara, que tenga una reproducción de color y control del efecto estroboscópico adecuados.
- Es recomendable utilizar lámparas de cristal claro para alumbrado a gran distancia.
- Debido a la altura de montaje de las torres y al tipo de luminaria ya determinada las lámparas elegidas deben cumplir con los requerimientos necesarios de dicha luminaria.
- Para evitar que los costos de instalación se incrementen se deben utilizar un menor número de lámparas, por tanto el número de lámparas para una misma área dependerá del Flujo Luminoso, a mayor Flujo Luminoso menor número de lámparas, aunque no se debe dejar de lado la potencia de las mismas por costos de consumo de energía eléctrica.
- Como se sabe en los campos deportivos al aire libre, no se requiere que la iluminación de los mismos este trabajando todo el día, por lo tanto se necesita que las lámparas tengan un control perfecto de la intensidad luminosa y un encendido y reencendido instantáneo.

Las lámparas deben tener un alto coeficiente de utilización debido a que éste relaciona el flujo aprovechado sobre la superficie iluminada y el que emite la lámpara.

### **3.2 PLANIFICACION**

Con los datos especificados anteriormente se procede a planificar el diseño, a continuación se sugiere un proceso de planificación de iluminación:

1. La iluminación de canchas deportivas puede llevarse a cabo utilizando torres o también con una distribución uniforme de luminarias alrededor de la superficie a iluminar. En nuestro caso no se puede utilizar la segunda distribución porque para ella se necesita la presencia de viseras, en las cuales se pueden distribuir uniformemente las luminarias. Por tanto se eligió la opción de utilizar torres.
2. Para iluminar canchas de fútbol utilizando torres se puede considerar dos disposiciones: la una colocando las torres en las esquinas de la cancha y la otra en los lados laterales de la cancha.

3. La forma física y la estructura de la torre, hacen que ésta ocupe poco espacio en el escenario, lo que permite aprovechar de mejor forma el área de construcción.
4. Otra consideración importante, es que, la utilización de torres permite controlar y disminuir más fácilmente el deslumbramiento.

En nuestro caso particular, después de realizar un estudio del espacio físico a ser iluminado, y tomando en cuenta las consideraciones anteriores, se concluye que se deben colocar 4 torres en los lados laterales de la cancha, una ubicación en las esquinas era imposible por la forma física de la cancha y su entorno.

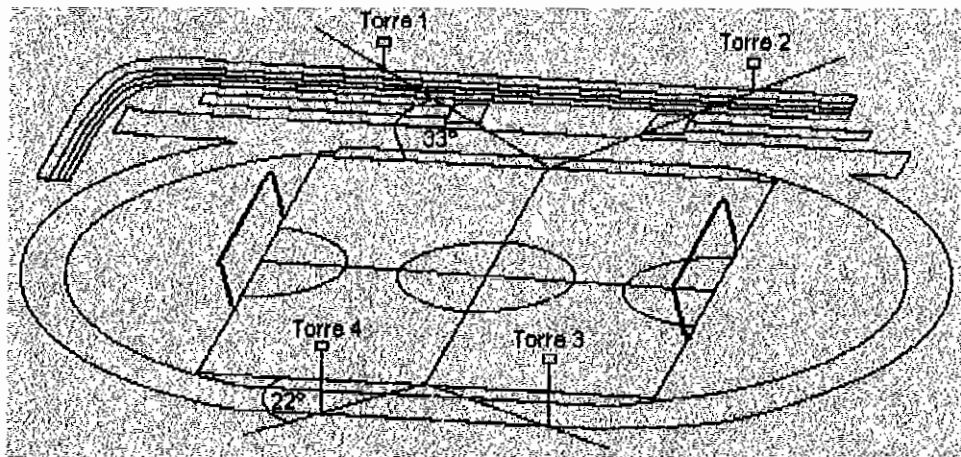


Fig. 3.1 Ubicación de las torres en la cancha.

Por recomendación de los fabricantes y diseñadores de PHILIPS las torres deben ubicarse de la siguiente manera: las torres 1 y 2 se colocan a un ángulo de  $33^\circ$  medido desde la mitad del lado, a una distancia de 22 metros desde el borde de la cancha hasta la base de la torre. Mientras que en las torres 3 y 4 se colocan a un ángulo de  $22^\circ$  medido desde la mitad del lado de la cancha, a una distancia de 12 metros desde el borde de la cancha hasta la base de la torre. La existencia de gradas en el lado lateral de la cancha obliga a ubicar las torres 1 y 2 a una mayor distancia que las torres 3 y 4, como se puede observar en la figura 3.1.

### 3.2.1 DETERMINACION DE LA ALTURA DE MONTAJE DE LAS TORRES.

Es recomendable determinar la altura de montaje como la mitad del ancho de la cancha a ser iluminada ( $A/2$ ). Si la altura de montaje es demasiado baja puede producir

un aumento del deslumbramiento y el apareamiento de sombras proyectadas por los jugadores.

Para un número de 10000 a 20000 espectadores, se recomienda que la torre este a una distancia, desde su base hasta el borde de la cancha de 15,25 a 30,5 metros (ver tabla 2.10).

Las cuatro torres están a la misma altura de montaje ( $H = 30$  m.), inclusive las torres 1 y 2 que se encuentran ubicadas sobre el graderío, en este caso las torres tienen una altura cuyo tamaño se determina por la diferencia entre la altura total de montaje y la altura de los graderíos desde el suelo hasta el final de la última grada ( $h =$  altura de las torres 1 y 2), ver en la figura 3.2.

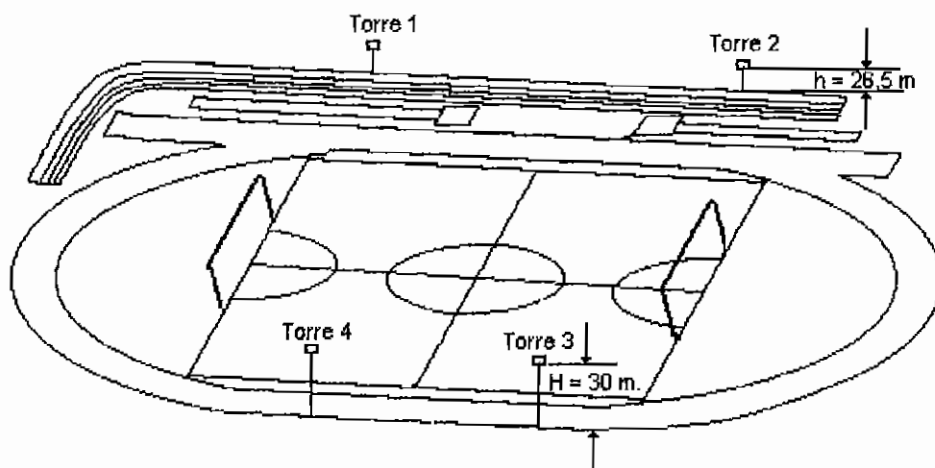


Fig. 3.2 Gráfico para representar la altura de las cuatro torres.

### 3.2.2 DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION.

El nivel de iluminación es aspecto fundamental para una buena percepción visual de los espectadores. El nivel de iluminación media debe estar en relación directa con la distancia del observador mas lejano hasta el centro del campo como en la figura 3.3. Para la transmisión en blanco y negro y para la transmisión de reportajes filmados el alumbrado debe satisfacer la exigencias del observador en una iluminación horizontal superior a 300 luxes.

Para la transmisión de TV a color el nivel de iluminación vertical en dirección de las cámaras debe ser aproximadamente igual a 1000 luxes.

Para nuestro caso particular se toma un nivel de iluminación de 500 luxes, valor recomendado para escenarios deportivos de clase II de 10000 a 20000 espectadores. El valor anterior se halla tabulado en la tabla 2.10.

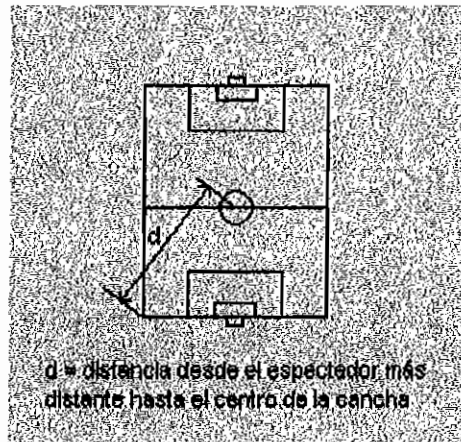


Fig. 3.3 Distancia desde el espectador más distante hasta el centro de la cancha.

### 3.2.3 SELECCIÓN DE LA DISTANCIA DESDE LA TORRE A LA CANCHA.

Para 500 luxes se utiliza una distancia de 22,87 a 30,5 o de 15,25 a 22,87 metros tomados desde la base de la torre hasta el borde de la cancha, dato que se elige de la tabla 2.10. Las distancias de ubicación de las torres no son simétricas debido a las características físicas de la cancha y su entorno, como se explica en el punto 3.2 .

## 3.3 CALCULOS DE DISEÑO

Una vez realizados el estudio y planificación de diseño se debe proceder a determinar el número de luminarias que se necesitan para iluminar el estadio.

Utilizando todos los datos sobre las características físicas de la cancha, estudio de mercado y los requerimientos estéticos del estadio se procede a realizar los cálculos del alumbrado.

Los parámetros de diseño son los siguientes:

- coeficiente de utilización
- coeficiente de mantenimiento

### 3.3.1 COEFICIENTE DE UTILIZACION.

Es un valor comprendido entre un 25% y un 40% , como se indica en el Anexo F. Existen lámparas que pueden tener un coeficiente de utilización superior por ejemplo las ARENA VISION tienen un coeficiente de utilización de 50%. Para nuestro diseño se

eligió un valor de 30%, valor recomendado por PHILIPS para este tipo de sistema de iluminación.

### 3.3.2 COEFICIENTE DE MANTENIMIENTO.

Es un valor determinado por los fabricantes y sus valores se hallan tabulados, depende principalmente si la luminaria es cerrada o abierta.

Para luminarias abiertas: 0,65 a 0,75

Para luminarias ventiladas: 0,70 a 0,80

Para luminarias cerradas: 0,80 a 0,87

Otros valores mas específicos del coeficiente de mantenimiento y de depreciación luminosa se hallan en las tablas 2.3 y 2.4 del Capítulo 2.

### 3.3.3 CALCULOS

Definición de las características del estadio:

- Dimensiones: Escenario representado en la figura 3.4.

Largo:  $L = 94 \text{ m}$ .

Ancho:  $A = 61 \text{ m}$ .

Altura de montaje de la luminaria:  $H = 30 \text{ m}$ .

Superficie:  $S = 5734 \text{ m}^2$

Para las torres 1 y 2, distancia desde la base de la torre a la cancha:  $D_1 = 22 \text{ m}$ .

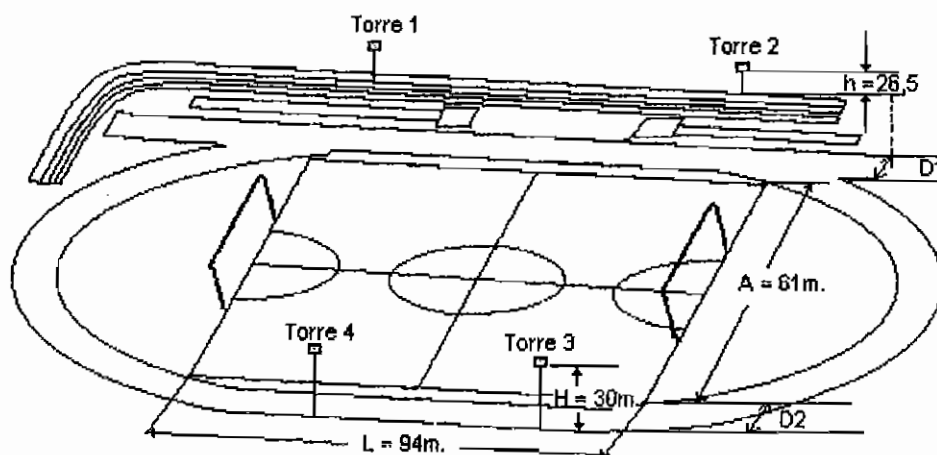


Fig. 3.4 Dimensiones de la cancha deportiva.

Para las torres 3 y 4 , distancia desde la base de la torre al borde de la cancha.

$$D_2 = 12\text{m.}$$

Valores recomendados para un nivel de iluminación de 500 luxes y un número de espectadores de 10000 a 20000 espectadores (Tabla 2.10).

Para determinar los datos en este punto se utilizan los planos 1 y 2 del Anexo H.

Datos a determinar o Calcular:

- Nivel de Iluminación:  $E = 500$  luxes

Valor recomendado para una cancha tipo II y para un número de 10000 a 20000 espectadores (Tabla 2.10).

- Tipo de luminaria: reflector HNF 006-W

HNF 206-W

- Factor de utilización:  $\eta_{\mu} = 0,3$ . Tomo este valor por recomendación de PHILIPS, como se explica en el numeral 3.3.1.

- Factor de mantenimiento :  $k_m = 0,9$  recomendado para luminarias cerradas y en atmósfera limpia.

- Factor de depreciación luminosa:  $k_d = 0,85$  recomendado para lámparas de vapor de sodio.

- Flujo luminoso para la lámpara HPI o lúmenes del haz:  $F = 189000$  lm, que es dato del fabricante. Anexo D.

- Número de luminarias:

$$\text{No proyectores} = \frac{\text{Area(m}^2\text{)} \cdot \text{Nivel de iluminación(lx)}}{\text{Lúmenes del haz} \cdot \eta_{\mu} \cdot K_m \cdot K_d}$$

$$\text{No de proyectores} = \frac{5734 \cdot 500}{189000 \cdot 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,85}$$

$$\text{No de proyectores} = 66 \text{ proyectores.}$$

Se tienen 4 torres, entonces para saber el número exacto de luminarias que le corresponde a cada torre, se divide el número total para 4.

$$\text{No de proyectores para cada torre} = 66/4$$

No de proyectores para cada torre = 16, 5 proyectores.

Aproximadamente se necesitan 16 proyectores por cada torre.

No de proyectores =  $4 \times 16$

No de proyectores = 64 proyectores.

- Potencia total instalada es:  $P = No \times P_1$ , siendo  $P_1$  la potencia de cada reflector.

$$P = 64 \times 2000 \text{ w}$$

$$P = 128000 \text{ w}$$

### 3.3.4 DISTRIBUCION DE LUMINARIAS

Cada torre tiene 16 luminarias distribuidas como se indica en la figura 3.5.

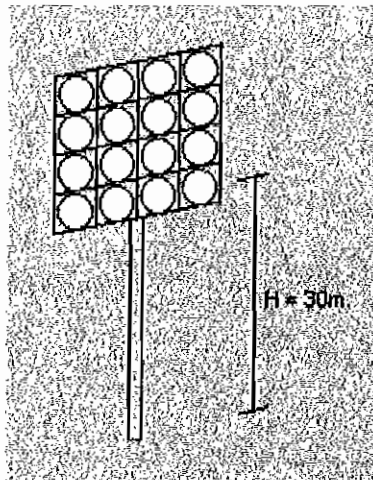


Fig. 3.5 Distribución de las luminarias en cada torre.

Cada reflector tiene un diámetro de 80 centímetros.

La distribución de las luminarias sobre la cancha se encuentra en el plano adjunto en el Anexo H, planos 3y4.

## 3.4 CALCULOS DE COMPROBACION

### 3.4.1 NIVEL MEDIO DE ILUMINACION

Para calcular el nivel medio de iluminación se procede de la siguiente manera:

1.- Primero se procede a dividir la cancha en una grilla para lo cual estableceremos dos normas:

a) Norma de la grilla: 5 metros en cualquier sentido. Ver anexo F.

Número de puntos en el ancho:  $A / 5 \text{ m} = 61 / 5 = 12,2 \text{ puntos} \approx 13 \text{ puntos}$ .

Número de puntos en el largo:  $L / 5 \text{ m} = 94 / 5 = 18,8 \text{ puntos} \approx 19 \text{ puntos}$

b) Según la norma No 67 de la CIE la grilla del campo se diseña como se sugiere en el Anexo F.

Ancho: 7 cuadros

Largo: 11 cuadros

2.- En el centro de cada cuadro de la grilla se procede a colocar puntos, para mayor facilidad se enumera dichos puntos. En la figura 3.6 se puede observar como se distribuyen los puntos.

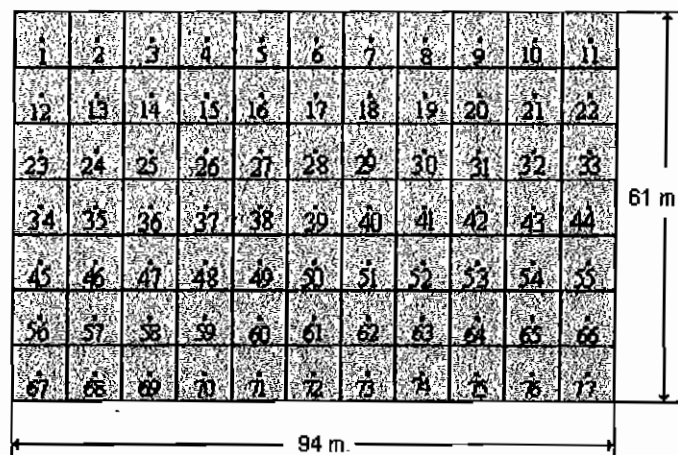


Fig. 3.6 Distribución de los puntos en la grilla.

3.- Una vez distribuidos los puntos se procede a determinar el nivel de iluminación por el método punto por punto.

Para aplicar el método punto por punto se procede de la siguiente manera:

a) Disponer las curvas isolux de la luminaria, en este caso se tienen para diferentes



ángulos de apertura del reflector (  $0^\circ$  ,  $50^\circ$  ,  $60^\circ$  , y  $65^\circ$  ). Para cada ángulo se puede determinar el nivel de iluminación máximo con la siguiente ecuación:

$$E_{\text{máx}} = f \cdot F/H^2$$

Siendo:

H : altura de montaje (m)

F: Flujo luminoso (lm)

f: factor cuyo valor depende del ángulo

ANGULO DE  $0^\circ$

$$E_{\text{max}} = 6,484 \times F / H^2$$

$$F = 189000 \text{ lm.}$$

$$H = 30 \text{ m.}$$

$$E_{\text{max}} = 6,484 \times 189000 / (30)^2$$

$$E_{\text{max}} = 1361,61 \text{ lux}$$

ANGULO DE  $50^\circ$

$$E_{\text{max}} = 1,771 \times F / H^2$$

$$E_{\text{max}} = 1,771 \times 189000 / (30)^2$$

$$E_{\text{max}} = 371,91 \text{ lux}$$

ANGULO DE  $60^\circ$

$$E_{\text{max}} = 0,871 \times F / H^2$$

$$E_{\text{max}} = 0,871 \times 189000 / (30)^2$$

$$E_{\text{max}} = 182,91 \text{ lux}$$

ANGULO DE  $65^\circ$

$$E_{\text{max}} = 0,544 \times F / H^2$$

$$E_{\text{max}} = 0,544 \times 189000 / (30)^2$$

$$E_{\text{max}} = 114,24 \text{ lux}$$

La cancha tiene que estar a la misma escala que las curvas isolux. Para dicho objetivo se utiliza la figura 3.7.

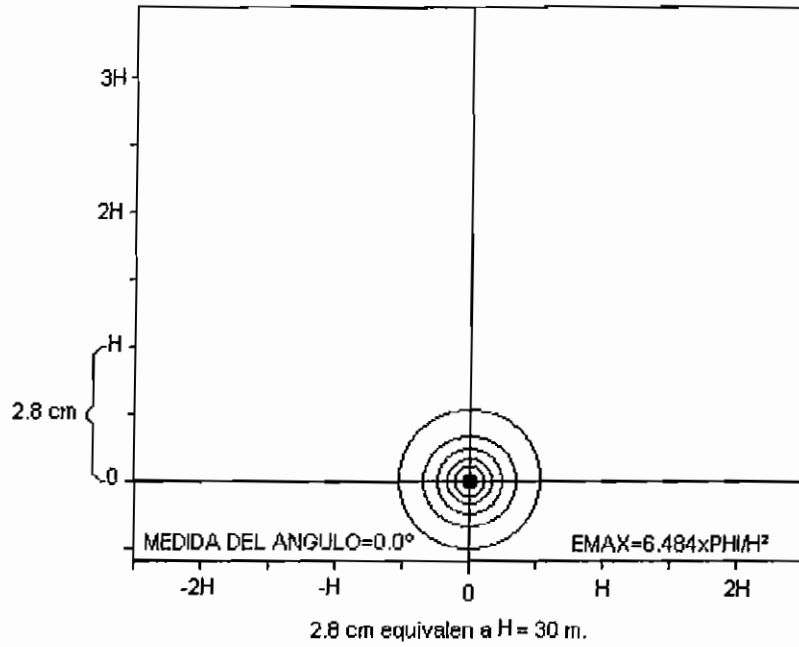


Fig. 3.7 Gráfico para determinar la escala de las curvas isolux.

El ancho de la cancha mide  $A = 61\text{m}$ . Para saber el ancho en la escala de las curvas isolux, se aplica una simple regla de tres como se indica a continuación:

2,8cm - 30 m.

$\times$  - 61 m.  $\times = 5,7\text{cm}$  ; entonces el ancho es: 5,7cm.

De igual forma que con el ancho, se procede con el resto de dimensiones.

Dimensión largo  $L = 94\text{m}$ .

2,8cm - 30 m

- 94 m.  $\times = 8,8\text{cm}$  ; entonces el largo es: 8,8cm.

Dimensión distancia desde la torre al filo de la cancha  $D_1$  y  $D_2$ .

2,8cm - 30m

$\times$  - 22m  $D_1 = 2,05\text{cm}$

2,8cm - 30m

$\times$  - 12 m  $D_2 = 1,12\text{cm}$

4.- De las curvas isolux se determinan los valores de la iluminación en cualquier punto de la cancha, de un área repetitiva.

Las curvas isolux son datos proporcionados por el fabricante y son exclusivas para cada luminaria ( ver Anexo D). Una sola luminaria puede tener diferentes curvas isolux en función de su ángulo de apertura ( $0^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $65^\circ$ ).

Para saber cual de las curvas isolux se van a utilizar, se debe determinar el ángulo al cual el reflector debe abrirse verticalmente. Cada luminaria debe ser analizada individualmente de cada torre y de fila en fila. Otro aspecto a tomarse en cuenta es que la luminaria no solo puede variar el ángulo verticalmente sino también horizontalmente.

#### Procedimiento:

##### - Determinación del ángulo vertical y horizontal

Para determinar el valor del ángulo vertical se utiliza la figura 3.8.

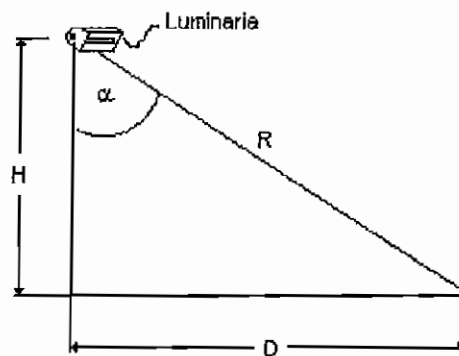


Fig. 3.8 Determinación del ángulo vertical

Siendo:

$\alpha$  = ángulo vertical(grados)

H = altura(m)

R = distancia desde el centro de la luminaria hasta la mitad de la cancha(m).

D = proyección de R, sobre el suelo(m)

Para determinar el valor del ángulo  $\alpha$  se utiliza la siguiente ecuación trigonométrica:

$$\text{Cos } \alpha = H / R \quad (3. 1)$$

El valor de la distancia R, no es constante porque depende de dos factores: el primer factor esta relacionado con el valor del ángulo vertical  $\alpha$ , y el segundo con el valor del ángulo horizontal  $\beta$ . La medida del ángulo  $\beta$  se determina utilizando la figura 3.9.

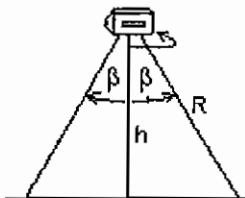


Fig.3.9 Gráfica para determina el valor del ángulo  $\beta$ .

El valor de  $\beta$  se determina, colocando el cero del graduador en el punto donde se cortan la distancia h y la distancia R, tomando como eje la distancia H y se mide el ángulo. El reflector puede abrirse hacia la izquierda o hacia la derecha, según se requiera, entonces el valor del ángulo se puede determinar hacia la izquierda o hacia la derecha.

PRIMERA FILA

TORRE I

Luminaria I

Para determinar la inclinación que debe tener esta luminaria, se mide el valor de la distancia  $R = 5,2\text{cm}$ , que esta a la misma escala que las curvas isolux, y con  $H = 2,8\text{ cm}$ . El valor de la altura h, se mantiene constante para las luminarias de la primera fila de todas las torres. Como ya se dijo anteriormente, la distancia que varía, es la distancia R.

$$H = 2,8\text{cm}$$

$$R = 5,2\text{cm}$$

$$\alpha = \text{Cos}^{-1}(2,8 / 5,2)$$

$$\alpha = 57,42^\circ$$

Para la luminaria I se utilizará las curvas isolux que corresponde a  $\alpha' = 50^\circ$ .

Con un ángulo  $\beta = 25^\circ$ . En la figura 3.10, se representa gráficamente la ubicación de las luminarias de la primera fila de todas las torres. De igual forma que se

procedió con la luminaria 1 se puede hacer con el resto de luminarias de todas las filas, pero considerando que la altura aumenta de una fila a otra. En la tabla 3.1 se representan los cálculos y valores obtenidos en el diseño.

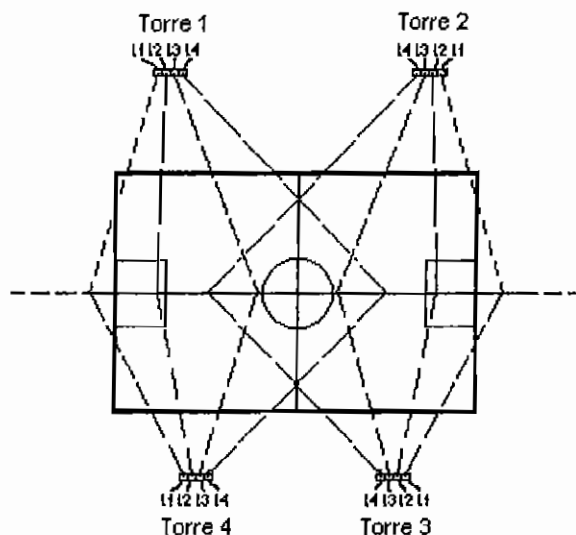


Fig. 3.10 Distribución de las luminarias de la primera fila (Fila 1).

TORRE 1	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
FILA 1	H = 2,8 cm R = 5,2cm $\alpha = 57,4^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 22^\circ$	H = 2,8 cm R = 5,0 cm $\alpha = 55,90^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 7^\circ$	H = 2,8 cm R = 5,5cm $\alpha = 59,5^\circ$ $\alpha' = 60^\circ$ $\beta = 24^\circ$	H = 2,8 cm R = 7,4cm $\alpha = 67,8^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 48^\circ$
FILA 2	H = 2,87 cm R = 5,0cm $\alpha = 54,3^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 5^\circ$	H = 2,87 cm R = 5,2cm $\alpha = 56,5^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 19^\circ$	H = 2,87 cm R = 7,7cm $\alpha = 68,1^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 49^\circ$	H = 2,87 cm R = 8,5cm $\alpha = 70,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 55^\circ$
FILA 3	H = 2,95 cm R = 13,3cm $\alpha = 77,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 67^\circ$	H = 2,95 cm R = 14cm $\alpha = 77,8^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 68,5^\circ$	H = 2,95 cm R = 14,6cm $\alpha = 78,3^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 69,9^\circ$	H = 2,95 cm R = 14,5cm $\alpha = 78,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 70^\circ$
FILA 4	H = 3,02 cm R = 13,3 cm $\alpha = 76,8^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 67^\circ$	H = 3,02 cm R = 13,2cm $\alpha = 76,7^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 67,1^\circ$	H = 3,02 cm R = 15 cm $\alpha = 79,1^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 69,5^\circ$	H = 3,02 cm R = 16,2 $\alpha = 79,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 71,5^\circ$
TORRE 2	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
FILA 1.	H = 2,8 cm R = 5,2cm $\alpha = 57,4^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 22^\circ$	H = 2,8 cm R = 5,0 cm $\alpha = 55,90^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 7^\circ$	H = 2,8 cm R = 5,5cm $\alpha = 59,5^\circ$ $\alpha' = 60^\circ$ $\beta = 24^\circ$	H = 2,8 cm R = 7,4cm $\alpha = 67,8^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 48^\circ$
FILA 2	H = 2,87 cm R = 5,0cm $\alpha = 54,3^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$	H = 2,87 cm R = 5,2cm $\alpha = 56,5^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$	H = 2,87 cm R = 7,7cm $\alpha = 68,1^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$	H = 2,87 cm R = 8,5cm $\alpha = 70,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$

	$\beta = 5^\circ$	$\beta = 19^\circ$	$\beta = 49^\circ$	$\beta = 55^\circ$
FILA 3	H = 2,95 cm R = 13,3cm $\alpha = 77,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 67^\circ$	H = 2,95 cm R = 14cm $\alpha = 77,8^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 68,5^\circ$	H = 2,95 cm R = 14,6cm $\alpha = 78,3^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 69,9^\circ$	H = 2,95 cm R = 14,5cm $\alpha = 78,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 70^\circ$
FILA 4	H = 3,02 cm R = 13,3 cm $\alpha = 76,8^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 67^\circ$	H = 3,02 cm R = 13,2cm $\alpha = 76,7^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 67,1^\circ$	H = 3,02 cm R = 15 cm $\alpha = 79,1^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 69,5^\circ$	H = 3,02 cm R = 16,2 $\alpha = 79,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 71,5^\circ$
TORRE 3	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
FILA 1	H = 2,8 cm R = 4,6cm $\alpha = 52,5^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 28^\circ$	H = 2,8 cm R = 4,2 cm $\alpha = 48,2^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 12^\circ$	H = 2,8 cm R = 4,5cm $\alpha = 51,5^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 26^\circ$	H = 2,8 cm R = 6,7cm $\alpha = 65,3^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 52^\circ$
FILA 2	H = 2,87 cm R = 4,2cm $\alpha = 47^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 7^\circ$	H = 2,87 cm R = 4,5cm $\alpha = 51,5^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 22^\circ$	H = 2,87 cm R = 7,2cm $\alpha = 66,5^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 55^\circ$	H = 2,87 cm R = 8,2cm $\alpha = 69,5$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 60^\circ$
FILA 3	H = 2,95 cm R = 13,3cm $\alpha = 77,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 71^\circ$	H = 2,95 cm R = 14cm $\alpha = 77,8^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 72^\circ$	H = 2,95 cm R = 14,5cm $\alpha = 78,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 73,9^\circ$	H = 2,95 cm R = 14,4cm $\alpha = 78,1^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 74^\circ$
FILA 4	H = 3,02 cm R = 13,1 cm $\alpha = 76,6^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 70,5^\circ$	H = 3,02 cm R = 13cm $\alpha = 76,5^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 70,6^\circ$	H = 3,02 cm R = 14,6 cm $\alpha = 78^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 73^\circ$	H = 3,02 cm R = 16cm $\alpha = 79,1^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 75^\circ$
TORRE 4	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
FILA 1	H = 2,8 cm R = 4,6cm $\alpha = 52,5^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 28^\circ$	H = 2,8 cm R = 4,2 cm $\alpha = 48,2^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 12^\circ$	H = 2,8 cm R = 4,5cm $\alpha = 51,5^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 26^\circ$	H = 2,8 cm R = 6,7cm $\alpha = 65,3^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 52^\circ$
FILA 2	H = 2,87 cm R = 4,2cm $\alpha = 47^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 7^\circ$	H = 2,87 cm R = 4,5cm $\alpha = 51,5^\circ$ $\alpha' = 50^\circ$ $\beta = 22^\circ$	H = 2,87 cm R = 7,2cm $\alpha = 66,5^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 55^\circ$	H = 2,87 cm R = 8,2cm $\alpha = 69,5$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 60^\circ$
FILA 3	H = 2,95 cm R = 13,3cm $\alpha = 77,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 71^\circ$	H = 2,95 cm R = 14cm $\alpha = 77,8^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 72^\circ$	H = 2,95 cm R = 14,5cm $\alpha = 78,2^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 73,9^\circ$	H = 2,95 cm R = 14,4cm $\alpha = 78,1^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 74^\circ$
FILA 4	H = 3,02 cm R = 13,1 cm $\alpha = 76,6^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 70,5^\circ$	H = 3,02 cm R = 13cm $\alpha = 76,5^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 70,6^\circ$	H = 3,02 cm R = 14,6 cm $\alpha = 78^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 73^\circ$	H = 3,02 cm R = 16cm $\alpha = 79,1^\circ$ $\alpha' = 65^\circ$ $\beta = 75^\circ$

Tabla 3.1 Datos y cálculos del diseño de iluminación.

Los valores anteriores pueden ser modificados y ajustados de acuerdo a los requerimientos de niveles de iluminación de cada punto, cambiando la disposición de las lámparas.

5.- Una vez definidas las curvas isolux para cada lámpara se procede a determinar los valores de iluminación. Los valores de iluminación se obtienen colocando encima de las curvas isolux, el dibujo de la instalación hecho en papel calco y a la misma escala que dichas curvas. Por transparencia se leen los valores de las curvas isolux correspondientes a cada punto considerado en la cuadrícula de la cancha. En la tabla 3.2 se tabulan los valores correspondientes a cada punto.

TORRE 1 FILA 1	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	55,78	15,36	4,38	-
Punto 2	24,17	17,19	10,06	-
Punto 3	11,90	12,25	16,46	6,51
Punto 4	4,83	6,95	18,29	10,05
Punto 5	-	3,29	8,78	15,99
Punto 6	-	-	7,86	11,31
Punto 7	-	-	4,02	22,85
Punto 8	-	-	2,56	12,56
Punto 9	-	-	-	6,28
Punto 10	-	-	-	3,99
Punto 11	-	-	-	2,17
Punto 12	167,35	2,28	5,12	-
Punto 13	22,31	30,18	8,69	1,43
Punto 14	8,55	14,63	16,46	5,14
Punto 15	5,02	7,68	36,58	7,99
Punto 16	-	4,02	32,92	12,56
Punto 17	-	2,01	12,80	30,84
Punto 18	-	-	5,85	66,25
Punto 19	-	-	3,10	51,41
Punto 20	-	-	-	19,99
Punto 21	-	-	-	7,99
Punto 22	-	-	-	2,63
Punto 23	107,85	54,87	4,02	-
Punto 24	17,10	67,67	7,68	1,43
Punto 25	6,50	18,29	16,46	3,66
Punto 26	-	7,68	91,45	4,91
Punto 27	-	3,47	107,91	7,99
Punto 28	-	2,28	27,43	19,42
Punto 29	-	-	7,86	60,55
Punto 30	-	-	3,29	114,24
Punto 31	-	-	-	60,55
Punto 32	-	-	-	20,56
Punto 33	-	-	-	7,99
Punto 34	26,03	122,54	3,02	-
Punto 35	8,55	126,20	5,48	-
Punto 36	4,46	22,86	12,43	2,28
Punto 37	-	6,40	65,84	3,20
Punto 38	-	3,20	173,76	4,57
Punto 39	-	1,83	54,87	8,68
Punto 40	-	-	12,80	21,7

Punto 41	-	-	3,65	57,12
Punto 42	-	-	2,01	71,97
Punto 43	-	-	-	35,41
Punto 44	-	-	-	14,28
Punto 45	8,92	109,74	2,19	-
Punto 46	5,02	96,94	3,38	-
Punto 47	-	18,29	7,68	1,58
Punto 48	-	6,04	29,26	2,00
Punto 49	-	2,74	89,62	2,63
Punto 50	-	-	54,87	4,34
Punto 51	-	-	16,46	7,99
Punto 52	-	-	5,49	17,14
Punto 53	-	-	2,28	33,13
Punto 54	-	-	-	30,84
Punto 55	-	-	-	18,28
Punto 56	3,90	54,87	-	-
Punto 57	-	43,89	2,47	-
Punto 58	-	13,72	4,75	-
Punto 59	-	4,02	12,80	1,37
Punto 60	-	2,24	31,09	1,71
Punto 61	-	-	32,92	2,17
Punto 62	-	-	16,46	3,65
Punto 63	-	-	6,04	5,71
Punto 64	-	-	2,56	11,42
Punto 65	-	-	-	15,99
Punto 66	-	-	-	12,56
Punto 67	-	25,60	-	-
Punto 68	-	20,12	-	-
Punto 69	-	8,59	2,74	-
Punto 70	-	3,29	5,85	-
Punto 71	-	-	11,89	-
Punto 72	-	-	16,46	1,37
Punto 73	-	-	11,89	1,83
Punto 74	-	-	5,48	2,74
Punto 75	-	-	2,38	4,57
Punto 76	-	-	-	6,17
Punto 77	-	-	-	7,42
FILA 2	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	9,14	5,49	-	-
Punto 2	15,55	10,24	-	-
Punto 3	17,19	16,46	4,56	2,28
Punto 4	12,07	17,92	10,05	7,42
Punto 5	6,95	12,80	12,56	10,28
Punto 6	4,02	7,32	21,70	17,13
Punto 7	-	3,66	33,13	34,27
Punto 8	-	2,56	25,13	52,55
Punto 9	-	-	11,42	34,27
Punto 10	-	-	5,71	14,85
Punto 11	-	-	3,65	5,71
Punto 12	9,14	5,49	-	-
Punto 13	22,86	9,14	-	-
Punto 14	32,92	18,29	3,65	1,71
Punto 15	16,09	36,58	6,28	5,14
Punto 16	80,48	21,95	9,71	6,85
Punto 17	3,65	9,14	19,42	10,85
Punto 18	2,56	4,75	57,12	28,56
Punto 19	-	2,56	81,11	79,97
Punto 20	-	-	45,69	102,81
Punto 21	-	-	17,14	49,12



Punto 22	-	-	5,71	20,56
Punto 23	9,14	4,21	-	-
Punto 24	36,58	8,23	-	-
Punto 25	91,45	23,78	2,51	1,37
Punto 26	31,09	100,60	4,11	3,99
Punto 27	8,23	69,50	5,54	4,34
Punto 28	3,66	15,55	10,28	5,71
Punto 29	2,10	5,12	34,27	11,42
Punto 30	-	2,93	85,68	33,13
Punto 31	-	-	98,24	68,54
Punto 32	-	-	42,27	75,39
Punto 33	-	-	15,99	37,13
Punto 34	9,14	3,20	-	-
Punto 35	54,87	6,76	-	-
Punto 36	175,59	18,29	1,71	-
Punto 37	51,21	109,74	2,51	1,94
Punto 38	9,14	137,18	3,42	2,28
Punto 39	3,66	31,09	5,14	3,43
Punto 40	2,10	7,49	10,28	4,79
Punto 41	-	3,11	45,69	9,14
Punto 42	-	-	53,69	20,56
Punto 43	-	-	47,98	33,13
Punto 44	-	-	22,85	30,84
Punto 45	9,14	2,56	-	-
Punto 46	42,72	5,30	-	-
Punto 47	128,04	12,80	1,14	-
Punto 48	54,87	54,87	1,65	1,32
Punto 49	9,14	109,74	2,05	1,59
Punto 50	3,66	36,58	2,85	1,94
Punto 51	1,83	9,14	4,57	2,74
Punto 52	-	3,29	8,57	3,99
Punto 53	-	-	17,13	5,71
Punto 54	-	-	22,85	10,51
Punto 55	-	-	20,56	14,28
Punto 56	7,32	1,83	-	-
Punto 57	25,61	3,29	-	-
Punto 58	54,87	7,49	-	-
Punto 59	32,92	21,95	-	-
Punto 60	9,14	42,07	1,25	-
Punto 61	3,47	29,26	1,71	1,25
Punto 62	-	9,14	2,17	1,48
Punto 63	-	3,47	3,65	1,88
Punto 64	-	-	5,71	2,28
Punto 65	-	-	9,71	3,99
Punto 66	-	-	10,28	5,14
Punto 67	5,30	-	-	-
Punto 68	13,72	2,19	-	-
Punto 69	24,69	4,39	-	-
Punto 70	16,46	9,14	-	-
Punto 71	7,68	18,29	-	-
Punto 72	3,11	16,46	-	-
Punto 73	-	8,23	1,31	-
Punto 74	-	3,29	1,83	-
Punto 75	-	-	2,28	1,37
Punto 76	-	-	3,88	1,83
Punto 77	-	-	5,14	2,28
FILA 3	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	-	-	-	-
Punto 2	-	-	-	-

Punto 3	-	-	1,94	-
Punto 4	5,14	4,23	5,25	2,74
Punto 5	6,97	6,28	5,71	6,17
Punto 6	9,25	9,14	8,45	7,42
Punto 7	17,13	18,28	14,28	10,85
Punto 8	41,12	35,55	31,99	22,85
Punto 9	83,39	62,83	54,83	51,41
Punto 10	97,10	62,83	60,55	85,25
Punto 11	57,12	38,84	42,27	71,97
Punto 12	-	-	-	-
Punto 13	-	-	-	-
Punto 14	-	1,14	-	-
Punto 15	2,63	3,20	2,85	1,43
Punto 16	4,22	4,22	3,88	3,77
Punto 17	4,91	4,68	4,34	4,57
Punto 18	6,40	5,59	5,37	5,25
Punto 19	10,28	9,14	7,99	7,42
Punto 20	21,70	14,85	11,42	11,42
Punto 21	34,27	20,56	18,28	21,70
Punto 22	34,27	19,99	17,14	25,13
Punto 23	-	-	-	-
Punto 24	-	-	-	-
Punto 25	-	-	-	-
Punto 26	1,37	1,71	1,48	-
Punto 27	2,51	2,11	2,11	2,05
Punto 28	2,85	2,23	2,17	2,51
Punto 29	3,43	2,85	2,51	2,74
Punto 30	4,34	3,65	3,43	3,31
Punto 31	5,48	4,57	4,11	4,34
Punto 32	8,57	5,71	5,02	5,37
Punto 33	10,39	6,85	5,71	6,85
Punto 34	-	-	-	-
Punto 35	-	-	-	-
Punto 36	-	-	-	-
Punto 37	-	-	-	-
Punto 38	1,48	1,43	1,37	-
Punto 39	1,71	1,48	1,48	15,42
Punto 40	1,94	1,60	1,54	1,71
Punto 41	2,05	1,83	1,71	1,83
Punto 42	2,28	1,94	1,83	1,94
Punto 43	2,97	2,17	2,03	2,17
Punto 44	3,49	2,51	2,17	2,51
Punto 45	-	-	-	-
Punto 46	-	-	-	-
Punto 47	-	-	-	-
Punto 48	-	-	-	-
Punto 49	-	-	-	-
Punto 50	-	-	-	-
Punto 51	-	-	-	-
Punto 52	1,14	-	-	-
Punto 53	1,37	-	-	-
Punto 54	1,54	1,20	-	1,25
Punto 55	1,65	1,31	1,14	1,37
Punto 56	-	-	-	-
Punto 57	-	-	-	-
Punto 58	-	-	-	-
Punto 59	-	-	-	-
Punto 60	-	-	-	-
Punto 61	-	-	-	-

Punto 62	-	-	-	-
Punto 63	-	-	-	-
Punto 64	-	-	-	-
Punto 65	-	-	-	-
Punto 66	-	-	-	-
Punto 67	-	-	-	-
Punto 68	-	-	-	-
Punto 69	-	-	-	-
Punto 70	-	-	-	-
Punto 71	-	-	-	-
Punto 72	-	-	-	-
Punto 73	-	-	-	-
Punto 74	-	-	-	-
Punto 75	-	-	-	-
Punto 76	-	-	-	-
Punto 77	-	-	-	-
FILA 4	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	-	-	-	-
Punto 2	-	-	-	-
Punto 3	-	-	-	-
Punto 4	6,88	6,69	3,43	5,21
Punto 5	10,04	9,29	5,71	7,06
Punto 6	15,25	14,87	7,19	9,30
Punto 7	26,03	26,03	10,28	13,76
Punto 8	26,03	27,89	20,00	15,62
Punto 9	10,78	16,73	43,41	12,64
Punto 10	7,07	7,44	68,54	7,25
Punto 11	-	3,72	60,54	4,46
Punto 12	-	-	-	-
Punto 13	-	-	-	-
Punto 14	-	-	-	-
Punto 15	3,90	3,72	1,71	-
Punto 16	4,46	4,65	3,54	3,72
Punto 17	5,58	5,58	4,34	3,90
Punto 18	6,69	6,69	5,02	4,83
Punto 19	6,88	6,69	5,71	4,83
Punto 20	5,95	6,13	10,28	4,46
Punto 21	3,72	4,09	15,99	-
Punto 22	-	-	21,13	-
Punto 23	-	-	-	-
Punto 24	-	-	-	-
Punto 25	-	-	-	-
Punto 26	-	-	-	-
Punto 27	-	-	1,94	-
Punto 28	-	-	2,28	-
Punto 29	-	-	2,40	-
Punto 30	-	-	3,08	-
Punto 31	-	-	3,77	-
Punto 32	-	-	4,68	-
Punto 33	-	-	5,71	-
Punto 34	-	-	-	-
Punto 35	-	-	-	-
Punto 36	-	-	-	-
Punto 37	-	-	-	-
Punto 38	-	-	-	-
Punto 39	-	-	1,48	-
Punto 40	-	-	1,59	-
Punto 41	-	-	1,71	-
Punto 42	-	-	1,83	-

Punto 43	-	-	2,05	-
Punto 44	-	-	2,17	-
Punto 45	-	-	-	-
Punto 46	-	-	-	-
Punto 47	-	-	-	-
Punto 48	-	-	-	-
Punto 49	-	-	-	-
Punto 50	-	-	-	-
Punto 51	-	-	-	-
Punto 52	-	-	-	-
Punto 53	-	-	-	-
Punto 54	-	-	-	-
Punto 55	-	-	1,25	-
Punto 56	-	-	-	-
Punto 57	-	-	-	-
Punto 58	-	-	-	-
Punto 59	-	-	-	-
Punto 60	-	-	-	-
Punto 61	-	-	-	-
Punto 62	-	-	-	-
Punto 63	-	-	-	-
Punto 64	-	-	-	-
Punto 65	-	-	-	-
Punto 66	-	-	-	-
Punto 67	-	-	-	-
Punto 68	-	-	-	-
Punto 69	-	-	-	-
Punto 70	-	-	-	-
Punto 71	-	-	-	-
Punto 72	-	-	-	-
Punto 73	-	-	-	-
Punto 74	-	-	-	-
Punto 75	-	-	-	-
Punto 76	-	-	-	-
Punto 77	-	-	-	-
TORRE 2	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
FILA 1				
Punto 1	-	-	-	2,28
Punto 2	-	-	-	4,34
Punto 3	-	-	-	7,99
Punto 4	-	-	2,56	17,13
Punto 5	-	-	4,39	41,15
Punto 6	-	-	8,23	22,27
Punto 7	-	3,66	15,55	14,85
Punto 8	5,20	7,86	20,12	9,37
Punto 9	11,90	13,53	15,55	5,71
Punto 10	24,17	17,19	9,51	-
Punto 11	66,94	14,63	3,66	-
Punto 12	-	-	-	4,23
Punto 13	-	-	-	9,14
Punto 14	-	-	-	22,85
Punto 15	-	-	2,92	57,12
Punto 16	-	-	6,22	66,26
Punto 17	-	2,19	13,72	26,27
Punto 18	-	4,39	36,58	11,42
Punto 19	4,83	7,77	36,58	6,85
Punto 20	8,37	16,09	16,46	4,79
Punto 21	20,45	31,09	8,41	1,14
Punto 22	178,52	21,95	5,12	-

Punto 23	-	-	-	8,57
Punto 24	-	-	-	22,85
Punto 25	-	-	-	68,54
Punto 26	-	-	3,38	114,24
Punto 27	-	-	8,05	57,12
Punto 28	-	2,28	34,75	14,85
Punto 29	-	3,47	128,04	6,85
Punto 30	-	7,31	73,16	4,79
Punto 31	6,32	18,29	15,55	3,20
Punto 32	16,73	73,16	7,13	-
Punto 33	74,38	62,19	3,56	-
Punto 34	-	-	-	15,99
Punto 35	-	-	-	38,84
Punto 36	-	-	2,10	70,83
Punto 37	-	-	4,57	45,69
Punto 38	-	-	13,72	19,42
Punto 39	-	1,83	62,19	7,65
Punto 40	-	3,11	171,93	4,57
Punto 41	-	6,58	54,87	2,97
Punto 42	3,72	18,29	11,52	2,17
Punto 43	7,44	118,89	5,30	-
Punto 44	24,17	115,23	2,92	-
Punto 45	-	-	-	18,28
Punto 46	-	-	-	30,27
Punto 47	-	-	2,38	28,56
Punto 48	-	-	5,49	17,13
Punto 49	-	-	16,46	6,85
Punto 50	-	-	59,44	3,99
Punto 51	-	2,56	82,31	2,28
Punto 52	-	5,49	27,43	1,94
Punto 53	-	18,29	7,68	1,48
Punto 54	4,46	91,45	3,29	-
Punto 55	7,44	113,40	2,01	-
Punto 56	-	-	-	13,14
Punto 57	-	-	-	13,71
Punto 58	-	-	2,28	10,28
Punto 59	-	-	5,85	5,59
Punto 60	-	-	14,99	3,43
Punto 61	-	-	32,01	2,17
Punto 62	-	2,10	31,09	1,71
Punto 63	-	3,66	12,80	1,25
Punto 64	-	11,89	4,57	-
Punto 65	-	40,24	2,56	-
Punto 66	-	53,04	-	-
Punto 67	-	-	-	6,85
Punto 68	-	-	-	5,71
Punto 69	-	-	2,38	4,34
Punto 70	-	-	5,49	2,28
Punto 71	-	-	10,24	1,77
Punto 72	-	-	15,55	1,25
Punto 73	-	-	11,89	-
Punto 74	-	3,02	6,22	-
Punto 75	-	7,31	3,02	-
Punto 76	-	18,29	-	-
Punto 77	-	25,61	-	-
FILA 2	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	-	-	3,65	7,42
Punto 2	-	-	5,71	17,13
Punto 3	-	-	11,42	34,27

Punto 4	-	2,38	22,85	51,41
Punto 5	1,83	3,66	33,13	34,27
Punto 6	4,21	7,68	21,93	18,28
Punto 7	7,31	13,17	13,14	10,28
Punto 8	12,80	18,29	8,45	7,08
Punto 9	17,19	16,28	4,57	2,05
Punto 10	15,55	9,69	-	-
Punto 11	8,78	4,75	-	-
Punto 12	-	-	6,85	20,56
Punto 13	-	-	18,28	57,12
Punto 14	-	-	45,69	105,10
Punto 15	-	2,56	85,68	79,97
Punto 16	2,54	4,57	57,12	28,56
Punto 17	4,02	9,14	20,56	10,74
Punto 18	8,05	25,61	9,37	6,62
Punto 19	16,83	36,58	6,17	5,02
Punto 20	34,75	18,29	3,65	1,71
Punto 21	20,12	8,96	-	-
Punto 22	9,14	5,49	-	-
Punto 23	-	-	14,85	37,69
Punto 24	-	-	43,41	74,25
Punto 25	-	-	97,10	68,54
Punto 26	2,38	2,74	85,68	29,70
Punto 27	2,38	6,22	29,70	10,28
Punto 28	4,02	16,46	10,28	5,71
Punto 29	9,14	91,45	5,25	4,34
Punto 30	34,75	96,94	4,34	3,19
Punto 31	179,25	21,95	2,63	1,14
Punto 32	36,58	8,23	-	-
Punto 33	9,14	4,21	-	-
Punto 34	-	-	22,85	28,56
Punto 35	-	-	47,98	28,56
Punto 36	-	-	54,83	19,42
Punto 37	-	3,11	27,42	9,14
Punto 38	2,10	7,68	10,28	4,91
Punto 39	3,66	32,92	5,14	3,54
Punto 40	9,14	144,49	3,65	2,28
Punto 41	54,87	109,74	2,51	1,99
Punto 42	177,42	18,29	1,83	-
Punto 43	45,73	6,77	-	-
Punto 44	9,14	3,29	-	-
Punto 45	-	-	21,13	12,56
Punto 46	-	-	22,85	9,71
Punto 47	-	-	18,28	6,85
Punto 48	-	3,29	8,57	3,99
Punto 49	2,01	9,14	4,57	2,28
Punto 50	3,66	32,92	2,97	1,99
Punto 51	10,97	104,26	2,11	1,77
Punto 52	54,87	54,87	1,71	1,37
Punto 53	128,04	12,80	1,19	-
Punto 54	36,58	4,57	-	-
Punto 55	8,78	2,56	-	-
Punto 56	-	-	10,51	5,14
Punto 57	-	-	9,71	3,99
Punto 58	-	-	5,71	2,28
Punto 59	-	3,29	3,54	1,94
Punto 60	-	9,14	2,17	1,54
Punto 61	3,47	26,52	1,71	1,14
Punto 62	10,06	42,07	1,37	-

Punto 63	35,67	23,78	1,14	-
Punto 64	56,70	7,31	-	-
Punto 65	23,78	3,20	-	-
Punto 66	7,13	-	-	-
Punto 67	-	-	5,14	2,17
Punto 68	-	-	3,99	1,83
Punto 69	-	-	2,28	1,37
Punto 70	-	3,29	1,88	-
Punto 71	-	7,86	1,37	-
Punto 72	3,11	16,09	-	-
Punto 73	7,68	16,46	-	-
Punto 74	18,29	9,14	-	-
Punto 75	23,78	3,66	-	-
Punto 76	13,17	2,19	-	-
Punto 77	5,12	-	-	-
FILA 3	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	59,40	66,26	68,54	70,83
Punto 2	93,67	90,25	77,68	79,97
Punto 3	79,96	62,83	45,69	45,69
Punto 4	36,55	28,56	22,85	21,70
Punto 5	15,99	12,56	10,85	10,85
Punto 6	9,14	8,57	7,42	7,42
Punto 7	6,85	6,39	6,28	6,28
Punto 8	5,02	4,57	3,43	2,85
Punto 9	-	-	-	-
Punto 10	-	-	-	-
Punto 11	-	-	-	-
Punto 12	34,27	28,56	22,85	26,27
Punto 13	31,99	22,85	19,99	20,56
Punto 14	19,99	14,85	11,42	11,42
Punto 15	10,28	8,34	6,85	6,85
Punto 16	5,94	5,48	5,25	5,14
Punto 17	4,91	4,79	4,57	4,57
Punto 18	4,34	3,99	3,83	3,71
Punto 19	2,51	2,05	1,59	1,25
Punto 20	-	-	-	-
Punto 21	-	-	-	-
Punto 22	-	-	-	-
Punto 23	10,85	9,14	7,08	7,42
Punto 24	8,22	5,71	5,37	5,25
Punto 25	5,37	4,79	4,34	4,45
Punto 26	4,34	3,88	2,51	3,54
Punto 27	3,31	2,97	2,63	2,63
Punto 28	2,74	2,74	2,51	2,51
Punto 29	2,51	2,28	1,99	1,94
Punto 30	1,14	-	-	-
Punto 31	-	-	-	-
Punto 32	-	-	-	-
Punto 33	-	-	-	-
Punto 34	3,77	3,08	2,28	2,28
Punto 35	3,08	2,28	2,17	2,17
Punto 36	2,28	2,11	1,99	2,02
Punto 37	2,05	1,94	1,83	1,83
Punto 38	1,88	1,77	1,71	1,71
Punto 39	1,77	1,71	1,59	1,57
Punto 40	1,43	1,19	-	-
Punto 41	-	-	-	-
Punto 42	-	-	-	-
Punto 43	-	-	-	-

Punto 44	-	-	-	-
Punto 45	1,71	1,54	1,37	1,37
Punto 46	1,48	1,37	1,14	1,19
Punto 47	1,37	1,14	-	-
Punto 48	1,14	-	-	-
Punto 49	-	-	-	-
Punto 50	-	-	-	-
Punto 51	-	-	-	-
Punto 52	-	-	-	-
Punto 53	-	-	-	-
Punto 54	-	-	-	-
Punto 55	-	-	-	-
Punto 56	-	-	-	-
Punto 57	-	-	-	-
Punto 58	-	-	-	-
Punto 59	-	-	-	-
Punto 60	-	-	-	-
Punto 61	-	-	-	-
Punto 62	-	-	-	-
Punto 63	-	-	-	-
Punto 64	-	-	-	-
Punto 65	-	-	-	-
Punto 66	-	-	-	-
Punto 67	-	-	-	-
Punto 68	-	-	-	-
Punto 69	-	-	-	-
Punto 70	-	-	-	-
Punto 71	-	-	-	-
Punto 72	-	-	-	-
Punto 73	-	-	-	-
Punto 74	-	-	-	-
Punto 75	-	-	-	-
Punto 76	-	-	-	-
Punto 77	-	-	-	-
<b>FILA 4</b>	<b>Luminaria 1</b>	<b>Luminaria 2</b>	<b>Luminaria 3</b>	<b>Luminaria 4</b>
Punto 1	-	3,72	60,55	4,27
Punto 2	6,69	7,44	58,26	7,25
Punto 3	14,87	16,73	39,98	13,38
Punto 4	26,03	28,64	18,28	15,25
Punto 5	24,17	26,03	9,71	14,50
Punto 6	15,25	15,62	7,31	10,04
Punto 7	9,29	9,29	5,71	7,06
Punto 8	6,69	6,88	2,63	5,21
Punto 9	-	-	-	-
Punto 10	-	-	-	-
Punto 11	-	-	-	-
Punto 12	-	-	21,70	-
Punto 13	3,72	4,09	14,85	-
Punto 14	5,95	6,32	9,14	4,65
Punto 15	6,51	6,69	5,71	5,21
Punto 16	6,32	6,69	4,85	4,83
Punto 17	5,58	5,95	4,22	4,27
Punto 18	4,83	5,39	3,31	4,09
Punto 19	3,72	3,72	1,14	-
Punto 20	-	-	-	-
Punto 21	-	-	-	-
Punto 22	-	-	-	-
Punto 23	-	-	5,48	-
Punto 24	-	-	4,79	-



Punto 25	-	-	3,88	-
Punto 26	-	-	2,97	-
Punto 27	-	-	2,28	-
Punto 28	-	-	2,28	-
Punto 29	-	-	1,83	-
Punto 30	-	-	-	-
Punto 31	-	-	-	-
Punto 32	-	-	-	-
Punto 33	-	-	-	-
Punto 34	-	-	2,17	-
Punto 35	-	-	2,05	-
Punto 36	-	-	1,88	-
Punto 37	-	-	1,71	-
Punto 38	-	-	1,59	-
Punto 39	-	-	1,48	-
Punto 40	-	-	-	-
Punto 41	-	-	-	-
Punto 42	-	-	-	-
Punto 43	-	-	-	-
Punto 44	-	-	-	-
Punto 45	-	-	2,39	-
Punto 46	-	-	-	-
Punto 47	-	-	-	-
Punto 48	-	-	-	-
Punto 49	-	-	-	-
Punto 50	-	-	-	-
Punto 51	-	-	-	-
Punto 52	-	-	-	-
Punto 53	-	-	-	-
Punto 54	-	-	-	-
Punto 55	-	-	-	-
Punto 56	-	-	-	-
Punto 57	-	-	-	-
Punto 58	-	-	-	-
Punto 59	-	-	-	-
Punto 60	-	-	-	-
Punto 61	-	-	-	-
Punto 62	-	-	-	-
Punto 63	-	-	-	-
Punto 64	-	-	-	-
Punto 65	-	-	-	-
Punto 66	-	-	-	-
Punto 67	-	-	-	-
Punto 68	-	-	-	-
Punto 69	-	-	-	-
Punto 70	-	-	-	-
Punto 71	-	-	-	-
Punto 72	-	-	-	-
Punto 73	-	-	-	-
Punto 74	-	-	-	-
Punto 75	-	-	-	-
Punto 76	-	-	-	-
Punto 77	-	-	-	-
TORRE 3	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
FILA 1				
Punto 1	-	-	-	8,45
Punto 2	-	-	-	6,85
Punto 3	-	-	3,66	4,34
Punto 4	-	-	10,06	2,85

Punto 5	-	-	25,61	1,94
Punto 6	-	-	32,00	1,48
Punto 7	-	1,83	16,46	2,05
Punto 8	-	3,29	6,40	-
Punto 9	-	9,14	3,02	-
Punto 10	-	31,09	-	-
Punto 11	-	58,53	-	-
Punto 12	-	-	-	19,42
Punto 13	-	-	-	18,28
Punto 14	-	-	3,38	11,42
Punto 15	-	-	9,14	5,48
Punto 16	-	-	36,58	3,71
Punto 17	-	-	82,31	2,28
Punto 18	-	2,38	47,55	1,94
Punto 19	-	4,21	12,80	1,59
Punto 20	-	12,44	4,94	-
Punto 21	-	54,87	2,74	-
Punto 22	6,13	128,04	-	-
Punto 23	-	-	-	31,99
Punto 24	-	-	-	45,69
Punto 25	-	-	3,11	34,27
Punto 26	-	-	7,68	17,13
Punto 27	-	-	27,43	6,85
Punto 28	-	1,83	128,04	4,57
Punto 29	-	3,11	128,04	3,19
Punto 30	-	5,85	26,52	2,39
Punto 31	-	14,63	7,68	1,37
Punto 32	6,32	91,45	3,47	-
Punto 33	15,25	146,33	2,56	-
Punto 34	-	-	-	26,27
Punto 35	-	-	-	62,83
Punto 36	-	-	2,56	102,81
Punto 37	-	-	6,04	59,40
Punto 38	-	-	14,63	20,56
Punto 39	-	2,74	67,67	8,45
Punto 40	-	3,29	133,52	5,25
Punto 41	-	6,95	36,58	3,99
Punto 42	5,58	14,63	10,79	2,23
Punto 43	12,27	54,87	5,85	-
Punto 44	55,78	69,50	3,11	-
Punto 45	-	-	-	10,85
Punto 46	-	-	-	26,27
Punto 47	-	-	2,16	68,54
Punto 48	-	-	3,56	93,67
Punto 49	-	-	8,05	45,69
Punto 50	-	-	18,29	15,99
Punto 51	-	4,02	45,73	8,57
Punto 52	4,09	7,32	32,00	5,71
Punto 53	7,44	13,72	12,80	2,85
Punto 54	17,85	27,43	7,31	-
Punto 55	92,97	27,43	3,11	-
Punto 56	-	-	-	4,79
Punto 57	-	-	-	8,57
Punto 58	-	-	1,83	19,42
Punto 59	-	-	3,11	34,27
Punto 60	-	-	5,85	34,27
Punto 61	-	-	9,14	19,99
Punto 62	-	2,56	16,46	11,42
Punto 63	3,72	6,95	18,29	7,99

Punto 64	10,41	12,80	13,72	3,65
Punto 65	18,59	16,46	8,41	-
Punto 66	55,78	13,72	2,38	-
Punto 67	-	-	-	2,28
Punto 68	-	-	-	4,57
Punto 69	-	-	-	5,71
Punto 70	-	-	2,56	10,28
Punto 71	-	-	4,02	13,71
Punto 72	-	-	7,49	15,99
Punto 73	-	-	10,97	14,85
Punto 74	-	2,92	13,53	10,85
Punto 75	8,55	9,14	11,70	2,28
Punto 76	15,99	14,63	5,12	-
Punto 77	23,43	13,72	-	-
FILA 2	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	-	-	5,14	2,28
Punto 2	-	-	3,88	2,05
Punto 3	-	2,56	2,28	1,59
Punto 4	-	5,85	1,85	1,33
Punto 5	2,01	16,28	1,48	-
Punto 6	4,02	34,75	1,25	-
Punto 7	15,55	31,09	-	-
Punto 8	45,73	11,89	-	-
Punto 9	53,04	4,39	-	-
Punto 10	18,29	2,38	-	-
Punto 11	5,85	-	-	-
Punto 12	-	-	11,42	5,71
Punto 13	-	-	11,28	4,68
Punto 14	-	2,38	5,71	3,31
Punto 15	-	5,49	3,99	2,17
Punto 16	2,19	16,46	2,51	1,83
Punto 17	4,57	60,37	2,11	1,59
Punto 18	14,63	87,79	1,71	1,90
Punto 19	73,16	27,43	1,37	-
Punto 20	124,38	7,49	-	-
Punto 21	31,09	3,29	-	-
Punto 22	7,68	2,10	-	-
Punto 23	-	-	28,56	17,13
Punto 24	-	-	29,70	13,71
Punto 25	-	2,10	20,56	7,99
Punto 26	-	3,66	9,71	4,79
Punto 27	2,38	13,72	5,02	3,43
Punto 28	4,57	64,02	3,65	2,28
Punto 29	16,46	146,33	2,51	2,17
Punto 30	71,33	54,87	2,17	1,37
Punto 31	164,62	10,97	-	-
Punto 32	36,58	4,94	-	-
Punto 33	8,23	2,92	-	-
Punto 34	-	-	34,27	44,55
Punto 35	-	-	71,97	47,98
Punto 36	-	-	69,68	28,56
Punto 37	-	3,47	34,27	12,56
Punto 38	2,56	8,05	11,42	6,85
Punto 39	4,02	31,09	6,39	4,79
Punto 40	9,14	109,74	4,79	3,88
Punto 41	36,58	73,16	3,43	2,51
Punto 42	91,45	14,63	1,71	-
Punto 43	31,09	7,31	-	-
Punto 44	8,96	3,66	-	-

Punto 45	-	-	19,99	45,69
Punto 46	-	-	51,41	97,10
Punto 47	-	-	102,81	97,10
Punto 48	-	3,02	90,25	45,69
Punto 49	2,56	6,40	34,27	15,99
Punto 50	4,02	12,80	11,42	8,57
Punto 51	8,23	36,58	7,31	5,48
Punto 52	17,37	36,58	5,25	3,99
Punto 53	32,92	16,46	2,28	-
Punto 54	18,29	8,23	-	-
Punto 55	9,14	4,94	-	-
Punto 56	-	-	6,85	18,28
Punto 57	-	-	14,85	42,27
Punto 58	-	-	34,27	74,25
Punto 59	-	2,74	45,69	66,26
Punto 60	1,83	4,20	37,69	30,84
Punto 61	4,20	8,23	18,85	13,71
Punto 62	7,49	14,63	10,85	9,14
Punto 63	12,80	18,29	7,77	6,39
Punto 64	17,19	15,91	2,28	1,14
Punto 65	14,63	9,51	-	-
Punto 66	9,14	4,02	-	-
Punto 67	-	-	3,43	5,48
Punto 68	-	-	5,25	9,71
Punto 69	-	-	9,14	19,42
Punto 70	-	2,10	13,71	22,85
Punto 71	-	3,47	18,28	21,70
Punto 72	1,83	6,40	17,13	17,13
Punto 73	4,57	9,14	14,28	11,99
Punto 74	9,88	12,80	10,28	3,65
Punto 75	11,88	12,44	2,05	-
Punto 76	10,61	7,31	-	-
Punto 77	6,40	-	-	-
FILA 3	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	-	-	-	-
Punto 2	-	-	-	-
Punto 3	-	-	-	-
Punto 4	-	-	-	-
Punto 5	-	-	-	-
Punto 6	-	-	-	-
Punto 7	-	-	-	-
Punto 8	-	-	-	-
Punto 9	-	-	-	-
Punto 10	-	-	-	-
Punto 11	-	-	-	-
Punto 12	7,42	1,14	-	-
Punto 13	1,14	-	-	-
Punto 14	-	-	-	-
Punto 15	-	-	-	-
Punto 16	-	-	-	-
Punto 17	-	-	-	-
Punto 18	-	-	-	-
Punto 19	-	-	-	-
Punto 20	-	-	-	-
Punto 21	-	-	-	-
Punto 22	-	-	-	-
Punto 23	2,28	2,11	1,94	1,92
Punto 24	2,17	1,96	1,88	1,85
Punto 25	1,99	1,83	1,71	1,71

Punto 26	1,83	1,77	1,65	1,59
Punto 27	1,77	1,71	1,63	1,66
Punto 28	1,65	1,59	1,48	1,43
Punto 29	1,14	-	-	-
Punto 30	-	-	-	-
Punto 31	-	-	-	-
Punto 32	-	-	-	-
Punto 33	-	-	-	-
Punto 34	6,85	10,85	4,79	4,68
Punto 35	5,37	4,57	4,11	3,88
Punto 36	4,45	3,88	3,08	3,54
Punto 37	3,65	3,19	2,85	2,86
Punto 38	2,97	2,63	2,51	2,39
Punto 39	2,74	2,63	2,57	2,45
Punto 40	2,28	2,05	1,71	1,59
Punto 41	-	-	-	-
Punto 42	-	-	-	-
Punto 43	-	-	-	-
Punto 44	-	-	-	-
Punto 45	22,85	19,42	15,99	15,99
Punto 46	20,56	15,99	11,42	11,42
Punto 47	11,42	9,71	7,99	7,77
Punto 48	7,99	6,28	5,59	5,48
Punto 49	5,48	5,14	4,79	4,79
Punto 50	4,79	4,57	4,34	4,34
Punto 51	4,22	3,77	3,54	3,19
Punto 52	1,99	1,48	-	-
Punto 53	-	-	-	-
Punto 54	-	-	-	-
Punto 55	-	-	-	-
Punto 56	65,12	60,55	54,83	56,55
Punto 57	77,68	59,40	47,98	45,69
Punto 58	55,98	39,98	33,13	30,84
Punto 59	22,85	19,42	14,85	14,85
Punto 60	11,42	10,28	9,25	9,25
Punto 61	8,22	7,42	6,85	6,85
Punto 62	6,74	6,39	2,74	6,05
Punto 63	4,34	3,43	2,28	2,05
Punto 64	-	-	-	-
Punto 65	-	-	-	-
Punto 66	-	-	-	-
Punto 67	45,69	58,26	73,11	79,97
Punto 68	85,68	102,81	114,24	114,24
Punto 69	98,24	95,96	89,11	71,97
Punto 70	57,12	50,26	43,41	39,98
Punto 71	22,85	20,56	18,85	17,13
Punto 72	13,71	13,14	11,42	11,19
Punto 73	9,82	9,14	9,02	8,57
Punto 74	6,28	5,71	4,57	3,77
Punto 75	-	-	-	-
Punto 76	-	-	-	-
Punto 77	-	-	-	-
TORRE 4	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	-	-	-	-
Punto 2	-	-	-	-
Punto 3	-	-	-	-
Punto 4	-	-	-	-
Punto 5	-	-	-	-
Punto 6	-	-	-	-

Punto 7	-	-	-	-
Punto 8	-	-	-	-
Punto 9	-	-	-	-
Punto 10	-	-	-	-
Punto 11	-	-	-	-
Punto 12	-	-	-	-
Punto 13	-	-	-	-
Punto 14	-	-	-	-
Punto 15	-	-	-	-
Punto 16	-	-	-	-
Punto 17	-	-	-	-
Punto 18	-	-	-	-
Punto 19	-	-	-	-
Punto 20	-	-	-	-
Punto 21	-	-	-	-
Punto 22	-	-	-	-
Punto 23	-	-	1,83	-
Punto 24	-	-	1,65	-
Punto 25	-	-	1,59	-
Punto 26	-	-	1,51	-
Punto 27	-	-	1,54	-
Punto 28	-	-	1,43	-
Punto 29	-	-	-	-
Punto 30	-	-	-	-
Punto 31	-	-	-	-
Punto 32	-	-	-	-
Punto 33	-	-	-	-
Punto 34	-	-	4,34	-
Punto 35	-	-	3,65	-
Punto 36	-	-	3,19	-
Punto 37	-	-	2,51	-
Punto 38	-	-	2,28	-
Punto 39	-	-	2,28	-
Punto 40	-	-	1,59	-
Punto 41	-	-	-	-
Punto 42	-	-	-	-
Punto 43	-	-	-	-
Punto 44	-	-	-	-
Punto 45	-	-	13,71	-
Punto 46	-	3,90	11,42	-
Punto 47	4,83	5,39	6,85	4,09
Punto 48	5,58	5,95	5,14	4,46
Punto 49	5,95	5,95	4,57	4,65
Punto 50	5,21	5,20	4,11	4,09
Punto 51	4,46	4,65	3,19	3,90
Punto 52	3,72	3,72	-	-
Punto 53	-	-	-	-
Punto 54	-	-	-	-
Punto 55	-	-	-	-
Punto 56	-	4,09	45,69	4,09
Punto 57	7,06	7,44	45,69	7,06
Punto 58	13,76	15,25	26,27	11,53
Punto 59	18,59	22,31	14,85	13,01
Punto 60	18,22	17,85	8,68	11,53
Punto 61	17,11	14,13	6,62	9,29
Punto 62	8,55	8,37	5,71	7,06
Punto 63	6,69	6,69	-	4,83
Punto 64	-	-	-	-

Punto 45	111,57	25,61	3,66	-
Punto 46	18,59	29,26	7,13	-
Punto 47	7,44	13,72	13,72	2,74
Punto 48	4,46	7,86	31,09	5,71
Punto 49	-	4,20	49,38	8,57
Punto 50	-	1,83	18,29	14,85
Punto 51	-	-	8,05	41,12
Punto 52	-	-	3,66	91,39
Punto 53	-	-	2,01	74,25
Punto 54	-	-	-	28,56
Punto 55	-	-	-	11,42
Punto 56	63,22	15,55	2,28	-
Punto 57	20,45	17,19	8,05	-
Punto 58	10,78	12,80	14,63	2,74
Punto 59	4,46	7,68	18,29	7,99
Punto 60	-	3,47	17,74	10,97
Punto 61	-	-	10,06	19,42
Punto 62	-	-	6,04	34,27
Punto 63	-	-	3,11	36,55
Punto 64	-	-	1,83	20,56
Punto 65	-	-	-	9,14
Punto 66	-	-	-	4,57
Punto 67	27,89	10,97	-	-
Punto 68	16,36	11,34	5,49	-
Punto 69	9,67	10,06	10,97	1,71
Punto 70	-	3,66	13,71	10,05
Punto 71	-	-	10,97	14,85
Punto 72	-	-	7,68	15,99
Punto 73	-	-	4,75	14,28
Punto 74	-	-	2,74	10,28
Punto 75	-	-	-	6,85
Punto 76	-	-	-	4,22
Punto 77	-	-	-	2,39
FILA 2	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	6,04	-	-	-
Punto 2	18,29	2,56	-	-
Punto 3	54,87	4,57	-	-
Punto 4	40,24	10,97	-	-
Punto 5	12,80	30,18	-	-
Punto 6	4,02	34,75	1,19	-
Punto 7	2,01	16,09	1,48	-
Punto 8	-	5,85	1,94	1,37
Punto 9	-	2,47	2,28	1,59
Punto 10	-	-	3,88	1,94
Punto 11	-	-	4,91	2,23
Punto 12	7,68	2,10	-	-
Punto 13	32,92	3,38	-	-
Punto 14	118,89	7,49	-	-
Punto 15	65,85	27,43	1,37	-
Punto 16	14,63	82,31	1,71	1,43
Punto 17	4,57	62,19	1,99	1,64
Punto 18	2,19	18,29	2,51	1,94
Punto 19	-	5,85	4,11	2,17
Punto 20	-	2,38	5,71	3,31
Punto 21	-	-	9,14	4,45
Punto 22	-	-	11,99	5,71
Punto 23	8,59	2,92	-	-
Punto 24	36,58	5,30	-	-
Punto 25	164,62	10,97	-	-

Punto 26	71,33	54,87	2,17	1,59
Punto 27	11,89	173,76	2,51	2,17
Punto 28	4,57	60,36	3,77	2,28
Punto 29	2,01	9,14	5,59	3,88
Punto 30	-	4,57	9,14	4,68
Punto 31	-	2,10	20,56	7,99
Punto 32	-	-	29,70	11,42
Punto 33	-	-	28,56	17,13
Punto 34	8,96	3,66	-	-
Punto 35	32,92	7,68	-	-
Punto 36	91,45	16,46	1,59	-
Punto 37	36,58	73,16	3,43	2,51
Punto 38	9,14	109,74	4,68	8,57
Punto 39	4,39	31,09	6,28	4,79
Punto 40	2,38	8,23	11,42	5,71
Punto 41	-	3,38	33,13	11,42
Punto 42	-	1,83	68,54	26,27
Punto 43	-	-	68,54	45,69
Punto 44	-	-	34,27	43,41
Punto 45	9,14	4,94	-	-
Punto 46	20,12	8,41	-	-
Punto 47	32,92	16,46	2,28	-
Punto 48	18,29	36,58	5,14	4,11
Punto 49	8,23	36,58	7,77	5,42
Punto 50	4,02	13,72	11,42	7,99
Punto 51	2,56	6,40	31,99	13,71
Punto 52	-	2,92	85,68	43,41
Punto 53	-	-	102,81	91,39
Punto 54	-	-	46,83	91,39
Punto 55	-	-	-	45,69
Punto 56	9,14	4,02	-	-
Punto 57	15,55	9,51	-	-
Punto 58	17,56	15,54	2,51	1,14
Punto 59	12,44	18,29	7,65	6,51
Punto 60	7,68	14,63	10,97	9,48
Punto 61	4,20	8,41	19,42	14,28
Punto 62	2,19	4,39	42,27	30,84
Punto 63	-	2,65	57,12	68,54
Punto 64	-	-	34,27	79,97
Punto 65	-	-	14,85	43,41
Punto 66	-	-	6,28	17,13
Punto 67	7,31	-	-	-
Punto 68	10,61	6,95	-	-
Punto 69	11,89	11,89	2,28	1,14
Punto 70	9,88	12,80	5,02	7,99
Punto 71	5,42	10,06	13,71	11,42
Punto 72	1,83	6,40	17,13	18,73
Punto 73	-	3,66	18,28	22,73
Punto 74	-	2,19	14,85	27,42
Punto 75	-	-	9,14	21,70
Punto 76	-	-	5,37	10,28
Punto 77	-	-	3,31	5,71
FILA 3	Luminaria 1	Luminaria 2	Luminaria 3	Luminaria 4
Punto 1	-	-	-	-
Punto 2	-	-	-	-
Punto 3	-	-	-	-
Punto 4	-	-	-	-
Punto 5	-	-	-	-
Punto 6	-	-	-	-



Punto 47	-	-	-	-
Punto 48	3,72	-	-	-
Punto 49	4,83	4,83	3,08	4,83
Punto 50	5,20	5,20	4,11	5,20
Punto 51	5,95	5,95	4,57	5,95
Punto 52	5,95	5,95	5,02	6,32
Punto 53	5,20	5,39	6,28	5,95
Punto 54	3,72	3,72	9,14	4,46
Punto 55	-	-	12,56	-
Punto 56	-	-	-	-
Punto 57	-	-	-	-
Punto 58	-	-	-	-
Punto 59	6,88	7,06	2,05	6,32
Punto 60	8,18	8,18	5,71	7,44
Punto 61	14,13	14,13	6,17	13,01
Punto 62	18,59	18,59	8,57	17,85
Punto 63	18,59	18,59	11,42	20,45
Punto 64	14,50	14,87	22,85	17,48
Punto 65	7,06	7,44	43,41	9,67
Punto 66	3,72	3,72	45,69	4,83
Punto 67	-	-	-	-
Punto 68	-	-	-	-
Punto 69	5,58	4,46	-	-
Punto 70	13,01	12,27	4,34	9,29
Punto 71	18,59	18,59	8,57	15,62
Punto 72	55,78	52,07	10,85	226,03
Punto 73	141,32	148,76	18,28	59,50
Punto 74	92,98	104,13	37,69	74,38
Punto 75	29,75	33,47	79,97	37,19
Punto 76	11,90	11,90	102,81	14,87
Punto 77	4,65	7,06	79,97	5,95

Tabla 3.2 Valores de iluminación para cada punto, de cada luminaria.

6.- Una vez obtenidos los niveles de iluminación en cada punto, aportado por cada luminaria, se procede a sumar todos estos valores y los resultados finales, son los niveles de iluminación totales de cada punto como se indica en la tabla 3.3.

PUNTOS	NIVELES DE ILUMINACION E (Lux)
Punto 1	513,91
Punto 2	594,03
Punto 3	548,32
Punto 4	505,16
Punto 5	482,71
Punto 6	460,61
Punto 7	482,04
Punto 8	531,81
Punto 9	558,38
Punto 10	557,02
Punto 11	468,99
Punto 12	543,60
Punto 13	429,34
Punto 14	530,85
Punto 15	566,13
Punto 16	633,26
Punto 17	560,38
Punto 18	567,81
Punto 19	561,01

Punto 20	533,11
Punto 21	406,94 Emín
Punto 22	549,76
Punto 23	545,00
Punto 24	550,45
Punto 25	698,91
Punto 26	719,05
Punto 27	701,95
Punto 28	617,71
Punto 29	760,03
Punto 30	698,85
Punto 31	776,36 Emáx
Punto 32	550,99
Punto 33	513,45
Punto 34	520,89
Punto 35	656,53
Punto 36	759,76
Punto 37	634,22
Punto 38	762,69
Punto 39	526,19
Punto 40	763,41
Punto 41	654,08
Punto 42	752,99
Punto 43	623,61
Punto 44	502,11
Punto 45	512,38
Punto 46	554,45
Punto 47	646,09
Punto 48	592,42
Punto 49	565,45
Punto 50	427,05
Punto 51	541,81
Punto 52	584,14
Punto 53	648,06
Punto 54	531,50
Punto 55	492,74
Punto 56	511,79
Punto 57	537,16
Punto 58	535,66
Punto 59	479,90
Punto 60	459,09
Punto 61	440,76
Punto 62	469,48
Punto 63	525,45
Punto 64	523,01
Punto 65	528,28
Punto 66	491,08
Punto 67	453,94
Punto 68	675,21
Punto 69	693,11
Punto 70	721,69
Punto 71	734,41
Punto 72	609,56
Punto 73	734,28
Punto 74	709,35
Punto 75	695,14
Punto 76	688,27
Punto 77	475,79

Tabla 3.3 Niveles de iluminación de cada punto.

Estos valores se encuentran indicados en el plano 5 del Anexo H.

7.- Otro factor importante, es la determinación de la uniformidad de la iluminación, se pueden obtener dos valores el  $U_{\min}$  y el  $U_{\text{prom}}$ . PHILIPS para estadios recomienda los siguientes valores, tanto para el  $U_{\min}$  como para el  $U_{\text{prom}}$ :

$$U_{\min} = 0,5 - 0,7$$

$$U_{\text{prom.}} = 0,7 - 0,8$$

El  $U_{\min}$  y el  $U_{\text{prom}}$  se pueden determinar utilizando las siguientes ecuaciones:

$$U_{\min} = \frac{E_{\min}}{E_{\max}} \tag{3.2}$$

$$U_{\text{prom}} = \frac{E_{\text{prom}}}{E_{\text{prom}}} \tag{3.3}$$

$E_{\min}$ ,  $E_{\max}$  y  $E_{\text{prom}}$  corresponden a los niveles de iluminación mínimo, máximo y promedio respectivamente, todos en luxes. De la tabla 3.3 se toman los valores de  $E_{\min}$  y  $E_{\max}$ , mientras que  $E_{\text{prom}}$  se obtiene utilizando la ecuación 3.4.

$$E_{\text{prom}} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \tag{3.4}$$

Siendo:

$E_i$  = Niveles de iluminación(lx) ,  $i = 1,2,3, \dots, n$

$n$  = Número de puntos

En nuestro caso particular  $n = 77$ .

$$E_{\text{prom}} = \frac{513,91 + 594,03 + 548,32 + \dots + 688,27 + 475,79}{77}$$

$$E_{\text{prom}} = \frac{44663,07}{77} = 580,04 \text{ lx.}$$

$$E_{\min} = 406,94 \text{ lx.}$$

$$E_{\text{máx}} = 776,36 \text{ lx.}$$

Entonces aplicando las ecuaciones 3.2 y 3.3, podemos obtener los valores de uniformidad promedio y uniformidad mínima por supuesto la uniformidad nos da un valor adimensional.

$$U_{\text{mín}} = \frac{E_{\text{mín}}}{E_{\text{máx}}} = \frac{406,94}{776,36} = 0,52$$

$$U_{\text{prom}} = \frac{E_{\text{mín}}}{E_{\text{prom}}} = \frac{406,94}{580,04} = 0,70$$

Los valores obtenidos están dentro de los recomendados por Philips.

De esta manera queda terminado el proyecto de diseño para iluminación de la cancha de fútbol de la EPN.

## CAPITULO IV

### 4.1 CONCLUSIONES

- Al finalizar la presente tesis puedo afirmar que se ha cumplido con el objetivo planteado al inicio de la misma. Para ello se aplicó los conocimientos teóricos que existen sobre la iluminación de locales abiertos, con aplicación a un Estadio abierto. La comprobación del nivel de uniformidad de la iluminación, es una herramienta fundamental para la obtención de un diseño óptimo y confiable.
- Con el sistema de iluminación utilizado para el diseño de alumbrado de la cancha de fútbol de la EPN se logró un nivel de uniformidad de iluminación bastante bueno y que cumple con los valores recomendados por los fabricantes.
- Los valores de los niveles de iluminación calculados en los diferentes puntos de la cancha y sus alrededores corresponden a una comprobación teórica del diseño , que es indispensable realizarlo antes de llevar a cabo la construcción. Una vez construido, la uniformidad se comprueba midiendo en los diferentes puntos el nivel de iluminación, para lo cual se utiliza un luxómetro, que no es mas que un instrumento de medida del nivel de iluminación. Estos valores pueden diferir, en un pequeño porcentaje de los teóricos debido a tolerancias en las luminarias, posición de lámparas y luminarias, propiedades reflectivas y suministro eléctrico.
- La inadecuada ubicación del cerramiento que rodea a la cancha imposibilitó colocar simétricamente las torres que tienen las luminarias. Las soluciones se establecen bajo las consideraciones de diseño recomendadas por los diseñadores y constructores.
- Los sistemas de iluminación para exteriores o lugares abiertos tienen menos información que para interiores, exceptuando los sistemas de iluminación para vías públicas en los cuales se tiene una amplia información sobre características y aspectos de diseño.

## **BIBLIOGRAFIA**

- CARRANZA CASTELLANOS, Emilio. Luminotecnia y sus Aplicaciones, Editorial Diana, México, 1981.
- RE, Vittorio. Iluminación Externa, Marcombo Boixareu Editores, Barcelona, 1979.
- LUMINOTECNIA, Principios y Aplicaciones, Josa S.A.
- RAMIREZ VAZQUEZ, José. Luminotecnia, Ediciones CEAC S.A., Barcelona.
- PHILIPS, Manual de Alumbrado, Paraninfo, España, 1998.
- OSRAM, Catálogo, Ideas para una mejor iluminación de exteriores, 1997
- OSRAM, Catálogo, todo lo que se debe conocer para planificar el alumbrado, 1995
- PHILIPS, Catálogos, de alumbrado, luminarias . lámparas, elementos auxiliares, 1998 - 1999

# **ANEXOS**

---

# **ANEXO A**

**FACTORES DE REFLEXION,  
ABSORCION Y TRANSMISION DE  
ALGUNOS MATERIALES**



Tabla A Factores de reflexión, absorción y transmisión

Material	Factor de reflexión rho $\rho$	Factor de absorción alfa $\alpha$	Factor de transmisión tao $\tau$	Observaciones
superficie pintada castaña		0,9 – 0,5	0	reflexión difusa
superficie pintada roja		0,9 – 0,65	0	reflexión difusa
superficie pintada verde	0,1 – 0,6	0,9 – 0,4	0	reflexión difusa
superficie pintada azul	0,1 – 0,5	0,95 – 0,5	0	reflexión difusa
superficie pintada gris	0,1 – 0,35	0,8 – 0,4	0	reflexión difusa
superficie pintada negra	0,04 – 0,08	0,96 – 0,92	0	reflexión semidirigida
<b>vidrios y cristales</b>				
vidrio opaco negro	0,5	0,95	0	reflexión dirigida
vidrio opaco blanco	0,75 – 0,8	0,25 – 0,2	0	reflexión difusa
vidrio transparente claro (2 a 4 mm)	0,08	0,02	0,9	transmisión muy dirigida
vidrio deslustrado al ext.(1,5 a 2 mm)	0,07 – 0,20	0,06 – 0,17	0,870	transmisión escasamente difusa
vidrio opaco negro	0,06 – 0,16	0,05 – 0,07	0,089 – 0,77	transmisión difusa
vidrio opaco negro	0,30 – 0,55	0,04 – 0,08	0,66 – 0,36	transmisión difusa
vidrio opaco negro	0,04 – 0,05	0,92 – 0,93	0,04 – 0,02	transmisión difusa
vidrio opaco negro	0,05 – 0,08	0,085 – 0,086	0,1 – 0,06	transmisión difusa
vidrio opaco negro	0,25 – 0,3	0,55 – 0,58	0,2 – 0,12	transmisión difusa
vidrio opaco negro	0,08 – 0,1	0,83 – 0,87	0,09 – 0,03	transmisión difusa
vidrio opaco negro	0,08 – 0,1	0,83 – 0,87	0,1 – 0,03	transmisión difusa
<b>otros materiales</b>				
papel blanco	0,6 – 0,8	0,3 – 0,1	0,1 – 0,2	reflexión difusa Transmisión difusa
pergamino sin colorear	0,48	0,1	0,42	reflexión difusa
pergamino amarillo	0,2 – 0,4	0,2 – 0,63	0,17 – 0,4	reflexión difusa transmisión difusa
seda blanca(tupida)	0,28 – 0,38	0,01	0,61 – 0,71	reflexión semidirigida transmisión difusa
seda de color (tupida)	0,1 – 0,2	0,44 – 0,86	0,54 – 0,13	reflexión semidirigida transmisión difusa
<b>materiales metálicos</b>				
plata pulida	0,9 – 0,95	0,1 – 0,05	0	Reflexión muy dirigida
espejo plateado	0,7 – 0,85	0,3 – 0,15	0	Reflexión muy dirigida
espejo azogado	0,8 – 0,88	0,2 – 0,12	0	Reflexión muy dirigida
aluminio pulido	0,7 – 0,9	0,3 – 0,1	0	Reflexión dirigida
aluminio mate	0,55 – 0,6	0,45 – 0,4	0	Reflexión semidirigida
Pintura de aluminio	0,6 – 0,7	0,4 – 0,3	0	Reflexión dirigida

acero pulido	0,55 – 0,65	0,45 - 0,35	0	Reflexión muy dirigida
níquel pulido	0,55	0,45	0	Reflexión muy dirigida
cromo pulido	0,6	0,4	0	Reflexión muy dirigida
hojalata nueva	0,7	0,3	0	Reflexión muy dirigida
<b>materiales de construcción</b>				
Hormigón fresco y seco	0,4 – 0,5	0,6 – 0,5	0	Reflexión difusa
enyesado fresco y seco	0,8	0,2	0	Reflexión difusa
enyesado viejo y seco	0,6 – 0,7	0,4 – 0,3	0	Reflexión difusa
Piedra caliza	0,35 – 0,65	0,65 – 0,35	0	Reflexión difusa
Mármol pulimentado e impregnado ( 2 a 10 mm espesor)	0,05 – 0,3	0,87 – 0,67	0,08 – 0,03	Reflexión semidirigida Transmisión difusa
Alabastro (11 a 13 mm espesor)	0,2 – 0,5	0,5 – 0,33	0,3 – 0,17	Reflexión semidirigida Transmisión difusa
<b>Pinturas y superficies pintadas</b>				
esmalte blanco	0,6 – 0,75	0,4 – 0,25	0	Reflexión difusa y semidirigida
Superficie pintada blanca	0,7 – 0,8	0,3 – 0,2	0	Reflexión difusa
superficie pintada amarilla	0,3 – 0,7	0,7 – 0,3	0	Reflexión difusa
superficie pintada beige	0,25 – 0,65	0,75 – 0,35	0	Reflexión difusa

# **ANEXO B**

## **LAMPARAS**

Tabla B.1 Características técnicas de las lámparas incandescentes

Potencia nominal (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficiencia luminosa (lm/W)	Longitud (mm)	Diámetro(mm)
100	1250	12,5	107	60
150	2090	14,0	128	70
200	2920	14,6	170	80
300	4610	15,3	183	90
500	8300	16,6	239	110
1000	18600	18,3	274	130
1500	29000	19,3	335	170
2000	40000	20,0	358	200

Tabla B.2 Características técnicas de las lámparas de incandescencia (lámparas proyectoras intensivas)

Tensión (v)	Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Flujo luminoso (lm)	Rendimiento (lm/w)	Rendimiento (lm/w)	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm)	Tipo de casquillo
		125 a 130 V	220 a 230 V	125 a 130 V	220 a 230 V	diámetro	longitud total	
110 a 230	150	2020	1790	13,5	12	125	175	E27
110 a 230	300	4600	4300	15,3	14,3	125	175	E27

Tabla B.3 Características técnicas de las lámparas de incandescencia (Lámparas proyectoras extensivas)

Tensión (V)	Potencia (w)	Flujo luminoso (lm)	Flujo luminoso (lm)	Rendimiento (lm/w)	Rendimiento (lm/w)	Dimensiones (mm)	Dimensiones (mm)	Tipo de casquillo
		125 a 130 V	220 a 230 V	220 a 230 V	diámetro	Longitud total		
110 a 230	60	750	600	12,5	10	90	116	B22-E27
110 a 230	100	1450	1200	14,5	12	90	116	B22-E27
110 a 230	150	2020	1790	13,5	12	125	175	E27
110 a 230	300	4600	4300	15,3	14,3	125	175	E27

Tabla B.4 Características técnicas de las lámparas de cuarzo-yodo

Potencia	w	1000	1500	2000
Tensión	V	220	220/240	220/230
Flujo luminoso	lm	20000	30000	40000
Duración media	h	2000	2000	2000
Longitud	mm	189+/-3	255	333
Diámetro	mm	189+/-3	255	333

Tabla B.5 Características de las lámparas de doble envoltura

Potencia (w)	Flujo luminoso(lm)	Rendimiento (lm/w)	Vida (h)	Longitud (mm)
500	11000	22	2000	215
1000	24000	24	2000	255
2000	54000	27	2000	295

Tabla B.6 Características técnicas de las lámparas de vapor de mercurio

Potencia nominal (w)*	Potencia consumida (w)*	Flujo luminoso (lm)	Eficiencia luminosa (lm/w)	Diámetro d (mm)	Longitud (mm)
50	30	2000	33,3	55	130
80	90	3800	42,2	70	155
125	140	6300	45,0	75	170
250	266	13700	51,5	90	226
400	425	23100	54,3	120	292
700	735	42000	57,1	150	343
1000	1045	60000	57,4	165	380
2000	2070	135000	65,2	185	420

(\*) incluidas pérdidas en la reactivancia

Tabla B.7 Características técnicas de las lámparas de luz mixta.

Tipo de lámpara	MM 160	MM 250	MM 500
Tensión de red en (V)	220/330	220/330	220/330
Tensión de encendido en (V)	190	190	190
Potencia de la lámpara en (w)	160	250	500
Potencia luminosa en (w)	3000	5000	11000
Rendimiento en (lm/w)	19	20	22
Periodo de encendido (minutos)	1	1	1
Duración útil en (h)	2000	2000	2000
Longitud total (mm)	185	240	275
Diámetro máximo en (mm)	90	110	130
Forma de la lámpara	estándar	estándar	estándar
Posición de funcionamiento	vertical +/- 30°	cualquiera	cualquiera
Casquillo	E27	E40	E40

Tabla B.8 Características técnicas de las lámparas de mercurio de color corregido.

Potencia (w)	Corriente de lámpara (A)	Tensión de la lámpara (V)	Flujo luminoso lámpara (V)	Rendimiento luminoso (lm/w)	Tiempo de encendido en (min)	Diámetro d (mm)	Longitud (mm) Casquillo E27	Longitud (mm) casquillo E40
50	0,62	95	1900	38	5	55	130	-
80	0,80	115	3600	45	3,5	70	157	-
125	1,15	125	6250	50	1,5	75	177	186
250	2,05	135	13500	54	4	90	-	227
400	3,15	140	23000	57,5	4	120	-	290
700	5,25	140	42500	60,7	4	140	-	330
1000	7,50	145	57000	57,0	4	165	-	410

Tabla B.9 Características de las lámparas de mercurio de yoduros metálicos.

Tipo de ampolla	Potencia nominal (w)	Potencia absorbida (w)	Flujo luminoso (lm)	Eficiencia luminosa (lm/w)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)
cilíndrico claro	250	275	20000	72	38	220
	360	385	28000	73	46	285
	2000**	2100	19000	90	100	430
	3500*	3650	35000	95	100	499
elipsoidal fluorescente	250	275	18000	65	90	226
	7360	385	26000	68	120	292

(\*) Incluidas pérdidas en reactancia

(\*\*) Funciona a 380 V

Tabla B.10 Características de las lámparas de vapor de sodio con óxido de indio.

Potencia (w)	Tensión de arranque (V)	Corriente de la lámpara (A)	Tensión de la lámpara (V)	Flujo luminoso (lm)	Tiempo de arranque (min)	Rendimiento (lm/w)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
35	400	0,6	75	4650	5	132,8	304	51
55	420	0,6	115	7700	6	140,0	420	51
90	420	0,9	125	12500	10	138,8	522	64,5
135	600	0,9	185	21500	10	159,2	769	64,5
180	600	0,9	265	32000	12	177,7	1110	64,5

### Características técnicas de las lámparas tubular de sodio

Tipo	Na 220w
Tensión de servicio (V)	380 alterna
	1,5
	220
	26000
Rendimiento luminoso	{ sin reactancia lm/w
	{ con reactancia lm/w
Condensador compensado a 380 uF.	9
Diámetro (valor medio) mm	40
Longitud (tamaño máximo) mm	1200
Casquillo	análogo al fluorescente de 40 w

Tabla B.11 Características técnicas de las lámparas de sodio con oxido de estaño.

Tipo de lámpara	SOX 40W	SOX 60W	SOX 100W	SOX 150W	SOX 200W
Tensión de la red (V)	220/380	220/380	220/380	220/380	220/380
Tensión de encendido a 5°C (V)	220/380	410	420	575	575
Tensión de la lámpara (V)	75	115	125	185	265
Corriente de la lámpara (A)	0,605	0,695	0,995	0,940	0,9
Potencia de la lámpara (W)	40	60	100	150	200
Potencia del balasto (W)	19	19	21	21	29
Potencia total (W)	59	79	121	179	229
Potencia luminosa (lm)	4400	7400	12500	20500	30000
Rendimiento total (lm/W)	74	94	103	114	131
Brillo (cd/cm <sup>2</sup> )	10	10	10	10	10
Periodo de encendido (min)	5	6	10	10	12
Duración útil (h)	8000	8000	8000	7500	7500
Longitud total (mm)	304	417	518	765	1110
Diámetro (mm)	51	51	64,5	64,5	64,5
Forma de la lámpara	tubular	tubular	tubular	tubular	tubular
Posición de funcionamiento	vertical +/-110	vertical +/-110	horizontal +/-20	horizontal +/-20	horizontal +/-20
Casquillo	B22	B22	B22	B22	B22

Tabla B.12 Características técnicas de las lámparas de vapor de sodio con capa de oxido de indio, Mazda.

Tipo de lámpara	SIO 35	SIO 55	SIO 90	SIO 135	SIO 180
Tensión de red (V)	220	220	220	220	220
Potencia de la lámpara (W)	35	55	135	135	180
Potencia del balasto (W)	19	19	21	21	29
Potencia total (W)	54	74	111	146	209
Potencia luminosa (lm)	4400	7400	12500	20500	31000
Rendimiento total (lm/W)	81	100	113	140	148
Longitud total (mm)	311	424	525	775	1120
Diámetro (mm)	53	53	66	66	66
Forma de la lámpara	tubular	tubular	tubular	tubular	tubular
Casquillo	B22	B22	B22	B22	B22

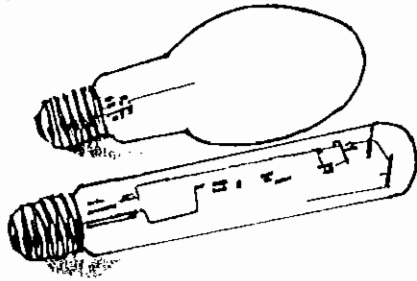
Tabla B.13 Características eléctricas de las lámparas de vapor de sodio alta presión.

Tipo de ampolla	Potencia nominal (W)	Potencia absorbida (W)	Flujo luminoso (lm)	Eficiencia luminosa (lm/W)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
cilíndrica clara	150	170	14500	85,0	221	46
	250	275	25500	92,7	257	46
	400	450	50000	111,1	285	46
	1000	1090	130000	119,2	373	65
elipsoidal difusora	150	170	14000	82,5	226	90
	250	275	25000	90,9	226	90
	400	450	47000	104,4	292	120
	1000	1090	12000	110,0	400	165

(\*) incluidas pérdidas en la reactancia.

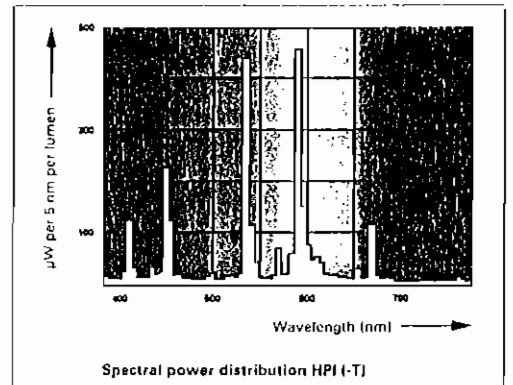


Lámpara HPI(-T)

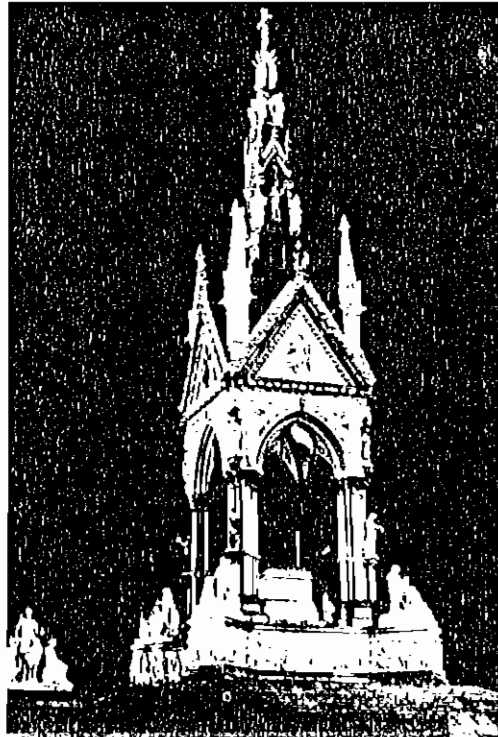


*HPI(-) lamps  
Castellón and  
San Fabián  
respons a. al. d. e.*

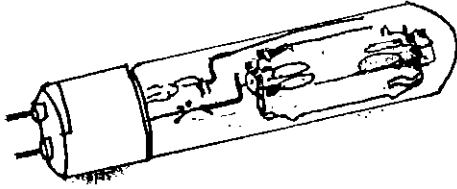
Distribución espectral de potencia.



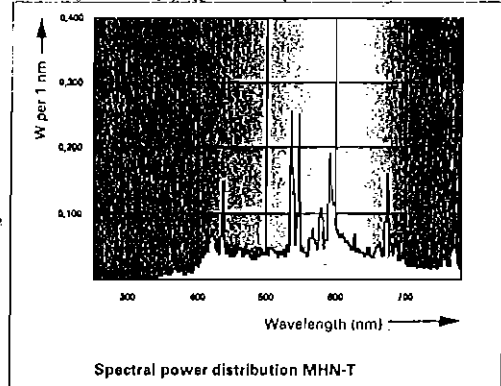
Iluminación de un monumento.



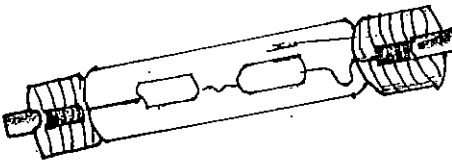
Lámparas MHN-T.



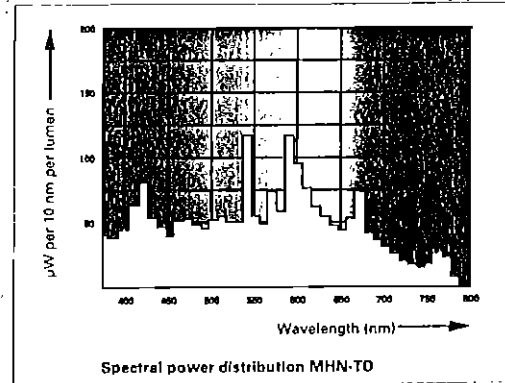
Distribución espectral de potencia.



Lámpara MHN (W) -TD.

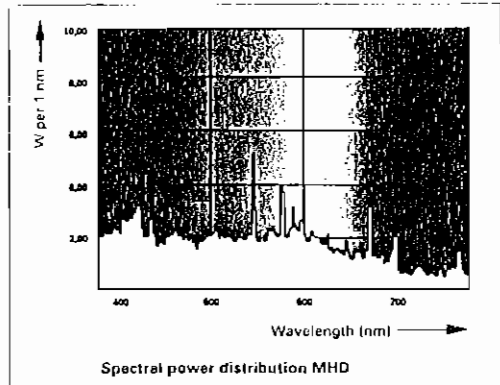
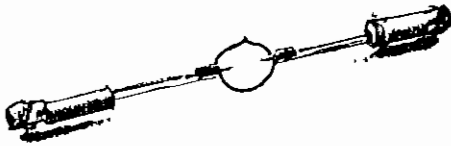


Distribución espectral.

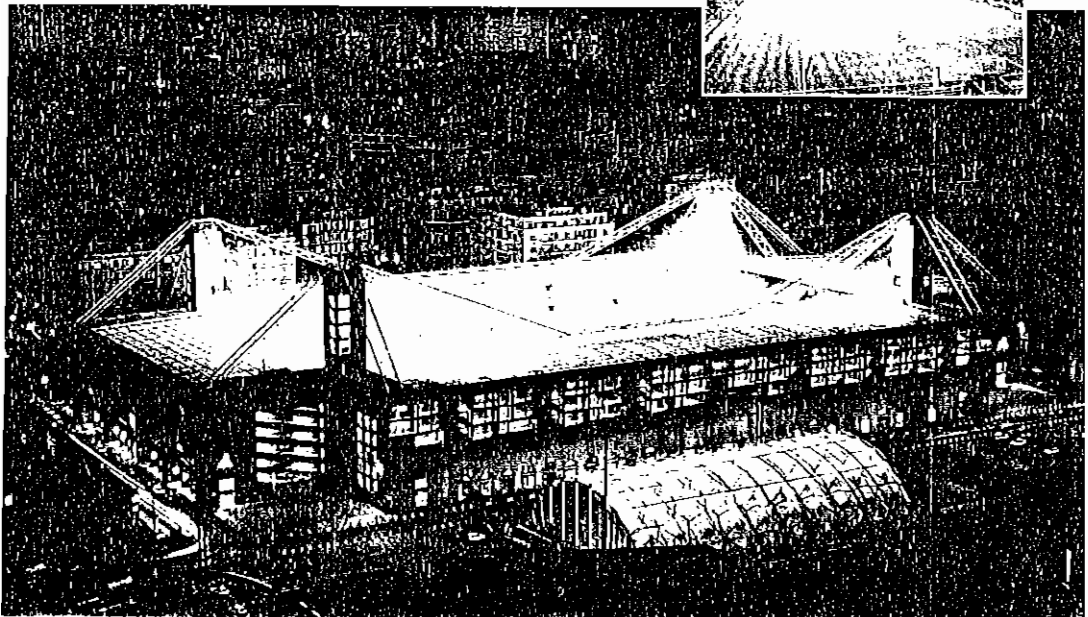


Distribución espectral de las lámpara  
MHD

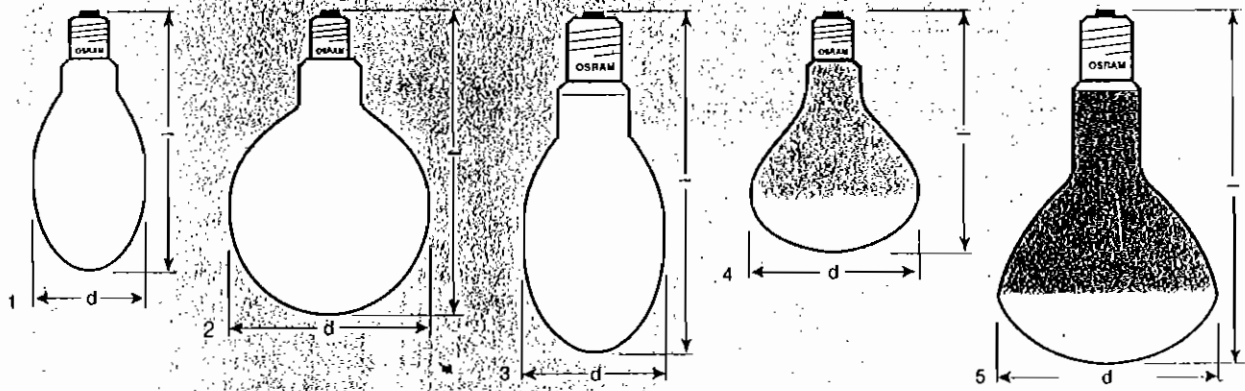
Lámpara MHD.



Iluminación de un estadio



**HQL® SUPER DE LUXE**  
**HQL® DE LUXE**  
**HQL® STANDARD**  
**Mercury lamps**



**HQL® SUPER DE LUXE**

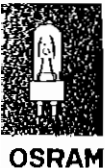
Decorative lamps with a golden brown filter coating for indoor and outdoor lighting. Light colour similar to that of an incandescent lamp (3000 K). Applications include pedestrian precincts, gardens, parks, foyers, shopping arcades and public areas

Elliptical, coated

Lamp reference	Rated lamp wattage W	Luminous flux lm	Diameter avg. d mm	Length max. l mm	Fig. No.	Base	Standard pack* pcs.	EAN 40 50300
HQL 50 SUPER DE LUXE	50	1600	55	130	1	E 27	40	015217
HQL 80 SUPER DE LUXE	80	3400	70	156	1	E 27	40	015224
HQL 125 SUPER DE LUXE	125	5700	75	170	1	E 27	40	018515

Because of their large bulbs, these lamps are virtually glare-free and splash-proof. Outdoor applications include pedestrian precincts, parades, parks, gardens, paths and pilot lighting.

Particularly suitable for indoor lighting in luminaires with one or more lamps (e.g. in foyers, public areas and for other decorative lighting installations which require long burning periods).



Spherical, coated

HQL B 50 SUPER DE LUXE	50	1600	126	190	2	E 27	6	015194
HQL B 80 SUPER DE LUXE	80	3000	126	190	2	E 27	6	015200

**HQL® DE LUXE**

HQL® DE LUXE lamps have a warmer light colour and emit more light than HQL® STANDARD lamps, which makes them more versatile for indoor and outdoor lighting.

Elliptical

HQL 50 DE LUXE	50	2000	55	130	1	E 27	40	015132
HQL 80 DE LUXE	80	4000	70	156	1	E 27	40	015149
HQL 125 DE LUXE	125	6500	75	170	1	E 27	40	015156
HQL 250 DE LUXE	250	14000	90	226	3	E 40	12	015163
HQL 400 DE LUXE	400	24000	120	290	3	E 40	12	015170

Mushroom-shaped reflector

HQL R 80 DE LUXE	80	3000 <sup>1)</sup>	125	168	4	E 27	6	003290
HQL R 125 DE LUXE	125	5000 <sup>1)</sup>	125	168	4	E 27	6	015187

**HQL® STANDARD**

High-pressure mercury lamps with yttrium vanadate phosphor, suitable for all traffic and factory lighting applications.

Elliptical

HQL 50	50	1800	55	130	1	E 27	40	015040
HQL 80	80	3800	70	156	1	E 27	40	012360
HQL 125	125	6300	75	170	1	E 27 <sup>2)</sup>	40	012377
HQL 250 <sup>d</sup>	250	13000	90	226	3	E 40	12	015064
HQL 400 <sup>f</sup>	400	22000	120	290	3	E 40	12	015071
HQL 700	700	38500	140	330	3	E 40	6	015088
HQL 1000	1000	58000	165	390	3	E 40	6	015095

Mushroom-shaped reflector

HQL R 250	250	11500 <sup>1)</sup>	165	260	5	E 40	6	015101
HQL R 400	400	20500 <sup>1)</sup>	180	300	5	E 40	6	015118

1) See "Luminous intensity distributions" on page 5.23

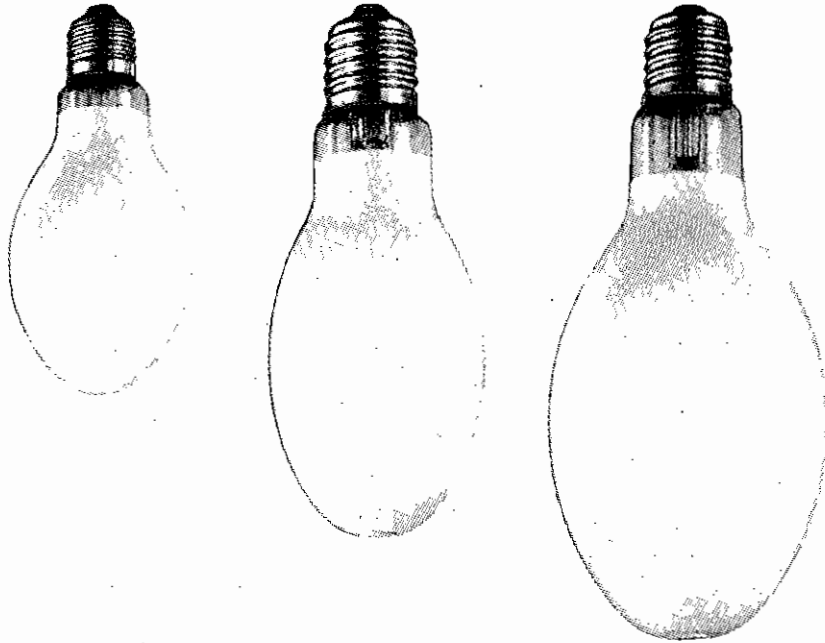
2) Also available with base E 40, length 183 mm

See "Applications" on page 5.16. See further "Technical data" on page 5.17

\* To ensure that your order reaches you quickly, please order standard pack quantities

# Philips Iluminación

**LÁMPARAS DE DESCARGA  
DE MERCURIO. HPL-N**



## DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS *HPL-N* DE VAPOR DE MERCURIO A ALTA PRESIÓN ESTÁN COMPUESTAS POR UN TUBO DE DESCARGA DE CUARZO RESISTENTE A ALTAS PRESIONES Y TEMPERATURAS, SITUADO EN EL INTERIOR DE UNA AMPOLLETA CON RECUBRIMIENTO INTERIOR. ES UN FUENTE DE LUZ DE USO UNIVERSAL.

PARA SU FUNCIONAMIENTO ESTE TIPO DE LÁMPARAS REQUIEREN DE UN BALASTO DE ACUERDO A LA POTENCIA DE LA LÁMPARA.

LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN SON:

- EL BULBO OVOIDE EXTERIOR ESTA RECUBIERTO INTERIORMENTE CON UNA CAPA DE VANADATO DE ITRIO, LA CUAL CONVIERTE LAS RADIACIONES ULTRAVIOLETA EN LUZ VISIBLE, Y REFUERZA LA PARTE ROJA DEL ESPECTRO OBTENIÉNDOSE ASÍ UNA BUENA CALIDAD DE COLOR.
- LAS LÁMPARAS ESTÁN DISEÑADAS CON UNO O DOS ELECTRODOS AUXILIARES, LOS CUALES EN CONJUNTO CON LOS DOS PRINCIPALES ASEGURAN UN RÁPIDO Y SEGURO ENCENDIDO.
- EL TUBO DE DESCARGA DE CUARZO, CONTIENE UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE MERCURIO Y UN GAS PARA FACILITAR EL ENCENDIDO.
- COMO EL MERCURIO TIENE QUE EVAPORARSE, LA LÁMPARA NECESITA UNOS MINUTOS ANTES DE EMITIR SU FLUJO TOTAL.

## APLICACIONES

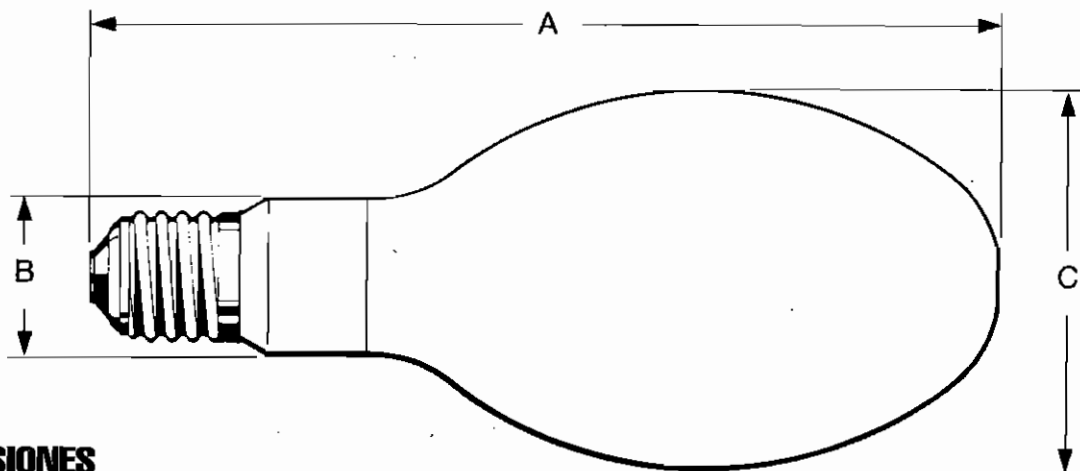
- ILUMINACIÓN PÚBLICA.
- GALPONES INDUSTRIALES.
- FÁBRICAS.
- ESTACIONES DE FERROCARRIL.
- ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO.
- SUPERMERCADOS.
- ETC.

Philips Lighting



# PHILIPS

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE MERCURIO DE ALTA PRESIÓN



### DIMENSIONES

LÁMPARA TIPO	A MÁX.	B MÁX.	C MÁX.
HPL-N 125 W	177	43	77
HPL-N 175 W	220	53	92
HPL-N 250 W	227	53	92
HPL-N 400 W	282	58	122

### DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS

(SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO)

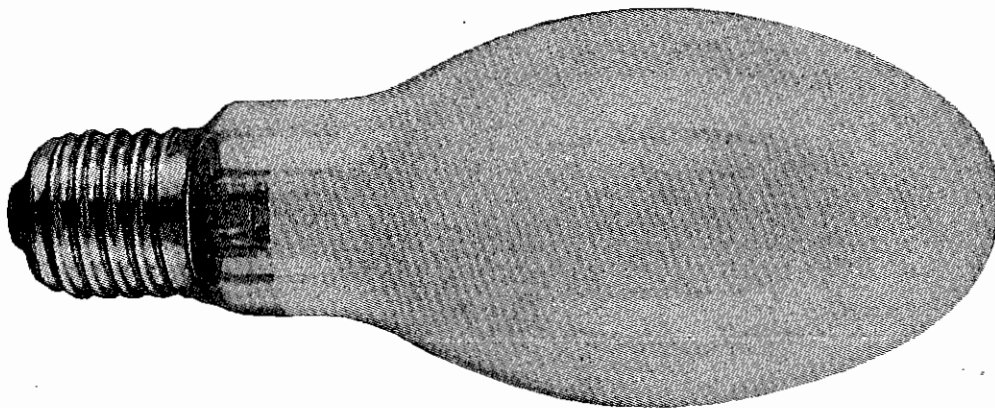
POSICIÓN DE OPERACIÓN \_\_\_\_\_ UNIVERSAL.  
 TIEMPO DE ENCENDIDO \_\_\_\_\_ 2 MIN.  
 (00% DE INTENSIDAD)  
 TIEMPO DE RE-ENCENDIDO \_\_\_\_\_ 3-10 MIN.  
 FACTOR DE CRESTA \_\_\_\_\_ 2.0

INDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR \_\_\_\_\_ 50.  
 TEMPERATURA DE CDLR \_\_\_\_\_ 4.000° K.  
 MÁXIMA TEMPERATURA DEL RULBO \_\_\_\_\_ 350° C  
 MÁXIMA TEMPERATURA DE LA BASE \_\_\_\_\_ 210° C  
 ACABADO DEL RULBO \_\_\_\_\_ BLANCO DE LOJO.

CÓDIGO	POTENCIA LÁMPARA (W)	VOLTAJE LÁMPARA (V)	FLUJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (LM/W)	BALASTO	BASE	VIDA ÚTIL (HORAS)
HPL-N125W	125	125	6.200	50	BHL125W	E-27	18.000
HPL-N175W	175	130	8.500	50	BHL175W	E-38/41	24.000
HPL-N250W	250	135	13.000	52	BHL250W	E-40	24.000
HPL-N400W	400	140	22.500	56	BHL400W	E-40	24.000

# Philips Iluminación

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE LUZ MIXTA



### DESCRIPCIÓN

LÁMPARAS DE LUZ MIXTA SE UTILIZAN TANTO EN INTERIOR COMO EN EXTERIOR, NO NECESITAN BALASTO. ELAS COMBINAN LA ALTA EFICIENCIA LUMINOSA DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO DE ALTA PRESIÓN CON LAS PROPIEDADES CROMÁTICAS DE LAS LÁMPARAS INCANDESCENTES.

- DISPONEN DE UN TUBO DE DESCARGA DE CUARZO, EN CUYO INTERIOR HAY MERCURIO, CONECTADO EN SERIE CON UN FILAMENTO DE TUNGSTENO, ESTOS DOS COMPONENTES SE ALOJAN EN LA AMPOLLA DE VIDRIO, INTERIORMENTE RECUBIERTA DE VANADATO DE ITRIO.
- EN ÉSTAS LÁMPARAS LA FUNCIÓN DEL FILAMENTO ES DOBLE; ACTÚA COMO UNA FUENTE DE LUZ DE INCANDESCENCIA, CON SU CARACTERÍSTICA LUZ CÁLIDA Y SIRVE COMO UN SISTEMA LIMITADOR DE CORRIENTE, POR LO QUE REEMPLAZA AL BALASTO.
- ÉSTAS LÁMPARAS PUEDEN SER INSTALADAS EN LUMINARIAS DISEÑADAS PARA LÁMPARAS INCANDESCENTES Y POR ELLO SON LAS IDEALES PARA MODERNIZAR LAS INSTALACIONES EXISTENTES DE INCANDESCENCIA. DEBIDO A SU LARGA VIDA, LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO PUEDEN SER REDUCIDOS, CON LA VENTAJA DE SU MAYOR EFICIENCIA LUMINOSA.

### APLICACIONES

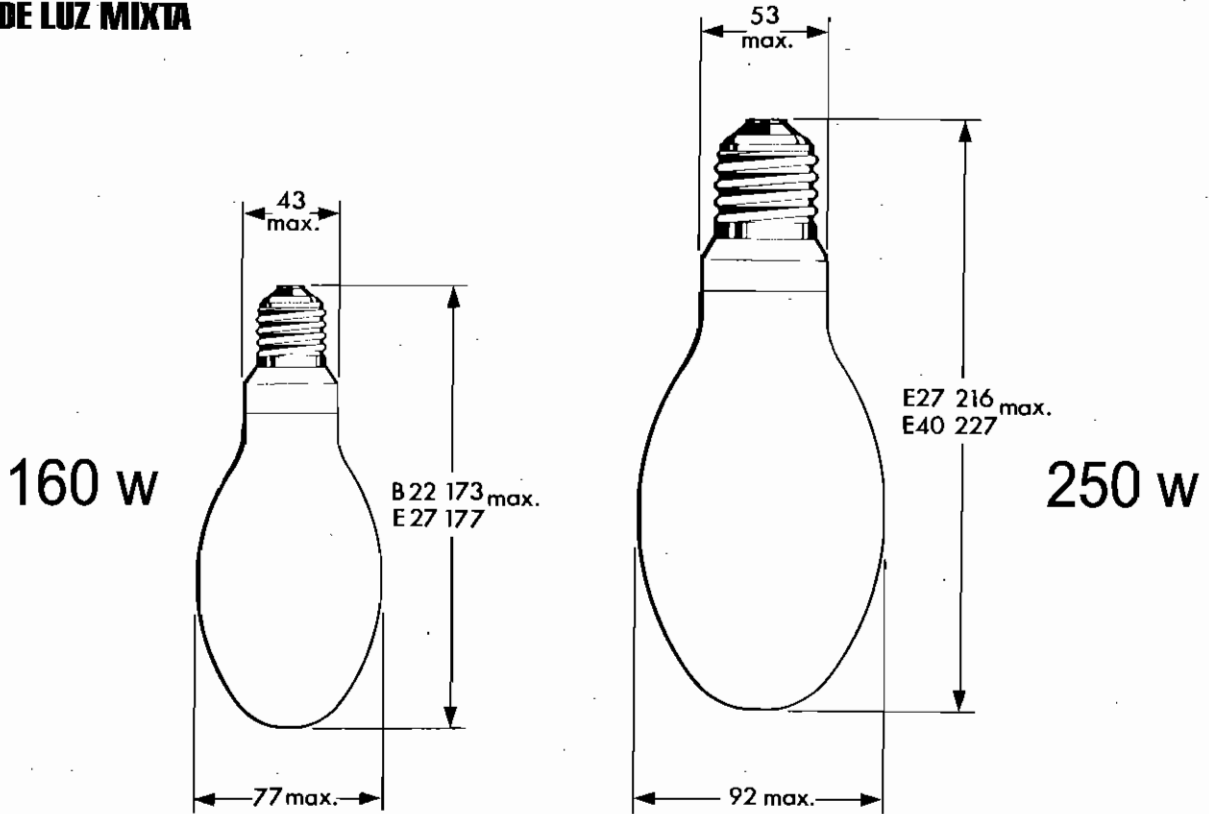
- CALLES.
- PLAZAS.
- ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO.
- GASOLINERAS.
- FÁBRICAS.
- GARAJES Y APLICACIONES SIMILARES.

Philips Lighting



# PHILIPS

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE LUZ MIXTA



### DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO)

POSICIÓN DE OPERACIÓN VERTICAL.  
 TIEMPO DE ENCENDIDO 0.5 MIN.  
 (80% DE INTENSIDAD)  
 ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR 72.

TEMPERATURA DE COLOR 3.500° K.  
 ACABADO DEL BULBO ULANCO DE LUJO.  
 VIDA ÚTIL 10.000 HORAS.

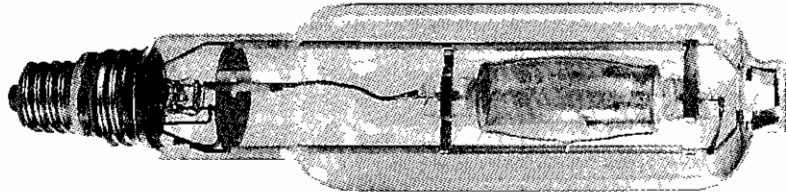
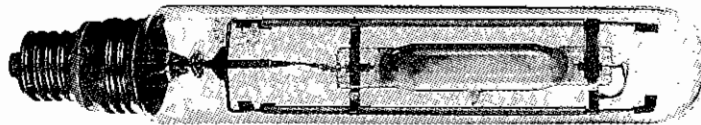
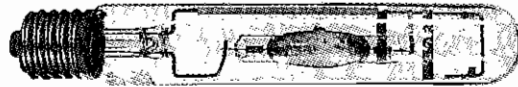
CÓDIGO	POTENCIA LÁMPARA (W)	VOLTAJE LÁMPARA (V)	FLUJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (LM/W)	BALASTO	BASE	LONGITUD MÁXIMA (MM)	VIDA ÚTIL (HORAS)
NLI-160W	160	220	3.500	19	-----	E-27	177	10.000
NLI-250W	250	220	5.500	22	-----	E-40	227	10.000





# Philips Iluminación

**LÁMPARAS DE DESCARGA  
DE MERCURIO HALOGENADO**



## DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS DE DESCARGA DE HALUROS METÁLICOS PARA SU USO EN INTERIOR Y EN EXTERIOR, TIENEN ADITIVOS DE YODRROS DE ITRIO, TALIO Y SODIO, JUNTO AL MERCURIO, EN EL TUBO DE DESCARGA.

BÁSICAMENTE LAS LÁMPARAS RPI-T, FUNCIONAN CON EL MISMO PRINCIPIO DE TODAS LAS LÁMPARAS DE DESCARGA.

CON EL FIN DE CONSEGUIR UNA FUENTE DE LUZ CON UN EXCELENTE RENDIMIENTO DE COLOR, COMBINA CON UNA ALTA EFICIENCIA, EL TUBO DE DESCARGA CONTIENE VARIOS COMPONENTES HALÓGENOS, LOS CUALES PRODUCEN EL EFECTO DE INCREMENTAR LA INTENSIDAD EN LAS TRES BANDAS ESPECTRALES CORRESPONDIENTE A LOS AZULES, VERDES Y AMARILLO-ROJO.

CONSECUENTEMENTE, LA APARIENCIA Y EL RENDIMIENTO DE COLOR SE MEJORA Y LA EFICACIA LUMINOSA SE INCREMENTA CONSIDERABLEMENTE.

EL ESPECTRO DE LAS LÁMPARAS CON HALUROS METÁLICOS CUMPLE CON LOS REQUERIMIENTOS PARA FILMAR O TELEVISAR EN COLOR.

## APLICACIONES

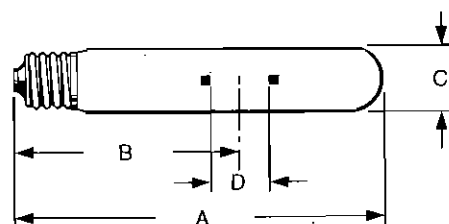
- ILUMINACIÓN PARA TV A COLOR.
- CAMPOS DEPORTIVOS.
- ILUMINACIÓN DE FACHADAS.
- ILUMINACIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL.
- ÁREAS EXTERIORES EN GENERAL.

Philips Lighting

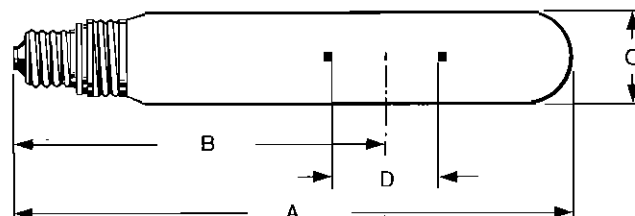


# PHILIPS

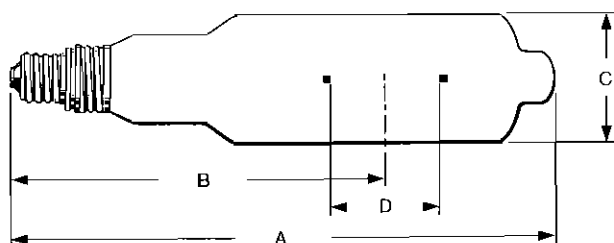
## LÁMPARAS DE DESCARGA DE MERCURIO HALOGENADO



HPI-T 250 W base E40/45  
 HPI-T 400 W base E40/45



HPI-T 1000 W base E40/45



HPI-T 2000 W/220 V base E40/80 x 50  
 HPI-T 2000 W/380 V base E40/80 x 50

### DIMENSIONES (MM).

LÁMPARA TIPO	A MÁX.	B NÓM.	C MÁX.	D NÓM.
HPI-T 250 W	257	158	47	30
HPI-T 400 W	283	175	47	41
HPI-T 1000 W	382	240	67	80
HPI-T 2000 W	430	280	102	85

### DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO)

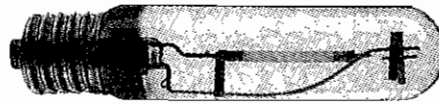
POSICIÓN DE OPERACIÓN HORIZONTAL ± 20°.  
 TIEMPO DE ENCENDIDO 1D MIN.  
 (80% DE INTENSIDAD)  
 INDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR 80.

TEMPERATURA DE COLOR 4.600° K.  
 ACABADO DEL BULBO CLARO.  
 VIDA ÚTIL 24.000 HORAS.  
 FACTOR DE CRESTA 1.7

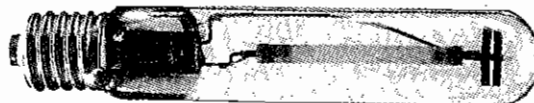
CÓDIGO	POTENCIA LÁMPARA (W)	VOLTAJE LÁMPARA (V)	FLUJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (LM/W)	BALASTO	BASE	PULSO VOLTAJE (V)	VIDA ÚTIL (HORAS)
HPI-1250WV	250	125	17.500	70	BHL250	E-40	5.000	24.000
HPI-7400WV	400	125	31.500	78	BHL400	E-40	5.000	24.000
HPI-11.000WV	1.000	150	81.000	84	BHL1.000	E-40	5.000	24.000
HPI-12.000WV	2.000	150	189.000	97	BHL2.000	E-40	5.000	24.000

# Philips Iluminación

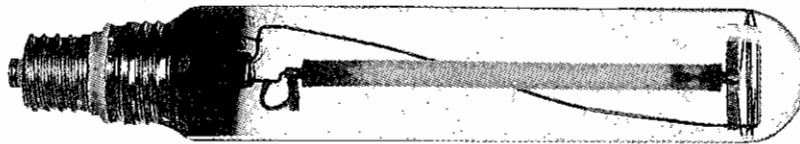
## LÁMPARAS DE DESCARGA SODIO TUBULAR. SON-T



100 W



250 W



1000 W

### DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS SON-T DE VAPOU DE SODIO A ALTA PRESIÓN TIENEN FORMA TUBULAR Y ESTÁN INDICADAS PARA USO EN INTERIORES Y EXTERIORES.

TIENEN UN TUBO DE DESCARGA DE ÓXIDO DE ALUMINIO SINTETIZADO. ESTE TUBO ESTÁ ALOJADO EN UNA AMPOLLA DE VIDRIO ODUO, TRANSPARENTE, EN CUYO INTERIOR SE HA PRACTICADO EL VACÍO.

- UNA CARACTERÍSTICA DE ESTA LÁMPARA ES SU POSICIÓN UNIVERSAL DE FUNCIONAMIENTO. ESTO SE HA LOGRADO POR MEDIO DE UN MÉTODO ESPECIAL DE SELLADO DEL TUBO DE DESCARGA Y DE LA POSICIÓN DE LOS ELECTRODOS.
- DEVIDO A LA ALTA PRESIÓN DEL SODIO, LA LÁMPARA TIENE ALTA EFICACIA LUMINOSA Y BUEN RENDIMIENTO DE COLOR.
- LA AMPOLLA TUBULAR CLARA, HACE QUE ÉSTA FUENTE DE LUZ SEA MUY ADECUADA PARA UTILIZARSE EN SISTEMAS QUE REQUIEREN UN BUEN CONTROL ÓPTICO.

### APLICACIONES

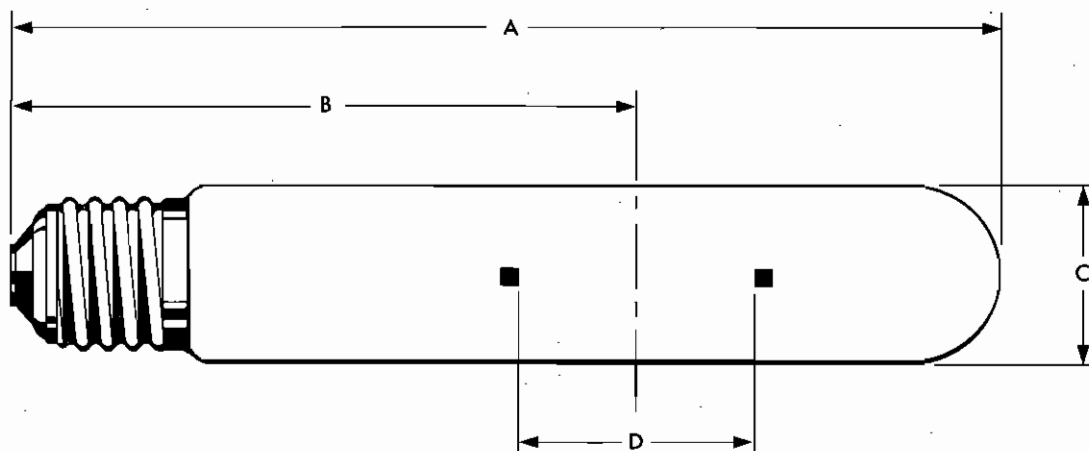
- ILUMINACIÓN PARA TV COLOR.
- CAMPOS DEPORTIVOS.
- ILUMINACIÓN DE FACHADAS.
- ILUMINACIÓN COMERCIAL E INDUSTRIAL.
- ÁREAS EXTERIORES EN GENERAL.

Philips Lighting



# PHILIPS

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE SODIO TUBULAR



### DIMENSIONES

LÁMPARA TIPO	A MÁX.	B NOM.	C MÁX.	D NOM.
SON-T 70	158	105	38	35
SON-T 150	211	132	48	58
SON-T 250	257	158	48	65
SON-T 400	283	175	48	65
SON-T 1000	390	240	67	148

### DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS.

(SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO)

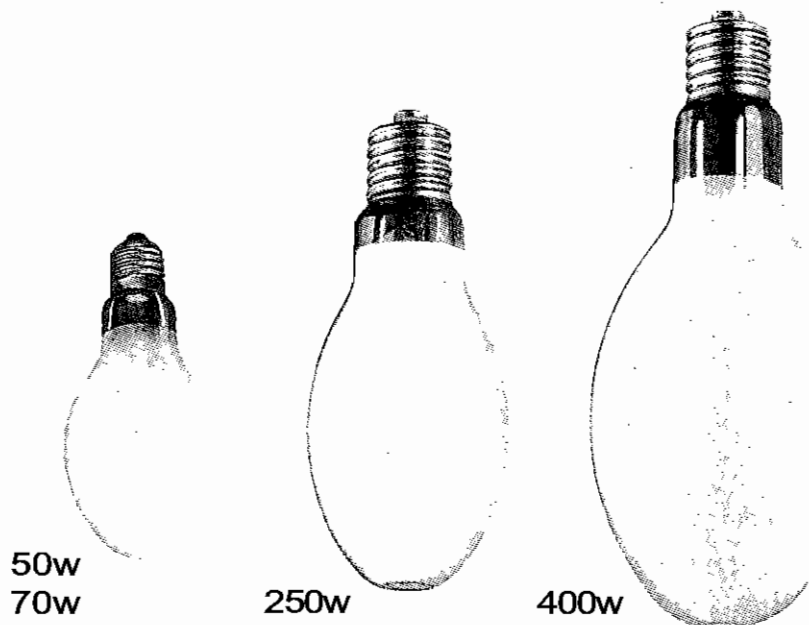
POSICIÓN DE OPERACIÓN VERTICAL.  
 TIEMPO DE ENCENDIDO 2 MIN.  
 (80% DE INTENSIDAD)  
 INDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR 20

TEMPERATURA DE COLOR 1.900° K.  
 ACABADO DEL SUIZO CLARO.  
 VIDA ÚTIL 24.000 HORAS.

CÓDIGO	POTENCIA LÁMPARA (W)	VOLTAJE LÁMPARA (V)	FLUJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (LM/W)	BALASTO	BASE	PULSO VOLTAJE (V)	VIDA ÚTIL (HORAS)
SON-T70W	70	90	8.000	90	BSN70	E-27	2.300	24.000
SON-T150W	150	100	14.500	97	BSN150	E-40	5.000	24.000
SON-T250W	250	100	27.500	110	BSN250	E-40	5.000	24.000
SON-T400W	400	100	48.000	120	BSN400	E-40	5.000	24.000
SON-T1.000W	1.000	100	129.000	129	BSN1.000	E-48	5.000	24.000

# Philips Iluminación

**LÁMPARAS DE DESCARGA  
DE SODIO ALTA PRESIÓN. SON**



## DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS *SON* DE VAPOR DE SODIO A ALTA PRESIÓN TIENEN FORMA OVOIDE Y ESTÁN COMPUESTAS POR UN TUBO DE DESCARGA DE ÓXIDO DE ALUMINIO SINTETIZADO. ESTE TUBO ESTÁ ALOJADO EN UNA AMPOLLA DE VIDRIO DROO, EN CUYO INTERIOR SE HA PRACTICADO EL VACÍO. EL INTERIOR DEL BULBO EXTERIOR ESTÁ RECUBIERTO DE UNA CAPA DE POLVO DIFUSOR.

ESTAS LÁMPARAS TIENEN LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

- POSICIÓN UNIVERSAL DE FUNCIONAMIENTO QUE SE HA LOGRADO POR MEDIO DE UN MÉTODO ESPECIAL DE CIERRE DEL TUBO DE DESCARGA Y DE LA POSICIÓN DE LOS ELECTRODOS.
- DEBIDO A LA ALTA PRESIÓN DEL SODIO, ESTA LÁMPARA TIENE ALTA EFICIENCIA LUMINOSA Y BUEN RENDIMIENTO DE COLOR.
- LA SUPERFICIE INTERIOR DE LA AMPOLLA, ESTA RECUBIERTA ELECTROSTÁTICAMENTE CON UNA CAPA UNIFORME DE PIROFOSFATO DE CALCIO.
- LA GEOMETRÍA DE LA LÁMPARA HACE DE ÉSTA, UNA FUENTE IDEAL PARA USO EFICIENTE Y CONFIABLE EN LOS MISMOS SISTEMAS ÓPTICOS, EMPLEADOS PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.
- EN 70 VATIOS EXISTEN DOS VERSIONES DE LÁMPARAS:  
*SON 70W/E27* CON IGNITOR INCORPORADO.  
*SON 70W/E27* PARA IGNITOR EXTERNO.

## APLICACIONES

- ILUMINACIÓN PÚBLICA.
- ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO.
- AEROPUERTOS.
- ILUMINACIÓN INDUSTRIAL.
- ILUMINACIÓN DEPORTIVA.
- IRRADIACIÓN DE PLANTAS.

Philips Lighting

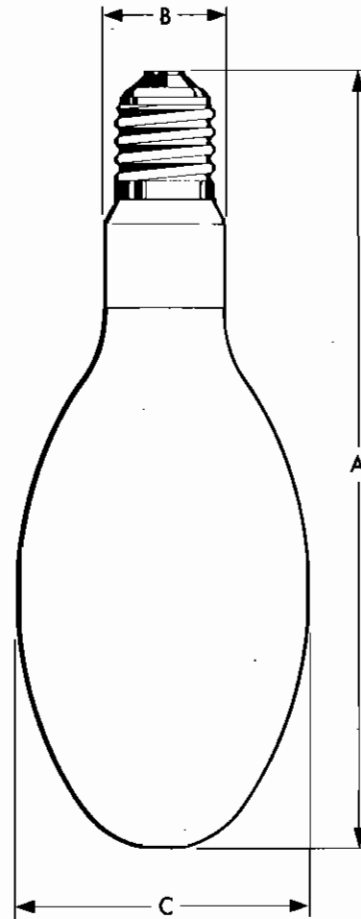


# PHILIPS

## LÁMPARAS DE DESCARGA DE SODIO DE ALTA PRESIÓN

### DIMENSIONES

LÁMPARA TIPO	A MÁX.	B MÁX.	C MÁX.
SON 70 W	158	35	72
SON 150 W	227	53	92
SON 250 W	227	53	92
SON 400 W	292	58	122



### DATOS ELÉCTRICOS Y TÉCNICOS. (SUJETOS A CAMBIOS SIN PREVIO AVISO)

POSICIÓN DE OPERACIÓN	UNIVERSAL.
TIEMPO DE ENCENDIDO (80% DE INTENSIDAD)	3-4 MIN.
TIEMPO DE RE-ENCENDIDO	1 MIN.
FACTOR DE CRESTA	1.8
INDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR	20
TEMPERATURA DE COLORES	1.900° K.
MÁXIMA TEMPERATURA DEL BULBO	400° C
MÁXIMA TEMPERATURA DE LA BASE	210° C
ACABADO DEL BULBO	BLANCO DE LUJO.
VIDA ÚTIL	24.000 HORAS

CÓDIGO	POTENCIA LÁMPARA (W)	VOLTAJE LÁMPARA (V)	FLUJO LUMINOSO (LM)	EFICIENCIA (LM/W)	BALASTO	BASE	PULSO VOLTAJE (V)	VIDA ÚTIL (HORAS)
SON 70W1	70	90	5.600	80	BSN70W	E-27	2.200	20.000
SON 70W	70	90	5.600	80	BSN70W	E-27	2.200	20.000
SON 150W	150	100	14.500	97	BSN150W	E-40	5.000	24.000
SON 250W	250	100	26.500	106	BSN250W	E-40	5.000	24.000
SON 400W	400	105	48.000	122	BSN400W	E-40	5.000	24.000

# **ANEXO D**

## **LUMINARIAS ACTUALES**

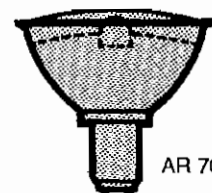
# HALOGENOS

La aplicación de la tecnología del ciclo halógeno a las lámparas incandescentes, ha permitido crear fuentes de luz de gran rendimiento luminoso y larga vida útil.

Por su luz intensa y brillante, resultan muy efectivas como fuentes principales, lográndose también decorativos efectos usadas como complemento de la iluminación general.



HALO STAR®  
BI PIN 12V.

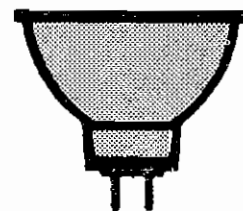


AR 70

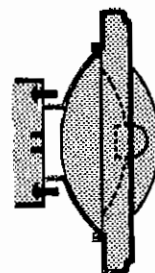


AR 48

HALO SPOT®



DECO STAR®  
35 mm/51 mm  
12 V.  
Halógeno frío  
con reflector  
dicroico



HALO SPOT®  
AR111



HALO LUX®  
Casquillo E-27  
120V.



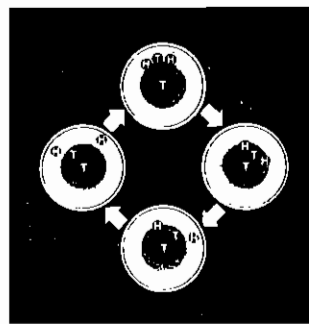
HALO LINE®  
Filamento 120 V.  
220 V.



# Funcionamiento de las lámparas incandescentes halógenas.

A diferencia de las incandescentes comunes a las que se les produce un ennegrecimiento paulatino del bulbo por las partículas de tungsteno desprendidas del filamento, las halógenas mantienen su flujo luminoso intacto hasta alcanzar el fin de su vida útil. Esto es así porque el

ciclo halógeno que se produce en el interior de estas lámparas, hace reciclar los átomos de tungsteno nuevamente hacia el filamento, impidiendo que se depositen en las paredes internas del bulbo, manteniendo así la ampolla perfectamente transparente siempre.

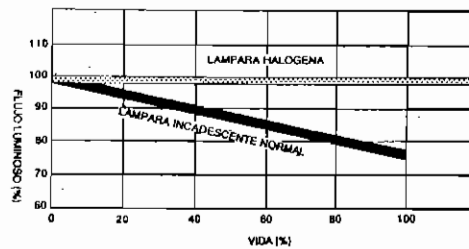
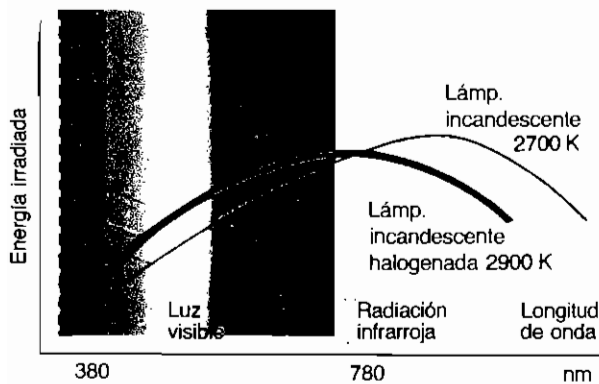


## Ciclo halógeno

Halógenos son aquellos elementos químicos que pueden formar sales con los metales.

En las lámparas halogenadas, además del gas de llenado, se les introduce una cierta cantidad de yodo que, a los 250°C aproximadamente (temperatura de la ampolla interior de la lámpara) se combina con el tungsteno en estado gaseoso formando yoduro de tungsteno.

A los 1400°C que es la temperatura del filamento, se disocia, depositándose el tungsteno nuevamente en el filamento y quedando el yodo libre para recomenzar el ciclo. Este ciclo halógeno se llama también "regenerativo" ya que toda partícula de tungsteno desprendida del filamento, vuelve a éste regenerándolo, con lo que se obtiene una duplicación de la vida útil de la lámpara.



## Ventajas de las lámparas halógenas.

- El flujo luminoso permanece constante durante toda la vida útil de la lámpara pues no se produce ennegrecimiento del bulbo, quedando éste siempre limpio.
- Por las mismas razones del punto anterior, se mantiene constante la temperatura de color de la luz emitida.
- Debido a que existe una mayor presión de llenado de gas halógeno, aumenta el rendimiento lumínico entre 14 lm/Watt a 22 lm/Watt. (En las incandescentes comunes es de 12 lm/W).

- Al ser más elevada la temperatura de trabajo del filamento, el espectro radiante se desplaza hacia la zona de máxima sensibilidad del ojo humano (2900 K en las halógenas / 2700 K en las incandescentes comunes); es decir, la luz se vuelve más "blanca".
- Debido al ciclo halógeno, la vida útil de las lámparas se eleva al doble de la de las incandescentes standard (2000 hs. contra 1000 hs.)
- Las dimensiones de las halógenas son menores que las de las incandescentes comunes, por lo

que tienen mayor resistencia mecánica a golpes y vibraciones.

- Merced a la avanzada tecnología OSRAM, es posible regular la intensidad de la luz mediante dimmers, desde 0% hasta 100% sin alterar el ciclo halógeno.
- Como en cualquier incandescente, las halógenas ven afectada su durabilidad en caso de sobretensiones; como regla indicativa, se consigna que una sobretensión permanente de un 5%, reduce la vida útil de la lámpara a la mitad.

## Aplicaciones

Ofrecen una luz intensa y brillante por lo que resultan óptimas como fuentes principales o combinadas con la iluminación general, realizando ambientes importantes como recepciones, foyers, auditorios, salas de conferencias, salones de ventas y habitaciones en residencias de todo tipo.

## Lámparas Halógenas

- Formato compacto, ideal para luminarias pequeñas.
- Cuerpo emisor de luz, de reducidas dimensiones que permite un mayor control de ésta.
- Hasta el doble de vida útil que las incandescentes standard (2000 hs.).

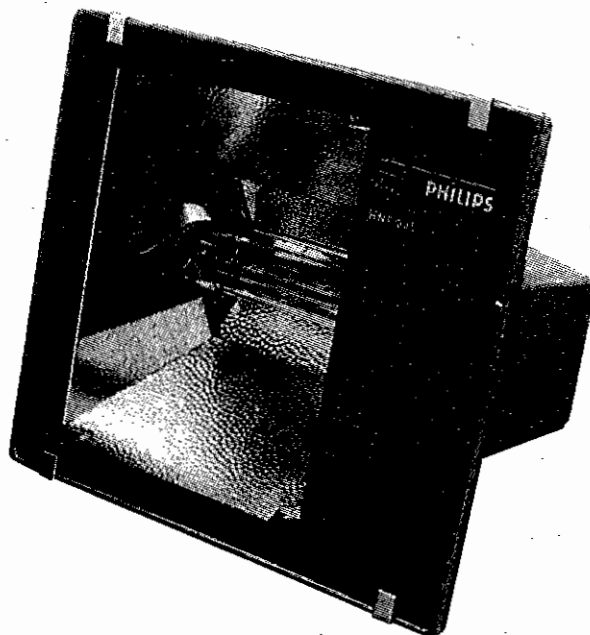
## Precauciones de uso.

No utilizar lámparas en contacto o cercanía de materiales plásticos u otros sensibles a la radiación térmica.

- Permiten regular su luz mediante dimmers.
- Posición universal de funcionamiento.
- Sistema de fusible integrado.

# Philips Iluminación

**LUMINARIA TIPO PROYECTOR**  
**HNF 003 / 005**



## DESCRIPCIÓN

LA LUMINARIA TIPO REFLECTOR DE ALTA EFICIENCIA LUMINOSA **HNF 003/005** HA SIDO DISEÑADO PARA LÁMPARAS DE MERCURIO ALTA PRESIÓN CON HALOGENUROS METÁLICOS **HP1-T, 250W Y HP1-T 400W** Y LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN **SON-T 250W Y SON-T 400W** CUYAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRINCIPALES SON:

- CUERPO DE ALUMINIO FUNDIDO CON TERMINACIÓN EXTERNA DE ESMALTE GRIS.
- VORIO DE PROTECCIÓN TEMPLADO DE 5MM MONTADO POR MEDIO DE GANCHOS DE ACERO INOXIDABLE.
- POSEE SELLO DE SILICONA FIJADO AL CUERPO, CON EL FIN DE GARANTIZAR SU HERMETICIDAD.
- REFLECTOR SIMÉTRICO INTERIOR, DE ALUMINIO ANODIZADO DE ALTA REFLECTANCIA.
- POSEE SOPORTE DE ACERO GALVANIZADO QUE PERMITE ORIENTAR AL REFLECTOR EN MÚLTIPLES POSICIONES TENIENDO PERFORACIONES PARA SU ANCLAJE.
- MIRILLA DE ENFOQUE INCORPORADA AL CUERPO DEL REFLECTOR.
- EL EQUIPO ELÉCTRICO NECESARIO PARA OPERAR LA LÁMPARA SE SUMINISTRA EN UNA CAJA INDEPENDIENTE.
- EL ACCESO A LA LÁMPARA SE LOGRA A TRAVÉS DE LA TAPA APERNADA POR LA PARTE POSTERIOR DEL EQUIPO.
- DISTRIBUCIÓN DE LUZ SIMÉTRICA CON UN HAZ DE LUZ ANCOU (TIPO FLOOD).

## APLICACIONES

- ILUMINACIÓN DE FACHADAS.
- ILUMINACIÓN DE ÁREAS VERDES.
- ILUMINACIÓN DE CAMPOS DEPORTIVOS.
- ILUMINACIÓN DE MONUMENTOS.
- ILUMINACIÓN DE EXTERIORES EN GENERAL.

## GRADOS DE PROTECCIÓN

**IP23** COMPARTIMIENTO DEL EQUIPO ELÉCTRICO.  
**IP55** SISTEMA ÓPTICO.

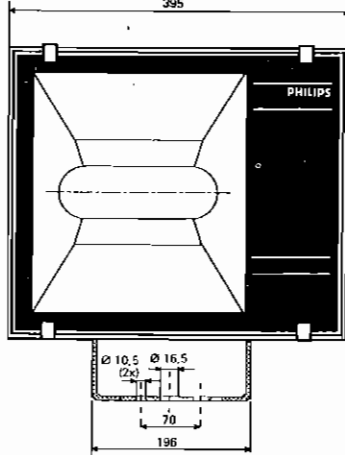
Philips Lighting



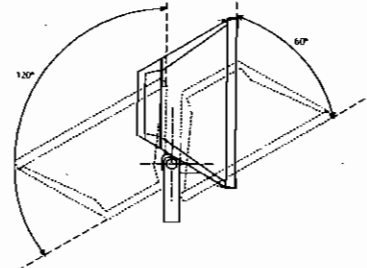
# PHILIPS

## DATOS TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

Dimensiones (mm)



Posibilidades de Ajuste

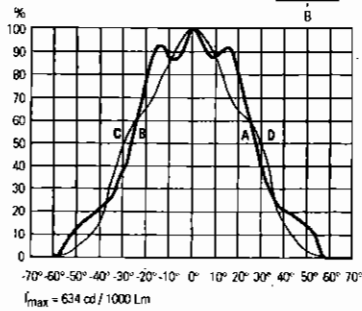


### Distribución Luminosa

1 x SON-T / 250 W

Vertical: Nema 6

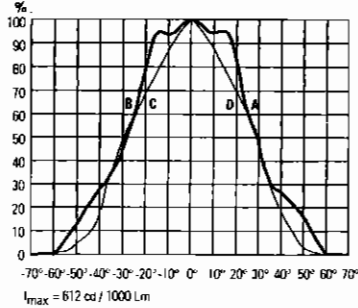
Horizontal: Nema 5



1 X SON-T / 400W

Vertical: Nema 6

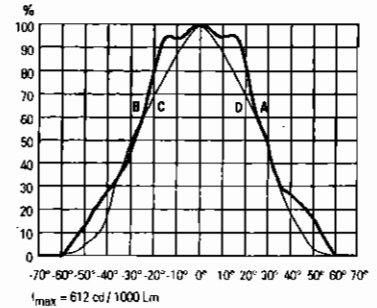
Horizontal: Nema 5



1 X HPI-T / 400W

Vertical: Nema 6

Horizontal: Nema 5

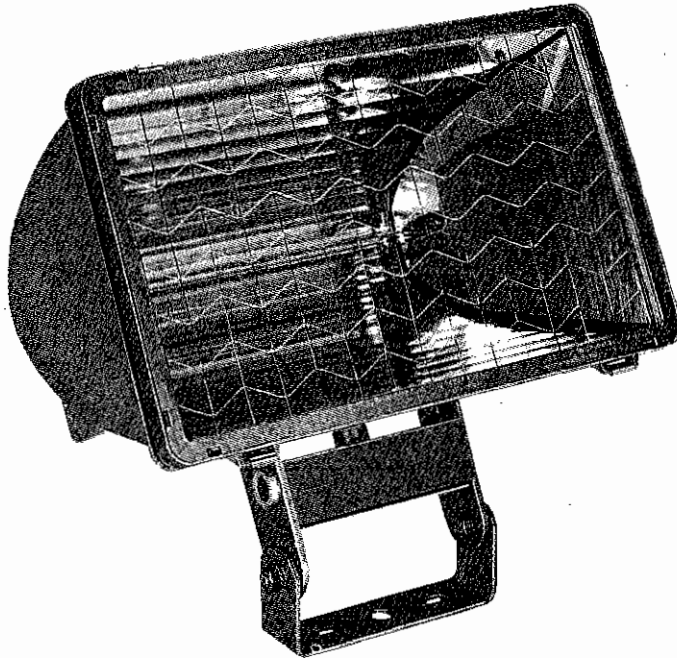


## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MODELO	TIPO LÁMPARA	POTENCIA LÁMPARA (W)	IGRITOR	VOLTAJE (V)	CONDENSADOR (MF/V)	FACTOR DE POTENCIA	CORRIENTE OPERACIÓN (A)	PORTA LÁMPARA
RNF 003/5	HPI-T	250	8151	220	25/250	> 0.9	0.70	E-40
RNF 003/5	HPI-T	400	8151	220	35/250	> 0.9	0.88	E-40
RNF 003/5	SON-T	250	8N58	220	20/250	> 0.9	0.80	E-40
RNF 003/5	SON-T	400	8N58	220	30/250	> 0.9	0.90	E-40

# Philips Iluminación

**LUMINARIA TIPO REFLECTOR  
QVF 410 / 411 / 412**



## DESCRIPCIÓN

LA LUMINARIA TIPO REFLECTOR QVF 410/411/412 HA SIDO DISEÑADA PARA HALÓGENOS LINEALES TIPO IODINE DE 500W, 1.000W Y 1.500W RESPECTIVAMENTE.

ÉSTE PROYECTOR ESTÁ DISEÑADO PARA ILUMINACIÓN DE ÁREAS EXTERIORES E INTERIORES, DONDE SE REQUIERA UN ENCENDIDO INSTANTÁNEO Y UN BUEN NIVEL DE ILUMINACIÓN CON BAJO COSTO INICIAL.

EL CUERPO DE ÉSTE PROYECTOR ESTÁ FABRICADO EN ALUMINIO INYECTADO, PINTADO DE COLOR GRIS TERMOESMALTADO.

ÉSTE EQUIPO LLEVA UN VIDRIO TEMPLADO FRONTAL A PRUEBA DE SHOCK TÉRMICO Y ALTAMENTE RESISTENTE A LOS IMPACTOS MECÁNICOS, MONTADO EN UN MARCO DE ALUMINIO FUNDIDO QUE SE UNE AL CUERPO MEDIANTE DOS VISAGRAS UICADAS EN LA PARTE INFERIOR DEL EQUIPO.

EL REFLECTOR INTERIOR ES DE ALUMINIO ANODIZADO DE GRAN BRILLANTEZ Y ESPECULARIDAD QUE PERMITE UNA GRAN EFICIENCIA LUMINOSA Y UN ÓPTIMO CONTROL DEL HAZ DE LUZ. SU FORMA FÍSICA PROPORCIONA UNA DISTRIBUCIÓN DE LUZ SIMÉTRICA Y UN HAZ ANCHO.

LA HERMETICIDAD DEL SISTEMA ÓPTICO SE LOGRA CON UNA EMPAQUEADORA DE SILICONA RESISTENTE A LAS ALTAS TEMPERATURAS.

## APLICACIONES

- ÁREAS DE FAENAS.
- FACHADAS.
- CAMPOS DE JUEGOS.
- GIMNASIOS.
- ESTACIONAMIENTOS.
- ÁREAS DE SEGURIDAD Y VIGILANCIA.
- PATIOS DE OPERACIONES.
- PLANTACIONES DE FLORES.

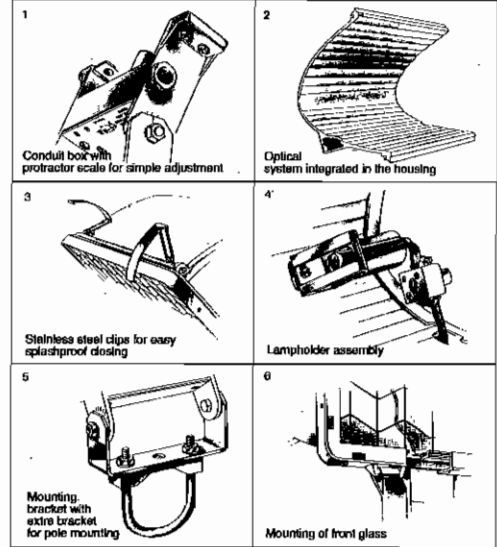
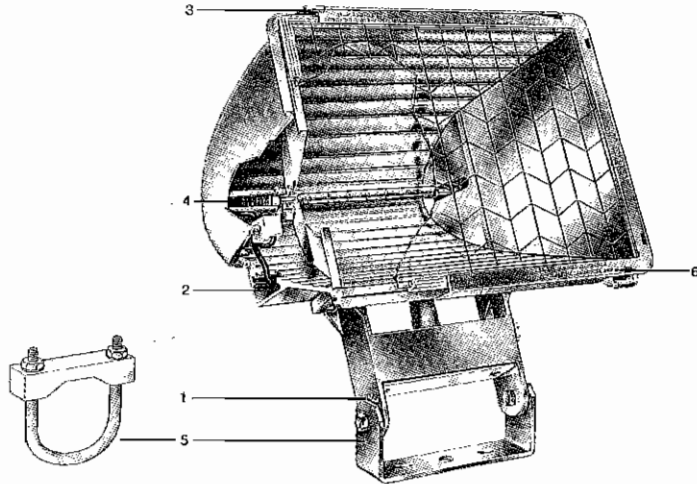
Philips Lighting



# PHILIPS

## DATOS TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

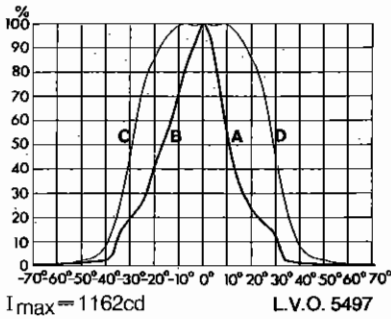
### DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO



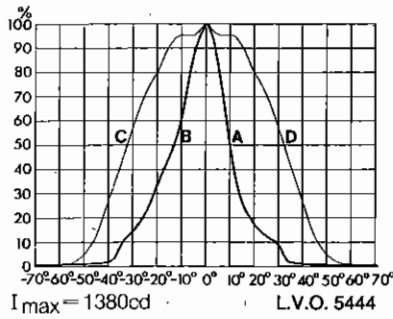
### DISTRIBUCIÓN LUMINOSA

#### HAZ MEDIO

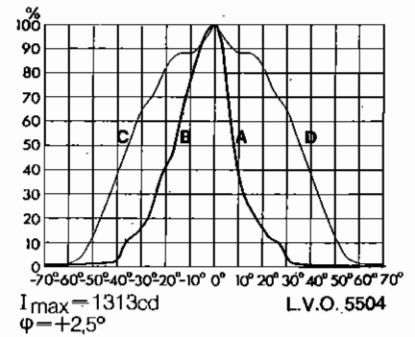
**QVF 410-500W**



**QVF 411-1.000W**



**QVF 412-1.500W**

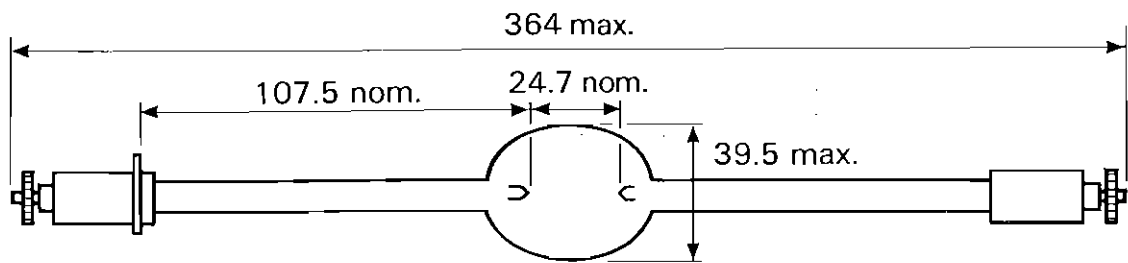


### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.

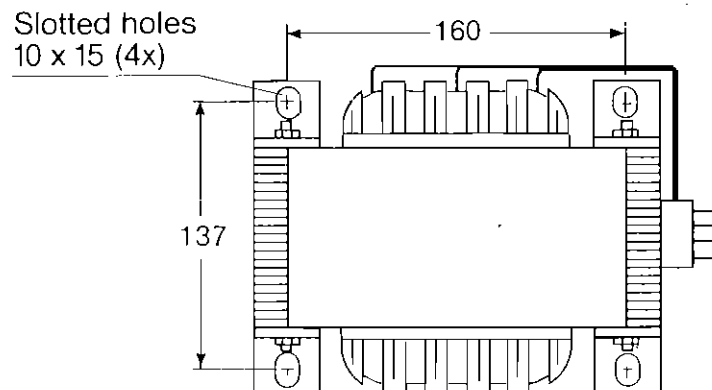
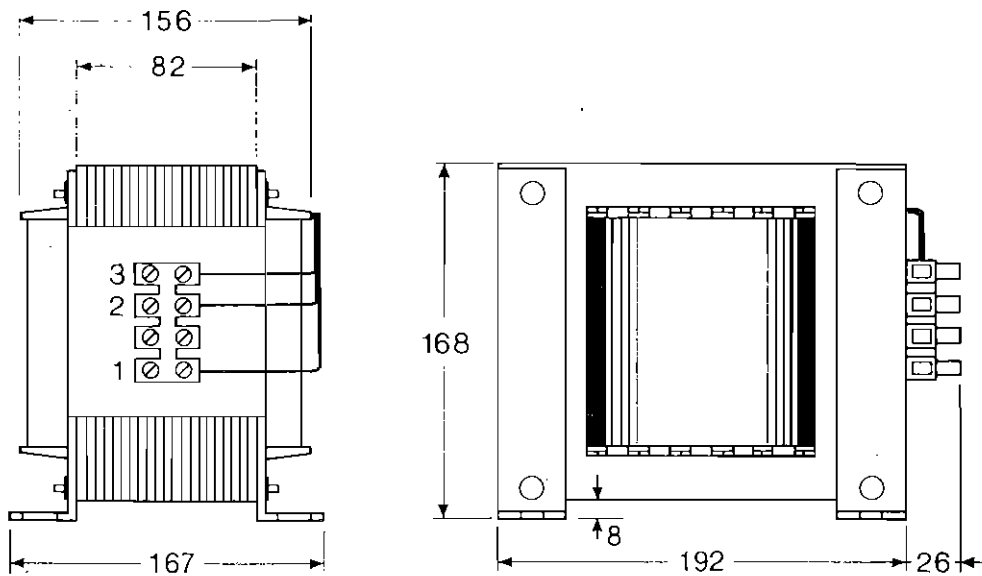
MODELO	TIPO LAMPARA	POTENCIA LAMPARA (W)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE DE OPERACION (A)	FLUJO LAMPARA (LM)
QVF 410	HALOGENA	500	220	2,27	9.500
QVF 411	HALOGENA	1.000	220	4,56	22.000
QVF 412	HALOGENA	1.500	220	6,82	33.000

### 3.6 Drawings, dimensions

#### 3.6.1 Dimensional drawing – Lamp



#### 3.6.2 Dimensional drawing – Ballast



## 6. LIGHTING DETAILS

### 6.1 Light distribution diagrams

#### Beam characteristics

Total light output ratio: 76%

Beam spread on the basis of  $\triangleright 0.5 I_{max}$   $\triangleright 0.1 I_{max}$

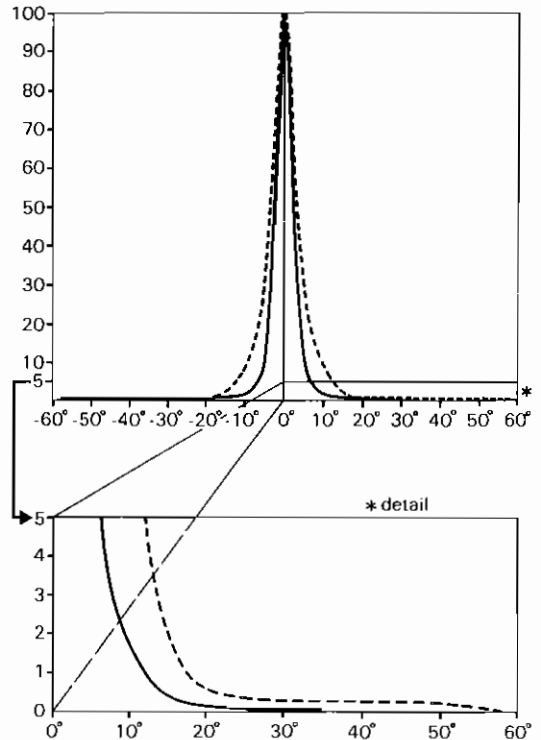
- in main plane (Beta = 0) -2.5°/2.5° -5°/5°

- in plane through B = 0 -3.5°/3.5° -9°/9°



Maximum intensity  $I_{max} = 27000 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$

#### % MVF 406 CAT 1



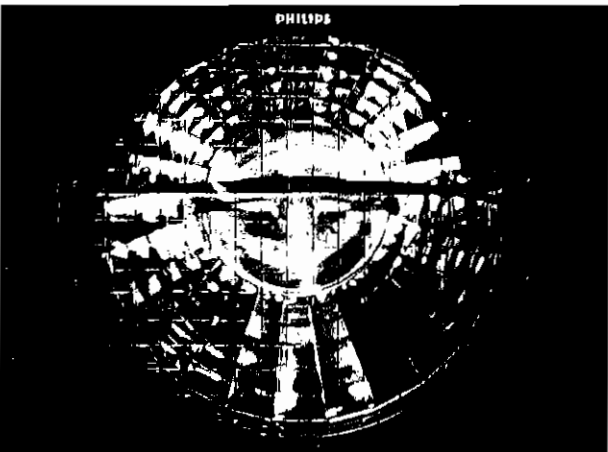
#### Beam characteristics

Total light output ratio: 76%

Beam spread on the basis of  $\triangleright 0.5 I_{max}$   $\triangleright 0.1 I_{max}$

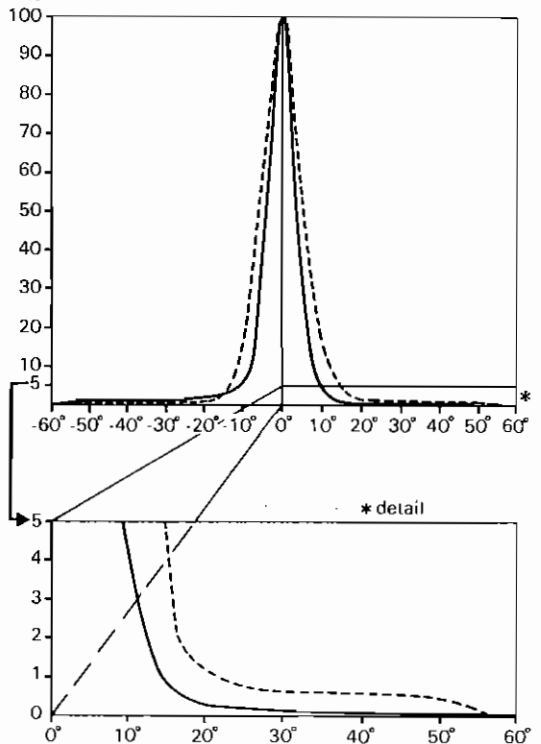
- in main plane (Beta = 0) -4°/4° -8°/8°

- in plane through B = 0 -6°/6° -12°/12°

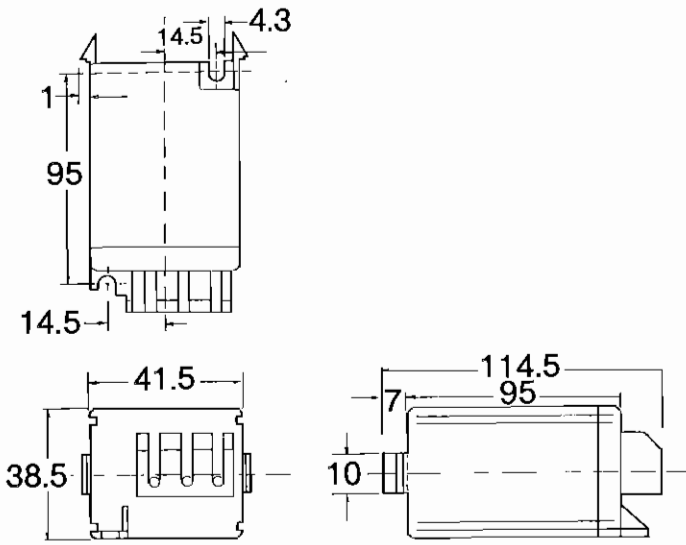


Maximum intensity  $I_{max} = 13000 \text{ cd}/1000 \text{ lm}$

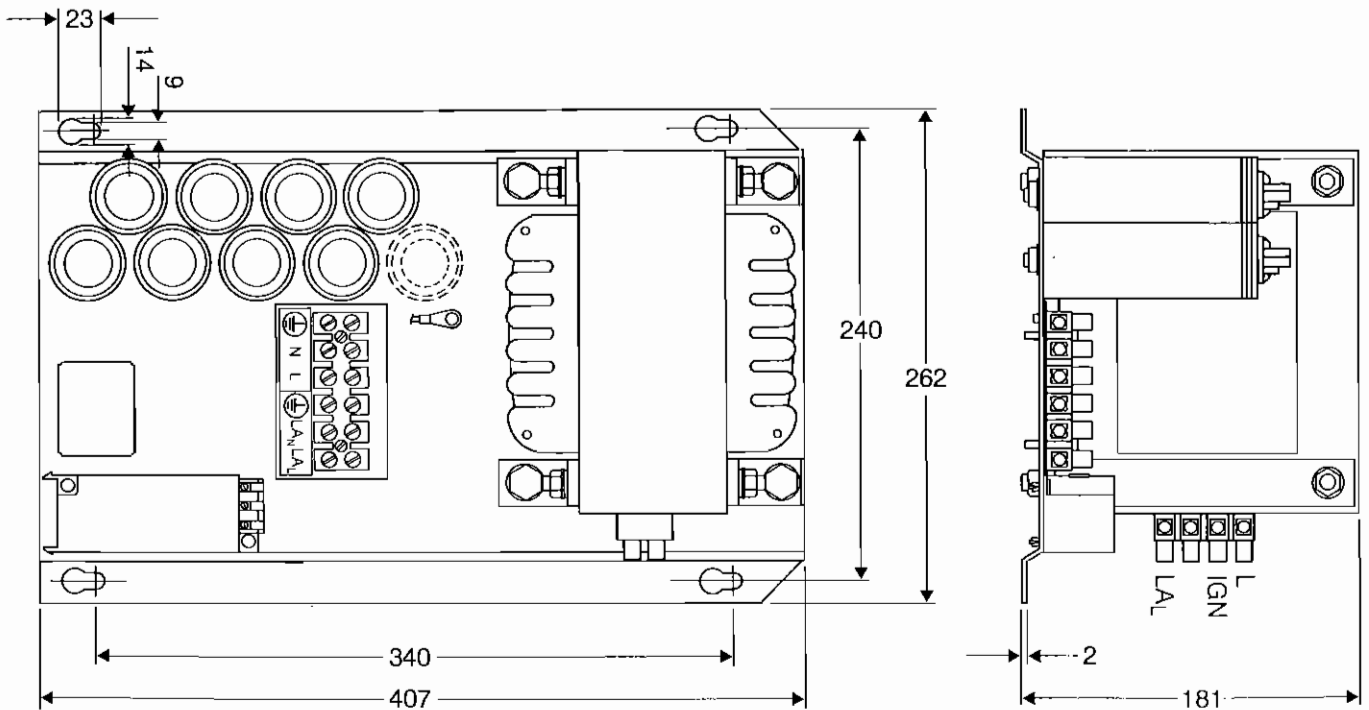
#### % MVF 406 CAT 2



### 3.6.3 Dimensional drawing – Ignitor



### 3.6.4 Dimensional drawing – Gear tray







### Datos técnicos del balastro BMH 1800 L20

For lamp	Ballast type number	Nominal voltage <sup>1)</sup> and frequency		Without power-factor correction		Power factor	
		V	Hz	Mains current max. <sup>3)</sup> A	nominal <sup>4)</sup> A		
MHD 1800W	BMH 1800L20	220	50	25	17.3	0.45	
		With power-factor correction <sup>2)</sup>					
		Losses (cold)	$\Delta t$	Capacitor		Mains current max. <sup>3)</sup>	nominal <sup>2)</sup>
		W	$^{\circ}\text{C}/\text{K}$	$\mu\text{F}$	V(ac)	A	A
		75	75	200	250	10.0	9.2

<sup>1)</sup> Consumer voltage: 220V = 210-230 V, 50 Hz. Ballast data for other voltages and frequencies on request.

<sup>2)</sup> To obtain HPF circuit ( $\cos\phi \geq 0.9$ ) by means of parallel capacitor across the mains. Capacitance tolerance  $\pm 10\%$ .

<sup>3)</sup> Occurring during run-up period of lamp.

<sup>4)</sup> During stable operation of lamp.

### Datos técnicos del ignitor SN 56/59.

For lamp	Ignitor type	Cable capacitance nF	Peak voltage		Mains voltage V
			min. kV	max. kV	
MHD 1800W	SN 59	0- 4.5	2.8	5	220-240
	SN 56*)	4- 10	2.8	5	220-240

\*) Minimum cable capacitance of 4 nF is obligatory.

Mains frequency Hz	Permissible housing temperature at 110% mains voltage $^{\circ}\text{C}$	
	min.	max.
50-60	-20	+80
50-60	-20	+60

## LUMINAIRES - FLOODLIGHTING - ROTATIONAL

### HNF 206

#### Luminaire for HID lamps

Floodlight for use with one HPL-N 1000 W or 2000 W, one SON-T 1000 W or one HPI-T lamp 2 kW (220V).

The floodlight consists of two parts: a reflector and a rear housing.

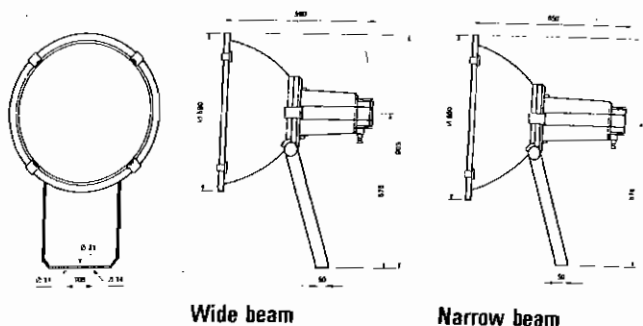
The rear housing is of high-pressure die-cast aluminium, with grey-lacquered finish. The parabolic reflector (with front glass) is made of spun aluminium. One PG16 gland for cable entry. Gear components to be ordered separately.



#### Beam widths

	Narrow beam	Wide beam
HPL-N 2000 W	2 x 26°	2 x 26°
HPL-N 1000 W	2 x 21°	2 x 21°
HPI-T 2000 W (220V)	2 x 3°	2 x 6°
SON-T 1000 W	2 x 2.5°	2 x 2°

#### Dimensions

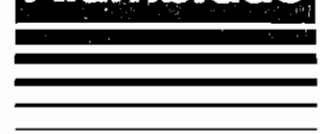


IP 55



Type	Description	Lamps	Weight kg	Ordering number
HNF 206	Housing	HPL-N 1000 W or 2000 W SON-T 1000 W	2.2	9112 700 512 ..
HNF 206	Housing	HPI-T 2000 W/220V <sup>1)</sup>	2.2	9112 708 511 ..
	Reflector with front glass (narrow beam)		12	9119 270 021 ..
	Reflector with front glass (wide beam)		12	9119 270 022 ..

<sup>1)</sup> Suitable for 220V, 230V and 240V - not for 380/415V.



LAMP

LUMINAIRE

HPIT2KW  
(PHI = 189000 lm)

HNF 006-W  
HNF 206-W

MAXIMUM INTENSITY I<sub>MAX</sub> = 6484 CD/1000 LM

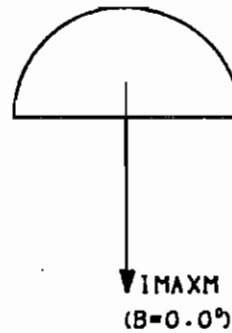
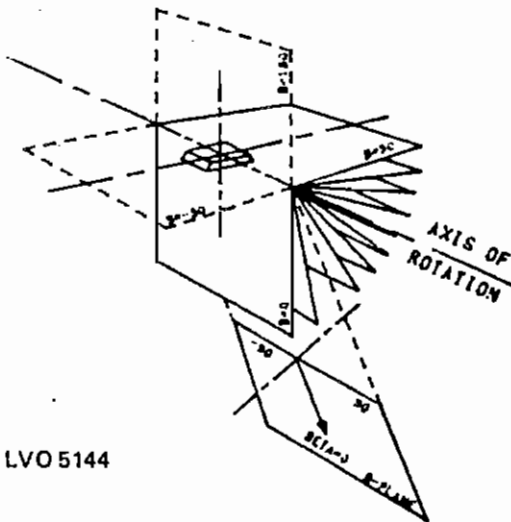
BEAM CHARACTERISTICS

TOTAL LIGHT OUTPUT RATIO = 63%

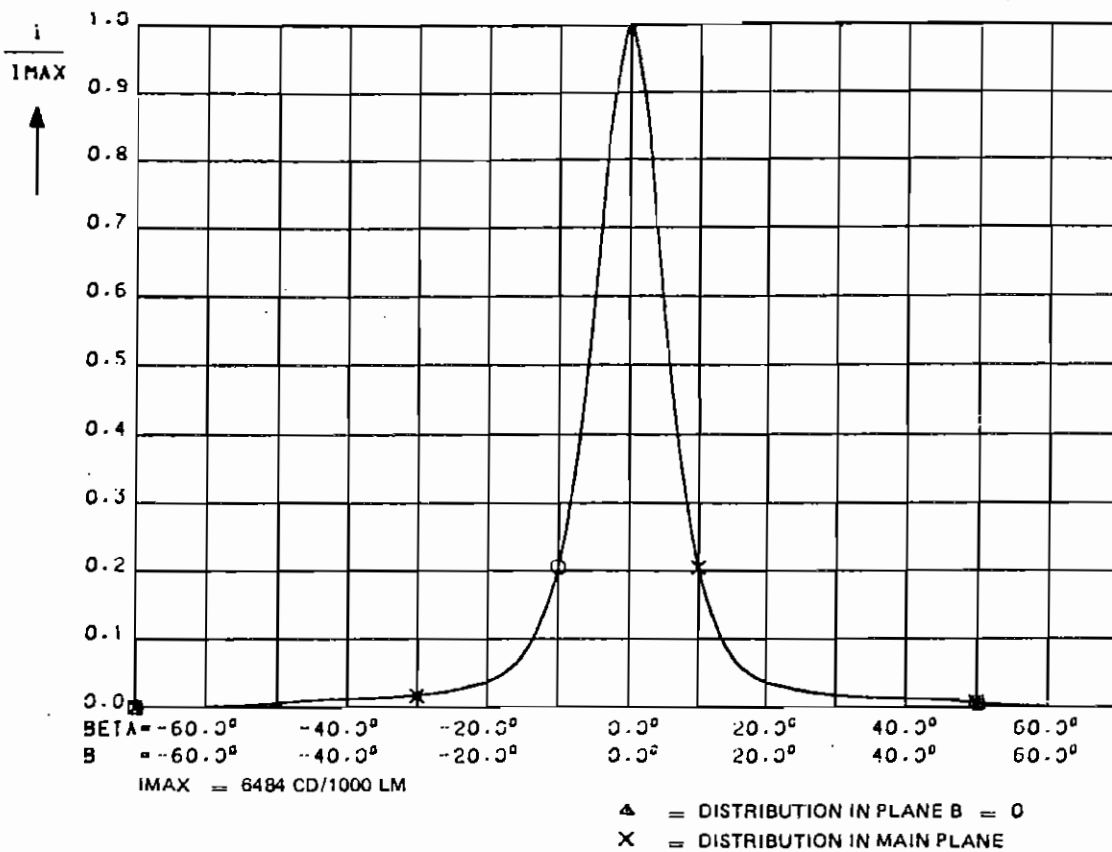
BEAM SPREAD ON THE BASIS OF	I > 0.5 I <sub>MAX</sub>	I > 0.1 I <sub>MAX</sub>
- IN MAIN PLANE (BETA = 0)	= -6°/6°	-14°/14°
- IN PLANE THROUGH B = 0	= -6°/6°	-14°/14°

B-BETA COORDINATES

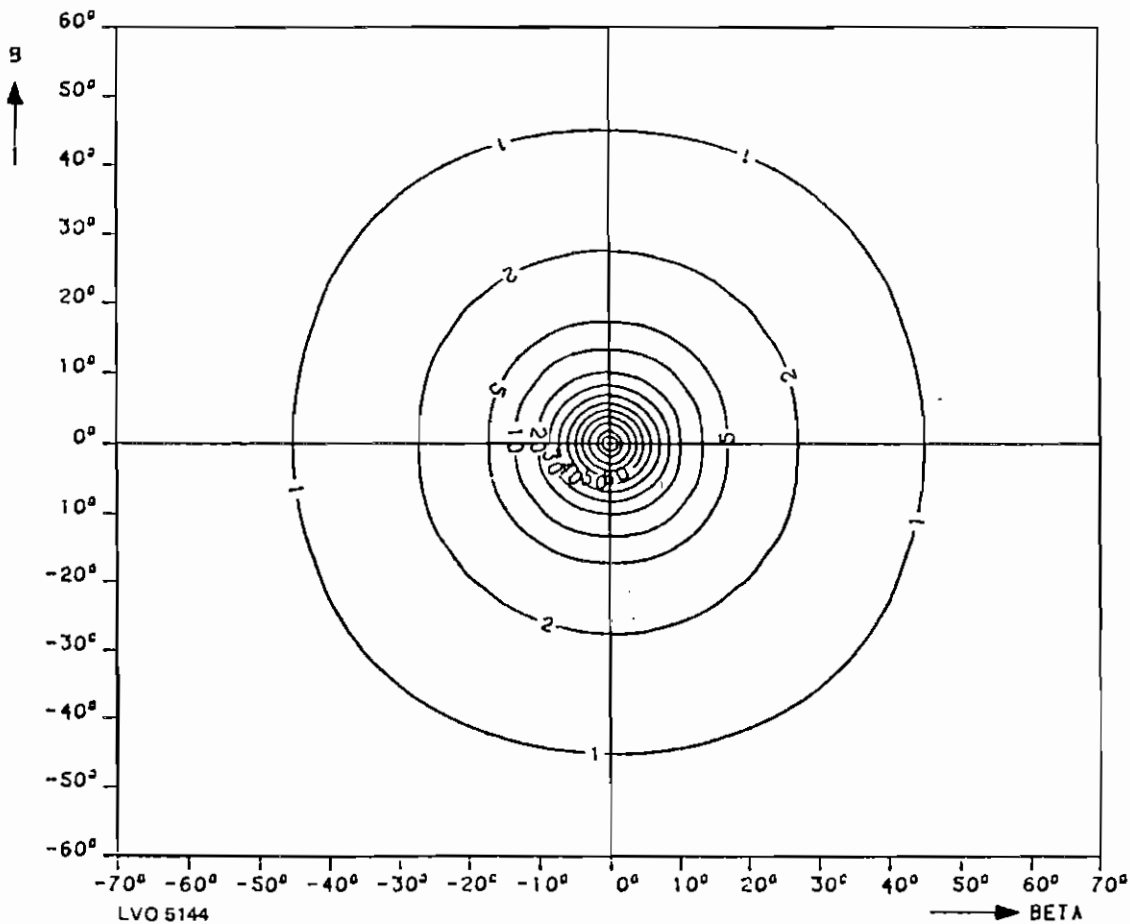
CROSS-SECTION IN THE MAIN PLANE



# LUMINOUS INTENSITY CURVES

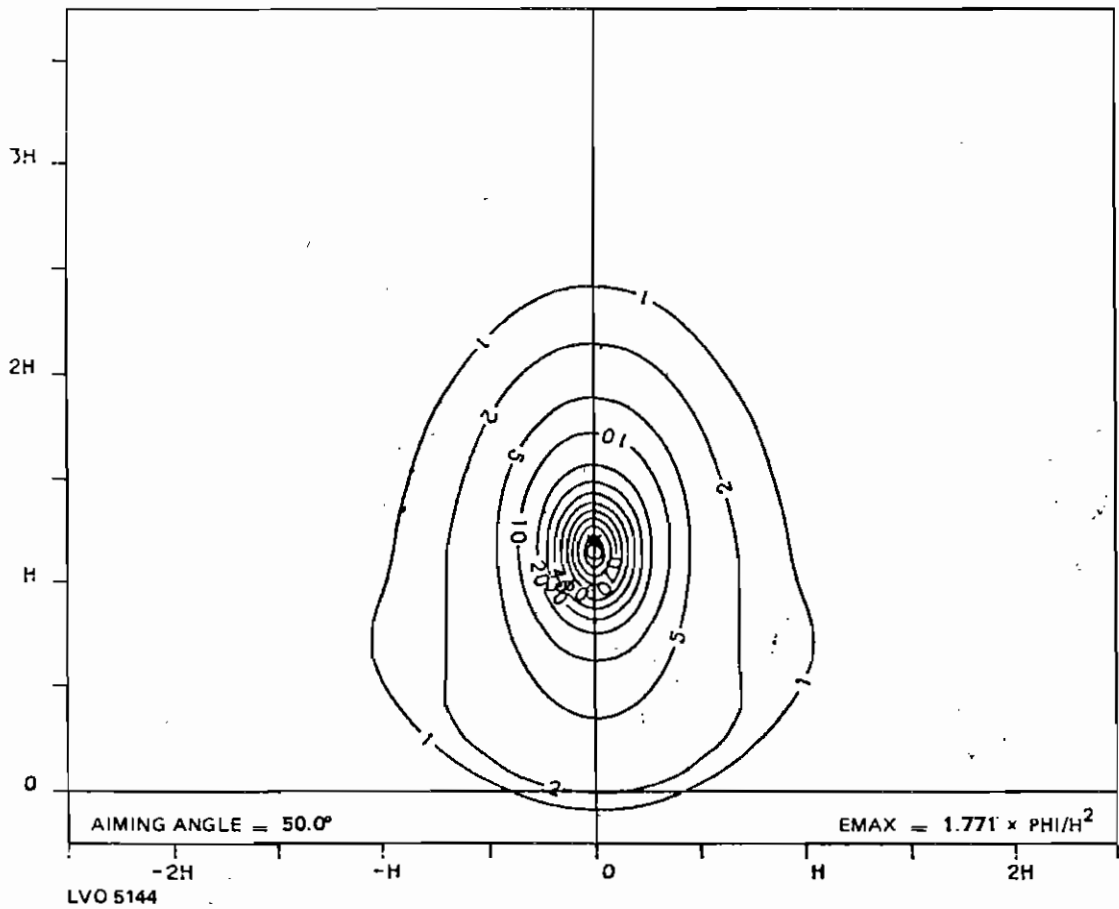
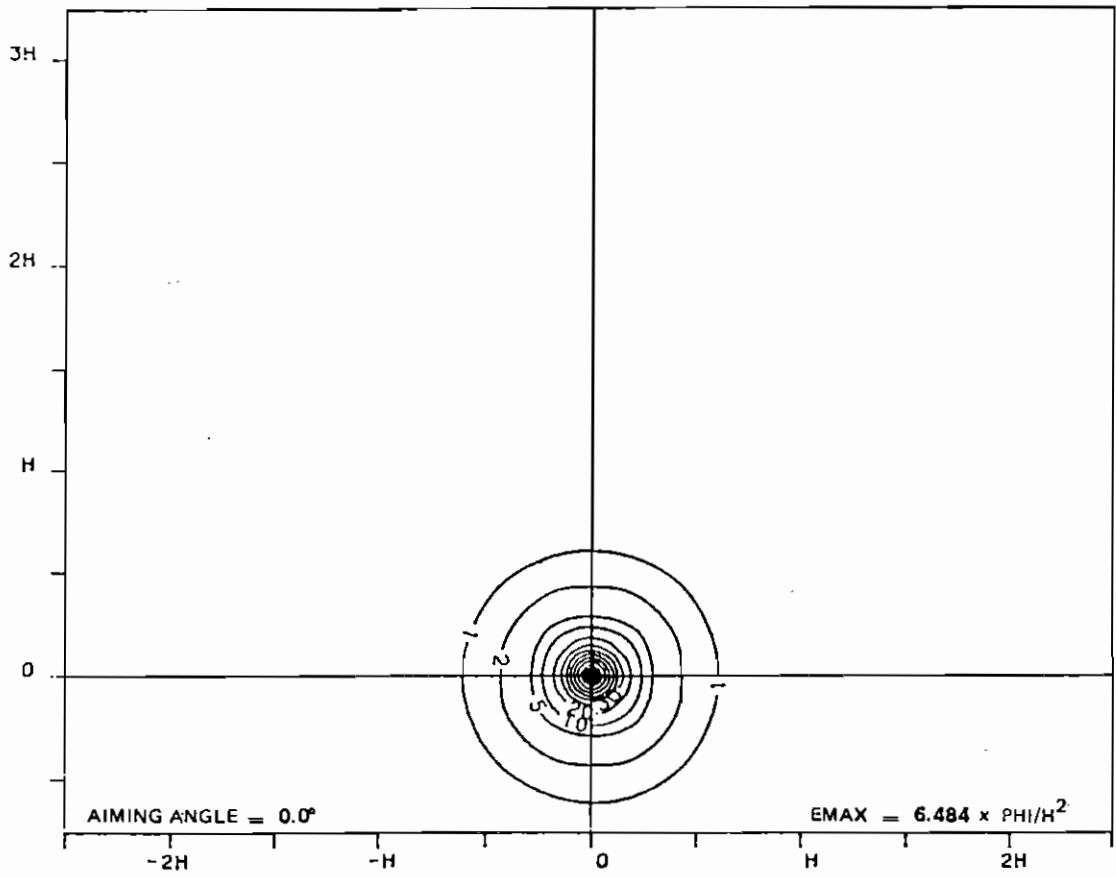


# RELATIVE ISOCANDELA DIAGRAM

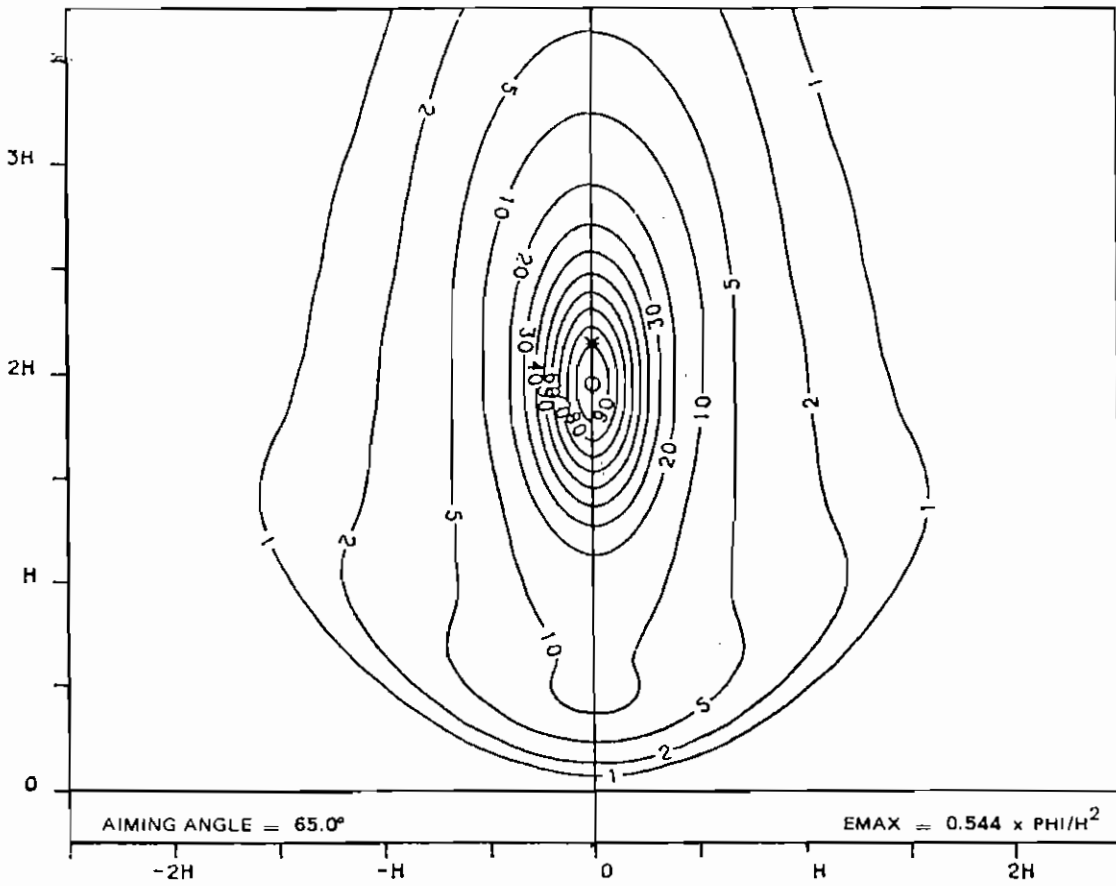
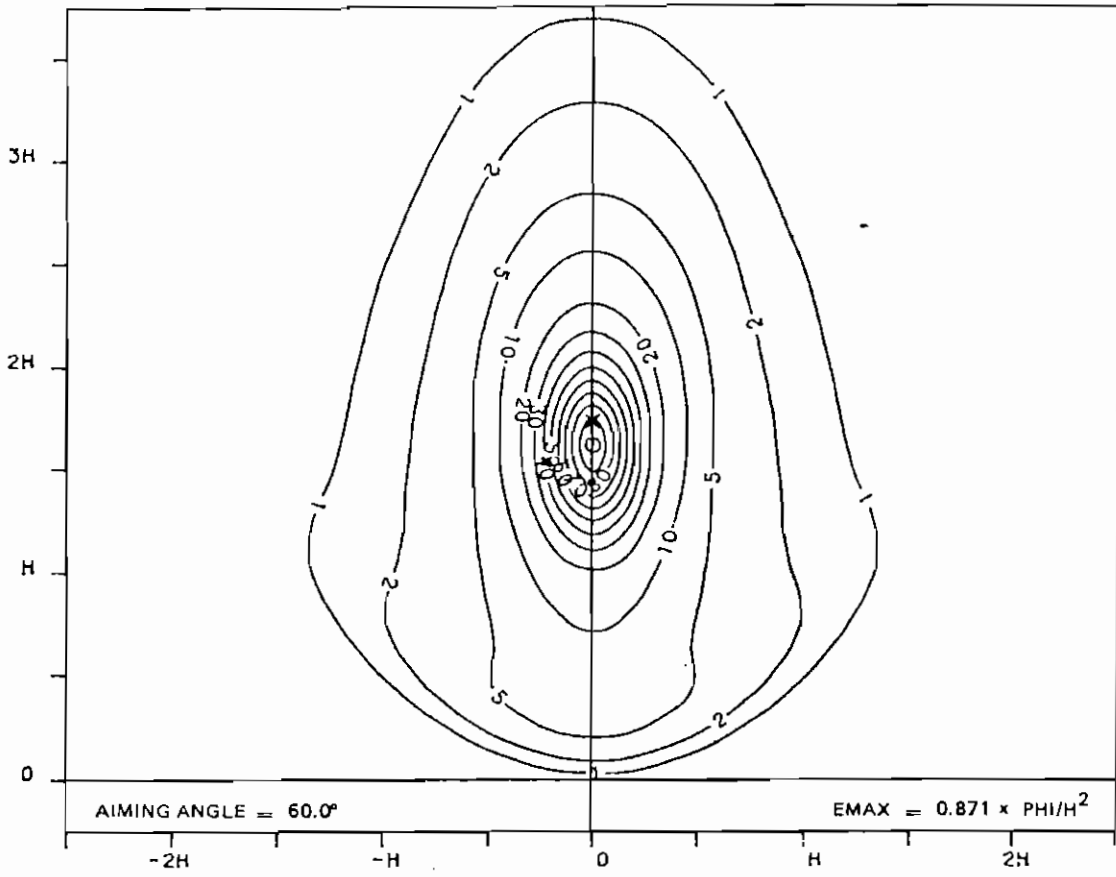


RELATIVE ISOLUX DIAGRAMS

(NOTE: AIMING ANGLE IS ANGLE BETWEEN IMAXM AND VERTICAL)



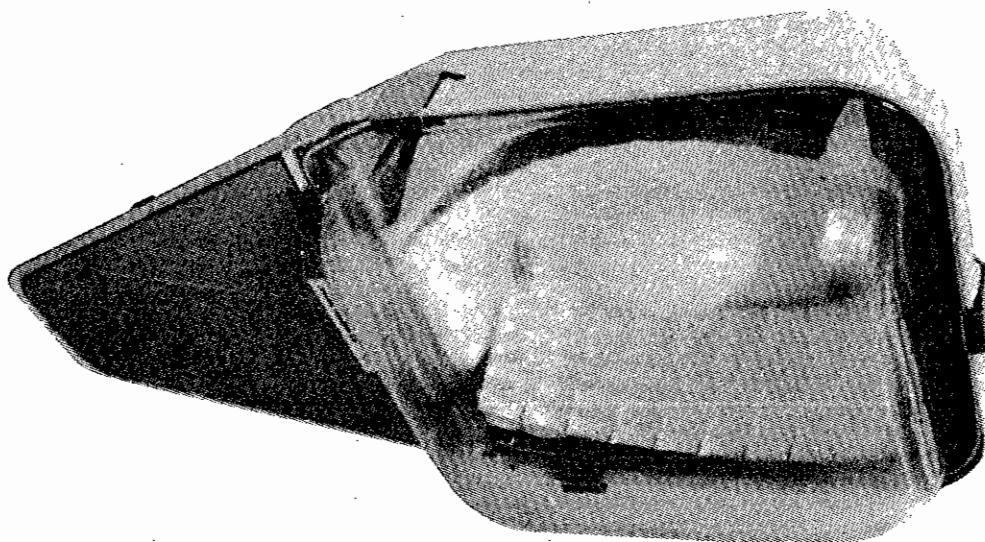
(NOTE: AIMING ANGLE IS ANGLE BETWEEN IMAXM AND VERTICAL)



LVO 5144

# Philips Iluminación

**LUMINARIA DE ILUMINACIÓN PÚBLICA  
H / SRC 552**



## DESCRIPCIÓN

LA LUMINARIA TIPO CERRADA H/SRC 552 PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA Y EXTERIORES EN GENERAL HA SIDO DISEÑADA PARA USARSE CON LÁMPARAS DE MERCURIO DE 125W Y 175W Y PARA LÁMPARAS DE SODIO DE 70W Y 150W.

EL CUERPO ESTÁ FABRICADO EN FIBRA DE VORIO Y POLIÉSTER ESTABILIZADO PARA RAYOS ULTRAVIOLETA.

EN SU INTERIOR SE INCORPORA EL EQUIPO ELÉCTRICO COMPUESTO POR EL BALASTO, EL CONDENSADOR PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA A UN VALOR SUPERIOR AL 90% Y EL IGNITOR NECESARIO PARA EL ENCENDIDO DE LÁMPARAS DE SODIO.

EL SISTEMA ÓPTICO ESTÁ FORMADO POR UNA PLACA REFLECTORA EN LA PARTE SUPERIOR, DOS ESPEJOS LATERALES DE ALUMINIO ANODIZADO Y UN DIFUSOR ACRÍLICO TRANSPARENTE.

EL SISTEMA DE SUJECCIÓN SE LOGRA CON UN PERNO EN FORMA DE "U", DE ACERO ZINCADO.

## APLICACIONES

- AUTOPISTAS.
- AVENIDAS.
- VÍAS COMERCIALES.
- ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO.
- CRUCES VIALES.
- ÁREAS EXTERIORES EN GENERAL.

## GRADOS DE PROTECCIÓN

IP20 COMPARTIMIENTO DEL EQUIPO ELÉCTRICO.  
IP53 SISTEMA ÓPTICO.

## INSTALACIÓN

EN POSTES DE 6 A 8 METROS DE ALTURA EN DISPOSICIÓN CENTRAL, LATERAL, EN OPOSICIÓN O TRES ROLLO.

Philips Lighting



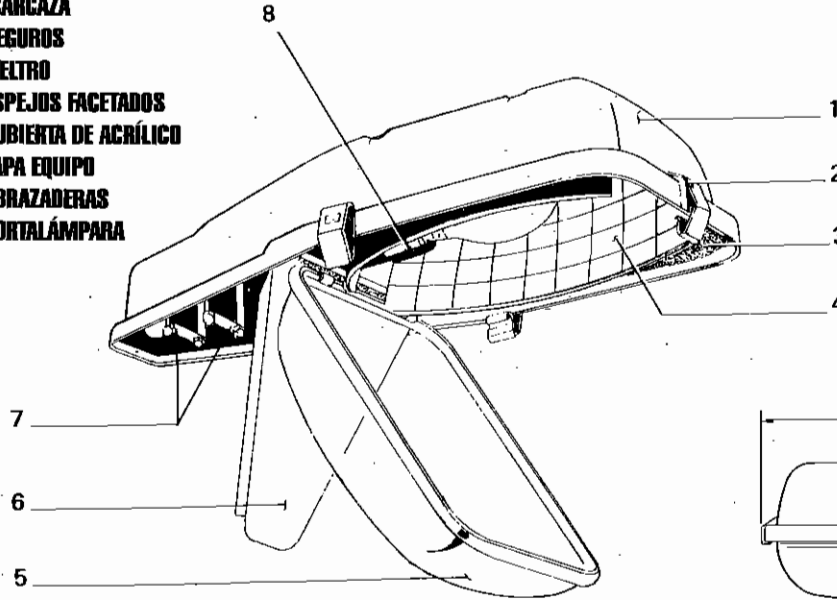
# PHILIPS



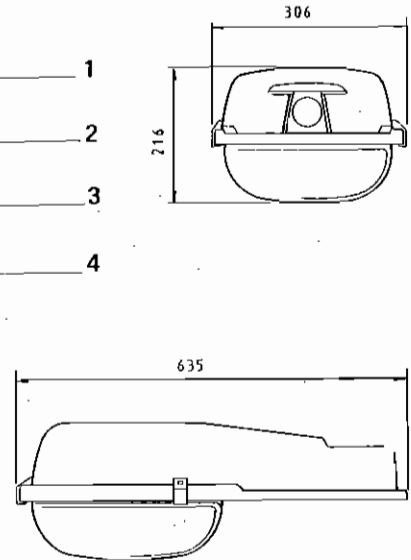
## DATOS TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

### DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

- 1.- CARCAZA
- 2.- SEGUROS
- 3.- FIELTRO
- 4.- ESPEJOS FACETADOS
- 5.- CUBIERTA DE ACRÍLICO
- 6.- TAPA EQUIPO
- 7.- ABRAZADERAS
- 8.- PORTALÁMPARA

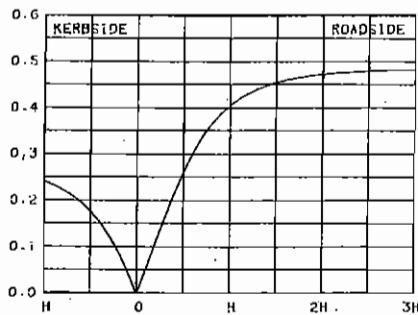


### DIMENSIONES

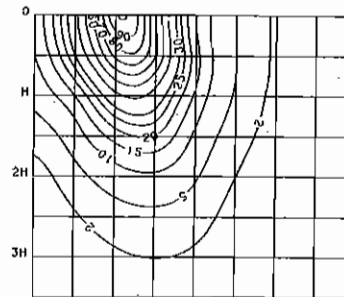


### DATOS FOTO MÉTRICOS

#### CURVA DE FACTOR DE UTILIZACIÓN



#### CURVAS ISOLUX RELATIVAS (POR 1.000 LM)

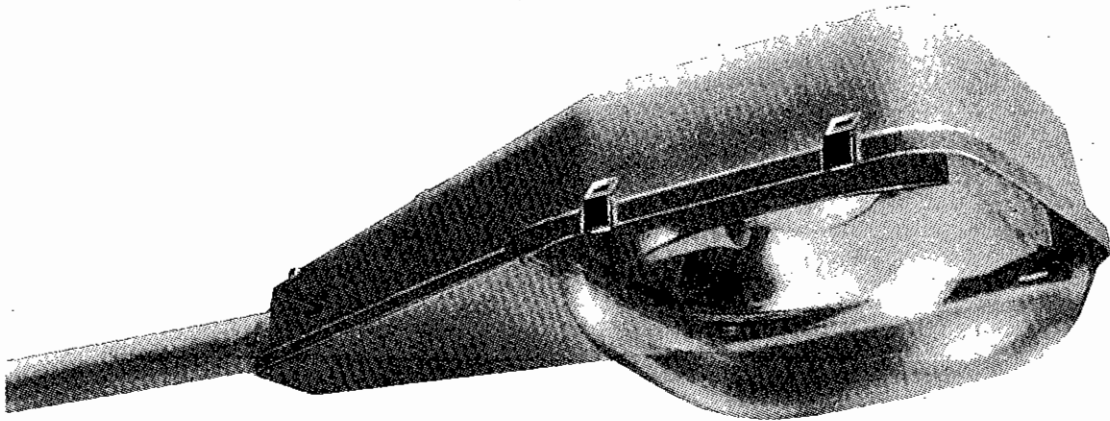


### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MODELO	TIPO LÁMPARA	POTENCIA LÁMPARA (W)	RENTOR	VOLTAJE (V)	CONDENSADOR (MF/V)	FACTOR DE POTENCIA	CORRIENTE OPERACIÓN (A)	PORTA LÁMPARA
HRC 552	HPL-N	125	-----	220	20/250	> 0.90	0.67	E-27
HRC 552	HPL-Y	175	-----	220	30/250	> 0.90	1.00	E-40
SRC 552	SBN	70	SN57	220	30/250	> 0.90	0.43	E-40
SRC 552	SBN	150	SN58	220	45/250	> 0.90	0.80	E-40

# Philips Iluminación

**LUMINARIA DE ILUMINACIÓN PÚBLICA  
H / SRC 554**



## DESCRIPCIÓN

LA LUMINARIA TIPO CERRADA *H/SRC 554* PARA ILUMINACIÓN PÚBLICA Y EXTERIORES EN GENERAL RA S100 DISEÑADA PARA USARSE CON LÁMPARAS DE MERCURIO DE 250W Y 400W Y PARA LÁMPARAS DE SODIO DE 250W Y 400W.

EL CUERPO ESTÁ FABRICADO EN FIBRA DE VIDRIO Y POLIÉSTER ESTABILIZADO PARA RAYOS ULTRAVIOLETA.

EN SU INTERIOR SE INCORPORA EL EQUIPO ELÉCTRICO COMPUESTO POR EL BALASTO, EL CONDENSADOR PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA A UN VALOR SUPERIOR AL 90% Y EL IGNITOR NECESARIO PARA EL ENCENDIDO DE LÁMPARAS DE SODIO.

EL SISTEMA ÓPTICO ESTÁ FORMADO POR UNA PLACA REFLECTORA EN LA PARTE SUPERIOR, DOS ESPEJOS LATERALES DE ALUMINIO ANODIZADO Y UN DIFUSOR ACRÍLICO TRANSPARENTE.

EL SISTEMA DE SUJECCIÓN SE LOGRA CON UN PERNO EN FORMA DE "U", DE ACERO ZINCADO.

## APLICACIONES

- AUTOPISTAS.
- AVENIDAS.
- VÍAS COMERCIALES.
- ÁREAS DE ESTACIONAMIENTO.
- CRUCES VIALES.
- ÁREAS EXTERIORES EN GENERAL.

## GRADOS DE PROTECCIÓN

*IP23* COMPARTIMIENTO DEL EQUIPO ELÉCTRICO.  
*IP53* SISTEMA ÓPTICO.

## INSTALACIÓN

EN POSTES DE 8 A 10 METROS DE ALTURA PARA LAS POTENCIAS DE 250W Y EN POSTES DE MÁS DE 10 METROS PARA LAS POTENCIAS DE 400W, EN DISPOSICIÓN CENTRAL, LATERAL, EN OPOSICIÓN O TRES BOLLIDO.

Philips Lighting

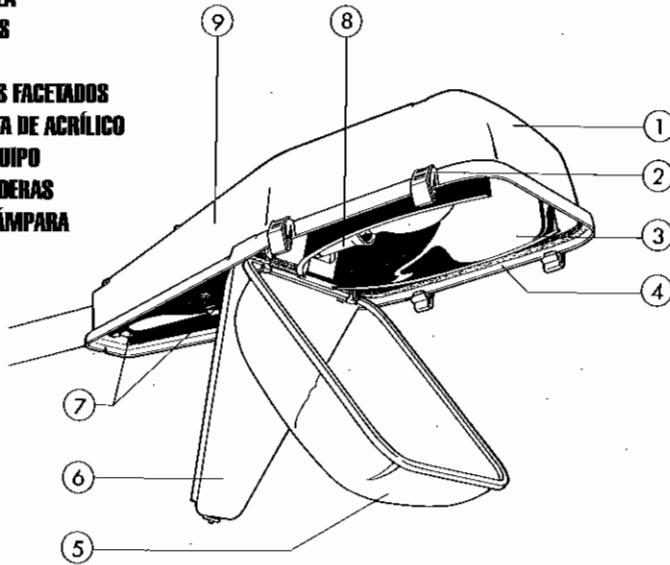


# PHILIPS

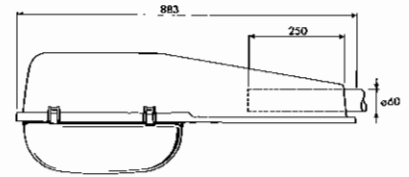
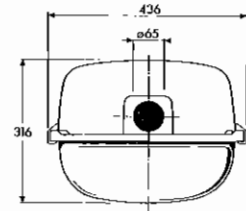
## DATOS TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

### DESCRIPCIÓN DEL DIBUJO

- 1.- CARCAZA
- 2.- SEGUROS
- 3.- FIELTRO
- 4.- ESPEJOS FACETADOS
- 5.- CUBIERTA DE ACRÍLICO
- 6.- TAPA EQUIPO
- 7.- ABRAZADERAS
- 8.- PORTALÁMPARA

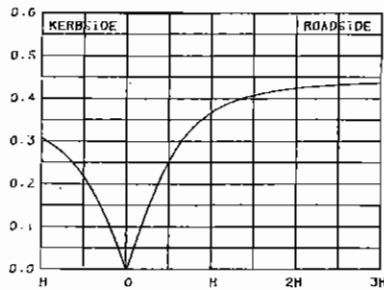


### DIMENSIONES

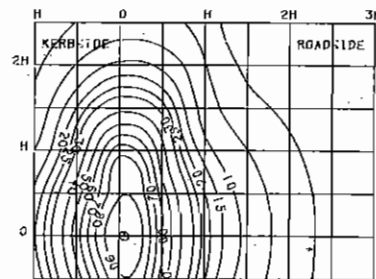


### DATOS FOTOMÉTRICOS

#### CURVA DE FACTOR DE UTILIZACIÓN



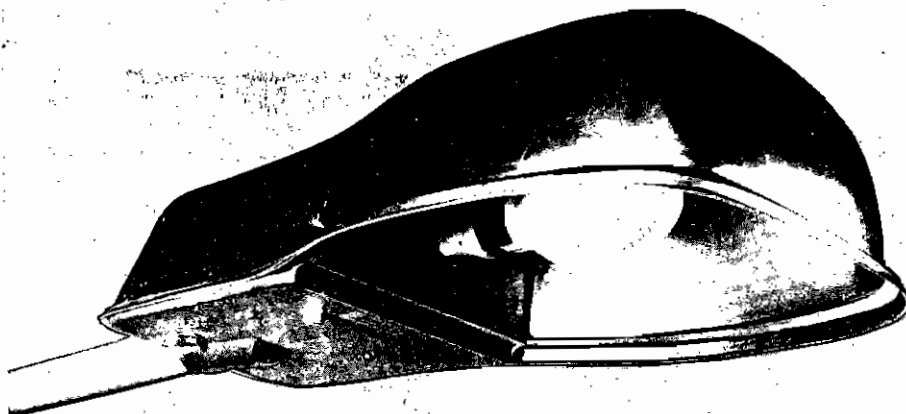
#### CURVAS ISOLUX RELATIVAS (POR 1.000 LM)



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

MODELO	TIPO LÁMPARA	POTENCIA LÁMPARA (W)	IGNITOR	VOLTAJE (V)	CONDENSADOR (NF/μF)	FACTOR DE POTENCIA	CORRIENTE OPERACION (A)	PORTA LÁMPARA
HRC 554	HPL-N	250	-----	220	20/250	> 0.9	1.14	E-40
HRC 554	HPL-N	400	-----	220	30/250	> 0.9	1.85	E-40
SRC 554	SUN	250	SP58	220	30/250	> 0.9	1.23	E-40
SRC 554	SUN	400	SP58	220	45/250	> 0.9	1.90	E-40





**EVP**

## Definición

Luminaria tipo abierta o cerrada con cobertura acrílica (opcional)

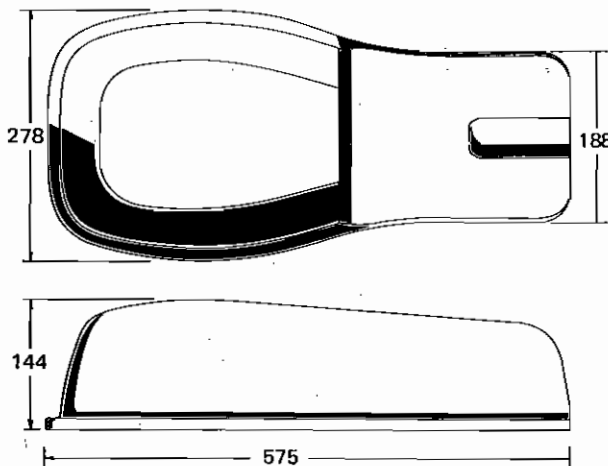
Dispone de alojamiento de equipo eléctrico para:

- HPL 80 W
- HPL 125 W
- HPL 175 W
- SON 70 W
- SON 150 W

## Descripción

- Reflector de lámina de aluminio con acabado electrobrillante y anodizado.
- Soporte portaequipo eléctrico y portalámpara fabricado en fibra de vidrio con refuerzo interior de hierro y con acomplamiento al brazo de 38 mm  $\phi$ .  
Portalámpara E-27/E-40
- Cobertura (opcional) de acrílico transparente.

## Dimensiones



## Aplicaciones

- Zonas rurales
- Pasos peatonales
- Calles
- Patios
- Industrias
- Parqueaderos
- Gasolineras

## Luminaria para alumbrado público

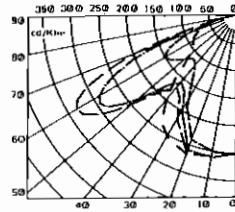


Lámpara

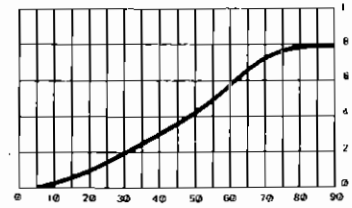
Diagramas de distribución de intensidad luminosa

Flujo de luminosidad zonal

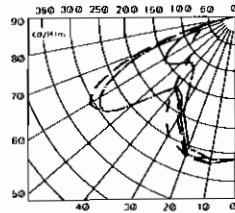
HPL-N 80W



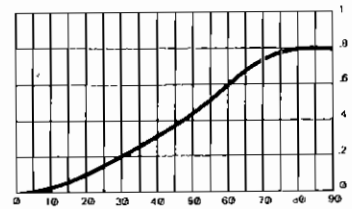
- C 270
- C 0
- C 15
- C 90



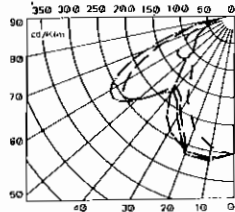
HPL-N 125 W



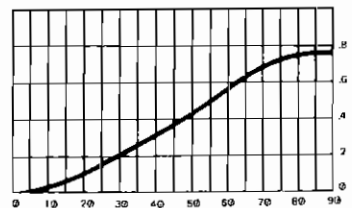
- C 270
- C 0
- C 15
- C 90



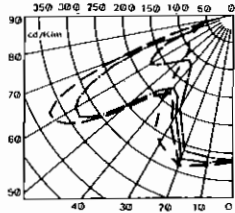
HPL-N 175 W



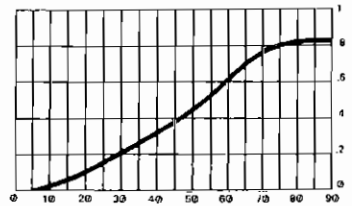
- C 90
- C 165
- C 180
- C 270



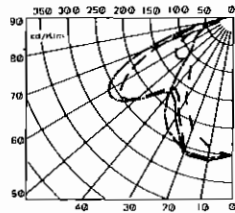
SON 70 W



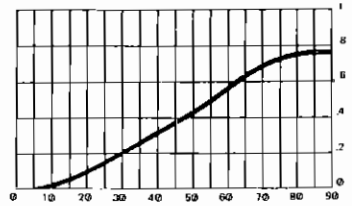
- C 270
- C 0
- C 15
- C 90



SON 150 W  
HPL-N 175 W



- C 90
- C 165
- C 180
- C 270



Datos para pedido

Luminarias

- EVP (C) \* HPL-N 80 W SF/CF \*\*
- HPL-N 125 W SF/CF
- HPL-N 175 W SF/CF
- SON 70 W SF/CF
- SON 150 W SF/CF

\* EVP: Tipo abierta  
EVP(C): Tipo cerrado con cubierta acrílica

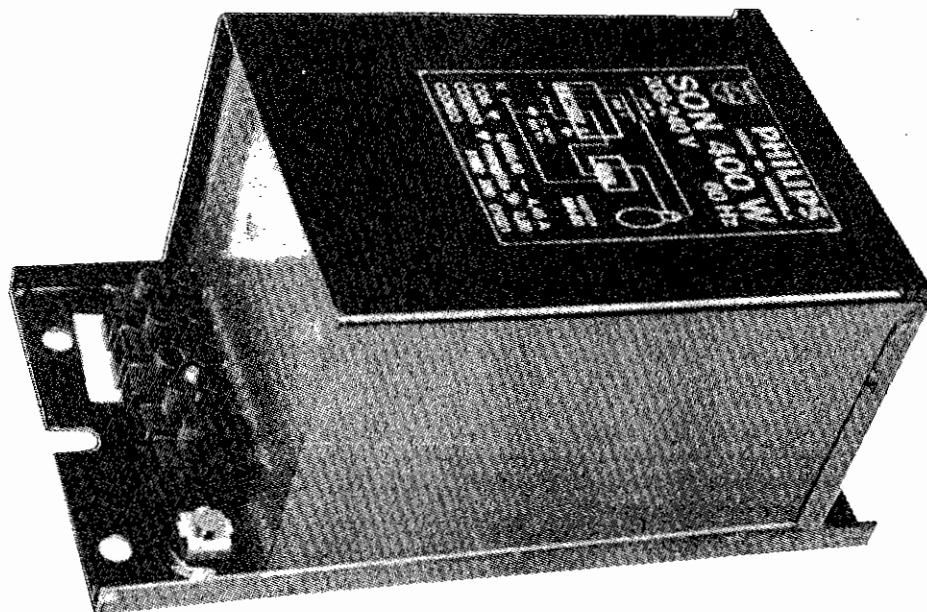
\*\* SF: Sin fotocélula  
CF: Con fotocélula

# **ANEXO E**

## **IGNITORES Y BALASTOS**

# Philips Iluminación

**BALASTOS PARA LÁMPARAS  
DE DESCARGA**



## DESCRIPCIÓN

LOS BALASTOS PARA LÁMPARAS DE DESCARGA DE MERCURIO, HALUROS METÁLICOS Y SODIO ALTA TENSION, SON FABRICADOS DE ACUERDO A LAS NORMAS INTERNACIONALES IEC-662, IEC-282 E IEC-458.

PARA QUE LAS LÁMPARAS DE DESCARGA TENGAN UN ADECUADO FUNCIONAMIENTO, DEBEN SER OPERADAS CON UN BALASTO APROPIADO Y UN IGNITOR CUANDO LA LÁMPARA LO REQUIERA PARA SU ENCENDIDO Y UN CAPACITOR PARA CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA.

LOS BALASTOS PRESENTAN LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:

- ENCAPSULADOS EN POLIÉSTER DENTRO DE UNA CAJA METÁLICA, LO QUE LOS HACE MÁS RESISTENTES A LA HUMEDAD Y ALTAS TEMPERATURAS.
- TAMAÑO COMPACTO, DISEÑADO PARA SER INSTALADO DENTRO DE LAS LUMINARIAS O EN TABLEROS Y CAJAS AUXILIARES.
- REGLETA DE CONEXIONES PARA FACILITAR SU INSTALACIÓN.

## APLICACIONES

- ILUMINACIÓN PÚBLICA.
- ILUMINACIÓN DEPORTIVA.
- ILUMINACIÓN DE ÁREAS.
- ILUMINACIÓN INDUSTRIAL.

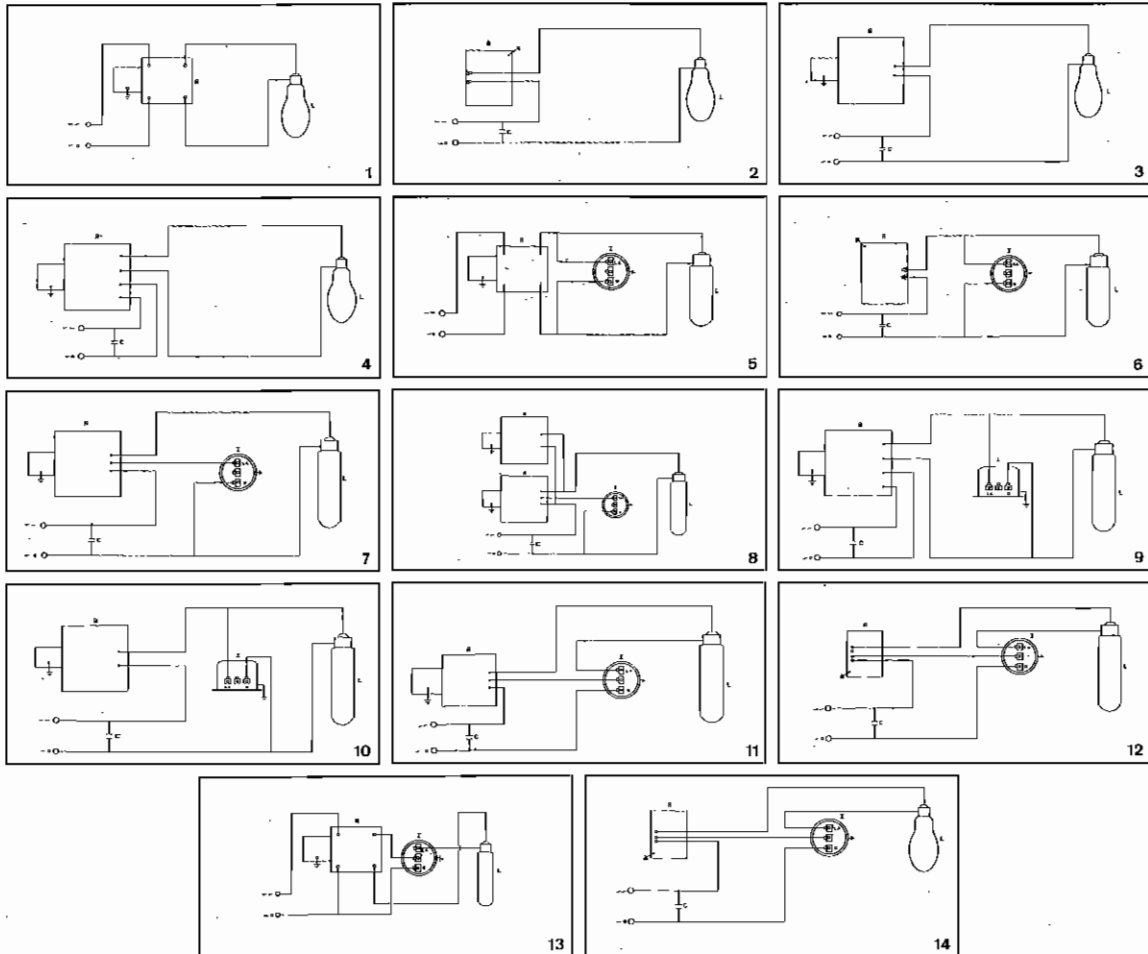
Philips Lighting



# PHILIPS

## DATOS TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

### DIAGRAMAS DE CONEXIÓN



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

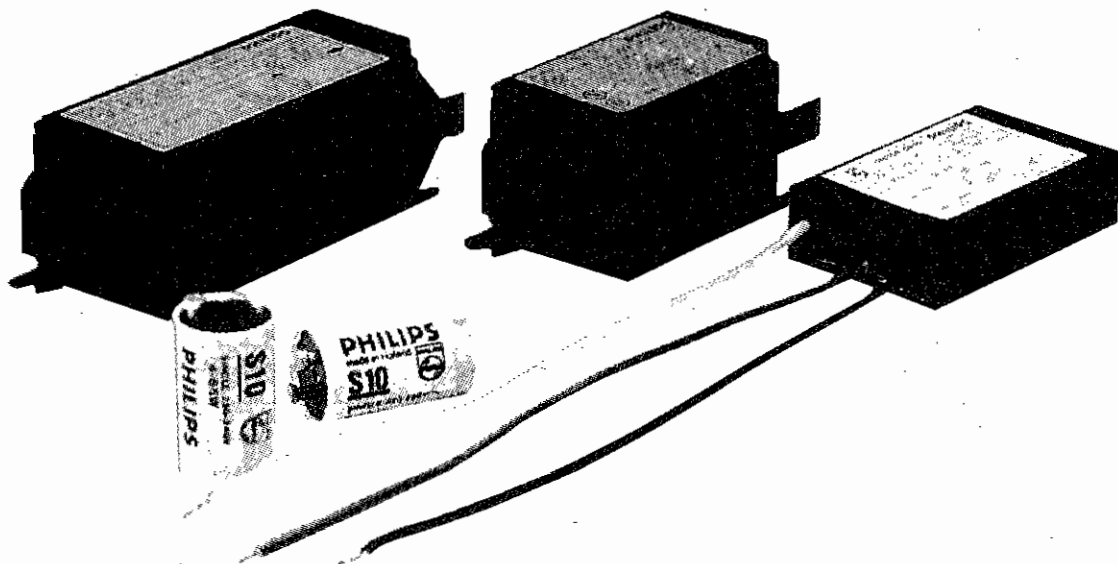
CÓDIGO	PARA LAMPARA	VOLTAJE NOMINAL (V)	CORRIENTE DE ARRANQUE Y DE OPERACIÓN			FACTOR POTENCIA	PÉRDIDAS (W)	CIRCUITO NÚMERO	
			CAPACIT. (UF)	SIN CAPAC. (A)	CON CAPAC. (A)				CON CAPAC. (A)
BH1-125W	HPL-N125W	220	10	1.85	1.13	0.87	> 0.90	12.50	1.2
BH1-175W	HPL-N175W	220	20	2.80	1.40	0.80	> 0.90	18.00	1.2
BH1-250W	HPL-N250P-1250W	220	20	3.30	1.87	1.25	> 0.90	18.00	1,2,5,8
BH1-300W	HPL-N300P-1700W	220	30	3.10	3.25	2.80	> 0.90	22.00	7,9
BH1-1000W	OP1-T1000W	220	88	13.00	6.00	4.80	> 0.90	80.00	1,14
BH1-70W	SH1-70W	220	18	1.30	0.50	0.40	> 0.90	11.00	11,12
BH1-150W	SH1/SH1T150W	220	28	2.52	0.95	0.80	> 0.90	20.00	11,12,13
BH1-250W	SH1/SH1T250W	220	38	3.90	1.70	1.32	> 0.90	25.00	11,12,13
BH1-400W	SH1/SH1T400W	220	45	3.15	2.00	2.00	> 0.90	35.00	11
BH1-1000W	SH1T1000W	220	75						





# Philips Iluminación

**IGNITORES PARA LÁMPARAS  
DE DESCARGA**



## DESCRIPCIÓN

LAS LÁMPARAS DE DESCARGA DE SODIO ALTA PRESIÓN (SON) Y MERCURIO HALOGENADO REQUIEREN DE UN PULSO DE VOLTAJE BASTANTE MAYOR AL VOLTAJE DE RED, PARA ESTABLECER INICIALMENTE LA DESCARGA Y ENCENDER. ÉSTE PULSO ES GENERADO POR EL EQUIPO ELÉCTRICO ASOCIADO MEDIANTE LA AYUDA DE UN IGNITOR.

UNA VEZ QUE LA LÁMPARA SE ENCIENDE EL IGNITOR DEJA DE FUNCIONAR AUTOMÁTICAMENTE, PERO CUANDO LA LÁMPARA ESTÁ DAÑADA O EL IGNITOR ESTÁ ENERGIZADO SIN QUE LA LÁMPARA ESTÉ CONECTADA, EL IGNITOR PERMANECE EN FUNCIONAMIENTO.

ALGUNAS LÁMPARAS NO REQUIEREN DEL IGNITOR PARA SU FUNCIONAMIENTO COMO LAS DE MERCURIO ALTA PRESIÓN, MIENTRAS QUE OTRAS VIENEN CON EL IGNITOR INCORPORADO TALES COMO EL SODIO DE 70W (SON 70W).

ESTOS IGNITORES ELECTRÓNICOS SÓLO SE PUEDEN USAR CON BALASTOS INDUCTIVOS, POR LO QUE SE RECOMIENDA USARLOS CON BALASTOS PHILIPS.

## APLICACIONES

- ILUMINACIÓN PÚBLICA.
- ILUMINACIÓN DEPORTIVA.
- ILUMINACIÓN DE ÁREAS.
- ILUMINACIÓN INDUSTRIAL.

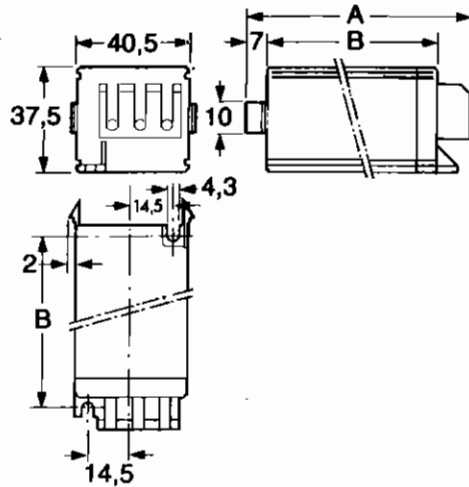
Philips Lighting



# PHILIPS

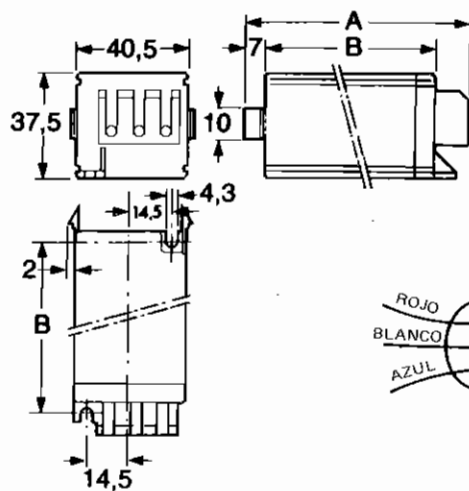
## DATOS TÉCNICOS (SUJETOS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO)

### DIMENSIONES



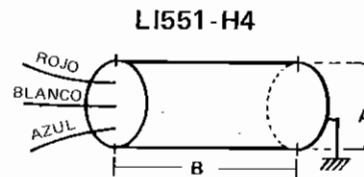
Ignitor

TIPO	A	B
S151	83,5	64
S152	83,5	64
S154	113,5	64



Ignitor

TIPO	A	B
LI551- H4	28,1	66
SN 50/58	83,5	64
SN 55	83,5	64
SN 53	83,5	64
SN 61	113,5	94



### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

CÓDIGO	PARA LAMPARA	VOLTAJE OPERACIÓN (V)	TEMPERATURA DE OPERACIÓN (°C)
SI-51	HPI-1250W	208-240	20 +80
SI-51	HPI-1400W	208-240	20 +80
SI-52	HPI-T1.000W	208-240	20 +80
SI-52	HPI-T2.000W	208-240	20 +80
SN-57	SDN 70W	208-240	20 +80
SN-58	SDN(T)150W	208-240	20 +80
SN-58	SDN(T)250W	208-240	20 +80
SN-58	SDN(T)400W	208-240	20 +80
SN-53	SDN(T)1.000W	208-240	20 +80

# **ANEXO F**

**TABLAS SOBRE NIVELES DE  
ILUMINACION , COEFICIENTE DE  
UTILIZACION Y RECOMENDACIONES  
PARA CUADRICULA**

Tabla F.1 Niveles y factor de uniformidad.

Iluminancia	4 lux	7 lux	15 lux	22 lux	30 lux
Uniformidad	0,15	0,20	0,25	0,30	0,30
<b>TIPO DE VIA</b>					
Vía principal continuación de carretera de red básica, afluente a una de estas	-	250-500	500-1000	1000-1800	1800
Vía principal continuación de carretera de red comarcal	-	300-600	600-1200	-	-
Vía principal continuación de carretera de red local o vecinal	-	400-800	-	-	-
Vías urbanas	150-300	300-600	600-1200	1200	2400

Tabla F.2 Valores mínimos y normales de los niveles de iluminación y sus factores de uniformidad.

Tipo de vía	Valores mínimos		Valores normales	
	Iluminación media (lx)	Factor de uniformidad	Iluminación media (lx)	Factor de uniformidad
Carreteras de las redes básicas o afluentes	15	0,25	15	0,30
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes básicas o afluentes	15	0,25	22	0,30
Vías principales o de penetración continuación de carreteras de las redes local o vecinal	7	0,20	22	0,25
Vías industriales	4	0,15	10	0,20
Vías comerciales de lujo con tráfico rodado	15	0,25	7	0,30
Vías comerciales con tráfico rodado en general	7	0,20	22	0,25
Vías comerciales sin tráfico rodado	4	0,15	15	0,25
Vías residenciales con tráfico rodado	7	0,15	10	0,25
Vías residenciales con poco tráfico rodado	4	0,15	10	0,25
Grandes plazas	15	0,25	7	0,30
Plazas en general	7	0,20	20	0,25
Paseos	10	0,25	10	0,25

Tabla F.3 Niveles de iluminación para carreteras y calles

Espacio a iluminar	Iluminación media (lx)	Coefficiente de Uniformidad
Carreteras		
Tránsito ligero	0,5 a 2	0,15
Tránsito mediano	1 a 4	0,15 a 0,25
Tránsito importante	2 a 8	0,25 a 0,35
Tránsito muy importante	3 a 12	0,30 a 0,50
Calles		
Residenciales	0,2 a 1	0,10 a 0,13
Comerciales	8 a 15	0,30 a 0,50

Tabla F.4 Niveles de iluminación nominal.

Clase de instalación de alumbrado	Tipo de vía pública	Iluminación horizontal (A) nivel del suelo) (lx)	Grado de uniformidad U <sub>g</sub> = E <sub>min</sub> /E <sub>máx</sub>	Deslumbramiento
A <sub>1</sub>	Carreteras con intenso y rápido tráfico rodado, escaso tránsito de peatones (autopistas, carreteras de intenso tráfico, carreteras de circunvalación, etc.)	20/25	óptimo (1/3)	<input type="checkbox"/>
A <sub>2</sub>	Vías exteriores de mediano tráfico	10/15	óptimo (1/3)	<input type="checkbox"/>
B <sub>1</sub>	Vías urbanas con intenso tráfico rodado y fuerte tránsito de peatones (calles o plazas de principal importancia)	10/15	bueno (1/3,5)	O
B <sub>2</sub>	Vías y paseos residenciales o secundarios con escaso tráfico	10/15	discreto(1/4)	O
C <sub>1</sub>	Vías y paseos residenciales o secundarios con escaso tráfico	5/10	cualquiera	Δ
C <sub>2</sub>	Vías reservadas solo para peatones, pasos junto a la orilla del mar, o de lagos	5/10	cualquiera	Δ

Extremadamente reducido      O Reducido      Δ Moderado

Tabla F.5 Altura de los puntos de luz con relación de la calzada.

Clase de instalación de alumbrado	Anchura de la calzada (m)	Disposición recomendada	Altura de montaje (m)
A <sub>1</sub>	8/10	1-2	10/12
	≥10	2-4	≥12
A <sub>2</sub>	≤10	1	≥10
	>10	2-3	10/12
B <sub>1</sub>	<8	1	≥8
	8/10	1-2	8/10
	>10	2-3	≥10
B <sub>2</sub>	<8	1	>7,5
	>8	1	8/9
C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub>	---	1	7,5/9

1. Unilateral
2. Bilateral o tresbolillo
3. Bilateral pareada
4. Doble central.

Tabla F.6 Altura en función del tipo y potencia de la lámpara.

Clase de instalación de alumbrado	Lámpara	Potencia (W)	Altura de montaje (m)
A <sub>1</sub> - A <sub>2</sub>	Sodio a lata presión yoduros metálicos	400	≥12
	Vapor de mercurio (*) o sodio a alta presión	250	9/12
B <sub>1</sub> - B <sub>2</sub>	Sodio a baja presión	90/135	9/12
B <sub>2</sub> - C <sub>1</sub>	Vapor de mercurio (*)	80/125	8/10
C <sub>2</sub>	Vapor de mercurio (*)	50	>6

Tabla F.7 Valores de la relación separación/altura de montaje.

Tipo de luminaria	Lámparas de ampolla fluorescente (gran superficie emisora)	Lámparas claras (de emisión concentrada)
Apantallada	2,8/3,2	3/3,5
Semi-apantallada	3/3,5	3,2/3,8
Sin apantallar	más de 3,5	más de 3,5

Tabla F.8 Iluminación

MATERIAL	ESTADO	FACTOR DE REFLEXION	ALREDEDOR ES POCO ILUMINADOS	ALREDEDOR ES BASTANTE ILUMINADOS	ALREDEDOR ES MUY ILUMINADOS
Mármol blanco	Bastante limpio	60-65	50	70	100
Granito		10-15	200	300	500
Cemento o piedra clara		40-50	50	70	100
Cemento o piedra oscura		25	100	150	200
cemento o piedra	Muy sucio	5	(1)	(1)	(1)
Pintura imitación cemento	Limpia	50	50	70	100
Ladrillo blanco		85	30	50	70
Ladrillo amarillo		35	70	100	150
Ladrillo rojo		25	100	150	200
Ladrillo rojo	Sucio	1-5	(1)	(1)	(1)

Tabla F.9 Tipo de ayudas visuales de pistas de aterrizaje de aeropuertos.

Nombre de la ayuda visual	Codificación FAA	Codificación FAA	Potencia de lámparas (w)	Consumo en vatios con pérdidas	Color de los filtros de las unidades
	Anterior	Actual			
1. Luces de pista					
a) Alta intensidad	L-819	L-862	200	250 <sup>3</sup>	blanco y ambar <sup>1</sup>
b) Media intensidad	L-802	L-861	45	65 <sup>3</sup>	
2. Luces de calle de rodaje	L-802 <sup>2</sup>	L861 T	45	65	Azul
2. Luces de umbral					
a) Alta intensidad	L-838	L-838 <sup>4</sup>	Par 56	250	Verde
b) Media intensidad	L-819	L-862	200	250 <sup>3</sup>	Verde
	L-802	L-861 E	45	65	Verde
4. Luces de inminencia de umbral	L-982	L-982	Par 56	250	Rojo
5. Luces de eje de pista					
a) Alta intensidad	L-850	L-850 A	200	250	Blanco
b) Media intensidad	L-842	---	45	65	Blanco
6. Luces de zona de contacto	L-843	L-850 B	200	250	Blanco
7. Luces del sistema de aproximación	L-982	L-982	200	250	Blanco

<sup>1</sup> Se utiliza filtro ámbar en los últimos 600 m de la pista

<sup>2</sup> Se emplea la L-822 en las intersecciones

<sup>3</sup> Del Airport Engineering Bulletin núm. 7 de la CAA

<sup>4</sup> Para zonas de operación en donde las luces elevadas constituyen un peligro

Tabla F.10 Características de las luces de pista

Luz	Color	Intensidad media mínima (cdx1000)
Sistema de aproximación	blanco	20
Lateral de aproximación	rojo	5
Umbral	verde	10
Barras de ala (umbral)	verde	10
Zona de toma de contacto	blanco	5
Eje de pista	blanco/rojo	5,2.5,1.25 <sup>1</sup>
Borde de pista	blanco <sup>2</sup>	10
Extremo de pista	rojo	2.5

<sup>1</sup> Dependiendo de la distancia 30m, 15m y 7,5m.

<sup>2</sup> Ambar en los últimos 600m de la pista



**NIVELES RECOMENDADOS DE ILUMINACIÓN  
POR APLICACIÓN**

<i>Aplicación general</i>	<i>Luxes mínimos promedio recomendado †</i>		
<i>Acropuertos</i>			
Plataforma de hangares hasta 16 m	10		
Plataforma de hangares hasta 60 m	5.0		
Área de centro de servicio de aeronaves	20 (vertical)		
<i>Alamedas</i>	50	100	
<i>Astilleros</i>			
General	50		
Caminos	100		
Áreas de fabricación	300		
<i>Caminos industriales</i>			
Cerca de edificios	10		
Lejos de edificios	5		
<i>Canteras</i>	50		
<i>Construcciones</i>			
General	100		
Excavaciones	20		
<i>Chimeneas industriales y tanques elevados con anuncios</i>			
Alrededores brillantes:			
Superficies claras	500		
Superficies oscuras	1 000		
Alrededores oscuros:			
Superficies claras	200		
Superficies oscuras	500		
<i>Estacionamientos</i>			
Industriales	10		
Centros comerciales	20 50		
Lotes comerciales (abiertos, guarecidos)	25		
<i>Fachada de edificios</i>	A	B	C
Mármol claro o yeso	150	100	50
Cal, ladrillos brillantes, concreto, aluminio	200	150	100
Ladrillos opacos, ladrillos rojizos u oscuros	300	200	150
Piedra café, madera u otras superficies oscuras	500	350	200
<i>Lotes para venta de automóviles</i>			
Línea del frente (primeros 6 m)	1 000-5 000		
Otras áreas	200- 750		
<i>Parques y jardines</i>	20		

	<i>Luxes mínimos promedio recomendado †</i>
<i>Patios de almacenaje</i>	
Activos	200
Inactivos	10
<i>Patios de ferrocarril</i>	
Puntos de conexión	20
Puntos de control:	
Lado del vagón para leer números	200 (Vertical)
Fosa debajo del vagón	200 (Vertical)
<i>Patios industriales/manejo de materiales</i>	50
<i>Plataformas de carga y descarga</i>	200
<i>Plataformas para pasajeros</i>	200
<i>Protección</i>	
Entradas (activas)	50
Normalmente cerradas, (poco uso)	10
Áreas vitales; patios de prisiones	50
Alrededores de edificios	10
<i>Tableros para boletines y anuncios</i>	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	500
Superficies oscuras	1 000
Alrededores oscuros:	
Superficies claras	200
Superficies oscuras	500

† Todos los valores se consideran en luxes mantenidos y en términos de un "plano horizontal" a menos de que se indique lo contrario o resulte obvio. Pueden requerirse mayores niveles de iluminación para fotografías especiales o transmisiones por televisión.

A Mucha luz ambiente; anuncios conflictivos.

B Luz ambiente media; pocos anuncios conflictivos; calles secundarias comerciales.

C Muy poca luz ambiente; residencial; rural; avenidas.

<i>Alumbro de áreas deportivas</i>	<i>Luxes mínimos promedio recomendados †</i>	
<i>Albercas</i>		
Superficie agua y alrededores	100	
<i>Arquería</i>		
Torneo	100	
Recreativa	50	
<i>Badminton</i>		
Torneo	300	
Club	200	
Recreativo	100	
<i>Basquetbol</i>		
Reglamentado	200	
Recreacional	100	
<i>Beisbol</i>	<i>Cuadro</i>	<i>fardines</i>
Liga infantil	300	200
Reglamentado		
Ligas mayores	1 500	1 000
AAA - AA	700	500
A - B	500	300
C - D	300	200
Semiprofesional y municipales	200	150
Recreacional	150	100
Combinación: beisbol, futbol	200	150

<i>Alumbrado de áreas deportivas</i>	<i>Luxes mínimos promedio recomendados †</i>	
<i>Campos de juego</i>	50	
<i>Carreras</i>		
Autos, caballos, motocicletas	200	
Bicicletas (paseos, competencias, recreativos)	300, 200, 100	
Perros	200	
Dragsters (inicio, aceleración)	100, 200	
desaceleración 1a, 2a, 201 m	150 100	
Apagado 250 m)	50	
<i>Esquiar-Pista para</i>	10	
<i>Frontenis</i>		
Profesional	1 000	
Aficionados	750	
Sobre asientos	50	
<i>Frontón a mano</i>		
Club	200	
Recreacional	100	
<i>Futbol</i>		
(Índice: distancia desde la línea de banda más cercana a la fila más alejada de los espectadores)		
Clase I: más de 30 m	1 000	
Clase II: entre 15 y 30 m	500	
Clase III: entre 9 y 15 m	300	
Clase IV: menos de 9 m	200	
Clase V: sin asientos fijos	100	
<i>Golf</i>	<i>Green</i>	<i>Trayectorias</i>
Campo	50	30 (vertical)
Distancia de tiro	100	50 (vertical)
Miniatura	100	
Green	100	
<i>Hockey sobre hielo (25.9 × 60.9 m)</i>		
Profesional	500	
Amateur	200	
Recreacional	100	
<i>Marinas</i>	10	
<i>Patinaje</i>		
Cancha	50	
Alrededores	10	
<i>Playas para bañistas</i>		
Sobre el agua hasta 45 m.	30 (verticales)	
Sobre playa 30 m de ancho	10	
<i>Plaza de toros</i>		
Ruedo	1 000	
Pasillos, túneles, palcos, gradas	50	
<i>Rodcos</i>		
Profesionales, amateurs, Recreacionales	500, 300, 100	
<i>Softbol</i>	<i>Cuadro</i>	<i>Jardines</i>
Profesional o campeonatos	500	300
Semiprofesional	300	200
Ligas industriales	200	150
Recreacional	100	70

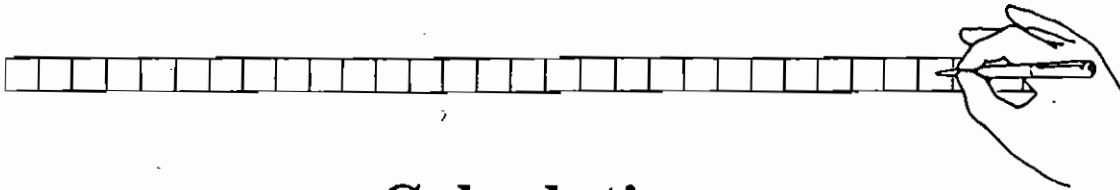
<i>Alumbrado de áreas deportivas</i>	<i>Luxes mínimos promedio recomendados †</i>
<i>Tenis-Canchas de</i>	
Torneos	300
Clubes	200
Recreacional	100
<i>Tiro con rifle o pistola</i>	
Punto de tiro, trayectoria, blanco	100, 50, 500 (vertical)
<i>Voleibol</i>	
Torneos	200
Recreacional	100

**TIPO DE PROYECTORES PARA DIFERENTES APLICACIONES<sup>1</sup>**

<i>Aplicaciones de iluminación con proyectores</i>	<i>Distancia usual en m</i>	<i>Distribución conveniente haz<sup>2</sup></i>
Edificios de dos o tres pisos iluminados desde la marquesina o postes	3-9	Amplio
Edificios iluminados desde la acera de enfrente o desde una distancia regular:		
Superficies inferiores a 300 m <sup>2</sup>	15-30	Medio
Superficies inferiores a 300 m <sup>2</sup>	15-30	Amplio
Superficies inferiores a 300 m <sup>2</sup>	30-45	Estrecho
Superficies superiores a 300 m <sup>2</sup>	30-45	Medio
Superficies inferiores a 1 000 m <sup>2</sup>	45-90	Estrecho
Superficies superiores a 1 000 m <sup>2</sup>	45-90	Medio
Edificios de tipo escalonado:		
Escalones de uno o dos pisos	En el edificio	Amplio o medio
Escalones de tres o más pisos	En el edificio	Medio o estrecho
Columnas y ornamentos	0.60-3	Estrecho
Trabajos de construcción, zonas de aparcamiento, estaciones de gasolina	En el límite	Amplio
Estadios de futbol	15-30	Medio

<sup>1</sup> De Floodlighting, General Electric Co., 1931.

<sup>2</sup> Haz angosto = 19' o menos  
Haz mediano = 20 a 35 grados  
Haz ancho = 36 grados o más.



## Calculations

**Total area :**

$$E_{\text{hor}} = n \cdot \varphi \cdot \eta / A$$

**n**            number of lamps

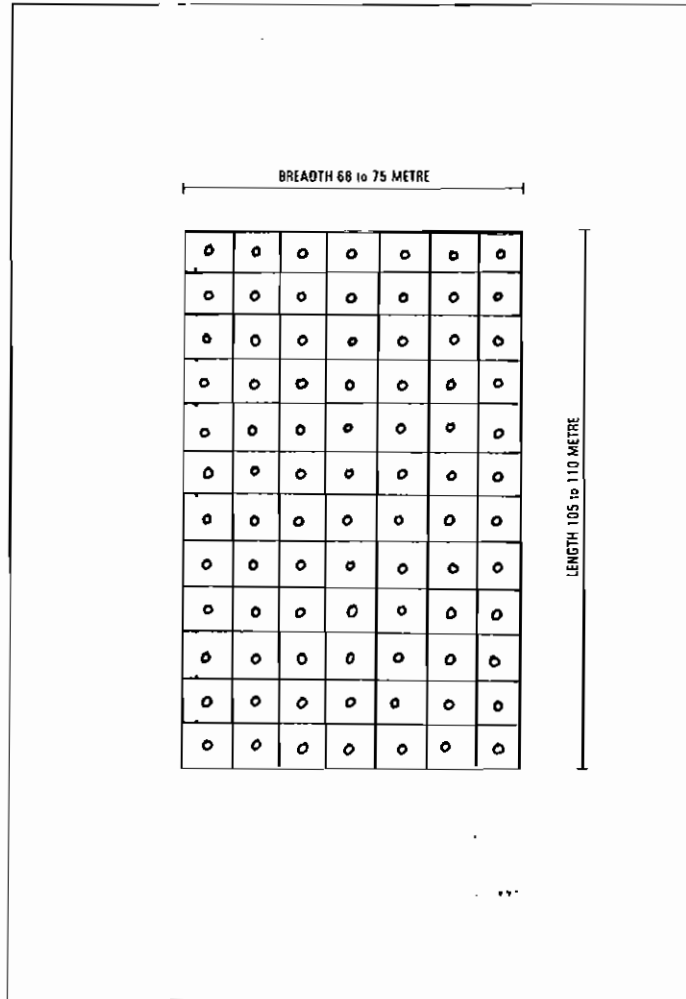
**$\varphi$**             luminous flux per lamp

**A**            area

**$\eta$**             utilisation factor

$$25 \% \leq \eta \leq 40 \%$$

$$\text{Arenavision } \eta = \pm 50 \%$$



*Figure 8b:*  
The alternative  
measuring grid in  
accordance with the  
measuring grid as  
presented in publication  
No. 67 of the CIE.

# Measurements

To prove the indicated values of the supplied lighting calculations, lighting measurements should be made. Suitable cosine-corrected, accurate and recently-calibrated instruments should be used. Correction factors may be necessary, according to the type of light source being measured, to correct the instrument used. During the light measurements, voltage measurements at both the ballast and the lamps must be made, in a regular sequence. From these measurements the lamp power and thus the lamp flux can be checked. A 5 x 5 metres measuring grid, matching the calculation grid, as shown in Figure 8a, is the preferred and the best method. A possible alternative and a more simple way of measuring is the system, as described in publication number 67 of the Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), using only 7 times 11 measuring points, equally divided over the playing area as indicated in Figure 8b.

When measuring different switching steps, care should be taken that the measurements are made with the lamps at full output.

Voltage values, weather conditions and humidity, the accuracy of the measuring equipment, etc., but also tolerances on lamps and luminaires, can result in possible deviations between measured and calculated values.

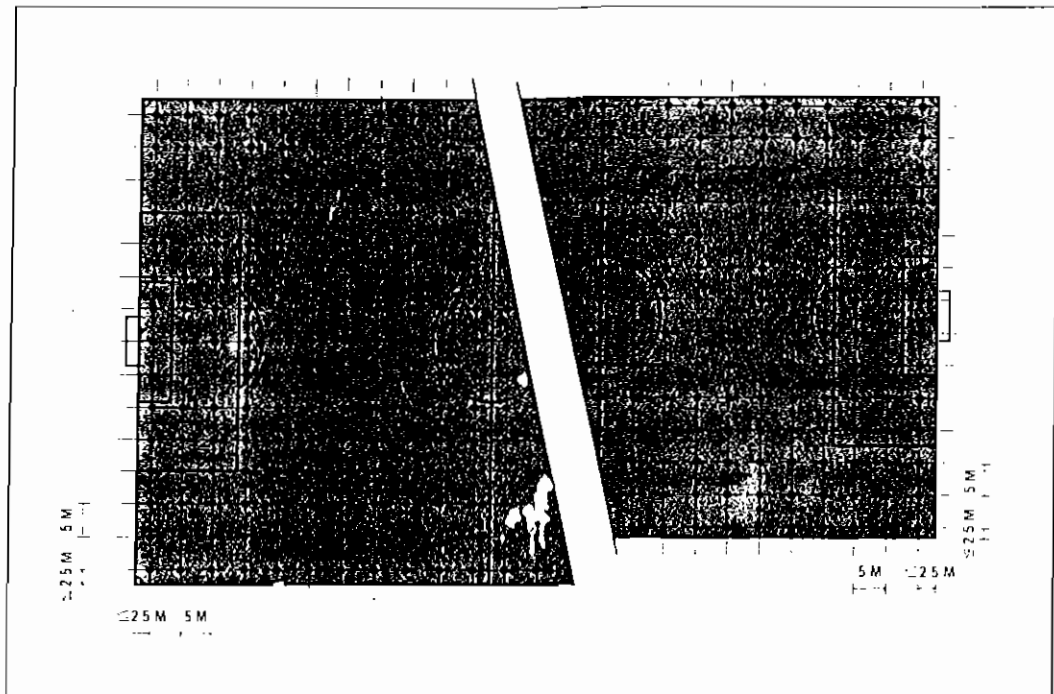
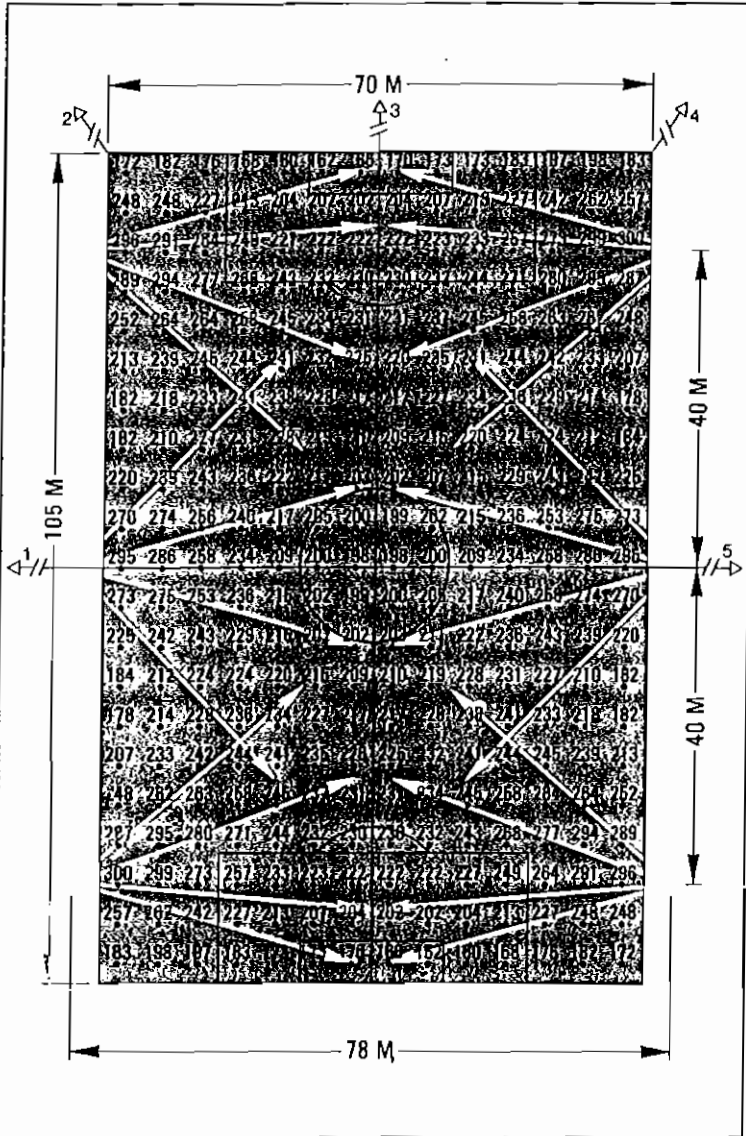


Figure 8a:

The preferred measuring grid for a maximum number of grid points (maximum pitch dimensions: 75 by 110 metres) and for a minimum number of grid points (minimum pitch dimensions: 68 by 105 metres).

**Illuminance values for level of activity**



←/— Reference positions for calculating the veiling luminance outside the venue.

**“National Competition”**

**Installation data**

Quantity/type of floodlight:	24 pcs, MNF 307M/2000
Lamp:	HPI-T 2000W 380-415V
Colour properties of the lamp:	Tk 4700, Ra 69
Mounting height:	18 metres
Number of poles:	6 pcs
Tilting of floodlight:	max. 27 degrees
Total installed load:	49.2 kW

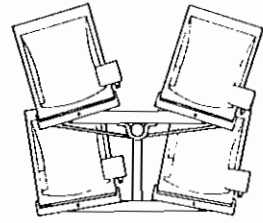
**Performance data**

Av. maintained illuminance*:	225 lux
Uniformity min/max (U1)	0.55
Uniformity min/av (U2):	0.72
Glare rating (GR)**:	44
Veiling luminance at 300m:	0.28 cd/m <sup>2</sup> (Pos. 1 and 5)
	0.16 cd/m <sup>2</sup> (Pos. 2 and 4)
	0.03 cd/m <sup>2</sup> (Pos. 3)

\* based on a maintenance factor of 0.80  
 \*\* based on a reflectance property of the pitch of 0.20

**Suggested headframe arrangement for floodlights**

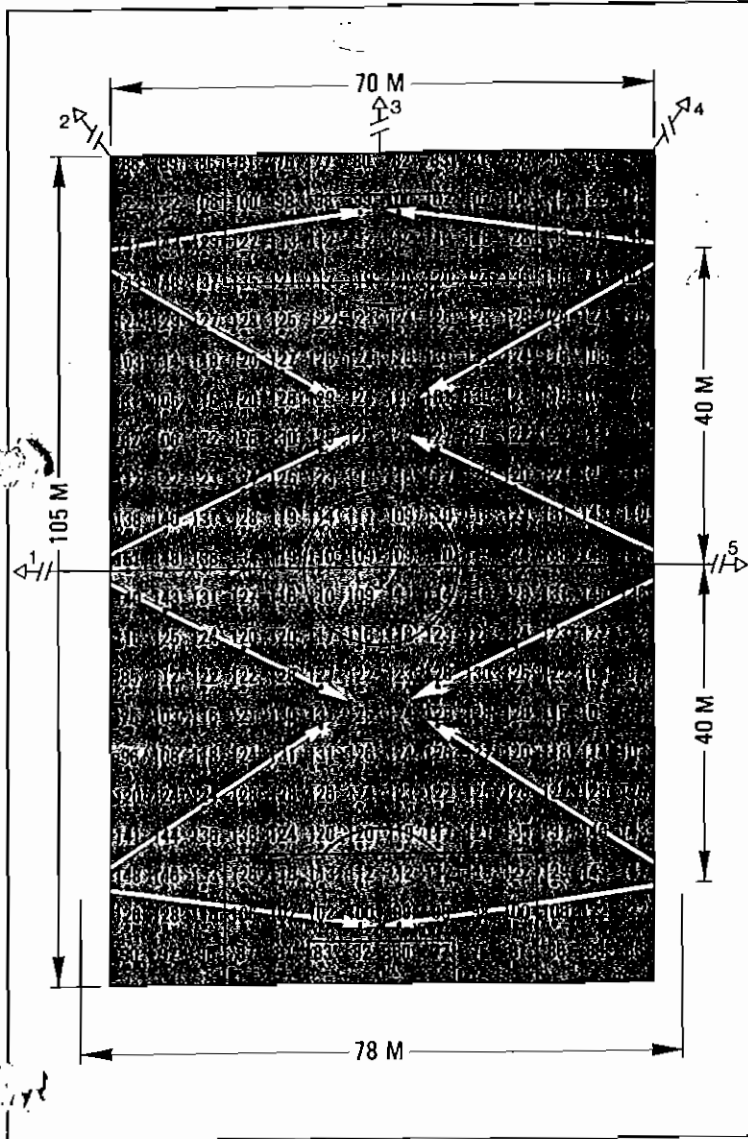
**Top-view**



(not to scale) 18m pole



**Illuminance values for level of activity**



**“Non- competitive football”**

**Installation data**

Quantity/type of floodlight:	12 pcs, MNF 307M/2000
Lamp:	HPI-T 2000W 380-415V
Colour properties of the lamp:	Tk 4700, Ra 69
Mounting height:	18 metres
Number of poles:	6 pcs
Tilting of floodlight:	max. 24 degrees
Total installed load:	24.6 kW

**Performance data**

Av. maintained illuminance*:	115 lux
Uniformity min/ max (U1):	0.50
Uniformity min/ av (U2):	0.64
Glare rating (GR)**:	45
Veiling luminance at 300m:	0.23 cd/m <sup>2</sup> (Pos. 1 and 5)
	0.12 cd/m <sup>2</sup> (Pos. 2 and 4)
	0.01 cd/m <sup>2</sup> (Pos. 3)

\* based on a maintenance factor of 0.80

\*\* based on a reflectance property of the pitch of 0.20

Suggested headframe arrangement for floodlights

**Top-view**



(not to scale)

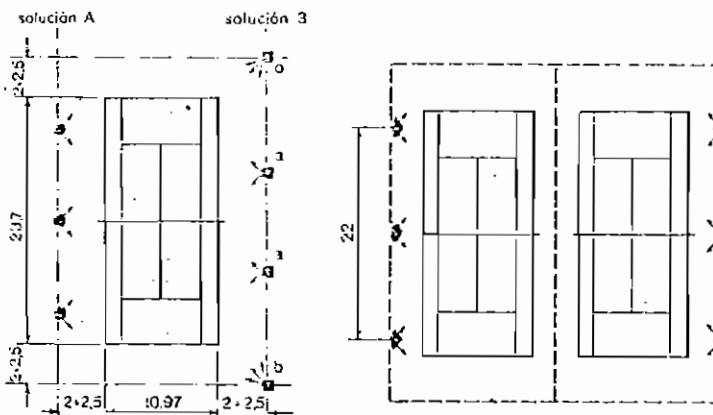
18m pole

←/→ Reference positions for calculating the veiling luminance outside the venue.

# **ANEXO G**

## **SOLUCIONES PARA ILUMINAR CANCHAS DEPORTIVAS**

## Tenis



### Cotas en metros

Disposición	●	■	■	▲	▲	▲
Iluminación media (lx)	100	200	300	100	200	300
N.º de postes	6	8	8	6	6	6
Altura de los postes (m)	10	12	15	11	11	11
Tipo de proyector	B	B	B	B	B	B
N.º de proyectores por poste	2	a-2 b-3	a-2 b-3	1	2	2
Total de proyectores	12	20	20	6	12	12
Potencia de la lámpara (W)	250 •	250 •	400 ••	1000 •••	1000 •••	1000 •
Potencia instalada (kW)	3,5	5,7	8,5	6,3	12,6	13,2

(\*) Halógenos, ampolla tubular clara.

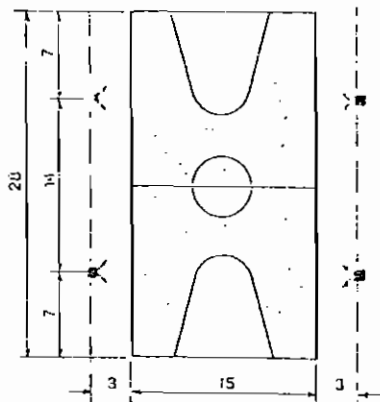
(\*\*) Halógenos, ampolla elipsoidal fluorescente.

(\*\*\*) Valor de mercurio, ampolla elipsoidal fluorescente.

## baloncesto

### Cotas en metros

Disposición	■	■
Iluminación media (lx)	100	200
N.º de postes	4	4
Altura de los postes (m)	11	11
Tipo de proyector	A	A
N.º de proyectores por poste	1	2
Total de proyectores	4	8
Potencia de la lámpara (W)	1500 •••	1500 •••
Potencia instalada (kW)	6,0	12



(\*\*\*) Halógenos.

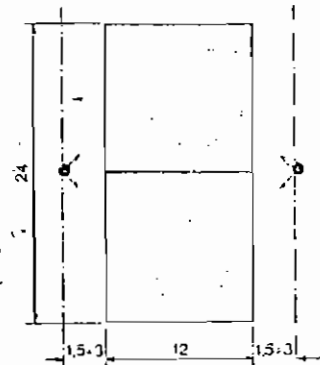
## Balonvolea

Cotas en metros

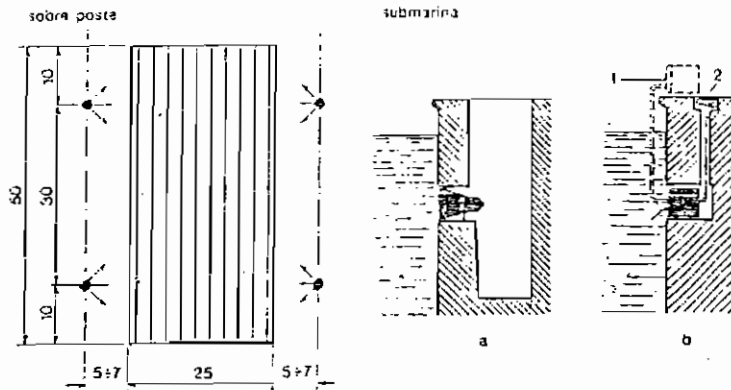
Disposición	●	●	●
Iluminación media (lx)	100	200	400
N.º de postes	2	2	2
Altura de los postes (m)	10	10	11
Tipo de proyector	B	B	B
N.º de proyectores por poste	2	1	2
Total de proyectores	4	2	4
Potencia de la lámpara (W)	400 *	1000 **	1000 **
Potencia instalada (kW)	1,7	2,1	4,2

(\*) Halógenos, ampolla elipsoidal clara

(\*\*) De halógenos, ampolla elipsoidal fluorescente.



## Piscina



Cotas en metros

Disposición	sobre poste ●	●	submarina
Iluminación media (lx)	80	150	—
N.º de postes	4	4	—
Altura de los postes (m)	12	15	—
Tipo de proyector	A	A	—
N.º de proyectores por poste	3	3	—
Total de proyectores	12	12	30
Potencia de la lámpara (W)	1500 *	2000 *	300 **
Potencia instalada (kW)	18	24	9

(\*) Halógenos.

(\*\*) De incandescencia normal, alimentación a 12 o 25 V.

Los costos de instalación y conservación de la iluminación submarina son elevados.

a — solución con un proyector tras una ventanilla hermética

b — solución con una hornacina submarina y proyector protegido para la inmersión

(1 — proyector fuera del agua; 2 — reserva de cable para permitir la extracción del aparato).

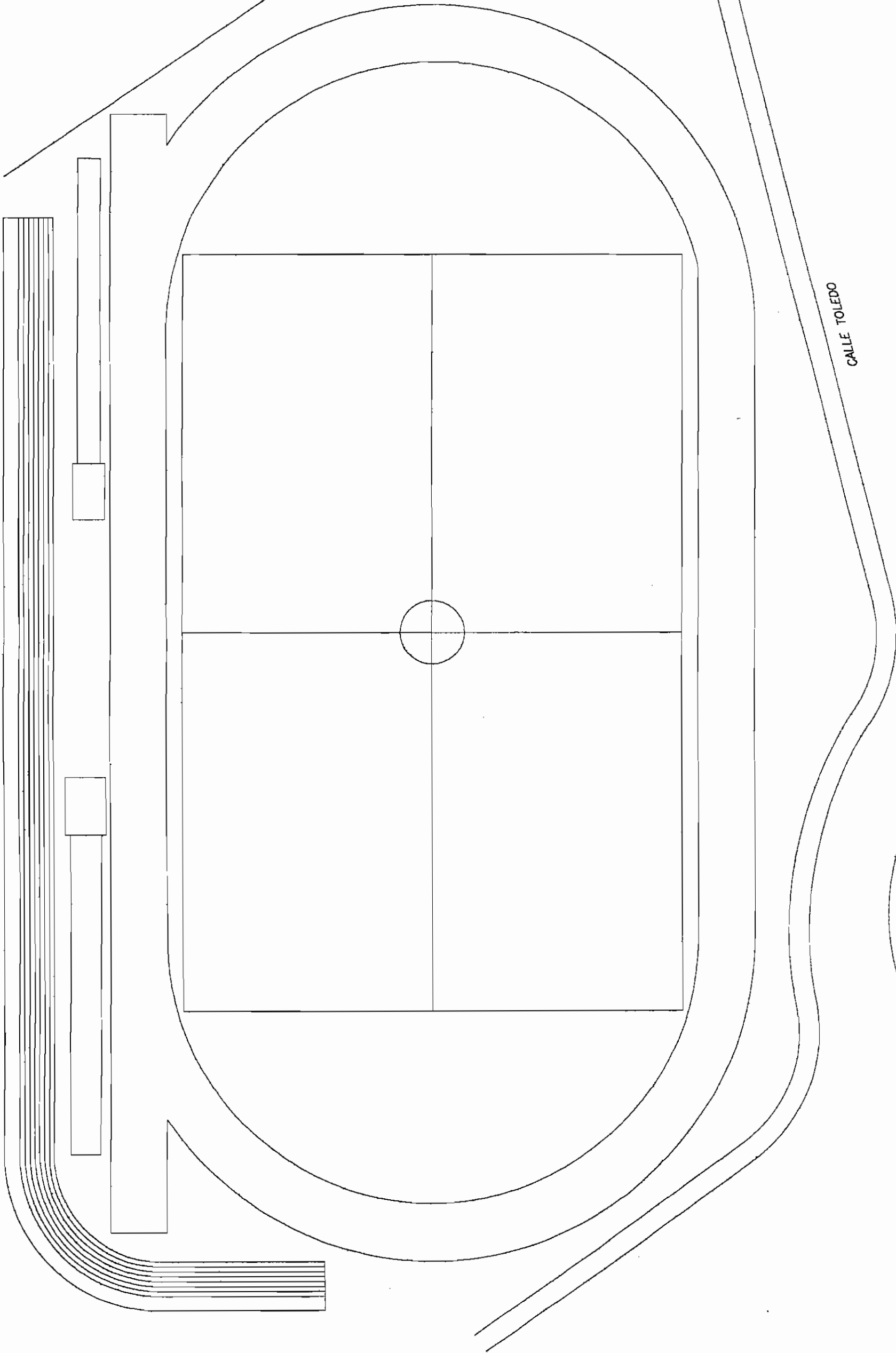
# **ANEXO II**

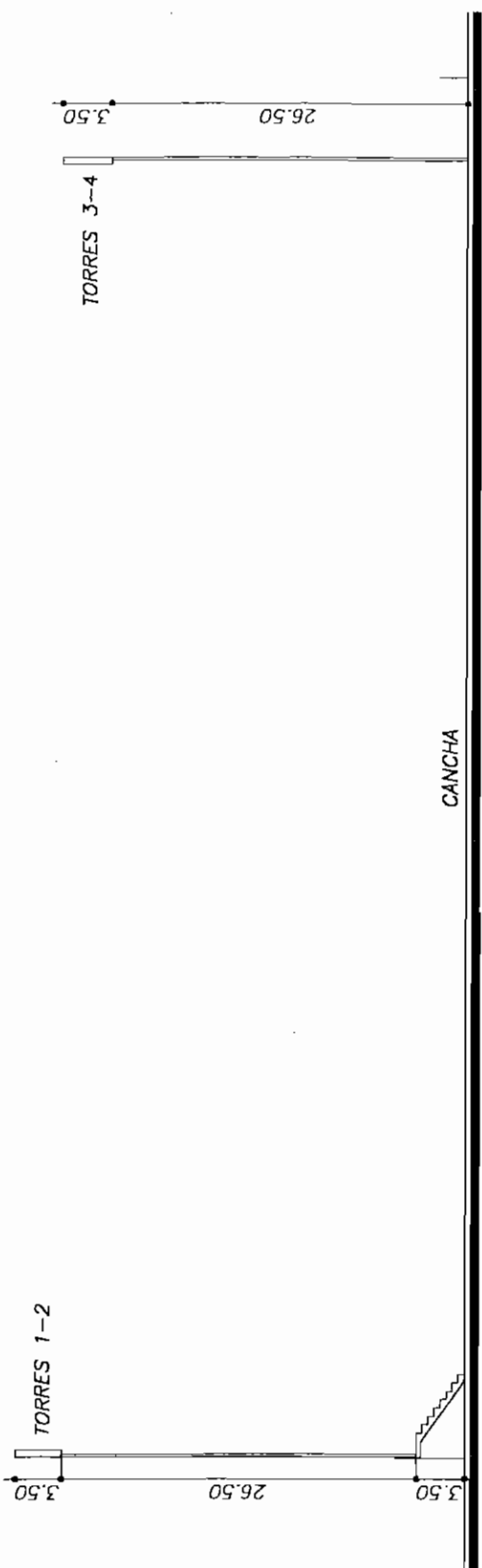
**PLANOS Y CORTES DEL ESTADIO DE  
LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

# IMPLANTACION GENERAL

ESCALA-----1:500

CALLE TOLEDO





# CORTE TRANSVERSAL

ESCALA-----1:500

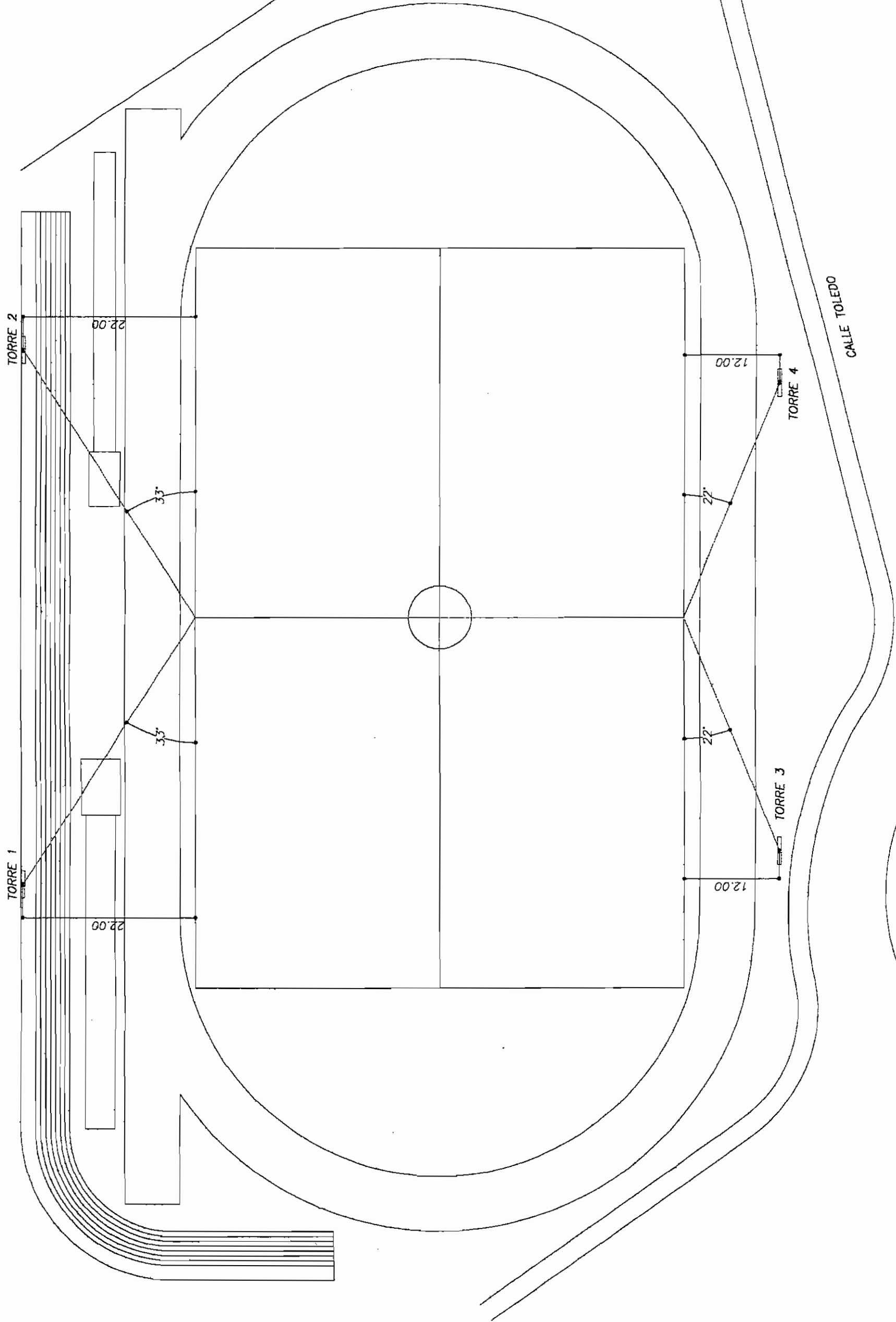
LAMINA No.

2

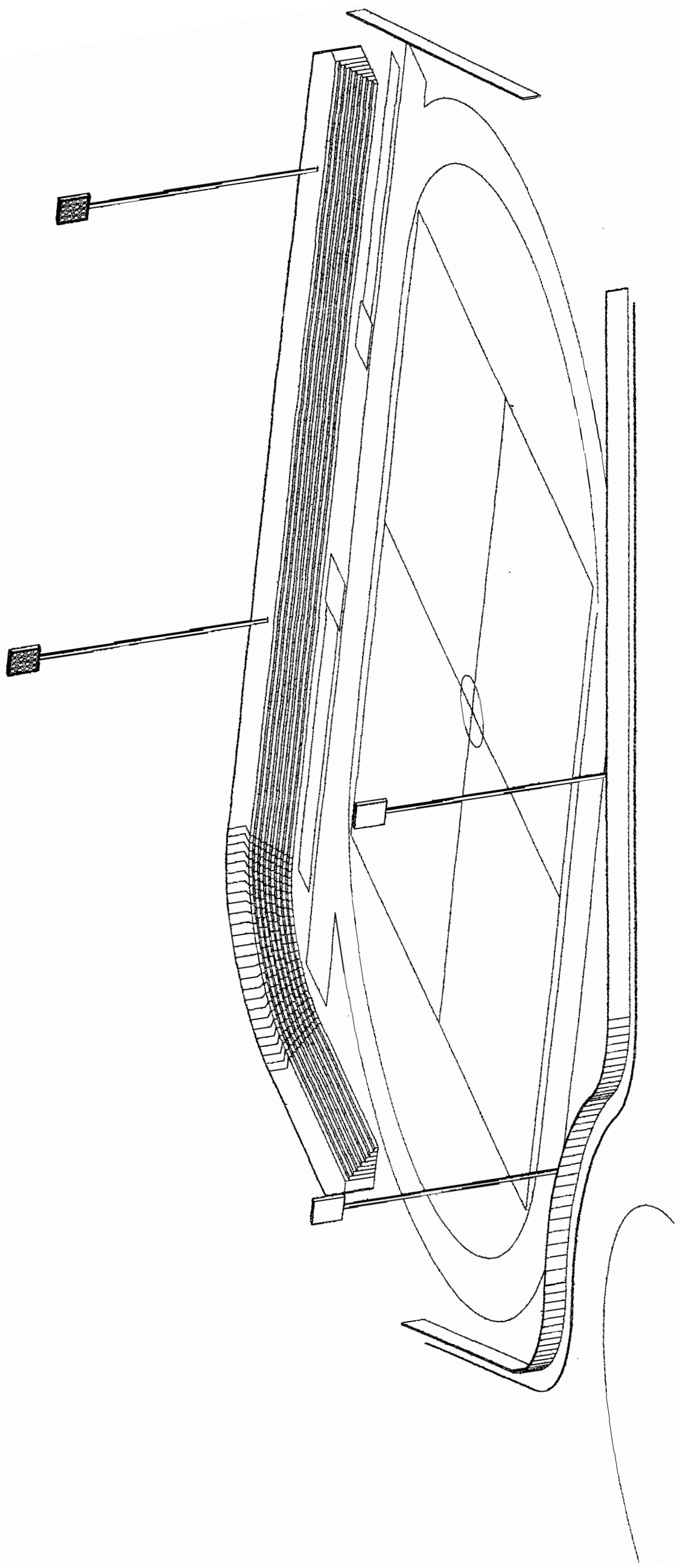
# UBICACION TORRES DE ILUMINACION

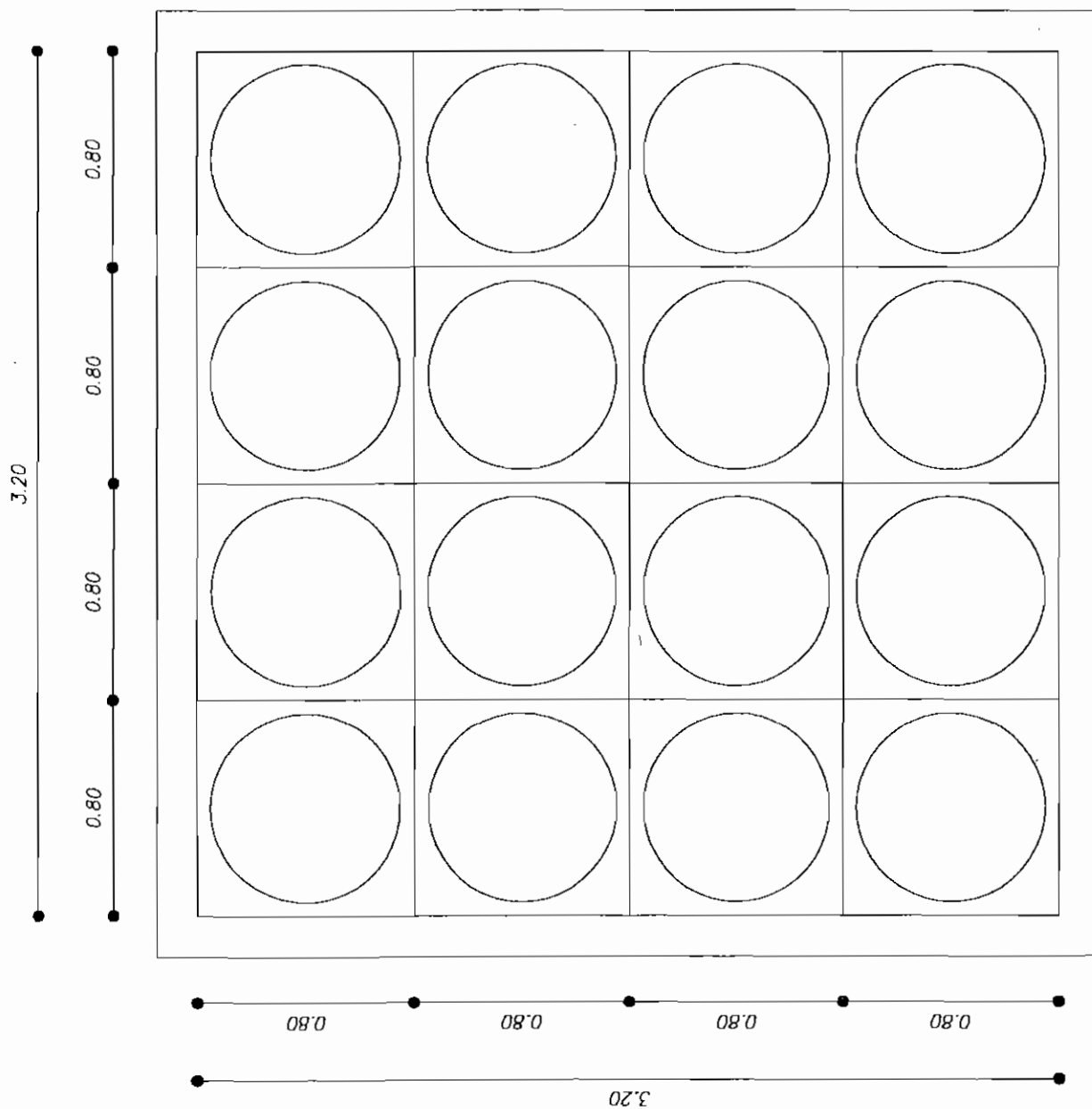
ESCALA 1:500

CALLE TOLEDO









**DETALLE DE LAS LUMINARIAS**

ESCALA-----1:25

**NIVELES DE ILUMINACION**

ESCALA -----1:500

8.97	17.35	39.31	56.98	85.44	151.59	293.78	628.23	800.00	805.00	807.35	320.13	153.88	91.03	50.95	24.94	30.05
19.36	40.13	79.44	151.73	292.79	538.43	682.42	792.67	860.89	787.30	867.17	721.56	538.83	305.22	145.73	67.79	36.08
30.59	65.21	206.08	298.57	513.91	594.03	548.32	505.16	482.71	460.61	482.04	531.81	558.38	468.99	267.31	128.35	60.73
38.15	100.07	169.03	432.05	543.60	429.34	530.85	566.13	633.26	560.38	567.81	561.01	406.74	549.76	398.41	156.53	82.54
45.52	89.48	171.60	408.72	545.00	550.45	698.91	719.05	701.95	617.71	760.04	698.85	776.36	550.99	408.46	168.78	79.67
45.64	89.71	192.73	395.32	520.89	656.53	759.76	634.22	762.69	526.19	763.41	654.08	752.99	623.61	407.31	186.45	271.02
47.69	93.97	181.24	515.06	512.38	554.45	646.09	592.42	565.45	427.05	541.81	584.14	648.06	492.74	503.24	167.61	256.65
37.35	84.56	167.49	494.32	511.79	537.16	535.66	479.90	459.09	440.76	469.48	525.45	523.01	491.08	831.58	160.62	75.23
26.79	58.38	116.24	229.01	453.99	675.21	693.11	721.69	734.41	609.56	734.28	709.35	695.14	475.79	223.61	105.15	50.84
12.45	27.64	49.02	89.41	163.29	248.77	424.93	849.45	850.00	860.00	925.89	475.03	279.23	177.88	98.52	59.58	30.22

## GLOSARIO

Concepto ángulo sólido.- Angulo sólido es aquel formado por la superficie lateral de un cono cuyo vértice coincide con el centro de una esfera de radio R y cuya base se encuentra situada sobre la esfera. La unidad del ángulo sólido es el estereoradián y se lo representa con la letra  $\omega$ .

Flujo Luminoso.- Es la energía luminosa radiada al espacio por la unidad de tiempo, se la representa con la letra  $\phi$  o F y su unidad es el lumen (lm).

Intensidad Luminosa .- Es el flujo luminoso emitido por una fuente en una determinada dirección dividido para el ángulo sólido que lo contiene. Se representa con la letra I y su unidad la candela (cd).

$$I = \frac{d\phi}{d\omega}$$

Iluminancia.- Es el flujo luminoso incidente por unidad de superficie y se simboliza por la letra E. La unidad de la iluminancia es el lux (lx).

$$E = \frac{d\phi}{dS}$$

Luminancia.- Es la magnitud que mide el brillo de los objetos iluminados o fuentes de luz, tal como son observados por el ojo. Se expresa en candelas para metro cuadrado ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Se la representa con la letra L.

$$L = \frac{I}{S}$$

Índice de refracción.- Es la relación de la velocidad de la luz a través del aire y su velocidad a través del medio o sustancia correspondiente.

$$n = \frac{v_a}{v_m}$$

Coeficiente de Uniformidad .-  $U_g$  .- Es la relación entre el valor del nivel mínimo de iluminación y el valor máximo del nivel de iluminación. Se determina con la siguiente relación:

$$U_g = \frac{E_{min}}{E_{max}}$$

Coeficiente de utilización  $\eta_u$  .- El coeficiente de utilización puede definirse: como la relación entre el flujo luminoso que incide sobre la calzada o zona a iluminar o flujo útil  $\phi_u$ , y el flujo luminoso nominal emitido por la lámpara  $\phi_L$ .

$$\eta_u = \frac{\phi_u}{\phi_L}$$

Coeficiente de depreciación .-  $K_d$ . Este coeficiente está relacionado con la depreciación luminosa de la lámpara, por lo tanto es específico para cada lámpara y se encuentra tabulado en la tabla 2.3

Coeficiente de conservación .-  $K_m$ . Este coeficiente está relacionado con el envejecimiento de la lámpara y de la luminaria, también con la pérdida de luz debida a la presencia de suciedad acumulada sobre ambos elementos, es propio para cada luminaria y se encuentra tabulado en la tabla 2.4.

Sistema de Iluminación .- Término utilizado para definir al conjunto luminaria, lámpara y accesorios complementarios que se utilizan en los diseños de iluminación.

Cancha Tipo II .- Son canchas que sirven para competencias deportivas de segunda categoría. Pueden tener de 10000 a 20000 espectadores.

CIE.- Estas siglas representan al Comité Internacional de Electrificación e iluminación.

Flood light .- Proyector de haz ancho horizontal.

FAA .- Administración Federal de Aviación.

OAC .- Organización de Aviación Civil Internacional.

REIL .- Sistema de Identificación de Cabecera de Pista.

VASI .- Sistema Visual de Pendiente de Aproximación

VFR .- Leyes Visuales de Vuelo

CCTV..- Circuito Cerrado de Televisión

ENPI .- Instituto Italiano de la Marca de Calidad

UNE, AEE .- Marcas de Calidad Española.