



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN



"ILUMINACION DE AREAS DEPORTIVAS Y DE  
RECREACION POR EL METODO DE LUMEN  
MODIFICADO"

T E S I S

PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

ALEXIS ALBERT MORALES GARCIA

ASESOR: ING. CASILDO RODRIGUEZ ARCINIEGA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1998

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES-CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE  
EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FEB-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 29 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:  
"Iluminación de áreas deportivas y de recreación por el Método de Lumen Modificado"

que presenta el pasante: Alexis Albert Morales García  
con número de cuenta: 8400188-5 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE .  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 15 de febrero de 1996

PRESIDENTE	Ing. Francisco Gutiérrez Santos	
VOCAL	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega	
SECRETARIO	Ing. Jaime Rodríguez Martínez	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Martha L. Urrutia Vargas	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Víctor Hugo Landa Orozco	

## RECONOCIMIENTO

**A la F.E.S. - Cuautitlán que forjó mi preparación profesional exigiéndome solamente entrega y dedicación.**

**Y con su lejanía me demostró que con un poco de voluntad se pueden alcanzar grandes logros.**

**A la U.N.A.M. por su excelente grado académico en todos sus niveles.**

**A todos los maestros que me transmitieron su conocimiento durante el transcurso de mi preparación académica.**

**Al Ing. Casildo Rodríguez Arciniega, así como a todo el jurado que participa en este examen.**

## DEDICATORIAS

**A MIS PADRES:**

**BLANQUITA**

**Quien con su gran fuerza y sabiduría me educó y me enseñó a seguir siempre adelante.**

**ALFREDO ARTURO**

**Quien me demostró que con honestidad se consiguen grandes satisfacciones.**

## **A MIS HERMANOS:**

**Que siempre me han cuidado e impulsado en mis estudios, y sobre todo en mis decisiones; les agradezco su apoyo, esperando que con la culminación de este trabajo se sientan orgullosos.**

## **A MIS AMIGOS Y AMIGAS:**

**Ustedes que me han aceptado tal como soy y me han brindado su valiosa amistad tanto en los buenos momentos, como en los malos. Les dedico con cariño esta tesis.**

**Y recuerden que siempre hay tiempo para todo.**

**A mi novia:**

Por todo el cariño que me has dado, tu dulce compañía, tus buenos consejos, tu confianza, y sobre todo por la gran paciencia que tienes para mí.

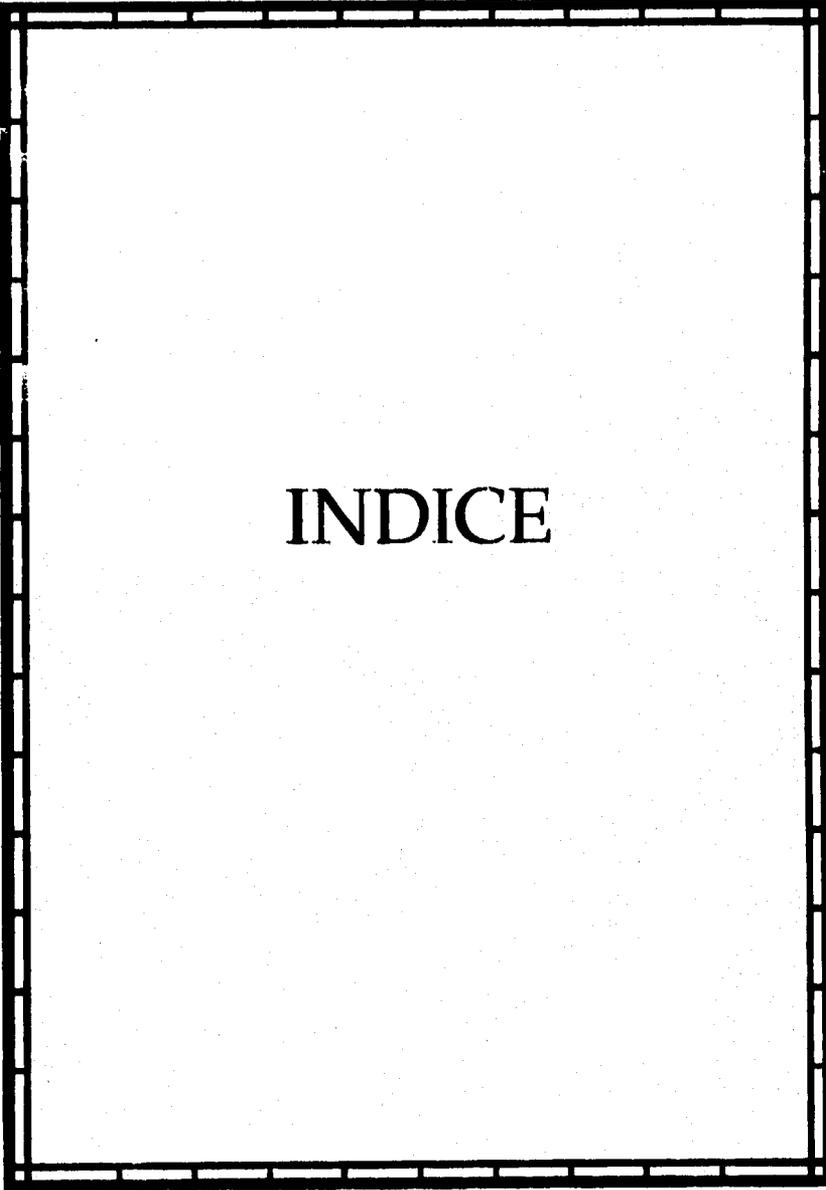
Te dedico de todo corazón este trabajo que forma parte de mis principales ilusiones.

Te agradezco esa confianza que tienes en mí, así como esa valerosa enseñanza que me has brindado, y ese impulso para lograr que aquellos objetivos que te propongo siempre es posible alcanzarlos.

Con amor

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a final flourish.

**A DIOS gracias ...**



# INDICE

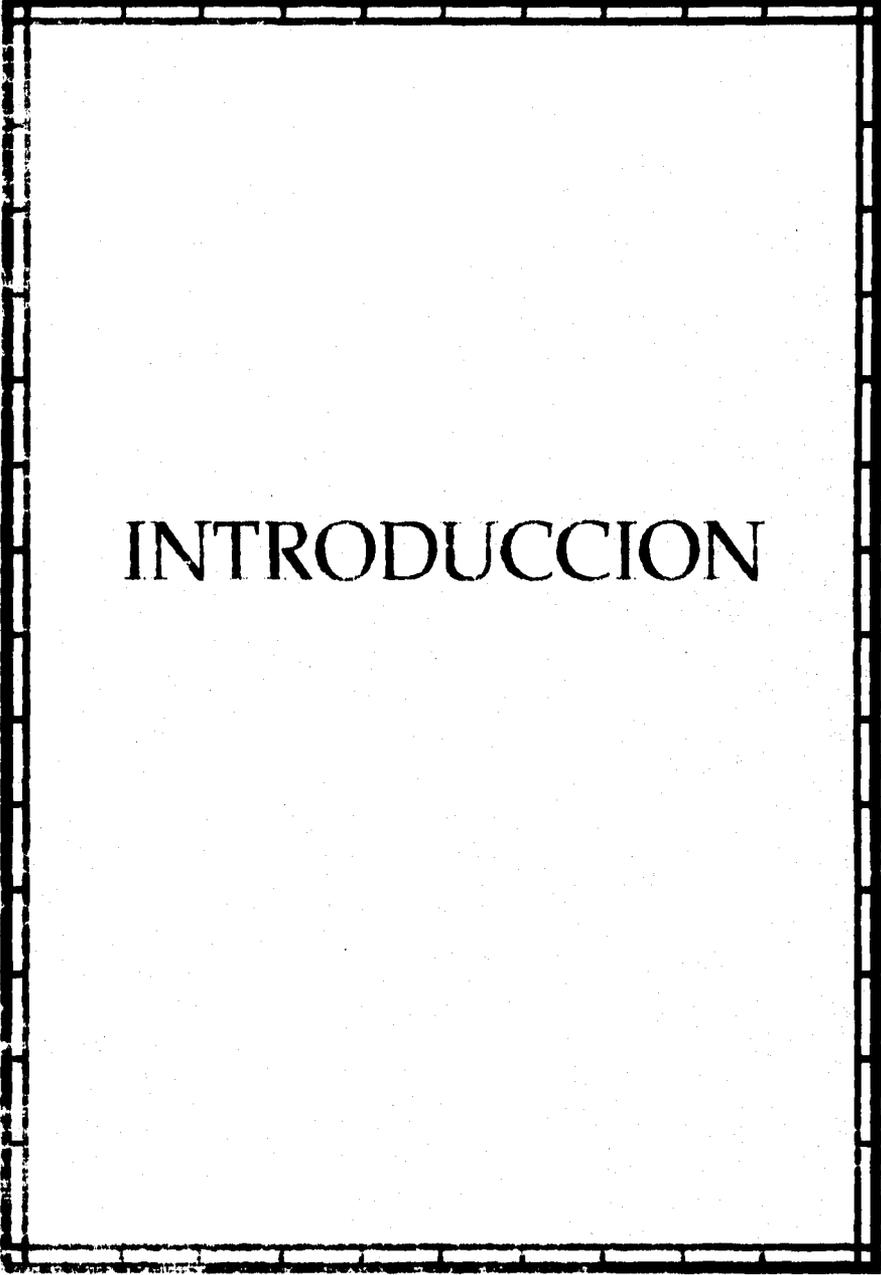
# INDICE

<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>CONCEPTOS DE ILUMINACION ARTIFICIAL</b>	<b>4</b>
<b>GENERALIDADES</b>	<b>5</b>
<b>LAMPARAS INCANDESCENTES</b>	<b>7</b>
<b>LAMPARAS DE DESCARGA</b>	<b>10</b>
Lámparas Fluorescentes	12
a) Luz de día	13
b) Blanco frío	13
c) Blanco cálido	13
Lámparas de Vapor de Mercurio	15
Lámparas de Aditivos Metálicos	18
Lámparas de Vapor de Sodio	21
<b>SERVICIO Y MANTENIMIENTO DE LAS LAMPARAS</b>	<b>24</b>
<b>CAUSAS DE LA DISMINUCION DEL FLUJO UTIL</b>	<b>25</b>
<b>LUMINARIOS</b>	<b>28</b>
Generalidades	28
Clasificación de Luminarios de acuerdo al Control de Flujo Luminoso	28
<b>TIPOS DE FUENTES DE LUZ</b>	<b>30</b>
<b>ANGÜLOS DE CAMPO Y DEL HAZ DE LUZ</b>	<b>31</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>CONSIDERACIONES ECONOMICAS PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION</b>	<b>33</b>
<b>POTENCIA Y ENERGIA</b>	<b>34</b>
<b>CONTROL DE UN SISTEMA DE ILUMINACION</b>	<b>36</b>
Control Manual	36
Control Automático	37
Control Semiautomático	38
<b>EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE ILUMINACION</b>	<b>40</b>

<b>CAPITULO III</b>	
<b>CLASE DE JUEGO Y FACILIDADES</b>	<b>43</b>
<b>GENERALIDADES</b>	<b>44</b>
<b>TIPOS DE DEPORTES</b>	<b>46</b>
<b>Deportes Aéreos</b>	<b>46</b>
<b>Deportes a Nivel de Tierra</b>	<b>47</b>
<b>CALIDAD Y CANTIDAD DE ILUMINACION</b>	<b>48</b>
<b>Factores Cualitativos de Iluminación</b>	<b>48</b>
<b>Velocidad del deporte</b>	<b>48</b>
<b>Nivel de juego</b>	<b>48</b>
<b>Edad de los jugadores</b>	<b>49</b>
<b>Capacidad de espectadores</b>	<b>49</b>
<b>Transmisión por TV</b>	<b>49</b>
<b>Brillo</b>	<b>50</b>
<b>Brillo directo</b>	<b>51</b>
<b>Brillo reflejado</b>	<b>51</b>
<b>Contraste</b>	<b>52</b>
<b>Modelaje</b>	<b>53</b>
<b>Centelleo</b>	<b>53</b>
<b>Derrame de luz</b>	<b>54</b>
<b>Control luminoso</b>	<b>55</b>
<b>Factores Cuantitativos de Iluminación</b>	<b>56</b>
<b>La Iluminación Horizontal</b>	<b>56</b>
<b>La Iluminación Vertical</b>	<b>57</b>
<b>UNIFORMIDAD (en el plano horizontal)</b>	<b>59</b>
<b>Coefficiente de Variación (CV)</b>	<b>59</b>
<b>Máximo a Mínimo (M/M)</b>	<b>60</b>
<b>Gradiente de Uniformidad (UG)</b>	<b>61</b>
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>CONSIDERACIONES GENERALES PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION</b>	<b>64</b>
<b>CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA FACILIDAD DEL DEPORTE</b>	<b>65</b>
<b>Facilidades del Proyecto en General</b>	<b>65</b>
<b>1. Cuartos de ejercicio</b>	<b>66</b>
<b>2. Gimnasios</b>	<b>66</b>
<b>3. Patios</b>	<b>66</b>
<b>4. Arenas</b>	<b>66</b>
<b>5. Estadios</b>	<b>66</b>

<b>CONSIDERACIONES EN LA SELECCION DE SISTEMAS DE ILUMINACION</b>	<b>67</b>
Facilidades en Exteriores	67
Facilidades en Interiores	68
<b>CONSIDERACIONES EN LA SELECCION DE LUMINARIOS</b>	<b>69</b>
Información Fotométrica	69
Angulos de Campo y Wattaje en Lámparas	70
Balastos	70
Estructuras	70
Factor de Inclinación de la Lámpara	71
<b>CONSIDERACIONES EN LA SELECCION DE FUENTES DE ILUMINACION</b>	<b>71</b>
<b>CAPITULO V</b>	
<b>CALCULOS PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION</b>	<b>73</b>
<b>CALCULOS DE ILUMINACION</b>	<b>74</b>
Area de Juego	74
1. Area límite de juego (ALJ)	75
2. Area primaria de juego (APJ)	75
3. Area secundaria de juego (ASJ)	75
<b>PROCEDIMIENTO DE CALCULOS</b>	<b>77</b>
<b>METODO DE LUMEN MODIFICADO</b>	<b>79</b>
Cocficiente Preliminar de Utilización (PCU)	81
Factor de Ajuste de Aplicación (AAF)	84
<b>RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO Y DISTRIBUCION</b>	<b>87</b>
<b>RECOMENDACIONES DE ILUMINACION</b>	<b>89</b>
Recomendaciones de Iluminancia para Deportes en Interiores	90
Recomendaciones de Iluminancia para Deportes en Exteriores	94
<b>APUNTAMIENTO DE PROYECTORES</b>	<b>99</b>
<b>METODOS DE APUNTAMIENTO</b>	<b>99</b>
Apuntamiento al blanco	99
Apuntamiento en grados	99
<b>CONSIDERACIONES PARA EL APUNTAMIENTO</b>	<b>100</b>
<b>EJEMPLOS DE APUNTAMIENTO</b>	<b>101</b>
<b>EVALUACION EN LOS RESULTADOS MEDIDOS Y EL RENDIMIENTO</b>	<b>103</b>
Medición y Procedimiento del Reporte	103
Area a Medir	104
Localización de la estación de Prueba	104
Disposición de las Medidas del Cuadrículado	107
Verificación de Campo	109

<b>CAPITULO VI</b>	
<b>APLICACION DEL METODO DE LUMEN MODIFICADO</b>	<b>112</b>
<b>PROYECTO</b>	<b>113</b>
<b>CONSIDERACIONES GENERALES</b>	<b>114</b>
<b>NIVEL DE ILUMINACION</b>	<b>115</b>
<b>AREA PRIMARIA DE JUEGO</b>	<b>115</b>
<b>CALCULOS DE ILUMINACION UTILIZANDO EL M.L.M.</b>	<b>116</b>
Determinación del PCU	<b>118</b>
Número de Luminarios	<b>120</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>122</b>
<b>APENDICE</b>	<b>125</b>
<b>NIVELES DE ILUMINACION DE AREAS DEPORTIVAS Y DE RECREACION</b>	<b>126</b>
<b>TERMINOLOGIA</b>	<b>129</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>133</b>



# INTRODUCCION

## **INTRODUCCION**

**El desarrollo en la tecnología y el diseño de la Ingeniería en Iluminación han permitido que, tanto los eventos deportivos, como los de recreación, sean llevados a cabo, vistos y transmitidos por la noche. Además, ha habido un gran avance, en cuanto a la calidad para las transmisiones televisivas, las cuales siempre van implícitas con el aspecto comercial.**

**Un punto muy importante e interesante es que la energía eléctrica requerida, para facilitar la práctica del deporte en general, ha sido reducida considerablemente, a pesar del incremento en los niveles de iluminación necesario para que los atletas y deportistas desempeñen el nivel máximo de sus habilidades. Lo anterior es debido a que durante la última década las fuentes de iluminación han aumentado en rendimiento y eficacia.**

**Para los cálculos de iluminación, los diseñadores normalmente aplican el método de Lumen (cavidad zonal) para determinar el porcentaje de iluminación, pero para esto se necesitan comprender perfectamente los principios de la Ingeniería en Iluminación, y las necesidades requeridas por el mismo diseño, y para simplicidad se puede manejar el método de Lumen Modificado, el cual, además de sencillo, proporcionará mayor exactitud en los cálculos.**

**Para lograr mejores resultados en un proyecto de iluminación, es importante considerar todos aquellos factores que de alguna manera puedan disminuir o aumentar la eficacia en la iluminación, y sobre todo, con la calidad necesaria para ser aceptado como un trabajo bien elaborado y competente, y así ser considerado para su aplicación real.**

**Asociado con el mejoramiento de iluminación están los problemas de deslumbramiento y rendimiento del color, tanto para una mejor visión, como para una mejor calidad en la transmisión por TV.**

**Por supuesto, que las técnicas desarrolladas durante este trabajo pueden aplicarse a otros campos de la Ingeniería en Iluminación, como puede ser el comercial o el residencial.**

# CAPITULO I

## CONCEPTOS DE ILUMINACION ARTIFICIAL

## **CAPITULO I CONCEPTOS DE ILUMINACION ARTIFICIAL**

### **GENERALIDADES**

En la actualidad, la iluminación artificial es prácticamente indispensable para realizar nuestras actividades en general, esto es, que se requiere de ésta tanto para nuestras actividades laborales, como para las actividades de recreación, ya sea que dichas actividades se realicen durante la noche, o bien durante el transcurso del día, en algún interior. Es por ello que se requiere un intenso estudio en esta rama de la Ingeniería, que es la Iluminación.

Por otro lado, debemos tener en cuenta que la iluminación artificial no implica solamente el hecho de alumbrar una superficie, sino que tenemos que asociar la comodidad proporcionada por ésta, junto con la seguridad que nos puede brindar, como puede ser en las vías de comunicación, señalizaciones, lectura de instrumentos; en fin es tan amplia la variedad de aplicaciones para la cual se requiere de iluminación artificial.

Para este caso en especial nos enfocaremos en la iluminación de áreas deportivas y de recreación, ya que en estos tiempos el deporte ha llegado a un punto en el cual llega a formar parte de nuestra vida cotidiana, ya sea para practicarlo, o simplemente presenciarlo como espectador por recreación. En el caso de presenciarlo como espectador nos lleva a un análisis muy interesante,

puesto que cuando lo presenciamos a través del televisor, la iluminación juega un papel muy importante, ya que si no es adecuada la calidad de transmisión disminuirá considerablemente el nivel, e incluso para este caso, el mismo deporte puede bajar su rango de audiencia.

Ahora bien, la iluminación requiere forzosamente de un dispositivo que nos proporcione la luz. Llamaremos, entonces, fuente luminosa al elemento que emite radiaciones visibles para el ojo humano, es decir, que produce luz.

Para una mejor comprensión acerca de las fuentes luminosas podemos manejar la siguiente clasificación:

- Fuentes luminosas naturales
- Fuentes luminosas artificiales

La fuente luminosa natural más conocida es el Sol, mientras que las fuentes luminosas artificiales, que para este estudio es lo que más nos interesa, pueden ser divididas en dos ramas:

- 1.- Lámparas incandescentes
- 2.- Lámparas de descarga

## **LAMPARAS INCANDESCENTES**

El principio de funcionamiento de esta lámpara es a través de un filamento de cierta resistencia eléctrica por el cual circulará una corriente, de manera que éste llegue a un punto de incandescencia emitiendo así radiaciones luminosas y caloríficas, de la cual el 90% de dicha radiación es en forma de calor, mientras que la emisión de luz corresponde solamente al 10%.

El tungsteno es el elemento propicio para esta necesidad de incandescencia en el filamento, puesto que sus características se adaptan a la alta temperatura y es muy durable, además de que al formar una bobina con este elemento presentará una superficie efectiva menor al gas que rellena el volumen de la lámpara, por lo que las pérdidas por calor debidas a conducción y convección quedan reducidas a un mínimo.

Desde la invención del foco incandescente el principio de funcionamiento ha sido el mismo, con algunas mejoras que se han presentado a través de los años; el hecho de que por décadas se haya utilizado este tipo de lámpara ha originado que se tenga como un artículo de uso diario que ya está integrado a nuestra vida, por lo mismo es un producto económico y su vida promedio es de 1,000 hrs. llegando a producir hasta 25 lúmens por watt.

Existe una gran variedad de tipos de focos incandescentes, los que fundamentalmente se identifican por el tipo de bulbo que llevan, sus aplicaciones y variaciones en el transcurso de los años se ha ido diversificando, por lo que en la actualidad la variedad de lámparas incandescentes es impresionante.

A continuación se enunciarán algunos de los tipos más comunes de focos incandescentes en el mercado, lógicamente, cada uno de ellos pensado para una aplicación en particular.

- Focos incandescentes de alumbrado general
- Focos luz de día
- Focos repelentes para insectos
- Focos decorativos
- Focos navideños
- Focos tipo globo
- Focos para horno
- Focos para refrigerador
- Focos para anuncio (colores)
- Focos para semáforo
- Lámparas incandescentes halógenas

La figura 1-1 muestra las partes principales de una lámpara incandescente:

1. ATMOSFERA GASEOSA
2. FILAMENTO EN ESPIRA DE TUNGSTENO
3. SOPORTES PARA EL FILAMENTO
4. HILOS DE TOMA DE CORRIENTE
5. TUBO DE VACIO
6. BULBO
7. CASQUILLO
8. BOTON
9. ORIFICIO EXHAUSTOR

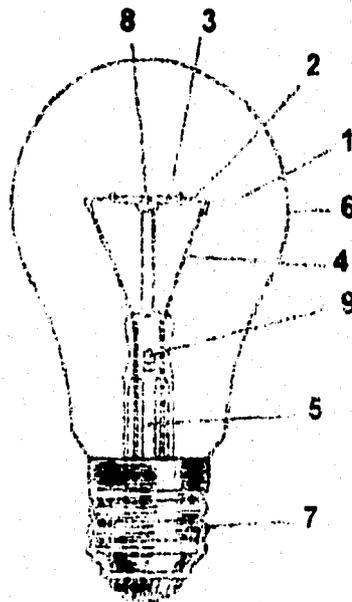


Fig. 1-1. Lámpara incandescente.

## LAMPARAS DE DESCARGA

Este tipo de lámparas se clasifican a su vez en:

<b>Lámparas de Descarga</b>	{ Fluorescentes Vapor de mercurio Aditivos metálicos Vapor de sodio a alta presión Vapor de sodio a baja presión
-------------------------------------	---

Las lámparas de alta intensidad de descarga, HID (High Intensity Discharge), tienen un tubo de descarga gaseosa que va alojado en el interior del bulbo protector, este tubo de descarga opera a presiones y densidades de corriente suficientes para generar la radiación visible para proporcionar luz, cuando en sus extremos (electrodos) se aplica una tensión que da lugar a un arco eléctrico que posteriormente ioniza el gas y los vapores metálicos.

Dentro de los modernos conceptos de iluminación nos encontramos con nuevos productos en el mercado, de tal forma que han aparecido lámparas de alto rendimiento que permiten un ahorro de hasta 75% de energía eléctrica, comparadas con las incandescentes.

Las lámparas de descarga gaseosa son comparadas con un elemento de resistencia cero o resistencia negativa, cuando los aditivos dentro del tubo de arco se ionizan, la resistencia dentro del tubo de arco disminuye, esto provoca que la resistencia se aproxime a cero, mientras que la corriente se aproxima a infinito. Esto implica que sin un dispositivo que limite la corriente, los electrodos se destruirían en cuestión de segundos, debido a ésto, todas las fuentes de descarga requieren de un balastro.

Un balastro es un dispositivo eléctrico que tiene tres funciones primordiales, que son las de limitar la corriente, proporcionar el voltaje de encendido y en algunos casos proporciona corrección del factor de potencia. El balastro actúa por efecto de autotransformador para proporcionar el voltaje de encendido, es por eso que contiene devanados que ocasionan una carga inductiva. La reactancia inductiva provoca un defasamiento entre las ondas de corriente y voltaje, el cual es corregido con la adición de un capacitor al balastro. Cabe mencionar que en la actualidad se han desarrollado balastros del tipo electrónico el cual proporciona algunos beneficios más, como es la eliminación de pérdidas en los devanados.

## **Lámparas Fluorescentes.**

Las lámparas fluorescentes de descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión generan una emisión luminosa por el fenómeno de la fluorescencia.

La descarga eléctrica se realiza en un tubo recto de longitud grande en relación con su diámetro, que es pequeño. También existen lámparas fluorescentes en forma de "U" y circulares. La pared inferior del tubo lleva una fina capa de sustancias minerales fluorescentes, en los extremos se sitúan los filamentos, además de que contiene gas noble en su interior, generalmente argón, a una determinada presión, y de una pequeña cantidad de mercurio.

El rendimiento luminoso que se obtiene con estas lámparas es elevado, llegando a alcanzar los 96 lúmenes por watt.

Por otra parte, para este tipo de lámparas se tienen diferentes tonos de color, esto es debido a la mezcla adecuada de sustancias fluorescentes, los tonos que se utilizan actualmente son los siguientes:

- a) Luz de día
- b) Blanco frío
- c) Blanco cálido

**a) Luz de día**

Esta lámpara se denomina así debido a que el espectro luminoso se asemeja bastante al de la luz natural y tiene una temperatura de color de 6,000 K. Se aplican en aquellos lugares en que se desee apreciar mejor los colores sin importar la hora y las condiciones meteorológicas.

**b) Blanco frío**

Esta lámpara tiene la ventaja práctica de poderse combinar indistintamente con la luz natural y con la luz de las lámparas de incandescencia (temperatura de color 4,300 K). Su uso es más generalizado, como por ejemplo, para iluminación industrial, oficinas y archivos, escuelas, cuartos de hotel, etc.; siendo de las lámparas fluorescentes una de las que producen mayor cantidad de lúmenes, esto es que proporciona mayor cantidad de luz con el mismo consumo de energía.

**c) Blanco cálido**

En estas lámparas la temperatura de color es de 3,000 K, y debido a la gran cantidad de radiaciones rojas hace que sea más parecida a las lámparas incandescentes. Esta lámpara es adecuada en aquellos lugares donde sea esencial una perfecta reproducción de colores, sobre todo en expendios de víveres.

En general la vida media de las lámparas fluorescentes varía de 7,500 a 12,000 horas, dependiendo de la potencia, color, tipo de lámpara y número de encendido de las mismas.

Los componentes de la lámpara fluorescente se indican en la siguiente figura.

1. BULBO
2. FOSFORO
3. ELECTRODOS
4. TUBO DE VACIO
5. GAS
6. MERCURIO
7. CASQUILLO
8. Prensado de la boquilla
9. HILOS DE TOMA DE CORRIENTE

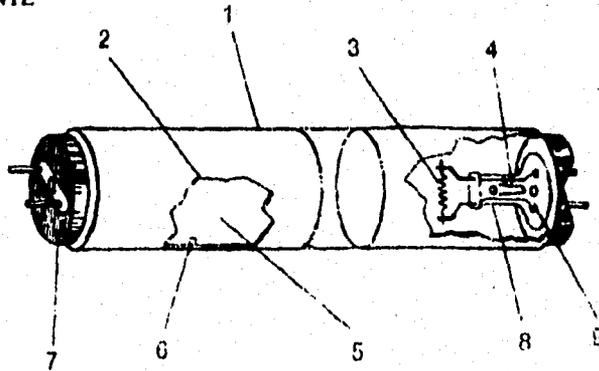


Fig. 1-2. Lámpara Fluorescente.

## **Lámparas de Vapor de Mercurio.**

La producción de luz en estas lámparas se basa en el principio de luminiscencia que se obtiene por la descarga eléctrica a través del mercurio gasificado, dentro de un tubo de descarga. Este tipo de lámparas se consideran dentro de las del tipo HID (High Intensity Discharge), en donde la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de vapor o gas a presión, en vez de hacerlo por medio de un filamento, como en la lámpara incandescente.

Las lámparas de vapor de mercurio se caracterizan por la emisión de luz de un tono blanco-azulado porque carece de radiaciones rojas, esto se debe principalmente al mercurio que se encuentra dentro del tubo de descarga junto con el gas argón.

El tubo de descarga está construido de cuarzo, debido a que por él circula una intensidad de corriente grande y está sometido a un alta presión interna, fundidos en los extremos del tubo de arco encontramos dos electrodos principales de tungsteno, que están impregnados de un material emisor de electrones y uno auxiliar de encendido, conectado a través de una resistencia óhmica de gran valor; también contiene unos miligramos de mercurio puro exactamente graduados, y el gas argón que facilitará la descarga.

La ampolla o bulbo exterior está constituida por un vidrio resistente a los cambios bruscos de temperatura; este bulbo tiene una forma elipsoidal, además en su parte interior está recubierto de una sustancia fluorescente denominada Banadato de Itrio, que activada por las radiaciones ultravioletas del arco de mercurio emite radiaciones rojas corrigiendo así el color de su luz.

El espacio comprendido entre el tubo de descarga y el bulbo exterior está ocupado por un gas neutro (NITROGENO + ARGON) a una presión inferior a la atmosférica, evitando así la formación de arco entre las partes metálicas en el interior del bulbo.

El calor generado por la descarga vaporiza al mercurio, que posteriormente actúa como conductor principal de la descarga; estas lámparas para su funcionamiento necesitan un balastro que limite la corriente eléctrica. Al transcurrir un tiempo de 4 a 5 minutos la lámpara de vapor de mercurio alcanza sus valores máximos. Al apagarse la lámpara, no puede volver a encenderse, sino hasta pasado un tiempo de enfriamiento, que generalmente es igual al de calentamiento, ya que en el interior del tubo de descarga la presión del mercurio tiene que disminuir.

En la figura 1-3 apreciamos los componentes de la lámpara de vapor de mercurio:

1. CASQUILLO
2. RESISTENCIA OHMICA
3. BULBO
4. ELECTRODO PRINCIPAL
5. ELECTRODO AUXILIAR
6. PINTURA EXTERIOR FLUORESCENTE
7. TUBO DE CUARZO

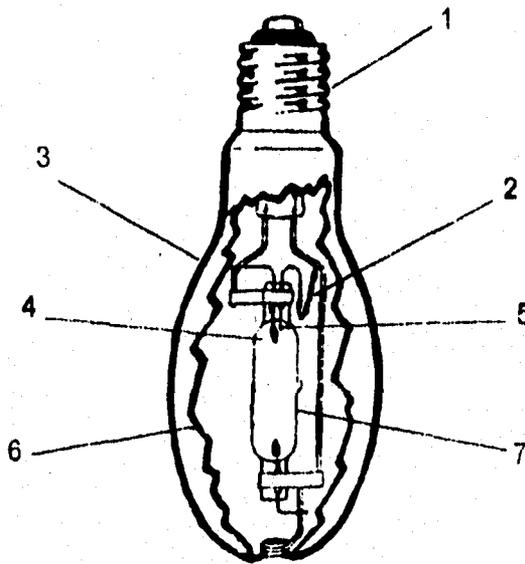


Fig. 1-3. Lámpara de Vapor de Mercurio.

### **Lámparas de Aditivos Metálicos.**

Los objetivos primordiales de las fuentes de luz artificial son el aumentar el rendimiento luminoso e igualar el color de la luz artificial con el de la luz solar. Para lograr esto, se han construido las lámparas de aditivos metálicos, que vienen siendo lámparas de vapor de mercurio a alta presión, pero además del mercurio, contienen halogenuros de tierras raras como son: DYSPROSIO (Dy), HOLMIO (Ho) y TULIO (Tm); de esta manera se obtienen rendimientos luminosos más elevados y una mejor reproducción cromática, es decir, que la luz proporcionada por estas lámparas refleja fácilmente los colores naturales, sin que éstos se vean distorsionados.

Cabe mencionar que un halogenuro es una sal formada por un halógeno (flúor, cloro, bromo o yodo) y el metal viene siendo en este caso las tierras raras antes mencionadas, de ahí el nombre de aditivos metálicos. La construcción de estas lámparas es semejante a las de vapor de mercurio a alta presión. El tubo de descarga se encuentra en el interior del bulbo, está construido de cristal de cuarzo en forma tubular, en cuyos extremos se encuentran colocados un electrodo de wolframio en donde va depositado un material emisor de electrones, este material generalmente es Oxido de Torio.

Cuando la lámpara se encuentra en funcionamiento, la temperatura en el tubo de descarga se encuentra alrededor de los 6,000°C.

La corriente eléctrica se hace llegar por medio de unas laminillas de molibdeno que van selladas herméticamente con el cristal de cuarzo, este tubo de descarga contiene en su interior MERCURIO, YODURO TALICO y varios de los yoduros de las tierras raras como las antes mencionadas, y ARGON. A una presión determinada que sirve como gas de arranque. Los extremos del tubo de descarga están cubiertos por una capa, y en ella se encuentran los puntos más fríos.

La ampolla exterior es de vidrio duro, para que pueda resistir las altas temperaturas cuando se encuentra funcionando. Estas lámparas también se consideran de HID y funcionan mediante la utilización de un balastro limitador de corriente.

Debido a los halogenuros metálicos, la tensión de encendido de estas lámparas es elevada, necesitándose emplear un cebador o un aparato de encendido con tensiones de choque de 3 a 5 kV. De esta manera se garantiza un encendido seguro con temperaturas de +100 hasta -25 °C. El tiempo de encendido de estas lámparas es aproximadamente de 9 minutos a un 80%, y su tiempo de reencendido es de 10 a 15 minutos a un 80%; y su vida promedio es de 6,000 hrs.

Las lámparas de halogenuros metálicos tienen un gran campo de aplicación, tanto en interiores como en exteriores, ya que poseen un elevado rendimiento luminoso, alta temperatura de color y una excelente reproducción cromática.

La siguiente figura muestra los componentes de la lámpara de aditivos metálicos.

1. CASQUILLO
2. DIODO
3. REFLECTOR TERMICO
4. BIMETAL
5. ELECTRODO
6. TUBO DE ARCO
7. CONECTOR
8. MONTAJE DEL TUBO DE ARCO

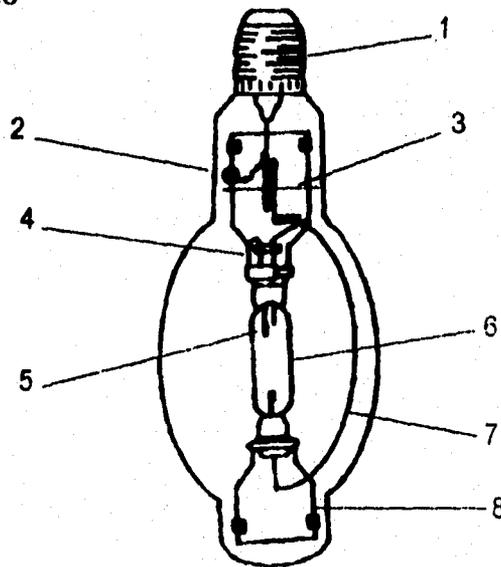


Fig. 1-4. Lámpara de Aditivos Metálicos.

### **Lámparas de Vapor de Sodio.**

Las lámparas de vapor de sodio son consideradas como las más eficaces dentro de la familia de las lámparas de HID. Su principal elemento de radiación en el tubo de arco de la lámpara es el sodio; sin embargo, contienen mercurio como gas corrector del color y, adicionalmente para controlar el voltaje; además de una pequeña cantidad de xenón, utilizado para iniciar la secuencia de arranque.

Se requiere de 3 a 4 minutos para que la lámpara de vapor de sodio logre su completa brillantez, que es un poco menor que la lámpara de aditivos metálicos o de vapor de mercurio. Durante el período de calentamiento existen varios cambios en el color de la luz; inicialmente aparece un débil color blanco-azulado producido por la ionización del xenón, el cual es rápidamente desplazado por un brillante color azul, típico de la luz del mercurio. Con un incremento en la brillantez se efectúa un cambio al amarillo monocromático, característico del sodio a baja presión. Si existe una interrupción momentánea de energía, el tiempo de reencendido será de aproximadamente un minuto.

En cuanto a las lámparas de vapor de sodio a alta presión, podemos decir que han sido desarrolladas para mejorar el tono de luz y a su vez la reproducción cromática de las lámparas de vapor de sodio a baja presión, además de que conservan un alto rendimiento luminoso y siendo que su presión es más alta, dejan destacar en el espectro luminoso otros colores, obteniéndose ahora un espectro más continuo de cuya composición resulta un color blanco-dorado.

El bulbo exterior de esta lámpara es de vidrio duro y en su interior se encuentra alojado el tubo de descarga en donde se encuentran los componentes: SODIO, MERCURIO y un GAS NOBLE (XENON o ARGON), de los cuales el sodio es el principal productor de luz.

La principal característica que diferencia a las lámparas de vapor de sodio a baja presión con las lámparas de vapor de sodio a alta presión, es que las primeras proporcionan una luz netamente amarillenta, lo cual distorsiona los colores; es decir, que los colores no se distinguen tal como son.

Como lo habíamos mencionado antes, el bulbo de estas lámparas es de un vidrio duro, y el tubo de descarga donde se lleva a cabo la producción de luz es de un material compuesto de Oxido de Aluminio, que además de resistir temperaturas muy altas (aprox. 100°C), también resiste las reacciones químicas del sodio y posee a la vez una transmisión de luz de más de 90%.

El mercurio evaporado reduce la conducción del calor del arco de descarga a la pared del tubo de descarga, y con esto se consigue mayor potencia en tubos de descarga de menor tamaño.

El gas xenón es agregado para tener un encendido seguro de lámparas con baja temperatura ambiental, tanto en interiores, como en exteriores.

En ambos extremos del tubo se encuentran dos tapones de Corindón sintetizado que cierran herméticamente el tubo y al mismo tiempo soportan los electrodos.

En la figura 1-5 podemos apreciar los componentes que constituyen a las lámparas de vapor de sodio a alta presión.

1. CASQUILLO
2. TUBO DE ARCO DE CERAMICA DE OXIDO DE ALUMINIO
3. BULBO RESISTENTE A LA INTEMPERIE

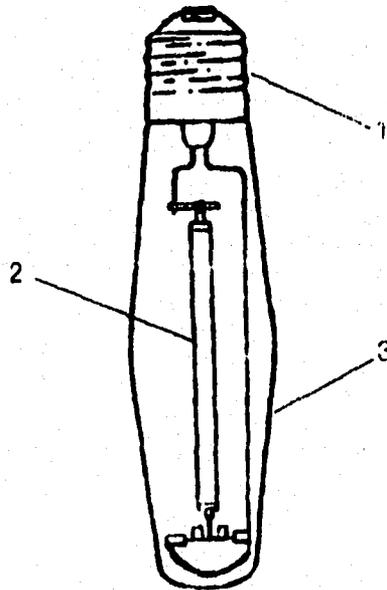


Fig. 1-5. Lámpara de Vapor de Sodio.

## **SERVICIO Y MANTENIMIENTO DE LAS LAMPARAS**

Sabemos que el gasto por energía eléctrica es el más importante de todos los gastos de la instalación; por consiguiente, es de la máxima importancia toda precaución que tienda a la reducción del flujo disperso.

Conceptualmente no podemos separar las consideraciones relativas a las lámparas de las relativas a las armaduras y a las restantes partes de la instalación. Vamos a ocuparnos de todas las partes de la instalación luminosa, sin distinción, entendiéndolo por mantenimiento la suma de todos los cuidados dedicados a la instalación, desde su puesta en servicio hasta su demolición total y sustitución por otra nueva. Damos por demostradas todas las consideraciones de carácter técnico que llevan al proyectista de una instalación para iluminación, a prever la instalación en cierto ambiente de flujo luminoso determinado, para obtener valores de iluminación previamente establecidos y determinadas condiciones de visibilidad.

El examen efectuado, caso por caso, de todos los factores que influyen en el estado de conservación de una instalación, así como las consecuencias técnicas y económicas nos permitirá elaborar un plan de mantenimiento que represente un óptimo compromiso entre los gastos efectuados y las ventajas obtenidas. Además, la previsión de las condiciones de servicio y de los gastos de mantenimiento, nos permitirá tener en cuenta el proyecto y realizar instalaciones convenientes, tanto desde el punto de vista de su mera instalación, como desde el punto de vista del servicio de la misma.

## CAUSAS DE LA DISMINUCION DEL FLUJO UTIL

En una instalación de iluminación en las que se hayan descuidado las operaciones de mantenimiento y limpieza, sólo se aprovecha en el plano de trabajo una pequeña parte del flujo inicial (figura 1-6) .

Pérdidas por lámparas quemadas	10%
Pérdida por envejecimiento de la lámpara	15%
Pérdida por alimentación inadecuada	10%
Pérdida debido a la suciedad acumulada	20%
Pérdida por la disminución de la reflexión en paredes	20%
Flujo verdaderamente utilizado en el plano de trabajo	25%

Fig. 1-6

Es importante hacer mención sobre la consulta a las tablas que contienen datos del fabricante, puesto que cada tipo de lámparas tiene una particularidad, dependiendo de su misma manufactura.

De las acciones que contribuyen a esta pérdida de flujo algunas son inevitables, en tanto que las otras puede limitarse su potencia mediante oportunos procedimientos. Las causas principales de la disminución del flujo útil son:

- a. Pérdida del flujo emitido por las lámpara, debido al envejecimiento de éstas.
- b. Agotamiento de algunas de las lámparas instaladas, debido a causas diversas (desde el agotamiento producido por envejecimiento natural, hasta el dado por condiciones de alimentación y de servicio inadecuadas).
- c. Disminución del flujo emitido por las lámparas por caída de tensión en las líneas de alimentación.
- d. Disminución del flujo reflejado por las armaduras, debido al depósito de polvo y suciedad en las paredes de las lámparas, y de las propias armaduras del luminario.
- e. Disminución de poder reflectante de las paredes y techo del local iluminado, producida por notables modificaciones de los barnices y por el depósito de polvo y suciedad.

Sobre las causas indicadas en a) y b) puede actuarse disponiendo de un buen plan de sustituciones por grupos, de modo que eliminen oportunamente de la instalación las lámparas que por el reducido flujo emitido no es conveniente mantener en servicio, así como también la necesidad de intervenir para el recambio de lámparas por agotamiento accidental.

Sobre la causa expuesta en c) puede actuarse evitando que la líneas de alimentación estén sobrecargadas y disponiendo de secciones de conductores apropiadas a la carga instalada. Quedan así eliminadas las fuertes caídas de tensión en la línea y las pérdidas de potencia en los conductores, además de la disminución del flujo emitido por las lámparas. Para instalaciones con lámparas de descarga, una eficaz corrección de fase individual en cada lámpara puede ser suficiente para la eliminación de caídas de tensión importantes.

Sobre las causas indicadas en d) y e), dependientes de la acumulación de polvo y suciedad, se puede intervenir con un programa de limpieza de los luminarios, de forma que los efectos de la disminución del flujo útil se mantengan dentro de unos límites convenientes en relación a las condiciones ambientales, a la necesidad de disfrutar de un elevado nivel de iluminación y a los gastos que reportan las operaciones de limpieza.

## **LUMINARIOS**

### **Generalidades.**

Un luminario es una unidad completa de iluminación que consta de una o más lámparas (fuentes de luz), junto con las partes diseñadas para el control de la distribución de luz y otros componentes mecánicos y eléctricos. Las características ópticas de un luminario afectan al brillo directo y reflejado, sombras y distribución; los cuales serán considerados cuando se selecciona el luminario correcto para una aplicación en particular.

### **Clasificación de Luminarios de acuerdo al Control del Flujo Luminoso.**

Esta clasificación es muy común, cuando se aplica para la iluminación deportiva, y algunos tipos de luminarios que podemos mencionar por el tipo de flujo luminoso son:

1. **Tipo Cercado Rectangular.-** Esta clase de luminarios incluye una construcción sustancialmente de habitación. El ensamble incluye pruebas contra el medio ambiente con una cubierta de vidrio capaz de proveer una luz libre de obstrucción (figura 1-7a).
2. **Tipo Cercado Redondo.-** Esta clase de luminarios es a prueba de la intemperie y puede estar construido para reflejo de superficie. El ensamble cercado, también incluye una cubierta de vidrio (figura 1-7b).

3. Tipo Blindado.- Esta clase de luminario está diseñado para escudar la fuente de luz y el reflector por arriba de un cierto ángulo vertical. El ángulo está elegido para minimizar un brillo directo para el observador, como puede darse el caso para las canchas que tienen cercanía con un aeropuerto, el cual por norma debe de controlarse dicho brillo (figura 1-7c).

4. Lámparas Reflectoras.- Esta clase de luminarios consta de un porta lámparas y una lámpara con un reflector integrado.

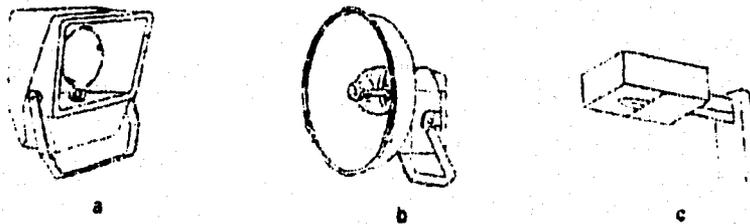


Fig. 1-7. Tipos de luminarios utilizados para la iluminación deportiva.  
a) Tipo cercado rectangular. b) Tipo cercado circular.  
c) Tipo blindado (cut-off).

## TIPOS DE FUENTES DE LUZ

Tres tipos básicos de fuentes de luz son comúnmente utilizados para aplicaciones de iluminación deportiva: incandescente, fluorescente y de descarga de alta intensidad. Cada tipo tiene ventajas y desventajas; una apropiada selección depende por lo general de requerimientos particulares considerados al comienzo de la instalación, económicos y de la preferencia en el diseño.

Una comparación general de los tipos de fuentes de luz se puede apreciar en la figura 1-8.

Fuente de Luz	Lúmenes de salida por lámpara	Eficiencia Lúmenes/Watt	Vida	Rendimiento del color	Grado de control de luz
Incandescente	Regular	Baja	Baja	Alta	Regular
Fluorescente	Buena	Buena	Alta	Buena	Regular
Vapor de Mercurio	Buena	Regular	Alta	Regular	Regular
Aditivos Metálicos	Alta	Buena	Buena	Buena	Buena
Sodio a Alta Presión	Alta	Alta	Alta	Regular	Buena

Fig. 1-8 Tipos de Fuentes de Luz.

## ANGULOS DE CAMPO Y DEL HAZ DE LUZ

La distribución de luz de un luminario puede ser clasificada de acuerdo al ángulo de campo y al ángulo del haz de luz. Dichos ángulos son determinados por un patrón de distribución de la intensidad luminosa del luminario en particular, donde el ángulo de campo está dado en la gráfica por la abertura de la curva a un 10% de la intensidad, mientras que el ángulo del haz de luz se da entre los puntos de la curva comprendidos a un 50% de la intensidad máxima.

Lo anterior se puede apreciar en la figura 1-9.

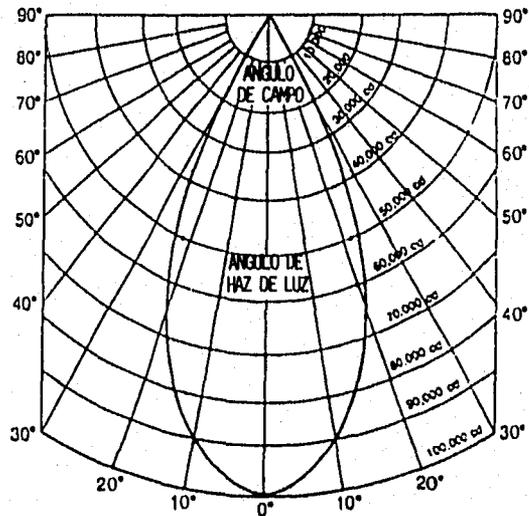


Fig. 1-9. Curva de distribución de un luminario en coordenadas polares, con una intensidad máxima de 100,000 cd.

La clasificación NEMA del ángulo de campo, como se muestra en la figura 1-10, se utiliza muy frecuentemente en la iluminación deportiva, así como en la industrial, para la clasificación en la distribución de candelas de potencia del flujo luminoso. Esto es muy útil para la selección preliminar en el desarrollo de un diseño. Sin embargo, el coeficiente de utilización (CU) de un diseño en cada aplicación puede basarse en el total del flujo luminoso (en lúmenes) del luminario, más que en el ángulo de campo de la curva NEMA.

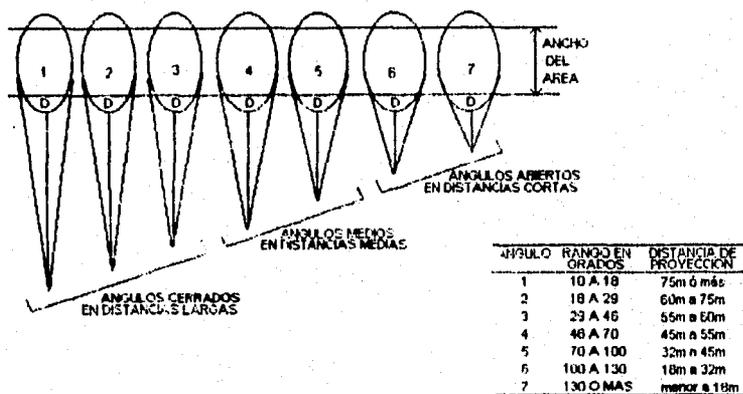


Fig. 1-10. Clasificación NEMA del ángulo de campo de acuerdo a su distancia de proyección.

Cuando el flujo del haz de luz es asimétrico, éste puede designarse de acuerdo a su esparción horizontal y vertical, en ese mismo orden; esto es, que el flujo luminoso con una esparción horizontal de 75° (Tipo 5) y una esparción vertical de 35° (Tipo 3) nos pueden llevar a una designación Tipo 5 x 3 del flujo luminoso.

## CAPITULO II

# CONSIDERACIONES ECONOMICAS PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION

## **CAPITULO II CONSIDERACIONES ECONOMICAS PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION**

### **POTENCIA Y ENERGIA**

La energía conforma un factor importantísimo dentro de la iluminación; el reto del ahorro de la energía es un objetivo imprescindible para lograr el diseño de un proyecto de iluminación, de tal forma que éste no estaría completo sino ha sido sujeto a una cuidadosa evaluación de su empleo de energía y eficiencia en el sistema eléctrico

Existen deportes que implican un nivel crítico de visión, debido a la velocidad del movimiento del objeto de juego, como lo es el beisbol o el pock del hockey sobre hielo, estos deportes requieren, por tanto, altos niveles de iluminación, en el rango de 300 a 1500 luxes (30 a 150 ft-cd). Pero este hecho no nos forza a un derroche de energía, sin embargo, para evitar ésta debemos tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- a) El sistema de iluminación está en operación cuando no es necesario.
- b) El diseño del sistema es ineficiente o de poca calidad.
- c) El flujo luminoso es inadecuado para el desarrollo de alguna actividad.
- d) El nivel de iluminación excede de lo necesario.

Todo esto nos lleva a pérdidas directas en el costo del consumo de energía eléctrica, que es resultado de un ineficiente control. Cada una de ellas puede evaluarse en forma cuantitativa en costo de kW/hr, cuando se compara la eficiencia de algún diseño semejante.

La iluminación requiere alta densidad de energía (Watts por unidad de área) y alta demanda de energía (kWatts), además facilidad de alto consumo de energía (kW/Hr). Es notable que la potencia es mayormente consumida solamente cuando el sistema comienza a operar. Para facilitar deportes mayores, la iluminación puede ser requerida con mayor demanda de potencia en cortos períodos de tiempo.

Por ejemplo, un estadio de beisbol de las grandes ligas puede ser iluminado con 700 luminarios equipados con 1.5 kW en lámparas de aditivos metálicos. La demanda de potencia es aproximadamente de 1130 kW. Si la cédula de operación del estadio es de 40 juegos nocturnos anualmente, con un promedio de 5 Hr/juego, el consumo anual de energía puede estar en el rango de  $1130 \times 40 \times 5 = 226,000$  kWh.

En comparación, en un parque municipal que consta de 4 campos y que está iluminado con 240 luminarios equipados con 1 kW en lámparas HID, la demanda de potencia es sólo de 260 kW. Para una cédula de operación de 200 juegos nocturnos con un promedio de 5 Hr/juego, resulta que anualmente el consumo de energía está dado por  $260 \times 200 \times 5 = 260,000$  kWh.

## **CONTROL DE UN SISTEMA DE ILUMINACION**

El control se refiere a la habilidad de gobernar un sistema de iluminación convenientemente. Además, éste es el factor más importante en el consumo de energía, por lo que es necesario desarrollar un cuidadoso análisis de los sistemas de control a nivel Ingeniería.

Existen tres tipos de control: el control manual, el control automático y el control semiautomático.

### **Control Manual**

Se caracteriza porque la mayor parte de la iluminación en las áreas de trabajo se controla manualmente, para esto se pueden tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cada área deberá tener su propio control.
- En grandes espacios abiertos, las áreas de trabajo deberán agruparse y controlarse independientemente.
- Cuando se utilizan luminarios de una a dos lámparas, los luminarios adyacentes se deben conectar en circuitos alternos.
- Cuando se utilicen tres lámparas por luminario, la lámpara central - debe conectarse a un circuito separado al de las lámparas exteriores.
- Cuando se utilizan luminarios de cuatro lámparas, el par interior debe conectarse a un circuito separado del de las lámparas exteriores.
- Las áreas de trabajo que requieren alto niveles de iluminación deben conectarse en circuitos independientes.

## **Control Automático**

En muchas ocasiones el operador tiende a acumular fallas en el mando de los controles del sistema, esto repercute directamente en el costo del consumo de la energía, de ahí que el uso del control automático puede dar solución a muchos de los problemas en el empleo de la energía. Para su aplicación se utilizan diversos dispositivos automáticos:

- Interruptores de tiempo
- Relojes
- Relevadores
- Detectores de presencia
- Equipo de cómputo
- Fotosensores

El equipo de cómputo, cada vez nos proporciona más ventajas con respecto al control de la iluminación. Con su utilización se pueden controlar grandes sistemas de iluminación, como puede ser el de un estadio o una arena, respondiendo a una amplia variedad de localización de lugares en los que se desempeñen actividades, además de que pueden controlar otras funciones del sistema eléctrico en general; por mencionar algún ejemplo la calefacción, elevadores, aire acondicionado, circuito cerrado de video, etc.

## **Control Semiautomático**

Este tipo de control es una mezcla de los dos puntos anteriores, puesto que en algunas ocasiones no podemos prescindir de la mano de obra del operador. Dando de esta forma algunas ventajas más, de acuerdo a las necesidades del sistema, que es el punto del cual depende una operación eficaz, y así reducir al mínimo los costos de operación.

Existen algunos otros aspectos relacionados al control del sistema de iluminación, los cuales se analizan en los siguientes puntos:

**Atenuación de la luz.** La utilidad de un sistema de iluminación puede ser aumentada instalando atenuadores de luz en aquellas áreas donde se requiere variedad en los niveles de iluminación, de acuerdo a la actividad.

**Reducción del voltaje de operación.** Las lámparas fluorescentes pueden ser operadas a voltaje reducido con el uso del equipo y circuitos adecuados, logrando un considerable ahorro de energía.

**Apagado y encendido del equipo fluorescente.** No existe situación alguna donde el apagado y el encendido de lámparas fluorescentes tenga efectos económicos negativos. Una lámpara fluorescente pierde pocos minutos de vida por cada ciclo de apagado y encendido; por lo regular al apagar las lámparas

fluorescentes sirve para aumentar la vida útil de la lámpara, debido a que el tiempo en que ésta permanece apagada excede en tiempo a la reducción de vida útil por el efecto de apagarlas y reencenderlas.

**Apagado de las lámparas HID.** La iluminación por medio de lámparas HID requiere de varios minutos para su reencendido después de su desconexión. Debido a que el tiempo de reencendido de estas lámparas es de por lo menos cinco minutos se limitan los ciclos de apagado y encendido, las situaciones de tales tiempos pueden ser toleradas. Por esta razón hay pocos beneficios en el apagado y reencendido de los sistemas con lámparas HID.

## **EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE ILUMINACION**

La mayor eficiencia de un sistema de iluminación se logra como resultado de la adecuada combinación del rendimiento de los luminarios y del acondicionamiento del medio ambiente. De esta manera, para una mejor comprensión y saber que criterio aplicar para lograr esto podemos mencionar las siguientes consideraciones.

- En la mayor parte de los diseños de iluminación de áreas interiores se continúan utilizando lámparas fluorescentes; sin embargo, últimamente se ha optado por utilizar lámparas HID debido a su rendimiento. Los diseñadores deberán seleccionar las fuentes más eficaces que satisfagan las necesidades de la superficie a iluminar. Para ello, es necesario que conozcan las características fotométricas de cada lámpara, así como de cada luminario.

- La selección de las lámparas depende de las necesidades del rendimiento del color, el tiempo de encendido y de la distribución deseada (curvas NEMA).

Además, cabe mencionar que la eficacia (lúmenes/watt) es diferente para cada grupo de lámparas, y mientras la lámpara sea de mayor potencia, por lo general será mas eficaz.

Actualmente, es factible encontrar en el mercado lámparas ahorradoras de energía, mucho más eficaces y eficientes que consumen menor cantidad de watts

proporcionando mayor o igual cantidad de lúmenes. Su uso es por demás recomendable, ya que implican una gran cantidad de ahorro en el costo que supone su adquisición y en el costo que implica su operación.

- Tan importante es establecer las especificaciones de un sistema de iluminación, como lo es el establecer un lugar de trabajo o de actividades confortable; esto se logra con la utilización de buena reflectancia en techo y paredes, con lo que respecta al piso, se debe ajustar de acuerdo a los requerimientos y facilidades del deporte que se vaya a practicar.

- Existe un amplia gama en diseños de balastos, el perfeccionamiento en sus diseños da como resultado pocas pérdidas en el núcleo y los devanados, lo cual redundará en una vida mayor debido a su operación a menor temperatura. Comúnmente una reducción de 10°C en la temperatura del balastro ocasiona un aumento al doble de la vida esperada.

Los avances en la tecnología de estado sólido han dado como resultado el desarrollo de balastos electrónicos para lámparas fluorescentes y de HID, estos dispositivos reducen las pérdidas al eliminar el núcleo y los devanados ofreciendo una gran flexibilidad para el control, incluso una aplicación importante se da en el caso de los sistemas auxiliares de iluminación, para casos de emergencia.

- La iluminación con luz natural puede ser un factor importante en el ahorro de energía. A su vez, esto depende de distintas variables como es la

disponibilidad de luz natural, la orientación de las instalaciones, horario de labores, tamaño y localización de las ventanas, dependiendo de las facilidades, niveles de iluminación requeridos, y de la utilización de controles de iluminación; pero tomando en cuenta que no debe alterarse el desarrollo del juego.

- El uso de reflectores en acabado de espejo implica una reducción significativa en el consumo de energía eléctrica, ya que aumenta la eficiencia del luminario al tenerse un máximo aprovechamiento de la emisión de luz, y por consiguiente podemos disminuir la cantidad de luminarios utilizados, con el consecuente ahorro de energía eléctrica.

# CAPITULO III

## CLASE DE JUEGO Y FACILIDADES

## **CAPITULO III**

### **CLASE DE JUEGO Y FACILIDADES**

#### **GENERALIDADES**

La tradicional clasificación de deportes es amateur y profesional. Las prácticas modernas permiten tanto a amateurs, como profesionales a competir en los mismos eventos; como puede ser el golf o el tenis. Además, algunos deportes amateur, como el basquetbol y el futbol, son jugados al mismo nivel y con las mismas facilidades que los profesionales.

En general, el nivel de práctica de un juego se eleva y, los jugadores y espectadores requieren una mayor iluminación del ambiente. Una correlación que existe entre la medida de una facilidad y el nivel de juego, es que el número de espectadores está directamente relacionado con el juego. De acuerdo con las facilidades hechas en el diseño, se satisface un mejor nivel de práctica y será más grande la capacidad de espectadores.

Para determinar los criterios de iluminación, facilitamos estos grupos en cuatro clases:

**Clase I.- Para competencias de juegos de gran capacidad, arenas y estadios de hasta 200,000 espectadores.**

**Clase II.- Para competencias con capacidad menor de 5,000 espectadores.**

**Clase III.- Para competencias con un número poco considerable de espectadores.**

**Clase IV.- Para juegos sociales y recreativos con una secundaria consideración de espectadores.**

Por supuesto que se aplican diferentes criterios de iluminación para distintos niveles del juego (ver fig. 3-1).

Facilidad	Clase			
	I	II	III	IV
Internacional	X	X		
Nacional	X	X		
Profesional	X	X		
Entrenamiento	X	X		
Semiprofesional	X	X		
Clubs deportivos	X	X		
Ligas amateurs		X	X	
Eventos recreativos				X
Eventos sociales				X

**Fig. 3-1 Clases de Juego y Facilidades.**

## **TIPOS DE DEPORTES**

Basado en los requerimientos de iluminación, los deportes pueden ser divididos en dos grupos: deportes aéreos y deportes a nivel de tierra; con estos dos grupos se puede dividir en deportes unidireccionales y multidireccionales.

### **Deportes Aéreos.**

Los deportes aéreos envuelven en el juego un objeto (usualmente una pelota) en el aire, o bien en la tierra.

**Deportes aéreos multidireccionales.-** Los jugadores y espectadores ven el objeto en juego desde múltiples posiciones y diversos ángulos de visión. Para deportes aéreos, la iluminación vertical sobre el terreno de juego es más crítica que la iluminación horizontal a nivel de tierra. Es importante para el control de iluminación directa de los luminarios y el sentido donde es más frecuente la dirección de vista para los jugadores vista para los jugadores y espectadores.

Entre los típicos deportes aéreos multidireccionales podemos mencionar el basketbol, futbol, beisbol, badminton, squash, volibol, etc.

**Deportes aéreos unidireccionales.-** El objeto del juego es visto desde una posición fija en la tierra. Es requerida generalmente la iluminación horizontal al comienzo, y la iluminación vertical al término. Esto es normalmente hecho para apuntar algunos luminarios hacia abajo en el comienzo, y en los mayores ángulos en dirección al final.

Entre los deportes aéreos unidireccionales mencionamos el golf, el tiro y el salto en ski, entre otros.

### **Deportes a Nivel de Tierra.**

Estos deportes son jugados en la tierra o a poco menos de un pie de distancia. Los jugadores y espectadores en el transcurso normal del juego es poco común que miren hacia arriba.

**Deportes a nivel de tierra multidireccionales.-** Los jugadores y espectadores ven el objeto de juego desde múltiples posiciones, normalmente miran hacia abajo u horizontalmente, aunque ocasionalmente hacia arriba. Estos deportes requieren una buena distribución horizontal de iluminación, aunque la iluminación vertical también debe ser considerada.

Podemos mencionar como ejemplo de este tipo de deportes al boxeo, hockey sobre pasto, hockey sobre hielo, patinaje, natación, lucha libre, etc.

**Deportes a nivel de tierra unidireccionales.-** El objeto está apuntando en una posición fija, usualmente en un plano vertical a nivel de tierra. Para estos deportes, la iluminación vertical es crítica en el plano vertical. Esto es normalmente perfecto para la posición de los luminarios en dirección al plano.

Ejemplo típico de este tipo de deportes es el boliche, arco, tiro con pistola.

## **CALIDAD Y CANTIDAD DE ILUMINACION**

**La finalidad de la iluminación deportiva, es la de proveer una apropiada iluminación en el medio, controlando la brillantez del objeto, que puede aparecer claro y de difícil vista para los jugadores, espectadores o televidentes. Para conseguir esta finalidad, deben ser considerados los factores cualitativos y cuantitativos de iluminación.**

### **Factores Cualitativos de Iluminación.**

**La iluminación más satisfactoria es requerida por los jugadores y espectadores, o bien para las cámaras de TV. Estos requerimientos deben ser bien ubicados desde el principio del proceso de diseño, aunque frecuentemente puede exceder el nivel de iluminación necesario para el deporte. Los siguientes factores afectan los niveles de iluminación para todos los deportes, y están determinados por:**

**Velocidad del deporte.-** La tarea visual en la práctica de un deporte tiene que estar comprendida para un rango amplio de velocidad, considerando diversos brillos y colores de fondo.

**Nivel de juego.-** A medida que aumenta el nivel de juego, puede aumentar la velocidad del objeto de juego, y la importancia en la precisión, pues jugar a nivel profesional requiere mayor nivel de iluminación que en una práctica recreativa.

**Edad de los jugadores.-** Está reconocido que mientras mayor edad tengan los jugadores, requieren mayor iluminación; además son menos tolerantes al brillo en comparación con los jugadores más jóvenes.

**Capacidad de espectadores.-** Existe un aumento en la demanda de iluminación para compensarlo con la distancia. Para estadios, la iluminación está determinada por la visión requerida por los espectadores que están -- sentados más lejos del área de juego.

**Transmisión por TV.-** La iluminación requerida para cámaras de TV y película fotográfica depende de la agudeza de sus medios fotosensitivos, -- apertura del diafragma y de la profundidad de campo. La utilización de -- cámaras de TV y teleobjetivo extendido puede requerir hasta dos veces cantidad de iluminación de la recomendada, que para un teleobjetivo regular. Los criterios de iluminación para la transmisión por TV de un deporte son mucho más complicados que el criterio de juego estando en el mismo lugar. Detalles de información en criterios de iluminación están contenidos en -- publicaciones del IESNA.

## **Brillo.**

El brillo es particularmente importante en la iluminación deportiva y de recreación, ya que éste puede hacer que se dificulte la visibilidad, y por tanto, reducir el nivel y calidad de juego; y no puede ser confortable para jugadores y espectadores.

El brillo se clasifica de dos formas: brillo deshabilitador y brillo incómodo. El brillo puede ser causado directamente por el luminario (brillo directo) o por algún reflejo (brillo reflejado).

**Brillo Directo.** Los métodos actuales para eliminar la deshabilitación e incomodidad en el brillo para la iluminación deportiva, son inadecuados, porque dependen de un gran número de posiciones para lograr una mejor visión, además dependen también del tipo de deporte. La Comisión Internacional Iluminación (CIE) está trabajando comúnmente en un sistema para eliminar el brillo directo en los deportes. Por ejemplo, los luminarios no pueden estar localizados directamente sobre la canasta para el caso del basketbol, porque los jugadores pueden perder visión hacia la misma. Es estas instancias donde el brillo no puede ser evitado con la posición de los luminarios, consideración que debe ser dada por el tipo de lámpara y el uso de control de brillo planteado en los luminarios para reducir el deslumbramiento.

**Brillo Reflejado.** Para reducir el reflejo del brillo se utiliza alguna superficie en el campo de juego que tenga baja reflectancia, preferentemente de acabados en mate.

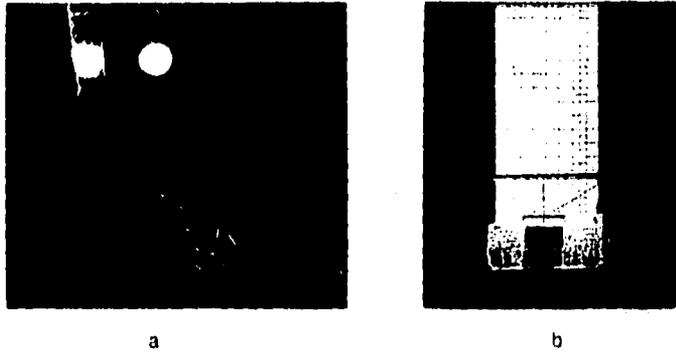


Fig. 3-2 El brillo directo se puede dar por la mala distribución de los luminarios (a), o bien por el brillo provocada por alguna ventana (b).

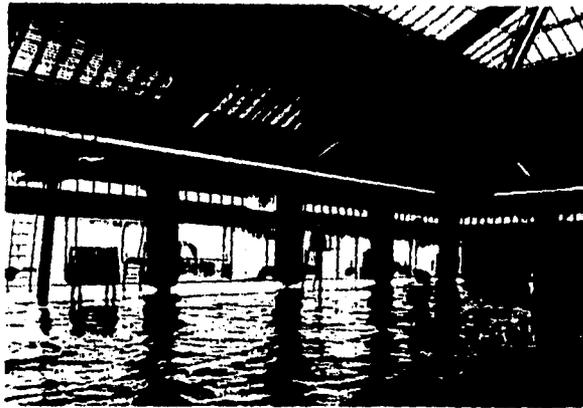


Fig. 3-3 El brillo reflejado es muy común para el caso de la iluminación de albercas.

### **Contraste.**

Contraste es la relación entre la iluminación del objeto de juego y el fondo inmediato de vista. Es esencial tener un contraste para poder ver. Por ejemplo, es difícil detectar el movimiento rápido de una pelota blanca de beisbol con un fondo blanco, o bien durante el verano cuando los espectadores visten en su mayoría el color blanco. Se puede pensar en todo caso usar un fondo negro para contraste, pero esto no es estético. Se trata de ajustar una armonía en la combinación del color, como un fondo verde oscuro.

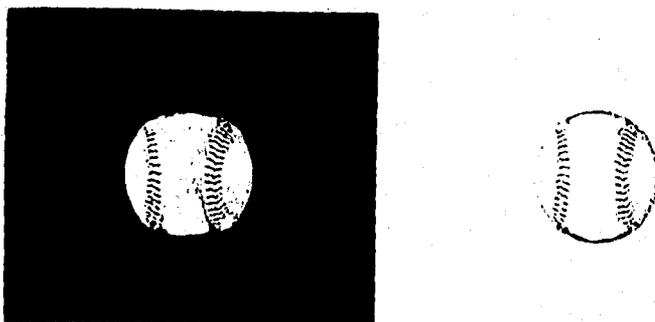


Fig. 3-4 El contraste forma un papel muy importante en la visibilidad, sobre todo cuando se desarrolla en el deporte una gran velocidad, se recomienda tener cuidado en la selección del fondo, pero sin descuidar la estética.

### **Modelaje.**

Modelaje es la capacidad del sistema de iluminación para revelar una forma tridimensional de algún objeto u objetos, ya sea una bola, un blanco e incluso algún jugador.

Con la atención al modelaje, la iluminación puede ser descrita en un plano o dirección. Una efectiva iluminación en los deportes depende en gran parte del modelaje. Esto es especialmente importante para una alta calidad en la transmisión televisiva. Y es requerida la iluminación desde dos o más direcciones para eliminar la profundidad de las sombras y separar el blanco visual, como lo es una bola en el terreno de juego.

### **Centelleo.**

Los lúmenes de salida de una lámpara varían de acuerdo a la frecuencia de 50 ó 60 Hz en el circuito; la luz varía de 100 a 120 veces por segundo, respectivamente. El ciclo de variación de luz es llamado centelleo, y puede ser causado por un efecto estroboscópico. Las lámparas incandescentes producen el menor centelleo, desde que el filamento retiene el calor durante la variación del ciclo común. Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen el mayor centelleo.

Iluminando un plano con lámparas controladas por balastras, la cual cambia de la lámpara común, minimizará el centelleo. Los luminarios conectados en diferentes fases de una línea trifásica pueden minimizar el centelleo. Las lámparas de aditivos metálicos tienen el menor centelleo y pueden ser usadas en sistemas de una sola fase (monofásicos).

### **Derrame de Luz.**

El derrame de luz a veces se refiere a la "luz traspasada", es luz resplandeciente que traspasa más allá del área para facilidad del deporte y que puede molestar a los ocupantes de la propiedad adyacente. Porque el derrame de luz crea frecuentemente descensos políticos, muchas jurisdicciones han efectuado reglamentos para limitarlo.

El derrame de luz puede ser controlado por el siguiente número de consideraciones para el diseño:

1. Seleccionar luminarios con una distribución de intensidad, de tal manera que no ilumine áreas fuera de las necesarias.
2. Utilizar luminarios especiales, donde el brillo directo no sea un problema y los montajes altos de los luminarios tengan un ángulo cerrado de dirección.

Una combinación de los factores de diseño puede ser evaluada en el orden para efectuar soluciones óptimas.

### **Control Luminoso.**

El proyecto para el control del brillo y derrame de luz, incluye visores, tejados para la lluvia, lámparas y una protección especial para las mismas. Esto es considerado durante el diseño, porque algunas veces no puede ser rectificado después de iniciar la instalación. El uso de cada proyecto de control reducirá la eficiencia de los luminarios. El diseño para la iluminación idónea puede minimizar el uso para la selección de luminarios que proporcionan el control adecuado del rayo de luz.

## **Factores Cuantitativos de Iluminación.**

**La Iluminación Horizontal.-** La iluminación horizontal está especificada normalmente para deportes donde el blanco principal de iluminación está ubicado a nivel de tierra 0 a 1 m. de altura. Además, debería notarse que para la mayoría de deportes aéreos, la actividad es practicada y vista en el aire, más que sobre el terreno de juego. Por lo tanto, la iluminación debería estar considerada de principal importancia. Sin embargo, la iluminación horizontal se utiliza en cálculos de diseño por dos razones:

- Los valores de iluminación horizontal son menos complicados y de menor tiempo para su cómputo, y mayor facilidad para medición en el campo.
- Los valores de iluminación vertical aceptables cuando los de iluminación horizontal se encuentran dentro de los criterios y factores de diseño recomendados, como lo es la altura de montaje, direccionamiento y esparción de luz.

**La Iluminación Vertical.**- Los factores considerados para determinar la iluminación del blanco especificado por el tipo de deporte son:

- **Dirección de observación.**- Hay un número infinito de planos verticales desde la perspectiva de los jugadores, espectadores o cámaras de TV. Generalmente, los planos normales a las cuatro direcciones principales del campo de juego están considerados adecuadamente para el cálculo. Los puntos de iluminación vertical dados en el espacio desde diferentes direcciones no son aditivos. Entonces la iluminación vertical debe incidir en los diferentes planos de observación para ser efectiva.
  
- **Elevación.**- Las elevaciones varían de acuerdo con el deporte y el nivel de juego, por esto el diseño de la iluminación y facilidad para el deporte considerando exteriores e interiores. Por ejemplo, el beisbol de grandes ligas requiere alto grado de iluminación vertical, hasta 45 m por encima del nivel de tierra, mientras que la altura necesaria para el basketbol es sólo alrededor de 8 m.
  
- **Relaciones de Iluminación.**- Para deportes multidireccionales, la razón de iluminación a nivel de tierra es también importante y debería ser menos de 3:1 entre la iluminación vertical en las cuatro direcciones de observación principales.
  
- **Iluminación Inicial.**- La iluminación inicial es calculada o medida en instalaciones nuevas cuando las lámparas han operado un mínimo de 100 hrs.

- **Iluminación mantenida.**- La iluminación mantenida es el punto promedio de iluminación de un área, después de un período de tiempo específico. Basado en la designación de un plan de mantenimiento, utilizando pérdida de luz conocida y factores de campo; una aproximación cercana del valor real mantenido puede ser calculada.

- **Iluminación objetivo.**- La iluminación objetivo es el valor utilizado para cálculos durante el diseño de un sistema, para determinar si éste se encuentra en un estándar de desempeño deseado. Este valor puede ser el de iluminación inicial, pero frecuentemente un valor inicial está reducido por un porcentaje designado para aproximar valores mantenidos. Las mediciones de campo iniciales resultantes del sistema serán corregidas, entonces por esta reducción se puede evaluar si los criterios de diseño han sido llevados a cabo. La iluminación objetivo para varios deportes recomendada en esta sección están basados en un 70% de vida útil. Si el diseñador escoge para utilizar los mismos lúmenes de una lámpara como una base para cálculos de diseño, la iluminación debería ser modificada en conformidad.

## **UNIFORMIDAD (en el plano horizontal)**

La uniformidad es una medida de relaciones de iluminación sobre un área. Es particularmente importante para deportes de alta velocidad o en un campo largo de juego, como lo puede ser el futbol soccer, americano o el tenis, entre otros. Una pobre uniformidad puede distorsionar la percepción visual, tanto en velocidad, como en posición; así el desempeño de un jugador es afectado.

Existen varios métodos para expresar la uniformidad:

- Coeficiente de variación (CV)
- Razón de iluminancia máxima a mínima (M/M)
- Gradiente de uniformidad (UG)
- Razón de iluminancia de máximo a promedio
- Razón de iluminancia de mínimo a promedio
- Razón de iluminancia de mínimo al objetivo

Los primeros tres métodos son los más útiles para expresar la calidad de uniformidad. Uno o más de estos métodos puede ser utilizado para evaluar una instalación, pero no todos son requeridos para los deportes.

**Coefficiente de Variación (CV).** Este método es una medida del promedio mas importante de todos los valores relevantes de iluminancia, y es comúnmente utilizado en estadística, donde la varianza de un conjunto de valores está calculado como la razón de desviación estándar de todos los valores a la media  $\bar{x}$ .

Tenemos:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

donde:  $x_i$  es la iluminancia en el punto  $i$   
 $n$  es el número de puntos medidos  
 $\bar{x}$  es la iluminancia medida

entonces

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}}$$

Por regla, el valor de CV para clases I, II, III y IV no deben exceder de 0.15, 0.25, 0.30 y 0.35 respectivamente.

**Máximo a Mínimo (M/M).** La uniformidad  $U$  también puede estar definida en función de los extremos, esto es, el más alto y el más bajo valor medido o calculado.

$$U = \frac{E_{\max}}{E_{\min}}$$

La razón de uniformidad para clases I, II, III y IV no debe exceder de 2.0, 2.5, 3.5 y 5.0 respectivamente. Este límite necesita ser ajustado para algunos deportes de alta velocidad si el juego es televisado.

**Gradiente de Uniformidad (UG).** El gradiente de uniformidad es la razón de cambio de iluminación en el campo de juego. Es extremadamente importante para deportes de alta velocidad, porque los movimientos rápidos de un objeto pasan de la luz a un espacio oscuro y puede darse el caso de un diferente nivel de adaptación visual; el sistema visual responde lentamente a un bajo nivel de adaptación.

El UG está expresado como una razón entre la iluminación en puntos medidos adyacentes en un cuadrículado uniforme.

El límite superior recomendado de valores de UG varía de acuerdo a la velocidad del deporte y está mostrado en la figura 3-5.

Vel. del Deporte	Jugador	Espectador	Televisión
Rápido	1.5	1.5	1.5
Moderado	2.1	1.5	1.5
Lento	2.0	2.0	2.0

Fig. 3-5. Límite superior del gradiente de uniformidad, comparando dos áreas adyacentes. El correspondiente límite superior para el Gradiente de Uniformidad en posición diagonal puede ser 1.4 veces el valor dado si la superficie es cuadrada.

Para la mayoría de los deportes, el cuadrículado recomendado para medición de campo está bajo un patrón de cuadros como en la figura 3-6. Los valores de iluminación en los puntos del cuadrículado adyacentes pueden ser comparados a lo largo de las direcciones *X* y *Y* para determinar los valores de UG. Cuando se comparan valores de iluminación a lo largo de las direcciones diagonales, el criterio de UG deberá incrementar proporcionalmente.

Algunos campos deportivos tienen más de un diseño de iluminación; la transición entre el diseño de iluminación puede ser gradual. Por ejemplo, si en el cuadro en un campo de béisbol en un estadio está diseñado para 1500 luxes y los jardines para 1000 luxes, la iluminación en los puntos del cuadrículado de los jardines adyacentes al cuadro debe ser mayor de 1000 luxes, como 1250 luxes en un orden aceptable para lograr un UG dentro del rango recomendable para facilidad del deporte.

DEPORTE	AREA LIMITE DE JUEGO		AREA A ILUMINAR		CUADRICULADO	
	DIMENSIONES M	AREA M <sup>2</sup>	DIMENSIONES M	AREA PRIMARIA DE JUEGO M <sup>2</sup>	CANTIDAD	MEDIDA DEL CUADRICULADO M
Badminton	6 x 14	84	9 x 16	144	5	3 x 3
Beisbol Cuadro Jardines	27 x 27 M	729 M	45 x 45 M	2,025 M	8 M	9 x 9 9 x 9
Basketbol	15 x 27	405	22 x 32	704	12	5 x 5
Bolicho Linea Pines	2 x 21 2 x 1	42 2	IGUAL IGUAL	IGUAL IGUAL	3 2	2 x 3 1 x 1
Boxeo/ Lucha Libre	6 x 6	36	10 x 10	100	13	2 x 2
Futbol/ Americano	40 x 110	4,400	55 x 110	6,050	24	9 x 9
Futbol/ Soccer	60 x 100	6,000	64 x 100	6,400	25	9 x 9
Hockey sobre Hielo	25 x 60	1,500	27 x 64	1,728	20	5 x 5
Hockey sobre Pasto	55 x 90	4,950	64 x 100	6,400	25	9 x 9
Softbol Cuadro Jardines	20 x 20 M	400 M	36 x 36 M	1,296 M	5 M	9 x 9 9 x 9
Tenis	10 x 24	240	10 x 30	6,000	5	6 x 6 +
Voleibol	9 x 18	162	13 x 27	4,050	6	5 x 5

Fig. 3-6. Recomendación de dimensiones de mallas medidas en el campo de instalaciones típicas de Clase I y II.

\* Los campos de Beisbol y Softbol son en forma de rebanada de pay. Las áreas de los Jardines son derivadas del área total menos el área iluminada del cuadro.

† Los puntos de intersección de las líneas de base, centro de la cancha y líneas de servicio pueden ser utilizados como puntos de lectura.

# CAPITULO IV

## CONSIDERACIONES GENERALES PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION

## **CAPITULO IV CONSIDERACIONES GENERALES PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION**

### **CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA FACILIDAD DEL DEPORTE**

Los diseños de iluminación deportiva siguen los mismos principios y prácticas como el diseño de otros espacios.

A continuación se incluyen algunas consideraciones particularmente aplicables al diseño de la iluminación deportiva.

#### **Facilidades del Proyecto en General.**

La mayoría de los deportes, especialmente los interiores, están determinados para utilizarse en prácticas sociales, educativas, o bien, para funciones de entrenamiento. La iluminación por consiguiente, puede adaptarse para todas las funciones determinadas.

Las facilidades en general, se diseñan de acuerdo a la medida del área y a la capacidad de espectadores, pueden ser clasificados como cuartos de ejercicio, gimnasios, patios, arenas y estadios.

- 1. Cuartos de ejercicio.** Estos cuartos normalmente son pequeños, para ejercicios en general y calistenia, danza aeróbica, fisicoculturismo y máquinas de ejercicio. La iluminación general uniforme y difusa recomendada es de 300 luxes (30 ft-cd).
  
- 2. Gimnasios.** Los gimnasios son comúnmente parte de una escuela o de un club deportivo. Esto implica que para una selección de espacio para la iluminación que se desea, depende de la actividad que se realice, puesto que las aplicaciones de un gimnasio son múltiples. Las variaciones en general de la iluminación pueden ser desde un rango de 50 hasta 500 luxes (5 hasta 50 ft-cd).
  
- 3. Patios.** Los patios y gimnasios tienen usos en común, de cualquier modo, estos son generalmente largos y se utilizan en un gran rango de deportes, como es para pistas y eventos de campo. Los niveles de iluminación normalmente están entre 500 y 1000 luxes (50-100 ft-cd).
  
- 4. Arenas.** Las arenas son para múltiples actividades. Las áreas del piso de juego son generalmente de 50m ó más en cada dirección, con sus respectivos espacios para los asientos, para una capacidad de 1,000 a 20.000 espectadores. El sentido de la iluminación vertical y horizontal para arenas normalmente excede de los 1,000 luxes, considerando la gran gama de espectáculos.
  
- 5. Estadios.** Las facilidades para los estadios deben ser completamente accesibles, ya que puede haber capacidad hasta para 100,000 espectadores. Los diseños de iluminación son similares al de las arenas. Pueden ser usadas múltiples fuentes de luz, así como una adecuada distribución y control para proveer una iluminación satisfactoria a los jugadores, espectadores y hasta para las cámaras de TV.

## **CONSIDERACIONES EN LA SELECCION DE SISTEMAS DE ILUMINACION**

**Facilidades en Exteriores.** Un sistema directo de iluminación, es el único tipo de éste que puede ser utilizado para facilidades al aire libre. Cuando la facilidad contiene áreas techadas para asientos de los espectadores, la estructura del techo es normalmente utilizada como soporte para el sistema de iluminación; además la iluminación por debajo del área techada puede servir para suavizar el brillo de los luminarios.

La iluminación al aire libre es generalmente visible desde una distancia próxima a los límites del área de juego, que en ocasiones pueden ser largas, y están sujetas a las condiciones del medio ambiente (lluvia, neblina, etc.), entonces deben ser tomadas cuidadosamente las siguientes consideraciones:

- El derrame de luz en la propiedad adyacente
- Aumento de luz para el resplandor del cielo
- Durabilidad del equipo y cableado, evitando al máximo su exposición al medio ambiente

**Facilidades en Interiores.** Existe mayor número de aplicaciones en la selección de interiores. Un sistema puede ser de distribución indirecta, para facilitar múltiples y pequeñas prácticas; un sistema directo-indirecto puede ser utilizado en la práctica interior de tenis, por ejemplo; y por último un sistema directo para arenas y estadios techados, los cuales demandan un alto nivel de iluminación que puede no ser económicamente ejecutable para otros sistemas.

El diseño de sistemas de iluminación está siempre estructurado y limitado por el diseño arquitectónico, y en ocasiones puede complicarse la integración de ambos diseños. Por otro lado, el diseño debe incluir una coordinación con los acabados del interior (colores, reflectancias y texturas), luz del día (si se desea) y acústica. Para mayores facilidades, el mal uso de la luz sobre la superficie puede agravar la vista y aumentar el brillo directo.

## CONSIDERACIONES EN LA SELECCION DE LUMINARIOS

**Información Fotométrica.** La información técnica sobre un luminario siempre es importante, pues ilustra y especifica sus características ópticas de desempeño, tal como su intensidad de distribución (figura 1-9), la curva de isocandelas y la distribución de lúmenes del luminario (figura 4-1). Esta información proviene de los fabricantes.

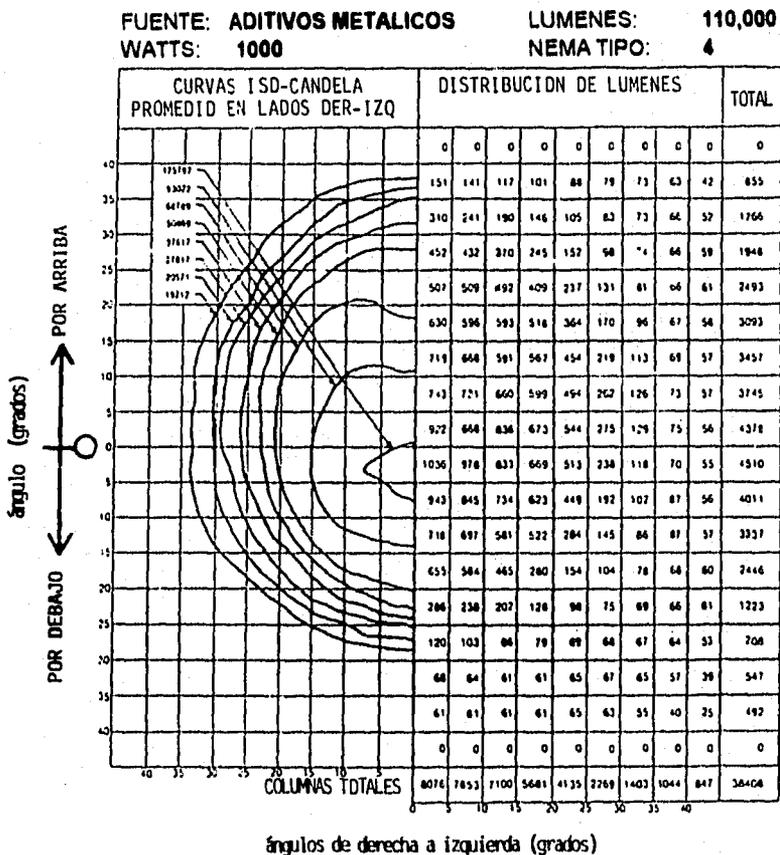


Fig. 4-1. Datos fotométricos de un luminario, indicando del lado izquierdo la curva de isocandela y del lado derecho la depreciación de lúmenes.

**Ángulos de Campo y Wattaje en Lámparas.** La selección de propagación de luz y los ángulos de campo están determinados por el diseño de iluminación en el campo de juego y por la distancia del flujo luminoso a su punto de direccionamiento sobre el terreno. La intensidad máxima del rayo luminoso no debe producir un nivel mayor de iluminación que el calculado en el diseño, puesto que la forma de distribución de los luminarios adyacentes tienden a extenderse y sobreponerse, aumentando más aun, el nivel de iluminación sobre la superficie. El wattaje de las lámparas y los lúmenes de salida están seleccionados de tal modo que el campo de juego puede ser iluminado uniformemente con el número mínimo de flujo luminoso. Es recomendable consultar información fotométrica y datos del fabricante para dicho efecto.

**Balastos.** Todos los luminarios de Alta Intensidad de Descarga (HID) y fuentes de luz fluorescentes requieren balastro, como ya se había mencionado anteriormente. Estos están diseñados para trabajar a su voltaje nominal; la tensión afecta directamente la salida del flujo luminoso, y así, el cableado del circuito debe estar diseñado para minimizar la caída de tensión, que está normalmente por debajo del 5% del voltaje del sistema.

**Estructuras.** La localización del balastro debe estar considerada en base a su integración al luminario, o bien montada remotamente al mismo. El tamaño y forma del luminario determina el área efectiva de proyección (AEP), la cual debe estar considerada cuando se define la resistencia mecánica de la estructura

necesaria para sostener los luminarios, considerando también la carga ejercida por el viento y otros factores ambientales para aplicaciones exteriores.

**Factor de Inclinación de la Lámpara.** Los lúmenes de salida de una lámpara son sensibles a la posición de operación de la lámpara. La menor salida proporcionada por una lámpara de aditivos metálicos es normalmente para una inclinación de 60-75° debajo de la vertical; esto es cuando el ángulo se cierra más por el movimiento horizontal que lo vertical. Es común que el factor de inclinación pueda ser obtenido por información del distribuidor o fabricantes.

## **CONSIDERACIONES EN LA SELECCION DE FUENTES DE ILUMINACION**

La selección de fuentes de luz (lámparas) van de la mano con la selección de luminarios. Las lámparas de aditivos metálicos son utilizadas para la mayoría de los deportes. Las lámparas incandescentes son utilizadas para deportes que requieren baja iluminación inicial, o para facilidades con un determinado límite de uso anual. Las lámparas fluorescentes son utilizadas normalmente para interiores, o bien en donde se requiera un luminario a menos de 20ft de distancia del área a iluminar. Las lámparas de vapor de sodio a alta presión son utilizadas en aplicaciones donde el rendimiento del color es menos crítico, donde el sistema de energía es trifásico, y cuando al menos dos proyectores puedan estar apuntando en la misma dirección con luminarios operando en diferentes fases.

Las consideraciones pueden estar dadas por los factores que se enumeran a continuación:

1. Los métodos para minimizar el centelleo de las fuentes de luz de HID.
2. El efecto del ruido producido por el balastro, especialmente para facilidades en interiores.
3. El efecto de la temperatura ambiental en el desempeño de las lámparas, en los lúmenes de salida y en las características de encendido.
4. Las horas de operación anuales estimadas, que pueden influenciar sobre la economía en la selección de la lámpara.
5. Las características de encendido y reencendido de una - - lámpara (para aplicaciones donde se da con frecuencia este tipo de uso; las lámparas de HID deben ser evitadas).
6. El efecto de distorsión del color (algunas lámparas tienden a distorsionar el color a través de su vida útil, el voltaje de entrada puede distorsionar también el color. Regulando la tensión se puede minimizar esta falla).

# CAPITULO V

## CALCULOS PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION

## **CAPITULO V CALCULOS PARA UN PROYECTO DE ILUMINACION**

### **CALCULOS DE ILUMINACION**

Para el caso de los cálculos de iluminación deportiva son necesarios algunos métodos y algoritmos específicos. Los siguientes factores nos dan a conocer como diseñar la iluminación deportiva.

#### **Area de Juego.**

Aunque cada deporte tiene un límite bien definido en sus dimensiones, algunos de éstos requieren un área adicional más allá del límite establecido para poder ser practicado. Puede ser el beisbol el deporte que requiere mayor área de juego por fuera del área definida. Otros deportes como el badmington, el futbol, el tenis y el volibol, por mencionar algunos ejemplos que también requieren de algún área adicional para permitir el desarrollo del juego. Para propósitos del diseño de iluminación, el campo de juego puede ser dividido en tres áreas.

1. *Area límite de juego (ALJ)*. Es el área descrita dentro del campo de juego. También se le puede llamar área límite de la cancha.
  
2. *Area primaria de juego (APJ)*. Es la extensión del área más allá del área límite de juego, en donde se debe mantener el mismo nivel de iluminación. Por ejemplo, en el beisbol la zona de *foul* debe ser considerada como APJ. Esta se extiende un mínimo de 9 m detrás del *home* hasta el fin del cuadro, disminuyendo gradualmente hasta cerca de los 3 m al fondo del extremo más lejano de los *jardines*. Las dimensiones mínimas recomendadas del APJ para algún deporte en especial puede verse en la figura 5-1.
  
3. *Area secundaria de juego (ASJ)*. Es el área comprendida entre el APJ y una barrera física, tal como una cerca o un graderío. Por ejemplo, el área límite en una cancha de tenis es de 24x11 m, teniendo un área de 264 m<sup>2</sup>. El APJ de una cancha de tenis es definida por la Federación correspondiente, extendiéndose 6m a los costados y 3 m por detrás de las líneas de base, dándonos en consecuencia un área de 364 m<sup>2</sup> (utilizando para cálculos un valor aproximado de 360 m<sup>2</sup>). La iluminación para el ASJ puede no ser menor del 50% del APJ, esto implica de algún modo la utilización del Gradiente de Uniformidad (UG), el cual se analizó previamente en la página 61.

Deporte	Distancia (m)	Deporte	Distancia (m)
Beisbol Cuadro Jardines	9 3 a 9	Jai-Aiai	- - -
Basketbol	3 a 5	Natación	- - -
Badminton	2 a 3	Pista y Campo	2 a 3
Boxeo	2	Softbol Cuadro Jardines	6 3 a 6
Fútbol Americano Soccer	3 a 5	Voleibol	3 a 6
Hockey sobre pasto	- - -	Tenis	2 a 4

Fig. 5-1. Area Primaria de Juego para Clases I y II, y facilidades para deportes que requieren igual iluminación en el ífalte de la cancha.

## **PROCEDIMIENTO DE CALCULOS**

El siguiente procedimiento es aplicable al diseño de iluminación deportiva utilizando los cálculos del método de punto por punto con distribución directa de luminarios.

- a) Basándose en el tipo de deporte, nivel de juego, clase y facilidades, -- transmisión televisiva y requerimientos estructurales en la arquitectura; se determinarán los criterios de iluminación, considerando el nivel de iluminación, uniformidad y coeficientes de variación.
- b) Hacer una selección preliminar de fuentes de luz y luminarios basados en su respectiva información fotométrica, los lúmenes de salida, ángulo de incidencia, candelas y distribución de lúmenes, rendimiento de color y vida de la lámpara.
- c) Utilizar el Método de Lumen Modificado para determinar el número aproximado de luminarios, con una o más selección de los mismos. Los incisos c) al g) pueden pasarse por alto, siempre y cuando el diseñador tenga experiencia en los cálculos de iluminación.
- d) Asignar ubicación de alturas de montaje de los luminarios, basándose en los lineamientos generales previamente definidos para el diseño.
- e) Determinar un patrón en el número de áreas del cuadrículado, para el cual, el valor del nivel de iluminación debe ser calculado (ver figura 3-6, página 63).

- f) Confirmar la selección de esparcimiento de luz y direccionamiento por cálculos manuales apuntando en algunos puntos del cuadrículado.**
- g) Determinar las pérdidas de luz y los factores de campo que van a ser utilizados.**
- h) Existen programas de cómputo que pueden utilizarse para el cálculo de los valores de iluminación, rangos de uniformidad, coeficientes de variación y el direccionamiento recomendado de los puntos del cuadrículado.**
- i) Se puede repetir el proceso variando el número de luminarios, localización, altura de montaje y direccionamiento, hasta que se obtenga el nivel de iluminación deseado en cada punto del cuadrículado, y se reúnan los criterios del diseño de iluminación, uniformidad y otros factores de calidad.**

## METODO DE LUMEN MODIFICADO

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Aunque el método de Lumen es ya conocido para cálculos de iluminación, es aplicable en un principio para determinar el promedio de iluminancia en diseños de iluminación deportiva, esto es un tanto difícil para determinar el coeficiente de utilización (CU) cuando muchos de los proyectores están apuntados más allá de la línea límite del campo para iluminancia vertical y la uniformidad.

La figura 5-2 ilustra esta condición en diseños de iluminación deportiva.

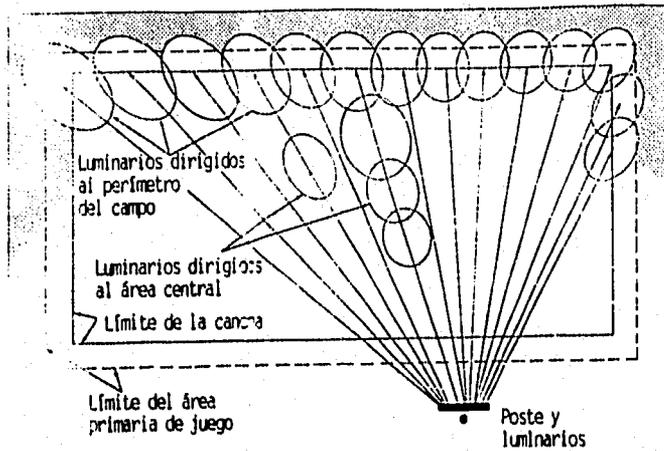


Fig. 5-2. Efectos de la dirección del flujo luminoso para determinación del Coeficiente de Utilización CU para un diseño de iluminación deportiva.

Introducido aquí es un método de Lumen Modificado, el cual es muy simple para uso de la evaluación preliminar de luminarios y localización para la selección prioritaria de montajes, y para el uso de una mayor exactitud en el método de Puntos con cálculos detallados. El método de Lumen Modificado es aplicable para todos los campos de juego rectangulares, con un flujo luminoso instalado a lo largo de las dimensiones de la cancha. La fórmula para calcular el porcentaje de iluminación horizontal en la cancha de juego es:

$$E = \frac{N \times \phi \times PCU \times AAF \times LLF}{A}$$

**Donde:**

**E** es la iluminancia en lx o ft-cd  
**N** es el núm. de luminarios  
 **$\phi$**  son los lúmenes del luminario  
**PCU** es el coef. preliminar de utilización  
**AAF** es la aplicación del factor de corrección  
**LLF** es el factor de pérdidas de luz  
**A** es el área en m<sup>2</sup> ó ft<sup>2</sup>

### Coefficiente Preliminar de Utilización (PCU).

Es definido como la relación de los lúmenes del haz que caen dentro del área a iluminar al total de lúmenes de lámpara de cada proyector. Esto asume que todo derrame de luz será pérdida, ya sea cerca o lejos de los lados de la cancha, y no hay derrame de luz a lo largo de la longitud de la cancha. El ángulo vertical cubierto por cada flujo luminoso es MFN como en la figura 5-3, con la emisión central en el punto P, el cual bisecta con MFN. El flujo de luz (lúmenes) incluido dentro del MFN es determinado desde los datos fotométricos en la selección de luminarios figura 4-1, página 69.

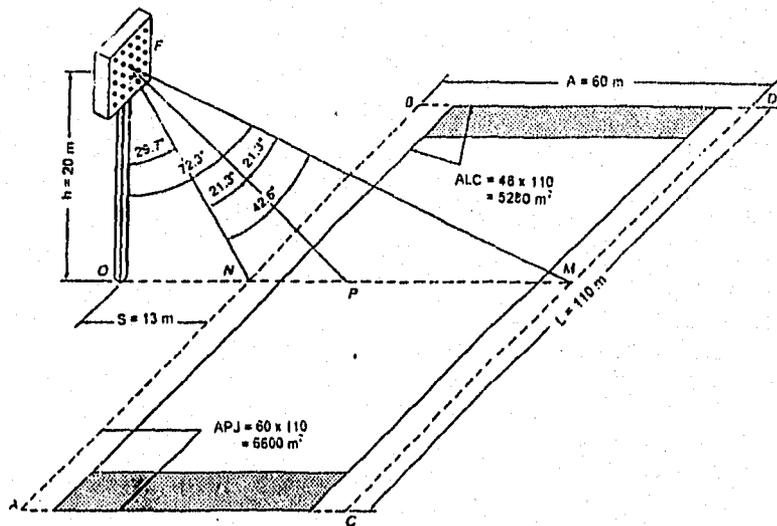


Fig. 5-3. Ejemplo típico de aplicación del flujo luminoso en un campo de Fútbol Americano.

Basado en el acumulación de lúmenes figura 5-4, una curva PCU es entonces trazado, como se muestra en la figura 5-5.

	INTERVALO DE GRADOS	LUMENES EN UN LADO	LUMENES EN AMBOS LADOS	ACUMULACION DE LUMENES	X LUMENES POR LAMPARA
POR DEBAJO	35-40	855	1710	42468	38.6
	30-35	1266	2532	40750	37.1
	25-30	1940	3880	38226	34.0
	20-25	2493	4986	34330	31.2
	15-20	3092	6184	29344	26.7
	10-15	3457	6914	23160	21.1
	5-10	3745	7490	16246	14.0
	0-5	4370	8756	8756	8.0
EMISION CENTRAL					
POR ENCIMA	0-5	4510	9020	9020	8.2
	5-10	4011	8022	17042	15.5
	10-15	3237	6474	20516	21.4
	15-20	2446	4892	20400	25.0
	20-25	1823	3646	30934	28.0
	25-30	700	1416	32270	29.3
	30-35	547	1094	33364	30.3
	35-40	492	984	34340	31.2

Fig. 5-4. Determinación del Coeficiente de Utilización a partir de los Datos Fotométricos de la Figura 4-1. Dando el número total de lúmenes es igual a 100,000.

El PCU es determinado por la intersección de puntos de 1/2 MFN con las curvas PCU por encima o por debajo de la emisión central.

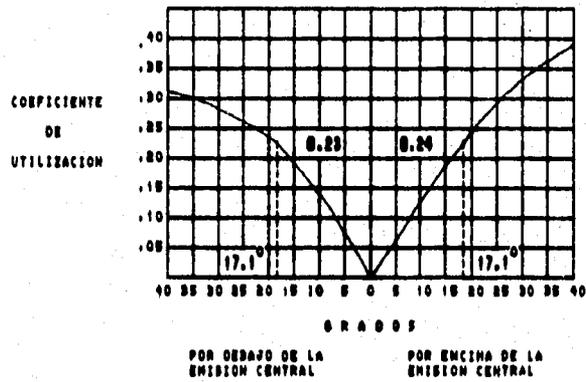


Fig. 5-5. Coeficiente Preliminar de Utilización (CPU) de la curva generada por la figura 5-4.

### Factor de Ajuste de Aplicación (AAF).

Es aplicado para corregir la emisión inicial donde no hay derrame de luz a lo largo de la longitud de la cancha. La AAF es afectada por los siguientes factores:

- Intensidad de distribución. La AAF depende del grado de emisión expandida del luminario.
- Factor de campo (FF). Este factor es relacionado con el ángulo opuesto del luminario para la esquina cercana de la cancha de juego; esto es igual al rango de la longitud de la cancha (L) sobre la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de la altura de montaje del luminario (h) y la distancia del proyector a la línea de juego (S).

$$FF = \frac{L}{\sqrt{h^2 + S^2}}$$

Los factores de campo largos producirán altos valores de AAF. La figura 5-6 proporciona recomendaciones de valores de AAF determinados empíricamente.

Factor de Campo (FF)	Clasificación NEMA del ángulo de campo		
	1 y 2	3 y 4	5,6 y 7
4.5 ó más	0.95	0.95	0.90
3.8 a 4.4	0.90	0.80	0.75
2.8 a 2.9	0.85	0.75	0.70
1.9 ó menos	0.75	0.65	0.55

Fig. 5-6. Valores recomendados para aplicación del Factor de Corrección.

Como un ejemplo, referido a un campo de futbol americano como en la figura 5-3 basado en datos de luminarios de la figura 4-1, página 69, la distribución de lúmenes por encima o por debajo de la emisión central es sumada en la figura 5-4. El número de lúmenes entre  $0^\circ$  y  $5^\circ$  por encima de la emisión central para un lado sólo es 4,378. Doblando este valor para obtener ambos lados, la mitad izquierda y a la derecha del flujo luminoso del modelo, producen 8,756 lúmenes entre  $0^\circ$  y  $5^\circ$ . Esto representa el 8.0% del total de 110,000 lúmenes por luminario.

De la figura 5-4, una curva de coeficiente preliminar de utilización es generado como se presenta en la figura 5-5. La curva muestra la porción de lúmenes por lámpara, esas caídas sobre un campo extremadamente largo, con menos de ancho.

En la figura 5-3, el ángulo **OFN** es el  $\text{arc tan } (40/70) = 29.7^\circ$ , y el ángulo **OFE** es el  $\text{arc tan } (220/70) = 72.3^\circ$ . El ángulo vertical **MFN** opuesto por el campo al flujo luminoso, entonces puede ser  $72.3 - 29.7 = 42.6^\circ$ . Por aproximación, cada flujo luminoso puede ser direccionado, por eso el ángulo opuesto puede ser bisectado por un punto de direccionamiento **P**. Basado en la figura 5-5, el coeficiente preliminar de utilización para  $21.3^\circ$  por encima o por debajo de la emisión central de luz es 0.27 y 0.24, para un total de **PCU** de 0.51 .

Como se muestra en la figura 5-3 tenemos una longitud de campo  $L = 110\text{m}$ , una altura de montaje  $h = 20\text{m}$ , una distancia de obstáculo  $S = 13\text{m}$ ; para esto, el factor de campo es igual a 4.61 . La amplitud de emisión horizontal de los luminarios utilizados en el ejemplo es NEMA tipo 4. De aquí, la AAF es igual a 0.85 (ver figura 5-6 y aplicando ec. FF).

Si el campo de futbol americano es diseñado para mantener un porcentaje de 500 luxes y un 70% de LLF (factor de pérdida de luz), entonces:

$$N = \frac{E \cdot A}{\phi \cdot PCU \cdot AAF \cdot LLF}$$

$$N = \frac{500(110 \cdot 60)}{110,000 \cdot 0.51 \cdot 0.85 \cdot 0.7}$$

$$N = 98.8$$

El número que dé el flujo luminoso puede ser redondeado hacia arriba o hacia abajo, para perfeccionar la simetría. Si son utilizados cuatro postes, entonces uno puede elegir 24 luminarios por poste, para un total de 96; o bien 25 luminarios por poste para un total de 100.

## RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO Y DISTRIBUCION

Con la eficacia de la selección de fuentes luminosas, luminarios y montajes técnicos; hay un gran número de opciones de diseño para ejecutar excelentes resultados, tanto para la distribución de iluminación, como para el control de brillo. Un diseño representativo se encuentra en las figuras 5-7 y 5-8.

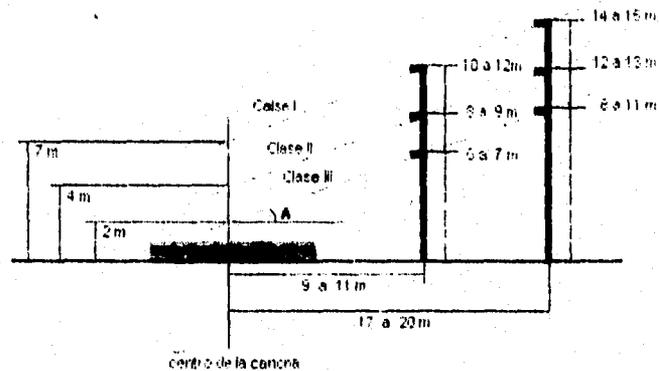


Fig. 5-7. Cancha de Tenis exterior. Alturas de montaje de luminarios recomendadas en postes para diferentes distancias, de acuerdo a la clase y facilidad.

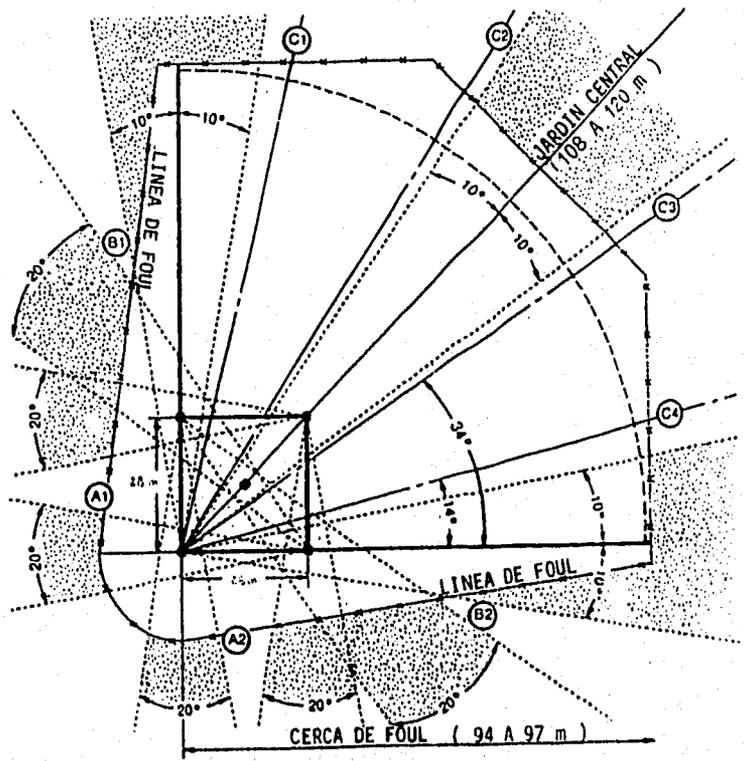


Fig. 5-8. Localización de puertas recomendada para un campo de Beisbol.

## **RECOMENDACIONES DE ILUMINACION**

Es importante que la iluminación sea lo suficientemente confortable y perfectamente dirigida para los jugadores, espectadores y televidentes. En aquellos deportes donde hay un gran número de espectadores como es en los estadios, la iluminación requerida es de acuerdo a la cantidad de lugares para éstos, de manera que sigan el curso del juego cómodamente. Esta condición puede requerir una cantidad satisfactoria de luz para los jugadores. La iluminación sugerida aquí para deportes, generalmente se considera para una buena práctica, tomando en cuenta a los jugadores y hasta 100,000 espectadores.

En deportes profesionales para un diseño con más de 10,000 espectadores, requiere una mayor iluminación que la recomendada en tablas. Esta en la mayoría de los casos establece un servicio de iluminación horizontal. Lo cual implica admitir que la componente vertical de iluminación en el área de juego es importante en la mayoría de los deportes. Es particularmente cierto en juegos aéreos, donde jugadores y espectadores confían en un grado considerable de iluminación vertical, en o cerca del área de juego.

Las componentes verticales de la iluminación han sido usualmente encontradas de manera adecuada con la iluminación horizontal idóneos para los valores contenidos en tablas, a menos que se vean de otra manera y el equipo de alumbrado está ubicado en una altura de montaje y una localización aceptable para ejercer una buena práctica.

### Recomendaciones de Iluminancia para Deportes en Interiores.

Las recomendaciones de iluminancia para los deportes interiores más populares están dados por las tablas 5-9 a 5-22.

#### TENIS

Clase de Juego	Luzes Horizontales en el Área Primaria de Juego		Uniformidad	
	Promedio	Mínimo Requerido	Línea Cancha	Límite MP
I	1250	1000	1.2	1.5
II	750	600	1.5	1.7
III	500	350	1.7	2.0
IV	400	300	2.0	2.5

Fig. 5-9. Criterio de Iluminación para canchas de Tenis en Interiores.

#### ALBERCAS

Clase de Juego	Luzes Horizontales en la superficie			Luzes Verticales	Uniformidad
	Interior	Exterior	Jueces	Plataforma	
I	700	500	500	700	2.0
II	500	300	200	300	2.5
III	300	200	100		3.0
IV	300	100	100		4.0

Fig. 5-10. Criterio de Iluminación recomendado acerca de Albercas y Fosas de Clavados.

### BASKETBOL

Clase de Juego	Aplicaciones	Luzes Horizontales	Luzes Verticales	Uniformidad
I	Televisión y Profesional	1250	1250	1,5
	Entrenamiento	1000	1000	1,5
II	Torneo	750		2,1
III	Nivel Club	500		3,0
IV	Recreacional	300		3,0

Fig. 5-11. Criterio de Iluminación en el Basketbol.

\* APLIQUE EL MISMO CRITERIO PARA ILUMINACION EXTERIOR

### BOX Y LUCHA

Clase de Juego	Luzes Horizontales	Luzes Verticales	Uniformidad
I	5000	2000	1,5
II	2000		2,0
III	1000		3,0

Fig. 5-12. Criterio de Iluminación para Box y Lucha.

### GINNASIA

Clase de Juego	Aplicaciones	Luzes	Uniformidad
I	Televisión	1000	1,5
II	Competencia	500	2,0
III	Competencia	300	2,5

Fig. 5-13. Criterio de Iluminación para Gimnasio.

### RAQUETBOL Y SQUASH

Clase de Juego	Aplicación	Luzes Horizontales	Luzes Verticales	Uniformidad
I	Profesional	1000	750	1,5
II	Torneo	750	500	2,0
III	Club	500	300	2,5

Fig. 5-14. Criterios de Iluminación para Raquetbol y Squash.

### HOCKEY SOBRE HIELO

Clase de Juego	Aplicaciones	Luzes Horizontales	Luzes Verticales	Uniformidad
I	Profesional	1250	1000	2.0
II	Entrenamiento	1000	750	3.0
III	Amateur	750	500	4.0
IV	Recreacional	500	250	4.0

Fig. 5-15. Criterio de Iluminación para Hockey sobre Hielo.

### PATINAJE SOBRE HIELO

Clase de Juego	Aplicaciones	Luzes Horizontales	Luzes Verticales	Uniformidad
I	Competencia	1000	700	2.0
II	Competencia	300	200	2.5
III	Práctica	100		3.0

Fig. 5-16. Criterio de Iluminación para Patinaje sobre Hielo.

### PATINAJE SOBRE RUEDAS

Clase de Juego	Aplicación	Luzes
I	Profesional	1250
II	Carrera	500
III	Comercial	300
IV	Recreacional	200

Fig. 5-17. Criterio de Iluminación para Patinaje sobre Ruedas.

### VOLIBOL

Clase de Juego	Luzes Horizontales	Luzes Verticales	Uniformidad
I	1000	500	1.5
II	500	300	2.0
III	300	200	3.5
IV	200	150	4.0

Fig. 5-18. Criterio de Iluminación para Volibol.

### ARQUERIA

Clase de Juego	Luzes Horizontales		Luzes verticales en el blanco a	
	Blanco	Línea	30 m	90 m
I	200	50	500	2000
II	200	50	500	1000
IV	100	30	300	500

Fig. 5-19. Criterio de Iluminación para Arquería Interior.

\* PARA ARQUERIA EXTERIOR UTILICE LA MITAD DE LOS VALORES

### HANDBALL

Clase de Juego	Aplicación	Luzes Horizontales	Luzes Verticales	Uniformidad
II	Torneo	300	200	2.0
IV	Recreacional	150	100	3.0

Fig. 5-20. Criterio de Iluminación para el Handball.

### DEPORTES ACUATICOS

Clase de Juego	Aplicaciones	Per metro cuadrado del Área de la superficie		Uniformidad
		Interior	Exterior	
I	Internacional, profesional y torneo	1000	600	2.0
II	Clavados	750	500	2.5
III	Entrenamiento	500	300	3.0
IV	Recreacional	300	150	4.0

Fig. 5-21. Criterios de Iluminación Recomendados para Deportes Acuáticos.

\* APLIQUE LOS MISMOS CRITERIOS PARA ILUMINACION EXTERIOR

### BOLICHE

Clase de Juego	Luzes Horizontales		Luzes Verticales	Uniformidad
	Aprox.	Línea		
I	750	1000	2000	1.5
II	500	750	1500	1.5
III	300	500	1000	2.0
IV	300	500	1000	3.0

Fig. 5-22. Criterio de Iluminación para Boliche.

## Recomendaciones de Iluminación para Deportes Exteriores.

Las recomendaciones de iluminación para los deportes exteriores más populares están dados por las tablas 5-23 a 5-35.

### ACTIVIDADES RECREATIVAS

Deporte o Actividad	Luces Horizontales		Uniformidad
	Clase II	Clase III	
Badminton (área general)	300	100	2.0
Boliche (área general)	100	50	4.0
Golf	200	100	3.0
Parques (área general)		100	5.0
Paseo a caballo	100	50	
Paseo en bote	100	50	
Pista de patineta	100	50	3.0
Pista para corredores	100	50	10.0
Playas	100	50	4.0

Fig. 5-23. Criterios de Iluminación para Deportes Especiales y Actividades Recreativas.

### CARRERAS DE AUTOS

Clase de Juego	Aplicaciones	Luxes Horizontales		Uniformidad	
		Pista	Meta	Pista	Meta
I	Profesional/Internacional	300	750	2.0	1.5
II	Competencia	200	200	2.5	2.0
IV	Recreacional	100	250	3.0	2.0

Fig. 5-24. Criterio de Iluminación para Carreras de Autos.

### CARRERAS DE BICICLETAS

Clase de Juego	Aplicaciones	Luxes Horizontales		Uniformidad	
		Pista	Meta	Pista	Meta
I	Profesional/Internacional	300	500	2.0	1.5
II	Competencia	200	300	2.5	2.0
IV	Recreacional	100	100	3.0	2.0

Fig. 5-25. Criterio de Iluminación para Carreras de Bicicletas.

### BEISBOL

Clase de Juego	Luxes Horizontales		Luxes Verticales		Uniformidad Horizontal		Uniformidad Vertical	
	cuadro	Jardines	cuadro	Jardines	cuadro	Jardines	cuadro	Jardines
I	1500	1000	1000	700	1.5	1.5	1.5	2.0
II	1000	700	700	500	1.5	1.7	1.7	2.5
III	500	300	400	250	2.0	2.5		
IV	300	200	250	150	3.0	3.5		

Fig. 5-26. Criterios de Iluminación para Campos de Beisbol

### FUTBOL AMERICANO

Clase de Juego	Luxes Horizontales	Luxes Verticales	Uniformidad
I	1000	800	1.5
II	500	400	2.0
III	300	200	2.5
IV	200		3.0

Fig. 5-27. Criterio de Iluminación para Futbol Americano.

### FUTBOL SOCCER

Clase de Juego	Aplicación	Luzes Horizontales	Luzes Verticales	Uniformidad
I	Profesional	1000	800	1.5
II	Torneo	750	500	1.5
III	Club	300	250	2.0
IV	Recreacional	200	150	3.0

Fig. 5-28. Criterios de Iluminación para el Fútbol Soccer.

### HOCKEY SOBRE PASTO

Clase de Juego	Aplicación	Luzes Horizontales	Uniformidad
II	Profesional/Torneo	300	2.0
III	Práctica	200	3.0

Fig. 5-29. Criterio de Iluminación recomendado para Hockey sobre pasto.

### PING-PONG

Clase de Juego	Aplicación	Luzes Horizontales	ft-od Verticales
II	Torneo	500	30
III	Club	300	20
IV	Recreacional	200	15

Fig. 5-30. Criterio de Iluminación para el Ping-Pong.

### VOLIBOL EXTERIOR

Clase de Juego	Aplicación	Luzes Horizontales	Uniformidad
II	Torneo/Competencia	300	2.0
IV	Recreacional	200	3.0

Fig. 5-31. Criterio de Iluminación para Vólibol Exterior.

### CHARRERIA

Clase de Juego	Aplicación	Luzes Horizontales	Uniformidad
I	Profesional (Televisión)	1000	2.0
II	Profesional	600	3.0
III	Recreacional	300	4.0

Fig. 5-32. Criterio de Iluminación para Charrería y Jaripao.

### DISPARO CON RIFLE Y PISTOLA

Clase de Juego	Luzes Horizontales	Luzes Verticales
I		
En la línea de disparo	200	-----
En el blanco	-----	500
II		
En la línea de disparo	200	-----
En el blanco	-----	500
III		
En la línea de disparo	200	-----
En el blanco	-----	300

Fig. 5-33. Criterios de Iluminación para Rangos de Disparo con Rifle y Pistola.

### TENIS EXTERIOR

Clase	Luzes Horizontales		Uniformidad	
	Porcentaje	Mínimo	En las Líneas	En el APJ
I	1250	1000	1.2	1.5
II	800	600	1.5	1.7
III	600	400	1.7	2.0
IV	400	300	2.0	2.5

Fig. 5-34. Criterio de Iluminación para el Tenis Exterior.

### ACTIVIDADES RECREATIVAS

Actividad	Luxes Horizontales		Uniformidad
	Mínimo	Porcentaje	
Áreas con pasto o césped	20	50	6.0
Áreas de descanso			
Cabañas	100	300	6.0
Palapas	50	200	4.0
Pionio	20	100	4.0
Áreas de Juego			
Juegos mecánicos	50	200	6.0
Parque	100	300	6.0
Pátios de recreo	100	300	4.0
Pistas para corredores			
Áreas generales	20	100	4.0
Áreas de tráfico	100	200	4.0
Puentes y túneles	100	200	4.0
Rutas de bicicleta	20	100	4.0

Fig. 5-35. Criterios de Iluminación para diversas Áreas Recreativas y Actividades.

## **APUNTAMIENTO DE PROYECTORES**

Direccionar adecuadamente el proyector es el paso final para completar una instalación. Solamente con los apuntamientos apropiados se pueden alcanzar los objetivos del diseño original para iluminancias y uniformidades adecuadas.

## **METODOS DE APUNTAMIENTO**

Existen dos métodos utilizados para el apuntamiento de proyectores:

- **Apuntamiento al blanco.** En el cual el área primaria de juego a ser iluminada, está dividida en un cuadrulado uniforme. Los blancos deben ser lo suficientemente grandes para ser vistos desde la ubicación de los proyectores y está situado en las intersecciones de las líneas del cuadrulado, o bien en el centro de cada cuadro. Las cuadrículas están identificadas con las dimensiones reales del campo desde un punto dado de referencia.
- **Apuntamiento grados.** Los ángulos están situados en referencia a una de las dimensiones del campo. Normalmente, la graduación horizontal está definido por  $0^\circ$  a lo largo de la línea perpendicular trazada al margen de la línea lateral. Para el caso del beisbol, los postes ubicados en los jardines es  $0^\circ$  a lo largo de la línea trazada desde el poste a la caja de bateo. La escala vertical está basada en  $0^\circ$  está directamente abajo del proyector. El apuntamiento por grados es menos preciso que el apuntamiento al blanco, y no se utiliza normalmente en campos grandes o largos.

## **CONSIDERACIONES DE APUNTAMIENTO**

Los siguientes puntos deben ser considerados cuando se establece el apuntamiento de proyectores:

1. Estar familiarizado con la distribución de intensidad de los proyectores, que puede ser crítica para la determinación de la iluminancia y la cantidad de luz desperdiciada.
2. El apuntamiento inicial frecuentemente se logra por un apuntamiento consecutivo de proyectores, de modo que la posición angular de los puntos de la mitad de la potencia en candelas coincidan.
3. En general, se ha encontrado que el apuntamiento final necesariamente mejora las iluminancias esperadas sobre el campo, aún sobre los puntos más lejanos, todo esto sobre los cálculos ya hechos.
4. La presencia de las cámaras de TV o de espectadores pueden influenciar en el criterio de apuntamiento. Las cámaras y los espectadores requieren un mayor grado de iluminancia vertical, más que el necesario, donde justamente se reúnen con el criterio de iluminación horizontal.

## EJEMPLOS DE APUNTAMIENTO

Las figuras 5-36 y 5-37 muestran diagramas de apuntamiento para un campo de fútbol americano y para uno de beisbol, respectivamente.

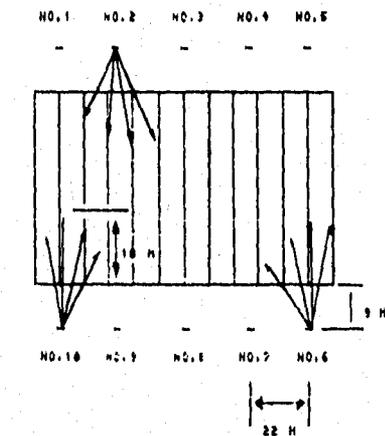
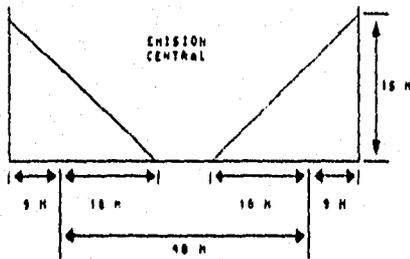
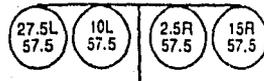


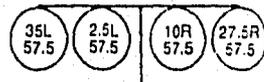
DIAGRAMA DE DIRECCIONAMIENTO DE PROYECTORES



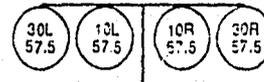
ELEVACION DE POSTES Y ANGULOS DE APUNTAMIENTO



POSTES 1 Y 6



POSTES 5 Y 10



POSTES 2, 3, 4, 7, 8 Y 9

DISPOSICION DE PROYECTORES

EL NUMERO SUPERIOR EN EL CIRCULO DENOTA EL ANGULO HORIZONTAL, YA SEA HACIA LA DERECHA (R) O HACIA LA IZQUIERDA (L), CON EL OBSERVADOR DETRAS DEL PROYECTOR VIENDO EN DIRECCION AL HAZ DE LUZ.

EL NUMERO INFERIOR EN EL CIRCULO DENOTA EL ANGULO VERTICAL A PARTIR DEL NADIR.

Fig. 5-36. Ejemplo de especificaciones de direccionamiento para un campo de Fútbol Americano.

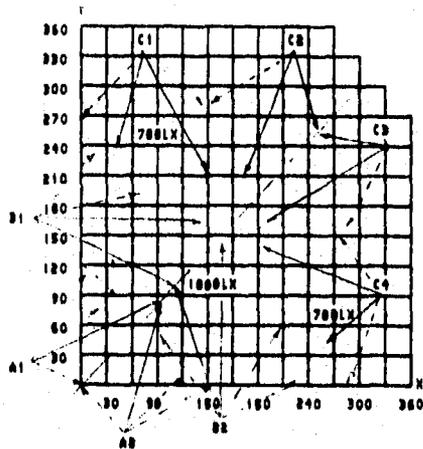


DIAGRAMA DE APUNTAMIENTO DE PROYECTORES

RESUMEN DE PROYECTORES  
PARA LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS A 1500 W

POSTE	ALTURA DE MONTAJE	NEHA 3	NEHA 4	NEHA 5	TOTAL POR POSTE	KH POR POSTE
A1	21 MTS		2	2	4	6.8
B1	21 MTS	3	2	1	6	9.8
C1	21 MTS	1	1	2	4	6.8
C2	21 MTS	1	2	1	4	6.8
C3	21 MTS	1	2	1	4	6.8
C4	21 MTS	1	1	2	4	6.8
B2	21 MTS	3	2	1	6	9.8
A2	21 MTS		2	2	4	6.8
TOTAL		10	14	12	36	80.7

X 120  
Y 180  
3

X 170  
Y 195  
3

X 215  
Y 99  
4

X 260  
Y 8  
3

X 35  
Y 45  
4

X 195  
Y 30  
5

COORDENADAS DEL FLUJO LUMINOSO

TIPO NEHA

DISPOSICION DE PROYECTORES EN EL POSTE B2  
(COMO SE VE DESDE ATRAS)

Fig. 5-37. Ejemplo de especificaciones de direccionamiento para un campo de Beisbol.

## **EVALUACION EN LOS RESULTADOS MEDIDOS Y EL RENDIMIENTO**

Para evaluar el desempeño real de una instalación de alumbrado en comparación con el intento en el diseño, las mediciones de iluminación y uniformidad deberían estar hechas con el campo dividido en un cuadrículado uniforme. Cada división provee lineamientos generales para la ubicación de puntos y cálculos de medición para diversas estaciones, de acuerdo al deporte. Siguiendo estos lineamientos generales, es posible comparar el rendimiento de alternativas de sistemas de iluminación en una base común en la etapa del diseño de algún proyecto relacionado directamente con la medición de iluminación hecha en el campo de una instalación completa de alumbrado.

### **Medición y Procedimiento del Reporte.**

Puede ser hecha una documentación cuidadosa con técnicas de medición consistentes en utilizar todo tipo de mediciones para las instalaciones de iluminación deportiva; esto se consigue obedeciendo cuidadosamente los siguientes puntos:

- Selección de equipo de medición
- Procedimiento de medición
- Formato de reporte y datos
- Estaciones de medición recomendadas para algún deporte en especial

### **Area a Medir.**

Aunque la mayoría de los deportes tienen bien definido el margen de área, la acción del juego de la mayoría de los deportes se extiende más allá de dicho margen. Dependiendo del deporte, el área extendida puede ser más lejana, y se divide en área de juego primaria y área de juego secundaria. El beisbol y el tenis son un ejemplo típico de deportes con áreas extendidas de juego; sin embargo, existen deportes con una acción de juego totalmente definida al margen de la cancha, como lo es el raquetbol, el squash, futbol rápido y el boliche. Para cada deporte, el margen de área es igual al área de juego primaria. Las mediciones de iluminación pueden cubrir por completo el área de juego primaria, pero considerando el área de juego secundaria.

### **Localización de la Estación de Prueba.**

La iluminación obtenida en una estación de prueba es la representación o valor promedio de iluminación para el área limitada por las líneas del cuadriculado.

Una pregunta que puede aparecer, es cuando coinciden las líneas del cuadriculado con el límite del margen del área; la respuesta dependerá del deporte.

En el caso de que el área de juego primaria es igual al margen de la cancha. Para deportes como el hockey sobre hielo que cumple esta condición, las líneas del cuadrículado pueden establecerse con el límite del área y entonces el área puede ser dividida en el mismo número de cuadros (figura 5-38).

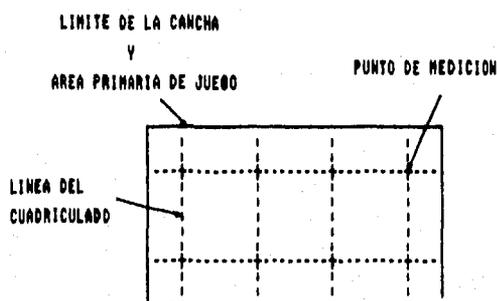


Fig. 5-38. Ejemplo en donde coinciden el APJ con el Área Límite de la Cancha.

Cuando el área de juego primaria es más grande que el margen del área de juego. Para este tipo de deportes, las líneas del cuadrículado pueden adecuarse de tal manera que cubran perfectamente el área de juego primaria. Para la mayoría de los deportes, las estaciones de medición pueden estar muy probablemente fuera del límite del margen del área (figura 5-39). Si el área de juego primaria está incluida en las mediciones de iluminación, es concebible que los puntos de medición pueden estar localizados fuera del margen del área.

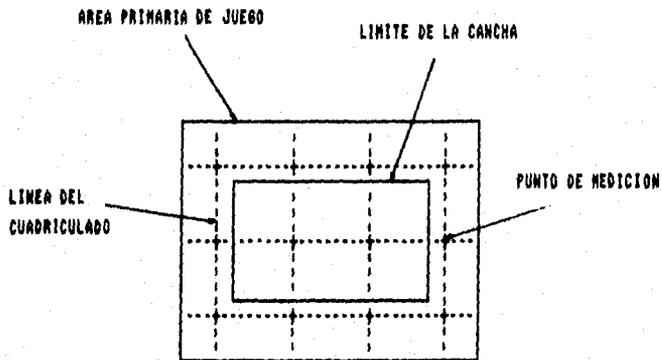


Fig. 5-39. Ejemplo típico en donde el APJ se extiende más allá del límite de la cancha.

### Disposición de las Medidas del Cuadrículado.

Probablemente el factor más importante para determinar el espacio entre puntos de medición, es la altura de montaje del luminario. Al disminuir la altura de montaje, lo más cerca junto a las estaciones de medición podrían asegurar un promedio representativo, y la importancia de picos y valles no fallen debido a que el cuadrículado de medición sea demasiado áspero. La figura 3-6 de la página 63 muestra cuadrículas recomendadas para los deportes más populares. Las figuras 5-40 y 5-41 muestran disposiciones de diversos deportes típicos jugados de noche.

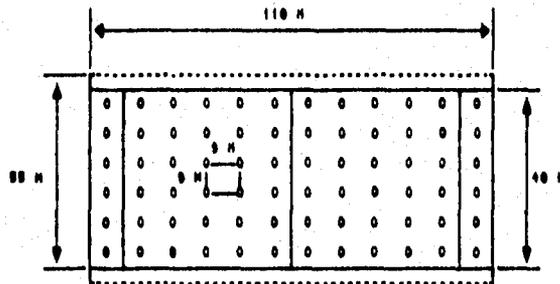


Fig. 5-40. Puntos de Iluminación para una cancha de Fútbol Americano.

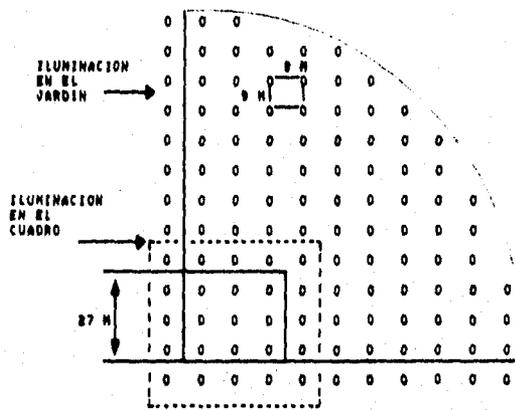


Fig. 5-41. Puntos de iluminación para un campo de Beisbol o de Softbol.

## **Verificación de Campo.**

Cada instalación de iluminación deportiva debe estar verificada por un reconocimiento del sitio para lograr los objetivos siguientes:

1. Confirmar el desempeño de los luminarios, el sistema eléctrico y la precisión del direccionamiento.
2. Proveer al dueño de una referencia para una futura evaluación de programas de mantenimiento y su efectividad.
3. Proveer retroalimentación de iluminación al practicante de diseño; la precisión y efectividad para una evaluación.

Los valores medidos en el sitio de reconocimiento son menos exactos que las del laboratorio de fotometría y los cálculos por computadora. Esto es debido a los factores incontrolables, tal como la tolerancia del producto, variaciones de energía eléctrica y errores pequeños en el direccionamiento del flujo luminoso. Cada esfuerzo debería estar hecho para mantener al mínimo estas inexactitudes y para registrar todas las condiciones de tal modo que se pueda hacer una evaluación adecuada. Los puntos siguientes forman un listado de control para verificación y reconocimiento del campo:

1. Todos los luminarios deben estar operando y apuntando adecuadamente.
2. Las lámparas HID deben estar operando de 50 a 100 hrs. previamente para prueba. Si las lámparas y luminarios han estado operando sustancialmente por más de 100 hrs., la operación aproximada de horas debe ser registrada.
3. Para lámparas HID el sistema debe estar encendido al menos 30 min. antes de la prueba.
4. Deben ser cuidadosos, tanto los operadores como el demás personal que esté en contacto con el equipo, para no hacer sombras o reflejos de luz de la ropa sobre los instrumentos de medición.
5. Las pruebas deben tomarse cuando el aire es claro y la luz extraña es -- mínima.
6. El fotómetro debe ser de buena calidad y precisión.

**Es recomendable llevar un adecuado registro de medición, el cual debe contener la siguiente información:**

- **Nombre de la instalación**
- **Fecha y hora de las mediciones**
- **Descripción del sistema de iluminación, incluyendo luminarios y tipos de lámparas, altura de montaje, cantidades y otros detalles pertinentes.**
- **Edad del sistema y número de horas de operación hasta el último cambio de lámparas.**
- **Tipo de número de serie del fotómetro y, fecha y fuente de la calibración.**

# CAPITULO VI

## APLICACION DEL METODO DE LUMEN MODIFICADO

## **CAPITULO VI APLICACION DEL METODO DE LUMEN MODIFICADO M.L.M.**

### **PROYECTO**

Se desea elaborar un diseño de iluminación deportiva para una cancha de volibol, cuya característica principal es que se encuentra al aire libre, además de que cuenta con una capacidad para 1,000 espectadores.

Para dicho efecto sólo se considerará la iluminación en el área primaria de juego, y así demostrar una aplicación práctica del M.L.M., pues en este caso no consideraremos la iluminación en las gradas, pasillos, túneles, vestidores, baños, y demás áreas que requieran iluminación; puesto que la idea principal es mostrar la simplicidad del Método de Lumen Modificado en los diseños de iluminación de áreas deportivas, aunque es válido mencionar que dicho método es aplicable para distintos diseños de iluminación.

Las dimensiones del complejo deportivo en general se muestran en la figura 6-1.

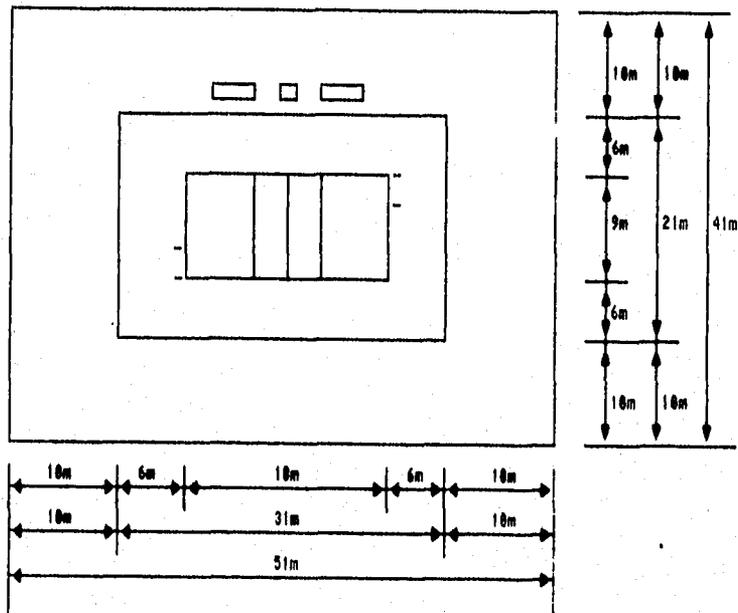


Fig. 6-1. Dimensiones de un complejo exterior de Vólibol con capacidad para 1,000 espectadores.

## CONSIDERACIONES GENERALES

De Acuerdo a la capacidad de espectadores podemos establecer que la clase de juego en este caso corresponde a **Clase II**; puesto que se llevarán a cabo competencias con una capacidad menor a 5,000 espectadores (ver Capítulo III).

En base a la figura 3-1 determinamos que la facilidad correspondiente para este tipo de competencias puede ser Internacional, e incluso a nivel Profesional.

## NIVEL DE ILUMINACION

Con las consideraciones anteriores podemos acudir a la tabla correspondiente a los Niveles de Iluminacion de Areas Deportivas y de Recreación (ver Apéndice), y determinar así el nivel de iluminación requerido para este proyecto, que es de  $E = 300$  luxes.

## AREA PRIMARIA DE JUEGO

Una vez establecido lo anterior, debemos ubicar las principales áreas del complejo deportivo, para así conocer cuál es el área a iluminar, es decir el área primaria de juego (APJ), tal como lo muestra la figura 6-2.

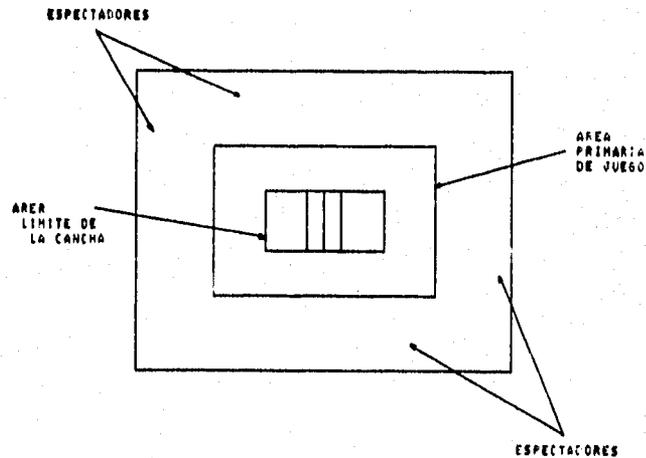


Fig. 6-2. Ubicación de las principales áreas dentro del complejo deportivo de Vólibal exterior.

## CALCULOS DE ILUMINACION UTILIZANDO EL M.L.M.

Hemos visto anteriormente que los deportes normalmente utilizan lámparas de Aditivos Metálicos, en las cuales nos basaremos; ahora bien, consultando información fotométrica proveniente de catálogos Holophane para luminarios con curvas NEMA 5x4 y 7x4 (catálogos Holophane IF2A400MH12S y Holophane IF2A400MH12N, respectivamente), que son las que se pueden ajustar a los requerimientos del proyecto, consultamos la altura de montaje a la cual se efectuó la prueba para obtener la información fotométrica, así como la emisión de lúmenes por luminario, datos que posteriormente nos ayudarán a determinar el número de luminarios requeridos para nuestro diseño. Entonces tenemos:

$$h = 8 \text{ mts.}$$

$$\phi = 34,000 \text{ lúmenes}$$

De esta manera podemos aplicar el Método de Lumen Modificado, pero para ello es necesario determinar el ángulo correspondiente ABC, mostrado en la figura 6-3, a partir de la determinación previa del área primaria de juego.

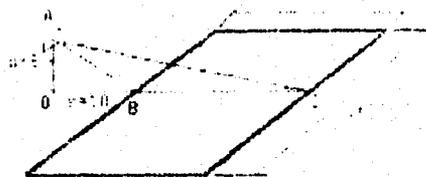


Fig. 6-3. Área Primaria de Juego para una cancha de fútbol Exterior.

Para una mejor comprensión del análisis de los ángulos podemos manejar los triángulos rectángulos mostrados en la figura 6-4, que son los formados a partir de la emisión del luminario, hasta ambos extremos laterales del área primaria de juego, y a la base del poste. El hecho de manejar la emisión lateral de los luminarios se debe a que de esta manera evitamos el deslumbramiento directo hacia los jugadores y entorpecer el desarrollo del juego.

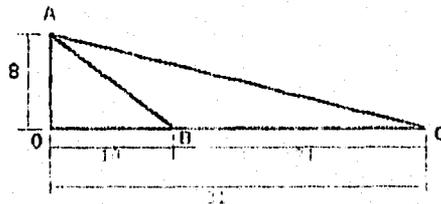


Fig. 6-4. Triángulo rectángulo formado por la emisión del luminario hacia el APJ.

En donde el ángulo **ABC** será la diferencia entre el ángulo **AOC** menos el ángulo **AOB**.

$$AOC = \tan^{-1} \frac{31}{8} = 75.5^\circ$$

$$AOB = \tan^{-1} \frac{10}{8} = 51.3^\circ$$

entonces

$$ABC = AOC - AOB = 75.5 - 51.3 = 24.2^\circ$$

### Determinación del PCU.

Con 1/2 de **ABC** obtenemos el ángulo por encima de la emisión central, mientras que con el otro medio obtenemos la emisión por debajo de la emisión central; lo anterior nos sirve para encontrar el Coeficiente Preliminar de Utilización PCU, a partir de las gráficas generadas por la distribución de lúmenes de los luminarios antes mencionados, y se muestran en la figura 6-5 y 6-6, respectivamente, con lámparas de 400W, que para este caso son las ideales, ya que de esta manera podemos implicar el aspecto económico, aunque no por el hecho de ahorrar el consumo de energía, el nivel de iluminación tendrá que disminuir, e influenciar de manera considerable en el juego.

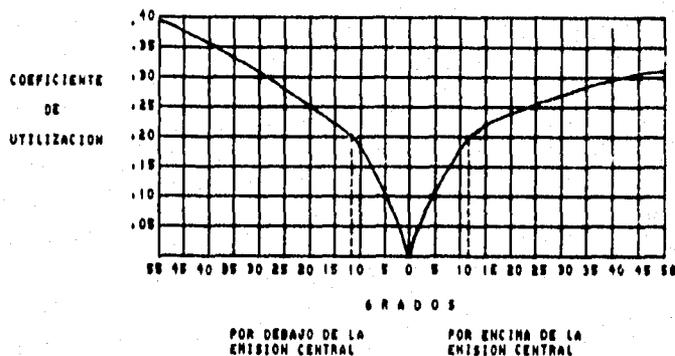


Fig. 6-5. Coeficiente Preliminar de Utilización (CPU) de la curva generada por el luminario Holophane curva NEMA 5x4.

$$PCU_1 = 0.22 + 0.20 = 0.42$$

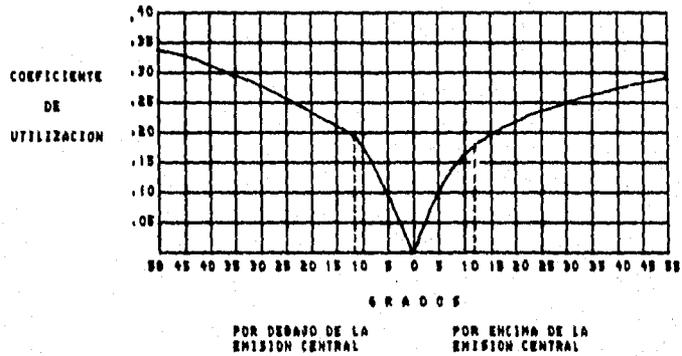


Fig. 6-6. Coeficiente Preliminar de Utilización (CPU) de la curva generada por el luminario Holophane curva NEMA 7x4.

$$PCU_2 = 0.20 + 0.18 = 0.38$$





### Número de Luminarios.

Con los datos que tenemos podemos aplicar la siguiente ecuación para determinar el número de luminarios.

$$N = \frac{E \times A}{\phi \times PCU \times AAF \times LLF}$$

Entonces es necesario determinar el Factor de Ajuste de Aplicación AAF, pero para ello utilizaremos la ecuación:

$$FF = \frac{l}{\sqrt{h^2 + s^2}}$$

$$FF = \frac{30}{\sqrt{8^2 + 10^2}}$$

$$FF = \frac{30}{12.8} = 2.34$$

Para ambos luminarios determinamos a partir de la tabla de la figura 5-6 de la página 84, que **AAF = 0.70**.

Con lo que respecta a la determinación del Factor de Pérdidas de Luz LLF, consideramos una iluminación mantenida de 300 luxes a un 80%, por lo tanto **LLF = 0.80**.

Sustituyendo en la ecuación correspondiente los valores obtenidos podemos determinar el número de luminarios necesarios para nuestro proyecto. Para el caso del luminario Holophane curva NEMA 5x4 tenemos el siguiente resultado:

$$N_1 = \frac{300(30 \times 21)}{34,000 \times 0.42 \times 0.70 \times 0.80}$$

$$N_1 = 23.6$$

Podemos manejar a partir del resultado anterior como una opción un total de 24 luminarios, distribuidos en cuatro postes con cinco luminarios cada uno.

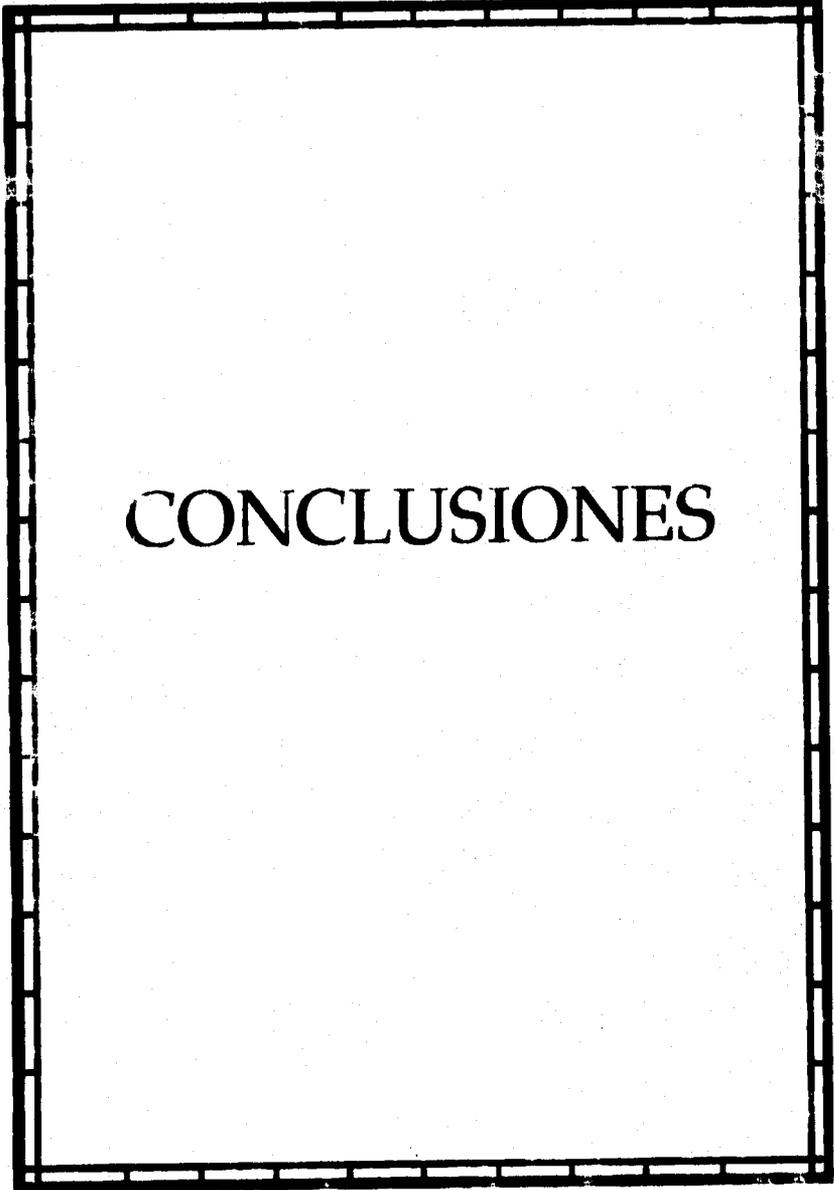
Mientras que para la segunda opción, con el luminario Holophane curva NEMA 7x4 tenemos:

$$N_2 = \frac{300(30 \times 21)}{34,000 \times 0.38 \times 0.70 \times 0.80}$$

$$N_2 = 26.8$$

En este caso podemos manejar un total de 28 luminarios, distribuidos en cuatro postes con seis luminarios cada uno, esto implica más gastos y mayor consumo de energía.

Podemos concluir que nos conviene utilizar la primer opción, con luminarios con lámparas de aditivos metálicos y 400W, y una curva NEMA 5 x 4, puesto que aún con un número menor de luminarios, y en base a los cálculos podemos mantener nuestro nivel de iluminación requerido.



# CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

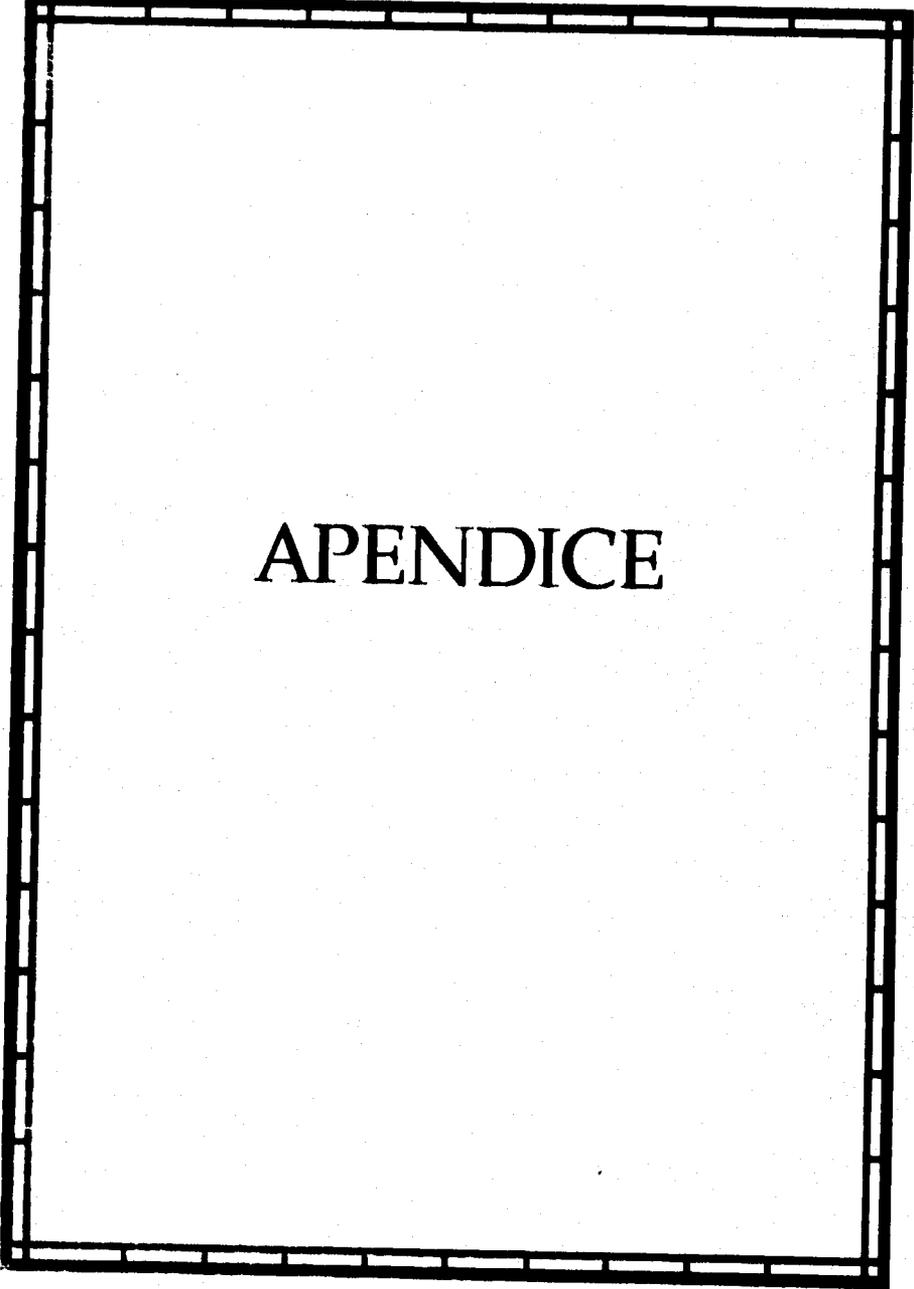
Las actividades deportivas han llegado a adquirir tal importancia en nuestra sociedad, que es debido a esto por lo que se desarrolló un trabajo de estas características, puesto que para su práctica, ya sea en interiores o exteriores, es necesaria la iluminación, y hasta en ocasiones indispensable.

Es necesario aclarar que el iluminar no sólo consta en alumbrar una cierta área, sino por el contrario, se pudo apreciar que existe una gran variedad de factores que influyen en el diseño de un proyecto de iluminación, entre los cuales podemos mencionar el brillo, el contraste, la facilidad del deporte, el nivel del deporte, el tipo de deporte, la capacidad de espectadores y la transmisión por TV, entre otros. Este último punto, que es la transmisión televisiva es muy interesante, puesto que va junto al aspecto comercial, y por tanto económico, muy aplicable a la realidad actual.

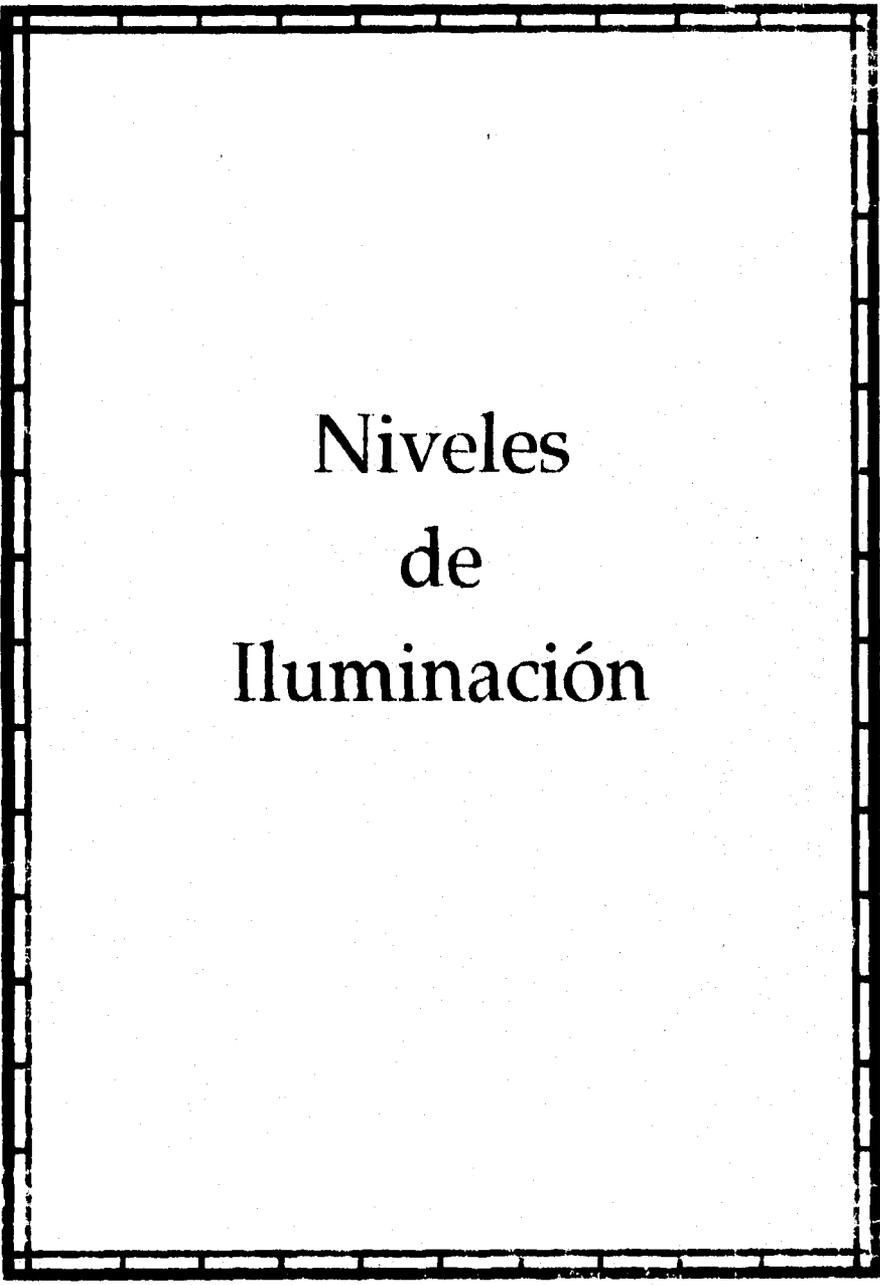
• Aunado a un análisis económico, podemos mencionar las ventajas que nos ofrece la correcta selección del tipo de lámpara, pues conociendo sus principios de funcionamiento y sus principales características lograremos los resultados más óptimos, y de alguna manera el ahorro en el consumo de energía, así como una mayor calidad en el diseño de iluminación.

El contenido de esta tesis nos permite conocer y analizar el Método de Lumen Modificado, que viene siendo una técnica similar al método de Lumen, pero con la ventaja de que sus cálculos son más sencillos y muy confiables para desarrollar en un proyecto de iluminación; ejemplificado aquí se puede tener una mejor comprensión sobre su aplicación. Así como de alguna manera se busca la simplicidad y seguridad en la determinación de los cálculos. Aclarando en su contenido la utilidad y aplicación para diferentes proyectos, no sólo para áreas deportivas y de recreación.

Por otro lado, la presente tesis busca una fácil comprensión para personas interesadas en el tema, que no tengan los conceptos fundamentales de la Ingeniería en Iluminación; pero sin descuidar el aspecto de interés para aquellas personas que si tengan dichos conceptos, pues en el desarrollo de este trabajo se pueden encontrar algunas aportaciones extras para consulta, información y metodología para un diseño de iluminación.



# APENDICE



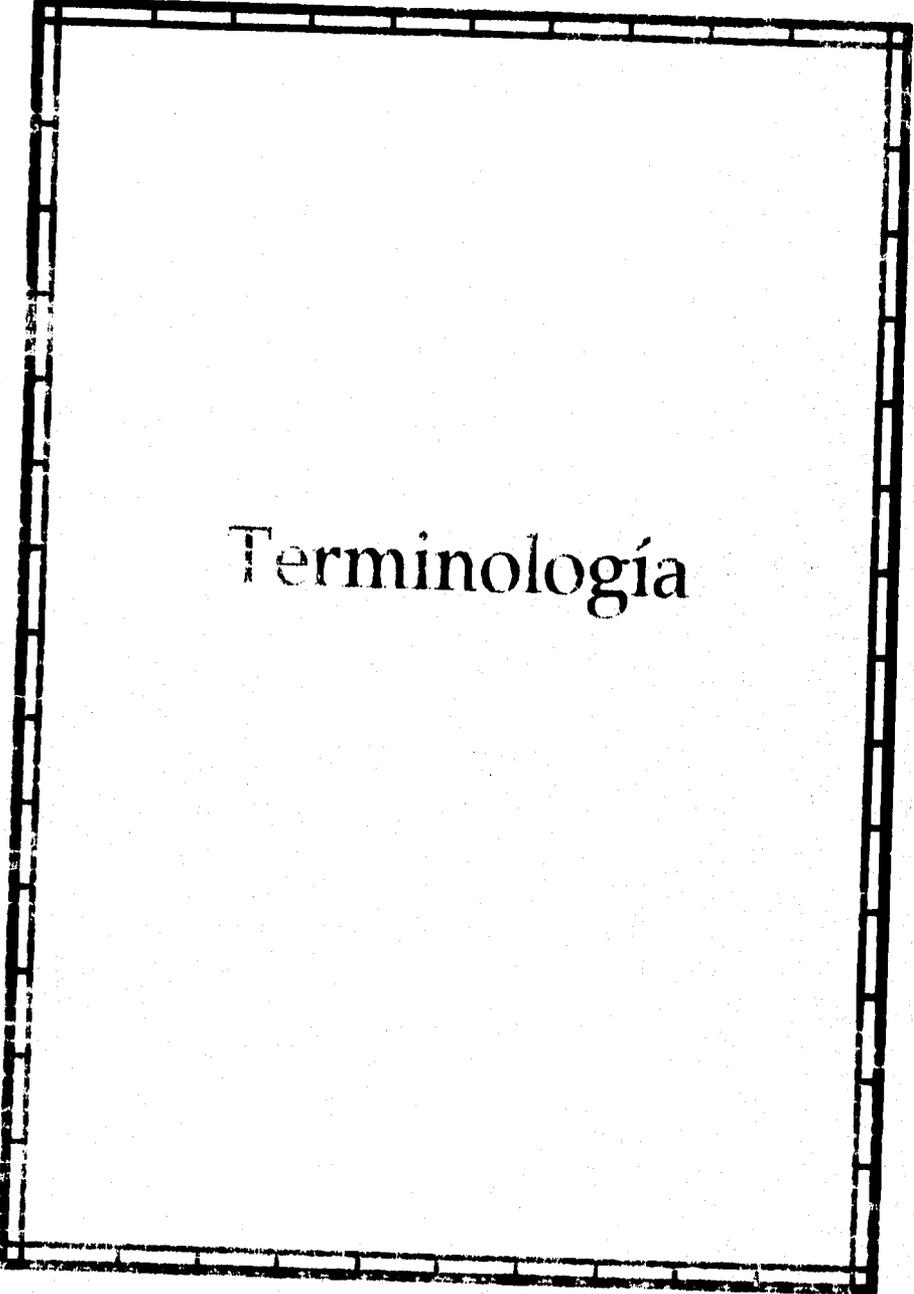
Niveles  
de  
Iluminación

**Áreas Deportivas y de Recreación**

Área/Actividad	Luces	ft-cd	Área/Actividad	Luces	ft-cd
<b>Arquería (interior)</b>			<b>Cricket</b>		
Plano, torneo	500	30	Torneo	100	10
Plano, recreacional	100	10	Recreacional		
Línea de tiro, torneo	100	10			
Línea de tiro, recreacional	100	10			
<b>Arquería (exterior)</b>			<b>Carreras</b>		
Plano, torneo	100	10	Autos	200	20
Plano, recreacional	100	10	Bicicletas		
Línea de tiro, torneo	100	10	Torneo	200	20
Línea de tiro, recreacional	100	10	Competencia	200	20
			Recreación	200	20
			Caballos	200	20
			Dragster		
			Área de permanencia	100	10
			aceleración, 400 mts.	100	10
			desaceleración	100	10
			Frenado	100	10
			Motorciclistas	200	20
			Perros	300	30
<b>Badminton</b>			<b>Fútbol Soccer y Americano</b>		
Torneo	300	30	Distancia desde la línea más		
Club	100	10	cercana, a los espectadores		
Recreacional	100	10	más leJanes		
			Clase I (más de 30 mts.)	1000	100
			Clase II (15 a 30 mts.)	500	50
			Clase III (9 a 15 mts.)	300	30
			Clase IV (menos de 9 mts.)	200	20
			Clase V (sin asientos)	100	10
<b>Beisbol</b>			<b>Golf</b>		
Grandes Ligas			Teo	300	30
Cuadro	1500	150	Campo		
Jardines			reen	1000	100
Entrenamiento			Miniatura	100	10
Cuadro	500	50	Práctica en el green		
Jardines					
Recreacional					
Cuadro	100	10			
Jardines					
<b>Basketbol</b>			<b>Gimnasia</b>		
Profesional	500	50	Torneo	500	50
Entrenamiento			Recreación		
Recreacional (exterior)	100	10			
<b>Billar</b>			<b>Handball</b>		
Torneo	500	50	Torneo	500	50
Recreacional	500	50	Club		
			Interior	200	20
			Exterior	200	20
			Recreacional		
			Interior	200	20
			Exterior	200	20
			Amateur	100	10
			Recreacional	100	10
<b>Boliche</b>			<b>Jai-Alai</b>		
Torneo			Profesional	1000	100
Aproximación	100	10	Amateur		
Líneas	500	50			
Pinos					
Recreación					
Aproximación	100	10			
Líneas	500	50			
Pinos					
<b>Buceo y Lucha Libre</b>					
Campeonato	5000	500			
Profesional	1000	100			
Amateur	1000	100			
Asientos durante la función	500	50			
Asientos antes o después	50	5			
<b>Caballos (espectáculos)</b>					
Torneo	200	20			
Recreacional	100	10			

**Áreas Deportivas y de Recreación**

Área/Actividad	Luxes	ft-cd	Área/Actividad	Luxes	ft-cd
<b>Natación (interior)</b>			<b>Softbol (ver beisbol)</b>		
Exhibición . . . . .	300	30	Squash (ver Handball)		
Recreacional . . . . .	300	30	<b>Tenis (interior)</b>		
<b>Natación (exterior)</b>			Torneo . . . . .	1000	100
Exhibición . . . . .	200	20	Club . . . . .	500	50
Recreacional . . . . .	200	20	Recreacional . . . . .	500	50
<b>Patinaje</b>			<b>Tenis (exterior)</b>		
Sobre ruedas . . . . .	200	20	Torneo . . . . .	300	30
Sobre hielo (interior) . . . . .	200	20	Club . . . . .	300	30
Sobre hielo (exterior) . . . . .	100	10	Recreacional . . . . .	300	30
Área de espera . . . . .	100	10	<b>Tenis de mesa (ping-pong)</b>		
<b>Patio de recreo . . . . .</b>	<b>100</b>	<b>10</b>	Torneo . . . . .	300	30
<b>Rifle a 45 mts.</b>			Club . . . . .	300	30
En el blanco . . . . .	500	50	Recreacional . . . . .	300	30
Punto de disparo . . . . .	500	50	<b>Voleibol</b>		
Punto de espera . . . . .	500	50	Torneo . . . . .	200	20
<b>Rifle y Pistola (interior)</b>			Recreacional . . . . .	200	20
En el blanco . . . . .	1000	100			
Punto de disparo . . . . .	200	20			
Punto de espera . . . . .	200	20			
<b>Redes y Charrería</b>					
Área					
Profesional . . . . .	500	50			
Amateur . . . . .	500	50			
Recreacional . . . . .	700	70			



# Terminología

## TERMINOLOGIA

**Adaptación.-** Proceso por el cual el sistema visual se acostumbra a una menor o mayor cantidad de luz, o la luz de color diferente.

**Altura de Montaje en Exteriores.-** Es la distancia vertical entre la superficie a iluminar y el centro de emisión de luz del luminario.

**Altura de Montaje en Interiores.-** Es la distancia vertical medida desde el plano de trabajo, al centro del luminario, o al plano del plafón, si el luminario está empotrado.

**Candela (cd).-** Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática ( $540 \times 10^{12}$  Hz = 55 nm) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 Watts/Steradian.

**Coefficiente de Utilización (CU).-** Razón de luz útil sobre la superficie iluminada y el total emitido por el luminario, esto es, entre lúmenes efectivos y lúmenes de la lámpara.

**Color.-** Es la característica de la sensación visual que permite al observador distinguir diferencias de composición espectral de la luz.

**Curva de Distribución.-** Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por un luminario. Se representa en coordenadas polares y los valores están dados en candelas.

**Dispersión del Rayo de Luz.-** Divergencia angular del rayo de luz, medida en grados.

**Eficacia.-** El total del flujo de luz emitido por una lámpara en relación con la cantidad total del consumo de energía eléctrica que se le suministra. Y se mide en lúmenes/watt.

**Factores de Pérdida de Luz.-** Factores que contribuyen a disminuir el nivel de iluminación de una instalación. Los más importantes son:

- Temperatura, voltaje y rendimiento del balastro.
- Desgaste de los materiales y acabado de los luminarios.
- Acumulación de polvo en las superficies interiores.
- Lámparas fundidas o descompuestas.
- Disminución en la brillantez de las lámparas.
- Depreciación del luminario debido al polvo.

**Flujo.-** Cantidad de luz que fluye a través de una superficie en la unidad de tiempo.

**Flujo Luminoso (lúmenes).-** Cantidad de luz comprendida en un ángulo sólido, emitido por una fuente luminosa de una candela (Cd) colocada en el centro de una esfera unitaria.

**Foot-Candle (ft-cd).**- Unidad en el sistema inglés del nivel de iluminación.

**Fulgor.**- Sensación producida por la brillantez dentro del campo visual, cuyo nivel de intensidad es mayor que el de la luminosidad a la que está adaptada el ojo, lo que produce molestias o pérdida de la capacidad visual.

**Iluminación.**- Densidad de flujo de luz que incide sobre una superficie.

**Iluminancia o Nivel de Iluminación.**- Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, y se mide en luxes o ft-cd.

**Lumen.**- Unidad del flujo luminoso que equivale al flujo emitido por un radián sólido de una fuente de luz focal de una candela.

**Luminancia.**- Es la relación entre la intensidad luminosa en cierta dirección, y la superficie vista por un observador situado en la misma dirección.

**Lux.**- Unidad en el sistema internacional del nivel de iluminación. Equivale a la intensidad luminosa de un lumen por  $m^2$ .

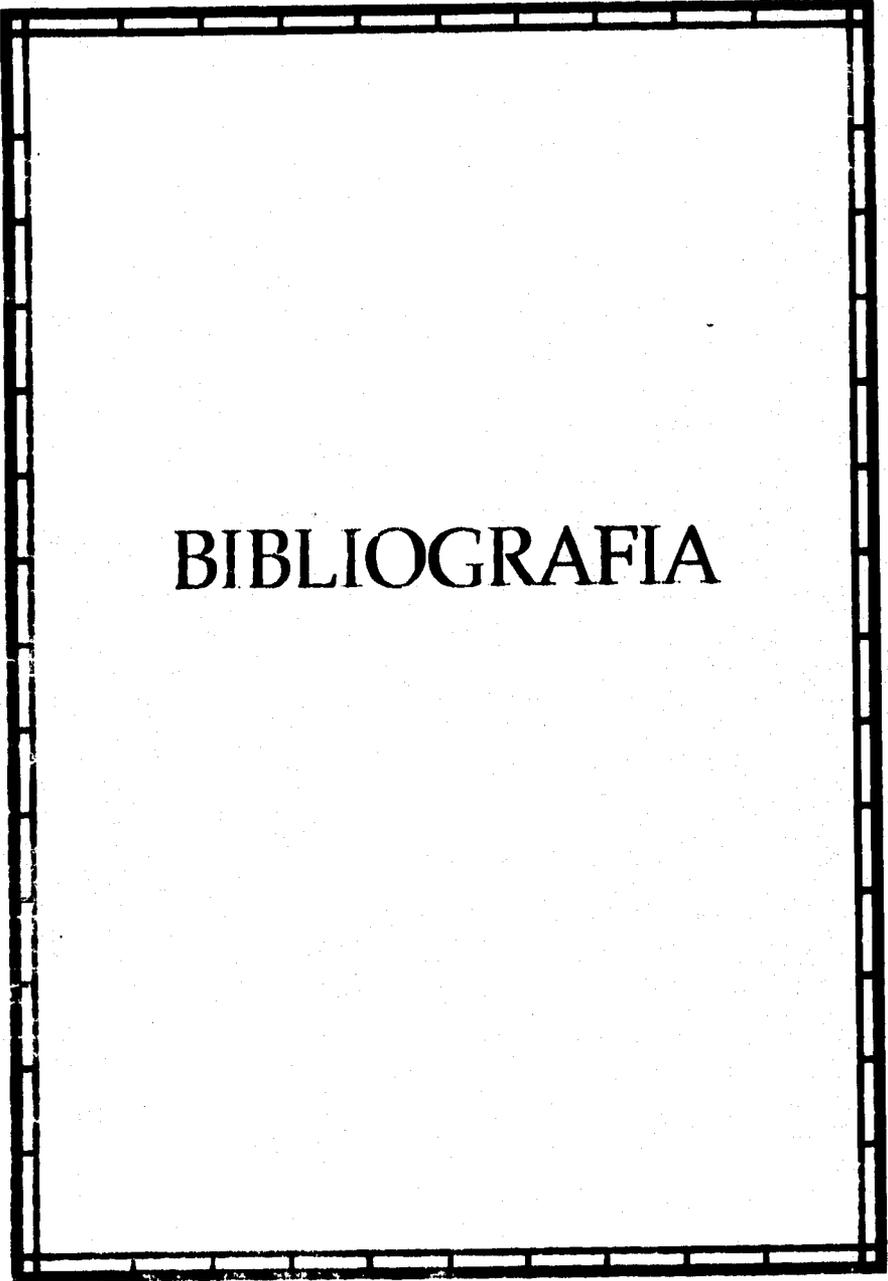
**Luz.**- Radiación que es capaz de estimular el órgano de visión.

**Reflectancia.**- La razón entre la luz reflejada por una superficie, y la luz incidente sobre de ella.

**Reflector.-** Dispositivo que se utiliza para proyectar la luz de una lámpara en la dirección deseada, por medio del proceso de reflexión.

**Reflexión.-** Es el fenómeno por el cual la luz al incidir sobre una superficie cambia de dirección, de manera tal que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

**Refracción.-** Es el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos al pasar de un medio a otro, con diferente densidad.



# BIBLIOGRAFIA

- American Lighting Handbook  
I.E.S.  
8th Edition
- Manual de Alumbrado  
Westinghouse  
Ed. Dossat
- Sistemas de Iluminación Industriales  
John P. Frier  
Ed. LIMUSA
- Alumbrado Urbano  
Emilio Carranza  
Ed. Crouse-Hinds
- Iluminación Interna  
Vittorio Re  
Ed. Marcombo
- Manual de Alumbrado, Philips  
Ed. Paraninfo  
Madrid 1988
- Conceptos de Iluminación Artificial  
OSRAM S.A. de C.V.
- Luz para Interiores y Exteriores  
OSRAM S.A. de C.V.
- Catálogo Condensado  
Holophane de México, S.A. de C.V.
- Optica  
Fulton Smith  
Ed. LIMUSA
- Tesis: Metodología para el Cálculo de Iluminación  
Blanco Pacheco  
F.E.S. - Cuautitlán
- Tesis: Creatividad aplicada al Proyecto de Iluminación  
Salvador Haro Sansen  
I.P.N. 1991
- Voleibol (reglas)  
Editores Mexicanos Unidos  
Diciembre 1991