



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería Eléctrica**



"CRITERIOS NORMAS Y METODOS DE EVALUACION  
EN PROYECTOS DE ILUMINACION DEPORTIVA"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:  
**INGENIERO EN ELECTRICIDAD**  
Especialización: POTENCIA

Presentada por:  
**Flor Elena Espinoza Amaguaña**

Guayaquil - Ecuador  
1.988

## DEDICATORIA

### A MI MADRE


Por su invaluable esfuerzo  
de ayudarme a convertir en  
lo que soy ahora.

### A MI PADRE

Con todo cariño.

## AGRADECIMIENTO

Al ING. ALBERTO HANZE  
BELLO Director de Tesis,  
por su ayuda y  
colaboración para la  
realización de este  
trabajo.



Ing. Carlos Villafuerte Peña  
SUBDECANO DE LA FACULTAD  
DE INGENIERIA ELECTRICA



Ing. Alberto Hanze Bello  
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Vladimir Bermudez D.  
MIEMBRO PRINCIPAL



Ing. Juan Gallo G.  
MIEMBRO PRINCIPAL

## DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS EXPUESTOS EN ESTA TESIS, ME CORRESPONDEN EXCLUSIVAMENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DE LA MISMA A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA ESPOL).

A handwritten signature in cursive script, enclosed within an oval-shaped scribble. The signature is written over a horizontal dashed line.

FLOR ELENA ESPINOZA AMAGUARA

## RESUMEN

El presente trabajo se inicia analizando los proyectores que son las fuentes luminosas capaces de proporcionar un alto nivel de iluminación, se dará a conocer la constitución, clasificación, funcionamiento y características de estos equipos así como de las lámparas empleadas en un alumbrado con proyectores.

Después de haber revisado el comportamiento del proyector se analizarán las ventajas y desventajas de las lámparas utilizadas en un alumbrado con proyectores.

Luego se procede a analizar los diferentes factores tanto físicos como humanos que intervienen en un alumbrado deportivo; se fijarán los objetivos que se deben perseguir y los criterios necesarios para proporcionar el nivel de iluminación requerido para el desarrollo y seguimiento del juego dependiendo de la categoría del mismo y que a su vez cumpla con las exigencias visuales de los tres grupos observadores. En esta fase del trabajo se dará a conocer las recomendaciones basadas en la experiencia para conseguir una buena ubicación, altura de montaje y dirección de los proyectores así como también la forma de

disminuir el efecto de deslumbramiento producido por los equipos de alumbrado.

Una vez que se conoce los problemas presentados en un alumbrado deportivo exterior y su forma de minimizarlos; se establecen los métodos de cálculo para obtener la cantidad de luminarias que se requieren para proporcionar un determinado nivel de iluminación sobre el área de juego para lo que se utiliza el método de los lúmenes y luego aplicando el método punto por punto se calcula la cantidad de lúmenes en cada punto de la cancha y el grado de uniformidad sobre la misma.

Por último se desarrolla un ejemplo para demostrar la aplicación de los métodos antes mencionados; para el desarrollo del ejemplo se tomará una cancha de tenis cuyos niveles de iluminación están dados en el manual de alumbrado Philips.

## INDICE GENERAL

	Pag.
RESUMEN.....	V
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INDICE DE TABLAS.....	XII
INTRODUCCION.....	XIV

### CAPITULO I

#### EL PROYECTOR

1.1. Concepto de proyector.....	15
1.2. Partes esenciales de un proyector.....	15
1.3. Clasificación de los proyectores.....	17
1.3.1. Clasificación de los proyectores según su construcción.	
1.3.2. Clasificación de los proyectores según la cobertura del haz luminoso.	
1.3.3. Clasificación de los proyectores según las características del reflector.	



1.3.4. Clasificación de los proyectores por su sistema óptico.	
1.4. Selección de los proyectores para alumbrado deportivo.....	29

## CAPITULO II

### TERMINOS RELACIONADOS CON LOS PROYECTORES

2.1. Distribución de la intensidad luminosa de los proyectores.....	32
2.1.1. Amplitud del haz luminoso.	
2.1.2. Luz difusa	
2.1.3. Luz no aprovechada.	
2.1.4. Eficacia del haz del proyector.	
2.2. Area iluminada por el proyector.....	37
2.3. Iluminancia vertical y horizontal.....	38
2.4. Datos fotométricos de los proyectores proporcionados por el fabricante.....	41

## CAPITULO III

### FUENTES DE LUZ UTILIZADAS EN EL ALUMBRADO DEPORTIVO

3.1. Lámparas incandescentes convencionales.....	47
3.2. Lámparas incandescentes halógenas.....	49
3.3. Lámparas de gas de descarga.....	51
3.3.1. Lámparas de halogenuro metálico.	

3.3.2. Lámparas de vapor de mercurio de alta presión.

3.3.3. Lámparas de vapor de sodio de alta presión.

## CAPITULO IV

### CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA LA ILUMINACION DE CAMPOS DEPORTIVOS.

4.1. Generalidades.....	57
4.2. Objetivos de una iluminación deportiva.....	58
4.3. Niveles de iluminación recomendados.....	58
4.3.1. Consideraciones generales.	
4.3.2. Uniformidad de iluminación vertical y horizontal.	
4.3.3. Factores que influyen en la percepción visual.	
4.4. Requisitos de iluminación para televisión y filmación.....	76

## CAPITULO V

### MÉTODOS DE CÁLCULO DE UN ALUMBRADO DEPORTIVO

5.1. Ubicación y altura de montaje de los proyectores.....	78
5.2. Dirección y ajuste de proyectores.....	83
5.3. Técnicas de cálculo.....	89

5.3.1. Cálculo de lúmenes.	
5.3.2. Cálculo de punto por punto.	
5.4 Ejemplo de aplicación:.....	97

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### BIBLIOGRAFIA

## INTRODUCCION

El proyecto de un alumbrado de canchas deportivas involucra problemas no encontrados en otros proyectos de iluminación.

Entre estos problemas se tiene la necesidad de satisfacer los requisitos visuales de tres grupos observadores, que comprenden: los jugadores, los espectadores y los directivos; otro gran problema es el de proporcionar altos niveles de iluminación para suplir la necesidad de luz durante la noche, por lo que se requiere el uso de equipos de alumbrado especiales capaces de cumplir este requisito y que son los proyectores; a los mismos que se los considera como fuentes de deslumbramiento, efecto que ocasiona grandes problemas a los grupos observadores durante el seguimiento del juego.

En esta tesis solo se consideran las canchas deportivas exteriores, el análisis para las canchas deportivas interiores es completamente diferente y requieren de un estudio aparte.

## CAPITULO I

### EL PROYECTOR

Para iluminar una cancha deportiva exterior se requiere de equipos de iluminación capaces de proporcionar un alto nivel de iluminación en una dirección determinada, los equipos que cumplen este requisito son los proyectores. Es necesario por lo tanto conocer la constitución, funcionamiento y características de los mismos.

#### 1.1. CONCEPTO DE PROYECTOR

Un proyector es un equipo que tiene como característica la de concentrar y dirigir el flujo luminoso emitido por una fuente luminosa ubicada en su interior.

Dicha concentración está determinada por un haz comprendido dentro de un ángulo sólido cuya amplitud y configuración está definido por el sistema óptico del proyector.

#### 1.2. PARTES ESENCIALES DE UN PROYECTOR

Las partes esenciales de un proyector son tres: una

fuente luminosa, un reflector y un sistema óptico. En el siguiente gráfico se observan cada una de estas partes.

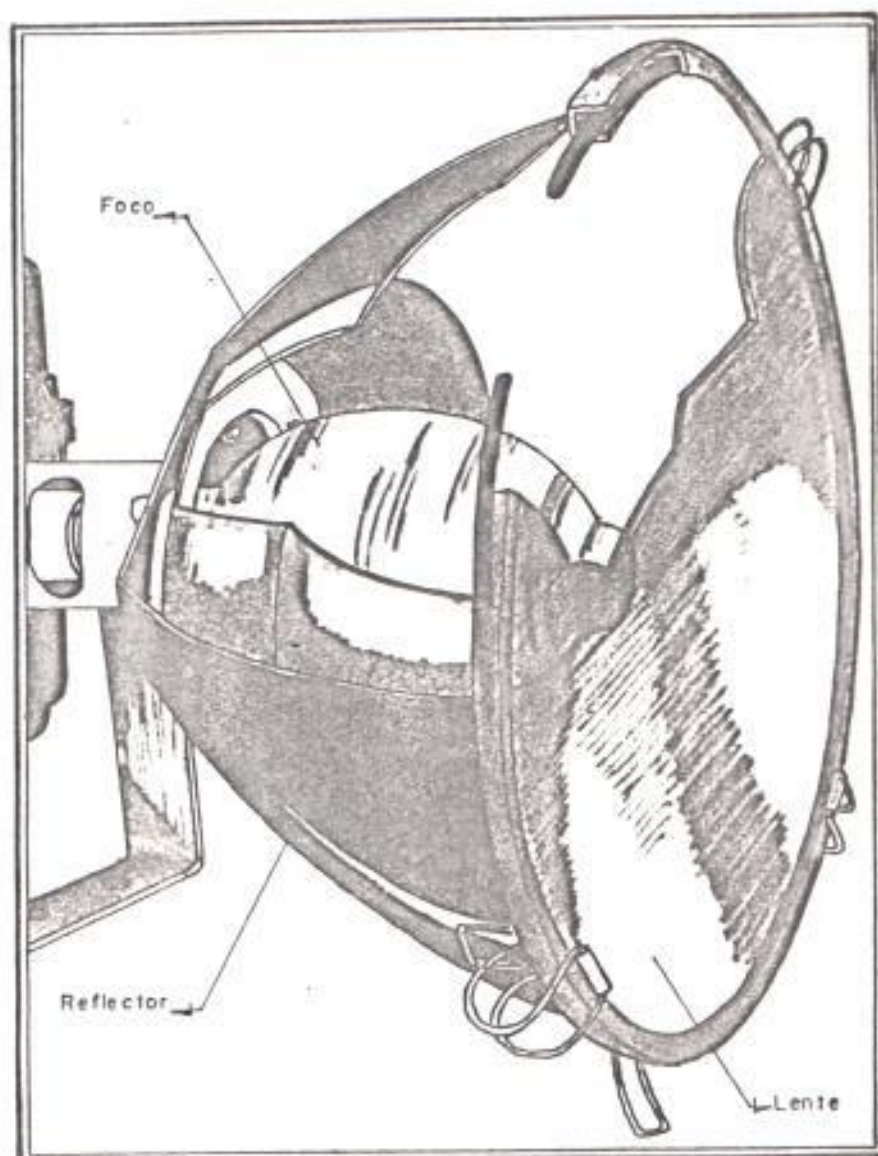


FIG. N° 1.1 PARTES ESENCIALES DE UN PROYECTOR

Fuente luminosa . Está constituida por una lámpara que puede ser incandescente o de descarga.

Reflector.- Es la superficie interna del proyector capaz de reflejar el flujo luminoso; son de diferentes formas y naturaleza.

Sistema óptico.- Es el medio por el cual atraviesa el flujo luminoso reflejado. Este sistema óptico está formado por lentes.

### 1.3. CLASIFICACION DE LOS PROYECTORES

Existe una gran variedad de proyectores, los mismos que vienen diseñados para diferentes aplicaciones y condiciones de trabajo.

Podemos clasificar a los proyectores de acuerdo a:

La forma de su construcción.

La concentración o cobertura del haz luminoso.

Las características del reflector.

Las características de su sistema óptico.

#### 1.3.1. Clasificación de los proyectores según su construcción.

Según las normas NEMA-IES adoptadas inter-

nacionalmente los proyectores por su construcción pueden ser clasificados como proyectores abiertos y proyectores cerrados.

#### Proyectores abiertos

Son aquellos que no proporcionan ninguna protección ni a la lámpara ni al reflector y requieren el uso de lámparas de vidrio duro las mismas que presentan mayor resistencia a la acción del viento, lluvia, nieve e insectos sobre el bulbo caliente; por esta razón la aplicación de este tipo de proyector es limitada, ya que es preferible utilizarlo en ambientes cerrados.

Los proyectores abiertos tienen la gran desventaja que no ejercen mayor control sobre la concentración o dispersión del haz lo que reduce la eficiencia de los mismos, para compensar esta deficiencia es necesario agregar un reflector auxiliar; por lo tanto los proyectores abiertos pueden a su vez subdividirse en dos tipos que son:

Proyector abierto con reflector auxiliar.

Proyector abierto sin reflector auxiliar.



Desde el punto de vista económico este tipo de proyector tiene un bajo costo inicial, pero debido a sus condiciones de funcionamiento su eficacia es menor y requiere mantenimiento con mayor frecuencia, lo que encarece el costo de vida del proyector.

#### Proyectores cerrados

A diferencia del anterior este tipo de proyector proporciona mayor protección a la lámpara y al reflector, lo que permite el uso de lámparas de vidrio normal, además este proyector tiene mayor control sobre el haz lo que da una mayor eficacia.

En cuanto al costo este tipo de proyector tiene un alto costo inicial comparado con los proyectores abiertos pero en cambio su costo de mantenimiento es inferior debido a la protección que brinda a la lámpara y a su alta eficacia.

A su vez este tipo de proyector puede ser de dos tipos conocidos como:

Proyectores cerrados "intemperie dura".

Proyectores cerrados "alumbrado general".

Los primeros son más resistentes debido a que su reflector está alojado dentro de una carcasa metálica, vienen con reflector auxiliar y puede ser utilizado en sitios bajo condiciones climatológicas adversas.

Los proyectores cerrados de "alumbrado general" son aquellos en que la parte interna del mismo sirve como reflector; este tipo de proyector no posee reflector auxiliar y puede ser utilizado bajo condiciones climatológicas normales.

### 1.3.2. Clasificación de los proyectores según la cobertura del haz.

La clasificación de los proyectores según la concentración o cobertura del haz viene dada por los grados contenidos dentro del ángulo sólido formado cuando  $I = 50\% I_{max}$ , de acuerdo a las normas NEMA-IES los proyectores según la cobertura del haz pueden ser agrupados en siete tipos a saber:

TABLA I

Clasificación de los proyectores según la cobertura del haz luminoso.

PROYECTOR TIPO NEMA-IES	COBERTURA DEL HAZ EN GRADOS
1	10 a 18
2	18 a 29
3	29 a 46
4	46 a 70
5	70 a 100
6	100 a 130
7	más de 130

Fuente.- Manual de luminotécnica OSRAM, cuarta edición, pag. 299.

La distribución del flujo luminoso del proyector puede ser tanto simétrica como asimétrica con respecto al eje central, para los proyectores simétricos la distribución es la misma para cualquier plano que pase por el eje del haz, por esta razón es suficiente la medida en un sólo plano, por ejemplo decir que la abertura del haz es de 60 grados equivale a un proyector que tiene 30 grados a cada lado del eje del haz. Para el caso de proyectores

asimétricos se dan ángulos tanto para el plano vertical como para el horizontal los mismos que son medidos perpendicularmente entre sí, por ejemplo: 5 grados/25 grados; significa 5 grados en el plano vertical y 25 grados en el plano horizontal. Muchos proyectores tienen una emisión de flujo asimétrica en el plano vertical y es necesario especificarla por ejemplo 6-8 grados/20 grados, significa 6 grados por encima y 8 grados por debajo del eje del haz, 10 grados tanto a la izquierda como a la derecha del plano horizontal.

Para ubicar al proyector dentro del tipo al que pertenece, de acuerdo a las normas NEMA-IES, se toma como referencia el ángulo menor.

En la tabla II se dan los tipos de proyectores más utilizados según la clasificación NEMA-IES.

### 1.3.3. Clasificación de los proyectores según las características de reflector

La función del reflector es la de permitir la concentración en un haz de los rayos luminosos emitidos por una fuente luminosa situada en su

## ANEXO II

Tipo de proyectores más usados según la clasificación NEHA-IES

TIPO DE PROYECTOR	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	LAMPARAS EMPLEADAS	TIPO
HU intemperie dura servicio general	- cerrado - gran hermeticidad  - con reflector auxiliar - excelente control del haz - fácil mantenimiento - gran número de aplicaciones	- de proyección  - incandescentes halógenas - halógeno metálico (tubular y espiral) - sodio a alta presión (tubular y espiral)	1 o 2  2 a 5
GP cerrado servicio general	- cerrado - buena hermeticidad - sin reflector auxiliar - buen control del haz - fácil mantenimiento	- incandescente - luz mercúrio - mercurio (elipsoidal) - halógeno metálico y sodio a alta presión (elipsoidal) (tubular)	2 a 4 4 a 6 3 a 6 2 a 4
Q-DI abierto	- O sin reflector auxiliar - DI con reflector auxiliar - poco peso - bajo costo inicial - fácil mantenimiento - para aplicación en ambientes limpios	- incandescente - luz mercúrio - mercurio (elipsoidal) - halógeno metálico y sodio a alta presión (elipsoidal)	5 a 7 4 a 7
LP lámparas	- lámparas con reflector incorporado - algunos tipos con ampolla de tipo prensado para intemperie - pequeño tamaño - bajo costo - fácil mantenimiento - fácil ocultación	- concentrada PAR 38 100 y 350W - concentrada PAR 38 300W	3 y 4 2 a 4

FUENTE: manual de alumbrado USRAM, cuarta edición, pag. 300.

foco, este haz puede presentar diversas configuraciones dependiendo de la forma del reflector y de su naturaleza .

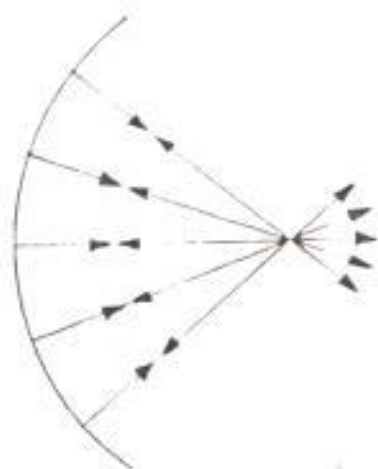
Desde el punto de vista de la forma del reflector empleado, hay tres tipos de proyectores:

Proyectores con reflector circular.- En este caso la lámpara está colocada en el centro y los rayos reflejados vuelven a pasar por el centro. Si la lámpara no es colocada en el centro los rayos divergen (fig 1.2 a).

Proyectores con reflector parabólico.- En este tipo la lámpara está ubicada en el foco de la parábola y los rayos reflejados son paralelos entre sí (fig. 1.2 b).

Proyectores con reflector elíptico.- La lámpara se encuentra en uno de los focos y los rayos reflejados pasan por el segundo foco (fig. 1.2c).

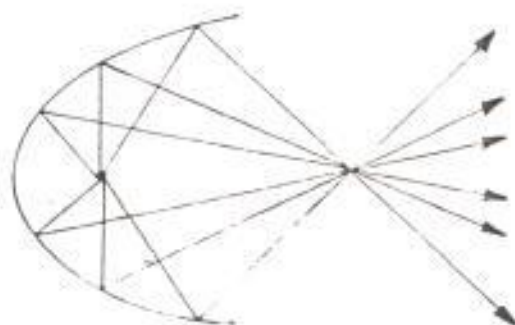
La naturaleza del reflector tiene también su acción sobre la dispersión del haz; el reflector puede ser de dos clases difuso o especular, los primeros tienen un acabado



(a)  
REFLECTOR CIRCULAR



(b)  
REFLECTOR PARABOLICO



(c)  
REFLECTOR ELIPTICO

FIG. N° 1-2 TIPOS DE REFLECTORES

esmaltado y proporcionen un haz ancho, los otros formados por espejos o metales bruñidos dan un haz estrecho.

#### 1.3.4. Clasificación de los proyectores por su sistema óptico

Siendo el sistema óptico una de las partes esenciales del proyector, tiene gran influencia sobre el control del haz.

El lente que constituye el sistema óptico puede ser de plástico o vidrio, algunos son fabricados con estrías hacia el exterior, este acabado especial del lente tiene como fin aumentar la superficie en contacto con el aire y de esta manera obtener mayor disipación del calor producido por la lámpara.

El lente puede ser difusor o plano.

El tipo difusor aumenta el haz tanto en el plano vertical como en el horizontal y dentro de este tipo tenemos los llamados de difusión media que aumenta la dispersión en un plano que oscila entre los 20 grados y 40 grados, y los de difusión ancha que aumenta la



dispersión 40 grados ó más.

El tipo plano no ejerce mayor influencia en la difusión del haz luminoso.

En cuanto á la sección del lente éste puede proporcionar una distribución del haz ya sea de forma circular ó rectangular.

Los de sección circular proporcionan una distribución simétrica del haz en forma de cono, y la abertura del haz se considera uniforme tanto en el plano vertical como en el horizontal, que pase por eje central del proyector, este tipo de proyector nos dá un haz elíptico sobre el terreno a iluminar (ver fig. 1.3 a).

Los proyectores con este tipo de lente utilizan una fuente de luz concentrada tal como una lámpara incandescente o lámparas de descarga de alta presión.

Dentro de los lentes de forma rectangular tenemos dos tipos: unos que proporcionan una distribución simétrica tanto en el plano vertical como en el horizontal y los de

distribución asimétrica del haz que nos dan una abertura en el plano horizontal y otra en el plano vertical pero para su clasificación se considerará la abertura en eje menor.

Esta forma de lente nos dá una configuración trapecoidal del haz sobre el terreno (ver fig 1.3 b).

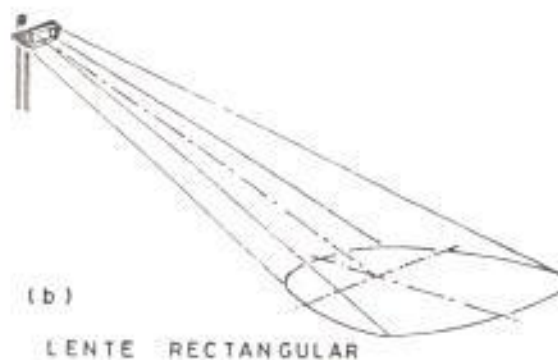
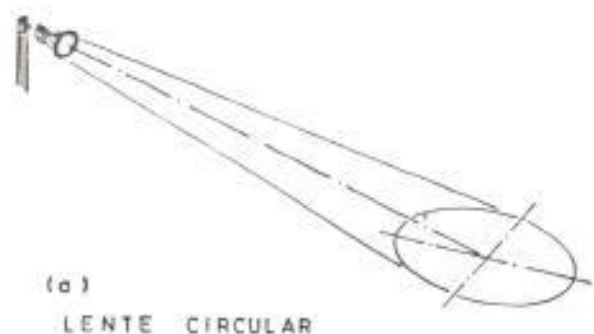


FIG. N° 1.3 TIPOS DE LENTES

En este caso se utilizan fuentes de luz lineales tales como lámparas halógenas y tubulares de descarga.

Este tipo de foco nos dá mayor uniformidad en la distribución de luz.

#### 1.4. SELECCION DE LOS PROYECTORES PARA ALUMBRADO DEPORTIVO

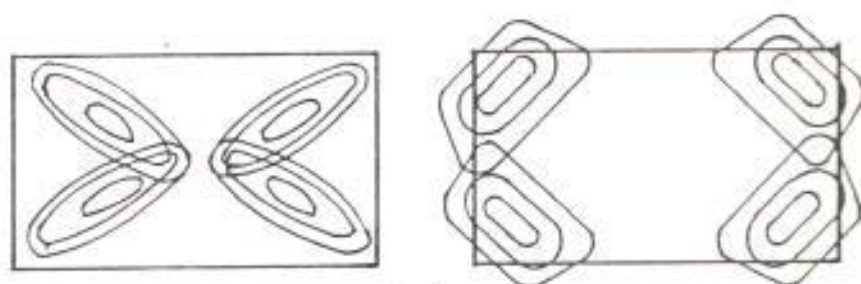
Es muy importante una selección adecuada del proyector al realizar un diseño de alumbrado deportivo aunque no existen reglas o normas establecidas se puede recordar ciertas consideraciones que servirán de referencia al momento que se desee proyectar una instalación.

Estas consideraciones pueden ser enumeradas teniendo presente las características propias del proyector así tenemos:

- Si el proyector va a ser instalado a una distancia menor de 20 metros con respecto al área a iluminar es aconsejable usar proyectores que tengan un ángulo de abertura mayor a 60 grados, pero si la distancia es mayor de 20 metros se usan proyectores con un ángulo de abertura inferior a los 60 grados. Esto es cuanto mayor sea la distancia de

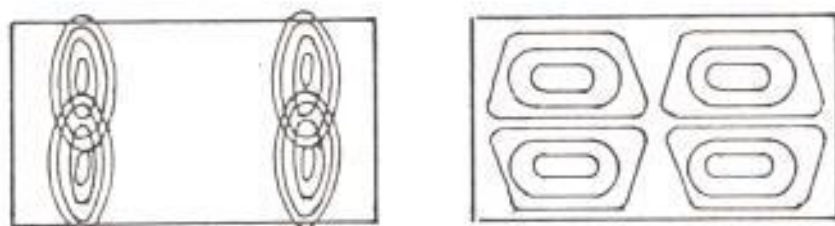
emplazamiento del proyector con referencia al terreno a ser iluminado menor debe ser la abertura del haz y viceversa.

- Cuando el emplazamiento de los proyectores va a ser en forma diagonal con respecto al terreno se recomienda utilizar focos circulares para evitar el



(a)

EMPLAZAMIENTO DIAGONAL DE LOS PROYECTORES



(b)

EMPLAZAMIENTO LATERAL DE LOS PROYECTORES

FIG. N° 1-4 DISPOSICION DE LOS PROYECTORES

desperdicio de luz que nos proporcionan los focos rectangulares (ver fig 1.4 a).

- Si los proyectores van a ser ubicados en forma lateral los focos rectangulares son los más aconsejables, con ellos se obtiene mayor uniformidad en el área (ver fig 1.4 b).

- Cuando el grado de uniformidad y el nivel de iluminación exigidos sean bastantes altos es preferible el uso de proyectores de haz estrecho a los de haz ancho ya que estos últimos nos dan un mayor porcentaje de lúmenes no aprovechados.

## CAPITULO II

### TERMINOS RELACIONADOS CON LOS PROYECTORES

Debido a que el proyector es un equipo capaz de concentrar y dirigir el flujo luminoso; característica que lo distingue de otros equipos luminosos, y a pesar de que su emisión de luz se rige por las mismas leyes luminotécnicas, hay cierta terminología relacionada con los proyectores que es necesario conocerla y que será tratada en este capítulo.

#### 2.1. DISTRIBUCION DE LA INTENSIDAD LUMINOSA DE LOS PROYECTORES

El diagrama de distribución de intensidades en un plano de coordenadas es suficiente para definir las características fotométricas de una luminaria, en el caso de los proyectores se utilizan coordenadas cartesianas, estos diagramas pueden también ser representados por medio de curvas isocandelas en donde los valores de intensidades son dados en candela por cada 1000 lúmenes de flujo luminoso instalado, ambos diagramas son mostrados en la fig 2.1.

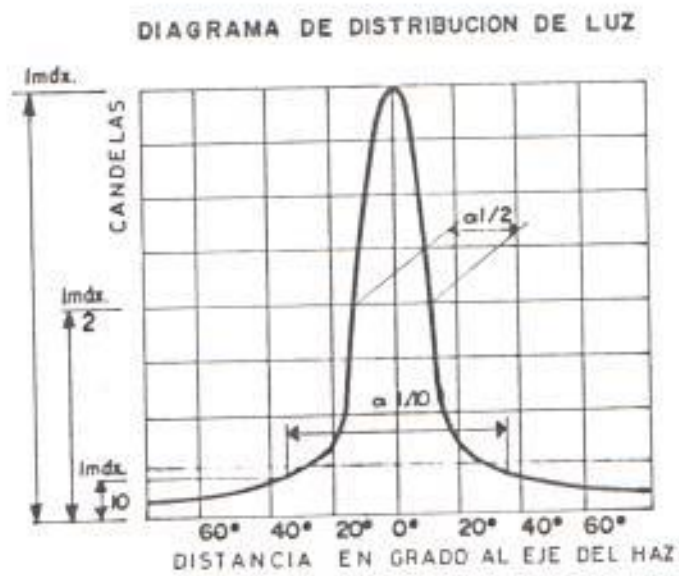
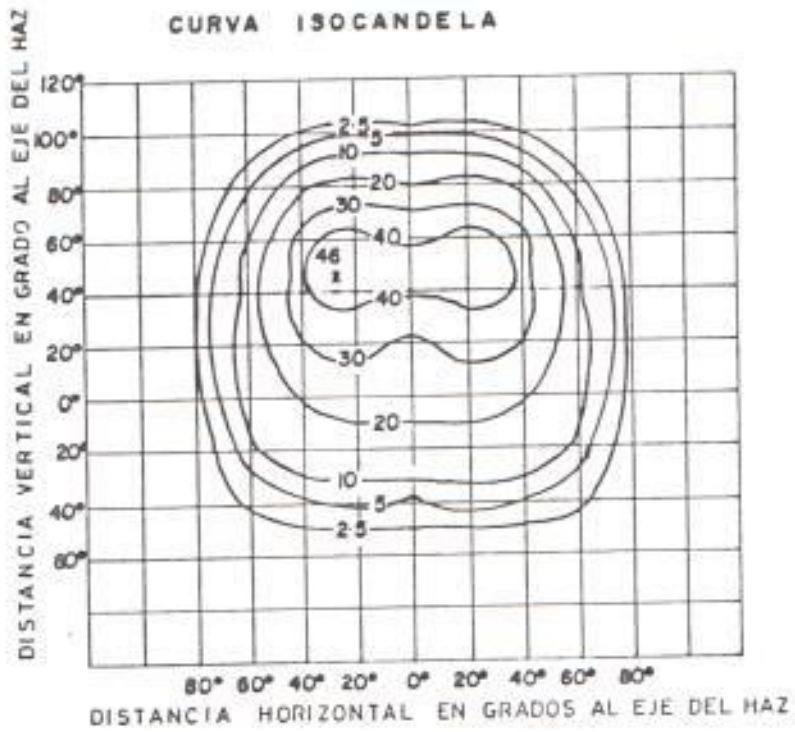


FIG. N° 2-1 DISTRIBUCION DE LA INTENSIDAD LUMINOSA DE LOS PROYECTORES

Un proyector puede distribuir su flujo luminoso en forma simétrica o asimétrica. La información es obtenida en laboratorios y para su análisis se considera que el observador se encuentra ubicado atrás del proyector, pero observando en la dirección de proyección.

Para proyectores simétricos la distribución de intensidades en un plano es suficiente pero en el caso de proyectores asimétricos se requiere los diagramas por lo menos en dos planos, tomándose por lo general los planos vertical y horizontal.

Los siguientes son los términos que están relacionados con los proyectores:

#### 2.1.1. Amplitud del haz luminoso

La amplitud o cobertura del haz de un proyector es la medida en grados del ángulo sólido formado por la dirección en la cual se obtiene la intensidad luminosa máxima y la dirección en donde la intensidad equivale a un porcentaje de su máximo valor.

Los valores de porcentaje aplicados son:

- I = 50%  $I_{\max}$ . aplicado en Estados Unidos.



-  $I = 10\% I_{\max}$ ). aplicado en Europe.

La cantidad de luz contenida dentro del ángulo sólido determinado por la amplitud del haz equivale a los lúmenes del haz del proyector, y su medida es el lúmen (fig. 2.2).

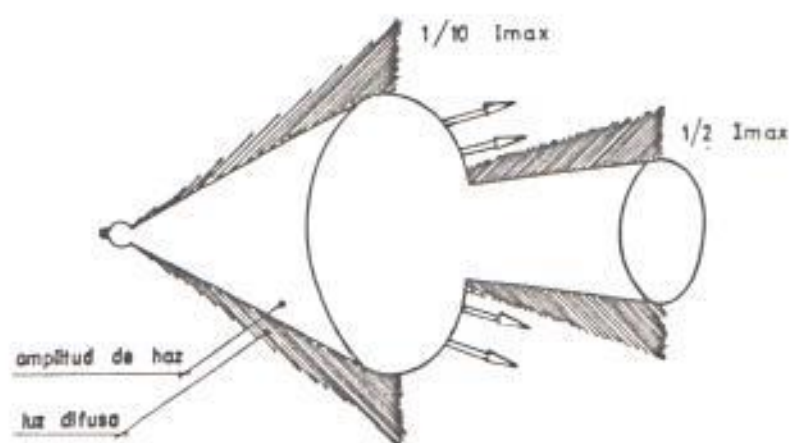


FIG. N° 2-2 AMPLITUD DE HAZ Y LUZ DIFUSA PROPORCIONADA POR UN PROYECTOR

### 2.1.2. Luz difusa

Es la cantidad de luz que queda fuera del ángulo sólido determinado por la amplitud del haz, a  $I = I_{\max}/2$  o  $I = I_{\max}/10$ .

### 2.1.3. Luz no aprovechada

Es la porción del haz luminoso que incide fuera de la superficie útil, esta parte del

flujo es considerada como una pérdida del mismo. Esto principalmente ocurre cuando los proyectores de haz ancho son utilizados incorrectamente y parte del flujo luminoso emitido incide en áreas adyacentes a la de nuestro interés.

#### 2.1.4. Eficacia del haz del proyector

La eficacia de un proyector es la relación del flujo luminoso emitido por la lámpara desnuda y el emitido por la luminaria completa.

$$\frac{\text{Flujo de la lámpara}}{\text{Flujo de la luminaria}}$$

Para una misma lámpara, el flujo del proyector es mayor cuando debido al diseño y control que se ejerce sobre su haz, el proyector produce un haz estrecho, esto nos dá como resultado una reducción en la eficacia del proyector o dicho en otras palabras, cuanto mayor control hay sobre la amplitud del haz menor es su eficacia. Esta característica del proyector debe tomarse en cuenta al realizar un diseño de alumbrado deportivo.

## 2.2. AREA ILUMINADA POR EL PROYECTOR

El área iluminada por un proyector depende de la emisión del flujo luminoso producido por el mismo y de su ubicación con respecto al área.

Gráficamente se tiene (fig 2.3):

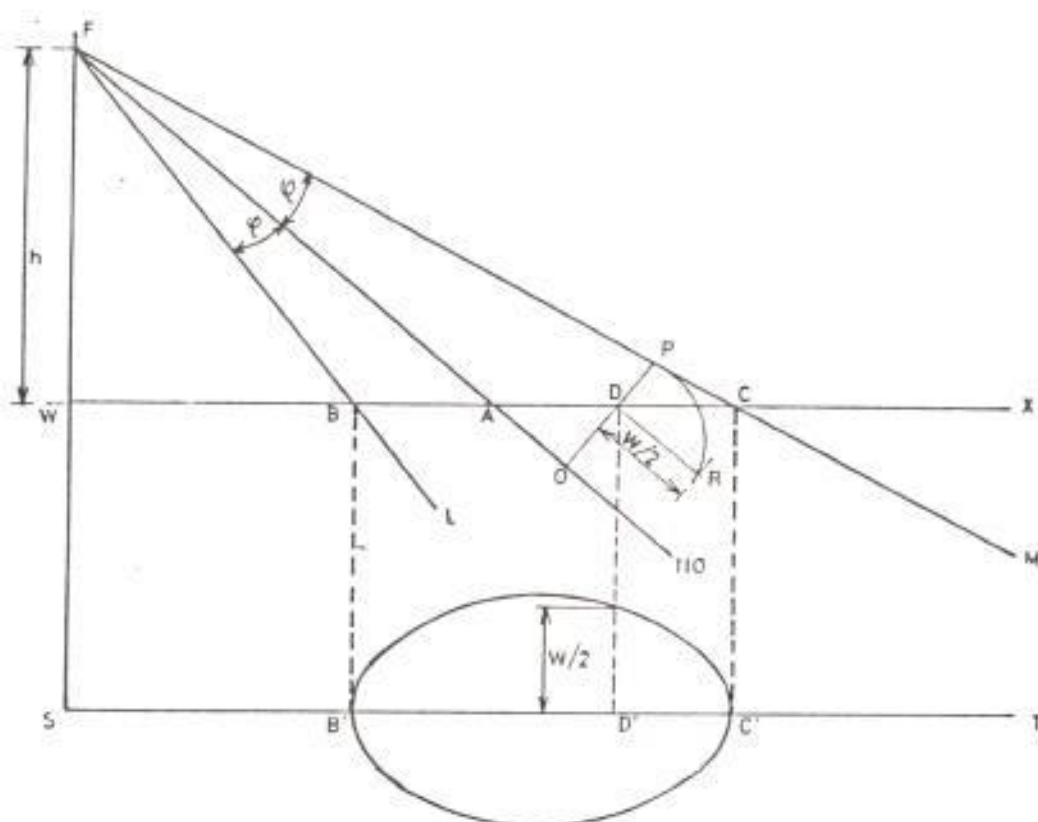


FIG. Nº 2-3 AREA ILUMINADA POR UN PROYECTOR

en donde:

$\psi$  = Ángulo de amplitud del haz.

$w$  = superficie a ser iluminada.

A = punto de dirección del haz.

$h$  = altura de montaje del proyector.

Paralelo al eje WX se trazará un eje ST en donde se proyectará el área iluminada por el proyector que tiene forma elíptica. Siendo  $\theta$  el ángulo de amplitud del haz, la intersección de los lados del ángulo con el eje WX determina los puntos B y C, desde estos puntos se bajan perpendiculares al eje ST, la longitud B'C' equivale al eje mayor de la elipse; para hallar el eje menor, se toma el punto medio entre A y C al que se lo denomina D, se pasa por este punto una perpendicular OP a la línea FN y otra perpendicular DD' a la línea ST, luego tomando como radio OP se traza un arco que corte a la línea FN y por este arco se traza una paralela a la línea FN y que pase por D, la distancia DR es la mitad del diámetro menor de la elipse formada.

El área de la elipse formada es el área máxima que puede iluminar el proyector en estudio.

### 2.3. ILUMINANCIA HORIZONTAL Y VERTICAL

En alumbrado deportivo es muy importante tomar en consideración tanto la iluminancia vertical como la horizontal, en cualquier plano de proyección.

Para obtener la iluminancia horizontal y vertical en un punto se procede de la siguiente manera (fig. 2.4 y 2.5).

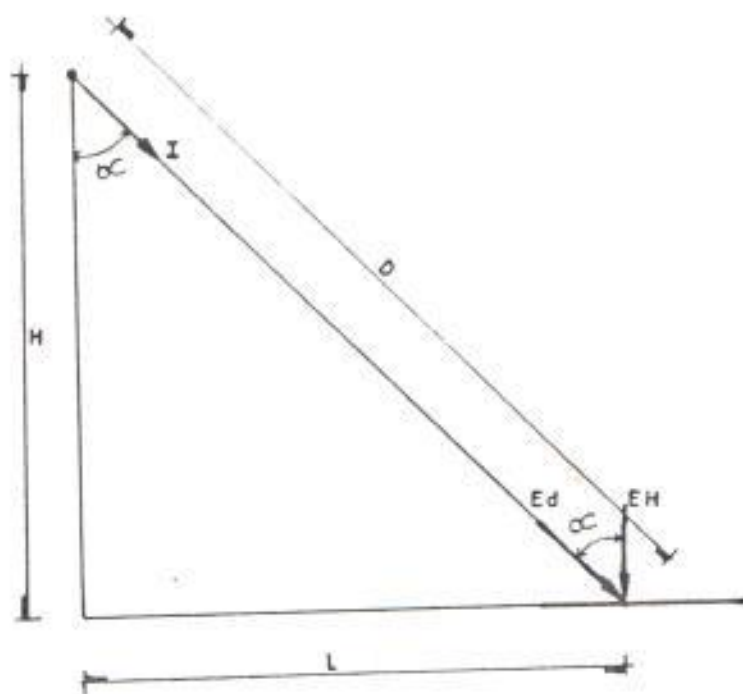


FIG. N° 2 - 4 ILUMINACION HORIZONTAL

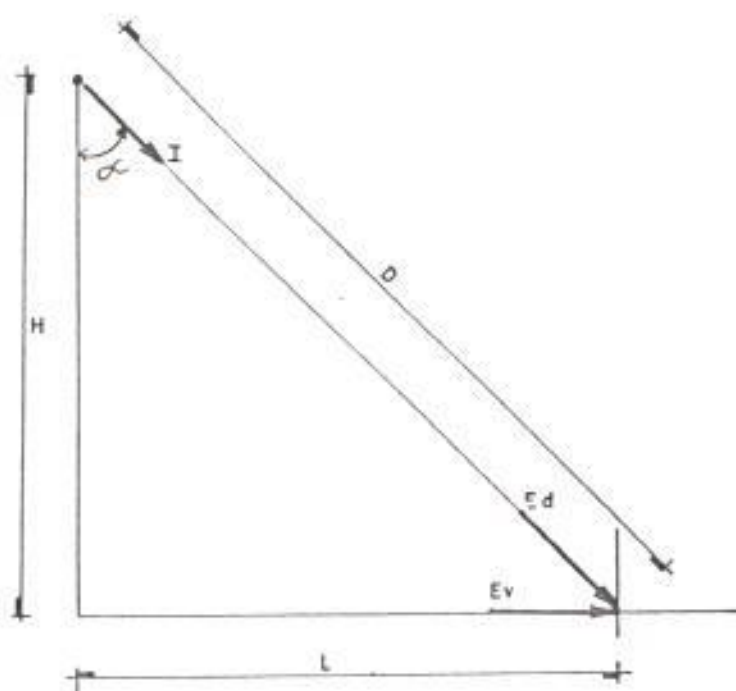


FIG. N° 2-5 ILUMINACION VERTICAL

### Illuminancia horizontal

La iluminancia horizontal en un punto es el valor de la iluminancia normal a un plano horizontal que pase por el punto.

$E_d = I/D^2$  según la ley inversa al cuadrado,

de acuerdo al gráfico en la figura 2.4:

$$E_h = E_d \times \cos \alpha$$

$$H = D \times \cos \alpha$$

reemplazando se tiene:

$$E_h = I \times (\cos^3 \alpha) / H^2$$

### Illuminancia vertical

La iluminancia vertical en un punto es el valor de la iluminancia normal a un plano vertical que pase por el punto.

Según el gráfico de la fig 2.5 y aplicando la ley inversa al cuadrado:

$$E_v = E_d \times \sin \alpha$$

$$D = H / \cos \alpha$$

reemplazando se tiene:

$$E_v = I \times (\cos \alpha)^2 \times \sin \alpha / H$$

en función de la distancia L:

$$E_v = I \times (\sin \alpha)^3 / L^2$$

La intensidad luminosa vertical se la puede obtener

también relacionando la altura de montaje y la distancia con respecto al punto de análisis partiendo del gráfico 2.5:

$$L \times Iv = H \times Ih$$

$$Iv = Ih \times H/L$$

En las fórmulas anteriores se tiene que:

I = intensidad luminosa en el punto.

Ed = iluminancia en la dirección de proyección.

Eh = iluminancia horizontal.

Ev = iluminancia vertical.

H = altura de montaje del proyector.

L = distancia horizontal al punto de proyección.

D = distancia del proyector al punto de proyección.

#### 2.4. DATOS FOTOMETRICOS DE LOS PROYECTORES PROPORCIONADOS POR LOS FABRICANTES

Los datos fotométricos que el fabricante proporciona sobre los proyectores son: el diagrama de distribución de luz, las curvas isocandelas y el diagrama zonal de flujo.

##### Diagrama de distribución de luz

Del diagrama de distribución de luz se puede obtener el tipo de proyector en estudio, la figura 2.6 corresponde a una luminaria de sodio de 400 W, su valor de intensidad máximo es de 1.400 candelas,

para conocer la amplitud del haz se tiene que:

$$I = 50\% I_{\max}.$$

$$I = 700 \text{ cd.}$$

Con este valor de intensidad luminosa se busca el valor en grados en la curva AB por ser la curva de distribución correspondiente al eje menor; esta lectura es: 7 grados que de acuerdo a la tabla de clasificación presentada en 1.3.2. corresponde a un proyector tipo 1.

De este gráfico se puede también obtener el valor de nivel luminoso en un punto perteneciente ya sea al plano vertical como al horizontal, para lo que se procede de la siguiente manera: se obtiene en primer lugar la ubicación en grados del punto en estudio tal como se lo explicó anteriormente, con este valor se lo ubica en el gráfico obteniendo el valor de intensidad luminosa y luego aplicando la ley del coseno al cuadrado se puede calcular el valor de iluminancia en ese punto.

#### Curvas isocandelas

La curva correspondiente al diagrama isocandelas (fig 2.7) está formado por varios contornos





isocandelas, esto es por superficies cuyos puntos tienen igual valor de intensidad luminosa, valores que son graficados en coordenadas cartesianas angulares. Este diagrama indica la variación de la intensidad luminosa horizontal sobre el área iluminada a una altura de montaje especificada. Cuando varias luminarias son utilizadas las curvas pueden ser sobrepuestas para hallar el valor total de intensidad.

De esta curva se puede obtener el valor de intensidad luminosa en un punto conociendo su ubicación tanto desde el plano vertical como horizontal con respecto al eje de proyección, con estos ángulos se intercepta el contorno de isocandela correspondiente obteniendo de esta manera el valor de intensidad luminosa en el punto deseado.

#### Diagrama zonal de flujo

Es un diagrama que permite conocer el flujo total en cada zona angular y es utilizado para hallar el valor del flujo luminoso para un determinado punto; así como también para hallar el flujo luminoso total dentro de un área en estudio. Este diagrama es también utilizado para determinar la dirección o apunte del proyector.

El gráfico dá valores de flujo en la mitad de la luminaria para obtener el valor total basta con multiplicar por dos los valores dados en el gráfico.

Para encontrar el flujo luminoso contenido en el interior de una área, se determina la ubicación de la misma dentro del diagrama zonal de flujo, para lo que es necesario conocer la posición angular de los puntos perimétrales del área en estudio.

En el siguiente ejemplo se calculan los ángulos de los puntos perimétrales correspondientes al área de la fig. 2.8.

En la figura se observa que el área está determinada por los puntos A-B-C-D. G es la ubicación del proyector cuyo punto de dirección es M. los puntos H y F se encuentran en el mismo plano del punto M.

Las siguientes son las fórmulas para encontrar los ángulos de cada uno de los puntos:

$$\angle GOM = \text{tg} (GM/GO)$$

$$\angle GOE = \text{tg} (GE/GO)$$



## CAPITULO III

### FUENTES DE LUZ UTILIZADAS EN EL ALUMBRADO DEPORTIVO

Mucho puede decirse sobre la construcción y principios de operación de las lámparas existentes en el mercado; pero en este capítulo se tratará sobre la aplicación de éstas en un alumbrado deportivo exterior.

Las lámparas utilizadas en un alumbrado deportivo exterior son muchas y de diferentes tipos, entre las cuales se tiene: incandescentes convencionales, incandescentes halógenas o de vapores metálicos halogenados y de gas de descarga; dentro de este último grupo se encuentran las lámparas de halogenuros metálicos, mercurio y sodio de alta presión.

Cualquiera que sea la fuente seleccionada para el proyecto en estudio, ésta debe proporcionar una alta intensidad luminosa, además debe ser confiable para un buen funcionamiento a la intemperie.

#### 3.1. LAMPARAS INCANDESCENTES CONVENCIONALES

Este tipo de lámpara está formada por un filamento

que se encuentra en el interior de una ampolla de vidrio.

El filamento está constituido por metales entre los que puede citarse el osmio, tantalio, wolframio, tungsteno, etc., todos ellos con diferentes puntos de fusión y de evaporación, lo que determina las características de cada lámpara.

Estas lámparas proporcionan luz blanca.

Entre las ventajas de estas lámparas se puede mencionar su bajo costo inicial, son de fácil encendido, puesto que no requieren de ningún dispositivo para su encendido, tienen buen rendimiento de color y capacidad de control óptico.

A pesar de todas las ventajas citadas anteriormente, este tipo de lámparas tienen una eficacia muy pobre; además debido a su naturaleza tienen una gran desventaja y es la evaporación del filamento durante su funcionamiento, sus partículas se van concentrando en las paredes del bulbo ocasionando el ennegrecimiento del mismo, bloqueando de esta manera la salida de luz lo que reduce aún más su eficacia y tiempo de vida; otra de las desventajas es su gran tamaño lo que demanda el uso de proyectores más grandes.

### 3.2. LAMPARAS INCANDESCENTES HALOGENAS

Con el objeto de minimizar las desventajas de las lámparas incandescentes convencionales empleadas en los proyectores se desarrolló el ciclo regenerativo en este tipo de lámparas y que consiste en: colocar dentro del bulbo, además del filamento una pequeña cantidad de halógeno que puede ser: fluor, cloro, yodo, bromo; los mismos que tienen la facilidad de mezclarse con otros elementos.

El proceso de regeneración ocurre de la siguiente manera: los átomos del filamento se mezclan con los átomos de halógeno que se encuentran en el gas, esta mezcla se mueve libremente hacia todos los lados del foco regresando de esta manera al filamento, en este momento los átomos del filamento contenidos en la mezcla se depositan en él y los del halógeno vuelven a viajar hasta mezclarse nuevamente con los átomos del filamento, repitiéndose nuevamente el ciclo.

Lo que se consigue con este proceso de regeneración es evitar el ennegrecimiento del bulbo, por lo tanto la lámpara emite un flujo luminoso constante durante su tiempo de vida: el filamento no se evapora con rapidez alargando la vida de la lámpara, manteniendo además constante el color de la luz emitida. En este

tipo de lámparas se debe aumentar la temperatura de las paredes del bulbo para conseguir una reacción química adecuada, con este fin el bulbo es colocado cerca del filamento hasta obtener la temperatura necesaria para su correcto funcionamiento, esto hace que el tamaño de lámpara disminuya evitando de esta manera los proyectores de gran tamaño, pero esto a su vez implica la necesidad de usar vidrios resistentes a las altas temperaturas, en la actualidad es muy empleado el cuarzo.

Otras de las ventajas de estas lámparas es que facilitan el control óptico, son livianas, de mayor voltaje y se obtiene mayor lúmenes por wattio, no necesitan balasto, ni arrancadores para su encendido y son de fácil instalación y mantenimiento.

Las lámparas incandescentes son utilizadas en alumbrado deportivo por su bajo costo y cuando las horas normales de funcionamiento es muy bajo, se considera que 500 horas de funcionamiento justifican el uso de estas lámparas.

Se tiene además la ventaja que pueden funcionar con voltajes superiores para el que fueron diseñadas. En la siguiente tabla podemos observar el efecto del sobrevoltaje en el funcionamiento de las lámparas



incandescentes de 1.000 y 1.500 Wátios con filamento C-7A.

TABLA III

Voltaje	Luz %	Wátios%	Tiempo de vida
Nominal Vn	100	100	100
5% sobre Vn	117	108	50
10% sobre Vn	135	116	30

Fuente.- Manual de alumbrado de Westinghouse año 1967, Cap 12 - Pág 12.

Este tipo de lámparas son también utilizadas en áreas donde no se justifica el uso de lámparas de descarga, por ejemplo el área de espectadores.

### 3.3. LAMPARAS DE GAS DE DESCARGA

Se encuentra una gran variedad de lámparas de gas de descarga cada una con sus características propias, razón por la cual tienen aplicaciones diferentes.

En alumbrado deportivo las más comúnmente usadas son las de halogenuros metálicos, las de sodio y mercurio a alta presión.

### 3.3.1. Lámparas de halogenuro metálico

Las lámparas de halogenuro metálico son lámparas de constitución similar a las de vapor de mercurio a alta presión, con la diferencia que, además de mercurio y argón contienen halogenuro, con esto se consigue mayor rendimiento luminoso, alta eficacia y una reproducción cromática superior que las lámparas de vapor de mercurio, cuyas paredes estén cubiertas de fósforo.

Un halogenuro es una sal formada por un halógeno y un metal, entre los halógenos empleados se tiene el fluor, cloro, yodo y bromo; entre los metales tenemos: tantalio, indio, scandium y disprosium.

En estas lámparas la temperatura del tubo de descarga es mayor que las de mercurio y en el momento que alcanzan su temperatura de operación los haluros metálicos del tubo son parcialmente vaporizados y cuando este vapor aprovecha la temperatura de la descarga, el halogenuro es separado en el halógeno y en metal, con los metales emitiendo su propio espectro. Luego cuando los átomos del halógeno

y del metal tocan las paredes frías del tubo de descarga, se recombinan y el ciclo se vuelve a repetir. Durante el periodo de arranque el color del halógeno varía mientras es vaporizado hasta alcanzar después de unos minutos su color y características eléctricas de funcionamiento.

Debido a las altas temperaturas de funcionamiento, se necesita un tiempo considerable para el enfriamiento del tubo de descarga y la disminución de la presión del vapor, razón por la cual se puede realizar un reencendido de la lámpara después de unos 15 minutos.

Estas lámparas al igual que las de mercurio a alta presión, necesitan de un balasto limitador de corriente, el mismo que se conecta en serie a la red de alimentación. Pero debido a la adición de los halogenuros metálicos, el voltaje de encendido es elevado por lo que es necesario utilizar un cebador o aparato de encendido que le proporcione el voltaje necesario para iniciar la descarga.

La posición de la lámpara durante la operación

es muy importante, algunas cambian de color al variar la posición de la misma.

Debido a las excelentes características luminotécnicas, estas lámparas son muy utilizadas cuando se requiere transmisión a color.

### 3.3.2. Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

La energía emitida por este tipo de lámparas se encuentra en la región ultravioleta del espectro, carece de radiaciones rojas; constituyendo las llamadas lámparas de vapor de mercurio color no corregido, con el fin de corregir el color; la lámpara es recubierta interiormente de una sustancia fluorescente como el vanadato de itrio; la misma que activada por las radiaciones ultravioletas del arco de mercurio proporcionan radiaciones de la región visible incluyendo el color rojo, completando de esta manera el espectro de emisión de luz, a este tipo de luminarias se las conoce como lámparas de vapor de mercurio color corregido.

Entre las características de estas lámparas

se puede enumerar las siguientes: larga duración útil, elevado flujo luminoso, buen rendimiento en color, y un mejor control sobre la emisión del flujo luminoso. Este tipo de lámparas son muy utilizadas en canchas que no requieren de un alto nivel luminoso.

### 3.3.3. Lámparas de vapor de sodio de alta presión

Las lámparas de sodio a alta presión se diferencian de las lámparas de sodio a baja presión porque producen energía en todas las longitudes de onda, es decir tienen una mejor producción cromática, su energía se concentra en la zona amarilla-naranja del espectro, lo que permite distinguir todos los colores de la región visible. Su luz hace aparecer los objetos rojos como naranja y a los colores azul y verde los oscurece, pero mientras mayor es la presión del tubo de descarga, mejora la apariencia de los colores.

Estas lámparas debido a alta presión a la que se encuentra el gas durante el encendido, necesitan de un aparato de encendido en conexión con el correspondiente balasto. Este aparato de encendido puede venir separado de

la lámpara o incorporado a ella, esto hace variar el tiempo de reencendido de 1 a 10 minutos, dependiendo de la capacidad de la lámpara, al igual que las lámparas de halogenuro metálico, el color de la luz varía durante este tiempo.

Las lámparas de sodio de alta presión se diferencian de las lámparas de halogenuro metálico en que pueden operar en cualquier posición, la posición de encendido no tiene efecto en la salida de la luz.

## CAPITULO IV

### CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA LA ILUMINACION DE CAMPOS DEPORTIVOS

#### 4.1. GENERALIDADES

Dentro de un campo deportivo se puede considerar tres grupos observadores: los jugadores, los directivos y los espectadores, el campo de visión difiere para cada uno de ellos debido a sus distintas direcciones y distancias de observación con respecto al objeto de juego, estos factores varían continuamente para los dos primeros grupos debido a que su ubicación no es fija con respecto al juego pero puede considerarse fija para el caso de los espectadores.

Es importante por lo tanto que el nivel de iluminación sea suficiente para precisión y confort de la visión, para facilitar la tarea visual realizada tanto por los jugadores como por los espectadores y en muchos casos para una excelente transmisión a color por televisión.

Una iluminación adecuada para uno de los grupos no

deberá producir el deslumbramiento dentro del campo de visión de los otros dos.

#### 4.2. OBJETIVOS DE UNA ILUMINACION DEPORTIVA

Al proyectar una iluminación para áreas deportivas se debe perseguir los siguientes objetivos:

- a) Una iluminación que se integre y si es posible que realce el estilo arquitectónico del campo deportivo.
- b) Proporcionar un nivel de iluminación adecuado para:
  - b.1) Una buena participación de los jugadores.
  - b.2) Un buen seguimiento del juego por parte tanto de los espectadores como de los directivos.
- c) Una iluminación apropiada que cubra las exigencias técnicas impuestas por los diferentes medios de filmación y grabación.

#### 4.3. NIVELES DE ILUMINACION RECOMENDADOS

##### 4.3.1. Consideraciones generales

Al seleccionar el nivel de iluminación



necesario para un campo deportivo se debe tener en cuenta los siguientes puntos:

- Tipo de juego que se va a realizar en la cancha deportiva en estudio.

Los juegos pueden ser de desarrollo lento o rápido en el primer caso la dirección de la visión puede considerarse constante, como ejemplo de este caso se tiene las salas de juego en donde se practica gimnasia.

Para el segundo caso esto es para los juegos de mayor velocidad la dirección visual cambia rápidamente debido al movimiento del objeto de juego como ejemplo se tiene: fútbol, básquet, tenis etc.

- Nivel de encuentro que tenga lugar en él. Se tiene tres niveles de encuentro: recreo, entrenamiento y competición. En los encuentros de competición es necesario un nivel de iluminación mayor que en los encuentros de recreo; esto es cuanto mayor sea el nivel de juego, mayores serán las exigencias visuales.

- Los factores que influyen en la percepción visual de los tres grupos de observadores: jugadores, directivos y espectadores, las exigencias visuales de los jugadores es diferente de la exigida por los espectadores y por los directivos.
- La velocidad tanto del objeto de juego como la de los jugadores que participan en él.
- La distancia máxima entre los jugadores y el objeto de juego durante el desarrollo de la competición.
- La iluminación horizontal es la que determina el nivel de alumbrado sobre el área de juego.

#### 4.3.2. Uniformidad de iluminación vertical y horizontal

En un alumbrado deportivo es muy importante que el nivel de iluminación sea bastante uniforme en todos los puntos del área de juego a través del cual el objeto se desplaza.

Es necesario hacer una diferenciación de las clases de juego así tenemos: juegos que se

practican a nivel de tierra y juegos aéreos, en el primer grupo tenemos hockey sobre patines, hockey sobre hierba, natación, etc. y en el segundo grupo tendremos beisbol, fútbol, tenis, baloncesto, etc. en este tipo de deportes el objeto de juego viaja sobre el terreno de juego; es imprescindible por lo tanto que la iluminancia sea bastante uniforme en los diferentes niveles de superficie libre, puesto que un movimiento del objeto pasando rápidamente desde un área iluminada a una oscura parecería acelerado lo que distorsiona la apreciación de la trayectoria del objeto de juego provocando un rendimiento deficiente por parte de los jugadores.

En los juegos aéreos los planos verticales deben tener un nivel considerable de iluminación, lo que significa que los niveles de iluminancia vertical deben ser mayores con relación a los deportes practicados a nivel de tierra .

Proporcionar un buen nivel de iluminación en todos los planos verticales pertenecientes a los jugadores, es muy importante debido a su ubicación imprecisa dentro del terreno,

mientras que para los espectadores y cámaras que ocupan sitios fijos sólo es necesario considerar el plano vertical que corresponde a su línea de observación.

Muchos deportes tales como bolos, golf, tenis, volibol, etc. tienen un sentido principal de observación es decir son unidireccionales; en ellos tanto la iluminación vertical como la horizontal son importantes.

Por razones prácticas la iluminancia del plano horizontal es la que determina el nivel de iluminación de un terreno deportivo y se considera que cumpliendo los requisitos para el alumbrado de este plano, automáticamente se proporcionan los niveles adecuados para el plano vertical.

En lo que a uniformidad se refiere, la iluminancia horizontal debe cumplir ciertos requisitos para asegurar que el área de juego recibe el mismo nivel de iluminación en cada uno de sus puntos.

Se define como uniformidad horizontal (RUH) a la relación:

$$RUH = \frac{E \text{ mínimo horizontal}}{E \text{ medio horizontal}}$$

Con el fin de mantener una buena uniformidad sobre el área de juego se puede aplicar los siguientes criterios, los mismos que se han formado a través de la experiencias obtenidas durante la realización de proyectos de alumbrado de campos deportivos:

- La iluminancia vertical a un nivel de 1.5 m. sobre el área de juego en un plano vertical frente al centro de la zona de juego, deberá ser siempre mayor que la mitad de la iluminancia horizontal recomendada.

En juegos donde el objeto se eleva hasta cierta altura, la iluminancia vertical debe mantener valores considerables por lo menos hasta unos 5 m. de altura, para evitar que el objeto se haga invisible.

- En general se recomienda que el nivel de iluminación vertical en cualquier punto del área deportiva no debe ser menor a 1/3 o 1/4 del nivel de iluminación horizontal.

- Para grandes áreas deportivas, por ejemplo

para el caso de los estadios de beisbol, fútbol, la iluminancia se determina por la cantidad requerida por los espectadores de la hilera de asientos ubicada lo más lejos del centro del área de juego para facilitar la tarea visual de los mismos.

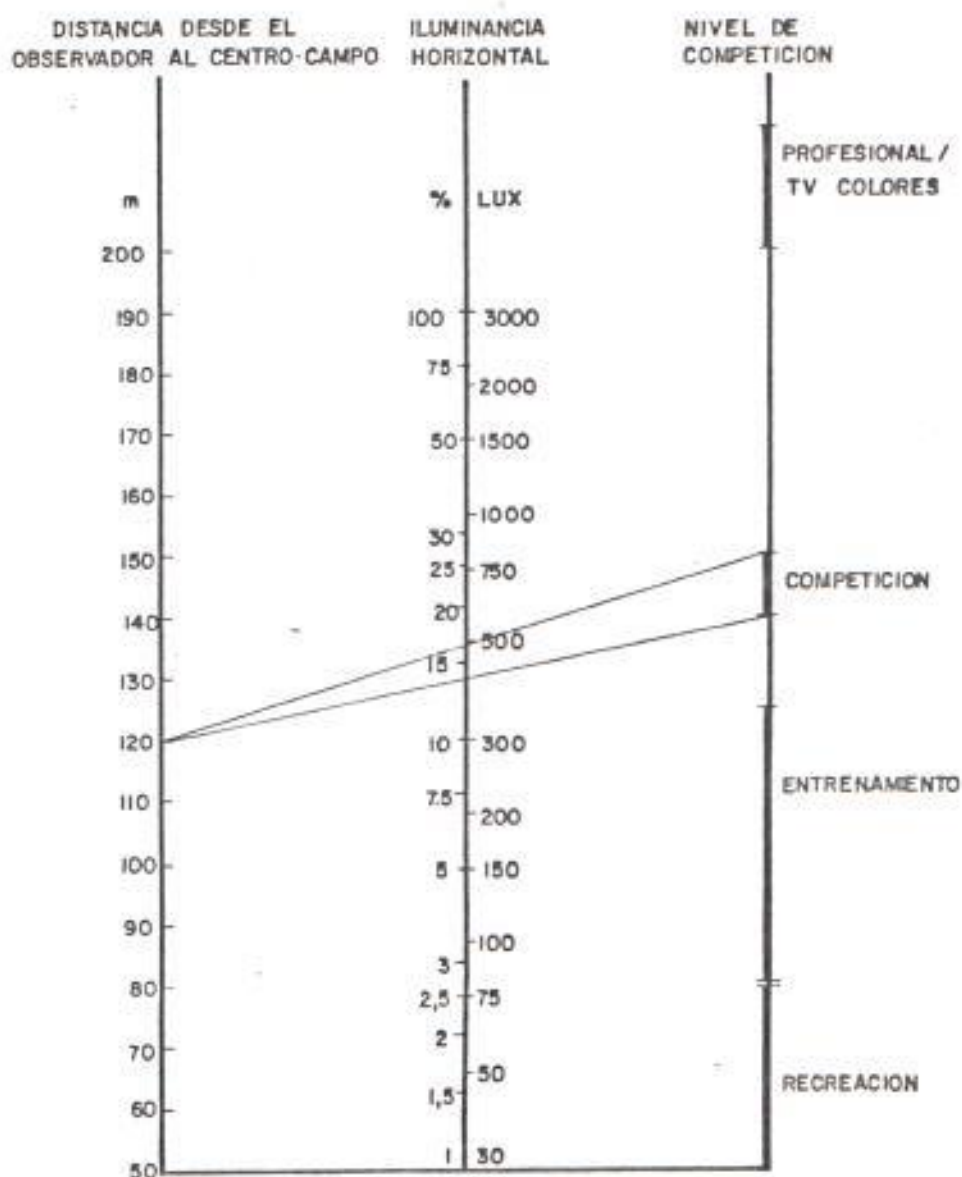
En la pag. 65 se presenta un método gráfico para obtener los valores mínimos recomendados de iluminación horizontal para diferentes distancias entre el observador al centro del área deportiva, por ejemplo para una distancia de 120 mt. entre el observador al centro del campo y para un nivel de encuentro de competición, el valor de la iluminancia varía entre 400-500 lux.

La tabla IV es una tabla comparativa de los valores de iluminancias para diferentes tipos de deportes tanto interiores como exteriores según se recomienda en Estados Unidos, Gran Bretaña, Francia y Alemania ya sea para entrenamientos o para torneos.

Los valores dados en la mayoría de las tablas de niveles de iluminación

## NOMOGRAMA

Valores mínimos de iluminación horizontal para difentes distancias desde el observador al centro del área deportiva



FUENTE. REVISTA INTERNACIONAL DE LUMINOTECNIA  
AÑO 1982 # 3

TABLA IV

Iluminancias recomendadas (lux) para una selección de deportes exterior e interior

TIPO DE DEPORTE	NIVEL DE JUEGO	U.S.A.	GRAN BRETANA	FRANCIA	ALEMANIA
Fútbol	entrenamiento	110	-	50-100	80
Rugby	competición				
Atletismo	según la distancia de observación max.	220-110	100-500	200-100	150-500
Tenis Exterior	recreo	110	150	-	-
	entrenamiento	220	300	300	200
	competición	320	500	600	400
Tenis Interior	recreo	220	300	-	-
	entrenamiento	320	500	-	-
	competición	540	750	600	400
Natación Exterior	recreo	110	150	150	-
	entrenamiento	-	300	300	200
	competición	220	500	300	400
Natación Interior	recreo	320	300	150	-
	entrenamiento	-	300	300	400
	competición	540	500	300	400
Patinaje Exterior	recreo	54	150	200	-
Hockey sobre hielo	entrenamiento	-	300	400	200
	competición	-	500	400-800	400
Patinaje Interior	recreo	110	300	200	-
Hockey sobre hielo	entrenamiento	-	500	400	200
	competición	-	700	400-800	400
Salas de deporte	recreo	320	300	200	-
	entrenamiento	320	500	400	200
	competición	540	700	500	400
Baloncesto	recreo	160	300	300	-
	entrenamiento	220	500	400	200
	competición	320-1600	750	500	400
Tenis de mesa	recreo	220	150-300	500	-
	entrenamiento	320	300	500	300
	competición	540	500	500	600
Boxeo	recreo	1100	300	-	-
	entrenamiento	2200	100	100	300
	competición	5400	2000	3000	1500



recomendados para alumbrado deportivo, se refieren a niveles de iluminancia horizontal que debe mantenerse sobre el área del campo deportivo aproximadamente a un metro de altura sobre el nivel del piso; hay dos razones muy importantes para que estos valores sean presentados de esta manera y son:

Primera.- Los valores de iluminancia horizontal son mucho más fáciles de calcular y de medir.

Segunda.- La componente vertical de iluminación se la encuentra adecuadamente cuando se conoce el valor de iluminancia horizontal y cuando las luminarias son instaladas de acuerdo a la altura de montaje y distancias aconsejables.

#### 4.3.3. Factores que influyen en la percepción visual

En un juego deportivo la tarea visual más difícil consiste en seguir el objeto de juego que por lo general es una pelota, cuya distancia de observación es variable en cada momento.

El nivel de iluminación para un objeto móvil pequeño está relacionado con los parámetros que definen la tarea visual y sus necesidades de luz tales como:

- Tamaño del objeto de juego.

El tamaño del objeto de juego es uno de los factores de mayor influencia en la percepción visual, en el que debe considerarse no sólo su tamaño absoluto o real sino también su tamaño aparente que es función de su tamaño real y de la distancia de observación,



FIG. N° 4.1 TAMAÑO DEL OBJETO DE JUEGO

De la figura 4.1. podemos observar que el tamaño del objeto tiene relación con el ángulo de visualización subtendido desde el ojo del observador al objeto, lo que indica que éste ángulo varía según la ubicación de la pelota y es mayor cuando la distancia es menor y viceversa. Es importante recordar que el ángulo de percepción límite del ojo humano es de aproximadamente un minuto.

Las dimensiones y reflectancias de los objetos de juego varían dentro de un gran rango requiriéndose de esta manera diferentes niveles de iluminación.

En lo que a tamaño se refiere éste puede variar desde un disco ficha a una pelota de fútbol y en cuanto a reflectancia está varia desde 1% para el caso de un disco de hockey sobre hielo a un 80% para una pelota de golf.

#### Contraste

El contraste es la relación entre la luminancia que presenta el objeto y el fondo contra el cual se visualiza; este factor tiene relación directa con el alumbrado y no depende del deporte en práctica.

El nivel de iluminación proporcionado deberá facilitar las tareas de juego y observación del deporte por la determinación de la claridad o brillantez del objeto utilizado con respecto al fondo del terreno, para que a pesar de su tamaño, velocidad y ubicación dentro del espacio, sea visible para cualquier posición normal del observador y el jugador.

Para algunos deportes muy especialmente los denominados aéreos, el fondo normal frente al cual el objeto de juego va a ser observado más por el jugador que por el observador, está comprendido por las superficies o espacios superiores, inferiores y sus alrededores para las diferentes posiciones del jugador.

Esto significa que muy difícilmente se tendrá una brillantez de fondo uniforme: como ejemplo de esta variación de fondo tenemos el caso de una pelota del golf: en el exterior puede tener como fondo en un primer momento el césped verde y luego puede ser proyectado frente al cielo.

Para obtener el contraste de fondo correcto, es imprescindible proporcionar al terreno de juego de un nivel de iluminación horizontal adecuado; en cambio un buen contraste con el cuerpo de los jugadores para que estos sean fácilmente reconocibles e identificables aún a grandes distancias del terreno de juego se obtiene si los planos verticales reciben el nivel de iluminación vertical necesario.

### Deslumbramiento

Este es otro factor de gran importancia en la tarea visual que es completamente independiente del juego a realizarse y es provocado por la presencia del haz luminoso de la fuente en la línea normal de observación.

Debido a que un proyector es una causa de deslumbramiento y siempre que sea posible debemos evitar este efecto, ubicandolo de tal manera que su dirección de proyección quede fuera de la línea normal de visión.

Calcular el grado de deslumbramiento que aporta cada luminaria de una instalación a la línea normal de visión de los grupos observadores no es una tarea fácil.

Si bien es cierto que este factor no puede ser eliminado por completo, podemos aplicar algunas medidas para reducirlo y mantenerlo dentro de ciertos límites permisibles.

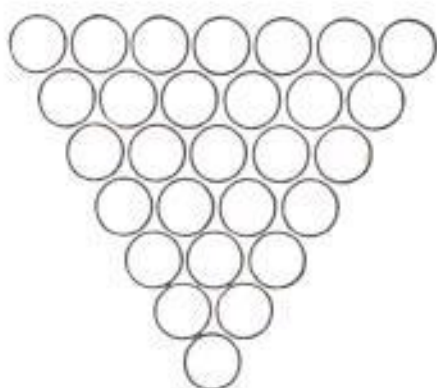
Estas medidas dependen de la ubicación y altura de los reflectores, a continuación se enumeran algunas de ellas:

- Para juegos unidireccionales es preferible ubicar las fuentes luminosas en hileras a lo largo de cada lado de la zona de juego. (Fig. 4.2.a)

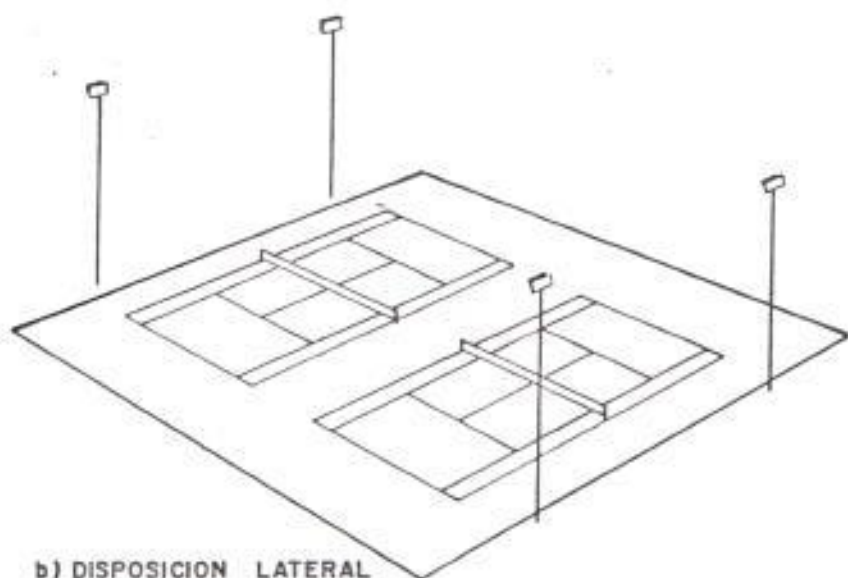
- Agrupando las luminarias de alta intensidad luminica de tal forma que la cantidad de superficies luminosas visibles desde una dirección sea la mínima; una forma que conseguir este objetivo es disponiendo las luminarias en forma triangular inclinada, disposición que es muy utilizada en los campos de fútbol.

Podemos observar de la figura 4.2b que existe una concentración de proyectores en la parte superior con esto se reduce el ángulo de incidencia de la luz sobre el área de juego.

- Mantener la iluminancia de los alrededores a un nivel razonable; de tal forma que la diferencia entre la iluminancia del proyector y la de sus contornos sea mínima; aunque esto es bastante difícil en deportes que se practican al aire libre, ya que es necesario proporcionar cierta luz a los



a) DISPOSICION TRIANGULAR



b) DISPOSICION LATERAL

FIG. N° 4-2 UBICACION DE LUMINARIA.

contornos del terreno de juego sin que esta provoque molestias en el interior del mismo.

- Uso de pantallas antideslumbrantes, lentes u otra forma de protección para disminuir la luminancia de las luminarias, estas pantallas vienen diseñadas para permitir la salida de luz desde cierto ángulo que no cause problemas de deslumbramiento; pero hay que recordar que el uso de este tipo de pantallas reduce la eficiencia de la luminaria por lo que habría la necesidad de aumentar la cantidad de ellas, para mantener el nivel de iluminación requerido.

- Instalando las fuentes de luz a una altura correcta de tal manera que su dirección de proyección no sea la misma que la dirección de visión de los jugadores y espectadores.

#### Velocidad

La velocidad del objeto de juego es un factor que depende del tipo de deporte que se practique y se puede decir que a mayor velocidad del objeto, mayores serán las exigencias en cuanto a niveles de iluminación.



La velocidad considerada será la aparente que es aquella que depende del valor y dirección de la velocidad real con relación a la dirección de observación, esta velocidad es menor para los espectadores debido a su mayor distancia de observación.

#### Modelación:

Modelación es la capacidad de luz para resaltar formas sólidas.

Las características de forma y superficie del objeto a ser visto y su probable orientación con respecto al observador son factores importantes que influyen en la apreciación de distancias y velocidades del objeto, sus resultados dependen de la ubicación y altura de las fuentes luminosas utilizadas.

El modelado puede ser duro o suave, el primer caso es donde tengamos cambios fuertes como los que produce la luz emitida por un proyector de haz estrecho, en el segundo caso tenemos ligeros cambios producidos por una luz difusa.

#### 4.4. REQUISITOS DE ILUMINACION PARA TELEVISION Y FILMACION

Cuando el deporte en práctica va a ser transmitido por televisión se debe cumplir con ciertos requisitos sobre los valores de la iluminancia mantenida sobre el terreno de juego.

Para cámaras de televisión y filmación en blanco y negro un nivel de iluminación horizontal de 300 lux es suficiente pero para cámaras de color las exigencias son mayores en cuanto a la iluminación para obtener una buena calidad de imagen; el nivel de iluminancia es medida normal al eje de la cámara; si el valor de la iluminancia no es el adecuado la imagen aparecería como apagada, se puede mencionar lo siguientes puntos:

- La iluminancia en el plano vertical, en dirección a las cámaras, debe ser por lo menos de 1.000 lux.
- La iluminancia del fondo (normalmente las tribunas de espectadores) no debe ser demasiado baja en relación con la superficie de juego.
- La iluminación entre las iluminancias verticales máxima y mínima, medidas a 1.5 m sobre el plano del

suelo, no debe exceder de 3:1.

Para los casos donde las cámaras no están ubicadas en forma lateral con respecto a la cancha, este nivel debe ser dado en las proximidades de todas las cámaras y en este caso la iluminación promedio para los espectadores podría ser un tercio de la iluminancia existente en el campo de juego.

El valor de la intensidad luminosa varía de acuerdo a la sensibilidad de la película o de la cámara utilizada, la abertura del lente y tiempo de exposición de la película.

Es muy importante la ubicación correcta de las luminarias ya que además del deslumbramiento se debe evitar los problemas de reflexión y brillantez frente a las cámaras.

## CAPITULO V

### METODOS DE CALCULO DE UN ALUMBRADO DEPORTIVO

#### 5.1. UBICACION Y ALTURA DE MONTAJE DE LOS PROYECTORES

Por lo general, la ubicación de los proyectores está dada por la facilidad existente en el área iluminada, estos pueden ser instalados en postes o torres, dependiendo de la cantidad de proyectores. A su vez los postes y proyectores pueden ser ubicados: en las esquinas del área, a un sólo lado, o en forma paralela a la zona de juego.

En grandes áreas puede emplearse la combinación de ambos sistemas con lo que se obtiene un buen nivel de iluminación vertical y horizontal, tanto en el centro como en los extremos del área.

Con referencia a la altura de montaje de los proyectores, ésta debe ser elegida cuidadosamente debido a que una altura inadecuada podría aumentar los efectos de deslumbramiento, por eso es conveniente que la altura de los postes sea la

correcta con el fin de minimizar este efecto y proporcionar la mayor comodidad posible a los grupos espectadores.

Ahora bien, cuando se disminuye la altura de montaje de los proyectores, el efecto del deslumbramiento aumenta, así como también la longitud de las sombras proyectadas por los jugadores, una reducción de altura trae la ventaja de obtener un buen nivel de iluminación vertical y desde el punto de vista económico es también conveniente usar postes de poca altura.

En cambio si se incrementa la altura de montaje se consigue: reducir el efecto de deslumbramiento y la longitud de sombras, pero la relación entre el nivel de iluminación vertical y horizontal es menos favorable; estos postes son mucho más caros que los anteriores.

Se puede aplicar las siguientes reglas para conseguir una buena ubicación y altura de montaje de los proyectores. Estas reglas se han obtenido a través de las experiencias adquiridas en la ejecución de proyectos de alumbrado de campos deportivos.

- La relación entre la altura de montaje y distancias

entre los postes serán las indicadas en la fig 5.1.a, para el caso en que los proyectores sean ubicados en ambos lados del terreno de juego, la distancia desde el extremo del área al poste será igual a dos veces la altura de montaje y la distancia entre postes será cuatro veces.

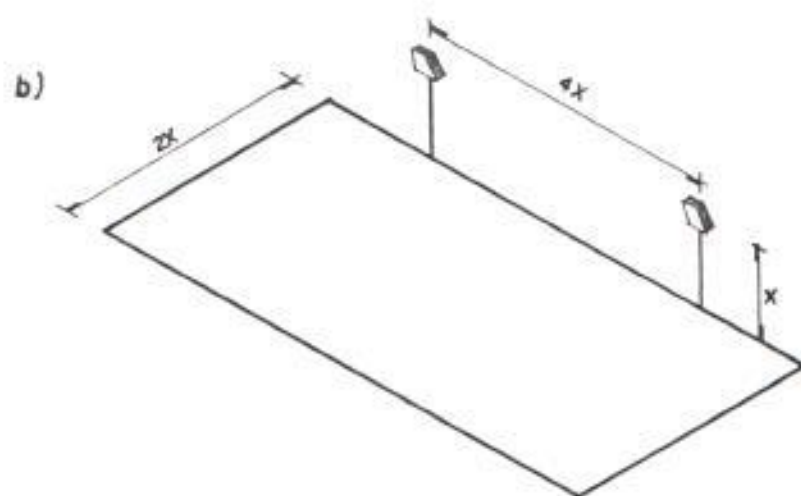
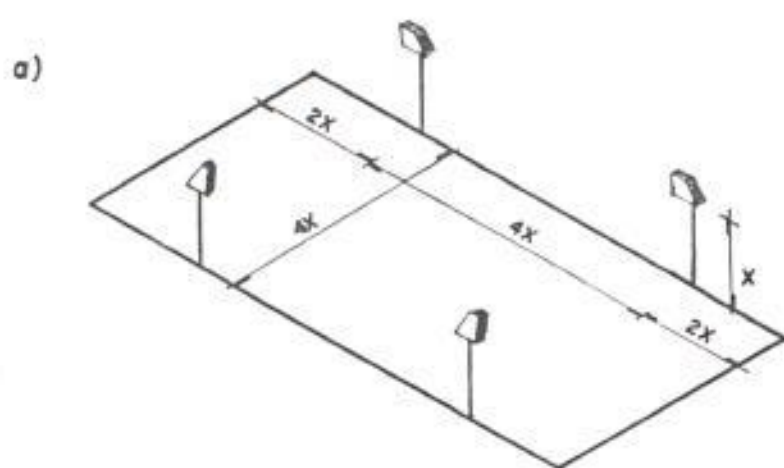


FIG N°5-1 RELACION ENTRE ALTURA DE POSTES VS. DISTANCIA ENTRE POSTES

La figura 5.1.b. es para el caso en que los proyectores sean ubicados a un sólo lado, del terreno de juego.

Si por razones físicas no es posible ubicar los postes en forma simétrica con respecto al terreno de juego, un análisis de las posibles direcciones de visión de los grupos espectadores debería ser realizado antes de seleccionar las nuevas ubicaciones de los postes, pero en ningún caso estos deben ser colocados en las mismas direcciones visuales de los espectadores.

- El ángulo entre la superficie horizontal de juego y una línea dibujada desde el reflector con montaje más bajo a un punto situado a  $1/3$  de la distancia medida a través del área, no debe ser menor a 30 grados (fig. 5.2). y que la mínima altura de montaje para deportes aéreos es de 9.1 mt y de 6.1 mt para deportes que se practican a nivel de tierra.

De la fig. 5.2 se obtiene la siguiente relación:

$$MH = (D + 1/3 W) \operatorname{Tg} 30 \quad \text{en donde:}$$

MH = altura de montaje del proyector.

D = distancia del poste a la cancha.

W = ancho del terreno deportivo.

- Cualquiera que sea el tipo de proyector

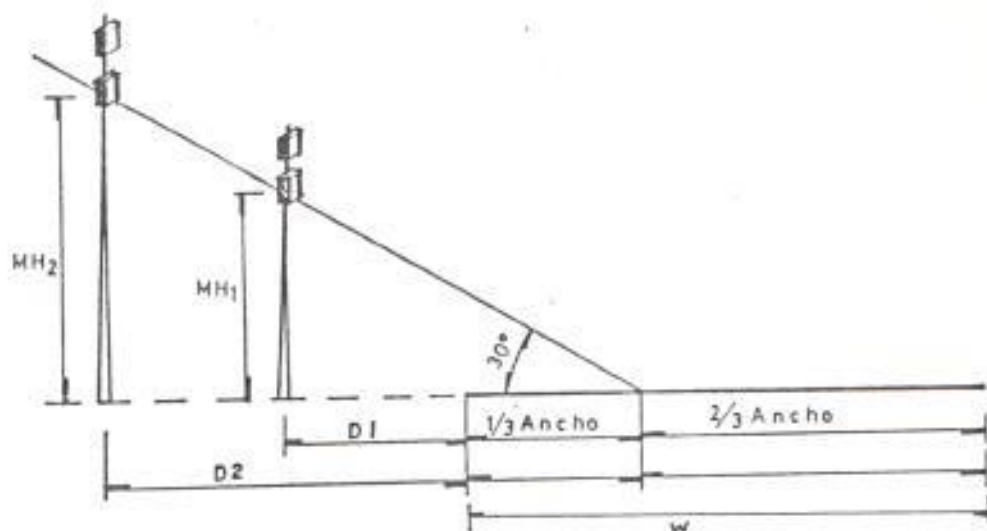


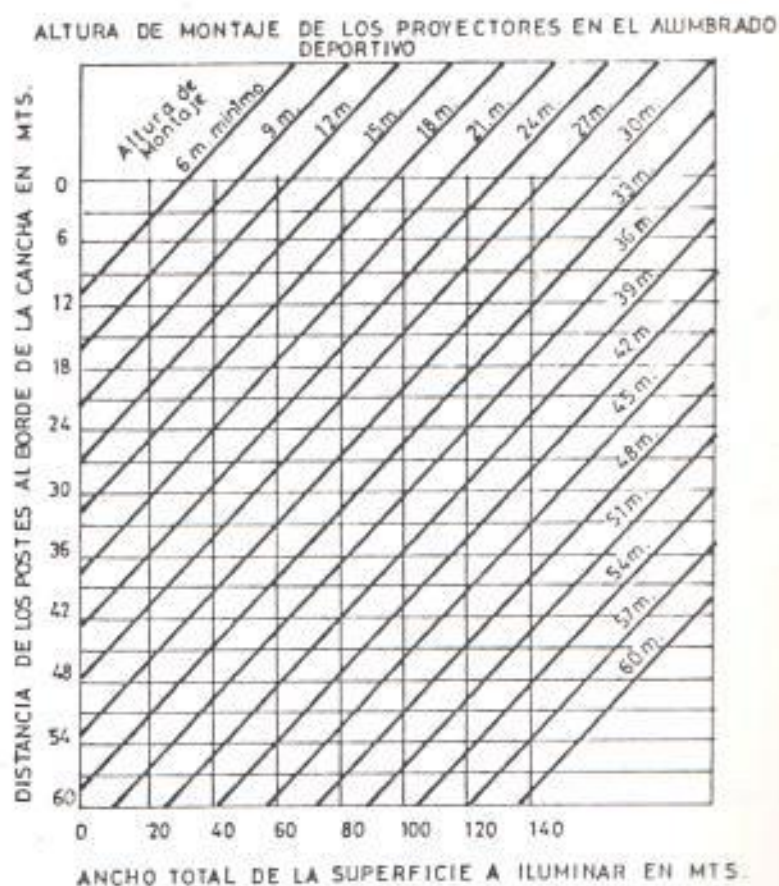
FIG. N° 5-2 RELACION DE ALTURA DE POSTE VS. ANCHO DE CANCHA

seleccionado, es conveniente que en el centro del terreno, el ángulo formado por la horizontal con la línea visual dirigida al punto más bajo de los proyectores, sea mayor a 25 grados.

El ángulo entre el proyector y la línea normal de visión depende tanto de la altura de montaje del proyector como de su distancia con respecto al observador.

En la figura 5.3 podemos observar la relación entre la distancia y altura de postes o torres.





**FIG. N° 5-3. RELACION ALTURA DE POSTE VS. DISTANCIAS**

### 5.2. DIRECCION Y AJUSTE DE PROYECTORES.

Una dirección adecuada de los proyectores es muy importante por que con esto conseguimos un grado alto de uniformidad, tanto en la iluminancia vertical como en la horizontal y un mayor control de deslumbramiento de los proyectores, con este fin cada proyector debe tener su punto de dirección y ajuste necesario sobre el campo deportivo.

Se puede seguir ciertas reglas para obtener una buena dirección de los proyectores tanto en el sentido vertical como en el horizontal.

#### Dirección vertical

La distancia vertical a la que un proyector puede estar dirigido puede variar de  $2/3 - 3/4$  del ancho del terreno a ser iluminado, o dos veces la altura de montaje del proyector, la distancia correcta será aquella que proporcione el grado de uniformidad requerido. (ver fig. 5.4.a).

Para obtener altos niveles de iluminación vertical y horizontal; la dirección de máxima intensidad luminosa del proyector debe estar dirigido de tal manera que forme un triángulo rectángulo con relación 3,4,5 (ver fig. 5.4.b).

#### Dirección horizontal

Con el fin de cubrir toda el área y obtener un buen nivel de uniformidad en la misma es necesario colocar por lo menos dos proyectores por cada poste, cuyos ejes de direcciones deben guardar una distancia de separación y que son dados en la tabla V, la figura 5.4.c es para un proyector tipo 6 ó 7.

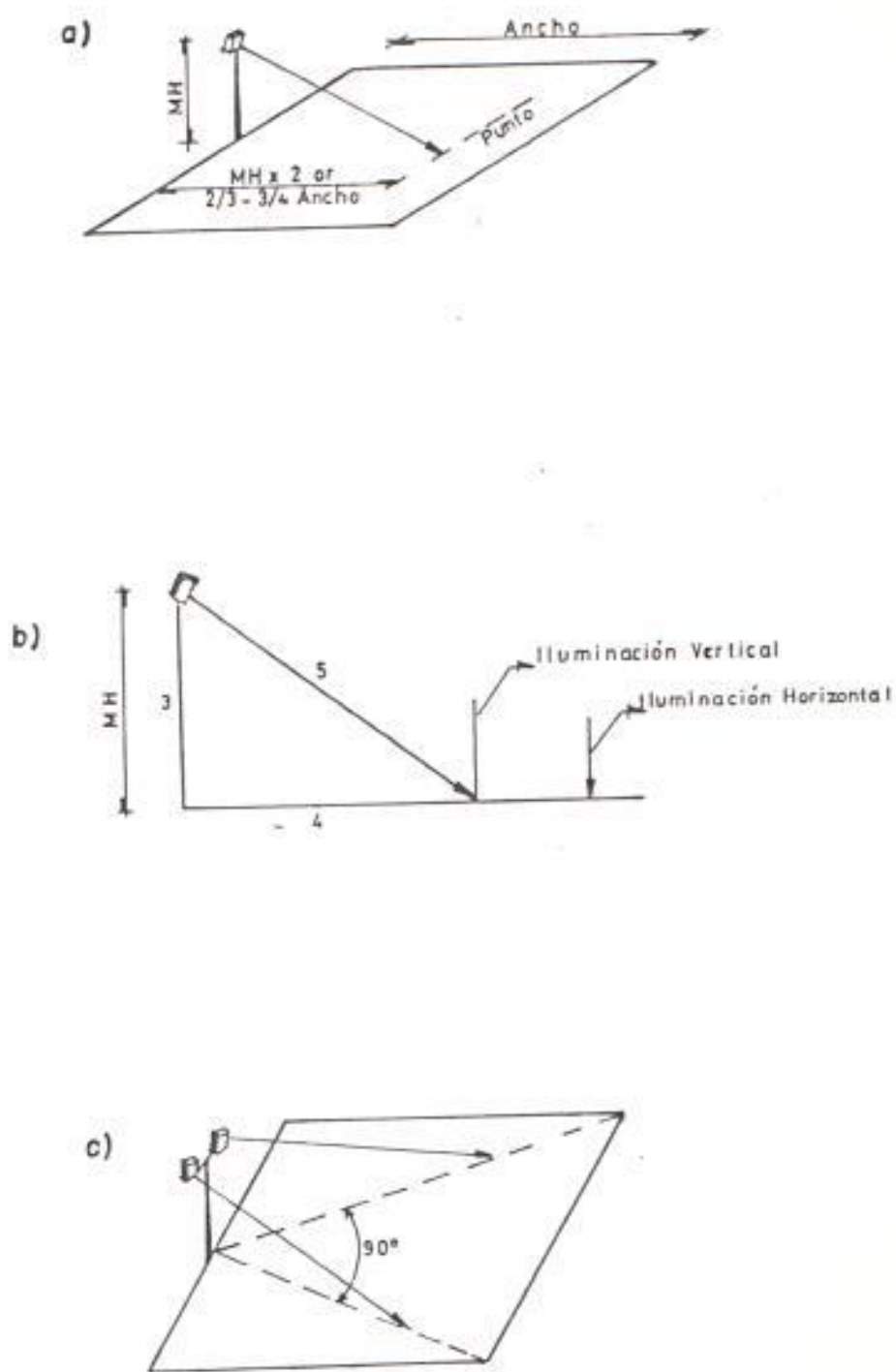


FIG. N° 5-4 DIRECCION DE PROYECTORES

TABLA V

NEMA TIPO	ABERTURA HORIZONTAL DEL HAZ	SEPARACION MAX. SUGERIDA EN GRADOS
2	18° - 29°	12°
3	29° - 46°	24°
4	46° - 70°	40°
5	70° - 100°	60°
6	100° - 130°	90°
7	130° ó +	120°

FUENTE.- folleto deportivo editado por G.E.

Existen métodos de cálculos para determinar la distribución de luz del proyector para una determinada dirección de su eje, pero estos cálculos son demasiados largos cuando un gran número de proyectores se requiere para iluminar una cancha, en la actualidad para conseguir la dirección de los proyectores, se toma como base los resultados obtenidos mediante la práctica para una determinada cancha y con la ayuda de un computador se obtiene las nuevas direcciones para la cancha en estudio.

Para el caso en que los proyectores son colocados a ambos lados del terreno de juego se debe tener cuidado que la luz de los proyectores de una de las hileras no interfiera con la proporcionada por los

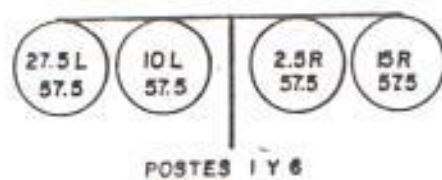
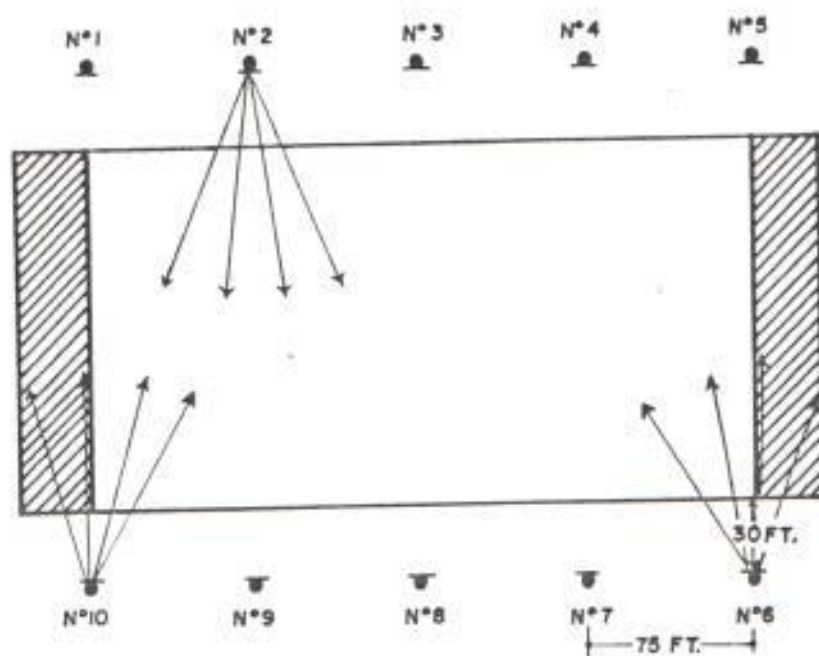
proyector de la hilera opuesta.

En la figura 5.5 se indica la ubicación y dirección de los proyectores para una cancha de fútbol, en donde se nota que los proyectores de una hilera están alineados con la hilera del frente.

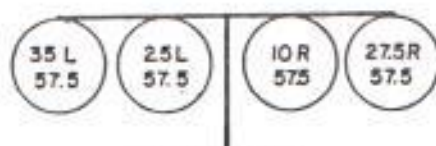
Los números superiores indican la dirección en grados horizontales hacia la derecha (R) o hacia la izquierda (L) de los proyectores y la cantidad inferior es la dirección en grados verticales.

Se tiene también métodos de ajuste que pueden ser aplicados en el momento de realizar el montaje de los proyectores, entre estos métodos se pueden enumerar los siguientes:

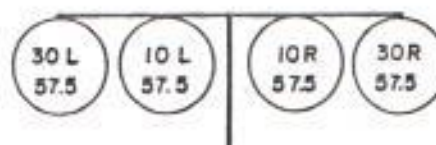
- Ubicar un observador en el punto donde el plano indique y que corresponda a la dirección del proyector; y con la ayuda de unos binoculares debe observar al proyector de tal manera que el eje del mismo pase aproximadamente a través de los ojos del observador de no ser así el proyector debe ser movido hasta que el filamento de la lámpara esté centrada con la apertura del proyector y con la línea del observador.



POSTES 1 Y 6



POSTES 5 Y 10



POSTES 2-3-4-7-8-9

FIG. N° 5-5 DIRECCION Y AJUSTE DE PROYECTORES PARA UNA CANCHA DE FUTBOL

Otro método de observación consiste en ubicar en el punto de enfoque del terreno de juego un objeto por ejemplo una ficha y desde el proyector con la ayuda de una mira dirigir el proyector hacia la ficha.

- Un tercer método consiste en utilizar un proyector de haz estrecho y desde el terreno iluminar el proyector instalado en el poste; cuando el proyector del poste esté completamente iluminado se considerará que su eje está dirigido al punto deseado.

### 5.3. TECNICAS DE CALCULO

El diseño de un campo deportivo debería tomar en consideración tanto la cantidad como la calidad de luz proporcionada al área de juego. Dentro de un diseño puede considerarse tres etapas a saber:

- PRIMERO.- Un estudio práctico es realizado en esta etapa, para lo cual necesitamos obtener cierta información como: planos del campo deportivo que se desea iluminar, facilidad que brinda el área para ubicación de postes o torres, características de las zonas adyacentes al área a ser iluminada, categoría del juego a practicarse, fuentes luminosas a ser utilizadas, etc.

SEGUNDO.- Una vez recopilada toda la información, se puede proceder al cálculo del número de proyectores necesarios para proporcionar el nivel de iluminación adecuado y obtener los objetivos de un diseño de alumbrado deportivo los mismos que fueron tratados en el capítulo IV. Para calcular el número de proyectores se aplica el método de los lúmenes.

TERCERO.- Conocido el número de proyectores y su ubicación, se procede a determinar la dirección de cada uno de ellos con respecto al área y luego para asegurar de que existe el mismo grado de uniformidad sobre toda el área que se desea iluminar se aplica el método punto por punto.

### 5.3.1. Cálculo de los lúmenes

Mediante este método se obtiene el número de proyectores necesarios para proporcionar el nivel de iluminación deseado a una determinada cancha para lo cual se aplica la siguiente fórmula:

$$N = \frac{S \times E_m}{U_p \times C_u \times F_c \times F_l}$$



en donde:

$N$  = número de proyectores.

$S$  = área a iluminar ( $m^2$ ).

$E_m$  = nivel medio de iluminación deseado  
(lux).

$Q_p$  = lúmenes del haz del proyector.

$C_u$  = coeficiente de utilización.

$F_c$  = factor de conservación.

$F_l$  = factor de lámpara.

$Q_p$ .- Los lúmenes del haz del proyector es un dato que se lo obtiene de la información proporcionada por el fabricante y representa el flujo luminoso emitido por el proyector o bien el flujo emitido por la lámpara multiplicado por la eficiencia del proyector.

$C_u$ .- Factor de utilización del haz, es la relación de los lúmenes que inciden en un área a iluminar y el total de lúmenes del haz del proyector.

El valor de este coeficiente depende de la dirección y emplazamiento del proyector y de su distribución de luz dentro de su haz. En un alumbrado con proyectores tanto la dirección como el emplazamiento no son las

mismas para cada una de ellos, lo que significa que el eje óptico es variable; esto impide representar los coeficientes de utilización por medio de tablas o curvas que puedan ser utilizadas en el cálculo de este coeficiente.

Calcular este coeficiente es una tarea laboriosa y para obtenerlo, en primer lugar, se debe haber seleccionado el tipo de proyector, ubicarlo de tal forma que cumpla con los requisitos de un alumbrado deportivo luego orientarlo hacia el área de juego y elegir varios puntos hacia los cuales hemos dirigido la luz. Una vez realizada esta selección se superpone el área iluminada por cada proyector sobre el diagrama isocandelas, luego sumando los lúmenes correspondientes que quedan dentro del área obtenemos los lúmenes que inciden sobre ella, que relacionados a los lúmenes totales del haz nos dá el valor del  $C_u$ . Estos cálculos se realizan en los diferentes puntos y se toma el promedio de ellos, obteniendo de esta manera el Coeficiente de utilización buscado.

Se considera que el valor de este

coeficiente varía entre 0.6 y 0.9. Si resulta que es inferior a 0.6 significa que en estos puntos la luz no es muy intensa, por lo tanto será necesario elegir un proyector de haz estrecho o bien disminuir la distancia de emplazamiento. En cambio si es mayor a 0.9, la iluminación en estos puntos es muy concentrada y se deberá tomar un proyector de haz ancho o aumentar la distancia del mismo.

Fc.- Es el factor de conservación y representa la pérdida del flujo luminoso del proyector después de cierto tiempo de funcionamiento, en esta pérdida influye:

- Las condiciones ambientales de funcionamiento. Estas tienen su influencia en los diferentes tipos de proyectores ya que los proyectores abiertos acumulan mayor cantidad de polvo que los cerrados, lo que reduce la eficacia del proyector reduciendo su flujo luminoso, así también en los proyectores de haz estrecho el polvo acumulado sobre el reflector y la tapa de vidrio produce una mayor difusión del haz, lo que ayuda más a la depreciación de la

intensidad luminosa que a la depreciación del haz de luz.

- Vida de la lámpara, el ennegrecimiento del bulbo debido al paso de luz a través del mismo, reduce los lúmenes del haz aproximadamente a la mitad del valor de una lámpara desnuda.

Los factores de conservación que se aplican en los cálculos son:

Proyectores cerrados: 0.75

Proyectores abiertos: 0.65

Estos valores pueden ser menores bajo condiciones adversas de funcionamiento.

También podemos considerar los valores proporcionados por los fabricantes y que son los siguientes:

TABLA VI

Tipo de lámpara	Factor de conservación
Incandescente	0.75
Cuarzo- Iodo	0.85
Mercurio corregido	0.75
Mercurio blanco	0.75
Aditivos metálicos	0.65
Sodio a alta presión	0.75

FUENTE.- Folleto de iluminación Philips.

Fl: Conocido como factor de lámpara, es utilizado sólo cuando la emisión de lúmenes de la lámpara difiere de la proporcionada.

### 5.3.2. CALCULO DE PUNTO POR PUNTO

Con este método se calcula la intensidad luminosa en cada uno de los puntos del terreno deportivo, una vez que se conoce la cantidad, ubicación y dirección de los proyectores. Para aplicar este método es necesario seleccionar varios puntos del área a iluminar y encontrar las coordenadas de estos puntos con respecto a las coordenadas de los proyectores; luego se procede a calcular los ángulos de incidencia

tanto en el plano vertical como en el horizontal de los proyectores para cada uno de los puntos seleccionados; una vez que se conoce los ángulos se calcula la intensidad luminosa en cada punto debido a la acción de cada uno de los proyectores para lo que se utiliza la curva de distribución de luz proporcionada por el fabricante, con el valor de intensidad luminosa se procede al cálculo del nivel en cada punto aplicando la ley inversa de los cuadrados y que es:

$$E_h = \frac{I \times \cos^3 \theta}{H^2}$$

en donde:

$E_h$  = nivel de iluminación horizontal.

$I$  = intensidad luminosa en el punto.

$\theta$  = ángulo entre el proyector y la dirección del punto en estudio.

$H$  = altura de montaje del proyector.

Esta fórmula se aplica en cada uno de los puntos y por cada proyector instalado. Este cálculo proporciona la componente horizontal de iluminación.

#### 5.4. EJEMPLO DE APLICACION

Este ejemplo se realiza con el fin de demostrar la aplicación de los métodos antes explicados; y se ha tomado como referencia los resultados obtenidos para una cancha de tenis y presentados en el Manual de Alumbrado de Philips y que son mostrados en la página: 109

Características de la instalación presentada en el Manual Philips:

Tipo de lámpara: SDN/T 400W

Tipo de proyector: HNF-003

Número de lámparas por proyector: una

Número de proyectores por poste: dos

Número de postes: cuatro

Altura de montaje: 12 metros

Distribución lumínica: haz ancho 2X29

Flujo luminoso por lámpara: 48.000 lúmenes

Illuminancia horizontal media

en la pista: 340 lux.

en el área total: 245 lux.

## DESARROLLO DEL EJEMPLO

Siguiendo la metodología y cálculos explicados se tiene:

Primero.- Recopilación de información: en la figura 5.6 se dan las dimensiones de las canchas y de sus áreas adyacentes. Características de la instalación y tipo de lámpara:

Tipo de lámpara: SDN/T - 400W.

Tipo de proyector: HNF-003.

Número de lámparas por proyector: una.

Número de proyectores por poste: dos.

Número de postes: cuatro.

Altura de montaje: 12 metros.

Distribución luminica: haz ancho 2 x 27 (ver fig. 5.7).

Iluminación horizontal media que se desea obtener:

340 lux en la pista.

245 lux en el área total.

Segundo.- Cálculo del número de proyectores.

$$N = \frac{S \times E_m}{Q_D \times C_u \times F_c \times F_l}$$



$$N = \frac{18 \times 36 \times 340}{48.000 \times 0,75 \times 0,75}$$

$$N = 8$$

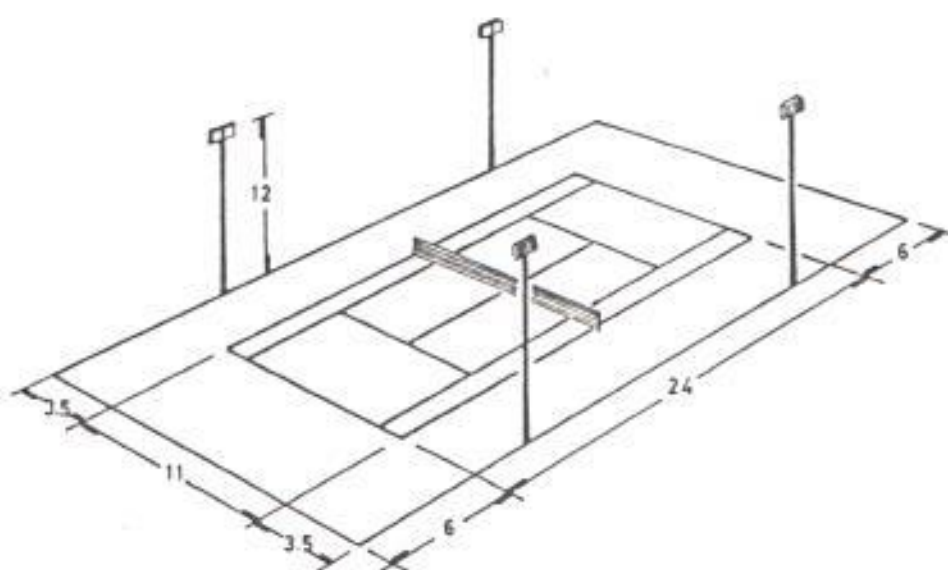


FIG. N° 5-6 DIMENSIONES DE UNA CANCHA DE TENNIS

Tercero.- Uniformidad.

Aplicación del método punto por punto.

Para el desarrollo de este método he utilizado la hoja electrónica LOTUS 1-2-3, en un computador personal I.B.M. XT.

Para mayor facilidad y debido a que la cancha de

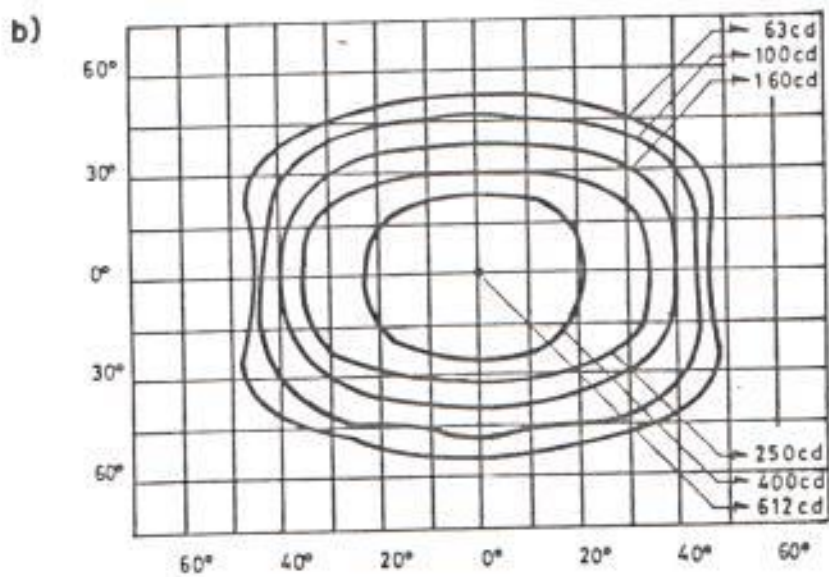
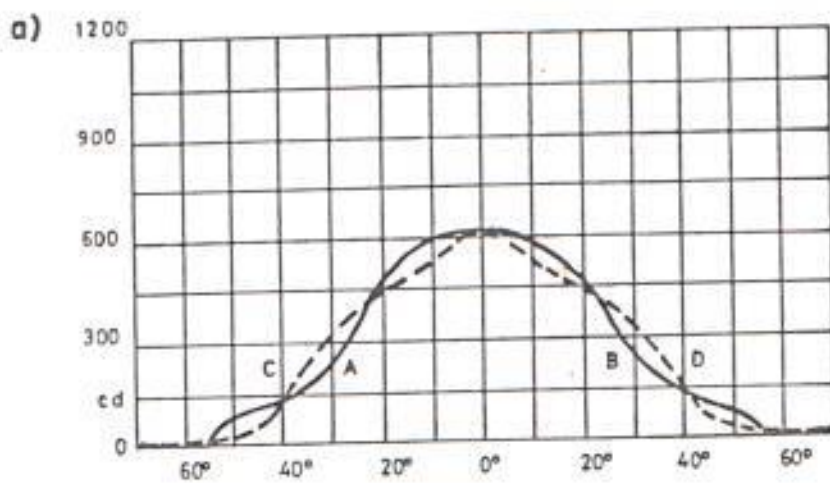


FIG. 5-7 CURVA DE DISTRIBUCION DE UNA LAMPARA DE SON/T-400W.

tenis es simétrica, se la ha dividido en cuatro secciones iguales las que serán denominadas A, B, C, D; se realiza el estudio en una de ellas y los resultados obtenidos para esta sección son válidos para las otras tres debido a la simetría de la cancha.

La sección en estudio será la A; de la cual se tomarán 50 puntos para la aplicación del método punto por punto; en la figura 5.8 se puede observar las zonas, puntos elegidos, ubicación de postes y dirección de los proyectores.

En primer lugar se debe encontrar la ubicación de cada uno de los puntos seleccionados con respecto a cada luminaria; para mayor facilidad las luminarias se las denominará de acuerdo a la sección a la que pertenecen así tenemos:

Proyector A1 y A2 de la sección A.

Proyector B1 y B2 de la sección B.

Proyector C1 y C2 de la sección C.

Proyector D1 y D2 de la sección D.

Para hallar la ubicación de los puntos con respecto a las luminarias se aplica las siguientes fórmulas; las mismas que se obtienen partiendo de la figura 5.9.



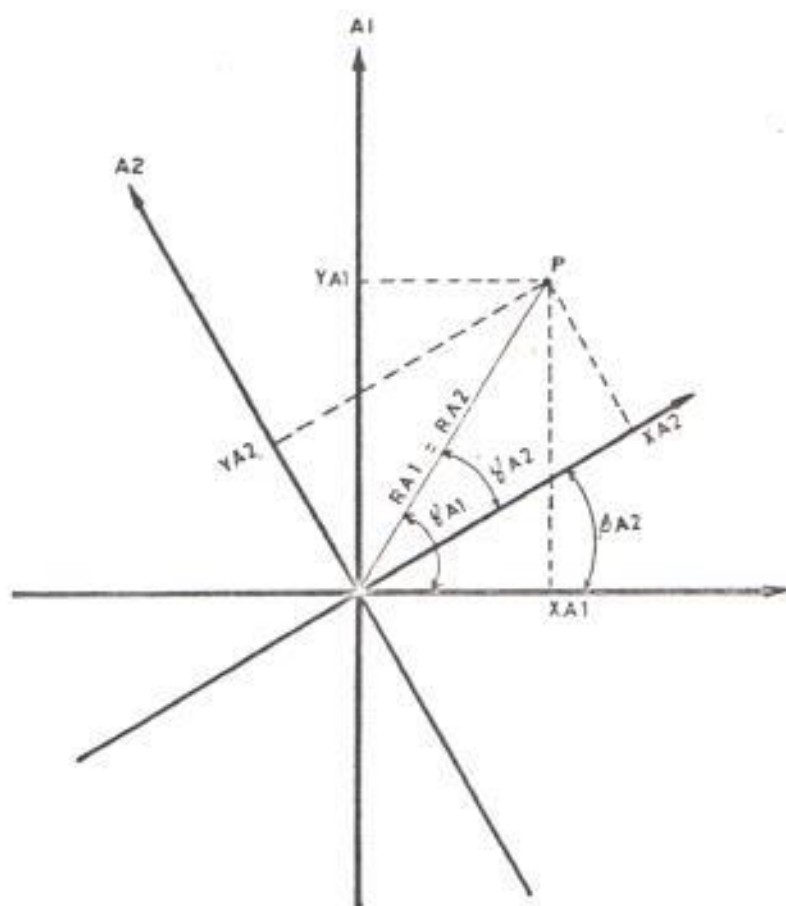


FIG N° 5-9.- UBICACION DE LOS PUNTOS CON RESPECTO A LAS LUMINARIAS

Para los proyectores de la zona A se tiene:

$$RA1 = \sqrt{(XA1)^2 + (YA1)^2}$$

$$\gamma A1 = \text{ARCTG} (YA1/XA1)$$

$$RA2 = RA1$$

$$\gamma A2 = \text{ARCTG} (6/10.5)$$

$$\beta A2 = \gamma A1 - \gamma A2$$

$$YA2 = RA2 \times \text{SEN} \gamma A2$$

$$XA2 = RA2 \times \text{COS} \gamma A2$$

Para los proyectores de la zona B, los mismos que están desplazados una distancia L igual a 16 mt. con respecto a los proyectores de la zona A se tiene:

$$XB1 = L + XA1$$

$$YB1 = YA1$$

$$RB1 = \sqrt{(XB1)^2 + (YB1)^2}$$

$$RB2 = RB1$$

$$\gamma_{B1} = \text{ARCTG} (YB1/XA1)$$

$$\beta_{B2} = \gamma_{B1} + \gamma_{B2}$$

$$XB2 = RB2 \times \text{COS} \beta_{B2}$$

$$YB2 = RB2 \times \text{SEN} \beta_{B2}$$

Las fórmulas escritas anteriormente son válidas para los cuadrantes C y D, con las que se obtiene los resultados tabulados en las páginas: 110-113

Una vez obtenida la ubicación de los puntos con respecto a cada proyector se procede a obtener los ángulos de incidencia de los proyectores en cada uno de los puntos en estudio; para lo cual se utiliza las fórmulas obtenidas de la figura 5.10 y que son las siguientes:

$$\text{COS } \theta = h/FF,$$

$$\theta = \text{ARCCOS} \left[ \frac{H}{\left( (H)^2 + \left( \sqrt{(X)^2 + (Y)^2} \right)^2 \right)^{1/2}} \right]$$

$$\text{TG } \theta = OP/H$$

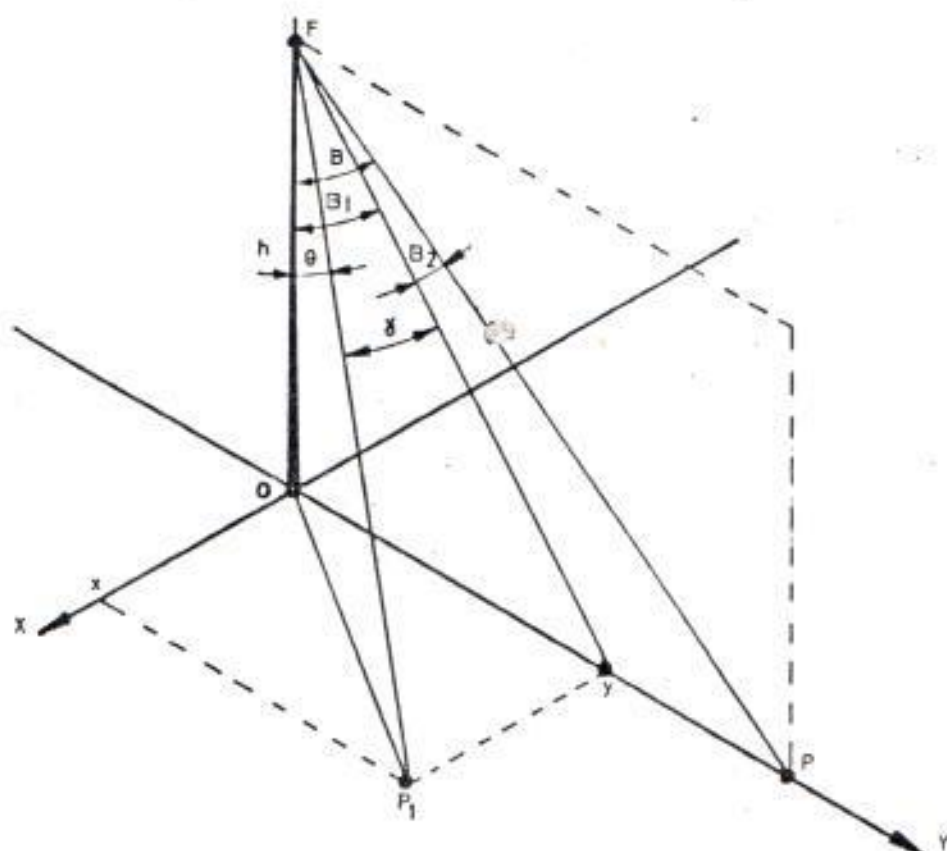


FIG. N° 5-10.- ANGULO DE INCIDENCIA DE LOS PROYECTORES

$$\gamma = \text{ARCTAN} (X / ((H) + (Y)))$$

$$\text{TG } \beta_2 = \text{TG } \beta - \text{TG } \theta,$$

$$\beta_2 = \text{ARCTAN} (\text{TAN} (DP/H) - \text{TAN} (Y/H))$$

Los resultados obtenidos son los tabulados en las páginas: 114-121

Con los valores de los ángulos obtenidos anteriormente tomamos las lecturas que le corresponden a cada ángulo en las curvas isocandelas

tanto para el plano horizontal como para el plano vertical los mismos que fueron obtenidos de la figura 5.7 y tabulados en la tabla VII; y aplicamos la fórmula de la ley del coseno al cuadrado, con lo que se obtienen los valores de lux que inciden en cada punto por la influencia de cada uno de los proyectores y luego mediante una sumatoria se obtiene el valor total de lux en cada punto; los resultados están tabulados en la página 130.

De los resultados anteriores se obtiene el valor de los lúmenes que inciden tanto en la cancha como en el Área total.

Para mayor facilidad, estos valores son ubicados sobre el área total que se desea iluminar esto es sobre los 200 puntos seleccionados anteriormente. (ver pag. 108)

#### ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos (pag 108) comparados con los valores del ejemplo del manual Philips (pag 109) son menores, esto se debe a que la distribución luminica de la luminaria utilizada para el desarrollo del ejemplo no es exactamente la misma que la utilizada en el manual, con lo que se obtiene los siguientes



resultados totales:

	MANUAL	EJEMPLO
Lúmenes totales sobre el terreno	46.608	45.077
Iluminancia horizontal media:		
en la pista:	340	346
en el área total	245	225

Los lúmenes totales sobre el terreno son menores por lo que la iluminancia horizontal media es también menor, pero el valor de la iluminancia sobre la pista es mayor y esto se debe a que el haz del proyector utilizado en el desarrollo del ejemplo es menor.

TABLA VII

Valores de intensidades obtenidos de la curva de distribución luminosa para un proyector tipo HNF-003 (fig. 5.7)

ANGULOS EN GRADOS	PLANO VERTICAL	PLANO HORIZONTAL
0	530.00	630.00
2	626.25	615.00
4	622.50	600.00
6	615.00	570.00
8	605.00	540.00
10	595.00	525.00
12	570.00	510.00
14	555.00	490.00
16	525.00	465.00
18	495.00	450.00
20	465.00	435.00
22	435.00	420.00
24	375.00	405.00
26	315.00	375.00
28	270.00	352.50
30	240.00	322.50
32	195.00	300.00
34	180.00	255.00
36	165.00	225.00
38	142.50	180.00
40	120.00	150.00
42	105.00	105.00
44	97.50	75.00
46	90.00	45.00
48	90.00	30.00
50	75.00	30.00
52	60.00	22.50
54	45.00	15.00

Valores de iluminancia en lux en la cancha de tenis, calculados en el ejemplo en los puntos indicados (X e Y en metros)

X (m)	-18.00	-16.00	-14.00	-12.00	-10.00	-8.00	-6.00	-4.00	-2.00	0.00	2.00	4.00	6.00	8.00	10.00	12.00	14.00	16.00	18.00	TOTAL
7.00	31.36	57.55	100.26	144.39	190.59	205.78	188.40	173.19	163.96	162.76	163.96	173.19	188.40	205.78	190.59	144.39	100.26	57.55	31.36	2673.72
7.00	49.79	93.20	148.12	203.44	282.79	314.55	289.40	272.91	247.82	240.16	247.52	272.91	289.40	314.55	282.79	203.44	148.12	93.20	49.79	4043.61
5.00	62.06	109.16	177.18	240.30	329.31	367.51	373.34	332.91	299.04	295.76	299.04	332.91	373.34	367.51	329.31	240.30	177.18	109.16	62.06	4917.38
3.00	71.58	122.11	189.72	274.13	362.60	403.07	398.12	368.57	335.75	307.51	335.75	368.57	398.12	403.07	362.60	274.13	189.72	122.11	71.58	5358.82
1.00	79.41	141.24	204.24	288.37	371.79	407.29	397.81	383.80	341.69	313.65	341.69	383.80	397.81	407.29	371.79	288.37	204.24	141.24	79.41	5544.90
-1.00	79.41	141.24	204.24	288.37	371.79	407.29	397.81	383.80	341.69	313.65	341.69	383.80	397.81	407.29	371.79	288.37	204.24	141.24	79.41	5544.90
-3.00	71.58	122.11	189.72	274.13	362.60	403.07	398.12	368.57	335.75	307.51	335.75	368.57	398.12	403.07	362.60	274.13	189.72	122.11	71.58	5358.82
-5.00	62.06	109.16	177.18	240.30	329.31	367.51	373.34	332.91	299.04	295.76	299.04	332.91	373.34	367.51	329.31	240.30	177.18	109.16	62.06	4917.38
-7.00	49.79	93.20	148.12	203.44	282.79	314.55	289.40	272.91	247.82	240.16	247.52	272.91	289.40	314.55	282.79	203.44	148.12	93.20	49.79	4043.61
-9.00	31.36	57.55	100.26	144.39	190.59	205.78	188.40	173.19	163.96	162.76	163.96	173.19	188.40	205.78	190.59	144.39	100.26	57.55	31.36	2673.72
TOTAL	588.379	1046.52	1639.05	2301.27	3074.16	3436.39	3794.13	3062.76	2775.92	2639.65	2775.92	3062.76	3794.13	3436.39	3074.16	2301.27	1639.05	1046.52	588.379	45075.8

Valores de iluminancia en lux en la cancha de tenis, calculados con ordenador en los puntos indicados (X e Y en metros)

X (m)	-18,00	-16,00	-14,00	-12,00	-10,00	-8,00	-6,00	-4,00	-2,00	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00	10,00	12,00	14,00	16,00	18,00	TOTAL	
Y (m)																					
9,00	42	74	116	166	216	236	233	230	202	192	202	230	233	236	216	166	116	74	42	42	3222
7,00	53	97	165	231	300	322	316	296	274	265	274	296	316	322	300	231	165	97	53	53	4373
5,00	62	112	175	248	327	365	365	342	313	297	313	342	365	365	327	248	175	112	62	62	4915
3,00	72	125	189	271	352	396	399	369	339	324	339	369	399	396	352	271	189	125	72	72	5348
1,00	78	128	195	283	355	393	392	374	355	344	355	374	392	393	355	283	195	128	78	78	5450
-1,00	78	128	195	263	355	393	392	374	355	344	355	374	392	393	355	263	195	128	78	78	5450
-3,00	72	125	195	271	352	396	399	369	339	324	339	369	399	396	352	271	185	125	72	72	5340
-5,00	62	112	175	248	327	365	365	342	313	297	313	342	365	365	327	248	175	112	62	62	4915
-7,00	53	97	165	231	300	322	316	296	274	265	274	296	316	322	300	231	165	97	53	53	4373
-9,00	42	74	116	166	216	236	233	230	202	192	202	230	233	236	216	166	116	74	42	42	3222
TOTAL	614	1072	1676	2398	3100	3424	3410	3222	2966	2844	2966	3222	3410	3424	3100	2398	1676	1072	614	614	46608

CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS EJES DE LOS PROYECTORES UBICADOS  
EN LA ZONA "A"

EJE A1-A2

A1

	X	Y	RAI	ALFAA1	ALFAA2
1	9.00	0.00	9.00	0.00	-29.74
2	7.00	0.00	7.00	0.00	-29.74
3	5.00	0.00	5.00	0.00	-29.74
4	3.00	0.00	3.00	0.00	-29.74
5	1.00	0.00	1.00	0.00	-29.74
6	-1.00	0.00	1.00	0.00	-29.74
7	-3.00	0.00	3.00	0.00	-29.74
8	-5.00	0.00	5.00	0.00	-29.74
9	-7.00	0.00	7.00	0.00	-29.74
10	-9.00	0.00	9.00	0.00	-29.74
11	9.00	2.00	9.22	12.53	-17.22
12	7.00	2.00	7.28	15.95	-13.60
13	5.00	2.00	5.39	21.80	-7.94
14	3.00	2.00	3.61	33.69	3.95
15	1.00	2.00	2.24	63.43	33.69
16	-1.00	2.00	2.24	-63.43	-93.18
17	-3.00	2.00	3.61	-33.69	-63.43
18	-5.00	2.00	5.39	-21.80	-51.55
19	-7.00	2.00	7.28	-15.95	-45.69
20	-9.00	2.00	9.22	-12.53	-42.27
21	9.00	4.00	9.85	23.96	-5.78
22	7.00	4.00	8.06	29.74	0.00
23	5.00	4.00	6.40	38.66	8.91
24	3.00	4.00	5.00	53.13	23.39
25	1.00	4.00	4.12	75.96	46.22
26	-1.00	4.00	4.12	-75.96	-105.71
27	-3.00	4.00	5.00	-53.13	-62.87
28	-5.00	4.00	6.40	-38.66	-68.40
29	-7.00	4.00	8.06	-29.74	-59.49
30	-9.00	4.00	9.85	-23.96	-53.71
31	9.00	6.00	10.82	33.69	3.95
32	7.00	6.00	9.22	40.60	10.86
33	5.00	6.00	7.81	50.19	20.45
34	3.00	6.00	6.71	63.43	33.69
35	1.00	6.00	6.08	80.54	50.79
36	-1.00	6.00	6.08	-80.54	-110.28
37	-3.00	6.00	6.71	-63.43	-93.18
38	-5.00	6.00	7.81	-50.19	-79.94
39	-7.00	6.00	9.22	-40.60	-70.35
40	-9.00	6.00	10.82	-33.69	-63.43
41	9.00	8.00	12.04	41.63	11.89
42	7.00	8.00	10.63	48.81	19.07
43	5.00	8.00	9.43	57.99	28.25
44	3.00	8.00	8.54	69.44	39.70
45	1.00	8.00	8.06	82.87	53.13
46	-1.00	8.00	8.06	-82.87	-112.62
47	-3.00	8.00	8.54	-69.44	-99.19
48	-5.00	8.00	9.43	-57.99	-87.74
49	-7.00	8.00	10.63	-48.81	-78.56
50	-9.00	8.00	12.04	-41.63	-71.38

CÁLCULOS PARA ENCONTRAR LOS EJES DE LOS PROYECTORES UBICADOS  
EN LA ZONA "B"

EJE B1-B2

B1

	X	Y	RBI	ALFABI	ALFAB2
1	27.00	0.00	27.00	0.00	29.74
2	25.00	0.00	25.00	0.00	29.74
3	23.00	0.00	23.00	0.00	29.74
4	21.00	0.00	21.00	0.00	29.74
5	19.00	0.00	19.00	0.00	29.74
6	17.00	0.00	17.00	0.00	29.74
7	15.00	0.00	15.00	0.00	29.74
8	13.00	0.00	13.00	0.00	29.74
9	11.00	0.00	11.00	0.00	29.74
10	9.00	0.00	9.00	0.00	29.74
11	27.00	2.00	27.07	4.24	33.98
12	25.00	2.00	25.08	4.57	34.32
13	23.00	2.00	23.09	4.97	34.71
14	21.00	2.00	21.10	5.44	35.19
15	19.00	2.00	19.10	6.01	35.75
16	17.00	2.00	17.12	6.71	36.45
17	15.00	2.00	15.13	7.59	37.34
18	13.00	2.00	13.15	8.75	38.49
19	11.00	2.00	11.18	10.30	40.05
20	9.00	2.00	9.22	12.53	42.27
21	27.00	4.00	27.29	8.43	38.17
22	25.00	4.00	25.32	9.09	38.84
23	23.00	4.00	23.35	9.87	39.61
24	21.00	4.00	21.38	10.78	40.53
25	19.00	4.00	19.42	11.89	41.63
26	17.00	4.00	17.46	13.24	42.99
27	15.00	4.00	15.52	14.93	44.68
28	13.00	4.00	13.60	17.10	46.85
29	11.00	4.00	11.70	19.98	49.73
30	9.00	4.00	9.85	23.96	53.71
31	27.00	6.00	27.66	12.53	42.27
32	25.00	6.00	25.71	13.50	43.24
33	23.00	6.00	23.77	14.62	44.37
34	21.00	6.00	21.84	15.95	45.69
35	19.00	6.00	19.92	17.53	47.27
36	17.00	6.00	18.03	19.44	49.18
37	15.00	6.00	16.16	21.80	51.55
38	13.00	6.00	14.32	24.78	54.52
39	11.00	6.00	12.53	28.61	58.36
40	9.00	6.00	10.82	33.69	63.43
41	27.00	8.00	28.16	16.50	46.25
42	25.00	8.00	26.25	17.74	47.49
43	23.00	8.00	24.35	19.18	48.92
44	21.00	8.00	22.47	20.85	50.60
45	19.00	8.00	20.62	22.83	52.58
46	17.00	8.00	18.79	25.20	54.95
47	15.00	8.00	17.00	28.07	57.82
48	13.00	8.00	15.26	31.61	61.35
49	11.00	8.00	13.60	36.03	65.77
50	9.00	8.00	12.04	41.63	71.38

CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS EJES DE LOS PROYECTORES UBICADOS  
EN LA ZONA "C"

## EJE C1-C2

C1

	X	Y	RC1	ALFAC1	ALFAC2
1	-9.00	18.00	20.12	-63.43	-33.69
2	-7.00	18.00	19.31	-68.75	-39.00
3	-5.00	18.00	18.68	-74.48	-44.73
4	-3.00	18.00	18.25	-80.54	-50.79
5	-1.00	18.00	18.03	-86.82	-57.08
6	1.00	18.00	18.03	86.82	116.56
7	3.00	18.00	18.25	80.54	110.28
8	5.00	18.00	18.68	74.48	104.22
9	7.00	18.00	19.31	68.75	98.49
10	9.00	18.00	20.12	63.43	93.18
11	-9.00	16.00	18.36	-60.64	-30.90
12	-7.00	16.00	17.46	-66.37	-36.63
13	-5.00	16.00	16.76	-72.65	-42.90
14	-3.00	16.00	16.28	-79.38	-49.64
15	-1.00	16.00	16.03	-86.42	-56.68
16	1.00	16.00	16.03	86.42	116.17
17	3.00	16.00	16.28	79.38	109.12
18	5.00	16.00	16.76	72.65	102.39
19	7.00	16.00	17.46	66.37	96.12
20	9.00	16.00	18.36	60.64	90.39
21	-9.00	14.00	16.64	-57.26	-27.52
22	-7.00	14.00	15.65	-63.43	-33.69
23	-5.00	14.00	14.87	-70.35	-40.60
24	-3.00	14.00	14.32	-77.91	-48.16
25	-1.00	14.00	14.04	-85.91	-56.17
26	1.00	14.00	14.04	85.91	115.66
27	3.00	14.00	14.32	77.91	107.65
28	5.00	14.00	14.87	70.35	100.09
29	7.00	14.00	15.65	63.43	93.18
30	9.00	14.00	16.64	57.26	87.01
31	-9.00	12.00	15.00	-53.13	-23.39
32	-7.00	12.00	13.89	-59.74	-30.00
33	-5.00	12.00	13.00	-67.38	-37.64
34	-3.00	12.00	12.37	-75.96	-46.22
35	-1.00	12.00	12.04	-85.24	-55.49
36	1.00	12.00	12.04	85.24	114.98
37	3.00	12.00	12.37	75.96	105.71
38	5.00	12.00	13.00	67.38	97.12
39	7.00	12.00	13.89	59.74	89.49
40	9.00	12.00	15.00	53.13	82.87
41	-9.00	10.00	13.45	-48.01	-18.27
42	-7.00	10.00	12.21	-55.01	-25.26
43	-5.00	10.00	11.18	-63.43	-33.69
44	-3.00	10.00	10.44	-73.30	-43.56
45	-1.00	10.00	10.05	-84.29	-54.54
46	1.00	10.00	10.05	84.29	114.03
47	3.00	10.00	10.44	73.30	103.05
48	5.00	10.00	11.18	63.43	93.18
49	7.00	10.00	12.21	55.01	84.75
50	9.00	10.00	13.45	48.01	77.76

CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS EJES DE LOS PROYECTORES UBICADOS  
EN LA ZONA "D"

EJE 01-02

D1

	X	Y	RD1	ALFAD1	ALFAD2
1	-27.00	18.00	32.45	-33.69	-63.43
2	-25.00	18.00	30.81	-35.75	-65.50
3	-23.00	18.00	29.21	-38.05	-67.79
4	-21.00	18.00	27.66	-40.60	-70.35
5	-19.00	18.00	26.17	-43.45	-73.20
6	-17.00	18.00	24.76	-46.64	-76.38
7	-15.00	18.00	23.43	-50.19	-79.94
8	-13.00	18.00	22.20	-54.16	-83.91
9	-11.00	18.00	21.10	-58.57	-88.32
10	-9.00	18.00	20.12	-63.43	-93.18
11	-27.00	16.00	31.38	-30.65	-60.40
12	-25.00	16.00	29.68	-32.62	-62.36
13	-23.00	16.00	28.02	-34.82	-64.57
14	-21.00	16.00	26.40	-37.30	-67.05
15	-19.00	16.00	24.84	-40.10	-69.85
16	-17.00	16.00	23.35	-43.26	-73.01
17	-15.00	16.00	21.93	-46.85	-76.59
18	-13.00	16.00	20.62	-50.91	-80.65
19	-11.00	16.00	19.42	-55.49	-85.24
20	-9.00	16.00	18.36	-60.64	-90.39
21	-27.00	14.00	30.41	-27.41	-57.15
22	-25.00	14.00	28.65	-29.25	-58.99
23	-23.00	14.00	26.93	-31.33	-61.07
24	-21.00	14.00	25.24	-33.69	-63.43
25	-19.00	14.00	23.60	-36.38	-66.13
26	-17.00	14.00	22.02	-39.47	-69.22
27	-15.00	14.00	20.52	-43.02	-72.77
28	-13.00	14.00	19.10	-47.12	-76.87
29	-11.00	14.00	17.80	-51.84	-81.59
30	-9.00	14.00	16.64	-57.26	-87.01
31	-27.00	12.00	29.55	-23.96	-53.71
32	-25.00	12.00	27.73	-25.64	-55.39
33	-23.00	12.00	25.94	-27.55	-57.30
34	-21.00	12.00	24.19	-29.74	-59.49
35	-19.00	12.00	22.47	-32.28	-62.02
36	-17.00	12.00	20.81	-35.22	-64.96
37	-15.00	12.00	19.21	-38.66	-68.40
38	-13.00	12.00	17.69	-42.71	-72.45
39	-11.00	12.00	16.28	-47.49	-77.23
40	-9.00	12.00	15.00	-53.13	-82.87
41	-27.00	10.00	28.79	-20.32	-50.07
42	-25.00	10.00	26.93	-21.80	-51.55
43	-23.00	10.00	25.08	-23.50	-53.24
44	-21.00	10.00	23.26	-25.46	-55.21
45	-19.00	10.00	21.47	-27.76	-57.50
46	-17.00	10.00	19.72	-30.47	-60.21
47	-15.00	10.00	18.03	-33.69	-63.43
48	-13.00	10.00	16.40	-37.57	-67.31
49	-11.00	10.00	14.87	-42.27	-72.02
50	-9.00	10.00	13.45	-48.01	-77.76



## CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS ANGULOS DEL PROYECTOR A1

ERADOS							
A1							
	X	Y	TETA	COS 3	GAMMA	BETA2	
1	9.00	0.00	36.87	0.51	36.87	24.62	
2	7.00	0.00	30.26	0.64	30.26	24.62	
3	5.00	0.00	22.62	0.79	22.62	24.62	
4	3.00	0.00	14.04	0.91	14.04	24.62	
5	1.00	0.00	4.76	0.99	4.76	24.62	
6	-1.00	0.00	4.76	0.99	-4.76	24.62	
7	-3.00	0.00	14.04	0.91	-14.04	24.62	
8	-5.00	0.00	22.62	0.79	-22.62	24.62	
9	-7.00	0.00	30.26	0.64	-30.26	24.62	
10	-9.00	0.00	36.87	0.51	-36.87	24.62	
11	9.00	2.00	37.53	0.50	36.49	15.16	
12	7.00	2.00	31.24	0.62	29.92	15.16	
13	5.00	2.00	24.17	0.76	22.34	15.16	
14	3.00	2.00	16.72	0.88	13.85	15.16	
15	1.00	2.00	10.56	0.95	4.70	15.16	
16	-1.00	2.00	10.56	0.95	-4.70	15.16	
17	-3.00	2.00	16.72	0.88	-13.85	15.16	
18	-5.00	2.00	24.17	0.76	-22.34	15.16	
19	-7.00	2.00	31.24	0.62	-29.92	15.16	
20	-9.00	2.00	37.53	0.50	-36.49	15.16	
21	9.00	4.00	39.38	0.46	35.43	6.19	
22	7.00	4.00	33.90	0.57	28.96	6.19	
23	5.00	4.00	28.08	0.69	21.57	6.19	
24	3.00	4.00	22.62	0.79	13.34	6.19	
25	1.00	4.00	18.96	0.85	4.52	6.19	
26	-1.00	4.00	18.96	0.85	-4.52	6.19	
27	-3.00	4.00	22.62	0.79	-13.34	6.19	
28	-5.00	4.00	28.08	0.69	-21.57	6.19	
29	-7.00	4.00	33.90	0.57	-28.96	6.19	
30	-9.00	4.00	39.38	0.46	-35.43	6.19	
31	9.00	6.00	42.03	0.41	33.85	-1.94	
32	7.00	6.00	37.53	0.50	27.55	-1.94	
33	5.00	6.00	33.06	0.59	20.44	-1.94	
34	3.00	6.00	29.21	0.67	12.60	-1.94	
35	1.00	6.00	26.88	0.71	4.26	-1.94	
36	-1.00	6.00	26.88	0.71	-4.26	-1.94	
37	-3.00	6.00	29.21	0.67	-12.60	-1.94	
38	-5.00	6.00	33.06	0.59	-20.44	-1.94	
39	-7.00	6.00	37.53	0.50	-27.55	-1.94	
40	-9.00	6.00	42.03	0.41	-33.85	-1.94	
41	9.00	8.00	45.10	0.35	31.97	-9.07	
42	7.00	8.00	41.54	0.42	25.89	-9.07	
43	5.00	8.00	38.17	0.49	19.12	-9.07	
44	3.00	8.00	35.45	0.54	11.75	-9.07	
45	1.00	8.00	33.90	0.57	3.97	-9.07	
46	-1.00	8.00	33.90	0.57	-3.97	-9.07	
47	-3.00	8.00	35.45	0.54	-11.75	-9.07	
48	-5.00	8.00	38.17	0.49	-19.12	-9.07	
49	-7.00	8.00	41.54	0.42	-25.89	-9.07	
50	-9.00	8.00	45.10	0.35	-31.97	-9.07	

## CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS ANGULOS DEL PROYECTOR A2

GRADOS  
A2

	X	Y	TETA	COS 3	GAMMA	BETA2
1	7.81	-4.47	36.87	0.51	31.40	61.60
2	6.08	-3.47	30.26	0.64	25.94	57.33
3	4.34	-2.48	22.62	0.79	19.51	52.87
4	2.60	-1.49	14.04	0.91	12.16	48.26
5	0.87	-0.50	4.76	0.99	4.13	43.55
6	-0.87	0.50	4.76	0.99	-4.13	38.82
7	-2.60	1.49	14.04	0.91	-12.16	34.12
8	-4.34	2.48	22.62	0.79	-19.51	29.51
9	-6.08	3.47	30.26	0.64	-25.94	25.04
10	-7.81	4.47	36.87	0.51	-31.40	20.78
11	8.81	-2.73	37.53	0.50	35.59	54.00
12	7.07	-1.74	31.24	0.62	30.25	49.42
13	5.33	-0.74	24.17	0.76	23.92	44.73
14	3.60	0.25	16.72	0.88	16.68	40.00
15	1.86	1.24	10.56	0.95	8.77	35.28
16	0.12	2.23	10.56	0.95	0.58	30.65
17	-1.61	3.22	16.72	0.88	-7.39	26.14
18	-3.35	4.22	24.17	0.76	-14.75	21.82
19	-5.09	5.21	31.24	0.62	-21.24	17.72
20	-6.82	6.20	37.53	0.50	-26.80	13.86
21	9.80	-0.99	39.38	0.46	39.14	45.91
22	8.06	0.00	33.90	0.57	33.90	41.19
23	6.33	0.99	28.08	0.69	27.72	36.46
24	4.59	1.98	22.62	0.79	20.67	31.80
25	2.85	2.98	18.96	0.85	12.99	27.25
26	1.12	3.97	18.96	0.85	5.05	22.88
27	-0.62	4.96	22.62	0.79	-2.73	18.72
28	-2.36	5.95	28.08	0.69	-9.98	14.80
29	-4.09	6.95	33.90	0.57	-16.45	11.12
30	-5.83	7.94	39.38	0.46	-22.06	7.70
31	10.79	0.74	42.03	0.41	41.91	37.64
32	9.05	1.74	37.53	0.50	36.75	32.95
33	7.32	2.73	33.06	0.59	30.74	28.37
34	5.58	3.72	29.21	0.67	23.95	23.96
35	3.85	4.71	26.88	0.71	16.61	19.74
36	2.11	5.71	26.88	0.71	9.02	15.76
37	0.37	6.70	29.21	0.67	1.55	12.02
38	-1.36	7.69	33.06	0.59	-5.47	8.53
39	-3.10	8.68	37.53	0.50	-11.82	5.30
40	-4.84	9.67	42.03	0.41	-17.42	2.31
41	11.78	2.48	45.10	0.35	43.88	29.51
42	10.05	3.47	41.54	0.42	38.81	25.04
43	8.31	4.47	38.17	0.49	32.99	20.78
44	6.57	5.46	35.45	0.54	26.50	16.73
45	4.84	6.45	33.90	0.57	19.55	12.93
46	3.10	7.44	33.90	0.57	12.39	9.38
47	1.36	8.43	35.45	0.54	5.31	6.08
48	-0.37	9.43	38.17	0.49	-1.40	3.03
49	-2.11	10.42	41.54	0.42	-7.56	0.22
50	-3.85	11.41	45.10	0.35	-13.07	-2.37

## CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS ANGULOS DEL PROYECTOR B1

GRADOS B1	X	Y	TETA	COS 3	GAMMA	BETA2
1	27.00	0.00	66.04	0.07	66.04	24.62
2	25.00	0.00	64.36	0.08	64.36	24.62
3	23.00	0.00	62.45	0.10	62.45	24.62
4	21.00	0.00	60.25	0.12	60.25	24.62
5	19.00	0.00	57.72	0.15	57.72	24.62
6	17.00	0.00	54.78	0.19	54.78	24.62
7	15.00	0.00	51.34	0.24	51.34	24.62
8	13.00	0.00	47.29	0.31	47.29	24.62
9	11.00	0.00	42.51	0.40	42.51	24.62
10	9.00	0.00	36.87	0.51	36.87	24.62
11	27.00	2.00	66.10	0.07	65.74	15.16
12	25.00	2.00	64.43	0.08	64.05	15.16
13	23.00	2.00	62.54	0.10	62.12	15.16
14	21.00	2.00	60.37	0.12	59.92	15.16
15	19.00	2.00	57.87	0.15	57.37	15.16
16	17.00	2.00	54.97	0.19	54.41	15.16
17	15.00	2.00	51.59	0.24	50.96	15.16
18	13.00	2.00	47.62	0.31	46.90	15.16
19	11.00	2.00	42.97	0.39	42.12	15.16
20	9.00	2.00	37.53	0.50	36.49	15.16
21	27.00	4.00	66.27	0.07	64.90	6.19
22	25.00	4.00	64.64	0.08	63.16	6.19
23	23.00	4.00	62.80	0.10	61.19	6.19
24	21.00	4.00	60.69	0.12	58.94	6.19
25	19.00	4.00	58.28	0.15	56.35	6.19
26	17.00	4.00	55.51	0.18	53.35	6.19
27	15.00	4.00	52.30	0.23	49.86	6.19
28	13.00	4.00	48.58	0.29	45.78	6.19
29	11.00	4.00	44.29	0.37	41.01	6.19
30	9.00	4.00	39.38	0.46	35.43	6.19
31	27.00	6.00	66.55	0.06	63.58	-1.94
32	25.00	6.00	64.98	0.08	61.78	-1.94
33	23.00	6.00	63.21	0.09	59.74	-1.94
34	21.00	6.00	61.21	0.11	57.43	-1.94
35	19.00	6.00	58.94	0.14	54.77	-1.94
36	17.00	6.00	56.35	0.17	51.72	-1.94
37	15.00	6.00	53.40	0.21	48.19	-1.94
38	13.00	6.00	50.03	0.27	44.10	-1.94
39	11.00	6.00	46.24	0.33	39.35	-1.94
40	9.00	6.00	42.03	0.41	33.85	-1.94
41	27.00	8.00	66.92	0.06	61.89	-9.07
42	25.00	8.00	65.43	0.07	60.02	-9.07
43	23.00	8.00	63.77	0.09	57.91	-9.07
44	21.00	8.00	61.90	0.10	55.52	-9.07
45	19.00	8.00	59.80	0.13	52.80	-9.07
46	17.00	8.00	57.43	0.16	49.69	-9.07
47	15.00	8.00	54.78	0.19	46.12	-9.07
48	13.00	8.00	51.83	0.24	42.03	-9.07
49	11.00	8.00	48.58	0.29	37.33	-9.07
50	9.00	8.00	45.10	0.35	31.97	-9.07

## CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS ANGULOS DEL PROYECTOR B2

GRADOS

B2

	X	Y	TETA	COS 3	GAMMA	BETA2
1	23.44	13.40	66.04	0.07	52.51	-6.96
2	21.71	12.40	64.36	0.08	51.51	-4.76
3	19.97	11.41	62.45	0.10	50.33	-2.37
4	18.23	10.42	60.25	0.12	48.92	0.22
5	16.50	9.43	57.72	0.15	47.23	3.03
6	14.76	8.43	54.78	0.19	45.18	6.08
7	13.02	7.44	51.34	0.24	42.69	9.38
8	11.29	6.45	47.29	0.31	39.64	12.93
9	9.55	5.46	42.51	0.40	35.92	16.73
10	7.81	4.47	36.87	0.51	31.40	20.78
11	22.45	15.13	66.10	0.07	49.30	-10.40
12	20.71	14.14	64.43	0.08	48.16	-8.49
13	18.98	13.15	62.54	0.10	46.83	-6.43
14	17.24	12.16	60.37	0.12	45.27	-4.18
15	15.50	11.16	57.87	0.15	43.41	-1.74
16	13.77	10.17	54.97	0.19	41.19	0.90
17	12.03	9.18	51.59	0.24	38.53	3.77
18	10.29	8.19	47.62	0.31	35.33	6.88
19	8.56	7.19	42.97	0.39	31.45	10.24
20	6.82	6.20	37.53	0.50	26.80	13.86
21	21.46	16.87	66.27	0.07	46.03	-13.39
22	19.72	15.88	64.64	0.08	44.74	-11.73
23	17.99	14.88	62.80	0.10	43.25	-9.94
24	16.25	13.89	60.69	0.12	41.51	-7.99
25	14.51	12.90	58.28	0.15	39.48	-5.88
26	12.78	11.91	55.51	0.18	37.08	-3.59
27	11.04	10.92	52.30	0.23	34.24	-1.10
28	9.30	9.92	48.58	0.29	30.86	1.60
29	7.57	8.93	44.29	0.37	26.83	4.53
30	5.83	7.94	39.38	0.46	22.06	7.70
31	20.47	18.61	66.55	0.06	42.75	-15.99
32	18.73	17.61	64.98	0.08	41.31	-14.55
33	16.99	16.62	63.21	0.09	39.66	-12.99
34	15.26	15.63	61.21	0.11	37.75	-11.30
35	13.52	14.64	58.94	0.14	35.54	-9.47
36	11.78	13.64	56.35	0.17	32.96	-7.48
37	10.05	12.65	53.40	0.21	29.95	-5.33
38	8.31	11.66	50.03	0.27	26.41	-2.99
39	6.57	10.67	46.24	0.33	22.27	-0.45
40	4.84	9.67	42.03	0.41	17.42	2.31
41	19.47	20.34	66.92	0.06	39.51	-18.28
42	17.74	19.35	65.43	0.07	37.92	-17.01
43	16.00	18.36	63.77	0.09	36.11	-15.64
44	14.26	17.36	61.90	0.10	34.05	-14.17
45	12.53	16.37	59.80	0.13	31.68	-12.58
46	10.79	15.38	57.43	0.16	28.95	-10.85
47	9.05	14.39	54.78	0.19	25.79	-8.99
48	7.32	13.40	51.83	0.24	22.14	-6.96
49	5.58	12.40	48.58	0.29	17.92	-4.76
50	3.85	11.41	45.10	0.35	13.07	-2.37

## CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS ANGULOS DEL PROYECTOR C1

GRADOS  
C1

	X	Y	TETA	COS 3	GAMMA	BETA2
1	-9.00	18.00	59.19	0.13	-22.59	-31.69
2	-7.00	18.00	58.15	0.15	-17.93	-31.69
3	-5.00	18.00	57.29	0.16	-13.01	-31.69
4	-3.00	18.00	56.67	0.17	-7.90	-31.69
5	-1.00	18.00	56.35	0.17	-2.65	-31.69
6	1.00	18.00	56.35	0.17	2.65	-31.69
7	3.00	18.00	56.67	0.17	7.90	-31.69
8	5.00	18.00	57.29	0.16	13.01	-31.69
9	7.00	18.00	58.15	0.15	17.93	-31.69
10	9.00	18.00	59.19	0.13	22.59	-31.69
11	-9.00	16.00	56.83	0.16	-24.23	-28.51
12	-7.00	16.00	55.51	0.18	-19.29	-28.51
13	-5.00	16.00	54.40	0.20	-14.04	-28.51
14	-3.00	16.00	53.60	0.21	-8.53	-28.51
15	-1.00	16.00	53.18	0.22	-2.86	-28.51
16	1.00	16.00	53.18	0.22	2.86	-28.51
17	3.00	16.00	53.60	0.21	8.53	-28.51
18	5.00	16.00	54.40	0.20	14.04	-28.51
19	7.00	16.00	55.51	0.18	19.29	-28.51
20	9.00	16.00	56.83	0.16	24.23	-28.51
21	-9.00	14.00	54.21	0.20	-26.02	-24.78
22	-7.00	14.00	52.52	0.23	-20.79	-24.78
23	-5.00	14.00	51.09	0.25	-15.17	-24.78
24	-3.00	14.00	50.03	0.27	-9.24	-24.78
25	-1.00	14.00	49.47	0.27	-3.10	-24.78
26	1.00	14.00	49.47	0.27	3.10	-24.78
27	3.00	14.00	50.03	0.27	9.24	-24.78
28	5.00	14.00	51.09	0.25	15.17	-24.78
29	7.00	14.00	52.52	0.23	20.79	-24.78
30	9.00	14.00	54.21	0.20	26.02	-24.78
31	-9.00	12.00	51.34	0.24	-27.94	-20.38
32	-7.00	12.00	49.18	0.28	-22.42	-20.38
33	-5.00	12.00	47.29	0.31	-16.42	-20.38
34	-3.00	12.00	45.87	0.34	-10.02	-20.38
35	-1.00	12.00	45.10	0.35	-3.37	-20.38
36	1.00	12.00	45.10	0.35	3.37	-20.38
37	3.00	12.00	45.87	0.34	10.02	-20.38
38	5.00	12.00	47.29	0.31	16.42	-20.38
39	7.00	12.00	49.18	0.28	22.42	-20.38
40	9.00	12.00	51.34	0.24	27.94	-20.38
41	-9.00	10.00	48.27	0.29	-29.95	-15.18
42	-7.00	10.00	45.49	0.34	-24.14	-15.18
43	-5.00	10.00	42.97	0.39	-17.75	-15.18
44	-3.00	10.00	41.02	0.43	-10.87	-15.18
45	-1.00	10.00	39.95	0.45	-3.66	-15.18
46	1.00	10.00	39.95	0.45	3.66	-15.18
47	3.00	10.00	41.02	0.43	10.87	-15.18
48	5.00	10.00	42.97	0.39	17.75	-15.18
49	7.00	10.00	45.49	0.34	24.14	-15.18
50	9.00	10.00	48.27	0.29	29.95	-15.18

## CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS ANGULOS DEL PROYECTOR C2

GRADOS  
C2

	X	Y	TETA	COS 3	GAMMA	BETA2
1	-16.74	11.16	59.19	0.13	-45.61	-1.74
2	-15.01	12.16	58.15	0.15	-41.30	-4.18
3	-13.27	13.15	57.29	0.16	-36.71	-6.43
4	-11.54	14.14	56.67	0.17	-31.88	-8.49
5	-9.80	15.13	56.35	0.17	-26.90	-10.40
6	-8.06	16.12	56.35	0.17	-21.86	-12.16
7	-6.33	17.12	56.67	0.17	-16.84	-13.78
8	-4.59	18.11	57.29	0.16	-11.93	-15.28
9	-2.85	19.10	58.15	0.15	-7.21	-16.68
10	-1.12	20.09	59.19	0.13	-2.73	-17.97
11	15.75	9.43	56.83	0.16	-45.91	3.03
12	14.02	10.42	55.51	0.18	-41.41	0.22
13	12.28	11.41	54.40	0.20	-36.56	-2.37
14	10.54	12.40	53.60	0.21	-31.42	-4.76
15	8.81	13.40	53.18	0.22	-26.09	-6.96
16	7.07	14.39	53.18	0.22	-20.67	-8.99
17	5.33	15.38	53.60	0.21	-15.29	-10.85
18	3.60	16.37	54.40	0.20	-10.05	-12.58
19	1.86	17.36	55.51	0.18	-5.04	-14.17
20	0.12	18.36	56.83	0.16	-0.32	-15.64
21	-14.76	7.69	54.21	0.20	-46.00	8.53
22	-13.02	8.68	52.52	0.23	-41.32	5.30
23	-11.29	9.67	51.09	0.25	-36.21	2.31
24	-9.55	10.67	50.03	0.27	-30.75	-0.45
25	-7.81	11.66	49.47	0.27	-25.03	-2.99
26	-6.08	12.65	49.47	0.27	-19.22	-5.33
27	-4.34	13.64	50.03	0.27	-13.44	-7.48
28	-2.60	14.64	51.09	0.25	-7.84	-9.47
29	-0.87	15.63	52.52	0.23	-2.52	-11.30
30	0.87	16.62	54.21	0.20	2.43	-12.99
31	13.77	5.95	51.34	0.24	-45.78	14.80
32	12.03	6.95	49.18	0.28	-40.95	11.12
33	10.29	7.94	47.29	0.31	-35.58	7.70
34	8.56	8.93	45.87	0.34	-29.78	4.53
35	6.82	9.92	45.10	0.35	-23.66	1.60
36	5.09	10.92	45.10	0.35	-17.41	-1.10
37	3.35	11.91	45.87	0.34	-11.21	-3.59
38	1.61	12.90	47.29	0.31	-5.23	-5.88
39	0.12	13.89	49.18	0.28	0.39	-7.99
40	1.86	14.88	51.34	0.24	5.56	-9.94
41	12.78	4.22	48.27	0.29	-45.13	21.82
42	11.04	5.21	45.49	0.34	-40.16	17.72
43	9.30	6.20	42.97	0.39	-34.55	13.86
44	7.57	7.19	41.02	0.43	-28.40	10.24
45	5.83	8.19	39.95	0.45	-21.87	6.88
46	4.09	9.18	39.95	0.45	-15.16	3.77
47	2.36	10.17	41.02	0.43	-8.52	0.90
48	0.62	11.16	42.97	0.39	-2.17	-1.74
49	1.12	12.16	45.49	0.34	3.74	-4.18
50	2.85	13.15	48.27	0.29	9.11	-6.43

## CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS ANGULOS DEL PROYECTOR D1

GRADOS

D1

	X	Y	TETA	COS 3	GAMMA	BETA2
1	-27.00	18.00	69.71	0.04	-51.30	-31.69
2	-25.00	18.00	68.72	0.05	-49.13	-31.69
3	-23.00	18.00	67.66	0.05	-46.75	-31.69
4	-21.00	18.00	66.55	0.06	-44.15	-31.69
5	-19.00	18.00	65.37	0.07	-41.29	-31.69
6	-17.00	18.00	64.14	0.08	-38.16	-31.69
7	-15.00	18.00	62.88	0.09	-34.74	-31.69
8	-13.00	18.00	61.61	0.11	-31.00	-31.69
9	-11.00	18.00	60.37	0.12	-26.95	-31.69
10	-9.00	18.00	59.19	0.13	-22.59	-31.69
11	-27.00	16.00	69.08	0.05	-53.47	-28.51
12	-25.00	16.00	67.99	0.05	-51.34	-28.51
13	-23.00	16.00	66.81	0.06	-48.99	-28.51
14	-21.00	16.00	65.56	0.07	-46.40	-28.51
15	-19.00	16.00	64.21	0.08	-43.53	-28.51
16	-17.00	16.00	62.80	0.10	-40.36	-28.51
17	-15.00	16.00	61.31	0.11	-36.87	-28.51
18	-13.00	16.00	59.80	0.13	-33.02	-28.51
19	-11.00	16.00	58.28	0.15	-28.81	-28.51
20	-9.00	16.00	56.83	0.16	-24.23	-28.51
21	-27.00	14.00	68.47	0.05	-55.67	-24.78
22	-25.00	14.00	67.28	0.06	-53.59	-24.78
23	-23.00	14.00	65.98	0.07	-51.28	-24.78
24	-21.00	14.00	64.57	0.08	-48.72	-24.78
25	-19.00	14.00	63.05	0.09	-45.86	-24.78
26	-17.00	14.00	61.41	0.11	-42.67	-24.78
27	-15.00	14.00	59.68	0.13	-39.13	-24.78
28	-13.00	14.00	57.87	0.15	-35.18	-24.78
29	-11.00	14.00	56.02	0.17	-30.82	-24.78
30	-9.00	14.00	54.21	0.20	-26.02	-24.78
31	-27.00	12.00	67.90	0.05	-57.85	-20.38
32	-25.00	12.00	66.60	0.06	-55.83	-20.38
33	-23.00	12.00	65.18	0.07	-53.58	-20.38
34	-21.00	12.00	63.61	0.09	-51.06	-20.38
35	-19.00	12.00	61.90	0.10	-48.23	-20.38
36	-17.00	12.00	60.03	0.12	-45.05	-20.38
37	-15.00	12.00	58.01	0.15	-41.47	-20.38
38	-13.00	12.00	55.85	0.18	-37.45	-20.38
39	-11.00	12.00	53.60	0.21	-32.95	-20.38
40	-9.00	12.00	51.34	0.24	-27.94	-20.38
41	-27.00	10.00	67.37	0.06	-59.95	-15.18
42	-25.00	10.00	65.98	0.07	-58.00	-15.18
43	-23.00	10.00	64.43	0.08	-55.82	-15.18
44	-21.00	10.00	62.71	0.10	-53.36	-15.18
45	-19.00	10.00	60.80	0.12	-50.58	-15.18
46	-17.00	10.00	58.68	0.14	-47.42	-15.18
47	-15.00	10.00	56.35	0.17	-43.84	-15.18
48	-13.00	10.00	53.81	0.21	-39.77	-15.18
49	-11.00	10.00	51.09	0.25	-35.15	-15.18
50	-9.00	10.00	48.27	0.29	-29.95	-15.18

## CALCULOS PARA ENCONTRAR LOS ANGULOS DEL PROYECTOR D2

GRADOS  
D2

	X	Y	TETA	COS 3	GAMMA	BETA2
1	-14.51	29.02	69.71	0.04	-24.80	-26.35
2	-12.78	28.03	68.72	0.05	-22.73	-25.64
3	-11.04	27.04	67.66	0.05	-20.46	-24.83
4	-9.30	26.05	66.55	0.06	-17.97	-24.08
5	-7.57	25.06	65.37	0.07	-15.24	-23.22
6	-5.83	24.06	64.14	0.08	-12.23	-22.31
7	-4.09	23.07	62.86	0.09	-8.94	-21.33
8	-2.36	22.08	61.61	0.11	-5.36	-20.29
9	-0.62	21.09	60.37	0.12	-1.46	-19.17
10	1.12	20.09	59.14	0.13	2.73	-17.97
11	-15.50	27.25	69.08	0.05	-27.48	-25.08
12	-13.77	26.30	67.99	0.05	-25.47	-24.28
13	-12.03	25.30	66.81	0.06	-23.25	-23.44
14	-10.29	24.31	65.58	0.07	-20.79	-22.54
15	-8.56	23.32	64.21	0.08	-18.07	-21.58
16	-6.82	22.33	62.80	0.10	-15.06	-20.56
17	-5.09	21.33	61.31	0.11	-11.74	-19.46
18	-3.35	20.34	59.80	0.13	-8.07	-18.28
19	-1.61	19.35	58.28	0.15	-4.05	-17.01
20	0.12	18.36	56.83	0.16	0.32	-15.64
21	-16.50	25.55	68.47	0.05	-30.30	-23.66
22	-14.76	24.56	67.28	0.06	-28.37	-22.77
23	-13.02	23.57	65.98	0.07	-26.22	-21.83
24	-11.29	22.57	64.57	0.08	-23.82	-20.82
25	-9.55	21.58	63.05	0.09	-21.14	-19.74
26	-7.81	20.59	61.41	0.11	-18.15	-18.58
27	-6.08	19.60	59.68	0.13	-14.81	-17.33
28	-4.34	18.61	57.87	0.15	-11.09	-15.99
29	-2.60	17.61	56.02	0.17	-6.97	-14.55
30	-0.87	16.62	54.21	0.20	-2.43	-12.99
31	-17.49	23.81	67.90	0.05	-33.26	-22.07
32	-15.75	22.82	66.60	0.06	-31.42	-21.08
33	-14.02	21.83	65.18	0.07	-29.36	-20.02
34	-12.28	20.84	63.61	0.09	-27.05	-18.88
35	-10.54	19.85	61.90	0.10	-24.45	-17.65
36	-8.81	18.85	60.03	0.12	-21.51	-16.34
37	-7.07	17.86	58.01	0.15	-18.19	-14.92
38	-5.33	16.87	55.85	0.18	-14.45	-13.39
39	-3.60	15.88	53.60	0.21	-10.25	-11.73
40	-1.86	14.88	51.34	0.24	-5.56	-9.94
41	-18.48	22.08	67.37	0.06	-36.33	-20.29
42	-16.74	21.09	65.98	0.07	-34.61	-19.17
43	-15.01	20.09	64.43	0.08	-32.67	-17.97
44	-13.27	19.10	62.71	0.10	-30.47	-16.68
45	-11.54	18.11	60.80	0.12	-27.97	-15.28
46	-9.80	17.12	58.68	0.14	-25.11	-13.78
47	-8.06	16.12	56.35	0.17	-21.86	-12.16
48	-6.33	15.13	53.81	0.21	-18.14	-10.40
49	-4.59	14.14	51.09	0.25	-13.90	-8.49
50	-2.85	13.15	48.27	0.29	-9.11	-6.43



## CALCULO DE LUMENES PROPORCIONADOS POR EL PROYECTOR "A1"

PUNTOS	COS 3	I hor	Io ver	I ver	Ep
1	0.51	205.43	356.40	6101.12	21.69
2	0.64	319.58	356.40	9491.38	42.48
3	0.79	415.35	356.40	12335.90	67.38
4	0.91	479.70	356.40	14247.09	90.34
5	0.99	588.60	356.40	17481.42	120.15
6	0.99	588.60	356.40	17481.42	120.15
7	0.91	479.70	356.40	14247.09	90.34
8	0.79	415.35	356.40	12335.90	67.38
9	0.64	319.58	356.40	9491.38	42.48
10	0.51	205.43	356.40	6101.12	21.69
11	0.50	213.98	537.60	9586.08	33.19
12	0.62	323.70	537.60	14501.76	62.94
13	0.76	417.45	537.60	18701.76	98.63
14	0.88	482.25	537.60	21604.80	131.79
15	0.95	589.50	537.60	26409.60	174.25
16	0.95	589.50	537.60	26409.60	174.25
17	0.88	482.25	537.60	21604.80	131.79
18	0.76	417.45	537.60	18701.76	98.63
19	0.62	323.70	537.60	14501.76	62.94
20	0.50	213.98	537.60	9586.08	33.19
21	0.46	233.55	614.05	11950.95	38.33
22	0.57	338.10	614.05	17300.86	68.71
23	0.69	423.23	614.05	21656.76	103.28
24	0.79	489.90	614.05	25068.59	136.92
25	0.85	592.20	614.05	30303.37	178.01
26	0.85	592.20	614.05	30303.37	178.01
27	0.79	489.90	614.05	25068.59	136.92
28	0.69	423.23	614.05	21656.78	103.28
29	0.57	338.10	614.05	17300.86	68.71
30	0.46	233.55	614.05	11950.95	38.33
31	0.41	258.38	628.20	13525.93	38.49
32	0.50	357.56	628.20	18718.40	64.82
33	0.59	431.70	628.20	22599.50	92.40
34	0.67	501.00	628.20	26227.35	121.13
35	0.71	596.10	628.20	31205.84	153.78
36	0.71	596.10	628.20	31205.84	153.78
37	0.67	501.00	628.20	26227.35	121.13
38	0.59	431.70	628.20	22599.50	92.40
39	0.50	357.56	628.20	18718.40	64.82
40	0.41	258.38	628.20	13525.93	38.49
41	0.35	300.34	620.58	15531.83	37.94
42	0.42	376.65	620.58	19478.30	56.73
43	0.49	441.60	620.58	22837.16	77.05
44	0.54	511.88	620.58	26471.40	99.37
45	0.57	600.23	620.58	31040.39	123.28
46	0.57	600.23	620.58	31040.39	123.28
47	0.54	511.88	620.58	26471.40	99.37
48	0.49	441.60	620.58	22837.16	77.05
49	0.42	376.65	620.58	19478.30	56.73
50	0.35	300.34	620.58	15531.83	37.94

## CALCULO DE LUMENES PROPORCIONADOS POR EL PROYECTOR "A2"

	COS $\beta$	I hor	Io ver	I ver	Ep
1	0.51	306.75	0.00	0.00	0.00
2	0.64	375.90	0.00	0.00	0.00
3	0.79	438.68	53.48	1954.85	10.68
4	0.91	507.60	90.00	3807.00	24.14
5	0.99	598.05	99.19	4943.26	33.97
6	0.99	598.05	125.06	6232.80	42.84
7	0.91	507.60	193.80	8197.74	51.98
8	0.79	438.68	247.35	9042.19	49.39
9	0.64	375.90	343.80	10769.54	48.20
10	0.51	306.75	453.30	11587.48	41.20
11	0.50	231.15	45.00	866.81	3.00
12	0.62	319.69	79.35	2113.93	9.17
13	0.76	405.60	102.26	3456.47	18.23
14	0.88	458.18	120.00	4581.80	27.95
15	0.95	534.23	185.40	6253.78	54.46
16	0.95	625.65	225.38	11750.49	77.53
17	0.88	549.15	311.85	14271.04	87.05
18	0.76	474.38	437.70	17302.83	91.25
19	0.62	425.70	499.20	17709.12	76.86
20	0.50	366.00	556.05	16959.53	58.73
21	0.46	162.90	97.84	1328.14	4.26
22	0.57	228.75	111.08	2117.37	8.41
23	0.69	355.65	191.55	5677.06	27.07
24	0.79	429.98	199.50	7148.33	39.04
25	0.85	495.15	286.88	11837.18	69.53
26	0.85	584.25	408.60	119893.71	116.86
27	0.79	609.53	484.20	124594.33	134.33
28	0.69	525.15	543.00	123763.04	113.32
29	0.57	457.95	581.00	122172.41	88.06
30	0.46	419.55	606.50	121204.76	68.01
31	0.41	107.03	182.70	1629.46	4.64
32	0.50	208.13	187.88	3258.46	11.28
33	0.59	314.18	264.45	6923.63	28.31
34	0.67	405.38	376.20	12708.51	58.69
35	0.71	458.11	468.90	17900.85	88.21
36	0.71	532.35	528.60	23450.02	115.56
37	0.67	618.38	569.85	29365.08	135.62
38	0.59	577.95	602.35	29010.68	118.61
39	0.50	511.35	617.63	26318.55	91.14
40	0.41	458.92	625.67	23927.66	68.10
41	0.35	77.70	247.35	1601.59	3.91
42	0.42	269.63	343.80	7724.76	22.50
43	0.49	262.88	453.30	9930.10	33.50
44	0.54	369.38	514.05	115823.10	59.40
45	0.57	438.38	563.03	120568.01	81.69
46	0.57	504.15	598.10	125127.68	99.80
47	0.54	580.35	614.60	129723.59	111.58
48	0.49	619.50	624.32	132230.46	108.75
49	0.42	546.60	602.59	127447.86	79.94
50	0.35	493.95	603.15	124827.16	60.64

## CALCULO DE LUMENES PROPORCIONADOS POR EL PROYECTOR "B1"

PUNTOS	COS $\beta$	I hor	I <sub>o</sub> ver	I ver	Ep
1	0.07	0.00	356.40	0.00	0.00
2	0.08	0.00	356.40	0.00	0.00
3	0.10	0.00	356.40	0.00	0.00
4	0.12	0.00	356.40	0.00	0.00
5	0.15	0.00	356.40	0.00	0.00
6	0.19	0.00	356.40	0.00	0.00
7	0.24	27.68	356.40	621.95	1.39
8	0.31	35.33	356.40	1049.15	2.27
9	0.40	108.83	356.40	3232.10	8.99
10	0.51	205.43	356.40	6101.12	21.69
11	0.07	0.00	537.60	0.00	0.00
12	0.08	0.00	537.60	0.00	0.00
13	0.10	0.00	537.60	0.00	0.00
14	0.12	0.00	537.60	0.00	0.00
15	0.15	0.00	537.60	0.00	0.00
16	0.19	0.00	537.60	0.00	0.00
17	0.24	22.80	537.60	1021.44	1.70
18	0.31	38.25	537.60	1713.60	3.64
19	0.39	105.90	537.60	4744.32	12.90
20	0.50	213.98	537.60	9586.08	33.19
21	0.07	0.00	614.05	0.00	0.00
22	0.08	0.00	614.05	0.00	0.00
23	0.10	0.00	614.05	0.00	0.00
24	0.12	0.00	614.05	0.00	0.00
25	0.15	0.00	614.05	0.00	0.00
26	0.18	0.00	614.05	0.00	0.00
27	0.23	30.00	614.05	1535.13	2.44
28	0.29	53.25	614.05	2724.85	5.48
29	0.37	127.28	614.05	6512.77	16.59
30	0.46	306.41	614.05	15679.38	50.29
31	0.06	0.00	626.36	0.00	0.00
32	0.08	0.00	626.36	0.00	0.00
33	0.09	0.00	626.36	0.00	0.00
34	0.11	0.00	626.36	0.00	0.00
35	0.14	0.00	626.36	0.00	0.00
36	0.17	17.10	626.36	892.57	1.05
37	0.21	30.00	626.36	1565.91	2.31
38	0.27	116.25	626.36	6067.89	11.17
39	0.33	159.75	626.36	8338.45	19.16
40	0.41	258.38	626.36	13486.37	38.38
41	0.06	0.00	599.65	0.00	0.00
42	0.07	0.00	599.65	0.00	0.00
43	0.09	0.00	599.65	0.00	0.00
44	0.10	0.00	599.65	0.00	0.00
45	0.13	27.00	599.65	1349.21	1.19
46	0.16	30.00	599.65	1499.13	1.62
47	0.19	32.33	599.65	1615.31	2.15
48	0.24	105.23	599.65	5258.18	8.62
49	0.29	195.08	599.65	9748.06	19.60
50	0.35	300.34	599.65	15008.12	36.66

## CALCULO DE LUMENES PROPORCIONADOS POR EL PROYECTOR "B2"

PUNTOS	LOS 3	I hor	Io ver	I ver	Ep
1	0.07	20.59	610.20	1046.87	0.49
2	0.08	24.34	619.65	1256.73	0.71
3	0.10	28.76	625.56	1499.38	1.03
4	0.12	30.00	629.59	1573.97	1.33
5	0.15	35.78	624.32	1861.25	1.97
6	0.19	75.75	614.60	3879.66	5.17
7	0.24	94.65	598.10	4717.51	7.99
8	0.31	155.40	563.03	7291.17	15.80
9	0.40	226.20	514.05	9689.84	26.95
10	0.51	306.75	453.30	11587.48	41.20
11	0.07	30.00	590.00	1475.00	0.68
12	0.08	30.00	602.55	1506.38	0.84
13	0.10	38.78	612.85	1980.27	1.35
14	0.12	72.38	621.83	3750.38	3.15
15	0.15	83.85	626.74	4379.33	4.58
16	0.19	123.23	628.31	6451.98	8.48
17	0.24	172.05	622.93	8931.26	14.08
18	0.31	235.05	610.60	11960.13	25.43
19	0.39	306.19	592.00	15105.25	41.08
20	0.50	366.00	595.70	18168.85	62.92
21	0.07	44.78	598.05	2231.47	1.01
22	0.08	92.25	573.38	4407.82	2.49
23	0.10	66.25	595.30	4278.72	2.84
24	0.12	116.03	605.05	5850.08	4.76
25	0.15	157.80	615.45	8093.17	8.17
26	0.18	200.70	623.27	10424.17	15.15
27	0.23	251.40	627.94	13155.25	20.90
28	0.29	312.81	627.00	16345.11	32.87
29	0.37	365.00	620.51	18906.18	46.17
30	0.46	419.55	606.50	22204.70	68.01
31	0.08	93.75	525.15	4102.73	1.80
32	0.08	120.53	546.75	5491.42	2.89
33	0.09	155.10	600.05	7785.65	4.93
34	0.11	165.03	578.75	8752.54	6.94
35	0.14	231.90	597.65	11549.59	11.01
36	0.17	264.09	607.69	13367.20	15.79
37	0.21	323.25	617.51	16634.24	24.45
38	0.27	370.39	624.39	19272.30	35.47
39	0.33	417.96	629.16	21914.30	50.36
40	0.41	454.35	625.67	25589.38	67.42
41	0.08	157.35	490.80	6435.62	2.69
42	0.07	181.80	509.85	7724.23	3.86
43	0.05	222.51	520.40	9335.61	5.90
44	0.10	254.25	552.45	11708.03	8.50
45	0.13	300.00	600.10	15233.13	13.47
46	0.16	338.25	584.38	18472.07	17.84
47	0.19	378.15	606.05	18109.38	25.16
48	0.24	418.95	610.20	21300.61	34.92
49	0.29	450.00	619.65	23267.80	46.79
50	0.35	493.95	625.56	25749.46	62.69

## CANTIDAD DE LUMENES PROPORCIONADOS POR EL PROYECTOR "C1"

PUNTOS	COS $\beta$	I hor	I <sub>o</sub> ver	I ver	E <sub>o</sub> -C1
1	0.13	415.58	201.98	6994.65	6.53
2	0.15	450.53	201.98	7582.90	7.74
3	0.16	494.85	201.98	8328.94	9.13
4	0.17	541.50	201.98	9114.12	10.50
5	0.17	610.13	201.98	10269.17	12.13
6	0.17	610.13	201.98	10269.17	12.13
7	0.17	541.50	201.98	9114.12	10.50
8	0.16	494.85	201.98	8328.94	9.13
9	0.15	450.53	201.98	7582.90	7.74
10	0.13	415.58	201.98	6994.65	6.53
11	0.16	401.55	262.35	8778.89	9.99
12	0.18	440.33	262.35	9626.61	12.14
13	0.20	479.70	262.35	10487.44	14.36
14	0.21	536.03	262.35	11718.85	17.00
15	0.22	608.55	262.35	13304.42	19.88
16	0.22	608.55	262.35	13304.42	19.88
17	0.21	536.03	262.35	11718.85	17.00
18	0.20	479.70	262.35	10487.44	14.36
19	0.18	440.33	262.35	9626.61	12.14
20	0.16	401.55	262.35	8778.89	9.99
21	0.20	374.78	351.60	10980.91	15.25
22	0.23	429.08	351.60	12571.90	19.66
23	0.25	471.23	351.60	13806.89	23.76
24	0.27	530.70	351.60	15549.51	28.62
25	0.27	606.75	351.60	17777.78	33.88
26	0.27	606.75	351.60	17777.78	33.88
27	0.27	530.70	351.60	15549.51	28.62
28	0.25	471.23	351.60	13806.89	23.76
29	0.23	429.08	351.60	12571.90	19.66
30	0.20	374.78	351.60	10980.91	15.25
31	0.24	353.18	459.30	13517.77	22.88
32	0.28	416.85	459.30	15954.93	30.95
33	0.31	461.85	459.30	17677.31	38.31
34	0.34	524.85	459.30	20088.63	47.10
35	0.35	604.73	459.30	23145.85	56.53
36	0.35	604.73	459.30	23145.85	56.53
37	0.34	524.85	459.30	20088.63	47.10
38	0.31	461.85	459.30	17677.31	38.31
39	0.28	416.85	459.30	15954.93	30.95
40	0.24	353.18	459.30	13517.77	22.88
41	0.29	323.25	552.30	14877.58	30.47
42	0.34	402.90	552.30	18543.47	44.37
43	0.39	451.88	552.30	20797.55	56.57
44	0.43	518.48	552.30	23862.81	71.16
45	0.45	602.55	552.30	27732.36	86.78
46	0.45	602.55	552.30	27732.36	86.78
47	0.43	518.48	552.30	23862.81	71.16
48	0.39	451.88	552.30	20797.55	56.57
49	0.34	402.90	552.30	18543.47	44.37
50	0.29	323.25	552.30	14877.58	30.47

## CALCULO DE LUMENES PROPORCIONADOS POR EL PROYECTOR "C2"

PUNTOS	COS $\beta$	I hor	Io ver	I ver	Ep-C2
1	0.13	50.85	626.74	2655.60	2.48
2	0.15	120.75	621.83	6257.11	6.39
3	0.16	209.03	612.85	10675.08	11.70
4	0.17	301.35	602.55	15131.54	17.43
5	0.17	364.80	596.00	17939.69	21.20
6	0.17	421.05	568.80	19957.77	23.58
7	0.17	458.70	528.30	20194.27	23.26
8	0.16	510.53	535.80	22794.94	24.99
9	0.15	551.85	514.80	23674.37	24.17
10	0.13	609.53	495.45	25165.76	23.48
11	0.16	46.35	624.32	2411.43	2.74
12	0.18	118.28	629.59	6205.37	7.63
13	0.20	212.40	625.56	11072.35	15.16
14	0.21	306.53	619.65	15828.18	22.96
15	0.22	373.99	610.20	19017.26	28.42
16	0.22	429.96	600.05	21500.54	32.13
17	0.21	470.33	584.38	22903.85	33.23
18	0.20	524.63	565.65	24729.51	33.87
19	0.18	584.40	552.45	26904.32	33.93
20	0.16	627.60	530.40	27739.92	31.56
21	0.20	45.00	602.35	2258.81	3.14
22	0.23	120.30	617.63	6191.69	9.68
23	0.25	220.28	625.67	11484.93	19.76
24	0.27	314.06	629.16	16466.20	30.31
25	0.27	389.55	624.39	20269.38	38.63
26	0.27	440.85	617.51	22685.87	43.23
27	0.27	488.40	607.60	24729.32	45.52
28	0.25	542.40	597.65	27013.78	46.49
29	0.23	611.10	578.75	29472.84	46.10
30	0.20	611.78	562.58	28680.78	39.84
31	0.24	48.30	543.00	2185.58	3.70
32	0.28	126.63	581.00	6227.59	12.08
33	0.31	231.30	606.50	11690.29	25.33
34	0.34	325.80	620.51	16846.91	39.50
35	0.35	407.55	627.00	21294.49	52.01
36	0.35	454.43	627.94	23779.21	58.08
37	0.34	515.93	619.52	26635.43	62.45
38	0.31	581.55	600.45	29099.31	63.06
39	0.28	627.08	605.05	31617.64	61.33
40	0.24	576.60	595.30	28604.17	48.43
41	0.29	58.05	437.70	2117.37	4.34
42	0.34	146.40	469.20	5724.24	13.70
43	0.39	246.75	556.05	11433.78	31.10
44	0.43	346.50	571.75	16509.28	49.23
45	0.45	420.98	584.00	20487.45	64.11
46	0.45	471.30	619.18	24318.34	76.10
47	0.43	536.10	628.31	28069.86	83.70
48	0.39	613.65	626.74	32049.79	87.17
49	0.34	601.95	621.83	31192.30	74.63
50	0.29	531.68	589.63	26124.07	53.51

## CALCULO DE LUMENES PROPORCIONADOS POR EL PROYECTOR "D1"

PUNTOS	COS 3	I hor	Io ver	I ver	Ep-D1
1	0.04	25.16	201.98	423.43	0.12
2	0.05	30.00	201.98	504.94	0.17
3	0.05	39.38	201.98	662.73	0.25
4	0.06	72.75	201.98	1224.47	0.54
5	0.07	120.98	201.98	2036.16	1.02
6	0.08	177.60	201.98	2989.23	1.72
7	0.09	243.90	201.98	4105.14	2.70
8	0.11	311.25	201.98	5238.73	3.91
9	0.12	355.99	201.98	5991.71	5.03
10	0.13	415.58	201.98	6994.65	6.53
11	0.05	16.99	262.35	371.39	0.12
12	0.05	25.01	262.35	546.75	0.20
13	0.06	30.00	262.35	655.88	0.28
14	0.07	42.00	262.35	918.23	0.45
15	0.08	82.05	262.35	1793.82	1.03
16	0.10	141.90	262.35	3102.29	2.06
17	0.11	205.43	262.35	4491.10	3.45
18	0.13	277.05	262.35	6057.01	5.36
19	0.15	325.35	262.35	7112.96	7.18
20	0.16	401.55	262.35	8778.89	9.99
21	0.05	0.00	351.60	0.00	0.00
22	0.06	16.54	351.60	484.55	0.19
23	0.07	25.23	351.60	739.30	0.35
24	0.08	30.00	351.60	879.00	0.48
25	0.09	47.10	351.60	1380.03	0.89
26	0.11	94.95	351.60	2782.04	2.12
27	0.13	163.05	351.60	4777.37	4.27
28	0.15	237.30	351.60	6952.89	7.27
29	0.17	313.28	351.60	9178.96	11.13
30	0.20	374.78	351.60	10980.91	15.25
31	0.05	0.00	459.30	0.00	0.00
32	0.06	0.00	459.30	0.00	0.00
33	0.07	16.58	459.30	634.41	0.33
34	0.09	26.05	459.30	997.12	0.61
35	0.10	30.00	459.30	1148.25	0.83
36	0.12	59.25	459.30	2267.79	1.96
37	0.15	116.93	459.30	4475.30	4.62
38	0.18	192.38	459.30	7363.15	9.04
39	0.21	311.81	459.30	11934.62	17.31
40	0.24	353.18	459.30	13517.77	22.88
41	0.06	0.00	552.30	0.00	0.00
42	0.07	0.00	552.30	0.00	0.00
43	0.08	0.00	552.30	0.00	0.00
44	0.10	17.40	552.30	800.84	0.54
45	0.12	27.84	552.30	1281.31	1.03
46	0.14	34.35	552.30	1580.96	1.54
47	0.17	77.40	552.30	3562.34	4.21
48	0.21	153.45	552.30	7062.54	10.10
49	0.25	237.75	552.30	10942.44	18.83
50	0.29	323.25	552.30	14877.58	30.47

## CALCULO DE LUMENES PROPORCIONADOS POR EL PROYECTOR \*D2\*

PUNTOS	COS 3	I hor	I <sub>o</sub> ver	I ver	E <sub>o</sub>
1	0.04	393.00	307.13	191.59	0.06
2	0.05	414.53	325.80	214.37	0.07
3	0.05	431.55	348.60	238.79	0.09
4	0.06	450.23	372.60	266.28	0.12
5	0.07	470.70	398.40	297.66	0.15
6	0.08	506.55	426.70	342.28	0.20
7	0.09	532.95	445.05	376.49	0.25
8	0.11	579.60	460.65	423.80	0.32
9	0.12	619.05	477.45	469.15	0.39
10	0.13	609.53	495.45	479.35	0.45
11	0.05	358.35	342.60	194.87	0.06
12	0.05	382.95	366.60	222.84	0.08
13	0.06	410.63	391.80	255.37	0.11
14	0.07	429.08	418.80	285.23	0.14
15	0.08	464.48	441.30	325.35	0.19
16	0.10	472.05	456.60	342.12	0.23
17	0.11	524.48	473.10	393.86	0.30
18	0.13	539.48	490.80	420.28	0.37
19	0.15	599.25	509.85	484.96	0.49
20	0.16	627.60	530.40	528.38	0.60
21	0.05	319.10	385.20	195.11	0.07
22	0.06	347.97	411.90	227.51	0.09
23	0.07	372.53	437.55	258.73	0.12
24	0.08	406.35	452.70	291.99	0.16
25	0.09	426.45	468.90	317.40	0.21
26	0.11	463.88	486.30	358.07	0.27
27	0.13	473.93	505.05	379.93	0.34
28	0.15	516.83	525.15	430.81	0.45
29	0.17	585.45	546.75	508.09	0.62
30	0.20	611.78	562.58	546.30	0.76
31	0.05	252.75	432.90	173.68	0.06
32	0.06	306.53	448.80	218.36	0.09
33	0.07	332.10	464.70	244.96	0.13
34	0.09	363.19	481.80	277.75	0.17
35	0.10	398.25	470.25	297.27	0.22
36	0.12	423.68	519.90	349.63	0.30
37	0.15	463.58	541.20	398.23	0.41
38	0.18	476.63	559.58	423.35	0.52
39	0.21	523.13	573.38	476.11	0.69
40	0.24	576.60	595.30	544.84	0.92
41	0.06	195.08	460.65	142.64	0.06
42	0.07	245.85	477.45	186.32	0.09
43	0.08	274.88	465.45	203.08	0.11
44	0.10	317.21	514.80	259.21	0.17
45	0.12	352.84	535.80	300.08	0.24
46	0.14	388.35	556.65	343.13	0.33
47	0.17	421.05	568.80	380.15	0.45
48	0.21	463.95	590.00	434.49	0.62
49	0.25	481.50	602.55	460.52	0.79
50	0.29	537.83	612.85	523.18	1.07



## LUMENES TOTALES DEBIDO A LA INFLUENCIA DE LOS 8 PROYECTORES

PUNTOS	EA1	EA2	EB1	EB2	EC1	EC2	ED1	ED2	Etotal
1	21.69	0.00	0.00	0.49	6.53	2.48	0.12	0.06	31.36
2	42.48	0.00	0.00	0.71	7.74	6.39	0.17	0.07	57.55
3	67.38	10.68	0.00	1.03	9.13	11.70	0.25	0.09	100.26
4	90.34	24.14	0.00	1.33	10.50	17.43	0.54	0.12	144.39
5	120.15	33.97	0.00	1.97	12.13	21.20	1.02	0.15	190.59
6	120.15	42.84	0.00	5.17	12.13	23.58	1.72	0.20	205.78
7	90.34	51.98	1.39	7.99	10.50	23.26	2.70	0.25	188.40
8	67.38	49.39	2.27	15.80	9.13	24.99	3.91	0.32	173.19
9	42.48	48.20	8.99	26.95	7.74	24.17	5.03	0.39	163.96
10	21.69	41.20	21.69	41.20	6.53	23.48	6.53	0.45	162.76
11	33.19	3.00	0.00	0.68	9.99	2.74	0.12	0.06	49.79
12	62.94	9.17	0.00	0.84	12.14	7.83	0.20	0.08	93.20
13	98.63	18.23	0.00	1.35	14.36	15.16	0.28	0.11	148.12
14	131.79	27.95	0.00	3.15	17.00	22.96	0.45	0.14	203.44
15	174.25	54.46	0.00	4.58	19.88	28.42	1.03	0.19	282.79
16	174.25	77.53	0.00	8.48	19.88	32.13	2.06	0.23	314.55
17	131.79	87.05	1.70	14.88	17.00	33.23	3.45	0.30	289.40
18	98.63	91.25	3.64	25.43	14.36	33.87	5.36	0.37	272.91
19	62.94	76.86	12.90	41.08	12.14	33.93	7.18	0.49	247.52
20	33.19	58.73	33.19	62.92	9.99	31.56	9.99	0.60	240.16
21	38.33	4.26	0.00	1.01	15.25	3.14	0.00	0.07	62.06
22	68.71	6.41	0.00	2.40	19.66	9.68	0.19	0.09	109.16
23	103.28	27.07	0.00	2.84	23.76	19.76	0.35	0.12	177.18
24	136.92	39.04	0.00	4.76	28.62	30.31	0.48	0.16	240.30
25	178.01	69.53	0.00	8.17	33.88	36.63	0.89	0.21	329.31
26	178.01	116.86	0.00	13.15	33.88	43.23	2.12	0.27	387.51
27	136.92	134.33	2.44	20.90	28.62	45.52	4.27	0.34	373.34
28	103.28	113.32	5.48	32.82	23.76	46.49	7.27	0.45	332.91
29	68.71	88.06	16.59	48.17	19.66	46.10	11.13	0.62	299.04
30	38.33	68.01	50.29	68.01	15.25	39.84	15.25	0.76	295.76
31	38.49	4.64	0.00	1.80	22.88	3.70	0.00	0.06	71.58
32	64.82	11.28	0.00	2.89	30.95	12.08	0.00	0.09	122.11
33	92.40	28.31	0.00	4.93	38.31	25.33	0.33	0.13	189.72
34	121.13	58.69	0.00	6.94	47.10	39.50	0.61	0.17	274.13
35	153.78	88.21	0.00	11.01	56.53	52.01	0.83	0.22	362.60
36	153.78	115.56	1.05	15.79	56.53	58.08	1.96	0.30	403.07
37	121.13	135.62	2.31	24.49	47.10	62.45	4.62	0.41	398.12
38	92.40	118.61	11.17	35.47	38.31	63.06	9.04	0.52	368.57
39	64.82	91.14	19.16	50.36	30.95	61.33	17.31	0.69	335.75
40	38.49	68.10	38.38	67.42	22.88	48.43	22.88	0.92	307.51
41	37.94	3.91	0.00	2.69	30.47	4.34	0.00	0.06	75.41
42	56.73	22.50	0.00	3.86	44.37	13.70	0.00	0.09	141.24
43	77.05	33.50	0.00	5.90	56.57	31.10	0.00	0.11	204.24
44	99.37	59.40	0.00	8.50	71.16	49.23	0.54	0.17	288.37
45	123.28	81.69	1.19	13.47	86.78	64.11	1.03	0.24	371.79
46	123.28	99.80	1.62	17.84	86.78	76.10	1.54	0.33	407.29
47	99.37	111.58	2.15	25.18	71.16	83.70	4.21	0.45	397.61
48	77.05	108.75	8.62	34.92	56.57	87.17	10.10	0.62	383.60
49	56.73	79.94	19.60	46.79	44.37	74.63	18.83	0.79	341.69
50	37.94	60.64	36.66	62.89	30.47	53.51	30.47	1.07	313.65

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al finalizar el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

- 1.- Los proyectores son los equipos luminosos más adecuados para emplearlos en un alumbrado deportivo exterior, pero que a su vez requieren de una buena selección para su correcta aplicación, por lo que es necesario conocer sus características y funcionamiento.
- 2.- Para la selección del nivel luminoso de un campo deportivo hay que tener en consideración las necesidades de tres grupos observadores por lo que hay que tomar en cuenta:
  - El nivel de encuentro que se lleve a cabo.
  - La selección de la cancha de acuerdo al tipo de juego.
  - La distancia máxima entre el observador y el objeto de juego.
  - Nivel de uniformidad.

3.- Es necesario tomar muy en cuenta los factores que influyen en la percepción visual de los observadores siendo los más importantes los siguientes:

- Tamaño del objeto de juego.
- Contraste.
- Deslumbramiento.
- Velocidad.
- Modelación.

4.- Durante el desarrollo de los métodos de cálculo se notó la necesidad de aplicar los dos métodos aquí considerados y que son:

- Método de los lúmenes con el que se obtiene la cantidad de proyectores necesarios para proporcionar el nivel de iluminación requerido para el desarrollo del juego.
- Método punto por punto: con este método se calcula el nivel luminoso en cada punto del campo deportivo, para lo que es necesario en primer lugar determinar la dirección del haz luminoso emitido por el proyector, con respecto al campo de juego.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que el presente trabajo sea utilizado como guía por aquellas personas que tengan especial interés por realizar un proyecto de alumbrado deportivo, es necesario también que consulten con los fabricantes de los equipos de alumbrado, los mismos que deberán proporcionar las curvas de distribución del haz luminoso y todas las características de sus equipos, así como también sería recomendable revisar continuamente las experiencias en campo adquiridas por otros proyectistas con la finalidad de ampliar y actualizar los conceptos proporcionados en este trabajo.

En cuanto a los métodos de cálculo se recomienda aplicar los dos métodos aquí expuestos mediante los cuales se obtiene el nivel de iluminación deseado en el campo deportivo y su respectiva verificación de uniformidad.

En vista de lo tedioso y largo que resultan los cálculos de un proyecto de alumbrado deportivo se recomienda desarrollar un programa que pueda ser implementado en un computador, con lo que se facilitaría el desarrollo de un proyecto de alumbrado deportivo exterior.

## BIBLIOGRAFIA

### MANUAL DE ALUMBRADO

Philips

Tercera edición

### LUMINOTECNIA Y SUS APLICACIONES

Emilio Carranza Castellanos

Primera edición-Año 1.981

### MANUAL DE ALUMBRADO

Westinghouse

### LUMINOTECNIA PRINCIPIOS Y APLICACIONES

Equipo técnico de Elector-BJC

### SPORTS AND RECREATION AREAS

Ies lighting hanbook

Aplicación Volumen 1.981

Section 13.

### REVISTA INTERNACIONAL DE LUMINOTECNIA

Número 3 del año 1.982

Número 2 del año 1.979

Número 2 del año 1.984

**ELECTRIC CONSTRUCTION AND MAINTENANCE**

A Mc. Graw Hill publication

Número Diciembre de 1.979

**LIGHTING FITTINGS PERFORMANCE AND DESIGN**

International series of monographs in Electrical  
Engineering, Volumen 1.

A. R. Bear and R. H. Simons

Primera Edición 1.968

**IES LIGHTING HANDBOOK**

Reference Volume

1.981