

11126
49



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**"DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN E
INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN ESTADIO
PARA LA FESCC4"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

PRESENTA:

FERNANDO ESTEBAN LEÓN MARTÍNEZ

ASESOR: ING. CASILDO RODRÍGUEZ ARCINIEGA

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO

2003

I



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

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



DEPARTAMENTO DE
 EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
 P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijare,
 Jefe del Departamento de Exámenes
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted, que revisamos la TESIS:

"Diseño del Sistema de Iluminación e Instalación Eléctrica de un Estadio para la FESC-C4"

que presenta el pasante: Fernando Esteban León Martínez
 con número de cuenta: 9509881-2 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 27 de Octubre de 2003

PRESIDENTE Ing. Eduardo Salas Córdova
 VOCAL Ing. José Antonio López González
 SECRETARIO Ing. Casildo Rodríguez Arciniega
 PRIMER SUPLENTE Ing. Javier Hernández Vega
 SEGUNDO SUPLENTE Ing. José Luis Barbosa Pacheco

A mis Padres y Abuelos, por su apoyo incondicional, por su comprensión y por haber sido siempre ejemplo de compromiso y responsabilidad.

A mis Hermanos, que están siempre a mi lado cuando los necesito.

A Mirella, por tanto amor y sinceridad.

A la UNAM, de quien he recibido gran parte de mi formación profesional.

A todos los que me ayudaron a desarrollar este proyecto, principalmente el Ing. Casildo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

RESUMEN	VI
INTRODUCCIÓN	VII
METODOLOGÍA	VIII
1. MODELADO DEL ESTADIO EN AUTOCAD 3D.	1
1.1. MODELADO DE SUPERFICIES EN 3D.	2
1.1.1. REGIONES.	2
1.2. MODELADO DE SÓLIDOS.	9
1.2.1. EXTRUSIÓN.	9
1.2.2. OPERACIONES BOOLEANAS 3D.	12
1.3. VISUALIZACIÓN EN 3D.	24
1.3.1. VENTANAS GRÁFICAS.	24
1.3.2. VISUALIZACIÓN INTERACTIVA EN 3D.	27
1.3.3. SOMBREADO DE MODELOS.	34
1.4. MODELIZADO EN 3D.	38
1.4.1. EL PROCESO DE MODELIZADO.	38
1.4.2. CREACIÓN DE VISTAS.	40
1.4.3. ENLACE DE MATERIALES	43
1.4.4. CREACIÓN DE LUCES.	49
1.4.5. CREACIÓN DE ESCENAS.	58
1.4.6. GENERACIÓN DE SALIDA.	62
2. SELECCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.	64
2.1. LÁMPARAS Y LUMINARIOS.	65
2.1.1. LÁMPARAS.	65
2.1.1.1. LÁMPARAS INCANDESCENTES.	65
2.1.1.2. LÁMPARAS DE DESCARGA.	66
2.1.2. LUMINARIOS.	69
2.1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS LUMINARIOS.	70

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

2.2. ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.	72
2.2.1. PROYECTORES.	72
2.2.2. ILUMINACIÓN CON PROYECTORES.	74
2.2.3. ILUMINACIÓN EN INSTALACIONES DEPORTIVAS.	75
2.2.3.1. CLASIFICACIÓN DEL ÁREA DE JUEGO.	75
2.2.3.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.	77
2.2.3.3. MÉTODO DE LUMEN MODIFICADO.	78
2.2.4. CÁLCULOS CONVENCIONALES Y POR COMPUTADORA.	85
3. DISEÑO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	111
3.1. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	112
3.2. EL FACTOR DE POTENCIA.	114
3.3. CÁLCULO DE LA CARGA.	115
3.4. SELECCIÓN DE LA SUBESTACIÓN.	117
3.5. ESPECIFICACIÓN DE LOS CENTROS DE CARGA.	124
3.6. SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.	126
3.7. BALANCEO DE FASES.	132
4. ANÁLISIS ECONÓMICO.	136
4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO.	137
4.1.1. INGENIERÍA ECONÓMICA Y ALTERNATIVAS.	137
4.1.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.	138
4.1.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	139
4.1.4. ANÁLISIS ECONÓMICO POR COMPUTADORA.	141
CONCLUSIONES	147
GLOSARIO	148
BIBLIOGRAFÍA	151
APÉNDICE	154

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este trabajo de tesis, en lo referente al sistema de iluminación con proyectores y a la instalación eléctrica, es una recopilación de las notas de la cátedra Instalaciones Electromecánicas que se imparte en la FESC -C4. El modelado en 3D, tiene como base los principios de diseño adquiridos en Dibujo Mecánico. En el análisis económico, se aplican las técnicas asimiladas en Costos y Evaluación Económica.

Desarrollaremos en primera instancia el modelado del estadio en 3D, empleando el programa de diseño asistido por computadora AutoCAD. Con base en las dimensiones del estadio, diseñaremos los sistemas de iluminación que cumplan con los aspectos técnicos del escenario. Para que el proyecto del sistema de iluminación del estadio sea más atractivo, realizaremos una simulación de la iluminación sobre el campo para tener una idea de cómo lucirá el estadio de noche, también simularemos luz de día para ver cómo luce el estadio por la mañana y por la tarde. Aplicando los conocimientos adquiridos en la cátedra de Instalaciones Electromecánicas, calcularemos la carga de los sistemas de iluminación y seleccionaremos el equipo necesario para cada instalación eléctrica. Por último, de acuerdo a los conceptos y técnicas de la Ingeniería Económica haremos un análisis de las alternativas en sistemas de iluminación e instalaciones eléctricas para elegir la más adecuada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Desde mi punto de vista la FESC-C4 debería contar con un estadio Universitario en el que se desarrollen actividades como el Fútbol Americano, Fútbol Soccer y pruebas de Atletismo. Es por ello que se desarrollará un proyecto viable para su construcción futura, que cumpla con las normas requeridas para su instalación eléctrica, que cuente con un sistema de iluminación adecuado para las distintas prácticas y que responda a la demanda de espectadores.

Los temas de los capítulos presentados en las páginas siguientes, en general, se tratan superficialmente, ya que el objetivo que se persigue es presentar en forma didáctica el estudio de la teoría y proyecto de los sistemas de iluminación con proyectores y de las instalaciones eléctricas. Al mismo tiempo, se pretende que los conceptos y técnicas expuestos en el modelado en 3D y el análisis económico, cubran los temas de manera que este trabajo pueda utilizarse como texto para los alumnos de las distintas áreas de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para el modelado del estadio se empleará una de las herramientas más conocidas en el entorno del diseño por computadora, AutoCAD 2002. Se mostrarán algunos de los comandos más utilizados para el modelado en 3D así como sus aplicaciones en este diseño.

Para el sistema de iluminación se utilizan los datos del equipo disponible en el mercado nacional, se proporciona la información pertinente a cada tipo de proyector y se dan instrucciones detalladas de los procedimientos de diseño convencionales y por computadora. En el diseño por computadora se emplean los programas CALAPRO 1.2 y VISUAL 2.2.

Es claro que la demanda de energía en la instalación es muy alta por lo que aplicaremos los conocimientos adquiridos en Instalaciones Electromecánicas para seleccionar una subestación eléctrica que cuente con los elementos o dispositivos capaces de reducir el voltaje de transmisión a otros más convenientes para la distribución.

En el análisis económico, con la ayuda del programa Economic Viewer v1.0, se analizará la inversión inicial y los costos anuales de las alternativas en sistemas de iluminación para seleccionar la más conveniente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MODELADO DEL ESTADIO
EN AUTOCAD 3D

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1. MODELADO DE SUPERFICIES EN 3D.

A los objetos modelados con líneas, se les llama modelos alámbricos. Sin embargo, para crear un verdadero objeto 3D, las superficies deben aplicarse a través o alrededor de las aristas de la malla alámbrica. Luego tales superficies pueden utilizarse para ocultar líneas y otras superficies que se encuentran debajo, en cualquier vista en particular. Las superficies también pueden tener patrones de sombreado e incluso materiales aplicados a ellos para proporcionar objetos de aspecto más real.¹

1.1.1. REGIONES.

Las regiones son objetos especiales, que pueden ocultar objetos detrás de ellas, y es posible aplicarles materiales para después modelarlas. Las regiones no tienen una tercera dimensión y carecen de información en el eje Z. En muchos casos las regiones pueden considerarse como sólidos infinitamente delgados.

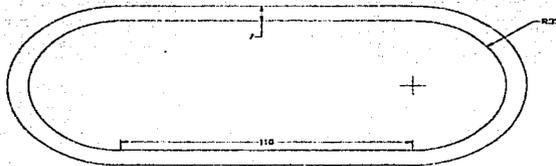
Comenzaremos nuestro diseño creando una región, que representará el campo empastado que alberga las canchas de fútbol Americano y Soccer, a partir de un rectángulo cuyas dimensiones (en metros) se muestran a continuación.



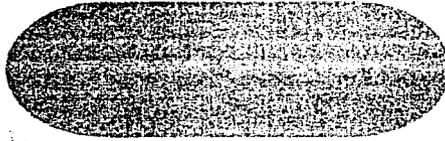
¹ Burchard, Bill. AutoCAD 2000. Prentice Hall 2000, p. 888

Para convertir el rectángulo en una región, escribiremos **region** (región) en la línea de comandos de AutoCAD 2002 versión en inglés (ver figura anterior), cuando se nos pida elegir un objeto, seleccionaremos el rectángulo, al dar fin al comando habremos creado la región correspondiente al campo empastado.

Es el momento de crear la pista de carreras que se ubica alrededor del campo empastado, la cual está formada por dos rectas y dos arcos, cuyas dimensiones se muestran a continuación, la pista tiene una longitud total de 440 m. El perfil exterior de la pista se obtiene utilizando el comando **offset** (compensación) para hacer una copia del perfil original a la distancia requerida. El comando funciona de la siguiente manera, ingresamos **offset** en la línea de comandos, enseguida especificamos la distancia a la cual deseamos hacer la copia (7 m), después seleccionamos los objetos (las dos rectas y los dos arcos) y por último indicamos en cuál lado deseamos que se haga la copia, en esta ocasión elegiremos un punto fuera del perfil, el resultado de esta operación se muestra en la figura siguiente.



Ingresamos **region** en la línea de comandos, en esta ocasión seleccionaremos los objetos dibujados (las cuatro rectas y los cuatro arcos), al terminar el comando habremos creado dos regiones, cuyas fronteras son los perfiles interior y exterior de la pista. Las dos regiones creadas no tienen el aspecto de una pista de carreras (ver figura siguiente), ya que se encuentran empalmadas.



Una forma de solucionar esto, es sustrayendo la región interior de la exterior. Para ello escribiremos **subtract** (sustraer) en la línea de comandos. Se nos pedirá seleccionar el sólido al cual haremos la sustracción (elegimos la región externa), después se nos pedirá seleccionar el sólido a sustraer (elegimos la región interna). Al terminar el comando tendremos una sola región que será la pista de carreras, ver figura siguiente.



Dividiremos la pista en 7 carriles, utilizando nuevamente el comando **offset**. Los carriles estarán divididos por líneas simples, a las que no se les puede asignar un material para modelarlas. Por lo tanto, para obtener los sólidos que simulen las líneas (de 0.1 m de ancho) que dividen cada carril, debemos crear regiones utilizando el procedimiento con el que dibujamos la pista. El resultado final es el siguiente.

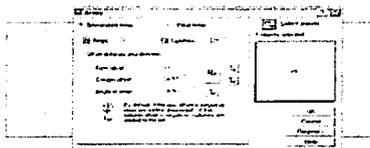


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

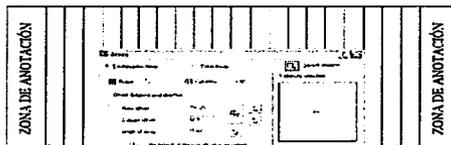
MODELADO DEL ESTADIO

Será muy tardado crear una a una las líneas que aparecen cada de 4.57 m (5 y d) a lo largo de la cancha de fútbol Americano, y aún más las que aparecen cada 0.914 m (1 yd) en el centro y extremos de la misma. Para dibujar las divisiones cada 5 yd, crearemos una región (de 0.1 m de espesor, cuya longitud es el ancho de la cancha y está a 9.14 m del extremo izquierdo) que simule la primer línea de división.

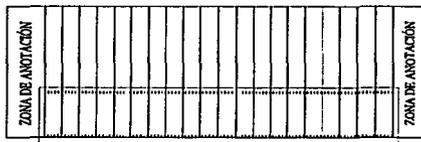
Elaboraremos un arreglo rectangular (de columnas) de la siguiente manera: ingresaremos **array** (arreglo) en la línea de comandos. Se desplegará una ventana, la cual llenaremos con los datos mostrados en la figura siguiente, a continuación oprimiremos el botón **select objects** (seleccionar objetos). La ventana se cerrará para seleccionar la región que creamos anteriormente (ésta aparece punteada en la figura siguiente), al terminar la selección oprimiremos el botón OK y obtendremos todas líneas que dividen el campo de 5 en 5 yd.



El resultado del arreglo anterior se muestra en la figura siguiente. Dibujaremos una región (de 0.1 m de espesor y 0.914 m de largo) a 0.914 m fuera de la zona de anotación, en la esquina inferior izquierda, como se muestra a continuación.



Para crear el resto de las divisiones pequeñas, haremos un arreglo rectangular, de columnas y renglones, utilizando nuevamente el comando **array**. En esta ocasión, llenaremos las casillas de la ventana con los datos de la figura anterior. Seleccionaremos la pequeña región fuera de la zona de anotación y al dar fin al comando, obtendremos lo siguiente.

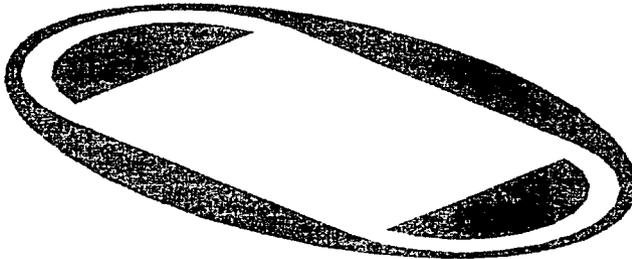


Es obvio que falta la mitad de las divisiones, para obtenerlas ingresaremos **mirror** (espejo) en la línea de comandos. Se nos pedirá seleccionar los objetos, por medio de una ventana elegiremos las regiones dibujadas con el arreglo rectangular (ver figura anterior). Al término de la selección, se nos pedirá especificar los puntos extremos de una línea imaginaria llamada "línea espejo". Auxiliándonos de la herramienta de precisión **midpoint** (punto medio), seleccionaremos los puntos medios de las líneas finales de la cancha. A continuación, se nos preguntará si deseamos borrar los objetos seleccionados con la ventana (**Delete source objects?[Yes/No]<N>**). La opción predeterminada es "no", por lo que sólo presionaremos la tecla "aceptar" para dar fin al comando y así obtener el resto de las regiones que conforman el emparillado.



La forma del estadio será elíptica, por lo que utilizaremos el comando **elipse** (elipse) para dibujar el contorno del pasillo de las gradas del estadio, a nivel de cancha. Las dimensiones de los ejes mayor y menor de la elipse se muestran en la figura anterior.

En la figura siguiente (vista sombreada isométrica SE), observamos que entre el campo empastado y la parte interna de la pista de carreras hay dos espacios de sección circular, que se utilizan para pruebas de atletismo como salto con garrocha o salto de longitud; otro espacio entre la parte exterior de la pista y el pasillo a nivel de cancha, sirve para ubicar a los entrenadores y coordinadores de los equipos participantes, así como a los fotógrafos y jugadores suplentes.



Por medio del comando **region** crearemos lo siguiente: a) un sólido cuya frontera es la elipse dibujada y b) las dos regiones a sustraer (pista de carreras y campo empastado). Debemos crear la pista y el campo nuevamente, ya que si realizamos la sustracción con las regiones dibujadas al principio de este capítulo, estas desaparecerán. Con ayuda del comando **subtract**, sustraeremos las regiones nuevas del sólido elíptico, obteniendo un sólido que simula el piso del estadio, ver figura anterior.

1.2. MODELADO DE SÓLIDOS.

El modelado de sólidos es un método relativamente nuevo que recientemente ha ganado popularidad. Consiste en crear sencillos cuerpos geométricos conocidos como primitivas (prisma rectangular, esfera, cilindro, cono, cuña y toroide), que pueden combinarse para producir sólidos más complejos. Además de las primitivas, contamos con un poderoso comando que produce formas no primitivas, con frecuencia complejas, a partir de curvas 2D cerradas: **extrude** (extruir). Los comandos de modelado de sólidos (**box**, **sphere**, **cylinder**, **cone**, **wedge** y **torus**) son proporcionados por el modelador de sólidos ACIS, este modelador aprovecha la arquitectura de "cargado a solicitud", por lo que sus herramientas sólo son cargadas cuando empleamos los comandos correspondientes. Como resultado, al utilizar por primera vez cualquiera de los diferentes comandos de modelado de sólidos en una sesión de modelado, puede haber un ligero retraso mientras se carga el juego de funciones del modelador.²

1.2.1. EXTRUSIÓN.

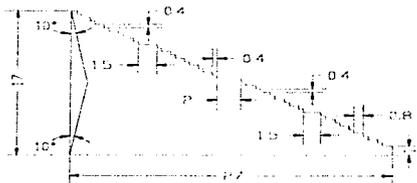
El comando **extrude** es útil para crear objetos que contienen empalmes, chaflanes y otros detalles que serían difíciles de reproducir, excepto en un perfil. Con este comando se puede extruir o dar grosor a ciertos objetos 2D. Podemos extruir a lo largo de una trayectoria o especificar la altura y ángulo deafilamiento o inclinación. Para usarse en extrusiones, los objetos deben ser "cerrados"; dichos objetos pueden incluir caras 3D planas, polilíneas cerradas, círculos, elipses, splines cerradas, arandelas y regi ones. A estos objetos 2D se les conoce como perfiles.

Antes de crear el perfil de las gradas del estadio, por medio de los comandos **region** y **subtract**, dibujaremos una región de 2 m de ancho, que será el pasillo a nivel de cancha (ver figura siguiente).

² Ibidem, p. 914

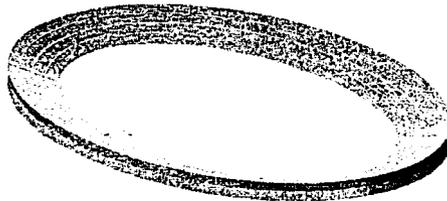


Hasta ahora sólo hemos creado regiones en el plano superior (**top**) de AutoCAD. Para dibujar el perfil de las gradas, moveremos el sistema de coordenadas de la siguiente manera: en la línea de comandos ingresaremos **UCS** (sistema de coordenadas personal), de la lista desplegada elegiremos **orthographic** (ortogonal) y de las opciones siguientes **front** (frontal), con esto ya podremos dibujar en el plano frontal de AutoCAD. El icono **UCS** se verá como en la figura anterior. El perfil consiste en una polilínea cerrada a (**pline**), cuyo punto inferior interno comienza en uno de los cuadrantes de la elipse exterior del pasillo, ver figura anterior. Las dimensiones del perfil se muestran a continuación.



Las gradas están formadas por cuatro secciones (con 5 filas cada una), ver figura anterior. La primera fila está elevada 1 m sobre el nivel de piso para que los espectadores tengan una mejor visión de la cancha. Los pasillos entre secciones son de 1.5 m, a excepción del pasillo central que es de 2 m. El ancho del andador entre filas es de 0.8 m; las dimensiones de los asientos son: 0.4 m de altura, 0.4 m de ancho y 0.4 m de respaldo.

Antes de realizar la extrusión del perfil, debemos analizar lo siguiente: los sólidos extruidos a través de una trayectoria, comienzan en el plano del perfil y terminan en un plano perpendicular al punto final de la trayectoria, además, uno de los puntos finales de la trayectoria debe estar en el plano del perfil. Esto explica por qué dibujamos el perfil en uno de los cuadrantes de la trayectoria elíptica. De no haber dibujado el perfil en este punto, AutoCAD habría movido la trayectoria al centro del perfil, obteniéndose un sólido distinto al requerido.



Para crear el sólido correspondiente al estadio, ingresamos **extrude** en la línea de comandos. Cuando se nos pida elegir un perfil, seleccionaremos el dibujado. A continuación se nos pedirá especificar la altura o trayectoria de extrusión. Ingresaremos **path** (trayectoria) en la línea de comandos, seleccionaremos la elipse exterior del pasillo como la trayectoria de extrusión, el sólido obtenido se muestra en la figura anterior. Los cimientos y las estructuras que soportan el peso del estadio no se dibujan ya que esto corresponde a los cálculos de la obra civil, área que no es de nuestro interés, ya que el modelado del estadio, es sólo para fines ilustrativos.

Con el comando **section** (sección), se puede generar la sección de un sólido sobre un plano seleccionado. Para crear los accesos del estadio, así como las columnas, dibujaremos una región con el comando **section** que representará la sección inferior del estadio. Trabajar con esta sección, será más fácil que hacerlo con las gradas del estadio, debido a que éstas tiene muchas líneas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



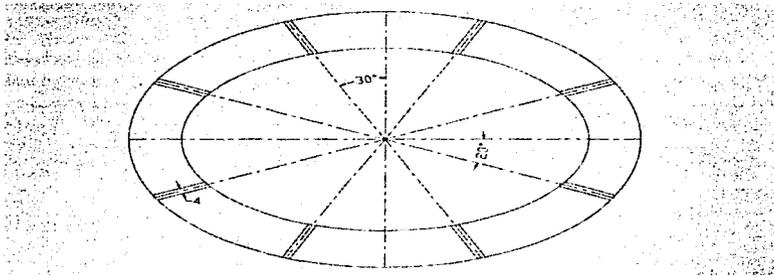
Para obtener una sección, ingresaremos **section** en la línea de comandos. Al pedimos que seleccionemos un objeto, elegiremos las gradas del estadio. De la lista desplegada, tomaremos la opción plano **XY** (el **UCS** debe estar en la opción **top**). A continuación debemos indicar un punto sobre el plano **XY**, en el que se creará la sección. Para obtener la base del estadio, elegiremos cualquier punto medio de la base del mismo, auxiliándonos de la herramienta de precisión **MID POINT**. La región creada se muestra en la figura anterior.

Ingresaremos **explode** (seccionar) en la línea de comandos, seleccionaremos la región creada. Al dar fin al comando, el sólido se convertirá en un objeto alámbrico, con el que se puede trabajar de manera más sencilla.

1.2.2. OPERACIONES BOOLEANAS 3D.

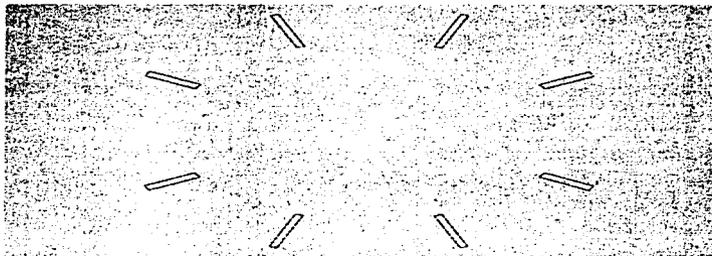
Gran parte del poder del modelado de sólidos se debe al uso de operaciones booleanas. En el primer apartado aprendimos acerca de operaciones booleanas al trabajar con regiones. Estos comandos también funcionan a nivel 3D y nos permiten crear rápidamente objetos complejos a partir de primitivas sencillas. Podemos efectuar tres tipos distintos de operaciones booleanas: unión (**union**), sustracción (**subtract**) e intersección (**intersect**), aunque sólo emplearemos las dos últimas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

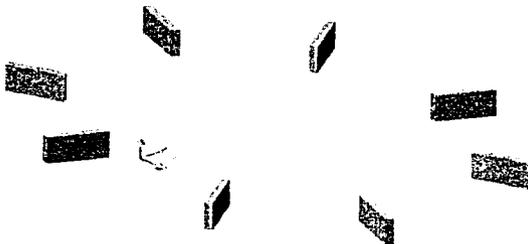


Por medio de los comandos **extend** (extender), **line** (utilizando coordenadas relativas), **offset** y **trim** (cortar), dividiremos las gradas en ocho secciones para obtener los accesos al nivel inferior de las mismas. En la figura anterior (vista superior) se muestran los pasillos de 4 m de ancho, que llegan a la parte baja del estadio. También se indican los ángulos utilizados para seccionar las gradas.

Ingresaremos **trim** en la línea de comandos, se nos pedirá seleccionar los objetos respecto a los que cortaremos (las líneas de los pasillos), después seleccionaremos los objetos a cortar (los arcos entre los pasillos). Debemos obtener objetos como los mostrados a continuación.



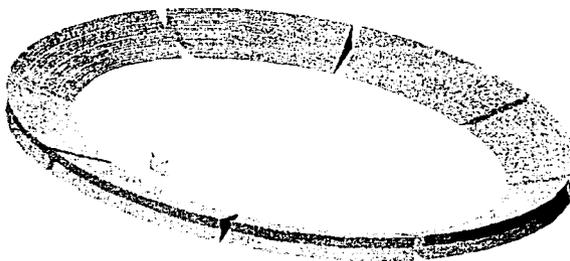
En la figura anterior observamos pequeñas secciones de 4 m de ancho (los pasillos de acceso) que cerraremos con el comando **Polyline Edit (PE)** para extruirlas. Después de ingresar **PE** (edición de polilínea) en la línea de comandos, seleccionamos una de las cuatro líneas que conformarán un perfil, AutoCAD preguntará si deseamos convertir la línea seleccionada en una polilínea, escribiremos **YES** en la línea de comandos. A continuación escribiremos **Join** (unir) y seleccionaremos las tres líneas restantes del perfil. Presionaremos la tecla "aceptar" dos veces y el perfil quedará cerrado. Es te procedimiento debe realizarse con el resto de las secciones.



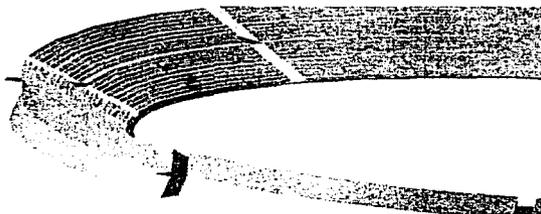
Para extruir los perfiles, ingresaremos **extrude** en la línea de comandos. Seleccionaremos los ocho perfiles cerrados, cuando se nos pregunte la altura de extrusión, indicaremos que es de 17 m. Al finalizar el comando, obtendremos sólidos de 17 m de altura, como los mostrados en la figura anterior.

Para sustraer los sólidos extruidos de las gradas, ingresamos **subtract** en la línea de comandos. A continuación seleccionaremos las gradas como sólido al que se hará la sustracción y los ocho bloques como sólidos a sustraer. Al dar fin al comando, las gradas se verán de la siguiente manera.

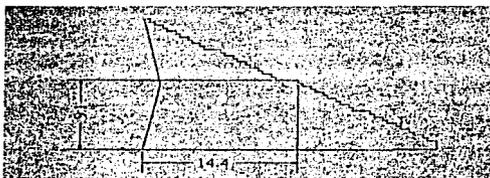
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



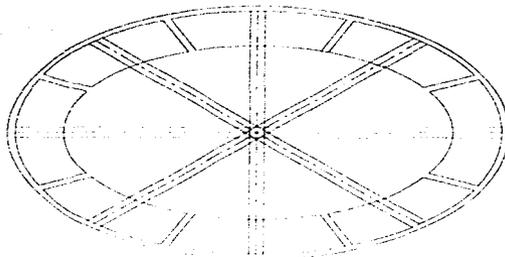
Los accesos a las gradas del estadio serán: por medio de pasillos a nivel de cancha para la sección inferior y por medio de rampas para la superior. De esta manera la entrada y salida de los espectadores será más rápida y cómoda. Las rampas deben llegar a la parte media del estadio, es decir, al pasillo de 2 m de ancho que está a la mitad de las gradas, como lo muestra la figura siguiente.



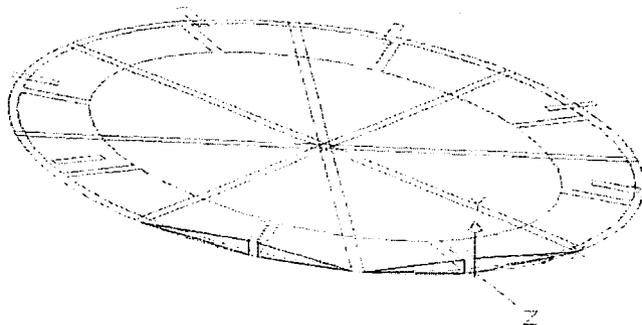
Como lo justifica la figura mostrada a continuación, los pasillos de la sección superior deben estar a 9.1 m sobre el nivel del piso y tener una longitud de 18.4 m, ya que a partir del tramo de 4 m fuera del perfil (ver figura anterior), se unirán las rampas que llegan hasta el piso. El procedimiento para la construcción de las rampas, es similar al que se utilizó para elaborar los accesos inferiores.



Dibujaremos una elipse a 4 m del perfil de la base del estadio (por medio del comando **ellipse**), ésta indicará el ancho de las rampas, ver figura siguiente. En la figura se observan las líneas de centro que van del punto medio de una grada al punto medio de la opuesta y las líneas paralelas que equidistan 4 m a las líneas de centro. Las líneas que tienen una separación de 8 m, marcan el espacio entre el inicio de una rampa y otra.



Para comenzar a crear las rampas que llegan al piso, dibujaremos triángulos, cuya hipotenusa va del punto final del pasillo para la sección superior, a la intersección de una línea auxiliar con la elipse, ver figura siguiente.

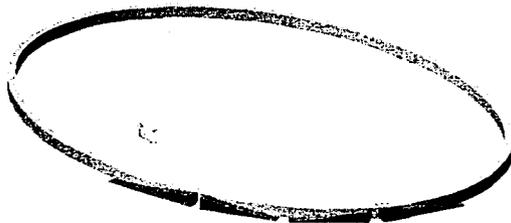


AutoCAD no permite el uso de los comandos **extrude** y **PE** con objetos no paralelos al plano **XY**. Por lo tanto, debemos mover el plano **XY** del **UCS** al plano de cada perfil triangular para poder cerrarlo y extruirlo, para ello, ingresaremos **UCS** en la línea de comandos, de la lista desplegada seleccionamos **NEW** (nuevo), de la lista siguiente elegiremos **3points** (3 puntos). Se nos pedirá especificar el nuevo origen del sistema de coordenadas, seleccionaremos el vértice del ángulo recto del perfil triangular. A continuación indicaremos un punto sobre el que estará el eje positivo **X** (el punto medio del cateto horizontal) y un punto sobre el que estará el eje positivo **Y** (el punto medio del cateto vertical). La nueva orientación del **UCS** se muestra en la figura anterior.

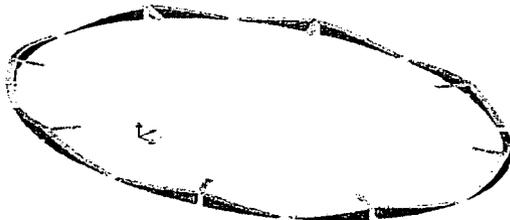


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

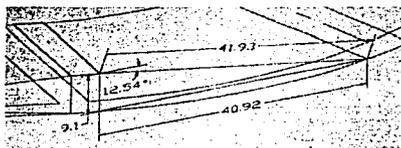
Por medio del comando **PE** cerraremos el perfil triangular y con **extrude** crearemos un sólido triangular cuya longitud es de 10 m en el eje **Z**. A continuación, moveremos el sólido extruido, desde el punto medio de la arista del ángulo recto al origen del **UCS** (ver figura anterior), esto para asegurar la intersección que haremos a continuación. El procedimiento descrito, debe hacerse por lo menos con cuatro triángulos, ver siguiente figura. El resto de los sólidos se obtienen con el comando **mirrór**, tomando como líneas espejo los ejes mayor y menor de la elipse.



El sólido elíptico (de 4 m de espesor y 9.1 m de altura) mostrado en la figura anterior, es obtenido mediante una extrusión y sustracción a partir del perfil exterior de la base del estadio y de la elipse que está a 4 m del mismo. Este sólido, nos servirá para hacer la intersección con los sólidos triangulares.



Para construir las rampas, ingresaremos **intersect** en la línea de comandos, a continuación seleccionamos los sólidos a interceptar (los triangulares y el elíptico). Al dar fin al comando, obtendremos las rampas de forma elíptica, ver figura anterior. La curvatura de las rampas hará que la parte exterior del estadio no pierda su forma. Las dimensiones (en metros) de cada rampa se muestran a continuación. Podríamos pensar que las rampas son muy largas (41.93 m), pero al observar el ángulo de inclinación (12.54°) nos damos cuenta que al construirlas más cortas el asenso requerirá un esfuerzo mayor, debido a que la pendiente aumentará.

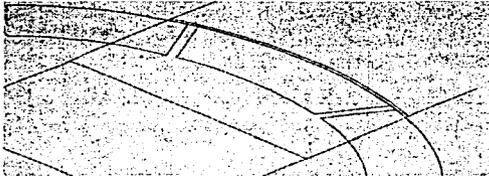


A continuación se muestra la colocación típica de los proyectores en postes con canastillas de alto montaje. En nuestro diseño, los proyectores serán colocados en una estructura de sección circular montada sobre columnas. Esto nos permitirá conservar la forma elíptica del estadio.

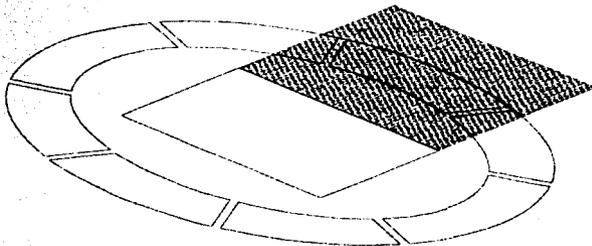


Para comenzar a construir la estructura de montaje para los proyectores, debemos cerciorarnos que el UCS se encuentre en la opción **orthographic/top** (ortogonal/superior) y a continuación trazar dos líneas auxiliares, tomando como inicio la esquina del campo

empastado y extendiéndolas más allá de las gradas (ver figura siguiente). Las intersecciones obtenidas nos servirán para dibujar un arco (utilizando **arc 3 points**, arco en 3 puntos), que va de una intersección a la otra y pasa por el punto medio de la grada central, ver figura siguiente.



Por medio del comando **offset** dibujaremos otro arco que dista 1 m del primero (ver figura anterior), con esto quedará indicado el ancho de la estructura. Por medio del comando **array** elaboraremos un arreglo rectangular de 121 líneas, con un espaciamiento de 1 m, ver figura siguiente.



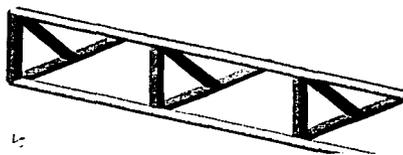
Auxiliándonos del comando **trim**, cortaremos los extremos de las líneas del arreglo, de manera que sólo quede la pequeña sección entre los arcos, ver figura siguiente (acercamiento del perfil).



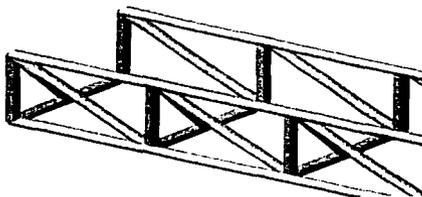
Cada una de las líneas dibujadas servirá como trayectoria de extrusión para el perfil circular con el que se presume será construida la estructura. Moviendo el UCS a la posición derecha (**right**), se dibujarán circunferencias (de 15 cm de diámetro) en los extremos de cada línea. Las circunferencias serán extruidas a lo largo de cada recta formando el piso de la estructura, ver figura siguiente. Los huecos entre tramos de perfil serán cubiertos con una malla que será tendida a lo largo del piso de la estructura.



En cada intersección de la parte interna del piso construiremos postes de 80 cm de altura, sobre los que colocaremos los proyectores. Debido al peso de cada proyector, se considera reforzar la estructura con soportes para cada uno de los postes, éstos irán desde la parte superior de los mismos hasta la tercera parte de cada tramo sobre el piso (ver figura siguiente). La longitud de cada soporte es de 94 cm. Para crear los sólidos requeridos, se utiliza el procedimiento con el que se construyó el piso de la estructura. Mediante el comando **copy** (copiar), construiremos la parte superior interior, tomando como objeto a copiar la sección interna inferior del piso. El resultado de las operaciones anteriores se muestra en la figura siguiente. Observemos que el **UCS** se encuentra en la opción **orthographic/right** (ortogonal/derecha).



Para que la estructura sea más fuerte, se recomienda añadir tramos de perfil que van desde la parte superior de un poste a la base del siguiente. La estructura está abierta en la parte posterior, lo que la hace poco segura para quién trabaje en ella, por lo tanto, cerraremos la estructura con una sección similar a la frontal superior. Copiaremos las partes necesarias mediante el comando **copy**. La longitud aproximada de la estructura es de 122.2 m, un acercamiento de ésta se muestra a continuación. Cabe aclarar que la estructura se modeló con esta forma y dimensiones sólo para fines ilustrativos, ya que se pretende que una compañía especializada en diseño de estructuras presente un estudio completo para su construcción.

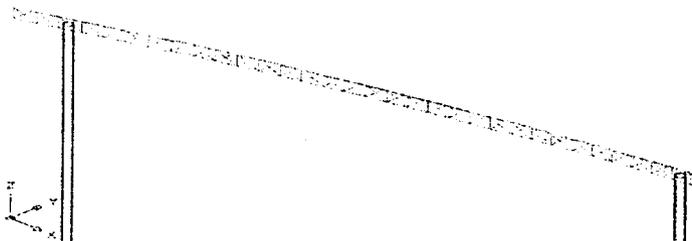


Por medio del comando **move** (mover), desplazaremos la estructura (que hemos dibujado sobre el piso) 47.2 m en sentido vertical. Ingresaremos **move** en la línea de comandos, se nos pedirá seleccionar los objetos a desplazar, elegiremos la estructura. A continuación especificaremos el punto base del desplazamiento, cualquier punto sobre el piso de la estructura. Finalmente, por medio del puntero indicaremos el sentido del desplazamiento e ingresaremos la longitud del mismo en la línea de comandos.

Las columnas sobre las que se montarán las estructuras, comenzarán a partir de la fila más alta del estadio para aprovechar los 17 m que éstas tienen sobre el nivel de la cancha, pues la altura mínima de montaje para los proyectores es de 48 m (como lo justifican los cálculos efectuados en el siguiente capítulo), de esta manera sólo tendremos que elevar la estructura 30.2 m por encima de las gradas.

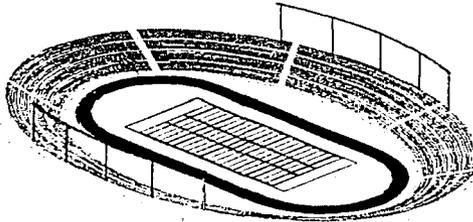
Construiremos 5 columnas para sostener cada estructura. En esta ocasión no podemos hacer un arreglo polar ni rectangular para dibujar las columnas, ya que éstas no quedarían bajo la estructura. Por lo tanto, nos apoyaremos en las herramientas de precisión y en el espaciamiento de 1 m que tienen los postes de la canastilla para ajustar la distancia entre columnas.

Construiremos la primera columna por medio del comando **cylinder** (cilindro), a 2.0 m de la orilla de la estructura. Las columnas tendrán 29.55 m de separación (ver figura siguiente), por lo que sobrarán 2.0 m de estructura en el otro extremo. El uso del comando **cylinder** es muy sencillo, sólo debemos especificar el centro, el diámetro (3.0 m), la dirección y la longitud del cilindro (30.2 m). El diámetro seleccionado para las columnas es sólo para propósitos ilustrativos, recordemos que en este trabajo no se realizarán cálculos de ingeniería civil, debido a que éstos no son parte de nuestra área de trabajo.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por medio del comando **mirrar**, obtendremos las columnas y la estructura para el lado opuesto, tomando como extremos de la línea de espejo los puntos medios de los lados cortos del campo empastado. En la figura siguiente, se aprecia el estadio en 3D como un modelo alámbrico. La razón por la que no se analiza la construcción del estadio, es porque se pretende contratar a una empresa dedicada a los proyectos de obra civil.



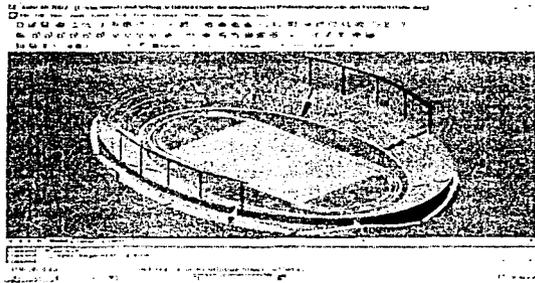
1.3. VISUALIZACIÓN EN 3D.

Al dibujar los objetos en 3D, se elimina la necesidad de visualizarlos mentalmente (como lo hacemos al crear representaciones bidimensionales de objetos tridimensionales reales), pues la información 3D está incluida en el dibujo. Con el dibujo y diseño en 3D podemos cambiar el punto de vista para ayudarnos a definir la forma del objeto, y además, podemos tener vistas sombreadas y modelizadas del mismo.³

1.3.1. VENTANAS GRÁFICAS.

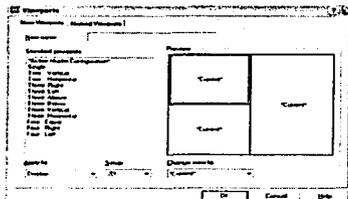
La capacidad de tener ventanas gráficas es útil cuando trabajamos en 3D. Esto nos ofrece diferentes vistas del modelo y facilita el despliegue y edición del mismo. Además de ofrecer una vista distinta, cada ventana puede tener un **UCS** distinto.

³ Ibidem, p. 843

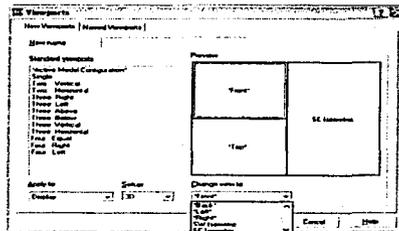


Otra importante característica que nos ayuda con el trabajo en 3D es la capacidad de desplegar simultáneamente más de una ventana en el espacio modelo, donde, por lo general, se despliega una sola ventana gráfica (ver figura anterior) que ocupa toda el área de dibujo. Sin embargo, podemos dividir el área de dibujo en varias ventanas. En el espacio modelo, estas ventanas se acomodan como rectángulos adyacentes, de manera similar a la s losetas de un piso.

La forma en que organizamos las ventanas y lo que queremos ver en cada una, se define en el cuadro de diálogo viewports (ventanas gráficas). En la línea de comandos ingresamos **+vports**, aparecerá **tab index <0>**, daremos "aceptar" e in mediatamente se abrirá el cuadro de diálogo mostrado a continuación.

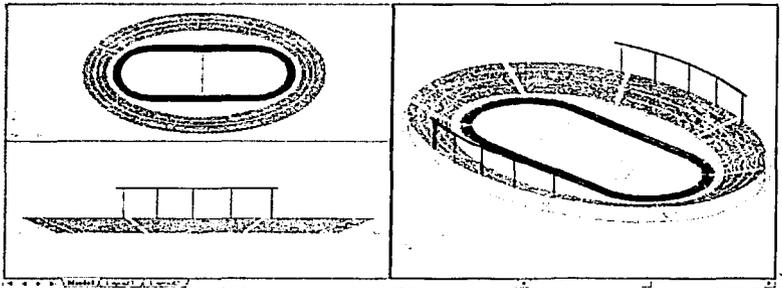


En el lado izquierdo del cuadro, vemos los distintos arreglos para las ventanas gráficas: ventana simple (**single**), 2 ventanas en forma vertical, 2 horizontal, 3 a la derecha, 3 izquierda, 3 superior, 3 inferior, 3 vertical, 3 horizontal, 4 ventanas iguales, 4 a la derecha y 4 a la izquierda. Al seleccionar **three: right** (3 a la derecha), obtendremos un arreglo como el que se muestra en la sección **preview** (vista previa), ver figura anterior. Observamos que cada una de las ventanas tiene la leyenda **current** (vista actual), por lo que en todas veremos lo mismo.



Al cambiar la opción 2D a 3D del recuadro **setup** (configuración), las opciones de **change view to** (cambiar vista a) serán distintas a **current** y las ventanas en **preview** tendrán las leyendas **front** (frontal), **top** (superior) y **SE isometric** (isométrico SE), ver figura anterior. Para cambiar las opciones, debemos hacer clic en la ventana que deseamos cambiar. Seleccionaremos la ventana con la leyenda **front**, a continuación elegiremos alguna de las opciones que el recuadro **change view to** nos ofrece (seleccionaremos **top**). Cambiaremos el valor de la ventana inferior, de **top** a **front**. Al dar clic en el botón OK, la ventana **viewports** se cerrará y el área de dibujo de AutoCAD se verá como en la figura siguiente. Para no cambiar los arreglos predeterminados de AutoCAD cada vez que abrimos un dibujo, podemos guardar los que personalizamos, para ello debemos ingresar un nombre en la casilla **new name** (nombre nuevo) y hacer clic en OK. Los arreglos personalizados pueden seleccionarse en la pestaña **named viewports** (ventanas personalizadas) del cuadro de diálogo **viewports**.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

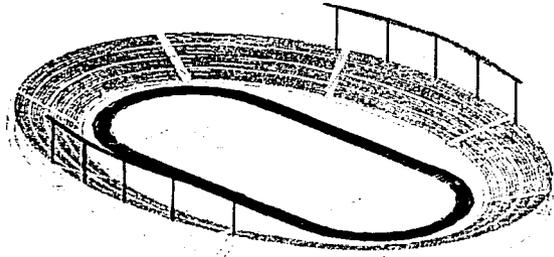


Cuando se realizan cambios del modelo en una ventana, estos se ven reflejados en las otras. Cada ventana gráfica es en gran medida independiente de las demás, ofreciéndonos una gran flexibilidad en la visualización y edición de nuestros modelos. Por ejemplo, en cada ventana gráfica podemos efectuar, independientemente de las demás, desplazamiento y acercamiento (**zoom**), ajustes en la distancia de la cuadrícula (**grid**) y control de visibilidad y ubicación del **UCS**.

1.3.2. VISUALIZACIÓN INTERACTIVA EN 3D.

Mientras que la multiplicidad de ventanas nos ofrece útiles vistas estáticas de un modelo 3D, el comando **3D orbit** (órbita 3D) nos permite observar un modelo 3D de manera interactiva. Cuando el comando **3D orbit** (del menú **view**) está activo, podemos manipular la vista con el ratón, así como observar el modelo desde cualquier punto en el espacio 3D.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Cuando ingresamos **3dorbit** en la línea de comandos, aparece una circunferencia sobre la vista actual del modelo, la cual se divide en cuatro cuadrantes indicados mediante circunferencias más pequeñas, ver figura anterior. El centro de la circunferencia representa el objetivo, que permanece fijo. Conforme manipulamos la vista, la cámara o punto de vista se mueve alrededor del objetivo según coloquemos el dispositivo de señalización (puntero del ratón). Sólo tenemos que hacer clic y arrastrar para girar la vista. Veremos distintos iconos dependiendo de la posición del cursor con respecto a la circunferencia. Podemos efectuar cuatro movimientos básicos:

1. Al colocar el cursor dentro de la circunferencia, aparece una pequeña esfera rodeada por dos elipses con flechas. Cuando este icono está activo podemos manipular libremente la vista en todas direcciones.
2. Cuando colocamos el cursor fuera de la circunferencia, aparece una flecha circular alrededor de una esfera. Cuando este cursor está activo, al hacer clic y arrastrar con movimiento vertical, la vista se moverá en torno a un eje que se extiende por el centro de la circunferencia y es perpendicular a la pantalla.

3. Al colocar el cursor sobre una de las pequeñas circunferencias que hay en ambos lados de la circunferencia mayor, aparecerá una elipse horizontal que rodea una esfera. Cuando este icono está activo, al arrastrar, la vista girará en torno al eje vertical que pasa por el centro de la circunferencia. Este eje está representado por la línea vertical en el icono del cursor.

4. Si colocamos el cursor sobre una de las pequeñas circunferencias de los extremos superior o inferior, aparecerá una elipse vertical alrededor de una esfera. Al arrastrar con este icono, giraremos la vista en torno al eje horizontal que pasa por el centro de la circunferencia. Este eje está representado por la línea horizontal en el icono del cursor.

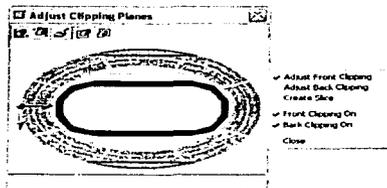
Estos cuatro modos de movimiento nos permiten ver el modelo desde cualquier posición. Al usar cualquiera de los modos, menos el de movimiento libre, el movimiento se restringe a un eje.

Al hacer clic con el botón derecho del ratón, cuando **3D orbit** se encuentra activo, se despliega el menú contextual de **3D orbit**, que cuenta con las siguientes opciones, ver figura siguiente: **exit** (salir), **pan** (encuadre), **zoom** (acercamiento), **orbit** (órbita), **more** (más: órbita continua, planos delimitadores, etc.), **projection** (proyección: paralela o en perspectiva), **shading modes** (opciones de sombreado: estructura alámbrica, oculta, plana, etc.), **visual aids** (ayudas visuales: brújula y rejilla 3D), **reset view** (restablecer vista original) y **preset view** (vistas predefinidas: ortogonales e isométricas).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Con el menú contextual, podemos establecer planos delimitadores en la vista **3D orbit**. Al usar planos delimitadores, los objetos o porciones de éstos que crucen por un plano delimitador desaparecerán de la vista. Los planos delimitadores se ajustan de manera interactiva en la ventana **adjust clipping planes** (ajuste de planos delimitadores) mostrada a continuación.



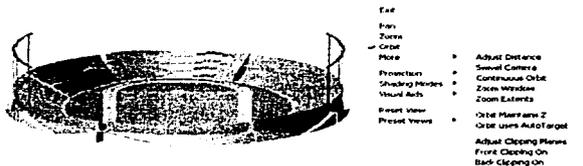
Para desplegar esta ventana debemos abrir el menú contextual y seleccionar **moreadjust clipping planes** (másajuste de planos delimitadores). La ventana muestra dos planos delimitadores, el frontal y el posterior. Estos planos están representados por líneas horizontales que inicialmente están sobrepuestas. Para seleccionar el plano delimitador que deseamos ajustar, activar o desactivar, usamos los botones de la barra de herramientas de la ventana o las opciones del menú que se muestran en la figura anterior, las opciones son:

- **Front clipping on** (delimitador frontal activo). Activa y desactiva el plano delimitador frontal.
- **Back clipping on** (delimitador posterior activo). Activa y desactiva el plano delimitador posterior.
- **Adjust front clipping** (ajuste de delimitador frontal). Ajusta el plano delimitador frontal. La línea más cercana a la parte inferior de la ventana indica el plano frontal, ver figura anterior. Si el delimitador frontal está activo, al subir o bajar el plano podremos apreciar los cambios en la pantalla principal de **3D orbit**.

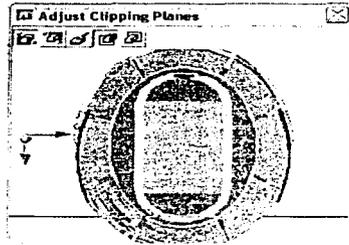
- **Adjust back clipping** (ajuste de delimitador posterior). Ajusta el plano delimitador posterior. La línea más cercana a la parte superior de la ventana indica el plano posterior, ver figura anterior. Si el delimitador posterior está activo, al mover el plano hacia arriba o hacia abajo veremos los resultados en la pantalla principal de **3D orbit**.
- **Create slice** (crear corte). Al activar esta característica, los planos delimitadores frontal y posterior se mueven juntos manteniendo su separación actual, creando una rebanada de los objetos que quedan entre ambos planos. Si los delimitadores frontal y posterior están activos, el corte se desplegará en la pantalla de **3D orbit**.

Podemos establecer planos delimitadores desde cualquier vista **3D orbit**, pero para obtener resultados más efectivos, debemos emplear vistas ortogonales como la lateral y la frontal. Sólo es posible ajustar un plano delimitador a la vez, excepto en la opción **create slice**.

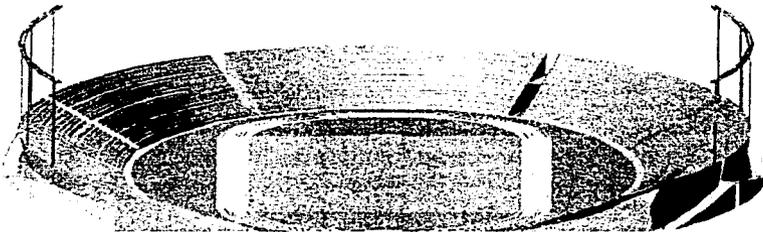
Como ejemplo, ajustaremos los planos delimitadores de nuestro modelo en **3D orbit** (órbita 3D). En la barra de herramientas de AutoCAD, haremos clic en el icono **right view** (vista derecha). A continuación activaremos **3D orbit** (órbita 3D), haremos clic en el círculo superior y arrastraremos hacia abajo hasta obtener una vista similar a la de la figura siguiente.



Con **3D orbit** aún activo, desplegaremos el menú contextual para ajustar los planos delimitadores, ver figura anterior.



En la ventana **adjust clipping planes**, haremos clic en el botón **front clipping on/off** para encender el plano frontal y en el botón **adjust front clipping** para ajustar el plano frontal como se muestra en la figura anterior. Para ajustar el plano sólo tenemos que hacer clic y arrastrar la línea inferior al punto deseado. Observemos que en la ventana de ajustes el modelo gira 90° mientras que en el área de dibujo se muestra sólo la parte del modelo que queda detrás del plano delimitador frontal, ver figura siguiente.

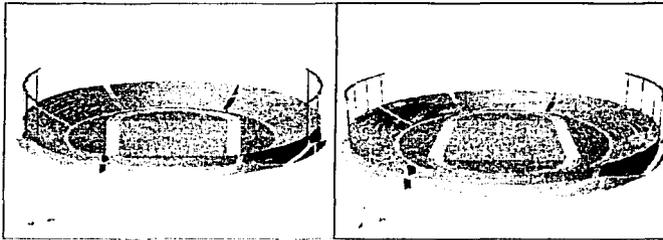


Mediante los planos delimitadores y los modos de sombreado de **3D orbit**, podemos crear vistas de nuestros modelos nuevas e informativas. Estas vistas delimitadas o cortadas permanecen al salir de **3D orbit**. El menú contextual de **3D orbit** nos ofrece una manera rápida de desactivar los planos delimitadores frontal y posterior antes de salir del comando. Estando activo el comando **3D orbit** podemos ejecutar un movimiento continuo alrededor de nuestro modelo. Los estudios de movimiento continuo pueden ofrecer información sobre la estructura y las relaciones geométricas que serían menos aparentes en vistas estáticas.

Para activar **continuous orbit** (órbita continua), del menú contextual seleccionaremos **more|continuous orbit** (más|órbita continua). El cursor se convertirá en una pequeña esfera rodeada por dos elipses. Para iniciar el movimiento de órbita continua, debemos hacer clic sostenido, arrastrar con el ratón en la dirección deseada y soltar. El modelo tendrá movimiento continuo en la dirección indicada. Si deseamos cambiar la dirección de la órbita continua, basta con hacer clic, arrastrar en otra dirección y soltar. Para detener la órbita en cualquier momento sin salir de **3D orbit**, sólo haremos clic sin mover el cursor.

La velocidad con la que hacemos el arrastre determina la velocidad del movimiento de órbita. Si nuestro modelo es muy complejo o nuestro **CPU** no es muy eficiente, debemos hacer movimientos de órbita lentos para obtener resultados más suaves y libres de irregularidades. Con frecuencia, las órbitas ofrecen resultados más realistas cuando se usa el modo de proyección en perspectiva.

Para cambiar el tipo de proyección, de paralela a perspectiva (estando en **3D orbit**) debemos desplegar el menú contextual y seleccionar **projection|perspective** (proyección|perspectiva). La comparación entre un modelo en proyección paralela (ventana izquierda) y uno en perspectiva (ventana derecha) se muestran a continuación.

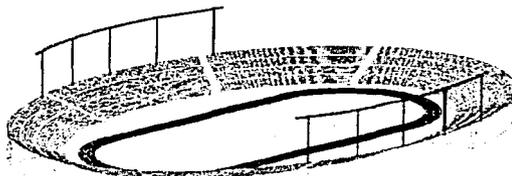


1.3.3. SOMBREADO DE MODELOS.

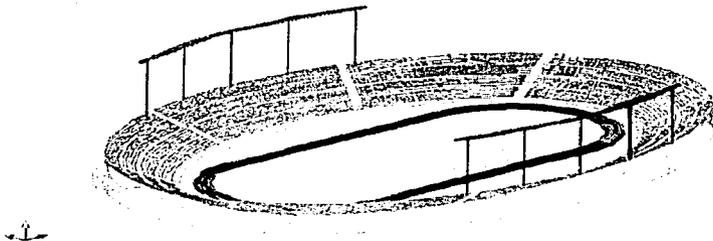
El comando **shademode** (modo sombra) nos ofrece las opciones de sombreado y eliminación de líneas ocultas, dichas opciones también están disponibles en el menú contextual de **3D orbit**. Los modos de sombreado que nos ofrece **shademode** emplean una fuente de luz fija ubicada detrás de nosotros, que pasa por nuestro hombro izquierdo.

A continuación veremos los distintos sombreados que se obtienen después de ingresar **shademode** en la línea de comandos y seleccionar alguna de las opciones:

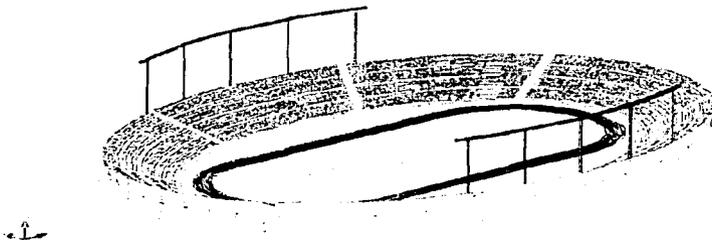
- a) **2D wireframe** (estructura alámbrica 2D). Despliega el modelo empleando líneas y curvas para representar los límites. Es el modo de visualización predefinido para los objetos 2 y 3D.



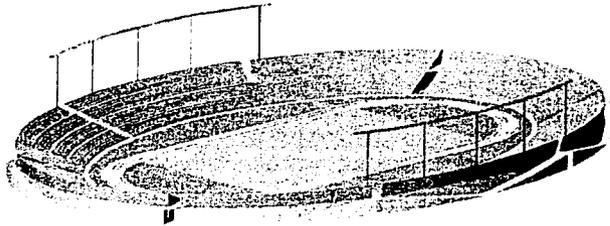
- b) **3D wireframe** (estructura alámbrica 3D). Es igual a la anterior, pero despliega el icono de sistema de coordenadas 3D.



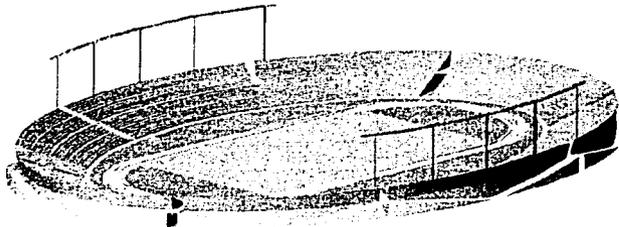
- c) **Hidden** (oculto). Igual a estructura alámbrica 3D, pero oculta las líneas que representan las caras posteriores. Similar a los resultados que obtenemos con el comando **hide** (ocultar).



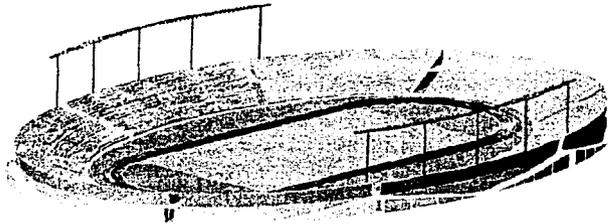
- d) **Flat** (plano). Sombrea las caras poligonales de los objetos. Nos ofrece una apariencia más plana y menos suave que el sombreado gouraud.



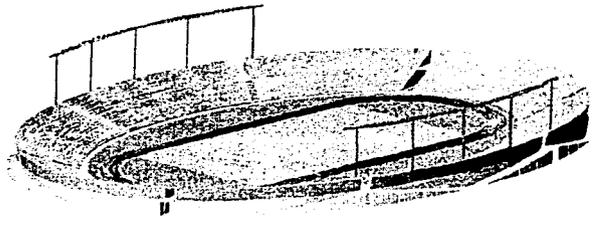
- e) **Gouraud.** Sombrea los objetos y suaviza las aristas entre caras. Produce una apariencia más suave y realista.



- f) **Flat+Edges** (plano+aristas). Combina las opciones de sombreado plano y estructura alámbrica. Los objetos aparecen sombreados y muestran su estructura alámbrica.



- g) **Gouraud+Edges** (gouraud+aristas). Combina las opciones gouraud y estructura alámbrica. Los objetos aparecen sombreados con el modo gouraud y muestran su estructura alámbrica.



Cabe mencionar que al regenerar un modelo no se afecta el sombreado. Podemos editar modelos sombreados seleccionándolos de manera usual. Si seleccionamos un objeto sombreado, su estructura alámbrica y sus pinzamientos aparecerán encima del sombreado. Podemos guardar un dibujo en el que los objetos están sombreados y, cuando volvamos a abrirlo, el sombreado seguirá ahí. Si salimos de **3D orbit** estando activo un modo de sombreado, la única manera de cambiar a un modo distinto o regresar al modo estándar de estructura 2D es usando el comando **shademode**.

1.4. MODELIZADO EN 3D.

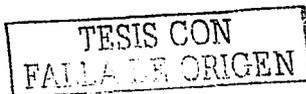
Hasta ahora hemos explorado varios métodos para modelar en tres dimensiones. Para producir una imagen del modelo, probablemente debemos modelizarlo. El modelizado es un proceso en el cual asignamos materiales a las superficies de los objetos tridimensionales y creamos luces para iluminarlos. Este proceso es generalmente muy directo, pero, para producir buenos resultados, tal vez necesitemos experimentar un poco.⁴

1.4.1. EL PROCESO DE MODELIZADO.

El proceso de modelizado se lleva a cabo después de haber construido un modelo tridimensional. En general podemos seguir el proceso descrito a continuación para modelar escenas:

- 1.-Se crea una vista de la escena. La mayoría de las vistas de AutoCAD son ortogonales o isométricas. Para darle mayor realismo, debemos crear una vista en perspectiva.
- 2.-Después de establecer la perspectiva, debemos asignar los materiales a la escena. Un material es un conjunto de atributos de superficie que describen la manera en que la superficie lucirá al momento del modelizado.
- 3.-Después de aplicar los materiales, debemos crear luces, ya que sin ellas no habrá iluminación ni sombras que agreguen realismo.
- 4.-Después de crear las luces, comenzamos con las escenas. Aquí es donde nos aseguramos de que los materiales, las luces y la geometría son los correctos. Podemos crear docenas de escenas antes de lograr la apariencia deseada.

⁴ Ibidem, p. 943



5.-Configuramos el modelizado final en trazo de rayos fotográficos y lo guardamos en un archivo de mapa de bits para impresión o uso externo a AutoCAD.

Estos son los pasos básicos para crear un modelizado. Más adelante describiremos cada uno de ellos.

La línea de demarcación entre el sombreado y el modelizado es más o menos arbitraria. Los modos de sombreado disponibles con el comando **shademode** son considerados como modelizados simples porque las superficies de un modelo son representadas como aparecerían con una sola fuente de luz. El comando **render** (modelizar), en cambio, comienza donde el sombreado simple termina, ofrece la posibilidad de aplicar material es a las superficies para proporcionar varios tipos de iluminación y para producir sombras realistas. Los tres niveles de modelizado son los siguientes:

- 1.-**Render** (modelizado normal). El modelizado básico es el paso lógico subsecuente al modo **gouraud** de sombreado ofrecido por los comandos **Shademode** y **3D orbit**. El modelizado tiene la ventaja adicional de permitimos asignar materiales a las superficies. Podemos asignar materiales como ladrillo, cromo o madera a objetos del modelo por capa, por color o por objeto. Además podemos agregar cualquiera de los tres tipos de fuentes de iluminación a la escena. Sin embargo, en este modo, las fuentes de luz no son capaces de crear sombras.
- 2.-**Photo real** (fotorrealístico). Incluye todas las capacidades del modo normal y agrega la posibilidad de producir sombras y usar mapas de bits para los materiales.
- 3.-**Photo raytrace** (trazado de rayos fotográficos). Produce modelizados más realistas, agrega la capacidad de generar reflejos, efectos de refracción y sombras con detalles.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.4.2. CREACIÓN DE VISTAS.

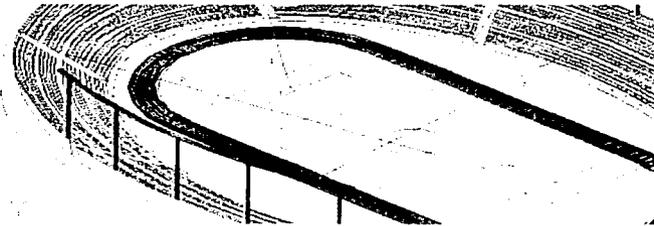
Establecer una vista atractiva e incluso dramática del modelo es uno de los pasos decisivos para un modelizado efectivo, ya que puede ser la diferencia entre un modelizado de aspecto regular y uno realmente memorable.

La capacidad de **3D orbit** para cambiar dinámicamente el punto de vista en tiempo real es muy útil porque nos proporciona una buena idea de las relaciones espaciales del modelo. Pero para el modelizado final necesitaremos más control sobre el punto de vista. Tal flexibilidad nos la ofrece el comando **dview** (vista dinámica). Al igual que **3D orbit**, **dview** nos permite ver el modelo desde una proyección en perspectiva, lo cual casi siempre es preferible ya que es la forma en que vemos los objetos en el mundo real. Además **dview** nos permite establecer y ajustar con precisión factores como la distancia entre la cámara y el sujeto, así como la profundidad de campo.

Para especificar una vista en perspectiva, debemos conocer dos cosas:

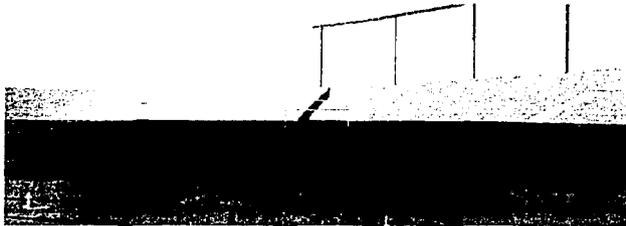
- 1.- La ubicación de la cámara, es decir, el sitio en el modelo desde donde veremos la escena.
- 2.- La ubicación del objetivo, la localización en el modelo de lo que deseamos ver.

Tan pronto como queden establecidos estos puntos, podremos ajustar la perspectiva hasta que ésta nos satisfaga. Después de que configuremos la vista, utilizaremos el comando **View** (vista) para guardar la vista de manera que no tengamos que recrearla posteriormente.



Dibujaremos tres trayectorias de mira, ver figura anterior, cada una parte de la ubicación de la cámara (**camera point**) y termina en un objetivo (**target point**). La primera línea, simula que una persona entra por uno de los accesos inferiores y mira a través de la portería (trayectoria 1). La segunda, que alguien entra por uno de los accesos superiores y voltea hacia el área grande de la cancha de fútbol (trayectoria 2), y la tercera, que un espectador se encuentra sentado en la última fila de la grada central y mira al otro lado de la pista de carreras (trayectoria 3).

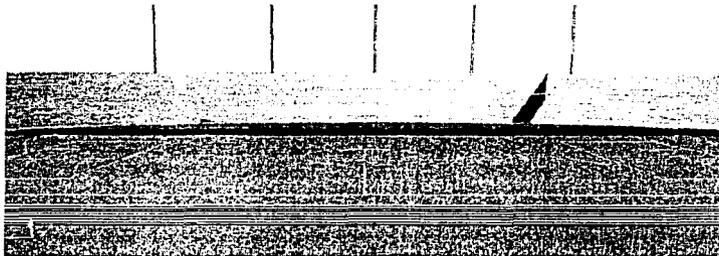
Para crear cada una de las vistas en perspectiva utilizando las trayectorias anteriores, haremos lo siguiente: ingresaremos **dview** en la línea de comandos. Se nos pedirá especificar un objeto, seleccionaremos la trayectoria 1. Desaparecerán todos los objetos del modelo, excepto la línea seleccionada. De la lista desplegada, tomaremos la opción **points** (puntos), con la que especificaremos la ubicación de la cámara (punto final de la trayectoria 1, lado del acceso inferior) y la del objetivo (punto final de la trayectoria 1, lado de la portería). Aparecerá otra lista de opciones, tomaremos **distance** (distancia), oprimiremos la tecla "enter" para aceptar la distancia predeterminada entre la cámara y el objetivo. En la siguiente solicitud seleccionaremos **zoom** y especificaremos una distancia focal (magnitud que separa el centro de la lente de la imagen que se forma cuando ésta se ajusta al infinito) de 30 mm. Al dar fin al comando, obtendremos una vista del modelo como la mostrada en la figura siguiente.



La figura siguiente muestra la vista en perspectiva de la trayectoria 2. La ventaja de usar el método de trayectoria de mira con el comando **dview**, es que tenemos el control total sobre el punto de vista. El ajuste preciso de la distancia, profundidad de campo y ubicación de objetivo y dirección facilitan la configuración precisa de la vista.



Debemos tener cuidado al ajustar la distancia entre la cámara y el objetivo. Por ejemplo, en la trayectoria 3, al incrementar la distancia usando la opción **distance** del comando **dview**, podemos especificar el emplazamiento de la cámara en un punto detrás de las gradas. Esto producirá un modelizado en el cual la cancha y la pista de carreras estarán ocultas, ya que sólo veremos las gradas. La vista en perspectiva de la trayectoria 3 se muestra a continuación.

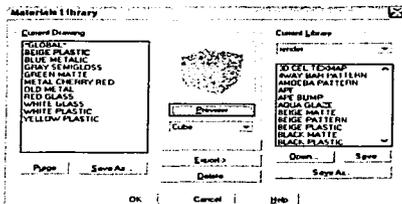


Para guardar cada vista, basta con teclear **viewports** en la línea de comandos, asignar un nombre, tomar la opción **single** en **standard viewports**, seleccionar **current** en **change view to** y dar clic en OK para cerrar la venta de diálogo. Cada vista estará disponible, para su uso posterior, en la pestaña **named viewports** de la ventana **viewports**.

1.4.3. ENLACE DE MATERIALES

Después de que establecemos una vista del modelo, podemos comenzar a enlazar materiales a las superficies del mismo. Estos atributos incluyen cualidades como color, suavidad, reflexión, textura y transparencia.

Los materiales son manejados desde los cuadros de diálogo **materials** (materiales) y **materials library** (biblioteca de materiales). El cuadro de diálogo **materials** es utilizado para enlazar, crear o modificar los materiales y sus conjuntos de atributos asociados. La biblioteca de materiales sirve para almacenar un grupo de materiales predefinidos o personalizados.



Para acceder a la biblioteca de materiales, ingresaremos **matlib** en la línea de comandos, usaremos la biblioteca para seleccionar los materiales que deseamos importar a nuestro modelo. El cuadro de diálogo **materials library** está dividido en tres secciones principales, ver figura anterior:

- **Current drawing** (dibujo actual). Aquí se enlistan todos los materiales cargados en un momento dado para usarse o que están enlazados al dibujo desplegado:

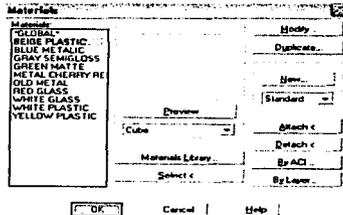
 - **Purge** (limpiar). Elimina todos los materiales sin enlazar de la lista **current drawing**.
 - **Save as** (guardar como). Nos permite guardar la lista de materiales del dibujo en un archivo de biblioteca de materiales (MLI).

- **Preview** (vista preliminar). En esta pequeña ventana, observamos cómo lucirá el material seleccionado, aplicado a una esfera o un cubo.

 - **Import** (importar). Agrega materiales seleccionados de la lista **current library** (biblioteca actual) a la lista **current drawing** (dibujo actual).
 - **Export** (exportar). Agrega materiales seleccionados de la lista **current drawing** a la lista **current library**.
 - **Erase** (borrar). Elimina materiales seleccionados en cualquiera de las dos listas.

- **Current library** (biblioteca actual). Muestra una lista de todos los materiales contenidos en la biblioteca.
- **Open** (abrir). Despliega un cuadro estándar para selección de archivos MLI.
- **Save** (guardar). Guarda los cambios al archivo MLI activo en la carpeta actual.
- **Save as** (guardar como). Despliega un cuadro estándar para selección de archivos donde podemos especificar el nombre del archivo de biblioteca de materiales (MLI) en el que guardaremos la lista de biblioteca actual.

La pequeña ventana de vista preliminar de la biblioteca de materiales, despliega 256 colores, esto significa que el modelizado final lucirá mejor de lo que se ve.



Usaremos el cuadro de diálogo **materials** para administrar los materiales seleccionados que usaremos en nuestro modelo. Podemos abrir el cuadro de diálogo **materials**, ingresando **rmat** en la línea de comandos. Dicho cuadro contiene las siguientes secciones, ver figura anterior:

- **Materials** (materiales). Lista los materiales disponibles. El valor predeterminado para objetos sin materiales enlazados es **global**.

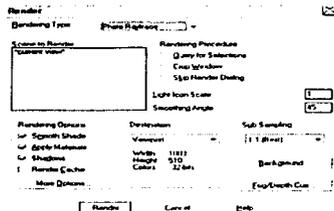
- **Preview** (vista preliminar). Despliega un material seleccionado en una esfera o un cubo.
- **Materials library** (biblioteca de materiales). Abre el cuadro de diálogo biblioteca de materiales, donde podemos seleccionar un material.
- **Select** (designar). Cierra temporalmente el cuadro de diálogo, para que podamos seleccionar un objeto y desplegar el material enlazado. Después de seleccionar el objeto, el cuadro de diálogo **materials** vuelve a aparecer con el método de enlace especificado en la parte baja del cuadro de diálogo.
- **Modify** (modificar). Despliega uno de cuatro cuadros de diálogo, dependiendo del tipo de material que esté seleccionado en la lista bajo el botón **new** (nuevo). Los cuadros son: **standard** (estándar), **marble** (mármol), **granite** (granito) o **wood** (madera). Usaremos el cuadro de diálogo que necesitemos para editar un material existente.
- **Duplicate** (duplicar). Duplica un material y despliega uno de cuatro cuadros de diálogo, dependiendo del tipo de material seleccionado en la lista que está debajo del botón **new**. Este cuadro de diálogo es usado para denominar al nuevo material y definir sus atributos.
- **New** (nuevo). Despliega uno de cuatro cuadros de diálogo, dependiendo del tipo de material seleccionado en la lista que está bajo este botón.
- **Attach** (enlazar). Cierra el cuadro de diálogo de manera temporal de forma que podamos seleccionar un objeto y asignarle el material activo.
- **Detach** (desenlazar). Cierra temporalmente el cuadro de diálogo para que podamos seleccionar un objeto y desasociarle el material activo.
- **By ACI** (por ACI). Despliega el cuadro de diálogo **attach** por índice de color, desde donde podemos seleccionar un índice de color para enlazarle un material.
- **By layer** (por capa). Despliega el cuadro de diálogo **attach by layer** (enlazar por capa), en el cual podemos seleccionar una capa para asignarle un material.

A continuación veremos cómo cargar los materiales desde la biblioteca de materiales y cómo se enlazan a los objetos de la escena.

Repetiremos el procedimiento de los dos últimos párrafos para enlazar los materiales a las distintas capas, según la lista mostrada a continuación:

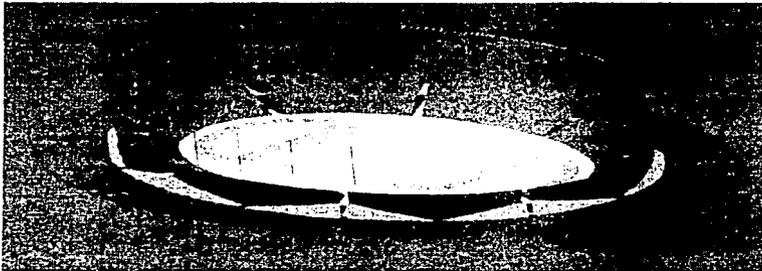
C A P A	M A T E R I A L
Accesos	Beige Concrete (concreto color beige)
Campo	Grass (pasto)
Cancha Americano	White Grass (pasto color blanco)
Cancha Fútbol	Yellow Grass (pasto color amarillo)
Columnas	Blue Concrete (concreto color azul)
Estructura	Blue Metal (Metal azul)
Gradas	Blue Concrete (concreto color azul)
Líneas de Pista	Whitewash (cal)
Piso	Gray Concrete (concreto color gris)
Pista	Clay (arcilla)
Terreno	Grass (pasto)

Al ingresar **render** en la línea de comandos, se desplegará la ventana **render** (modelizar). En **rendering type** (tipo de modelizado), seleccionaremos **photo raytrace** (trazado de rayos fotográficos). En **rendering options** (opciones de modelizado), nos aseguraremos de que las casillas **smooth shade** (sombreado suave), **apply materials** (aplicar materiales) y **shadows** (sombras) estén activas. Los parámetros para el modelizado se muestran en la figura siguiente.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

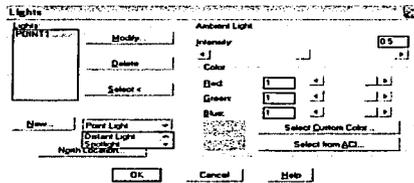
Al hacer clic en el botón **render** la escena será modelizada, ver figura siguiente. Observemos que el modelizado es distinto al generado con **shademode**, ya que en éste obtenemos sombras del modelo.



Hemos asignado los materiales por capa, pero también podemos hacerlo por color o por objeto. La ventaja de asignar materiales por capa, es un proceso más ordenado. El colocar en la misma capa, objetos que comparten materiales, hace más ordenada y sencilla la asignación de los mismos.

1.4.4. CREACIÓN DE LUCES.

Después de haber aplicado los materiales a los objetos de nuestro modelo, agregaremos fuentes de iluminación. La iluminación es uno de los aspectos más importantes involucrados en la creación de un modelizado efectivo. Sin una iluminación realista, las superficies y materiales adquieren una apariencia plana. La iluminación también proporciona los medios para agregar sombras realistas al modelo.



Al ingresar **light** (luz) en la línea de comandos, se despliega el cuadro de diálogo **lights** (lucos) mostrado en la figura anterior. En la sección **ambient light** (luz ambiental), ajustamos la intensidad (**intensity**) general de la escena. Los valores de intensidad altos son apropiados para la luz externa, mientras que los bajos corresponden a escenas interiores o nocturnas. También podemos ajustar el color de la luz ambiental de manera que proporcione a la escena efectos más realistas. El botón **north location** (ubicación del norte) nos permite establecer la dirección norte en nuestro modelo. Originalmente, el norte coincide con el eje **Y** positivo.

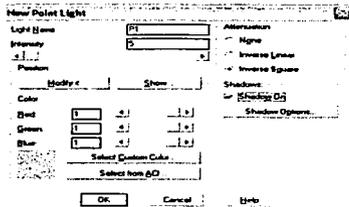
En el cuadro **lights** podemos crear los siguientes tipos de luces:

1. **Point light** (luz puntual). Su luz es similar a la producida por una sola bombilla y se usa para la iluminación general de la escena. La luz es radiada desde un solo punto en todas direcciones. Podemos aplicar una atenuación (inversamente lineal o inversamente al cuadrado) o ninguna.
2. **Spotlight** (luz de proyector). Este tipo de luz es similar a la que emite un proyector. La luz tiene un punto de origen y uno de apunte, se proyecta en forma cónica y podemos definir el ángulo del cono. Al igual que en la luz puntual, podemos especificar si la luz es atenuada o no.
3. **Distant Light** (luz distante). Se emiten rayos paralelos de luz en una sola dirección. Estas fuentes de luz no pueden tener atenuación, la intensidad

permanece constante independientemente de la distancia. Por lo general esta luz se utiliza para simular luz de día.

Utilizaremos luces puntuales para obtener el brillo de las lámparas de los proyectores. El cálculo de los luminarios necesarios (128 proyectores) para obtener un nivel adecuado de iluminación sobre la cancha del estadio, se muestra en el siguiente capítulo. Colocaremos 64 luces puntuales en cada estructura, dejando aproximadamente 2 m de separación entre cada luz, para ello nos auxiliaremos de la separación que tienen los postes de la estructura (1 m), esto con el fin de obtener una distribución uniforme de las mismas.

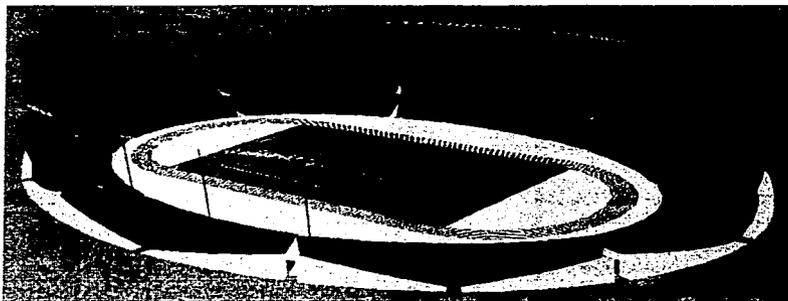
Para crear la primera luz puntual, debemos seleccionar la opción **point light** de la lista desplegable que está junto al botón **new** (nuevo) y hacer clic sobre éste, ver figura anterior. Se abrirá el cuadro de diálogo **new point light** (luz puntual nueva), ver figura siguiente. En la opción **light name** (nombre de la luz) escribiremos PI (luz puntual número 1). Para el parámetro **intensity** (intensidad) ingresaremos un valor de 5. En la sección **attenuation** (atenuación), no podemos seleccionar **none** (ninguna), ya que no tendríamos atenuación de la luz. Tampoco **inverse linear** (inversamente lineal) pues la luz se comporta de esta manera sólo en distancias muy pequeñas. Por lo tanto, tomaremos la opción **inverse square** (inversamente al cuadrado), ya que es la que cumple la ley inversa de los cuadrados ($E = I / D^2$, donde E representa el nivel de iluminación, I la intensidad y D la distancia). Los valores para el color de luz se mantendrán en 1 para obtener luz blanca. Activaremos la casilla **shadow on** (sombra activa).



Para indicar la posición de la luz puntual, debemos hacer clic en el botón **modify** (modificar) de la sección **position** (posición), ver figura anterior. El cuadro de diálogo se cerrará momentáneamente para especificar la posición. Después de colocar la fuente en la parte superior de uno de los postes de la canastilla (ver figura siguiente), aparecerá nuevamente el cuadro de diálogo **new point light**. Haremos clic en OK para cerrarlo.



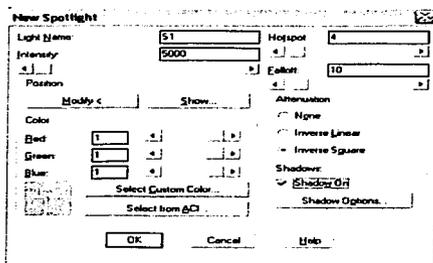
Al volver al cuadro de diálogo **lights**, daremos clic en el botón **new** para crear la siguiente luz, los parámetros serán iguales a los de P1, excepto el nombre que será P2 (luz puntual número 2). Después de crear el resto de las luces, le daremos un valor de 0.5 a la intensidad de la luz ambiental. Al hacer clic en OK volveremos al área de dibujo, ahí observaremos el brillo de pequeñas luces en ambas canastillas, ver figura siguiente, después de ejecutar el comando **render**.

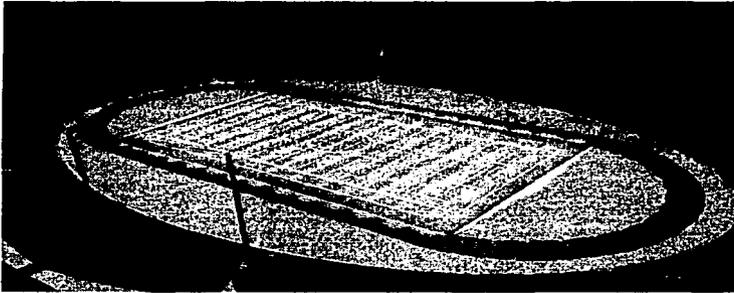


Con 128 luces tipo proyector (**spotlight**) y con los apuntes de los proyectores utilizados en el programa **VISUAL** (ver capítulo siguiente), simularemos el nivel de iluminación sobre el campo de juego.

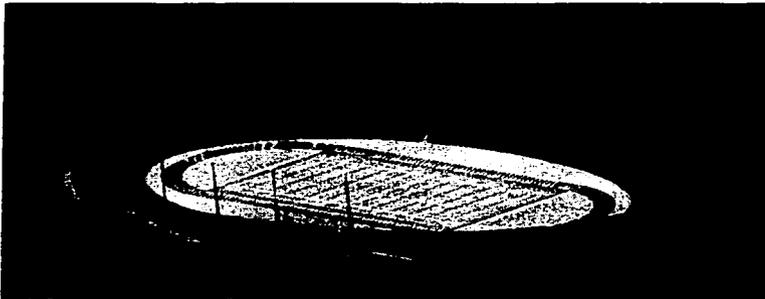
Con el cuadro de diálogo **lights** abierto, seleccionaremos la opción **spotlight** (proyector) de la lista desplegable y haremos clic sobre el botón **new**. Se abrirá el cuadro de diálogo **new spotlight** (proyector nuevo), algunas de las secciones de este cuadro son iguales a las del cuadro de diálogo **new pointlight**. Los nombres de las luces serán S1 (abreviación de **spotlight** número 1), S2 (**spotlight** número 2),...S128. El parámetro **hotspot**, define con un ángulo, la parte brillante del haz de luz. El valor (en grados) de **falloff**, indica la abertura total del cono de luz. La región entre ambos ángulos es conocida como área de depreciación rápida de luz.

Los valores para los parámetros de cada luz se muestran en la figura siguiente. Al hacer clic en el botón **modify** de la sección **position**, el cuadro de diálogo se cerrará momentáneamente. Se nos pedirá indicar el apunte del proyector (**enter light target**), seleccionaremos un punto sobre el campo empastado, de acuerdo con los apuntes utilizados en el programa **VISUAL**. A continuación se nos pedirá la ubicación del proyector (**enter light location**), ésta la indicaremos en la canastilla de montaje, de acuerdo con el apunte seleccionado.

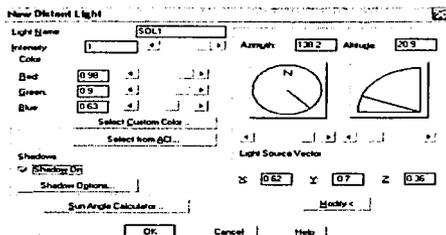




Al terminar la colocación y apunte de los proyectores, aplicaremos el comando **render**. En la figura anterior se aprecia sólo la iluminación sobre el campo de juego. En la figura siguiente, vemos el efecto que producen las luces puntuales y los proyectores sobre el escenario.

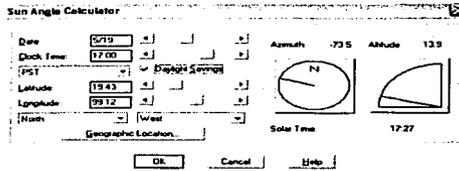


Usaremos la luz distante (**distant light**) para simular luz solar, y tener una idea de cómo lucirá el estadio durante el día. Después de abrir el cuadro de diálogo **lights**, seleccionaremos **distant light** y daremos clic en el botón **new**. Se abrirá el cuadro de diálogo **new distant light** (luz distante nueva), ver figura siguiente. El nombre, la intensidad y los parámetros para el color de la luz se muestran a continuación.



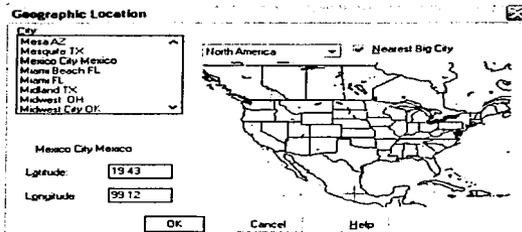
En el cuadro de diálogo anterior, modificaremos los parámetros del color de la luz para producir un tono similar al de la luz del atardecer. Debemos activar la casilla **shadow on** (sombra activa) para que en el modelizado obtengamos la sombra que produce **SOLI**. En el lado derecho del cuadro de diálogo **new distant light**, podemos establecer la posición del sol (la luz distante **SOLI**) por medio de su azimut (dirección medida desde el punto Norte) y su altitud, así como de un vector. Resultaría difícil determinar la posición de la luz por este método ya que no tenemos conocimiento en el manejo de instrumentos de navegación. Usaremos la calculadora de orientación solar (**sun angle calculator**) para determinar la posición del sol en la hora y día requeridos. El cuadro de diálogo mostrado a continuación se abre al hacer clic en el botón **sun angle calculator** del cuadro de diálogo **new distant light**.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



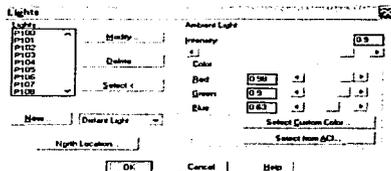
En el cuadro de diálogo **sun angle calculator** (figura anterior) ingresaremos la fecha (**date**) con el formato Mes/Día, y la hora (**clock time**) con el formato de 24 Hrs. De la lista desplegable que se encuentra bajo **clock time**, seleccionaremos **PST** (hora oficial del Pacífico) pues nuestra zona horaria **GMT 06:00** (hora del meridiano de Greenwich) no se encuentra en la lista, hacemos esto para no obtener resultados erróneos en las sombras proyectadas. Activaremos la casilla **daylight savings** (cambio de hora).

Al dar clic en el botón **graphic location** (ubicación geográfica) se desplegará el cuadro de diálogo con dicho nombre, ver figura siguiente. De la lista desplegable seleccionaremos **North America** (Norteamérica) y de la lista **city** (Ciudad) elegiremos **Mexico City Mexico** (Ciudad de México, México). Automáticamente se mostrarán las coordenadas geográficas de nuestra Ciudad.

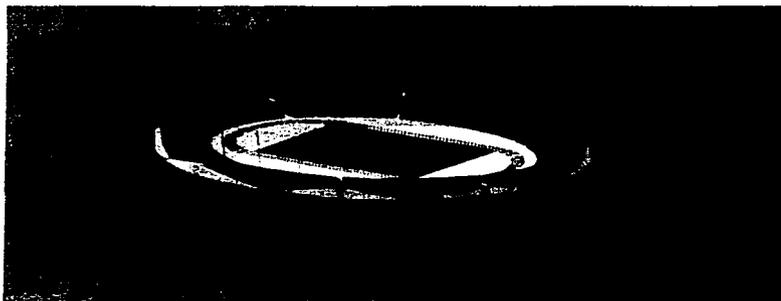


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cerraremos los cuadros de diálogo **graphic location**, **sun angle calculator** y **new distant light** haciendo clic en el botón OK de cada cuadro. En la ventana **lights**, modificaremos los parámetros de la sección **ambient light**, como se muestra en la figura siguiente.

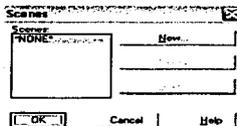


Después de cerrar el cuadro de diálogo **lights** y aplicar el comando **render**, obtendremos una simulación del atardecer como la que se muestra en la figura siguiente.

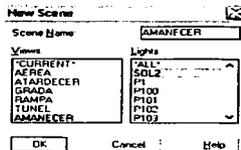


1.4.5. CREACIÓN DE ESCENAS.

Una escena, es una vista particular de todo el modelo o de una parte del mismo, con o sin luces. Podemos crear escenas en las que vemos el estadio con luz del amanecer, del mediodía, del atardecer o con luz artificial (proyectores). Un modelo puede tener un número ilimitado de escenas.

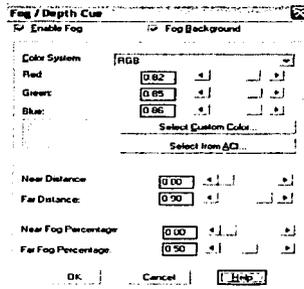


Al ingresar **scene** (escena) en la línea de comandos, se abrirá el cuadro de diálogo de la figura anterior. En este cuadro se enlistan todas las escenas del modelo actual. La escena predeterminada es **none** (ninguna), la cual tiene la vista actual del modelo y todas las luces del mismo. Al no haber luces en el modelo, **none** aparecerá en la lista de luces, automáticamente se asignará una luz distante a la escena. Esta luz se encuentra detrás de nosotros, pasa por nuestro hombro izquierdo, tiene una intensidad de 1 y una intensidad de ambiente de 0.

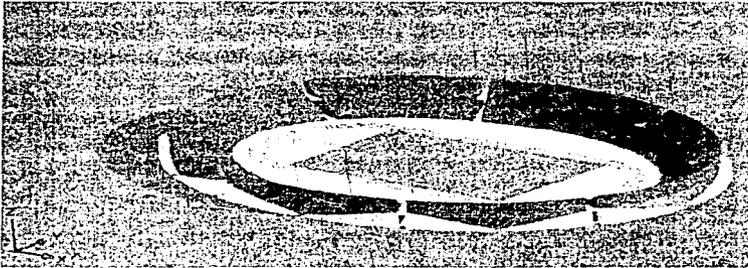


Para crear una escena (que simule el amanecer), haremos clic en el botón **new** (nuevo) del cuadro de diálogo **scenes**. Se abrirá el cuadro de diálogo **new scene** (escena nueva), en él especificaremos el nombre (**scene name**), la vista (**view**) y las luces (**lights**) para la escena.

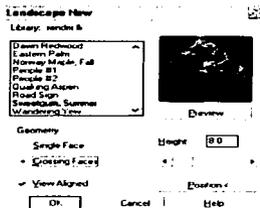
ver figura anterior. El horario para SOL2 será las 07:00 horas, el resto de los parámetros son iguales a los de SOL1. Las vistas que aparecen en la figura anterior, fueron creadas y almacenadas previamente con el comando **view**. Cerraremos los cuadros de diálogo **new scene** y **scene**, dando clic en OK.



Con el cuadro de diálogo **render** abierto, haremos clic sobre el botón **fog/depth cue** (indicar niebla/profundidad) para tener acceso al cuadro de diálogo del mismo nombre. En él, activaremos las casillas **enable fog** (niebla habilitada) y **fog background** (niebla de fondo). De la lista desplegable **color system** (sistema de color), seleccionaremos la opción **RGB** (rojo-verde-azul) y modificaremos los parámetros de los colores como se muestra en la figura anterior. Los valores **near/far Distance** (distancia cercana/lejana) definen dónde comienza y termina la niebla, estos valores son un porcentaje de la distancia desde la cámara hasta el plano de ajuste posterior. Los parámetros **near/far fog percentage** (porcentaje de niebla cercana/lejana) indican el porcentaje (de 0 a 100) de niebla en las distancias cercana/lejana. Ajustaremos los valores de distancia y porcentaje y según la figura anterior. Cerraremos el cuadro de diálogo haciendo clic en el botón OK. Al regresar al cuadro de diálogo **render**, daremos clic en el botón **render** para comenzar el modelizado. En la figura siguiente se muestra la escena creada, en ella se aprecia la niebla y la sombra del estadio opuesta a la del atardecer.

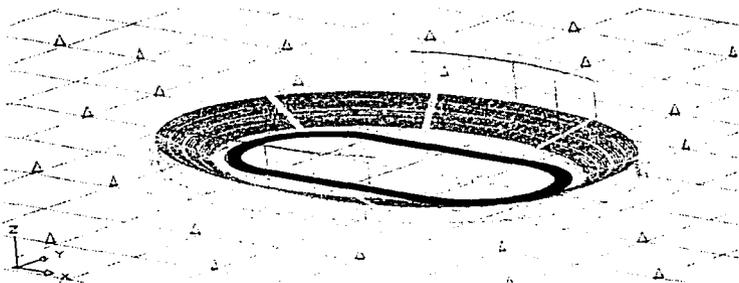


Usaremos la función **landscape** (paisaje) para agregar vegetación al modelo y con esto hacerlo aún más real. Al ingresar **lsnew** (vegetación nueva) en la línea de comandos, se abrirá el cuadro de diálogo mostrado en la figura siguiente. En la sección superior izquierda del cuadro de diálogo, se encuentra una lista, en la cual podemos seleccionar el tipo de vegetación deseada (árboles, arbustos, cactáceas o palmeras). En la sección superior derecha, tenemos una vista previa de la vegetación seleccionada. En la sección inferior izquierda podemos modificar la geometría (**geometry**) y la alineación (**view aligned**) del paisaje. En la sección inferior derecha, se especifica la altura (**height**) y posición (**Position**) de la vegetación seleccionada.

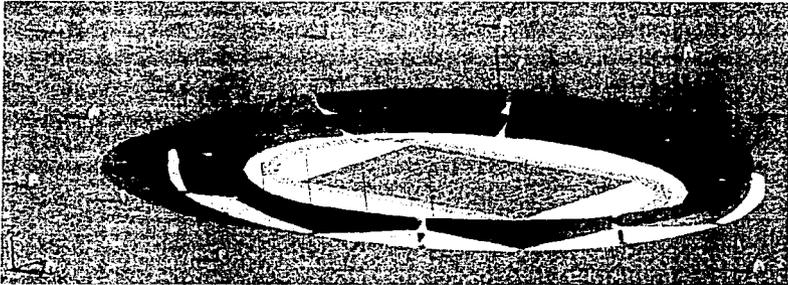


Para nuestro modelo, emplearemos sólo tres tipos de árboles, el **Dawn Redwood**, el **Quaking Aspen** y el **Sweetgum, Summer**. La altura será de 6 m para el primer árbol y de 8 m para los dos restantes. Dibujaremos una rejilla (con divisiones de 25 m), en la que nos apoyaremos para colocar los árboles, ver figura siguiente.

Después de seleccionar un tipo de árbol (de la lista del cuadro de diálogo **landscape new**), cambiaremos la opción **single face** (cara simple) a **crossing faces** (caras cruzadas) para que la vegetación no tenga un aspecto plano. Activaremos la casilla **view aligned** (alineado con la vista), para que la vegetación se mantenga siempre de frente a la cámara. Ingresaremos la altura según el tipo de árbol seleccionado. Al hacer clic en el botón **position**, el cuadro de diálogo se cerrará momentáneamente para que especifiquemos la posición de la vegetación (alguna intersección de la rejilla). Al regresar al cuadro de diálogo, daremos clic en el botón OK para cerrarlo. Repetiremos el procedimiento descrito para agregar más vegetación. Colocaremos los árboles en forma aleatoria, obteniendo una distribución similar a la de la figura siguiente.

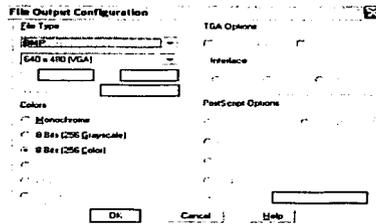


En la figura siguiente se muestra la vegetación en la escena AMANECER. La niebla fue deshabilitada para apreciar mejor la sombra de los árboles.



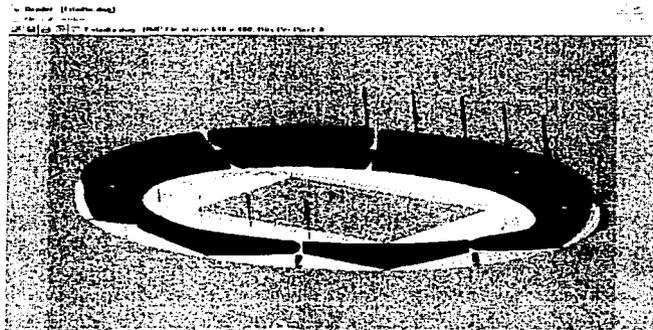
1.4.6. GENERACIÓN DE SALIDA.

La ventana gráfica (**viewport**) de **AutoCAD**, es el primer medio de generación de salida, ya que en ella se aprecian los efectos del modelizado. Para imprimir la imagen o usar la salida en otros programas, debemos guardar la imagen modelizada en un archivo. Para ello, seleccionaremos **file** (archivo) de la lista desplegable **destination** (destino) del cuadro de diálogo **render**. La opción **file** es el segundo medio de generación de salida.



Al hacer clic en el botón **more options** (más opciones) de la sección **destination**, se abrirá el cuadro de diálogo **file output configuration** (Configuración de archivo de salida), ver figura anterior. En este cuadro podemos modelizar la imagen a partir de cinco tipos de archivo: **BMP, PCX, PostScript, TGA o TIFF**. Bajo la lista **file type** (tipo de archivo) seleccionaremos la resolución a la cual se hará el modelizado. Las resoluciones altas requieren más tiempo de modelizado. Dependiendo del tipo de archivo seleccionado, podremos ajustar otros parámetros. Para continuar con el proceso de generación de salida, haremos clic en el botón **OK**. Aparecerá el cuadro de diálogo **Render**, daremos clic sobre el botón **render**. Al terminar el modelizado se abrirá la ventana **rendering file** (Archivos de modelizado), en ella indicaremos el nombre y destino del archivo.

El tercer medio de generación de salida es la ventana **render** (**render window**). Para que los resultados del modelizado se aprecien en esta ventana, debemos seleccionar la opción **render window** de la lista desplegable **destination** del cuadro de diálogo **render**. Al hacer clic en el botón **render**, el modelizado será generado en la ventana **render**, ver figura siguiente. La calidad del modelizado en esta ventana es inferior al de la ventana gráfica de **AutoCAD**, debido a que la imagen es representada por un mapa de bits.



ELECCIÓN DEL SISTEMA
DE ILUMINACIÓN

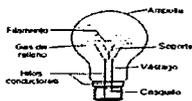
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1. LÁMPARAS Y LUMINARIOS.

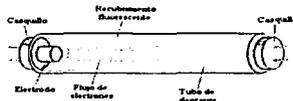
Para iluminar espacios carentes de luz, es necesaria la presencia de fuentes artificiales, las lámparas, y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz, los luminarios. De esta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas.⁵

2.1.1. LÁMPARAS.

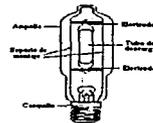
Para iluminar áreas, existen tres tipos básicos de fuentes: incandescentes, fluorescentes y de alta intensidad de descarga (HID). Cada tipo tiene determinadas ventajas y desventajas. La selección apropiada, de entre estas fuentes, dependerá de los requerimientos particulares de la instalación.



Lámpara Incandescente



Lámpara Fluorescente



Lámpara HID

2.1.1.1. LÁMPARAS INCANDESCENTES.

Las lámparas incandescentes fueron la primera forma de generar luz a partir de la energía eléctrica. Desde que fueran inventadas, la tecnología ha cambiado mucho produciéndose sustanciosos avances en la cantidad de luz producida, el consumo y la duración de las lámparas. Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano.

⁵ Illuminating Engineering Society of North America (IESNA). Lighting Handbook, Nueva York, 1972, p. 14

Las ventajas de las lámparas incandescentes son un costo inicial bajo, un buen rendimiento en color y una buena capacidad del control óptico. Sus desventajas son una vida corta y baja eficacia (lm/W), en comparación con otras fuentes de iluminación. Incluidas en la familia de las lámparas incandescentes, están las lámparas de halógeno-tungsteno, que tienen un mejor rendimiento de luz y una vida más larga. Además, estas lámparas pueden ser más compactas en tamaño y forma, por lo que se tendrán luminarios pequeños.

La operación del sobrevoltaje de las lámparas incandescentes, incluyendo las lámparas de halógeno-tungsteno, algunas veces puede ser usada para economizar, sólo en iluminación deportiva. Esto tiene mucha importancia si el sistema de iluminación es usado durante unos cientos de horas o menos al año. En general, la operación al 10% por encima del voltaje nominal, nos da un incremento del 35% en la eficiencia de la lámpara, un 15% de incremento en la potencia y una disminución del 30% en la vida, lo anterior se recomienda cuando el sistema se usa menos de 200 horas. La operación al 5% por encima del voltaje nominal, resulta en aproximadamente un 17% de incremento en la eficiencia de la lámpara, un 7% de incremento en la potencia y una disminución del 15% en la vida, esto se recomienda cuando el sistema es usado de 200 a 500 horas por año. Si el uso anual excede las 500 horas, la operación de la lámpara al voltaje estimado es lo mejor.

2.1.1.2. LÁMPARAS DE DESCARGA.

Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.

Las lámparas de descarga se pueden clasificar según el gas utilizado (vapor de mercurio o sodio) o la presión a la que éste se encuentre (alta o baja presión). Las propiedades varían mucho de unas a otras y esto las hace adecuadas para unos usos u otros.

- Lámparas de vapor de mercurio:
 - Baja presión:
 - Lámparas fluorescentes.
 - Alta presión:
 - Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.
 - Lámparas de luz de mezcla.
 - Lámparas de aditivos metálicos.
- Lámparas de vapor de sodio:
 - Lámparas de vapor de sodio a baja presión.
 - Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Lámparas fluorescentes. Un sistema de iluminación fluorescente, nos provee de una alta eficacia (Lúmenes/Watt), una vida larga, bajo brillo y un buen rendimiento en color, pero es generalmente más cara en su costo inicial que su cont raparte de filamento incandescente. Para iluminación de interiores, se usan persianas o pantallas en los luminarios para ofrecer protección a las lámparas, así como para evitar el deslumbramiento al máximo. Los luminarios fluorescentes son aplicados en ciertos deportes al aire libre y en algunas áreas recreativas donde las alturas de montaje son relativamente bajas y las distancias de apunte son cortas. Las aplicaciones típicas incluyen boliche, tenis y deportes similares.

Lámparas de alta intensidad de descarga (HID). Esta familia incluye a las lámparas de mercurio a alta presión, a las de aditivos metálicos y a las de vapor sodio a alta presión. Aunque cada una de estas lámparas tiene sus propias características, comparten algunas: una vida más larga y una eficacia muy alta cuando se les compara con lámparas incandescentes, un tiempo de retraso en el encendido y un aumento muy lento de luz cuando el sistema se enciende por primera vez o cuando hay una interrupción de energía. Por su característico retraso en el encendido, se recomienda incluir un sistema de iluminación incandescente para proveer de iluminación las áreas de espectadores. Con un diseño apropiado, un sistema de iluminación de alta descarga requiere de menos luminarios para cubrir las necesidades de un sistema dado, pero estos luminarios usualmente son más caros en costo inicial que los luminarios incandescentes y fluorescentes.

Lámparas de vapor de mercurio a alta presión. En aquellos deportes donde el rendimiento en color es de alguna importancia, el uso de lámparas de mercurio con recubrimiento fosforescente se recomienda más que el de lámparas de mercurio claras. Esto puede apreciarse, cuando las lámparas con recubrimiento fosforescente proveen una dispersión del haz más amplia. Una operación de las lámparas de mercurio por encima de la potencia recomendada es factible, dentro de sus límites, resultando en un incremento del rendimiento de luz, proporcional al incremento de la potencia de la lámpara, con una disminución de la vida de la misma.

Lámparas de aditivos metálicos. Estas lámparas, son básicamente una lámpara de mercurio a la cual se le han agregado yoduros metálicos (sodio, talio, indio...). En comparación con las lámparas de mercurio, las lámparas de aditivos metálicos tienen una eficacia mayor y un buen rendimiento en color, así como un excelente control óptico, sin embargo, tienen una vida más corta.

Lámparas de vapor de sodio a alta presión. Su eficacia es mayor que la de las lámparas de aditivos metálicos, tiene características de control óptico muy buenas y un rendimiento de luz similar al de las lámparas de mercurio. La vida de estas lámparas es aproximadamente igual a la de las lámparas de aditivos metálicos.

Una comparación de las características principales de las distintas fuentes de iluminación, nos permite seleccionar la adecuada para una aplicación en particular. El cuadro mostrado a continuación, ha sido preparado por el Comité de Fuentes de Iluminación de la Sociedad de Ingeniería en Iluminación (Light Sources Committee of the Illuminating Engineering Society).

Tipo de Lámpara	Lúmenes Iniciales	Eficacia (Lm/W)	Vida	Rendimiento en Color	Grado de Control de Luz	Mantenimiento De los Lúmenes
Incandescente	Adecuados	Baja	Baja	Alto	Alto	Bueno
Halógeno Tungsteno	Adecuados	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto
Mercurio	Buenos	Adecuada	Alta	Bajo	Bueno	Bueno
Mercurio Fosforo	Buenos	Adecuada	Alta	Adecuado a Bueno	Adecuado	Adecuado

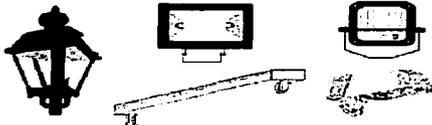
SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Aditivos Metálicos	Altos	Buena	Adecuada	Bueno a Alto	Bueno	Adecuado
Sodio Alta Presión	Altos	Alta	Adecuada	Adecuado	Bueno	Bueno
Fluorescente	Buenos	Buena	Buena	Bueno a Alto	Bajo	Bueno
Fluorescente Alta Descarga	Adecuados	Buena	Buena	Bueno a Alto	Bajo	Bueno
Fluorescente Muy Alta Descarga	Buenos	Buena	Adecuada	Bueno a Alto	Bajo	Adecuado

2.1.2. LUMINARIOS.

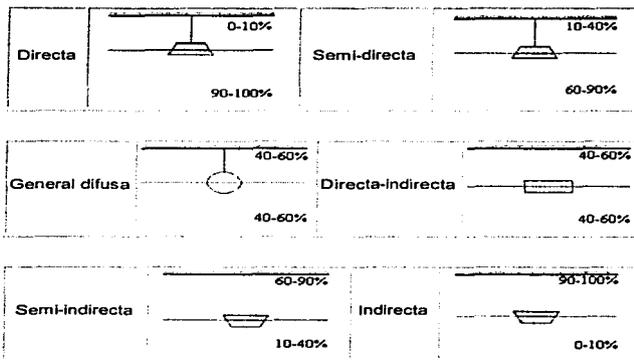
Los luminarios son aparatos que sirven de soporte y conexión a la red eléctrica a las lámparas. Como esto no basta para que cumplan eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas entre otras.

A nivel óptico, el luminario es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminario y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que deben cumplir los luminarios es que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que debe trabajar el luminario y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.

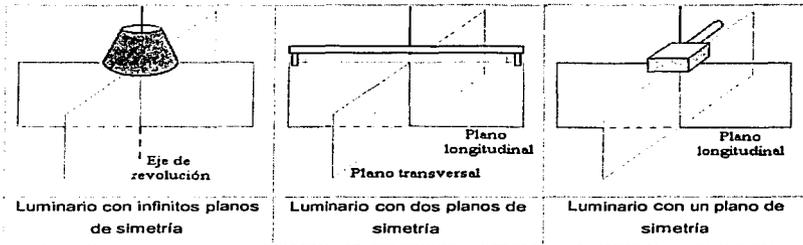


2.1.2.1 CLASIFICACIÓN DE LOS LUMINARIOS.

Los luminarios pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos. Una primera manera de clasificar los luminarios es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases.



Otra clasificación posible es atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotométrico. Así, podemos tener luminarios con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría y por tanto nos basta con uno de ellos para conocer lo que pasa en el resto de planos, por ejemplo un proyector o una lámpara tipo globo, con dos planos de simetría (transversal y longitudinal) como los fluorescentes y con un plano de simetría (longitudinal) como ocurre en los luminarios de alumbrado viario.



Los luminarios se clasifican también según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas internacionales, los luminarios se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos. El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en el luminaire. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques.



Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan los luminarios se dividen en cuatro clases:

Clase	Protección Eléctrica
0	Aislamiento normal sin toma de tierra
I	Aislamiento normal y toma de tierra
II	Doble aislamiento sin toma de tierra.
III	Luminarios para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

Otras clasificaciones posibles son, según la aplicación a la que esté destinado el luminario (alumbrado viario, alumbrado peatonal, proyección, industrial, comercial, oficinas, doméstico...) o según el tipo de lámparas empleado (para lámparas incandescentes o fluorescentes).

2.2. ILUMINACIÓN PARA EXTERIORES.

El alumbrado exterior es, sin duda, una de las aplicaciones más habituales e importantes de la iluminación. La posibilidad de realizar actividades más allá de los límites naturales ha abierto un abanico infinito de posibilidades desde iluminar calles y vías de comunicación hasta aplicaciones artísticas, deportivas, industriales, etc.⁶

2.2.1. PROYECTORES.

Un proyector es un luminario que concentra la luz en un determinado ángulo sólido mediante un sistema óptico (espejos o lentes) para conseguir una intensidad luminosa elevada en dicha zona. Las lámparas empleadas son muy variadas dependiendo del uso al que este destinado el aparato.

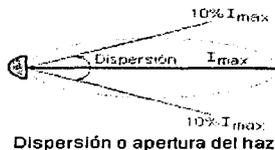


Ejemplos de proyectores

Los ámbitos de aplicación de la iluminación con proyectores son diversos y abarcan campos como la iluminación de áreas de trabajo o industriales, de fachadas y monumentos, de instalaciones deportivas y algunas aplicaciones en alumbrado viario (plazas, túneles, etc.)

⁶ Ibidem, p. 734

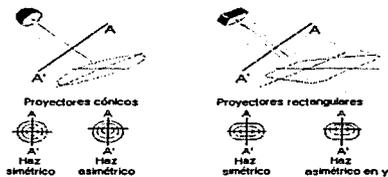
Los proyectores se clasifican según la apertura o dispersión del haz de luz que se define como el ángulo comprendido entre las dos direcciones en que la intensidad luminosa cae un determinado porcentaje (usualmente el 10%) del valor máximo que hay en el centro del haz donde la intensidad es máxima.



A continuación se muestra la clasificación para proyectores según la apertura del haz de luz, Clasificación NEMA (National Electrical Manufacturers Association, Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico).

Curva NEMA	Apertura del haz en grados (10% I_{max})
1	10-18
2	18-29
3	29-46
4	46-70
5	70-100
6	100-130
7	>130

La forma de la distribución del haz de luz depende del tipo de proyector. Así, en los proyectores circulares puede ser cónico o cónico ligeramente asimétrico, obteniéndose una proyección elíptica sobre las superficies iluminadas. Mientras, en los rectangulares suele ser simétrica en los planos horizontal y vertical; aunque en este último plano también puede ser asimétrica y la proyección obtenida tiene entonces forma traapezoidal.



2.2.2. ILUMINACIÓN CON PROYECTORES.

A la hora de plantearse un proyecto de iluminación, hay que empezar estudiando el ámbito de aplicación de nuestra instalación. Los más habituales son:

- Edificios industriales.
- Oficinas, escuelas y edificios públicos.
- Hospitales.
- Hoteles, restaurantes, tiendas y residencias.
- Áreas comunes.
- Alumbrado exterior.
- Alumbrado de áreas deportivas.
- Alumbrado de transportes.

Para cada una de estas aplicaciones, se debe seleccionar el nivel de iluminación adecuado que garantiza una correcta iluminación, ver tabla del apéndice "Niveles de Iluminación en México", elaborada por la Asociación Mexicana de Ingeniería e Iluminación, A. C.

Una vez realizados los pasos anteriores se realiza la elección de los proyectores. Una regla a tener en cuenta es que mientras más lejos los coloquemos de la zona a iluminar, más estrecha será la apertura del haz. Por otro lado, para conseguir una buena uniformidad conviene solapar los bordes de los haces de los proyectores que iluminan la superficie a tratar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El cálculo del número de proyectores necesarios es muy sencillo y se realiza con el método de Lumen Modificado. Si se requiere más precisión, como en retransmisiones deportivas por TV, recurriremos al método Punto por Punto. Para grandes instalaciones como estadios deportivos u otras análogas, conviene realizar los cálculos por computadora debido a su enorme complejidad. El emplazamiento de los proyectores depende de la aplicación a que destinemos la instalación y del entorno circundante. En zonas pequeñas puede bastar con un único poste donde estén todos los proyectores; mientras que en otras recurriremos a varios postes.

Una vez realizados los cálculos, conviene hacer una comprobación de los resultados para verificar la bondad de éstos. Los parámetros de calidad que se acostumbra a utilizar son el nivel de iluminación medio (E_m) de la instalación y la uniformidad ($E_{m\max}/E_{m\min}$).

2.2.3. ILUMINACIÓN EN INSTALACIONES DEPORTIVAS.

El objetivo de iluminar instalaciones deportivas exteriores es ofrecer un ambiente adecuado para la práctica y disfrute de actividades deportivas por parte de jugadores y público. Lógicamente, las exigencias variarán según el tipo de instalación (recreo, entrenamiento o competición) y el nivel de actividad (amateur, profesional o retransmisión por televisión).

Iluminar este tipo de instalaciones no es fácil, pues hay que asegurarse de que los jugadores y demás objetos en movimiento sean perfectamente visibles independientemente de su tamaño, posición en el campo, velocidad y trayectoria. Por ello es importante tanto el valor de la iluminancia horizontal como de la vertical, aunque en la práctica esta última sólo se tiene en cuenta en las retransmisiones televisivas donde es necesario un buen modelado que destaque las formas de los cuerpos.

2.2.3.1. CLASIFICACIÓN DEL ÁREA DE JUEGO.

Aunque cada deporte tiene dimensiones y límites bien definidos, algunos requieren un área adicional fuera de los límites, para ser practicado adecuadamente. Quizás el béisbol, es el

deporte que requiere más área. Otros, como el fútbol, el tenis y el volleyball, requieren también de un área extra, que permita un juego sin obstrucciones. Para propósitos de iluminación, el campo de juego se divide en tres partes:

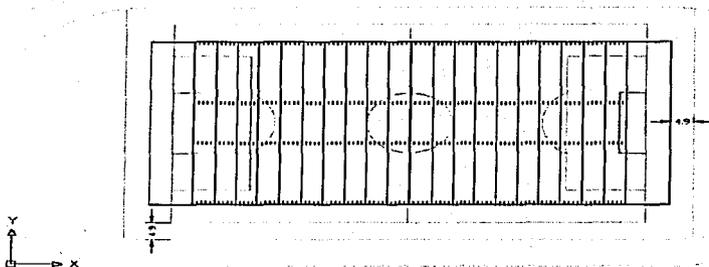
- **Área de la Cancha (Court Boundary Area, CBA).** Es la sección limitada por líneas, en la cual se lleva a cabo el juego.
- **Área Primaria de Juego (Primary Playing Area, PPA).** Es la sección total, que se extiende más allá de las líneas de juego, en la cual se debe mantener un mismo nivel de iluminación. Por ejemplo, en el béisbol la zona de "foul" debe ser considerada como PPA. Las dimensiones recomendadas para algunos deportes se muestran en la tabla siguiente, "Distancias recomendadas para Áreas de Juego Primarias".

Deporte	Distancia [m]	Deporte	Distancia [m]
Béisbol		Softbol	
Dentro del Campo	9.144	Dentro del campo	6.096
Fuera del Campo	3.048 a 9.144	Fuera del campo	3.048 a 6.096
Básquetbol	3.048 a 4.572	Fútbol Soccer	3.048 a 4.572
Jockey sobre Hielo		Jal Alla	
Boxeo	1.524	Tenis	1.828 a 3.048
Fútbol Americano	3.048 a 4.572	Volleyball	3.048 a 6.096

- **Área Secundaria de Juego (Secondary Playing Area, SPA).** Es la sección, entre el área primaria de juego y una barrera física, como una cerca o una fila de espectadores.

En la figura siguiente, que corresponde a las canchas de fútbol Soccer y Americano del estadio modelado en el capítulo anterior, podemos ver que hay espacio suficiente (4.9 m) para albergar las áreas de juego primarias.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



2.2.3.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO.

El procedimiento de cálculo mostrado a continuación se aplica a instalaciones en las cuales se practican deportes al aire libre:

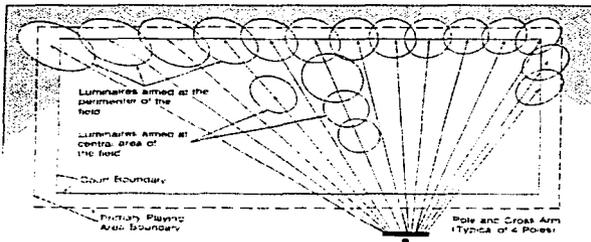
1. Basados en la clase de deporte, nivel de juego, requerimientos estructurales o de transmisión por televisión, se determina el nivel de iluminación de acuerdo a la tabla "Niveles de Iluminación en México".
2. Hacer la selección de los proyectores y lámparas, basados en la clasificación NEMA, flujo luminoso inicial, índice de rendimiento en color, vida de la lámpara, etc. Para evitar problemas de deslumbramiento que dificulten el desarrollo normal del juego, especialmente en deportes donde hay que mirar hacia arriba, conviene tomar medidas como instalar proyectores apantallados o evitar colocarlos perpendicularmente a la línea de visión principal. Las lámparas a utilizar dependerán de la finalidad de la instalación. En instalaciones de competición, se usan lámparas de aditivos metálicos por sus altas prestaciones. Pero en otros casos

puede bastar con lámparas halógenas o de mercurio y sodio a alta presión, que son más baratas.

3. Calcular la altura mínima de montaje para los proyectores, de acuerdo a las dimensiones del área sobre la que el nivel de iluminación debe ser uniforme (Área Primaria de Juego).
4. Determinar el factor de mantenimiento que se aplicará.
5. Utilizar el Método de Lumen Modificado para determinar el número de proyectores necesarios para mantener el nivel de iluminación requerido. Para una mayor precisión, el cálculo debe realizarse por computadora.
6. Apuntar cada uno de los proyectores sobre el área a iluminar y usar un programa de computadora para verificar los niveles máximo, mínimo y promedio de iluminación sobre el área seleccionada, así como la uniformidad (E_{\max}/E_{\min}).

2.2.3.3. MÉTODO DE LUMEN MODIFICADO.

El Método de Lumen Modificado difiere del Normal principalmente en el cálculo del coeficiente de utilización (CU). Es muy difícil determinar el CU, cuando muchos de los proyectores apuntan más allá de las líneas que limitan la cancha (**court boundary lines**), la figura siguiente ilustra dicha situación. Los proyectores orientados hacia el centro de la cancha tendrán CU's más altos ya que casi todos los lúmenes del haz son utilizados, y aquellos orientados hacia el perímetro tendrán CU's más bajos, los valores oscilan entre 0.4 y 0.9, dependiendo de la localización y ángulo del apunte de los luminarios.



Efectos del Apunte de los Proyectores sobre el CU.

El Método de Lumen Modificado, sirve para evaluar la selección del nivel de iluminación y la posición de montaje, previo al uso de métodos más precisos de cálculo. Éste método se aplica a todos los campos de juego rectangulares, que tienen los proyectores en los lados largos del mismo. La fórmula mostrada a continuación nos permite calcular el número de proyectores:

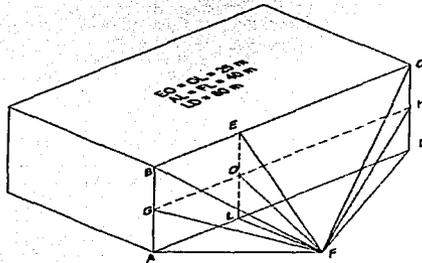
$$N = \frac{E \times A}{\frac{\text{lm}}{\text{lum}} \times \text{PCU} \times \text{AAF} \times \text{LLF}}$$

Donde:

- N = Número de proyectores.
- E = Nivel de Iluminación [lx o fc].
- lm/lum = Lúmenes por Luminario.
- PCU = Coeficiente de Utilización Preliminar (**P**reliminary **c**oefficient of **u**ttilization).
- AAF = Factor de Ajuste (**A**pplication **a**djustment **f**actor).
- LLF = Factor de Mantenimiento. FM (**l**ight **l**oss **f**actor).
- A = Área [m² o ft²].

El Coeficiente de Utilización Preliminar (PCU), se define como la relación entre el flujo luminoso emitido por un proyector que incide sobre el área de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del proyector. Lo anterior supone que el flujo luminoso será desperdiciado más allá de los límites del ancho del campo, y que no habrá desperdicio a lo largo del mismo.

Antes de continuar con el Método de Lumen Modificado, veremos la forma en que se calculaba el CU anteriormente. Observemos la figura siguiente, en ella apreciamos una pared que es iluminada con un proyector de lámpara incandescente de 1,500 W.



El proyector se encuentra ubicado frente al punto L y su apunte central sobre el punto O. Calcularemos los ángulos que cubre el haz del proyector sobre la pared, apoyándonos en las dimensiones de la figura anterior. Los ángulos en la parte baja de la pared son:

$$\angle AFL = \tan^{-1} \left(\frac{40}{40} \right) = 45.0^\circ$$

$$\angle DFL = \tan^{-1} \left(\frac{80}{40} \right) = 63.4^\circ$$

$$\angle LFO = \tan^{-1} \left(\frac{25}{40} \right) = 32.0^\circ$$

Para calcular los ángulos sobre la parte media de la pared, debemos conocer la dimensión del segmento:

$$OF = \sqrt{40^2 + 25^2} = 47.17m$$

Conociendo el valor de dicho segmento, calcularemos los siguientes ángulos:

$$\angle GFO = \tan^{-1}\left(\frac{40}{47.17}\right) = 40.3^\circ$$

$$\angle HFO = \tan^{-1}\left(\frac{80}{47.17}\right) = 59.5^\circ$$

Si $\angle LFO = 32.0^\circ$, entonces:

$$\angle FOL = 90.0^\circ - 32.0^\circ = 58.0^\circ$$

y

$$\angle EOF = 180.0^\circ - 58.0^\circ = 122.0^\circ$$

Aplicaremos la ley de cosenos para conocer el segmento:

$$EF = \sqrt{25^2 + 47.17^2 - 2(25)(47.17)\cos(122^\circ)} = 64.0m$$

Por medio de la ley de senos conoceremos el valor de:

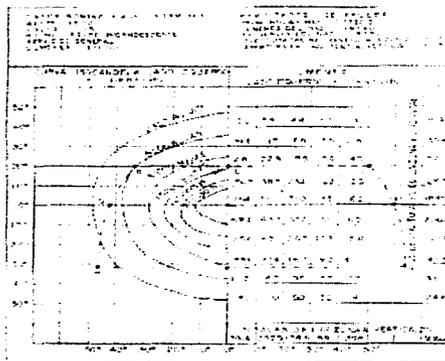
$$\angle EFO = \sin^{-1}\left(\frac{25\sin(122.0^\circ)}{64.0}\right) = 19.3^\circ$$

Por lo tanto los ángulos en la parte superior de la pared son:

$$\angle BFE = \tan^{-1}\left(\frac{40}{64}\right) = 32.0^\circ$$

$$\angle CFE = \tan^{-1}\left(\frac{80}{64}\right) = 51.3^\circ$$

En la tabla siguiente, los puntos A, L, D, H, C, E, B y G representan los ángulos cubiertos por el haz del proyector sobre la pared, tomando como apunte central el punto O. En el lado derecho de la gráfica, los valores de cada cuadro representan los lúmenes del haz en dicho ángulo.



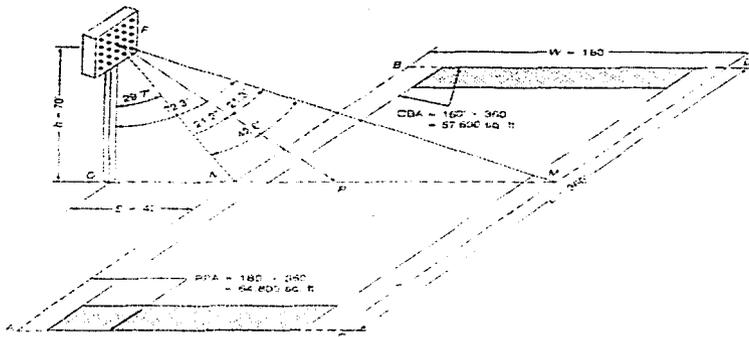
La suma de los valores de la gráfica, que se encuentran dentro del área que cubre el proyector, será la cantidad de lúmenes totales (7748 aproximadamente) que inciden sobre la pared. Por lo tanto el Coeficiente de Utilización es:

$$CU = \frac{7748lm}{33,000lm} = 0.23$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Nos damos cuenta que para un proyecto tan grande como el del estadio, requeriríamos mucho tiempo para calcular la cantidad total de lúmenes que inciden sobre la cancha, ya que tendríamos que realizar el procedimiento anterior para cada uno de los proyectores. Este método ya no es usado, debido a que hoy en día existen programas de computadora que realizan los cálculos más rápido y con mayor precisión, además, la información fotométrica de los proyectores ya no se presenta en este tipo de gráficas.

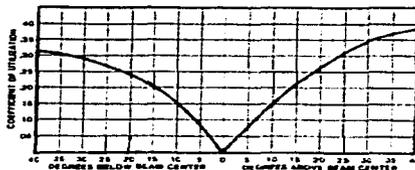
Para concluir el procedimiento del método de Lumen Modificado, nos apoyaremos en el siguiente ejemplo. El ángulo vertical cubierto por cada proyector en la figura siguiente es $<MFN (42.6^\circ)$, cuando el apunte central del proyector se encuentra sobre el punto P.



Campo de Fútbol Iluminado desde un Lado del Campo

El Coeficiente de Utilización Preliminar, se determina con ayuda de la grafica de PCU del luminario empleado, ver figura siguiente. El PCU, es la suma de los valores obtenidos en las curvas "grados sobre el centro del apunte" (**degrees above beam center**) y "grados bajo el centro del apunte" (**degrees below beam center**) de la gráfica. Dichos valores se

obtienen con los ángulos sobre el apunte ($\angle MFP = 21.3^\circ$) y bajo el apunte ($\angle NFP = 21.3^\circ$) del proyector, ver figura anterior. Los valores de PCU para 21.3° arriba del apunte y 21.3° abajo del apunte, son 0.27 y 0.24 respectivamente, con lo que obtenemos un PCU total de 0.51.



El Factor de ajuste (**AAF**) es aplicado para corregir la teoría inicial de que no hay desperdicio de flujo luminoso a lo largo del campo. El Factor de Ajuste se ve afectado por lo siguiente:

- **Distribución de Intensidad.** El **AAF** depende del grado de dispersión del haz del proyector, con valores mayores de **AAF** para dispersiones más estrechas.
- **Factor de Campo (Field Factor, FF).** Este factor está relacionado con el ángulo que forma el proyector con las esquinas (A y B) del campo de juego, ver figura "Campo de Fútbol Iluminado desde un lado del campo", la fórmula para calcularlo es:

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

Donde:

L = Largo del campo.

h = Altura de montaje.

s = **setback**, espacio entre el límite del campo y la base del poste del proyector.

Los factores de campo grandes, arrojan valores altos de AAF. En la tabla siguiente se muestran los valores recomendados de AAF, determinados empíricamente.

Factor de Campo (FF)	Clasificación NEMA del Proyector		
	(1 y 2)	(3 y 4)	(5,6 y 7)
4.5 y Superior	0.95	0.85	0.80
3.0 a 4.4	0.90	0.80	0.75
2.0 a 2.9	0.85	0.75	0.70
1.9 e Inferior	0.75	0.65	0.56

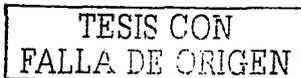
AAF Recomendados

Para el ejemplo del campo de fútbol, que tiene una longitud de 360 ft, una altura de montaje de 70 ft y un setback de 40 ft, el factor de campo es de 4.5. De acuerdo al factor de campo obtenido y tomando un proyector cuya clasificación NEMA horizontal es 4, se tiene un factor de ajuste de 0.85, según la tabla anterior. Si el campo de fútbol (de 180 ft de ancho), es diseñado para un nivel de iluminación de 50 fc, un factor de mantenimiento del 70% y se utiliza un proyector cuyo flujo luminoso es de 110,000 lm, serán necesarios 97.1 luminarios para este proyecto.

El número de proyectores debe ser redondeado al número inmediato superior o inferior, de modo que se tenga cierta simetría. Por ejemplo, si utilizáramos cuatro postes, colocaríamos 24 proyectores por poste para tener un total de 96 luminarios, o 25 proyectores por poste para un total de 100 luminarios.

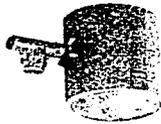
2.2.4. CÁLCULOS CONVENCIONALES Y POR COMPUTADORA.

1.- La cancha del estadio está diseñada para que en ella se practique Fútbol Soccer o Americano. El nivel de iluminación y la uniformidad recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación A.C., para ambas tareas visuales aparece en la tabla siguiente:



Actividad	E (lux)	Uniformidad
		E_{max}/E_{min}
Fútbol Americano y Fútbol Soccer	300	2:1

2.- Para este proyecto, existen dos tipos de luminarios que podemos emplear: Vectorflood o Prismaflood, ambos fabricados por Holophane, ver figura siguiente. El proyector Vectorflood es empleado en lugares donde la estética es muy importante, como en exposiciones de autos o donde la altura de montaje es relativamente baja, como en canchas de tenis y andadores de hoteles. El proyector Prismaflood, es un luminario menos estético y más barato que el Vectorflood, normalmente se emplea en lugares donde el montaje es alto, como en los estadios.



Vectorflood



Prismaflood

Utilizaremos el luminario Prismaflood, debido a que los proyectores estarán montados a una altura en la que es difícil apreciarlos con detalle, y además, porque al emplear este proyector el costo total de los luminarios será menor. El proyector Prismaflood, utiliza lámparas de Aditivos Metálicos o de Vapor de Sodio Alta Presión, es obvio que en la cancha del estadio se requiere distinguir colores, por lo que utilizaremos lámparas de Aditivos Metálicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Catálogo	Descripción	Curva NEMA	Peso Aprox. Kg
1856	Para 400 W Aditivos Metálicos Clara 92°H x 41°V Refractor 857	5 x 3	34.000
1856-VERT	Para 400 W Aditivos Metálicos Clara 41°H x 92°V	3 x 5	34.000
1861	Para 1000 W Aditivos Metálicos Clara 34°H x 34°V Cristal Termotemplado CTF552	3 x 3	37.000
1862	Para 1000 W Aditivos Metálicos Clara 94°H x 43°V Refractor 857	5 x 3	37.000
1862-VERT	Para 1000 W Aditivos Metálicos Clara 43°H x 94°V Refractor 857	3 x 5	37.000
1884	Para 400 W Aditivos Metálicos Clara 102°H x 50°V Refractor 857	6 x 4	30.400
1884-VERT	Para 400 W Aditivos Metálicos Clara 50°H x 102°V Refractor 857	4 x 6	30.400
1886	Para 400 W Aditivos Metálicos Fosforada 43°H x 43°V Cristal Termotemplado CTF552	3 x 3	30.400
1886	Para 400 W Aditivos Metálicos Clara 43°H x 43°V Cristal Termotemplado CTF552	3 x 3	30.400
1895	Para 1000 W Aditivos Metálicos Clara 111°H x 60°V Refractor 857	6 x 4	37.000
1895-VERT	Para 1000 W Aditivos Metálicos Clara 60°H x 111°V Refractor 857	4 x 6	37.000
1897	Para 1000 W Aditivos Metálicos Clara 45°H x 45°V Cristal Termotemplado CTF552	3 x 3	37.000
1898	Para 1500 W Aditivos Metálicos Clara 40°H x 40°V Cristal Termotemplado CTF552	3 x 3	39.000

En la tabla anterior, se muestran los distintos luminarios de la línea Prismaflood Aditivos Metálicos. Para nuestro proyecto, usaremos uno de los luminarios de curva NEMA 3x3 (cuyo haz de luz está muy concentrado y es igual tanto en sentido horizontal como vertical), ya que los proyectores estarán apuntados desde un lugar lejano a la cancha. Hay que recordar, que mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de montaje del proyector,

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminación en la cancha, tal y como dice la ley inversa de los cuadrados ($E = 1/h^2$).

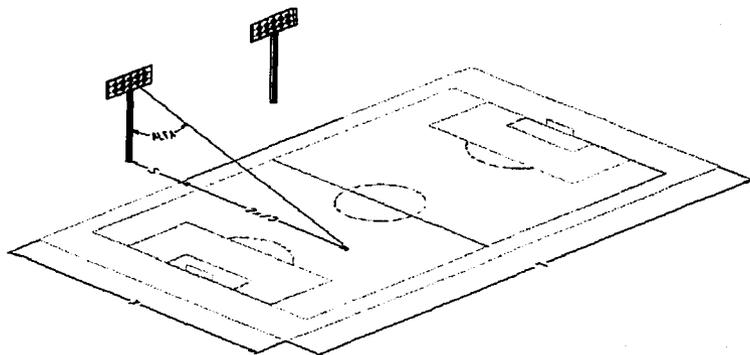
A continuación se presentan los datos técnicos de las lámparas de Aditivos Metálicos para el proyector Prismafood curva NEMA 3x3. Analizaremos dichos datos para seleccionar la lámpara más adecuada.

Watts	Acabado	Lúmenes Iniciales	Vida en Horas	Eficacia lm/W	Factor de Depreciación LLD	Base	Bulbo	Longitud cm
400	Claro	40.000	20.000	100	0.80	Mogul	BT-37	29.20
1.000	Claro	110.000V 107.800H	12.000V 9.000H	110	0.72	Mogul	BT-56	39.00
1.500	Claro	155.000V 150.000H	3.000	103	0.92	Mogul	BT-56	30.00

La lámpara de 400 W tiene una vida muy larga, sin embargo, los lúmenes iniciales son pocos, lo que implica el uso de muchos luminarios (562) para obtener el nivel de iluminación requerido. Los lúmenes iniciales de la lámpara de 1,500 W son mayores, con esto se emplearán menos luminarios (102) pero las lámparas tendrían que ser cambiadas continuamente ya que su vida es muy corta. La lámpara de 1,000 W representa la mejor opción, ya que por sus lúmenes iniciales no se utilizarían tantos luminarios (128) y no se cambiarán constantemente, ya que la vida de la lámpara es muy buena. El cálculo del número de luminarios utilizados con los distintos tipos de lámparas se presenta más adelante.

3.- Antes de calcular la altura mínima de montaje para los proyectores, debemos definir si el campo se iluminará desde un solo lado o ambos. Si decidimos iluminar el campo por un solo lado, los proyectores deben apuntarse a dos tercios del ancho del campo ($2x/3$), ver figura siguiente.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



La fórmula para calcular la altura mínima de montaje en esta situación es:

$$H_{\text{mínima}} = \frac{2}{3} \frac{x+s}{\tan \alpha}$$

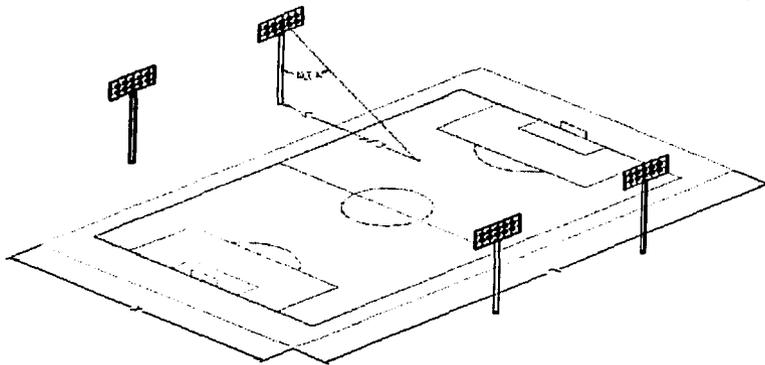
Donde:

x = ancho del campo empastado.

s = setback (espacio entre el límite del campo y la base del poste del proyector).

α = ángulo de apunte del proyector (máximo 60°).

Si preferimos iluminar el campo por ambos lados, los proyectores deben apuntarse a un tercio del ancho del campo (x/3), ver figura siguiente.



La fórmula para calcular la altura mínima de montaje en este caso es:

$$H_{\text{mínima}} = \frac{\frac{1}{3}x + s}{\tan \alpha}$$

Por lo tanto la altura mínima de montaje para los proyectores del estadio será:

$$H_{\text{mínima}} = \left(\frac{70}{3} + 60 \right) \tan 60^\circ = 48[m]$$

4.- Como sabemos, el factor de mantenimiento (FM) depende de la depreciación de lúmenes de la lámpara (**Lamp Lumen Depreciation, LLD**) y de la depreciación por suciedad del luminario (**Lamp Dirt Depreciation, LDD**). Los valores para este factor

oscilan entre 0.65 y 0.85. La práctica nos hace ver que al emplear un FM de 0.75, se obtienen resultados muy satisfactorios, por lo tanto, tomaremos este valor para el sistema de iluminación del estadio.

$$FM_{Estadio} = 0.75$$

5.- A continuación se muestra la fórmula para obtener el número de proyectores. En ella conocemos el nivel de iluminación requerido (E), el área a iluminar (A), los lúmenes por luminario (lm/lum) y el factor de mantenimiento (LLF). Falta calcular el factor de ajuste (AAF) y el coeficiente de utilización preliminar (PCU).

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

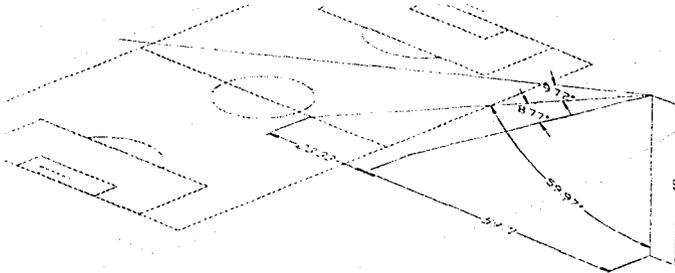
Recordemos que el factor de ajuste, se obtiene en base a la curva NEMA del proyector y el factor de campo (FF), el cual se calcula sustituyendo la longitud del campo (120 m), la altura mínima de montaje (48 m) y el setback (60 m) en la fórmula siguiente:

$$FF = \frac{L}{\sqrt{h^2 + s^2}} = \frac{120[m]}{\sqrt{(48m)^2 + (60m)^2}} = 1.56$$

De acuerdo a la tabla "AAF Recomendados", para un factor de campo de 1.56 y una curva NEMA 3, se tiene un factor de ajuste de 0.65.

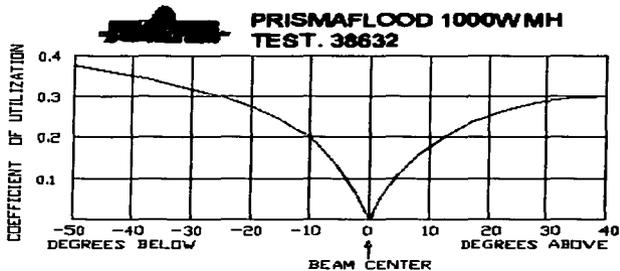
Para obtener el coeficiente de utilización preliminar (PCU) debemos conocer:

- a) El ángulo sobre el apunte, el cual está formado por la línea de apunte central y la línea que llega al extremo opuesto del campo, ver figura siguiente.
- b) El ángulo bajo el apunte, el cual está formado por la línea central y la línea que se extiende al extremo adyacente del campo, ver figura siguiente.



Los ángulos sobre y bajo el apunte son de 9.72° y 8.77° respectivamente, ver figura anterior. Estos ángulos fueron obtenidos con el comando **dimjang** de AutoCAD, aunque también pueden ser calculados por medio de trigonometría.

A continuación se muestra la gráfica de PCU del luminario Prismaflood con lámpara de 1,000 W Aditivos Metálicos, catálogo 1897 No. de prueba 38632.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la gráfica anterior, al leer 9.72° sobre el apunte (**degrees above**) obtenemos un PCU de 0.17 y para 8.77° bajo el apunte (**degrees below**) tenemos un PCU de 0.18. Recordemos que con la suma de ambos valores se obtiene el PCU_{Total}:

$$PCU_{Total} = 0.17 + 0.18 = 0.35$$

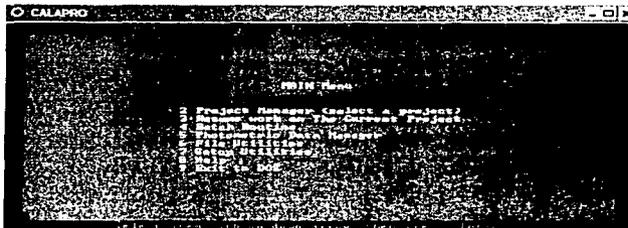
Por lo tanto, el número de proyectores Prismaflood 1,000 W AM necesarios para mantener un nivel de iluminación adecuado en el estadio es:

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

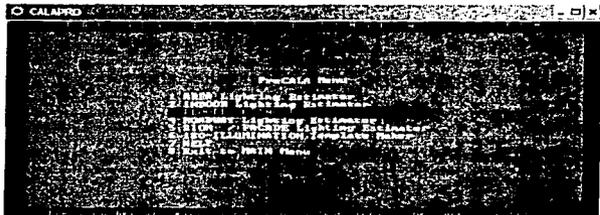
$$N = \frac{300(120)(70)}{110,000(0.34)(0.65)(0.75)} \left[\frac{lx - m^2 - lum}{lm} \right]$$

$$N = 134[lum]$$

Emplearemos el programa CALAPRO para calcular nuevamente el número de proyectores y comparar el resultado anterior con el obtenido por computadora.



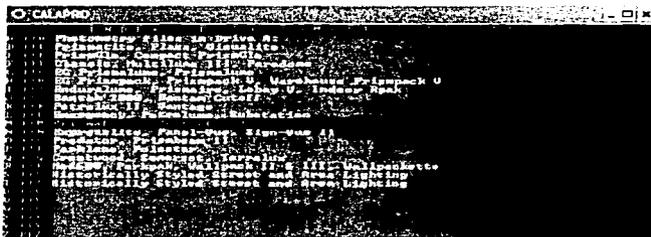
En la figura anterior se muestra la ventana del menú principal del programa CALAPRO, al seleccionar la opción 1 (**PreCALA/Pro**) de esta ventana aparecerá la ventana mostrada a continuación. En ella haremos clic sobre la opción **Floodlight Estimator** (Cálculo con Projectores).



Después de seleccionar la opción 3 de la figura anterior, aparecerá la ventana **Flood and Sports Lighting Estimator** (Cálculo de Projectores e Iluminación Deportiva). En la esquina superior derecha aparece el Sistema de Unidades empleado, el Internacional (SI). En la opción **File Name** (Nombre de Archivo) aparece la leyenda *****BLANK***** (en blanco), ver figura siguiente. Los valores predeterminados, para los lúmenes por luminario y para el factor de mantenimiento (**LLF, Light Loss Factor**), son de 1,000 y de 1.0, respectivamente. En la parte media izquierda, aparece la nota: "El **Setback** es negativo si el proyector se encuentra sobre el área a iluminar". Bajo la leyenda aparece una figura que representa el área a iluminar (**Area to be illuminated**), en ella se indica la longitud (**Length**), el ancho (**Width**), el **Setback** y la posición de los proyectores (**Typical Floodlight Location**) en el lado izquierdo, mediante dos @.



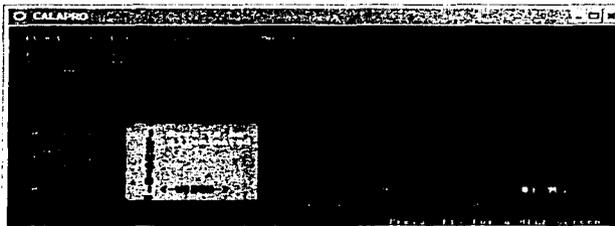
Al oprimir la tecla **o** aparecerá el índice de archivos fotométricos (**Index of Photometric Folders**). En el índice de la fotometría nos desplazaremos con la tecla **h** hasta el archivo **M**, en el que se encuentran los proyectores **Prismaflood** y **Vectorflood**, ver figura siguiente.



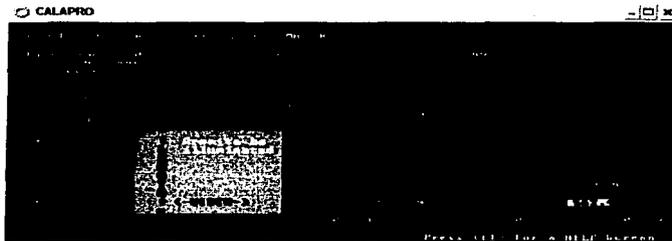
Al presionar la tecla "aceptar", se abrirá el archivo **M** y aparecerá la lista mostrada a continuación. Mediante la tecla **h** nos moveremos hasta el luminario **Holophane Prismaflood 1000 W MH (Metal Halide, Aditivos Metálicos)**, número de prueba **38632**, catálogo **1897**. Al encontramos sobre esta opción, daremos "aceptar" para seleccionar el proyector, inmediatamente regresaremos a la ventana **Flood and Sports Lighting Estimator**.



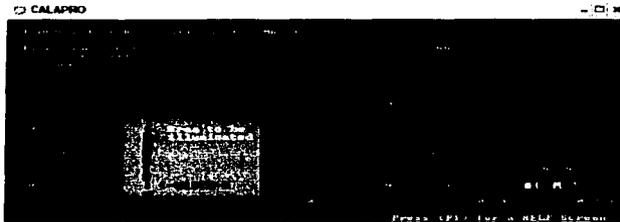
En la ventana, aparecerá el nombre del archivo empleado (No. de Prueba 38632), el No. de Catálogo (1897) y los lúmenes por luminario (110,000 **lumens/luminaire**). Presionando dos veces la tecla **→** moveremos el cursor a la opción **LLF** (Factor de mantenimiento, **FM**), donde ingresaremos **0.75**. Presionando nuevamente el cursor aparecerá en **Comment** (comentario), escribiremos la nota que aparece en la figura siguiente. En la opción **Layout Type** (Tipo de Arreglo) presionaremos la tecla **1** o para cambiar de **1-One Sided** (Por Un Lado) a **2-Two Sided** (Por Ambos Lados), aparecerán dos **@** más al lado derecho del área a iluminar, ver figura siguiente. En los parámetros **Mounting Height** (Altura de Montaje), **Length** (Longitud), **Width** (Ancho), **Setback** y **Average** (Nivel de Iluminación Promedio) ingresaremos los valores mostrados a continuación. Después de ingresar el parámetro **Average** (Nivel promedio de iluminación), presionaremos **↵** e inmediatamente aparecerá el Número de Proyectores (**Number of Floods**) necesario para el Estadio.



Como se observa en la figura anterior, son necesarios 126.89 proyectores para mantener un nivel de iluminación de 300 lx sobre el campo. En el cálculo anterior, se requirieron 134 proyectores para mantener el mismo nivel de iluminación. El número de proyectores obtenidos en el programa CALAPRO será el empleado en cálculos posteriores, debido a que los cálculos por computadora son más precisos. El número de proyectores empleados, debe ser redondeado a 128 para tener 64 proyectores en cada lado de la cancha.



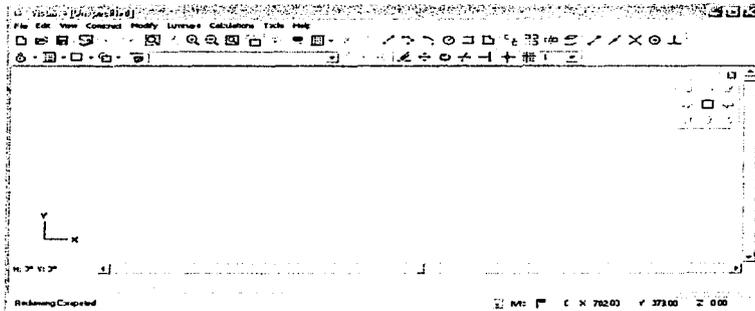
En la figura anterior, observamos que el número de proyectores para el estadio (utilizando lámparas de 400 W MH, catálogo 1886) es muy grande, por lo que esta opción será totalmente descartada. De acuerdo a la figura siguiente, el nivel de iluminación sobre la cancha también puede ser alcanzado con lámparas de 1,500 W MH (catálogo 1898), utilizando un número razonable de luminarios. Más adelante se hará un análisis sobre los niveles de iluminación obtenidos con el uso de proyectores Prismaflood con lámparas de 1,000 y 1,500W MH.



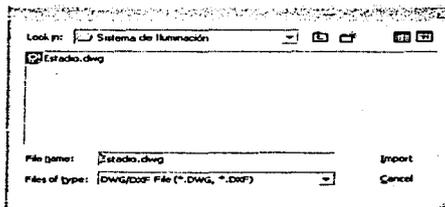
6.- El apunte de los proyectores sobre la cancha y la verificación de los niveles de iluminación sobre la misma, se realizarán con el programa VISUAL 2.2 de Lithonia Lighting Group, ver figura siguiente. En este programa se pueden realizar diseños de iluminación para exteriores, una ventaja que se tiene al emplear este programa, es que podemos importar archivos tipo DWG o DXF.



Para comenzar con el proyecto del estadio, seleccionaremos la opción archivo exterior nuevo (**New Exterior File**) de la ventana de inicio de VISUAL, ver figura anterior. A continuación tendremos acceso al ambiente de diseño de iluminación exterior, ver figura siguiente.

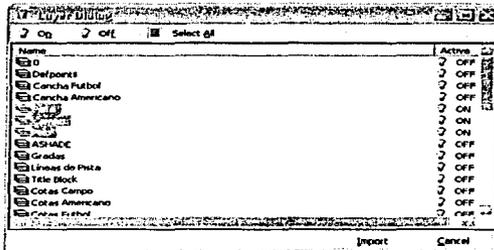


Después de seleccionar la opción importar (**Import**) del menú archivo (**File**), se abrirá la ventana mostrada a continuación. En ella especificaremos la ubicación del archivo con el que trabajaremos en **VISUAL**.

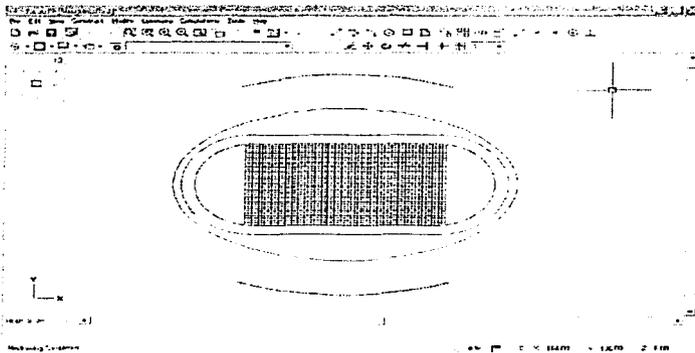


Después de hacer clic en el botón importar (**Import**), se abrirá el cuadro de diálogo de importación de capas (**Layer Dialog**). En él encenderemos y seleccionaremos las capas que deseamos importar: Apuntes, Campo, Piso y Pista, ver figura siguiente. **VISUAL** sólo

puede importar objetos tridimensionales creados con líneas (modelos alámbricos), por lo tanto, no se importarán los modelos sólidos como las gradas, las columnas o las rampas.



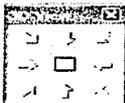
El cuadro de diálogo se cerrará al dar clic en el botón importar (**Import**). En el área de diseño de VISUAL aparecerán (con una vista en planta) los elementos que contiene cada una de las capas seleccionadas, ver figura siguiente.



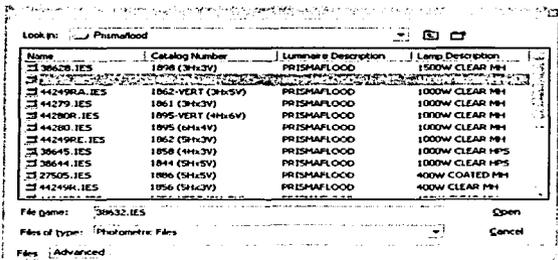
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los elementos que constituyen la capa Apuntes son: a) una malla sobre la cancha con divisiones de 2 m, cuyas intersecciones servirán para apuntar cada uno de los proyectores y b) dos arcos seccionados por pequeñas líneas, donde cada intersección servirá para indicar la posición de un proyector.

Presionando el botón inferior derecho de la barra Vista 3D (3D View) de la figura siguiente, cambiaremos la vista del modelo a una vista isométrica SE para apreciar mejor el modelo en el espacio.

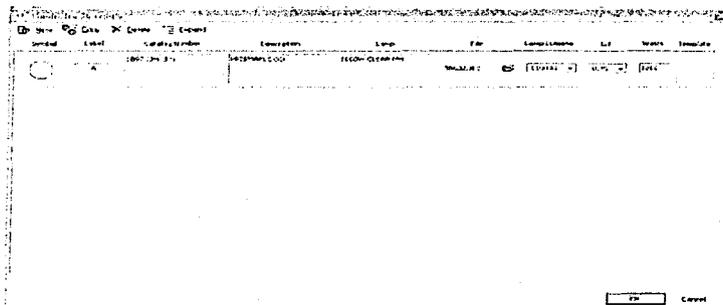


Al seleccionar la opción **Schedule** del menú **Luminaire**, se abrirá la ventana del Catálogo de Luminarios (**Luminaire Schedule**). En ella presionaremos el botón **New** para entrar al cuadro de diálogo de Archivos Fotométricos (**Select a Photometric File**). Abriremos las carpetas en el siguiente orden: Archivos de Programa/Visual 2.0/Photometry/Holophane México/Proyectores/Prismaflood, en ésta última seleccionaremos el archivo 38632.IES, que corresponde al proyector Prismaflood 1.000 W MH (**Metal Halide**), número de prueba 38632, catálogo 1897, ver figura siguiente.

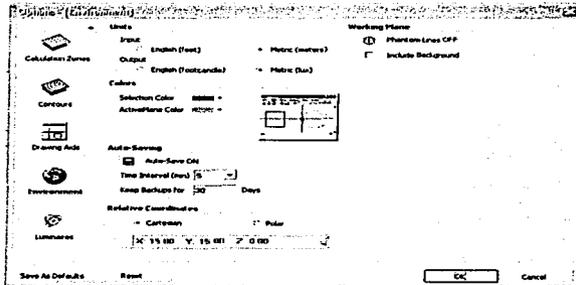


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

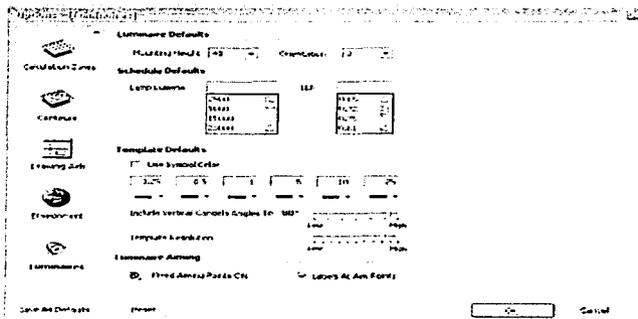
Al hacer clic en el botón **Open**, se cerrará el cuadro de diálogo. En la ventana **Luminaire Schedule**, ver figura siguiente, aparecerá el proyector seleccionado con las propiedades: Símbolo (**Symbol**), Etiqueta (**Label**), Número de Catálogo (**Catalog Number**), Descripción (**Description**), tipo de Lámpara (**Lamp**), Archivo (**File**), Lúmenes por Lámpara (**Lamp Lumens**), Factor de Mantenimiento (**LLF**), Potencia consumida (**Watts**) y Plantilla (**Template**). Cambiaremos el valor de **LLF** a 0.75. Daremos clic en el botón **OK** para cerrar la ventana.



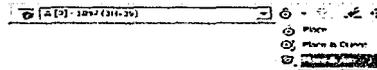
Ingresaremos a la ventana de configuraciones seleccionando **Opciones (Options)** del menú **Herramientas (Tools)**. Haremos clic en la opción **Ambiente (Environment)**, en esta sección cambiaremos el sistema de unidades, de **Inglés (feet y footcandles)** a **Métrico (metros y luxes)**, el resto de los parámetros permanecerán como se muestra en la figura siguiente.



Haremos clic en **Luminarios (Luminaires)**, para ingresar a la configuración de los proyectores y modificar la altura de montaje (**Mounting Height**) como se muestra en la figura siguiente. Este es el único parámetro que se modificará, ya que los lúmenes por lámpara y el factor de mantenimiento fueron definidos en la ventana **Luminaire Schedule**. Haremos clic en **OK** para cerrar la ventana y regresar al ambiente de diseño.

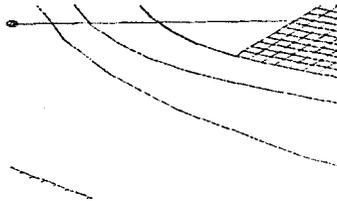


Observemos que en la lista desplegable **Schedule** de la barra de herramientas, aparece la etiqueta (A), el catálogo (1897) y el tipo de curva NEMA (3H x3V) del proyector empleado, ver figura siguiente.



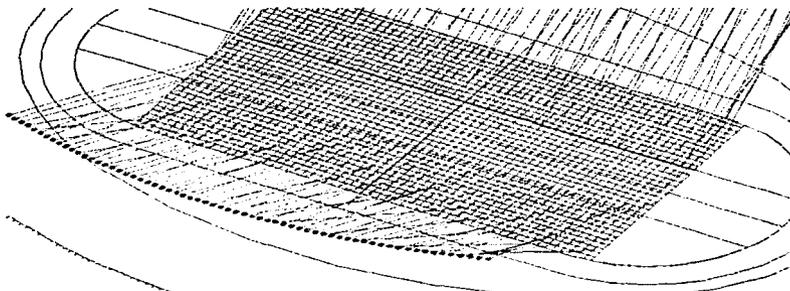
Para colocar y apuntar el primer proyector, haremos clic en el icono que se encuentra a la derecha de la lista desplegable **Schedule** (ver figura anterior) y seleccionaremos una de las tres opciones que aparecen: Colocar (**Place**), Colocar y Orientar (**Place & Orient**) o Colocar y Apuntar (**Place & Aim**). Es obvio que seleccionaremos la última opción, ya que es necesario indicar la posición y apunte de los proyectores.

Después de seleccionar la opción **Place & Aim**, activaremos la herramienta de precisión **Intersection** (Intersección) y seleccionaremos una de las intersecciones arco-línea como punto de posición del proyector. El luminario será colocado automáticamente a la altura predeterminada (48 m), la cual aparece en la parte inferior izquierda del ambiente de diseño. A continuación indicaremos el apunte central del proyector (alguna intersección de la malla). No será necesario activar nuevamente la herramienta de precisión **Intersect**, ya ésta permanecerá encendida hasta que se seleccione otra distinta. Como se aprecia en la figura siguiente, la posición del proyector queda indicada por un icono de forma cilíndrica y la trayectoria del apunte se muestra con una línea que parte del centro del proyector.

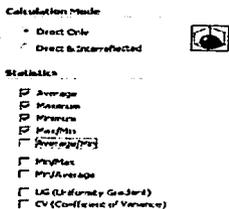


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los proyectores serán apuntados como se muestra en la figura siguiente. El número total de luminarios empleados aparece en la lista desplegable Schedule: **A[128] - 1897 (3Hx3V)**. Observemos que en el centro, ningún apunte rebasa la tercera parte del campo (24 m). Los proyectores que se encuentran en los entremos fueron apuntados a poco menos del centro de la cancha para alcanzar el nivel de iluminación requerido (300 lx).

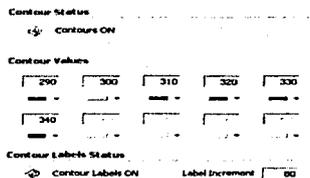


Abriremos la ventana **Options** (opciones) del menú **Tools** (herramientas) para ajustar algunos parámetros. En la sección **Calculations** (Cálculos), activaremos las casillas que se muestran en la figura siguiente.

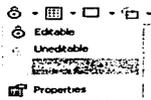


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En **Calculation Zones** (zonas de cálculo), verificaremos que las casillas nivel máximo y mínimo de iluminación estén activas. En la sección **Contours** (curvas isolux) ajustaremos los colores y valores de la siguiente manera: rojo para 290, cian para 300, verd e para 310, verde olivo para 320, azul para 330 y azul marino para 340 lx. Además, haremos clic en los botones **Contours ON** (curvas activas) y **Contours Labels ON** (etiquetas de curvas activas), ver figura siguiente. Daremos clic en el botón OK para cerrar la ventana.

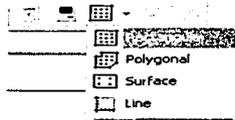


En la parte inferior izquierda de la barra de herramientas, haremos clic en el botón **Luminaire-Editable** (edición de luminarios) y seleccionaremos la opción **Invisible** (invisible), ver figura siguiente. Los luminarios y sus apuntes desaparecerán del ambiente, esto nos permitirá seleccionar fácilmente el área sobre la cual se calculará el nivel de iluminación. Observemos que el icono **Luminaire-Editable** aparece como marca de agua.

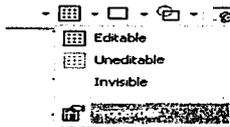


Para tener un mejor ángulo de visión sobre la zona de cálculo, seleccionaremos la vista en planta (**Plan View**) de la barra de herramientas **3D View** y haremos un acercamiento sobre el campo. Después de hacer clic en la opción **Rectangular** (rectangular) del botón **Calculation Zone** (zona de cálculo), ver figura siguiente, seleccionaremos el área de cálculo por medio de una ventana que cubra el campo. Dicha área permanecerá en blanco.

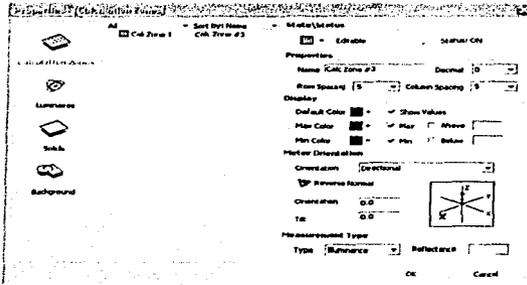
hasta que hagamos clic sobre el icono **Auto Calculate** (cálculo automático) que se encuentra a un costado del botón **Calculation Zone**, ver figura siguiente. Después de activar esta herramienta, aparecerán en el área seleccionada los niveles de iluminación cada 10 m y las curvas Isolux de acuerdo a los valores y colores seleccionados anteriormente.



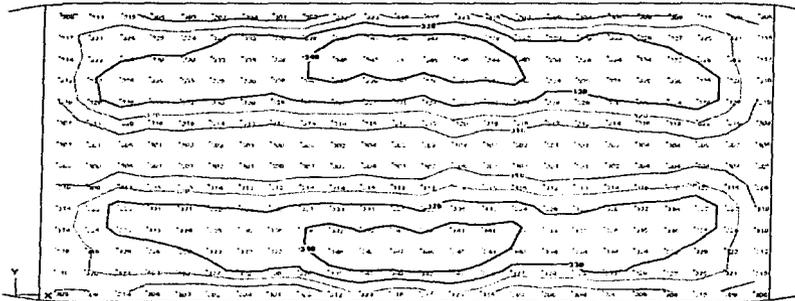
Seleccionaremos la opción **Properties** (propiedades) del botón **Calculation Zone-Editable** (edición de zona de cálculo), éste se encuentra a la derecha del icono **Luminarie-Editable**, ver figura siguiente.



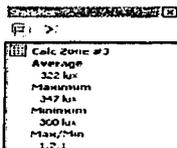
Al abrirse la ventana de propiedades de la zona de cálculo, ver figura siguiente, ajustaremos los decimales de los cálculos a "cero" y cambiaremos los espaciamentos de columnas y renglones de 10 a 5 m. Activaremos las casillas **Show Values** (mostrar valores), **Max** (valor máximo) y **Min** (valor mínimo). En el tipo de Medición (**Measurement Type**), seleccionaremos **Luminance** (iluminancia o nivel de iluminación). Haremos clic en **OK** para cerrar la ventana.



En el área de cálculo (figura siguiente) observamos sólo cuatro tipos de curvas Isolux: 310, 320, 330 y 340 lx. Los niveles de iluminación son calculados cada 5 m, el nivel máximo de iluminación es de 327 y el mínimo de 300 lx. El nivel de iluminación a lo largo del centro del campo, es de 300 lx aproximadamente.



Al seleccionar la opción **Statistics** (estadísticas) del menú **Calculation** (cálculo), aparecerá la ventana del mismo nombre, ver figura siguiente. En ella se muestran los parámetros activados en la sección **Calculations** (Cálculos) de la ventana **Options** (opciones), del menú **Tools** (herramientas). Observemos que todos los parámetros son adecuados: el nivel promedio de iluminación (322 lx), el nivel máximo (347 lx), el nivel mínimo (300 lx) y la relación Máx/Mín (1.2:1), que no debe superar a la relación máxima de 2:1.



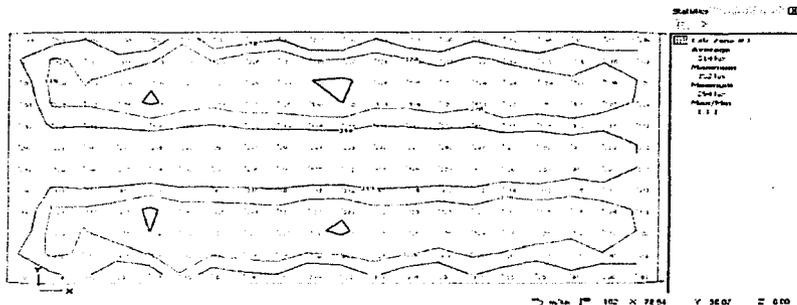
En la parte inferior del ambiente de diseño, se encuentra la barra de estado (**Status Bar**), ver figura siguiente. En ella aparecen: a) el icono de estado de cálculo (**Calculation Status Icon**) encendido, b) el indicador de unidades (**Units Indicator**) en Sistema Internacional (m/lux), c) el icono de luminario exterior (**Exterior Icon**) y d) el contador de luminarios (**Luminaire Counter**) en 128.

Exterior On/Off

128 1.20 x 32.71 y 3000 z 0.00

En la figura siguiente, observamos que los niveles de iluminación sobre la cancha, utilizando luminarios con lámparas de 1,500 W MH, son adecuados y similares a los obtenidos con lámparas de 1,000 W MH. En la barra de estado, aparece el número de proyectores calculados en CALAPRO y utilizados en VISUAL, 102. En la ventana de estadísticas observamos un nivel de iluminación mínimo un poco bajo (294 lx). Sin embargo, éste se encuentra en un lugar lejano a las canchas, por lo que no es de importancia ya que la uniformidad (Máx/Mín) no supera 2:1.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Al concluir el análisis técnico de los sistemas de iluminación, vemos que los proyectores Prismaflood con lámparas de 1,000 ó 1,500 W MH son muy buenas opciones para iluminar las canchas, y aunque nos inclinamos más por el uso de lámparas de 1,000 W MH debido a que su duración es mayor cuando se comparan con las de 1,500 W MH. La decisión sobre el uso de alguno de estos proyectores no se basará sólo en el análisis técnico, sino también en el económico, el cual es presentado en el capítulo cuatro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISEÑO DE LA
INSTALACIÓN ELÉCTRICA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

111

3.1. ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, conductores, conexiones y canalizaciones. Dichos elementos deben distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente.⁷

Acometida. Por acometida se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. En las terminales de entrada de la acometida normalmente se colocan apartarrayos para proteger la instalación y el equipo contra alto voltaje, ya sea de origen atmosférico o por maniobras de conexión o desconexión en la red de suministro.

Equipo de medición. Es aquel, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compraventa.

Transformador. El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En instalaciones grandes pueden necesitarse varios niveles de voltajes, lo que se logra instalando uno o varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones).

Tableros. Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar (en algunos casos obligatorio) para lograr una instalación segura, eficiente y ordenada.

Tablero general. El tablero general es aquél que se coloca después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a

⁷ Bratu Serbán, Nengu. Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño. Ediciones Alfaomega, 1992, p. 11

la salida de éste se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

Interruptor. Es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente. Puede utilizarse como un medio de conexión o desconexión y, si está provisto de dispositivos adecuados, también puede cubrir la función de protección contra sobrecargas y/o cortocircuitos.

El interruptor termomagnético, es uno de los interruptores más utilizados, sirve para desconectar, proteger contra sobrecargas y cortocircuitos, se fabrica en gran variedad de tamaños, por lo que su aplicación puede ser como interruptor general o derivado. Su diseño le permite soportar un gran número de operaciones de conexión y desconexión, lo que lo hace muy útil en el control manual de una instalación.

Interruptor general. Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación, y se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora. Este interruptor debe ser de fácil acceso y operación, de tal forma que en caso de emergencia permita desenergizar la instalación rápidamente. Dependiendo del tipo de instalación, el interruptor general o principal puede ser alguno de los siguientes dispositivos: caja con cuchillas y fusibles o interruptor termomagnético.

Circuito alimentador. Es la parte de la instalación que se extiende desde el medio principal de desconexión (interruptor principal) hasta la última protección contra sobrecorriente.

Tableros de distribución o derivados. Cada área de una instalación está normalmente alimentada por uno o varios tableros derivados. Contienen una barra de cobre para el neutro y 1, 2 ó 3 barras conectadas a las fases respectivas. Normalmente a las barras de las fases se conectan interruptores, éstos últimos a su vez alimentan: unidades de alumbrado, salidas para contactos o equipos especiales.

Interruptor derivado. Los interruptores eléctricos llamados derivados son aquellos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

Circuito derivado. Es la parte de la instalación que se extiende desde la última protección contra sobrecorriente hasta la carga.

Salidas para alumbrado. Las unidades de alumbrado, al igual que los motores, están al final de la instalación y son consumidores que transforman la energía eléctrica en energía luminosa y generalmente también en calor.

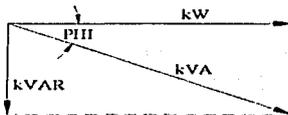
3.2. EL FACTOR DE POTENCIA.

Con frecuencia los consumidores deben que pagar una cantidad mayor del valor de consumo real de energía eléctrica, debido a que se aplica la cláusula penal de bajo factor de potencia (F.P.), publicado en el Diario Oficial de la Federación de fecha 10 de noviembre de 1991. Cuando la instalación del usuario es perfecta, es decir, que las cargas que originan el bajo factor de potencia como los transformadores, motores de inducción, plantas de soldar, balastos de lámparas de alta intensidad de descarga, et c., estén funcionando al 100%, el factor de potencia oscilará entre 0.8 y 0.9; pero esta condición no puede mantenerse durante todo el día y aún menos durante todo el mes ya que muchas veces dichas cargas estarán funcionando al 75% de la carga, media carga e incluso en vacío, con lo cual el F.P. será bajo.⁸

El factor de potencia es el cociente de la relación del total de Watts entre el total de Volt - Amperes, es decir, la relación de la potencia activa entre la potencia aparente. Cuando la corriente y el voltaje son funciones senoidales (corriente alterna) y δ es el ángulo de desfaseamiento entre ellos, el coseno de δ es el factor de potencia:

⁸ Ibidem, p. 110

$$F.P. = \cos \phi = \frac{kW}{kVA}$$



La Potencia Real o Activa (kW), es la que interviene en el proceso de conversión de energía eléctrica a otra forma de energía, por ejemplo, calor o trabajo. La Potencia Reactiva (kVAR), es la energía asociada a un capacitor o inductor. La Potencia Aparente (kVA), es la suma vectorial de las componentes activa y reactiva.

3.3. CÁLCULO DE LA CARGA.

El diseño de una instalación eléctrica requiere del conocimiento de la potencia o carga que se va a alimentar. Por carga se entiende la que será demandada a la instalación y no la suma de las capacidades de los equipos que serán instalados. Mientras mayor información se tenga respecto del consumo y de las condiciones de operación de todos los elementos que estarán conectados a la instalación, mayores serán las posibilidades de un cálculo que cumpla con los requerimientos técnicos y que sea económico. Es prácticamente imposible conocer con exactitud la carga de una instalación, sin embargo, se puede hacer un cálculo detallado con la información completa de todos los equipos que serán conectados y obtener un valor más preciso de la carga.⁹

Los cálculos realizados a continuación están basados en los conocimientos adquiridos en la clase de Instalaciones Electromecánicas y en algunos artículos de la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-1999 Instalaciones Eléctricas (Utilización), publicada el 22 de

⁹ Ibidem, p. 76

Diciembre de 1997 en el Diario Oficial de la Federación. La estructura de la NOM responde a las necesidades técnicas que requieren las instalaciones eléctricas en el ámbito nacional. Los artículos a los que se hace referencia, se presentan completos en el apéndice.

Symbol	Label	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lamp Lumens	LLF	Watts
	A	1007291-201	PRISMAFLOOD	1100W CLEAR MH	3002-ES	11000	0.75	1080

En la instalación del estadio, la carga máxima para los circuitos, se debe basar en la capacidad nominal total de los 128 proyectores Prismaflood 1,000 W Clear MH y no en la potencia (en Watts) de dichos dispositivos, artículo 210-22 (b). En la figura anterior, podemos ver la potencia consumida por cada luminario (ya con las pérdidas del balastro incluidas). Por lo tanto, la carga máxima demandada en la instalación es:

$$P_{\text{máx}} = 128(1,080W) \left(\frac{1.25}{0.9} \right) = 192.0 \text{ kVA}$$

Symbol	Label	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lamp Lumens	LLF	Watts
	B	1007291-201	PRISMAFLOOD	1500W CLEAR MH	3002-ES	15000	0.75	1620

En la figura anterior se muestra la potencia consumida por cada proyector Prismaflood de 1,500 W MH. Por lo tanto, la potencia máxima consumida por los 102 luminarios es:

$$P_{\text{máx}} = 102 \text{ lum}(1,620W) \left(\frac{1.25}{0.9} \right) = 229.5 \text{ kVA}$$

En los cálculos anteriores, el factor de 1.25 se aplicó porque la carga es continua, artículo 220-10 (a) y (b). Una Carga Continua, es aquella con la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más. El valor de 0.9, es el Factor

de Potencia, éste se aplicó para obtener la Potencia Aparente (kVA), que será utilizada para calcular las secciones de los conductores, el transformador de la subestación y los interruptores termomagnéticos.

3.4. SELECCIÓN DE LA SUBESTACIÓN.

En el empleo de la energía eléctrica, ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial, interviene una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico. Al conjunto de equipo eléctrico utilizado para un fin determinado se le conoce con el nombre de subestación.¹⁰

Es difícil hacer una clasificación precisa de las subestaciones eléctricas, pero de acuerdo con nuestra experiencia, podemos hacer la siguiente clasificación:

a) Por su operación:

1. De corriente alterna.
2. De corriente continua.

b) Por su servicio:

1. Primarias:

- Elevadoras
- Reductoras
- De distribución
- De maniobra
- Convertidoras
- Rectificadoras

¹⁰ Enríquez Harper, Gilberto. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión. Editorial Limusa, 1980, p. 11

2. Secundarias:

- Receptoras (reductoras o elevadoras)
- Distribuidoras
- De enlace
- Convertidoras
- Rectificadoras

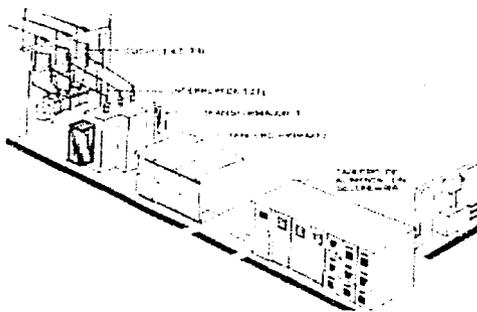
c) Por su construcción:

1. Tipo intemperie (NEMA 3R).
2. Tipo interior (NEMA 1).
3. Tipo blindado.

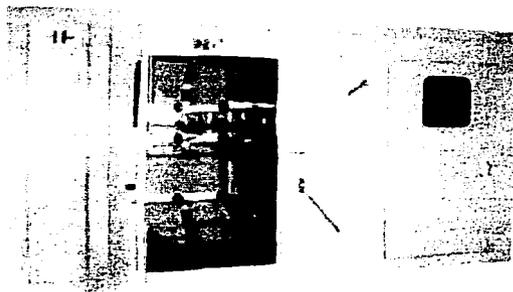
d) Por su tamaño:

1. Convencional.
2. Compacta.
3. Súper Compacta.

Subestación Convencional. Es un conjunto de elementos o dispositivos que permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.), tipo C.A. a C.C., o bien conservarla dentro de ciertas características. A continuación se muestra el diagrama elemental de una subestación convencional.



Subestación Compacta. Consiste en un gabinete primario que contiene un transformador trifásico y un gabinete secundario que contiene un equipo de tensión media similar al instalado en una subestación convencional, ambos gabinetes se encuentran mecánica y eléctricamente unidos sobre una base común de canal de hierro estructural, formando un solo paquete, ver figura siguiente.

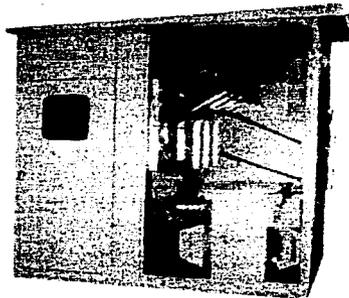


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Su aplicación principal es en acometidas de media tensión y para la industria en general que requiere mayor seguridad y menor mantenimiento. Las ventajas sobre una subestación convencional son:

- Reducción en las pérdidas de energía.
- Mejor regulación de voltaje.
- Mejor continuidad en el servicio.
- Reducción de costos de instalación.
- Fácil manejo.
- Menor peso.
- Reducción de espacio para el suministro de energía.

Subestación Súper Compacta. Integra en un solo gabinete las funciones de desconexión, protección en media tensión, transformación y protección en baja tensión de la instalación, ver figura siguiente. Este tipo de subestación ocupa la mitad del espacio usado por una subestación convencional. El acceso a la acometida es por ambos lados, lo que permite fijar la subestación a alguna pared.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Su aplicación principal es en espacios reducidos en el exterior, además, es ideal para espacios reducidos en interior de hoteles, edificios, etc. Las ventajas sobre las subestaciones convencionales y compactas son:

- Reducción de costos de instalación.
- Nos olvidamos del acoplamiento entre subestación y transformador.
- Reducción de problemas de mantenimiento.
- Los fusibles son fácilmente reemplazables desde el frente.
- El tanque del transformador está previamente aterrizado al sistema de tierras de la subestación y el neutro está conectado a una barra especialmente diseñada, ahorrando tiempo, materiales y riesgos de malas conexiones.

De acuerdo a la información anterior, la mejor opción para la instalación eléctrica, con proyectores de 1,500 W MH es la subestación compacta y para los de 1,000 W MH la subestación súper compacta. La subestación debe pertenecer a la clase 23 kV para uso interior, con un transformador cuya capacidad no sea menor a la calculada en la sección anterior (192.0 kVA para los proyectores de 1,000 W MH y 229.5 kVA para los de 1,500 W MH) y con una tensión nominal secundaria de 220/127 V.

La compañía AMBAR Electroingeniería, S.A. de C.V., nos presenta una subestación que cumple con lo requerimientos para los proyectores de 1,000 W MH:

Subestación súper compacta AMBAR-PAK, servicio interior, grado de protección NEMA 1. Formada por gabinete de lámina desengrasada, fosfatizada y sellada, en calibre 12 para los perfiles y calibre 14 para las tapas, acabada en color gris ANSI 61. Bus de cobre de la capacidad adecuada. Tensión nominal de 23 kV. Bus de tierra a los largo de la subestación. Mirillas de cristal inastillable, tortillería tropicalizada, incluye el equipo descrito a continuación:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. Acometida y cuchilla de paso. Alojando una cuchilla de paso de operación sin carga de 3x400 Amperes, marca Drivisa y tres apartarrayos de óxidos metálicos.
2. Seccionador de operación con carga. Un seccionador de operación con carga tripolar de 400 Amperes, marca Drivisa de accionamiento rápido, con mecanismo de disparo auxiliar tripolar que abre el seccionador en caso de falla de fusible.
3. Fusibles. Tres fusibles limitadores de corriente de la capacidad adecuada para proteger el transformador.
4. Transformador de 225 kVA, tipo de enfriamiento OA, de 3 fases, 60 Hz, en alta tensión de 23 kV. Conexión delta, con cambiador de derivaciones al frente del transformador de cuatro posiciones de 2.5% c/u, una arriba y tres debajo de la tensión nominal, con tensión secundaria de 220/127 V, conexión estrella. Adecuado para operar hasta una altura de 2,300 m.s.n.m. con una sobre elevación de temperatura de 65° C, una media de 30° C y una máxima de 40° C. Incluye gargantas del lado de baja tensión.

Para los proyectores de 1,500 W MH, la empresa Transformadores y Cont rol, S.A. de C.V., nos hace la siguiente propuesta:

Subestación compacta de cuatro secciones marca Siemens para servicio interior, voltaje de operación de 23 kV, fabricada con lámina de acero rolada en frío con pintura anticorrosivo color gris, formada de la siguiente manera:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. Espacio de acometida y medición (vacío). Espacio necesario para alojar el equipo de medición de la compañía suministradora y para la colocación de una mufa tripolar.
2. Espacio de cuchilla de paso. Contiene una cuchilla trifásica H245/400 Amperes de operación en grupo sin carga y con accionamiento manual.
3. Espacio de seccionador con apartarrayos. Contiene un seccionador tripolar tipo H 251/630 Amperes de operación en grupo con carga. El seccionador se opera con un accionamiento de disco desde el frente del tablero, con seguro mecánico que evita abrir la puerta si no está abierto el seccionador (no incluye fusibles).
4. Espacio de acoplamiento. Para acoplar directamente a la garganta del transformador, con soleras de cobre de 1 m.
5. Transformador tipo seco encapsulado, 3 Fases, 60 Hz, de 300 kVA, 23,000-220/127 V. Conexión delta-estrella, 4 derivaciones (+1-3 de 1000 V). Sobre elevación de temperatura de 100° C, aislamiento clase F, para operar a 2300 m.s.n.m. incluye central de protección por sobre temperatura T154 con bus de acoplamiento a tablero según normas IEC 726.

El uso de una subestación súper compacta, implica instalar interruptores de menor capacidad y conductores más delgados (en algunas secciones de la instalación) que los empleados en una subestación compacta, por ello, nos inclinamos más hacia la opción de instalar una subestación súper compacta. La decisión sobre el uso de la subestación

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

compacta o súper compacta, no debe basarse sólo en el análisis técnico, sino también en el económico, ver capítulo siguiente.

En los apartados presentados a continuación, sólo se muestran los cálculos para la instalación con proyectores de 1,000 W MH. Al final de cada apartado, se indica el equipo necesario para la instalación con proyectores de 1,500 W MH.

3.5. ESPECIFICACIÓN DE LOS CENTROS DE CARGA.

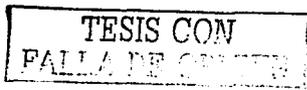
Un centro de carga, es el conjunto de elementos agrupados en determinado lugar desde donde se controla la alimentación de energía eléctrica de una instalación o de una zona (sección o rama). Puede tratarse de un tablero que contenga todos los elementos, o también puede ser un conjunto de interruptores, instrumentos de medición y otros dispositivos colocados en un muro y que juntos desarrollen la función de controlar la distribución de la energía a los circuitos derivados.¹¹

La subestación súper compacta AMBAR-PAK será colocada 20 m fuera del estadio, como medida de protección para los espectadores. Según el cálculo mostrado a continuación, debemos utilizar un interruptor termomagnético trifásico de 600 A como interruptor general.

$$I = \frac{kVA}{\sqrt{3}E_p} = \frac{192,000 \text{ VA}}{\sqrt{3}(220) \text{ V}} = 503.86[A]$$

Recordemos que los proyectores serán colocados en ambos lados del estadio, por lo que debemos distribuir la carga en dos circuitos que alimentarán ambos lados del estadio. El tablero de distribución será colocado bajo la rampa de acceso superior más cercana a la subestación. Cada circuito debe contar con un interruptor termomagnético de 400 A, ya que la corriente que circulará por cada uno es la mitad de la carga máxima:

¹¹ Britu Sertún, Neagu. Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño. Ediciones Alfaomega, 1992, p. 117



$$I = \frac{96,000 \text{ VA}}{\sqrt{3}(220) \text{ V}} = 251.93[\text{A}]$$

Para conocer el número de circuitos derivados que controlará el siguiente tablero, colocado en la base de las columnas, a cada lado del estadio, debemos calcular el número de proyectores que pueden ser controlados con algunos de los distintos interruptores termomagnéticos bifásicos existentes en el mercado. A continuación se presentan los cálculos con interruptores de 50, 100 y 150 A:

$$W_{\text{máx}} = 220\text{V}(50\text{A})(0.9) = 9,900[\text{W}]$$

$$\frac{9,900\text{W}}{1.25(1080\text{W})} = 7$$

$$\frac{128}{7} = 19$$

$$W_{\text{máx}} = 220\text{V}(100\text{A})(0.9) = 19,800[\text{W}]$$

$$\frac{19,800\text{W}}{1.25(1080\text{W})} = 14$$

$$\frac{128}{14} = 10$$

$$W_{\text{máx}} = 220\text{V}(150\text{A})(0.9) = 29,700[\text{W}]$$

$$\frac{29,700\text{W}}{1.25(1080\text{W})} = 22$$

$$\frac{128}{21} = 6$$

Como lo muestran los cálculos anteriores, con un interruptor de 50 A, podemos controlar una carga máxima de 9,900 W, dicha carga, dividida entre la potencia consumida por cada proyector nos indica el número de luminarios que podemos instalar en un circuito derivado, en este caso 7. Al dividir el número total de proyectores (128) entre los que podemos instalar con el interruptor termomagnético de 50A, obtenemos el número de circuitos derivados por tablero, un total de 19. Con un interruptor de 100 A, podemos controlar hasta

14 proyectores, obteniendo 10 circuitos derivados por tablero. Con cada interruptor de 150 A, se controlan 22 luminarios, teniendo 6 circuitos derivados por tablero.

Emplearemos los interruptores termomagnéticos de 100 A, ya que con ellos obtenemos un número adecuado de circuitos. En realidad instalaremos 6 circuitos derivados por tablero y no 5, esto nos permitirá hacer un mejor balanceo de las fases. Cada circuito derivado controlará 11 proyectores.

Para la instalación de 1,500 W MH, los centros de carga serán colocados en los mismos lugares, pero con el equipo descrito a continuación, observemos que se requiere un interruptor general de mayor capacidad. Cada circuito derivado controlará 9 proyectores.

Cantidad	Descripción Del Equipo
1	Interruptor termomagnético de 800 A
2	Interruptor termomagnético de 400 A
12	Interruptor termomagnético de 100 A

Los centros de carga se fabrican en distintos tamaños y formas. Los que emplearemos son trifásicos, cuentan con un sistema de barras para las tres fases y una barra para el neutro. Las barras de las fases están provistas con conexiones o terminales para recibir a los interruptores termomagnéticos, para la alimentación de los circuitos.

3.6. SELECCIÓN DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

En el diseño de instalaciones eléctricas una de las tareas más importantes es el cálculo de la sección de los alimentadores, es decir, la especificación de los conductores que suministrarán energía a una carga. Los principales criterios que se deben considerar para la especificación del conductor son la capacidad de conducción de corriente para las condiciones de la instalación y el porcentaje de caída de tensión.¹²

¹² Ibidem, p. 85

Capacidad de conducción de corriente. Los conductores eléctricos, están forrados por material aislante. Estos forros están clasificados de acuerdo con la temperatura de operación permisible, de tal forma que una misma sección de cobre puede tener diferente capacidad de conducción de corriente, dependiendo del tipo de aislamiento que se seleccione.

Caída de tensión (e), es la diferencia que existe entre el voltaje aplicado al extremo alimentador de una instalación y el obtenido en cualquier otro punto de la misma, cuando está circulando la corriente nominal. El porcentaje de caída de tensión ($e\%$), es la relación de la caída de tensión entre el voltaje nominal, expresada en porcentaje:

$$e_{\%} = \frac{4LI}{sE_N} \quad (\text{Para Circuitos Monofásicos})$$

$$e_{\%} = \frac{2\sqrt{3}LI}{sE_F} \quad (\text{Para Circuitos Trifásicos})$$

Donde:

L = Longitud del conductor [m]

I = Corriente [A]

s = Tamaño nominal del conductor [mm²]

E_N = Voltaje de Fase a Neutro

E_F = Voltaje entre Fases

El valor máximo de porcentaje de caída de tensión permitido es de 3% para el circuito alimentador, y de 3% para el derivado, sin que los dos circuitos juntos sobrepasen 5%.

Antes de comenzar con el cálculo del calibre de los conductores, debemos seleccionar el tipo de conductor más adecuado para la instalación, tomando como base para la selección, la información proporcionada en la tabla 310-13 de la NOM, consultar apéndice. A continuación se muestra un fragmento de ésta, en la que se describen las características de los conductores THW, THW-LS y THHW. Después de analizar la tabla, es claro que el tipo

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

de conductor más conveniente para la instalación es el THW-LS, con una temperatura nominal del conductor de 75° C.

Nombre genérico	Tipo	Temp. máxima de operación ° C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior	
					mm ²	AWG-kcmil			
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	THW	75	Lugares secos y mojados. Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1000 V o menos en circuito abierto y a tamaños nominales de 2,082 a 8,367 mm ² (14-8 AWG)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	2,082-5,26	14 - 10	0,76	Ninguna	
		90			8,367	8	1,14		
		13,30-33,62			0 - 2	1,52			
		42,41 - 107,2			1 - 4/0	2,03			
					126,7-253,4	250-00	2,41		
					304,0-506,7	600-1000	2,79		
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THW-LS	75	Lugares secos y mojados. Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1000V o menos en circuito y áreas de las secciones transversales de 2082 a 8367 mm ² (14-08)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2,082-5,260	(14 - 10)	0,76	Ninguna	
					8,367	(8)	1,14		
					13,30-33,62	(6 - 2)	1,52		
					42,41-107,2	(1 - 4/0)	2,03		
					126,7-253,4	(250 - 500)	2,41		
						304,0-506,7	(600 - 1000)	2,79	
						2,082-5,260	(800 - 1000)	0,76	
						8,367	(14 - 10)	1,14	
						13,30 - 33,62	(8)	1,52	
						42,41-107,2	(6 - 2)	2,03	
	THW-V			Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios.	126,7-253,4	(1 - 4/0)	2,41		
						304,0-506,7	(250 - 500)	2,79	
							(600 - 1000)		
		90	Lugares secos						

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

El circuito alimentador, en el tramo de la subestación al tablero ubicado bajo la rampa más cercana, tiene una longitud de 20 m y conduce 503.86 A, por lo tanto, debemos seleccionar un conductor (de la tabla 310-16 de la NOM, ver apéndice) cuya capacidad de conducción de corriente no sea menor a la indicada anteriormente y cuyo porcentaje de caída de tensión no supere el 3%.

Calibre del Conductor	Conduce	FCT	FCA	Conduce
900 kcmil	520 A	1	0.8	416 A

En la tabla anterior, aparece un conductor que no cumple con la condición de capacidad de conducción de corriente. El factor de corrección por temperatura (FCT) se aplica sólo para una temperatura ambiente distinta de 30° C. de acuerdo a la tabla siguiente:

FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1.08	1.05	1.04	1.08	1.05	1.04	21-25
26-30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	26-30
31-35	0.91	0.94	0.96	0.91	0.94	0.96	31-35
36-40	0.82	0.88	0.91	0.82	0.88	0.91	36-40
41-45	0.71	0.82	0.87	0.71	0.82	0.87	41-45
46-50	0.58	0.75	0.82	0.58	0.75	0.82	46-50
51-55	0.41	0.67	0.76	0.41	0.67	0.76	51-55
56-60	....	0.58	0.71	....	0.58	0.71	56-60
61-70	....	0.33	0.58	....	0.33	0.58	61-70
71-80	....	....	0.41	....	....	0.41	71-80

Cuando el número de conductores activos en un cable o canalización es mayor a tres, se aplica el factor de corrección por agrupamiento (FCA), ya que la capacidad de conducción de corriente se reduce como se indica en la Tabla siguiente.

Número de conductores activos	Por ciento de valor de las tablas ajustado para la temperatura ambiente si fuera necesario
De 4 a 6	80
De 7 a 9	70
De 10 a 20	50
De 21 a 30	45
De 31 a 40	40
41 y más	35

El conductor seleccionado anteriormente, no cumplió con la primera condición. El conductor calibre 1,750 kcmil mostrado a continuación, cumple con la condición de capacidad de conducción de corriente y con la de porcentaje de caída de tensión. Por lo tanto, emplearemos este conductor para la esta sección de la instalación.

Calibre del Conductor	Conduce	FCT	FCA	Conduce
1,750 kcmil	650 A	1	0.8	520 A

$$e_{s,1750} = \frac{2\sqrt{3}(20)(503.86)}{886.74(220)} = 0.17 < 3$$

El siguiente tramo del circuito alimentador, que va del tablero bajo la rampa a la base de la columna más cercana, conduce 251.93 A y tiene una longitud de 127 m. Por lo tanto, seleccionaremos un conductor cuya capacidad de conducción de corriente sea mayor a la especificada:

Calibre del Conductor	Conduce	FCT	FCA	Conduce
400 kcmil	335 A	1	0.8	268 A

El conductor mostrado en la tabla anterior cumple con la primera condición, ahora analicemos si cumple con la de porcentaje de caída de tensión:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$e_{s_{400}} = \frac{2\sqrt{3}(127)(251.93)}{202.68(220)} = 2.48 < 3$$

De acuerdo al cálculo anterior, el conductor calibre 400 kcmil cumple con la segunda condición, por lo tanto, lo consideramos adecuado para la instalación. Recordemos que el porcentaje de caída de tensión a lo largo de todo el circuito alimentador, compuesto por dos secciones, no debe ser mayor a 3%:

$$e_{s_{ALIMENTADOR}} = 0.17 + 2.48 = 2.65 < 3$$

Los circuitos derivados, que se extienden de la base de la columna a la carga instalada, tienen una longitud máxima de 155 m y conducen la corriente de 11 proyectores, por lo tanto, la corriente en cada circuito derivado es:

$$I_{\text{Proyector}} = \frac{1.25(1,080W)}{220V(0.9)} = 6.8[A]$$

$$I_{\text{Derivado}} = 11(6.8A) = 74.9[A]$$

A continuación presentamos dos conductores, uno que cumple con la condición de capacidad de conducción de corriente, pero no con la de caída de porcentaje de tensión, y otro que cumple con ambas condiciones:

Calibre del Conductor	Conduce	FCT	FCA	Conduce
3/0 AWG	200 A	1	0.7	140 A
4/0 AWG	230 A	1	0.7	161 A

El FCA de 0.7 se aplica porque llevaremos los conductores de los circuitos derivados por dos canalizaciones distintas, una que suba por la columna más cercana al table ro de distribución y otra por la columna central.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$e_{s370} = \frac{4(155)(74.91)}{85.01(220)} = 2.47 > 2$$

$$e_{s470} = \frac{4(155)(74.91)}{107.2(220)} = 1.97 < 2$$

Emplearemos el conductor 4/0 AWG, ya que el porcentaje de caída de tensión en cada circuito derivado no debe ser mayor a 2% y la suma de ambos circuitos (alimentador y derivado) no debe superar el 5%:

$$e_s = 2.65 + 1.97 = 4.62 < 5$$

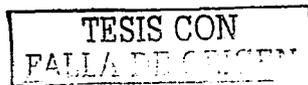
Para la instalación con proyectores de 1,500 W MH, se requieren las mismas longitudes de conductor, pero con calibres mayores en el circuito alimentador:

- a. Primer tramo del circuito alimentador, conductor calibre 2,000 kcmil.
- b. Segundo tramo del circuito alimentador, conductor calibre 500 kcmil.
- c. Circuito derivado, conductor calibre 4/0 AWG.

El porcentaje de caída de tensión en el circuito alimentador es de 2.55 y en el derivado de 2.42, ambos menores a 3%. La suma de los dos circuitos (4.97) no supera el 5%, por lo tanto, los cálculos son correctos.

3.7. BALANCEO DE FASES.

En la actualidad la generación y transmisión de la energía eléctrica se hace en tres fases. Esto se debe a las ventajas económicas que un sistema trifásico tiene frente a uno monofásico. De esta manera se generan tres voltajes de la misma magnitud defasados 120° en el tiempo, lo que constituye un sistema equilibrado. Las cargas trifásicas producen corrientes de la misma magnitud en las tres fases. Este no es el caso de las cargas monofásicas que pueden producir desequilibrios entre las corrientes que circulan por las líneas. Estas cargas que desequilibran el sistema pueden provocar que los voltajes ya no



sean iguales en magnitud, y que los ángulos entre ellos cambien. A este fenómeno se le conoce como desbalanceo de voltaje o de fases.¹³

Un sistema desbalanceado puede ser causa de sobrecalentamiento en los generadores y crear problemas en los equipos de los consumidores. Por esta razón la compañía responsable del suministro limita a los consumidores para que eviten que el desbalanceo de sus cargas vaya más allá del 5%.

Para los tableros trifásicos es común dividir la carga total entre tres para conocer el valor exacto de equilibrio, para la instalación con proyectores de 1,000 W MH tenemos:

$$C_{\text{Promedio}} = \frac{503.86A}{3} = 167.95A$$

Después se hacen tres grupos cuyos circuitos puedan combinarse para que las sumatorias de las cargas sean lo más cercanas al valor de equilibrio. En la tabla mostrada a continuación, se tienen cuatro circuitos derivados de once proyectores y dos de diez, en cada lado del estadio, para un total de doce circuitos derivados y 128 proyectores de 1,000 W MH en la instalación.

Circuito Derivado	No. de Proyectores por Circuito	Fase A [Amperes]	Fase B [Amperes]	Fase C [Amperes]
C1	11	21.61	21.61	
C2	11	21.61		21.61
C3	11		21.61	21.61
C4	11	21.61	21.61	
C5	10	19.65		19.65
C6	10		19.65	19.65
C7	11	21.61	21.61	
C8	11	21.61		21.61
C9	11		21.61	21.61
C10	11	21.61	21.61	
C11	10	19.65		19.65

¹³ Ibidem, p. 120

INSTALACIÓN ELÉCTRICA

C12	10		19.65	19.65
TOTAL	128	168.96	168.96	165.04

El desbalanceo entre las tres fases se calcula con la siguiente relación:

$$\% \text{Desbalanceo} = \frac{C_{\text{Mayor}} - C_{\text{menor}}}{C_{\text{Promedio}}} \times 100 < 5$$

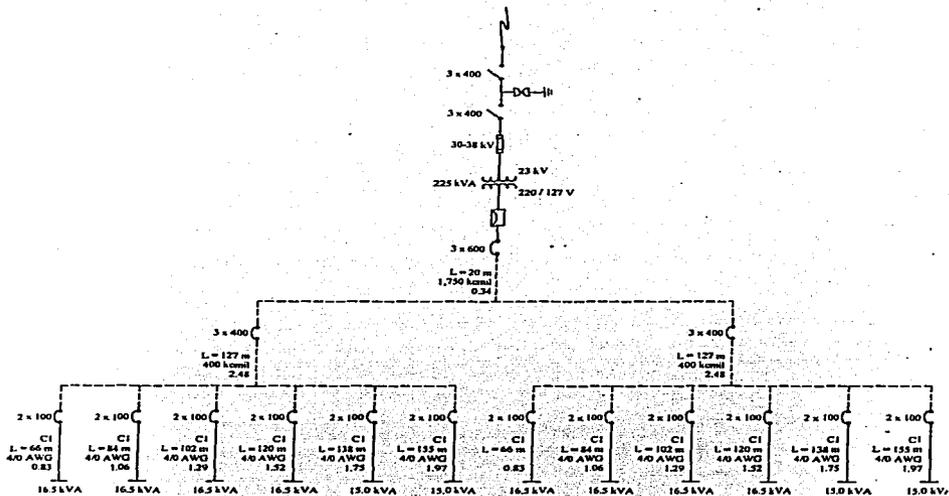
Donde:

- C_{Mayor} = Amperes de la fase más cargada.
- C_{menor} = Amperes de la fase menos cargada.
- C_{Promedio} = Amperes de la carga promedio.

Como se muestra a continuación, el porcentaje de desbalanceo para la instalación con proyectores de 1,000 W MH es adecuado:

$$\% \text{Desbalanceo} = \frac{168.96 - 165.04}{167.95} \times 100 = 2.33 < 5$$

En el capítulo siguiente, se hará un análisis económico que nos permitirá decidir si se instalarán proyectores con lámparas de 1,000 ó 1,500 W MH. En la página siguiente, se presenta el diagrama unifilar de la instalación con proyectores de 1,000 W MH.



TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

ANÁLISIS ECONÓMICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO.

En nuestra economía capitalista el éxito de los proyectos de ingeniería y de negocios se mide más que nada en términos de eficiencia financiera. Es poco probable que un proyecto alcance su éxito financiero máximo a menos de que esté adecuadamente planeado y operando con respecto a sus requerimientos técnicos, sociales y financieros. Siendo el ingeniero la persona con más probabilidades de entender los requerimientos técnicos de un proyecto, muy frecuentemente se le solicita para hacer estudios en que se combinen los detalles técnicos y financieros de un proyecto y al mismo tiempo proporcionar el análisis en base al cual él mismo o alguna otra persona pueda llegar a una decisión administrativa segura.¹⁴

Los ingenieros desempeñan un papel único e importante en la concepción de nuevas ideas y proyectos que requieren gastos de capital para llegar hasta su estado final (el de la construcción). Por lo tanto, el ingeniero generalmente debe combinar los requerimientos técnicos y financieros de cada proyecto y al mismo tiempo no descuidar los valores sociales y estéticos que puedan estar involucrados. De hecho, la necesidad de tomar en consideración en forma adecuada tal combinación de factores es lo que distingue el trabajo del ingeniero del trabajo del científico teórico.

4.1.1. INGENIERÍA ECONÓMICA Y ALTERNATIVAS.

Los análisis económicos que se refieren principalmente a proyectos técnicos y de ingeniería se conocen por lo general como estudios de ingeniería económica. Prácticamente todos los proyectos de ingeniería pueden ser realizados en más de una forma, por lo tanto, los estudios económicos tienen que ver con las diferencias en los resultados económicos de alternativas. Este concepto de diferencias económicas entre alternativas es básico y de suma importancia en la elaboración de estudios económicos; si no hay alternativas no hay necesidad de hacer un estudio económico.¹⁵

¹⁴ López Lénaud, José I. Evaluación Económica. McGraw-Hill, 1975. p. 2

¹⁵ DeGarmo, E. Paul. Ingeniería Económica. Compañía Editorial Continental, 1982. p. 14

El amplísimo alcance de los proyectos de ingeniería modernos hace esencial que se tomen en cuenta y se manejen en forma exacta y correcta todos los factores involucrados en la economía, de tal manera que los resultados sean satisfactorios desde todos los puntos de vista tomados en cuenta en el proyecto.

La selección del método final nunca debe basarse en apariencias o probabilidades, ni hacerse sin un minucioso estudio. Seguramente, para cuando se llega a seleccionar una o varias opciones, ya se han descartado otras (por razones de diversa índole no económica: técnica, social, ecológica, etc.), que aún cuando pueden ser factibles, no se consideran deseables. Vemos entonces, que el análisis económico, es la última fase de todo estudio completo.

4.1.2. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

A continuación se muestra la inversión inicial realizada con cada tipo de proyector. Los precios de los proyectores son presentados por el fabricante de equipos de iluminación Holophane S.A. de C.V.

Catálogo	Descripción	Número de Proyectores	Costo Unitario	Inversión Inicial (M.N.)
1886	Para 400 W Aditivos Metálicos Clara 43"H x 43"V Cristal Termotemplado CTT-552	562	7,580.00	4,259,960.00
1897	Para 1000 W Aditivos Metálicos Clara 45"H x 45"V Cristal Termotemplado CTT-552	128	8,460.00	1,082,880.00
1898	Para 1500 W Aditivos Metálicos Clara 40"H x 40"V Cristal Termotemplado CTT-552	102	10,832.00	1,104,864.00

Como se aprecia en la tabla anterior, la inversión inicial usando proyectores con lámparas de 400 W MH es muy grande, por lo que se reafirma la decisión tomada en el análisis técnico, no emplear el luminario catálogo 1886. La diferencia entre las inversiones con lámparas de 1,000 y 1,500 W MH es de \$21,984.00. Por lo tanto, la mejor alternativa es instalar proyectores Prismaflood catálogo 1897, en esta ocasión por la inversión inicial en luminarios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A continuación se presentan los costos de balastos y lámparas para los luminarios catálogo 1897 y 1898. Se contempla reemplazar por falla prematura un 5% de los balastos y un 10% de las lámparas cada año. Otra de las razones por las que pretendemos instalar proyectores catálogo 1897, es que el costo anual del equipo reemplazado en estos proyectores, es \$556.05 más barato.

Descripción	Costo Unitario	Equipo Reemplazado Cada Año	Inversión Anual (M.N.)
Lámpara Philips de 1,000 W Aditivos Metálicos Clara	262.73	13	3,415.49
Balastro Sola Basic para Lámpara de 1,000 W Aditivos Metálicos Clara	596.71	6	3,580.26
Lámpara Philips de 1,500 W Aditivos Metálicos Clara	284.97	10	2,849.70
Balastro Sola Basic para Lámpara de 1,500 W Aditivos Metálicos Clara	718.00	5	3,590.00

4.1.3. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

Las cotizaciones mostradas a continuación, son presentadas por Distribuidora Santiago, S.A. de C.V. La primera describe el equipo necesario para la instalación eléctrica empleando proyectores Prismaflood catálogo 1897:

Cantidad	Descripción Del Equipo	Costo Unitario	Inversión Inicial (M.N.)
1	Subestación Súper Compacta AMBAR-PAK	100,122.75	100,122.75
1	Centro de Carga Trifásico Federal Pacific	1,280.00	1,280.00
1	Centro de Carga Trifásico Federal Pacific	1,650.00	1,650.00
1	Interruptor Termomagnético Trifásico SquareD de 600 A	19,772.94	19,772.94
2	Interruptor Termomagnético Trifásico SquareD de 400 A	11,824.93	23,649.86
12	Interruptor Termomagnético Bifásico SquareD de 100 A	1,745.83	20,949.96
20	Conductor IUSA Calibre 1,750 kcmil	36.95	739.00
254	Conductor IUSA Calibre 400 kcmil	24.05	6,108.70
1330	Conductor IUSA Calibre 4/0 AWG	18.90	25,137.00
Total			199,410.21

ANÁLISIS ECONÓMICO

La tabla siguiente corresponde a la inversión del equipo para la instalación eléctrica con proyectores catálogo 1898. Observemos que esta cotización supera a la anterior por \$70,152.58, por lo tanto, consideramos que es mejor instalar proyectores con lámparas de 1,000 W MH, ahora basados en el análisis de la inversión inicial en equipo eléctrico.

Cantidad	Descripción Del Equipo	Costo Unitario	Inversión Inicial (M.N.)
1	Subestación Compacta Siemens	158,870.00	158,870.00
1	Centro de Carga Trifásico Federal Pacific	1,280.00	1,280.00
1	Centro de Carga Trifásico Federal Pacific	1,650.00	1,650.00
1	Interruptor Termomagnético Trifásico SquareD de 800 A	30,438.97	30,438.97
2	Interruptor Termomagnético Trifásico SquareD de 400 A	11,824.93	23,649.86
12	Interruptor Termomagnético Bifásico SquareD de 100 A	1,745.83	20,949.96
20	Conductor IUSA Calibre 2,000 kcmil	42.80	856.00
254	Conductor IUSA Calibre 500 kcmil	26.50	6,731.00
1330	Conductor IUSA Calibre 4/0 AWG	18.90	25,137.00
Total			269,562.79

A continuación se presentan los costos por instalación de subestaciones y de equipo eléctrico. Podemos ver, que la instalación de la subestación compacta es más cara que la de la súper compacta, la diferencia es de \$16,962.50.

Cantidad	Descripción	Inversión Inicial (M.N.)
1	Construcción de Cuarto para subestación	
1	Instalación de Subestación súper compacta AMBAR-PAK	
1	Instalación de Tableros Trifásicos	
1	Instalación de Interruptores Termomagnéticos	
1	Suministro de Material y Colocación de tubo para canalización	
Total		107,985.00

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cantidad	Descripción	Inversión Inicial (M.N.)
1	Construcción de Cuarto para subestación	
1	Instalación de Subestación Compacta Siemens	
1	Instalación de Tableros Trifásicos	
1	Instalación de Interruptores Termomagnéticos	
1	Suministro de Material y Colocación de Tubo para Canalización	
Total		124,947.50

El mantenimiento a las subestaciones debe realizarse cada año, éste consiste en limpiar las cuchillas y revisar o cambiar los fusibles y el aceite del transformador. En la tabla siguiente, se presentan los costos por el servicio a cada subestación, la diferencia entre los servicios es de \$575.00. Las cotizaciones por trabajos de instalación y mantenimiento son presentadas por Construcción, Estudios y Proyectos, S.A. de C.V.

Cantidad	Descripción	Inversión Anual (M.N.)
1	Mantenimiento a la Subestación Compacta Siemens	3,450.00
1	Mantenimiento a la Subestación Súper Compacta AMBAR-PAK	2,875.00

La diferencia de los sistemas anteriores es de \$109,099.08 en la inversión inicial y de \$1,131.05 en la anual. Por lo tanto, podemos concluir que el mejor sistema es de los proyectores con lámparas de 1,000 W MH. Sin embargo, para afirmar que éste es el mejor, debemos realizar un análisis más completo, en el que se empleen los datos de las cotizaciones anteriores y otros parámetros no considerados. Para ello, emplearemos el programa de computadora Economic Viewer.

4.1.4. ANÁLISIS ECONÓMICO POR COMPUTADORA.

El programa Economic Viewer v1.0 de Lithonia Lighting, fue diseñado para estimar la inversión inicial y los costos anuales de hasta cinco alternativas en sistemas de iluminación para un mismo escenario. Con la información obtenida en el Economic Viewer, se puede determinar cual de los sistemas es el más económico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la ventana de inicio del Economic Viewer, las secciones **Project Description** (descripción del proyecto), **Prepared By** (elaborado por) y **Description** (descripción), serán llenadas con la información que se muestra en la figura siguiente. Debemos activar las casillas **Check if Active** (indicar si está activo) del número de sistemas (**System No.**) que se analizarán. Daremos clic en el botón **Next** (siguiente), para avanzar a la ventana siguiente.

Littonia Economic Viewer v1.0
File Edit Graph Help

Project Description

LITTONIA LIGHTING

ANÁLISIS DE DOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA EL ESTADO

Prepared By: FERNÁNDO LÉON

System No.	Check if Active	Description	Luminaire Data
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Proyectores Floodhead Curva NEMA 3c3 con Lampsas de 1000 W/40H	Output
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Proyectores Floodhead Curva NEMA 3c3 con Lampsas de 1500 W/40H	Next
3	<input type="checkbox"/>		Exit
4	<input type="checkbox"/>		
5	<input type="checkbox"/>		

Luminaire Data	System #1 <input checked="" type="checkbox"/>	System #2 <input checked="" type="checkbox"/>	System #3 <input type="checkbox"/>	System #4 <input type="checkbox"/>	System #5 <input type="checkbox"/>
Catalog Number	1097 (3H33V)	1098 (3H33V)			
Description	PRISMAFLOOD	PRISMAFLOOD			
Cost/Luminaire	8460	10832	0	0	0
Number of Luminaires	120	102	0	0	0
Input Watts/Luminaire	1000	1620	0	0	0
Power Factor	0.9	0.9	0	0.9	0
Installation Hours/Luminaire	11.5	11.5	0	0	0
Cleaning Option	GROUP(16)	GROUP(16)	0	0	0
Cleaning Hours/Luminaire	42	42	0	0	0
Base Wring Cost (\$/KVA)	184.26	184.26	0	0	0

La ventana **Luminaire Data** (datos del luminario), se divide en cuatro secciones. En los renglones de la primera sección (**Luminaire Data**) aparecen los datos del luminario: número de catálogo, descripción, costo/luminario, número de luminarios, Watts consumidos/luminario, factor de potencia, horas de instalación/luminario, periodo de

limpieza del grupo de luminarios (meses), horas de limpieza/luminario y costo base costo del cableado. En las columnas aparecen los sistemas activos que se analizan: Sistema # 1, proyectores con lámparas de 1,000 W MH y Sistema # 2, proyectores con lámparas de 1,500 W MH. Para ingresar los datos debemos hacer doble clic en las casillas y seleccionar la información de los cuadros de diálogo desplegados. Por ejemplo, para conocer el costo base del cableado, hay que hacer doble clic en la casilla **Base Wiring Cost (\$/kVA)** y seleccionar uno de los sistemas de voltaje que aparecen en el cuadro de diálogo, ver figura siguiente. En esta ocasión seleccionaremos el sistema de 240V, porque el de 220V no aparece.

Wiring Costs

System Voltage

120 277 480

208 347

240 400

Base Wiring Cost 182.26 \$/kVA

Lamp Data		1000W CLEAR M	1500W CLEAR M			
Lamp Description		1000W CLEAR M	1500W CLEAR M			
Lamp Life (hours)		12000	3000	0	0	0
Lamp Cost		262.73	594.97	0	0	0
# Lamps/Luminaires		1	1	0	0	0
Hours of Operation (Hrs/yr)		100	100	0	0	0
Relamping Option		GROUP1201	GROUP1201			
Relamping Hours/Lamp		0.33	0.33	0	0	0

En la segunda sección (**Lamp Data**), se indican los datos de la lámpara como: descripción de la lámpara, vida de la lámpara (horas), costo por lámpara, número de lámparas/luminario, horas de operación (horas/año), periodo de reemplazo del grupo de lámparas (meses) y tiempo de reemplazo de lámparas (horas/lámpara).

System Data	HVAC Costs ...	0ml	0ml	0ml	0ml	0ml
Additional Initial Costs		307395.21	394510.29	0	0	0
Additional Annual Costs		6455.26	7040.00	0	0	0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la tercera sección (**System Data**, datos del sistema), omitiremos los costos para el sistema de enfriamiento de los luminarios, ya que éstos no lo necesitan pues se encuentran al aire libre. En los costos iniciales adicionales se incluyen: la inversión en equipo eléctrico y el costo por la instalación de la subestación y del equipo eléctrico. En los costos anuales adicionales incluiremos: el mantenimiento realizado a la subestación y los balastos reemplazados cada año.

Project Data					
Electrician Labor Rate (\$/hr)	1200	Cost of Electricity (\$/kwh)	1.7	Initial Tax Rate (%)	0
Maintenance Labor Rate (\$/hr)	90	Interest Rate (%)	0	Insurance Rate (%)	0
System Life (Years)	20	Escalation Rate (%)	0	Property Tax Rate (%)	0

En la cuarta sección (**Project Data**) ingresaremos los datos del proyecto: costo de la mano de obra eléctrica (\$/hora) que incluye la instalación de luminarios completos, la mano de obra de mantenimiento (\$/hora) que incluye la limpieza de los luminarios y reemplazo de las lámparas, la vida del sistema (años) y el costo de la electricidad (\$/kWh). Los costos de los primeros dos parámetros son proporcionados por Construcciones, Estudios y Proyectos S.A. de C.V., y la tarifa eléctrica por Luz y Fuerza del Centro. Los parámetros: tasa de interés (%), tasa escalada (%), tasa de seguro y tasa de impuesto sobre propiedad (%), serán omitidos, ya que no son necesarios para el análisis. La tasa de impuestos iniciales, **Initial Tax Rate (%)**, también será omitida debido a que todos los costos ya tienen incluido el 1.5% de I.V.A.

Initial Costs	System #1	System #2	System #3	System #4	System #5
Cost of Luminaires	\$108,280.00	\$110,486.00			
Installation of Luminaires	\$2,300.00	\$18,360.00			
Wiring of Luminaires	\$29,302.34	\$3,383.14			
Cost of Lamps	\$0.00	\$0.00			
Compensating A/C					
Savings in Heating Equipment					
Other Initial Costs	\$307,395.21	\$39,451.23			
Initial Taxes	\$0.00	\$0.00			
TOTAL INITIAL COSTS	\$1,648,977.58	\$1,716,804.42			
Relative Initial Cost	1.00	1.04			

Al hacer clic en el botón **Next** de la ventana **Luminaire Data**, se desplegará la ventana de salida de datos (**Output Display**), la cual se divide en tres secciones. En la primera sección (**Initial Costs**) aparecen las inversiones iniciales: costo de luminarios, costo de instalación

de luminarios, costo de instalación de conductores, costo de lámparas, Compensación en A/C, Ahorro en equipo de clima, otros costos iniciales (costos iniciales adicionales), impuestos iniciales, costo inicial total y costo relativo inicial. Algunos parámetros aparecen en blanco debido a que no se ingresaron los datos respectivos en la ventana **Luminaire Data**. De acuerdo al costo relativo inicial, que indica que tan grande es la inversión inicial del segundo sistema respecto a la del primero, podemos ver que el Sistema # 1 es más barato que el Sistema # 2.

Average[*] Annual Costs					
Lighting Energy Costs:	\$29500.88	\$280690.88			
KW Load of the Lighting:	139.240	165.240			
A/C Energy:					
A/C Maintenance:					
Reduction in Heating Fuel:					
Reduced Heating Maintenance:					
Replacement Lamps:	\$3360.94	\$2905.64			
Relamping Labor:	\$360.10	\$302.94			
Clearing Costs:	\$3225.64	\$2570.40			
Insurance:	\$0.00	\$0.00			
Property Tax:	\$0.00	\$0.00			
Other Annual Costs:	\$5459.20	\$7040.00			
TOTAL ANNUAL COSTS	\$36,924.77	\$40,910.84			
Relative Annual Cost:	1.00	1.11			

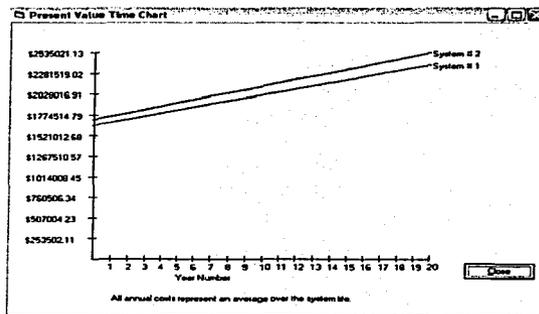
En la segunda sección (**Average Annual Costs**) se presentan los costos anuales promedio de: energía eléctrica, carga de la iluminación en kW, energía para A/C, mantenimiento de A/C, disminución en combustible para calefacción, mantenimiento menor de la calefacción, lámparas reemplazadas, mano de obra por reemplazo de lámparas, mano de obra por limpieza de luminarios, seguro, impuesto sobre propiedad, otros costos anuales (costos anuales adicionales), total de costos anuales y costo relativo anual. En base al último parámetro, que indica que tanto es mayor el costo anual del segundo sistema respecto al del primero, podemos ver que el mantenimiento es más caro para el Sistema # 2.

Analysis					
Simple Payback (years)	Base Case	n/a			
Discounted Payback (years)	Base Case	n/a			
Internal Rate of Return (%)	Base Case	n/a			

En la tercera sección (**Analysis**) todos los parámetros: amortización simple (años), amortización descontada (años) y tasa interna de recuperación, no tienen valor asignado debido a que éstos no se contemplan para nuestro análisis. Al hacer clic en el botón **PV**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Plot (gráfica PV) de la ventana **Output Display**, aparece la gráfica de valores actuales y en el tiempo (**Present Value Time Chart**). En la gráfica, se presentan los costos totales acumulados de los sistemas activos (Sistema # 1 y Sistema # 2), éstos incluyen la inversión inicial y los costos anuales de los sistemas en M.N. Los costos acumulados se presentan por año, durante la vida del sistema.



El estudio de ingeniería económica concluye con el análisis de la gráfica anterior. En ella observamos que la inversión inicial del Sistema # 2 supera a la del Sistema # 1 por \$67,826.83. La inversión anual también es mayor para el Sistema # 2, por \$3,986.07, razón por la que los costos acumulados durante la vida de los sistemas son mayores para el Sistema # 2. Por lo tanto, después de haber realizado el análisis económico (por computadora) de las alternativas, podemos afirmar que el mejor sistema de iluminación para el estadio, es el de los proyectores Prismaflood con lámparas de 1.000 W MH.

Es claro que los objetivos planteados al inicio de este trabajo, han sido alcanzados:

1. El estadio fue modelado aplicando distintos comandos 3D y aunque no se realiza calculo alguno para su construcción, se indican las dimensiones que hacen de él una instalación segura y cómoda para albergar a 20,000 espectadores aproximadamente. Fueron aplicados los distintos tipos de luces de AutoCAD para crear varias escenas, en las que se puede apreciar cómo lucirá el estadio durante el día y la noche (con la luz de los proyectores).
2. Se diseñaron varios sistemas de iluminación con proyectores que cumplen con los requerimientos técnicos para iluminar adecuadamente el escenario, utilizando los procedimientos convencionales y comparando los primeros resultados con los obtenidos con los métodos por computadora, que son más precisos.
3. Después de descartar una de las opciones en sistemas de iluminación, fueron calculados los elementos necesarios para las instalaciones eléctricas de los sistemas restantes. Cada una de las instalaciones eléctricas diseñadas cumple con las normas técnicas que las hacen seguras y eficientes.
4. Se determinó instalar el sistema de iluminación cuya inversión inicial y costos anuales fueron los más bajos, sin que se tuvieran que sacrificar aspectos técnicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Balastro. Dispositivo electromagnético o electrónico usado para operar lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a éstas las condiciones de operación necesarias como son: tensión y corriente.

Brillantez o luminancia. Es la relación entre la intensidad luminosa en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

Candela (cd). Es la cantidad física básica de todas las medidas de luz, su valor está determinado por la intensidad emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a 1700° K. Una vela corriente de cera emite aproximadamente una candela en dirección horizontal.

Coefficiente de Utilización (CU). Relación entre el flujo luminoso emitido por un luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por las lámparas solas del luminario.

Curvas Isolux. Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (luxes) sobre un plano de trabajo.

Depreciación de Lúmenes de la Lámpara (Lamp Lumen Depreciation, LLD). Es la pérdida de la emisión luminosa (lúmenes) emitidos por la lámpara debido al uso normal de operación.

Depreciación por Suciedad del Luminario (Luminaire Dirt Depreciation, LDD). La acumulación de la suciedad en los luminarios trae como consecuencia una pérdida en la emisión luminosa y, por lo mismo, pérdidas de iluminación en el plano de trabajo. Esta pérdida se conoce como el factor LDD.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Deslumbramiento. Es una sensación molesta que se produce cuando la brillantez de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Es lo que ocurre cuando miramos directamente una bombilla o cuando vemos el reflejo del sol en el agua. Existen dos formas de deslumbramiento, el perturbador y el molesto. El primero consiste en la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa. El segundo consiste en una sensación molesta provocada porque la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa produciendo fatiga visual.

Eficacia Luminosa (de una lámpara). Relación del flujo luminoso total emitido en lúmenes por la lámpara entre la potencia eléctrica consumida por la misma. Su unidad está dada en lm/Watt

Factor de Mantenimiento (Light Loss Factor, LLF). Factor utilizado en el cálculo de iluminancia bajo condiciones dadas de tiempo y de uso. En él se toma en cuenta la depreciación de lúmenes de la lámpara y la depreciación por suciedad del luminario.

Flujo Luminoso. La unidad del flujo luminoso en ambos sistemas es el lumen (lm), que se define como la cantidad de luz emitida por un radián sólido (esterradián) proveniente de una fuente de luz de una candela de intensidad. Ver figura siguiente.

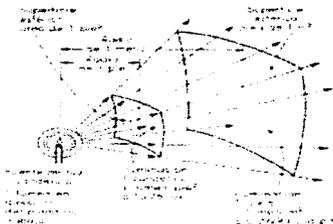
Índice de Rendimiento en Color (IRC). El rendimiento en color de las lámparas es una medida de la calidad de reproducción de los colores, que compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara con la misma muestra iluminada con una fuente de luz de referencia. Mientras más alto sea este valor mejor será la reproducción del color, aunque a costa de sacrificar la eficiencia y consumo energéticos.

Lámpara. Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminosa.

Ley del Cuadrado Inverso. Establece que la iluminación en un punto de una superficie es directamente proporcional a la intensidad luminosa de la luz incidente en ese punto, e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia de la fuente. ($E = cd / D^2$).

Luminario. Aparato que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o varias lámparas.

Iluminación o Iluminancia (E). Es el nivel de iluminación en un punto que se encuentra a cierta distancia de una fuente que emite 1 cd en dirección perpendicular del punto en el plano. Cuando la distancia entre la fuente y el punto es de 1 m, la unidad se denomina lux (lx), si la distancia es de 1 ft, la unidad se conoce como foot-candle (ft-cd). Ver figura siguiente.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AutoCAD 2000.
Burchard, Bill.
Prentice Hall, 2000.

Evaluación Económica.
López Léautaud, José I.
McGraw-Hill, 1975.

Folleto de Equipo para Iluminación.
Holophane.

Folleto de Subestaciones.
Ambar Electroingeniería.

Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Media y Alta Tensión.
Enríquez Harper, Gilberto.
Editorial Limusa, 1980.

Guía para el Diseño de Instalaciones Eléctricas Residenciales,
Industriales y Comerciales.
Enríquez Harper, Gilberto.
Editorial Limusa, 1999.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ingeniería Económica.

DeGarmo, E. Paul.

Compañía Editorial Continental, 1982.

Instalaciones Eléctricas Conceptos Básicos y Diseño.

Bratu Serbán, Neagu.

Ediciones Alfaomega, 1992.

Instalaciones Eléctricas Industriales.

Camarena M., Pedro.

Editorial Continental, 1979.

Instalaciones Eléctricas Teoría y Práctica.

Ibbetson.

Compañía Editorial Contienetal, 1963.

Lighting Handbook.

Illuminating Engineering Society of North America (IESNA).

Nueva York, 1972.

Líneas e Instalaciones Eléctricas.

Luca M., Carlos.

Ediciones Alfaomega, 1991.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Máquinas Eléctricas y Transformadores.

L. Kosow, Irving.

Editorial Reverté Mexicana, 1991.

Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales.

Enriquez Harper, Gilberto.

Editorial Limusa, 2002.

Redes Eléctricas.

Viqueira Landa, Jacinto.

Representaciones y Servicios de Ingeniería, 1970.

Sistemas de Iluminación Industrial.

P. Frier, John.

Editorial Limusa, 1986.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Artículos de la NOM 001-Sede-1999 a los que se hace referencia en el Capítulo 3:

210-22. Cargas máximas. La carga total no debe exceder la capacidad nominal del circuito derivado y no debe exceder las cargas máximas especificadas en 210-22 (a) a (c), en las condiciones allí indicadas.

a) Cargas operadas por motores y combinadas. Cuando un circuito suministra energía sólo a cargas operadas por motores, se debe aplicar el Artículo 430. Cuando un circuito suministre energía sólo a equipo de aire acondicionado, de refrigeración o ambos, se debe aplicar el Artículo 440. En circuitos que suministren energía a cargas consistentes en equipo de utilización fijo con motores de más de 93,25 W (1/8 CP), junto con otras, la carga total calculada debe ser 125% de la carga del motor más grande, más la suma de todas las demás.

b) Cargas inductivas de alumbrado. Para los circuitos que suministren energía a equipo de alumbrado con balastos, reactores, transformadores o auto-transformadores, la carga calculada se debe basar en la capacidad nominal total de dichas unidades y no en la potencia (W) total de las lámparas.

c) Otras cargas. La capacidad nominal de los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados que alimenten a cargas continuas, tales como el alumbrado de las tiendas y cargas similares, no debe ser inferior a la carga no-continua más 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del circuito derivado, sin aplicación de ningún factor de ajuste, deberá tener una capacidad de conducción de corriente igual o superior a la de la carga no-continua más 125% de la carga continua.

220-10. Disposiciones generales

a) Capacidad de conducción de corriente y cálculo de cargas. Los conductores de los alimentadores deben tener una capacidad de conducción de corriente suficiente para suministrar energía a las cargas conectadas. En ningún caso la carga calculada para un alimentador debe ser inferior a la suma de las cargas de los circuitos derivados conectados, tal como se establece en la parte A de este Artículo y después de aplicar cualquier factor de demanda permitido en las Partes B, C o D.

NOTA: En cuanto a la carga máxima permitida (A), para elementos de alumbrado que funcionen a menos de 100% de su factor de potencia, véase 210-22(b).

b) Cargas continuas y no-continuas. Cuando un alimentador suministre energía a cargas continuas o a una combinación de cargas continuas y no-continuas, la capacidad nominal del dispositivo de protección contra sobrecorriente no debe ser inferior a la carga no-continua, más 125% de la carga continua. El tamaño nominal mínimo de los conductores del alimentador, sin aplicar ningún factor de ajuste o corrección, debe permitir una capacidad de conducción de corriente igual o mayor que la de la carga no-continua más 125% de la carga continua.

Excepción: Cuando el equipo, incluidos los dispositivos de protección contra sobrecorriente del alimentador, esté aprobado y listado para funcionamiento continuo a 100% de su capacidad nominal, ni la capacidad nominal del dispositivo de sobrecorriente, ni la capacidad de conducción de corriente de los conductores del alimentador deben ser inferiores a la suma de la carga continua más la no-continua.

Tablas de la NOM 001-Sede-1999 a las que se hace referencia en el Capítulo 3:

Tabla 310 – 13. Conductores - Aislamientos y usos

Nombre genérico	Tipo	Temp. máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
					mm ²	AWG-kcmil		
Etileno Propileno Fluorado	FEP o	90	Lugares secos o húmedos	Etileno Propileno Fluorado	2,082 - 5,260 8,367- 33,620	(14 - 10) (8 - 2)	0,51 0,76	Ninguna

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE

	FEPB	200	Lugares secos Aplicaciones especiales	Etileno Propileno Fluorado	2,082- 8,367	(14 - 8)	0,36	Malla de fibra de vidrio
					13,300- 33,820	(6 - 2)	0,36		Malla de material adecuado
Termoplás- tico resistente a la humedad, al calor, al aceite y a la propaga- ción de la flama	MTW	60	Alambrado de máquinas herramienta en lugares mojados (véase Art. 670)	Termoplástico resistente a la humedad, al aceite y a la propagación de la flama	0,32 - 3,307	(22 -12)	(A) (B) 0,76 0,38	(A) Ninguna (B) Cubierta de nylon o equivalen- te
		90	Alambrado de máquinas herramienta en lugares secos (véase el Artículo 670)		5,26 8,367 13,30 21,15 - 33, 62	(10) (8) (6) (4 - 2)	0,76 0,51 1,14 0,76 1,52 0,76 1,52 1,02	
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHH	90	Lugares secos o húmedos	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor y a la flama	42,41 - 107,2 126,7 - 253,4 304,0 - 506,7 506,7	(14 -10) (8 -2) (1 - 4/0)	2,03 2,41 2,79 3,18	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propaga- ción de la flama
					2,082 -5,26 8,367 - 33,62 42,41 - 107,2 126,7 - 253,4 304,0 - 506,7 506,7 633,3 - 1013,6	(250 - 500) (600 - 1000) (1250- 2000)	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 3,18	
Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor	RHW	75	Lugares secos o mojados	Polímero sintético o de cadena cruzada resistente al calor, a la humedad y a la flama	42,41 - 107,2 126,7 - 253,4 304,0 - 506,7 506,7 633,3 - 1013,6	(14 -10) (8 -2) (1 - 4/0)	2,03 2,41 2,79 3,18	Cubierta no metálica resistente a la humedad y a la propaga- ción de la flama
					2,082 -5,26 8,367 - 33,62 42,41 - 107,2 126,7 - 253,4 304,0 - 506,7 506,7 633,3 - 1013,6	(250 - 500) (600 - 1000) (1250- 2000)	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 3,18	
Silicón - FV	SF	150	Lugares secos y húmedos	Hule Silicón	0,8235 - 3,307	18 -12	0,762	Malla de fibra de vidrio o material equivalen- te
		200	En aplicaciones donde existan condiciones de alta temperatura		8,367 - 33,62 42,41 - 107,2	8 -2 1 - 4/0	1,524 2,032	
Polímero sintético resistente al calor	SIS	90	Alambrado de tableros de distribución	Polímero sintético de cadena cruzada resistente al calor	2,082 - 5,260 8,367	14 -10 8	0,76 1,14	Ninguna

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE

Termoplástico para tableros.	TT	75	Alambrado de tableros de distribución	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendio y de emisión reducida de humos y gas ácido	0,5191 - 3,307	20 -12	0,76	Ninguna
Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	TW	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	2,082-5,260 13,30 - 33,62 8,367	14 -10 8 6 -2	0,76 1,14 1,52	Ninguna
Cable plano termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	TWD	60	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad y a la propagación de incendio	0,519 - 1,307 2,082 - 5,260	20 -16 14 -10	0,64 0,9	Ninguna
Nombre genérico	Tipo	Temp. Máx. de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	THW	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	2,082 -5,26	14 -10	0,76	Ninguna
		90	Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1000 V o menos en circuito abierto y a tamaños nominales de 2,082 a 8,367 mm ² (14-8 AWG)		8,367 13,30 - 33,62 42,41 - 107,2 126,7 - 253,4 304,0 - 506,7	8 6 -2 1 - 4/0 250- 00 600 - 1000	1,14 1,52 2,03 2,41 2,79	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THW - LS	75	Lugares secos y mojados. Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1000V o menos en circuito y áreas de las secciones transversales de 2082 a 8367 mm2 (14-08)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido.	2,082-5,260 8,367 13,30-33,62 42,41-107,2 126,7-253,4 304,0-506,7	(14 -10) (8) (6 -2) (1 - 4/0) (250 - 500) (600 - 1000) (14 -10)	0,76 1,14 1,52 2,03 2,41 2,79 0,76	Ninguna		
		THHW	75			2,082-5,260 8,367	(6 -2) (1 - 4/0)		2,03 2,41	
			90	Lugares secos y mojados. Lugares secos	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios.	13,30 - 33,62 42,41-107,2 126,7-253,4 304,0-506,7	(250 - 500) (600 - 1000)		2,79	
	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	THHW -LS	75	Lugares mojados.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	2,082-5,260 8,367	(14 -10) (8)		0,76 1,14	Ninguna
			90	Lugares secos		13,30 - 33,62 42,41 - 107,2 126,7 - 253,4 304,0 - 506,7	(6 -2) (1 - 4/0) (250 - 500) (600 - 1000)		1,52 2,03 2,41 2,79	
		THWN	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	2,082 - 3,307 5,26	(14 -12) (10)		0,38 0,51	
8,367 - 13,30 21,15 - 33,62 42,41 - 107,2						(8 - 6) (4 -2) (1 - 4/0) (250 - 500)	0,76 1,02 1,27 1,52 1,78			

APÉNDICE

					126,7 - 253,4	(600 - 1000)		
					304,0 - 506,7			
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	THHN	90	Lugares secos	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama.	2,082 - 3,307	(14 - 12)	0,38	Cubierta de nylon o equivalente
					5,26	(10)	0,51	
					8,367 - 13,30	(8 - 6)	0,76	
					21,15 - 33,62	(4 - 2)	1,02	
					42,41 - 107,2	(1 - 4/0)	1,27	
					126,7 - 253,4	(250 - 500)	1,52	
304,0 - 506,7	(600 - 1000)	1,78						
Nombre genérico	Tipo	Temp. Máx. de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
Cable plano para acometida aérea y sistemas fotovoltaicos	TWD - UV	60	Lugares secos y mojados.	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio.	3,307 - 8,367	(12 - 8)	1,14	Ninguna
Cable monoconductor para acometida subterránea	BTC	90	Lugares secos y mojados	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	15 - 35	(4 - 2)	1,60	Ninguna
Cable monoconductor y multiconductor para acometida subterránea	DRS	90	Lugares secos y mojados	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	21,15 - 33,62		1,58	Ninguna
			Entrada de acometida aérea. Véase el Artículo 338. Sistemas fotovoltaicos. Véase el Artículo 690.					
			Entrada de acometida subterránea. Véase el Artículo 338.					

TESIS CON
FALLA DE CALIFICACION

APÉNDICE

Cable para acometida aérea	CCE	60	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Véase el Artículo 338	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	3,307 -5,26 13,3 -21,15		1,2 1,6	Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie
Cable para acometida aérea	BM - AL	75	Lugares secos y mojados. Entrada de acometida aérea. Véase Art. 338	Termoplástico resistente a la humedad y a la intemperie	13,3 - 33,62	(6 - 2)	1,14	Ninguna
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHHW	90	Lugares secos o mojados	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama.	2,082 - 5,260	(14 -10)	0,76	Ninguna
		75	Lugares mojados		8,367 - 33,62	(8 -2)	1,14	
Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad y al calor	XHHW -2	90	Lugares secos y mojados	Polímero sintético, de cadena cruzada resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	42,41 - 107,2	(1 - 4/0)	1,4	Ninguna
					126,7 - 253,4	(250 - 500)	1,65	
					304,0 - 506,7	(600 - 1000)	2,03	
					2,082 - 5,260	(14 -10)	0,76	
					8,367 - 33,62	(8 -2)	1,4	
					42,41 - 107,2	(1 - 4/0)	1,65	
					126,7 - 253,4	(250 - 500)	2,03	
					304,0 - 506,7	(600 - 1000)		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal mm ²	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal AWGkcmil
	60 °C		75 °C		90 °C		
	TIPOS TWD* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW-LS, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHHW-2, XHHW-2, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	—	—	14	—	—	—	18
1,307	—	—	18	—	—	—	18
2,082	20*	20*	25*	—	—	—	14
3,307	25*	25*	30*	—	—	—	12
5,26	30	35*	40*	—	—	—	10
8,367	40	50	55	—	—	—	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
455,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

NIVELES DE ILUMINACIÓN EN MEXICO

Niveles de Iluminación, para locales interiores que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación A.C.— Illuminating Engineering Society. — México Chapter, como resultado de las reuniones que para tal objeto se llevaron a cabo en el Auditorio del edificio 2 de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, en la Unidad Profesional del Instituto Politécnico Nacional en Zacatenco, D.F., en las cuales estuvieron presentes los representantes de diversas Instituciones, Dependencias Oficiales y Compañías interesadas en la buena Iluminación.

COMITE:

ING. RODRIGO GUERRERO ESCOLANO
 ING. ENRIQUE VENEGAS SANDOVAL
 ING. EDMUNDO MORALES SILVA
 ING. ABEL GARCIA OROPEZA
 DIRECTOR DE DEBATES DE LA MESA REDONDA
 ING. OCTAVIO SÁNCHEZ HIDALGO B.

La primera columna lleva por encabezado I.E.S. 99% y está formada por los niveles de iluminación determinados por la teoría del Dr. H. R. Blackwell, publicados por el I.E.S. Lighting Handbook edición 1959, con las dos siguientes características: un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo. Entendiéndose asimilaciones por segundo, el promedio de percepciones visuales de un objeto, que puede hacer una persona por un segundo.

La segunda columna S.M.I.I. 95% está formada por los niveles de iluminación con un rendimiento visual de 95% y 5 asimilaciones por segundo. Esta columna se determinó por medio de un divisor de conversión que fue encontrado después de hacer interpolaciones entre curvas dadas por el Dr. Blackwell para 3 asimilaciones por segundo y para 10 asimilaciones por segundo; usando como parámetro valores de brillantez (B) expresados en footlamberts y rendimientos visuales en por ciento.

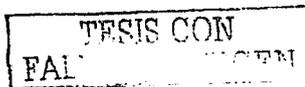
De estos valores se sacaron los valores apropiados de brillantez (B) para cada tarea visual, teniendo ya estos valores se tomó como dividiendo común el valor de (B) para 99% de rendimiento visual y como divisor los valores de (B) para cada rendimiento visual requerido. En este caso se acordó un 95% de rendimiento visual, para recomendar como valor mínimo en actividades que ocasionalmente se desarrollan bajo iluminación artificial, con lo que se baja la iluminación a valores aplicables en forma económica en México, sin que se provoque con ello niveles de iluminación que causarían cansancio visual a las persona que trabajan en estos locales y que desarrollan una determinada tarea visual y al mismo tiempo no bajan mucho esos valores, ya que de hacerse así, la eficacia del personal bajaría en igual proporción que los rendimientos visuales.

El divisor de conversión es 1.75

En los casos en que el valor de la S.M.I.I. 95% y el del I.E.S. 99% son iguales, significa que es el valor mínimo que se debe recomendar.

I N D I C E

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1. EDIFICIOS INDUSTRIALES | 5. AREAS COMUNES |
| 2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS | 6. ALUMBRADO EXTERIOR |
| 3. HOSPITALES | 7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS |
| 4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDENCIAS | 8. ALUMBRADO TRANSPORTES |

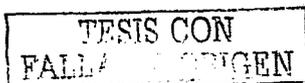


I. EDIFICIOS INDUSTRIALES

	LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.I. 95 %
ACERO (véase Hierro y Acero)		
ACUMULADORES, MANUFACTURA DE		
Molienda cédiza	500	300
ARCILLA Y CEMENTOS, PRODUCTOS DE		
Molienda, prensa, filtrado, hormos de secado, vaciado y vaciado	300	200
Esmaltado, pintura y vidriado (trabajo burdo)	1000	600
Pintura y vidriado (trabajo fino)	3000a	1700a
AUTOMÓVILES, MANUFACTURA DE		
Ensamblado bastidor	500	300
Ensamblado chasis	1000	600
Ensamble final e inspección	2000a	1100a
Manufactura carrocería:		
Ensamblado	1000	600
Partes	700	400
Acabado e inspección	2000a	1100a
AVIONES, MANUFACTURA DE		
Partes:		
Producción	1000	600
Inspección	2000a	1100a
Acabado de piezas:		
Taladrado, remachado y apretado de tornillos	700	400
TRAZADO DE PISTONA		
Trazado sobre aluminio, formado partes pequeñas del fuselaje y alas	1000	600
Soldadura:		
Iluminación general	500	300
ILUMINACIÓN LOCALIZADA	10000	6000
Subensamblado		
Tren de aterrizaje, fuselaje, secciones, alas y otras partes grandes	1000	600
ENSAMBLADO FINAL		
Colocación de motores, hélices, secciones ala y equipo	1000	600
Reparación con máquinas herramientas	1000	600
ASERRADEROS		
Clasificación de la madera	2000	1700
AZÚCAR, REFINERÍAS DE		
Clasificación	500	300
Inspección color	2000	1100
CAJAS DE CARTÓN, MANUFACTURA DE		
Área general de manufactura	500	300
CARBÓN, VERDEADORES DE		
Quebrado, lavado y limpiado	100	60
Selección	3000a	1700a
CARPINTERÍAS		
Trabajo burdo de banco y sierra	300	200
Fuselado, cepillado, lijado, trabajo de mediana calidad en máquinas y banco	500	300
Trabajo fino de mediana y banco, lijado y acabado fino	1000	600
CERVECERÍAS, INDUSTRIAS		
Elaboración y lavado de barriles	300	200
Llenado (de botellas, latas, barriles)	500	300
CÍTRICOS DE CONTROL (Véase plantas Generadoras)		
DULCES, INDUSTRIAS		
Departamento de chocolate:		
Desecado, selección, extracción de aceite, quebrado, y refinación, almacenamiento	500	300
Limpieza del grano, selección inmersión, empacado y envoltura	500	300
Molienda	1000	600
Elaboración de crema:		
Mezclado, cocción y moldado	500	300
Pastillas de goma y jaleas	500	300
Decoración a mano	1000	600
Caramelos:		
Mezclado, cocción y moldado	500	300
Clote e selección	1000	600
Elaboración de paste y envoltura	1000	600

ENPAQUADORAS DE CARNE

	LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.I. 95 %
Mataferro (Rastro)	300	200
Limpiado, desatazado, cocido, molienda entelado y empacado	1000	600
ENCUADERINACIÓN		
Doblado, ensamblado, empaste, cortado, puzonazo y cocido	700	400
Grabado en relieve e inspección	2000a	1100a
ENLATADORES DE CONSERVAS		
Clasificación inicial:		
Hojasera	1000	600
Otras muestras	500	300
Clasificación por cubr (cuartos de botar)	2000a	1100a
Preparación:		
Selección preliminar:		
Chabacanos y duraznos	500	300
Hojasera	1000	600
Accionetas	1500	900
Cortado y picado	1000	600
Selección final	1000	600
Entelado:		
Entelado de bandas, sin fin	1000	600
Entelado estacionario	1000	600
Empacado a mano	500	300
Accionetas	1000	600
Inspección de muestras enteladas	2000a	1100a
Manejo de envases:		
Inspección	2000a	1100a
Etiquetado y empacado	300	200
ENSAMBLADO		
Tosco, foll de ver	300	200
Tosco, difícil de ver	500	300
Medio	1000	600
Fino	5000	3000
Extrafino	10000	6000
ENSAYOS O PRUEBAS		
General	500	300
Instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	2000a	1100a
EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA DE		
Impugnado	500	300
Aislado, embobinado	1000	600
Pruebas	1000	600
EXTRACTORAS DE ACERO, MANUFACTURA		
EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE		
FORNADO, TALLEREN DE	300	200
FUNDICIONES	500	300
Templado (hormos)	300	200
Limpiado	300	200
Hechura de coorzones		
Finos	1000	600
Mediosos	500	300
Inspección		
Fina	5000a	3000a
Mediana	1000	600
Moldeo	1000	600
Mediano	500	300
Grande	500	300
Colado	500	300
Selección	500	300
Cabillote	200	100
Desmolde	300	200
GALVANOPLASTIA	300	200
GARAGES AUTOMÓVILES Y CAMIONES		
Taller de servicio:		
Reparaciones	1000	600
Áreas activas de tráfico	200	100
Garages para estacionamiento:		
Entrada	500	300
Espacio para circulación	100	100
Espacio para estacionamiento	50	50
GRANJAS		
Establo y gallinero	100	100
GRABADO (cerca)	2000a	1100a



	LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.I. 95 %		LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.I. 95 %
GUANTES, MANUFACTURA DE			LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE:		
Planchado y cortado	3000a	2000a	Creado y selección	500	300
Tejido y clasificado	1000	600	Lavado en seco, húmedo y vaporizado	500	300
Cuido e inspección	3000a	3000a	Inspección y desmarchado	5000a	3000a
HANGUARES			Composturas y modificaciones	2000a	1100a
Servicio de reparación únicamente	100	600	Planchado	1500	900
HELDO, FABRICAS DE			LAVANDERIAS		
Cuarto de compresores y máquinas	200	100	Lavado	300	200
HERRO Y ACERO, MANUFACTURA DE			Planchado de blancos, pesado, hacer listas, marcado	300	300
Hornos y hogar ahierro:			Planchado a máquina y selección	700	400
Patio de almacenaje	100	60	Planchado fino a mano	1000	600
Piso de carga	200	100	LANTAS DE HULE Y CAMARAS, MANUFACTURA DE		
Resbaladera de vaciolo:			Preparación de materia prima:		
Fuero de escoria	200	100	Plasticación, molida y hanbury	300	200
Plataformas de control	300	200	Prensado en calandra	500	300
Patio de moltes	50	30	Preparación de tela:		
Colado	300	200	Cortado y conservación de cajas	500	300
Almacenamiento de coladas	100	60	Máquina para las cámaras y recubierro	500	300
Bodega de pesado	100	60	Construcción de lantaa:		
Reparaciones	300	200	Liantas sólidas	300	200
Patio de desmolte	200	100	Liantas neumáticas	500	300
Patio de chatarra	100	60	Departamento de vulcanización:		
Edificio de mezcla	300	200	Cámaras y lantaa	700	400
Edificio de calcinación	100	60	Inspección final	2000a	1100a
Hola mampredora	100	60	Envolura	500	300
Molinos de laminación de:			MOLINOS DE HARINA		
Limonc, planchas, soleras y láminas en caliente	300	200	Rodillos, cerridores, purificadores	500	300
Laminación en filo de placas	300	200	Empacado	300	200
Tubo, cañilla y alambón	500	300	Control de producción	1000	600
Fierro estructural y planchas	500	200	Limpieza, capatales, andenes, tolvas	300	200
Molinos de laminación de hojalata:			PAN, INDUSTRIAS DE		
Estalado y galvanizado	500	300	Cuarto de mezclado	500	300
Laminación en frío	500	300	Cuarto de fermentado	300	200
Cuartos de motores y máquinas	300	200	Formado:		
Inspección			Pan blanco	300	200
Rebates de lamina negra, lingotes y billetes	1000	600	Pastelillos y pan dulce	300	300
Hojalata y otros superficies brillantes	1000	600	Cuartos de hornos	300	200
HULE, PRODUCTO DE			Relleño y otros ingredientes	500	300
Reparación de la materia prima:			Decorado:		
Plasticación, molida y hanbury	300	200	Mecánico	500	300
Prensado en calandra	500	300	Manual	1000	600
Preparación de la tela:			Haculas y termómetro	500	300
Cortado y tubo flexible	500	300	Envolura	300	200
Productos por extrusión	500	300	PAPEL, MANUFACTURA DE		
Productos moldeados y vulcanización	500	300	Bastidos, molinos, calandra	300	200
Inspección	2000a	1100a	Acabado, cortado, recorte y máquinas para hacer papel	300	200
JALONES, MANUFACTURA DE			Contado a mano, lado húmedo de la máquina de papel	700	400
Falla, corte, escamas de jabón y detergentes en polvo	300	200	Corte máquina de papel, inspección y laboratorio	1000	600
Troquelado, envoltura y empaque, llenado y detergentes en polvo	500	300	Emfilado	1500	900
LACTE, PRODUCTOS			PIEL, MANUFACTURA DE (TENERIAS)		
Industria líquida			Limpieza, curtido y estrado, palsa	300	200
Cuarto marmitas y almacén botellas	300	200	Cortado, descaamado y secado	500	300
Botella	500	300	PIEL, TRABAJO SOHRE		
Lavadoras latas	300	200	Planchado, trenzado y barnizado	1000	600
Equipo refrigeración	300	200	Clasificación, agualado, curtido y cosido	3000	1700
Llenado			PIEDRA, TRITURADO Y CERNO DE		
Inspección	1000	600	Transportadores de bandas, espacios de descargo del tiro, cuarto de tolvas, interior de los depósitos	100	60
Manómetros y tableros de medidores (sobre carátulas)	500	300	Cuarto de quebradoras primarias, quebradoras auxiliares debajo de los depósitos	100	60
Laboratorios	1000	600	Cerridos	100	60
Pastelerías	300	200	PINTURAS, MANUFACTURA DE		
Separafaros y cuartos refrigerados	300	200	Iluminación general	300	200
Tanques, cofas	500	300	Comparación de las merclas con las muestras o patrones	2000j	1100j
Ferromotos (sobre carátula)	500	300	PINTURAS, TALLERES DE		
Cuarto para pesar (atmósfera general)	300	200	Painta por inyección o baño con pistola de aire, esmalte a fuego	600	500
Haculas	700	400			
LAMINA DE HIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:					
Prensas, guillotinas, inquetadoras trabajo mediano en banco	500	300			
Panzonetas y rechazado	500	300			
Inspección estañado y galvanizado	2000j	1100j			
Trazado	2000j	1100j			

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

	LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.L. 95 %		LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.L. 95 %
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, roscado especial y con plantilla	500	300	TABACO, PRODUCTOS DE	300	200
Trabajo de pintura a mano:			Secado, desmontamiento (liminación genat)	300	200
Trabajo fino	1000	600	Clasificación y selección	2000a	1100a
PLANTAS GENERADORAS	3000a	1700a	TALLERES MECANICOS	500	300
Trabajo extra fino (cartocostas, pianos)			Trabajo buendo de maquinaria y banco		
Equipos de acondicionamiento de aire, precalentadores y piso de ventiladores, exclusiue de cenizas	100	60	Trabajo mediano de maquinaria y banco, máquinas automáticas ordinarias, esmerilado buido, pulido mediano	1000	600
Asuladoras de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, taques, compresores y area de manómetros	200	100	Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, pulido fino	6000a	3000a
Plataformas calderas	100	60	Trabajo extra fino de maquinaria y esmerilado fino	10000a	6000a
Plataformas quemador	200	100	TALLERES TEXTILES, ALGODON		
Cuarto de cables, nave de bomba o circuladores	100	60	Abriollas, mezcladoras, bañetes	300	200
Transportador calderas, alimentadores, basculas, pulverizador, area de ventiladores, torre de mandados	100	60	Canas y estradoras	500	300
Comedanoses, piso de anclados, piso evaporador y piso calentadores	100	60	Pabiladoras, veloces, tréclres y catenena	500	300
Cuartos de control			Emboladoras y engomadoras:	500	300
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o seccion de "Duplex" viendu hacia el operador:			Telas crudas	1500	900
Tipo A: Cuarto de control largo, 170 cm, sobre el piso	500	300	Mezclitas		
Tipo B: Control de cuarto ordinario, 170 cm, sobre el piso	300	200	Inspección:	1000	600
Seccion de "Duplex" viendose desde cualquier ángulo	300	200	Telas crudas (volteadas a mano)	1500a	900a
Papire de distribución (módul horizontal)	500	300	Armo automatico	2000a	1100a
Areas dentro de los tableros "Duplex"	100	60	Telares		
Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	100	60	Repaso y atado a mano	300	200
Alambado de emergencia en cualquier area	30	20	TALLERES TEXTILES, LANA Y ESTAMBRE	1000a	600a
Tableros de despachadores:			Clasificación	500	300
Plano horizontal (módul de mesas)	500	300	Cardado, peinado y repeinado	500	300
Superficie vertical del tablero (1.25 m sobre el piso viendu hacia el operador):			Hilo blanco	600	300
Cuarto despachado cuarto de carga	500	300	Hilo de color	1000	600
Cuarto despachador secundario	300	200	Téciles:	500	300
Area para tanques de hidrogeno y buido de carbono	200	100	Hilo blanco	1000	600
Laboratorios quimico	500	300	Hilo de color	500	300
Preclavadores	100	60	Devanados:	300	200
Casa de rejillas	200	100	Hilo blanco	300	200
Plataforma, sopladores de bolin o escoria	100	60	Hilo de color	500	300
Cabezales para vapor y valvulas	100	60	Urdidores:		
Cuarto de interruptores de potencia	200	100	Hilo blanco (en el peine)	1000	600
Cuarto para equipo telefonico	200	100	Hilo de color	1000	600
Luchos y cañeria para tubería	60	60	Hilo de color (en el peine)	3000a	1700a
Sub solano (parte inferior turbina)	200	100	Tejido:		
Cuarto de submano	300	200	Telas blancas	1000	600
Area para tratamiento de agua	200	100	Telas de color	2000	1100
Plataforma para visitantes	200	100	Cuarto de telas crudas:		
PLIEGARAN Y HUNDIDORAS QUIMICA, INDUSTRIAL			Quitafondos de la tela	1500a	900a
Hornos manuales, tanques de hervido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios	300	200	Cusido	3000a	1700a
Hornos mecanicos, generadores y destiladores, secadores mecanicos, evaporadores, filtrados, cristalizadores mecanicos, decolorado	300	200	Dobladido	700	400
Tanques para coacción, extractores, calderas, nitrógenas, celias electricas	300	200	Acabado humedo	500	300
NOÑIBEROS, MANUFACTURA DE			Terñido	1000a	600a
Telno: terminado, galdonado, limpiado y refinado	1000	600	Acabado en seco:		
Formado, calbrado, realzado, terminado y planchado	2000a	1100a	Desplazado, acondicionamiento y planchado	1000	600
Cusido	5000a	3000a	Inspección	1000	600
NEBLADURA			Cortado	2000a	1100a
Iluminacion general	500	300	Inspección	700	400
Soldadura manual de precisión con arco	1000a	600a	TALLERES TEXTILES		
			SEDA Y SINTETICOS		
			Manufactura:		
			Remojado, teñido, fugar y preparacion de torcidos	300	200
			Devanado, torcido, devanado y conena, torcido de fantasia, engomado:		
			Hilo claro	500	300
			Hilo oscuro	2000	1100
			Urdidores (tecla):		
			En estillo, finales de carrera, devanador, lanzador y pliegador	1000	600
			Repaso en lisa y en el peine	2000a	1100a
			Tejido	1000	600
			TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC.	1000	600

	LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.I. 95 %		LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.I. 95 %
TELA. PRODUCTOS DE			EDIFICIOS MUNICIPALES,		
Inspección de tela		20000a	HOMBROS Y POLICIA		
Cortado	3000	16000a	Policia:		
Costura	4500a	3000a	Archivos de identificación	1500	900
Planchado	3000a	2000a	Celdas y cuartos para interrogatorios	300	200
TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS			Hombres:		
Fundición de tipo:			Dormitorios	200	100
Manufactura matrices, acabado de tipos	1000	600	Sala receiva	300	200
Preparación de tipos, selección	500	300	Garaje carros bomba	300	200
Fundición	300	300	ESCUELAS		
Impresión:			Salones de clase	700	400
Impresión de colores	2000a	1100a	Salones de dibujo (sobre restridor)	1000a	600a
Litografías y cajasas	1000	600	Lectura de movimientos de labios		
Presas	700	400	(sotrófomulos), pizarrones, costura	1500a	950a
Mesa de formación	1500	900	GALERIAS DE ARTE:		
Corrección de pruebas	1500	900	Iluminación general	300	200
Electricidad:			Sobre pinturas (localizadas)	3000a	2000
Modificado, ruteado, acabado, nivelado, soldes			Sobre estancias y otras exhibiciones	1000a	600a
retornado	500	600	IGLESIAS		
Galvanoplastia	1000	300	Altar, retablos	1000a	600a
Fotografía:			Coro y presbiterio	2000	2000
Grabado al acido y montado	300	300	Filipio (iluminación adicional)	5000	3000
Ruturado, acabado, pruebas, entintado	1000	600	Nave principal de la iglesia (iluminación general)	1500	1000
VIDRIO, FABRICAS DE			Ventanales empujados:		
Cuanto de hornos y mezcladoras, prensado			Color blanco	500	300
maquinas sopladoras y templado			Color mediano	1000	600
Emersinado, cortado, plateado	300	200	Color oscuro	5000	3000
Emersinado fino, biselado, pulido	1000	600	Ventanal muy denso	10000	6000
Inspección, grabado y decoración	2000a	1100a	MERCADOS		
ZAPATAS DE HULE, MANUFACTURA DE			Hologas y cuartos de almacenamiento:		
Lasado, recubrimiento, análisis de ingredientes			Activos	200	100
Harnado, vulcanizado, calandras, cortado			Inactivos	50	50
parte superior y suelas	300	300	Carnicerías, barbacoa, pescaderías	500	300
Rediflor de suelas, procesos de hechura y acabado	1000	600	Casaca (sillas de trabajo)	500	300
ZAPALOS DE PIEL, MANUFACTURA DE			Comedores	300	200
Cortado y costura			Cuartos de maquinas	300	200
Fablas de costado	3000	1700	Ferretarias y accesorias electricos	500	300
Marcado, ojalado, adelgazado, selección	3000a	1700a	Lavadoras para venturas y varios	500	300
Remendado y costadora	3000	1700	Mercerías, vestidos y zapaterías	500	300
Cebs:			Muebles y artículos para el hogar	500	300
Materiales clamo	500	300	Papelaria libros y juguetes	500	300
Materiales sucoso	2000a	1000	Plataformas de descarga	2000	1000
Hechura y acabado	2000	1100	Sanitarios y baños	100	100
2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS			Venturas, frutas, flores y plantas	500	300
ALBORNOS			MUSEOS (Vase galerías de arte)		
Para exhibiciones	300	200	OFICINAS		
Para asambleas	150	100	Proyectos y diseños	2000	1100
Para actividades sociales	50	50	Contabilidad, auditoria, maquinas de contabilidad	1500	900
BANCOS			Trabajos ordinarios de oficina, selección de		
Vestibulo (iluminación general)	300	300	correspondencia, archivado activo o continuo	1000	600
Pagadores, contadores y recibidores	1500	900	Archivo intermedio o descontinuado	700	400
Cebs y correspondencia	1500	900	Salas de conferencias, entrevistas, salas de rececio,		
BIBLIOTECAS			archivos de poco uso o sean las áreas en las cuales		
Sala de lectura	700	400	no se exige la fijación de la vista en forma prolongada	300	200
Actuales	300	200	PELLUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	1000	600
Reparación de libros	500	300	TEATROS Y CINES		
Archivos y catalogos	700	400	Sala de espectáculo:		
Mesa chequeadora de salidas y entradas de libros	700	400	Durante intermedio	50	50
CENTRAL DE HOMBROS			Después exhibición	1	1
(casas Edificios Municipales)			Vestibulo	200	100
CLUBES			Sala de descanso (foyer)	50	30
Salas de descanso y de lectura			TERMINALES Y ESTACIONES		
CORRIDOS			Salas de espera	300	200
Vestibulos, sobre mesas	300	200	Oficina de boletines	1000	600
Correspondencia, selección, etc.	1600	600	Oficina de cheque equipaje	500	300
CORDES DE JUSTICIA (TRIBUNALES)			Vestibulo	100	60
Areas de asientos (publco)	300	200	Andenes plataformas	200	100
Areas de actividades propias de la corte	700	400	3. HOSPITALES		
			Sala de preparación y anestesia	300	200
			Autopsia y Anfiatro:		
			Mesa de autopsia	25000	14000
			Sala de autopsia (iluminación general)	1000	600

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%		LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
Antifeito (iluminación general)			Salas de espera		
Central de instrumentos esterilizados:			Cuarto utilería		
Iluminación general	300	200	Puesto de enfermería:		
Afilado de agujas	1500	900	Iluminación general	200	100
Sala de Citoscópica:			Escritorio	500	300
Iluminación general	1000	600	Módulo para medicinas	1000	600
Mesa citoscópica	25000	14000			
Sala dental:			4. Hoteles, Restaurantes, Tiendas y Residencias		
Cuarto de espera	300	200	AUTOMOVILES, SALAS DE EXHIBICION		
Cintal dental (iluminación general)	700	400	(Véase tiendas)		
Sala dental	10000	6000	CASAS (Véase residencias)		
Laboratorio (banco de trabajo)	1000	500	Alumbrado nocturno:		
Sala de recuperación	50	30	Zonas comerciales principales:		
Sala de electroencefalogramas:			General	2000	1100
Oficina	1000	600	Atracciones principales	10000	6000
Cuarto de trabajo	300	200	Zonas comerciales secundarias:		
Sala de espera	300	200	General	2000	1100
Sala de emergencia:			Atracciones principales	10000	6000
Iluminación general	1000	600	COCINAS (Véase restaurantes o residencias)		
Iluminación localizada	25000	9000	ESCAPARATES (o)		
Iluminación general	200	100	Alumbrado diurno:		
Mesa de muestras	500	300	General	1000	600
Salas de reconocimiento y tratamiento:			Atracciones principales	5000	3000
Iluminación general	1000	600	GASOLINERAS:		
Mesa de reconocimiento	1000	600	Área de servicio	300	200
Sala para ojos, oídos, nariz y garganta:			Cuarto de ventas	500	300
Cuarto oscuro	100	60	Estancias	1000	600
Cuarto de reconocimiento y tratamiento	500	300	HOTELES		
Sala de fracturas:			Reclamara:		
Iluminación general	500	300	Iluminación general	100	60
Mesa de fracturas	2000	1100	Para lectura y escritura	3000	2000
Laboratorio:			Administración	500	300
Cuartos de ensayo	300	200	Vestíbulo:		
Mesa de trabajo	500	300	Áreas de trabajo y lectura	300	200
Trabajos más precisos	1000	600	Iluminación general	100	200
Vestíbulo	300	200	Muestrario	500	300
Sala de reposo	300	200	JOYERÍA Y RELOJES, MANUFACTURA DE		
Cuarto para archivar historias clínicas	1000	600	RESIDENCIAS		
Sala de X:			Tareas vituales específicas (1):		
Radiografía y fluoroscopia	100	60	Juegos de mesa	300	200
Terapia superficial y profunda	100	60	Sala (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)	500	300
Cuarto oscuro	100	60	Lavadero, mesa de planchado	500	300
Sala para ver placas	300	200	Cuarto de estudio (sobre escritorio)	700	400
Archivos, revelados	300	200	Cocina	1000	600
Closet de blancos	100	60	Iluminación (sobre):		
Guardería (infant)	100	60	Entradas, halla, escaleras y descanso de escaleras	1000	600
Iluminación general	700	400	Salas, comedores, reclamara, cuartos de estudio, biblioteca y cuartos de recreo u juego	1000	600
Mesa de reconocimiento	300	200	Cocina, lavandera, cuarto de baño	300	200
Cuarto de juego, pediatría			RESTAURANTES Y CAFETERIAS:		
Obstetricia:			Área de comedor:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	300	200	Cajero	500	300
Sala de preparación	200	100	Del tipo íntimo:		
Sala de lavado (iluminación general)	1000	600	Con ambiente ligero	100	60
Mesa para partos	25000	14000	Con ambiente acogedor	30	30
Farmacacia:			Del tipo ordinario:		
Iluminación general	300	200	Con ambiente ligero	300	200
Mesa de trabajo	1000	600	Con ambiente acogedor	150	100
Almacenamiento	300	200	Cocina:		
Cuartos privados y salas comunes:			Inspección, etiquetado y precio	700	400
Iluminación general	100	60	Otras áreas	300	200
Iluminación localizada (lectura)	300	200	SALONES DE BAILES TIENDAS (o)		
Área para desequilibrados montales	100	60	Área de circulación	300	200
Tratamiento con isótopos radioactivos:			Áreas de mercancías:		
Laborios	300	200	Con servicio de vendedores	1000	600
Mesa de reconocimiento	500	300	Autoservicio	2000	1100
Cintal:			Mostradores y vitrinas en muro:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	1000	600	Con servicio de vendedores	2000	1100
Sala de operaciones, iluminación general	1000	600	Autoservicio	5000	3000
Lavabo de cirugía	300	200			
Mesa de operaciones	25000	14000			
Sala de restablecimiento	300	200			
Terapia:					
Física	200	100			
Ocupacional	300	200			

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	LUXES I.E.S. 99 %	LUXES S.M.I.I. 99 %		LUXES I.E.S. 99 %
Atracciones principales:			FERROCARRIL, PATIOS DE	
Con servicio de ventiladores	5000	3000	De recepción	2
Automotriz	10000	6000	Clasificación	3
5. AREAS COMUNES			GASOLINERAS	
HODIGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO			Alfredores brillantes:	
Inactivas	50	50	Acceso	30
Activas:	50	30	Calzada para coches	50
Piezas toscas	100	60	Área bombas de gasolina	3000
Piezas medianas	200	100	Fachada edificios (de vidrio)	3000
Piezas finas	500	300	Área de servicio	70
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJEROS	200	100	Alfredores oscuros	15
ESCALERAS	200	100	Acceso	15
PASILLOS Y CORRIDORES	200	100	Calzada para coches	15
BAÑOS Y TOCADORES	100	100	Área bombas de gasolina	2000
Espejo	300g	200g	Fachada edificio (de vidrio)	1000
			Área de servicio	30
			JARDINES (m)	
			Iluminación general	5
			Senderos, escaleras, lejanos de la casa	10
			Parte posterior de la casa, banías. Paredes, árboles, arbustos	20
			Flores, jantines entre rocas	50
			Árboles y arbustos, cuando se requieren hacer destacar	300
			MADERAS PARA CONSTRUCCIÓN, PATIOS DE	
			MUELLES	10
			PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)	200
			PLANTAS GENERADORAS	200
			Paralelas	20
			Tiradas de ceniza	1
			Descarga de carbón	
			Rampa (zona de carga y descarga)	50
			Área de almacenamiento calana	50
			Vaciador de carna	5a
			Vehículo	50
			Área de almacenamiento de carbón	1
			Transformadores	20
			Entradas:	
			Edificio de servicio o generación:	
			Principal	100
			Secundaria	20
			Caseta de compuertas:	
			Entrada de peatonas	100
			Entrada transportadores	50
			Cerca o alambra	2
			Colectores de entrega del aceite combustible	50
			Tanque de almacenamiento aceite	10
			Patio descubierta	2
			Plataformas: Caldera, cubierta de turbina	50
			Caminos:	
			Entre o a lo largo de los edificios	10
			Que no estén bodegados por edificios	5
			Subestación:	
			Iluminación general	20
			Iluminación vertical específica (sobre desconectores)	20
			PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA	200
			Interior de los fogones	100
			PRESIDIO, PATIOS DE	50
			TABLEROS PARA BOLETINES, CARTILES O LETREROS	
			Alfredores brillantes:	
			Superficies claras	500
			Superficies oscuras	1000
			Alfredores oscuros:	
			Superficies claras	200
			Superficies oscuras	500
			7. ALUMBRADO AREAS DEPORTIVAS	
			ALBERCA	
			Iluminación general desde la planta alta	100
			Bajo el agua:	
			Exterior	#
			Interior	1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUXES		S.M.I.I.		I.R.S.	
ARQUERIA					
Hímanco					
Torneo				100r	
Recreativo				50r	
Línea de tiro:					
Torneo				100	
Recreativo				50	
BADMINTON					
Torneo				100	
Club				200	
Recreativo				100	
BASEBALL	Jardines	Cuadro			
Ligas mayores	1000	1500			
Ligas AA y AAA	500	750			
Ligas A y H	300	500			
Ligas C y D	200	300			
Ligas Semi profesionales y regionales	150	200			
Liga menor (Clase I y Clase II)	300	400			
Sobre asientos, durante juego	20				
	50				
BASKETBALL					
Universitario y profesional				500	
Dentro de colegios y secundarias, con espectadores				300	
Sin espectadores				200	
Recreativo (estéreo)				100	
BILIARIS (sobre mesa)					
Torneo				500	
Recreativo				300	
Área general				100	
BOLICHES					
Mesas:					
Torneo				300	
Recreativo				100	
Pinos:					
Torneo				500r	
Recreativo				300r	
BOX O LUCHA (ring)					
Campeonato				5000	
Profesional				2000	
Amateur				1000	
En asientos durante el encuentro				200	
En asientos antes y después del encuentro				50	
CARRERAS					
De motor (autos, enanos o motocicletas)				200	
Bicicletas				200	
Caballos				200	
Penos				300	
CROQUET					
Torneo				100	
Recreativo				50	
FRONTENIS					
Profesional				1000	
Aficienados				750	
Sobre asientos				50	
FRONTON OCESTA					
Profesional				1500	
Aficienados				1000	
Sobre asientos				100	
FRONTON A MANO					
Torneo				300	
Club				200	
Recreativo				100	
FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO					
(Indice: Distancia de la línea de banda a fila más alejada de espectadores)					
Clase I más de 30 m				1000	
Clase II entre 15 y 30 m				500	
Clase III entre 9 y 15 m				200	
Clase IV menos de 9 m				50	

La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de asientos requeridos, sin embargo en espectáculos de paga y televisados, la capacidad potencial de los asientos de las gradas es

LUXES		S.M.I.I.		I.R.S.	
el factor determinante que debe tomarse en cuenta para lo cual se da la siguiente clasificación: Clase I para más de 30,000 espectadores, Clase II de 10,000 a 30,000 espectadores, Clase III de 5,000 a 10,000 espectadores y Clase IV para menos de 5,000 espectadores.					
GIMNASIOS (véanse a deportes específicos enumerados en forma separada)					
Exhibiciones conciertos				300	
Para recreación y ejercicio general				200	
Asambleas				100	
Halles				50	
Regaleros y vestidores				100	
GOLF, CAMPOS DE PRACTICA					
Iluminación general sobre los "tees"				100	
A 1.85 m				50r	
Práctica en los "greens"				100	
HOCKEY SOBRE HIELO					
Universitario o profesional				500	
Liga amateur				200	
Recreativo				100	
PATINAJE					
Pista para patines de ruedas				50	
Pistas para patinar sobre hielo (interior o exterior)				10	
Laguna, estanque o área inundada					
PING-PONG					
Torneo				300	
Club				300	
Recreativo				200	
PLAYAS					
En tierra				10	
A 50 m de la orilla (en mar)				30r	
PLAZA DE TOMOS					
En el núcleo				1000	
Pasillos, túneles, palcos, gradas				50	
SHUFFLE BOARD					
Torneo				100	
Recreativo				50	
SKIS, RAIPA DE PRACTICA				5	
SOFTBALL	Jardines	Cuadro			
Profesional y de campeonato				300	500
Semiprofesional				200	300
Liga industriales				150	200
Recreativo				75	100
TENIS					
Torneo				300	
Club				200	
Recreativo				100	

8. ALUMBRADO DE TRANSPORTES.

AREOPUERTOS					
Plataforma frente hangares					10
Plataforma frente a edificio de la terminal:					
Área de estacionamiento					5
Área de carga					20
AUTOMUSEOS					
Urbanos					300
Foroconvos					150
AUTOMOVILES					
Sobre placas					5
AVIONES					
Compartimentos pasajeros:					
Iluminación general					50
Lecturas (en asientos)					200
BARCOS					
Camarotes					500
Líneas, sobre plano de lectura					150
Espejo, sobre cara					50
Hall					50
Pasillos y corredores					50
Escaleras:					

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

	LUXES S.M.I.L. I.E.S.
Pasajeros	100
Tripulación	50
Entrada pasajeros	100h
Nalae de desecan, pasajeros y oficiales	100h
Cuartos de esparcimiento tripulación	200
Sobre mesa	300
Comedor pasajeros	100h
Salón comedor, oficiales y tripulación	100
Sobre mesas	150
Biblioteca	100
Para lectura	300
Salones fumadores	5a
Cabinas comidas	100
Peluquería y salón de belleza	200
Sobre la persona	500
Salones de Cocktail y Cantina	50w
Salón de baile	50w
Piscinas, playas interiores	100y
Teatros	200a
Durante el espectáculo	1
Intermedio	50
Gimnasios	200
Hospital	500h
Sala de operaciones	300h
Sala dental	300h
Dormitorio	50h
Sala de encamados	50h
Oficina Doctor	200h
Sala de espera	100h
TIRO AL BLANCO	500h
Sobre el blanco	100h
Área intermedia	100h
Cubana de trabe, vestíbulo pasajeros	200
Mestrador para pasajeros, oficina sobrecargo	50
Áreas de navegación:	
Ingeniera (sobre puente de mando)	100
Cuarto de mapas	500
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	50
Cuarto del radar	50
Cuarto de gotoscopia	50
Cubina de radio	100h
Oficina del barco	200
Sobre escritorios y mesas de trabajo	500
Para teneduría de libros y auditoría	100
Cuarto de registro (cuadernos bitácora)	500
Sobre escritorio	50
Áreas de servicio:	
Galería	200h
Las anfería	150h
Dispensa	150h
Fregadero	150h
Preparación comida	200h
Almacén comida (sin y con refrigerador)	50
Camineta	150h

N O T A S

- Se puede obtener la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantez recomendadas, estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos periodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general y el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.
- Las pinturas o cuadros con colores oscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 u 3 veces mayor.
- En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 luxes, es necesaria para hacer resaltar la belleza de las estatuas.
- La iluminación se puede reducir o disminuir durante el sermón, la introducción o la meditación.
- En los acabados interiores son oscuros (menes del 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez, como en el caso de las páginas de los libros de salmos o cantos y el medio semiescuro que lo rodea. Es esencial un diseño cuidadoso para evitar brillantez desagradable.

	LUXES S.M.I.L. I.E.S.
Imprenta	300h
Saunas	500h
Oficinas postales	200h
Vestidores	30
Central telefónica	100h
Cuarto para almacén	50
Áreas de operación:	
Cuarto de máquinas (áreas de trabajo)	100h
Cuarto caldera (áreas de trabajo)	100h
Cuarto ventiladores	50
Cuartos gases motor-Generador	50
Cuartos generación y tablero de control	100
Cuarto de montacargas	50
Tableros de control, iluminación vertical:	
Parte alta	300
A 90 cm del piso	50w
Cuarto del mecanismo del timón	50
Cuarto de bombas	100
Tablero de medicción y control (iluminación vertical):	
Sobre medidores	30
Túnel del eje	30
Bodega seca para cargamento	
(Unidad de iluminación permanente)	10h
Carga y descarga de cargamento refrigerado	30h
Talleres	200
Cuarto trabajo	500
Escotillas de la bodega:	
Área sobre escotilla	50
Área adyacente a la cubierta	30
CARRROS DE F.C.C. PARA COFREO	
Hielos de conee y cajas para cartas	300
Almacénaje conee	150
CARRROS DE F.C.C. PARA PASAJEROS	
Escritura y lectura:	
General	200
Sobre escritorio	500
Sección de baños:	
General	150
Espejo	300
Sanitarios	50
Cantomedor	150
Cantina	100
Áreas sociales	200
Escotillas y puertas	200
TRANVAYES Y TROLEBUSES	300
TIRO AL PICHON	
Blanco a 50 m	300h
Línea de tiro general	100
VOLLEYBALL	
Torneo	200
Recreativo	100
WATER POLO	
Torneo	300
Club	200
Recreativo	100

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- f. Alumbrado especial, tal que (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contrastes confortables. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y relativa baja brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considere como un factor principal en vez de los lúmenes producidos en un punto considerado
- g. Para inspección minuciosa, 500 lx
- h. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 lx.
- i. Para inspección minuciosa, 500 lx. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un tocador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado
- j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado, o alguna determinada orientación del trabajo
- k. O no menos de 1/5 del nivel de las áreas adyacentes
- l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea
- m. La iluminación general de estas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.
- n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.
- o. (A) Los valores recomendados son iluminación sobre la mercancía o aparatos. El plano en el cual la luz sea más importante puede variar desde el horizontal al vertical (B) Áreas específicas en las cuales se involucre una difícil visión, se puede iluminar con niveles de iluminación considerablemente más altos. (C) La selección del color de las lámparas fluorescentes es importante. Para una mejor apariencia de la mercancía se puede combinar los sistemas fluorescentes e incandescentes. (D) La iluminación puede hacerse muchas veces no uniforme para hacer resaltar la distribución de la mercancía
- p. Estos valores están basados en un 25% de reflexión, ya que este es el promedio de reflexión de la vegetación y superficies exteriores típicas. Estos valores se deben ajustar para reflexiones de materiales específicos iluminados, para obtener una brillantez equivalente. Estos niveles dan una brillantez satisfactoria cuando son vistos desde interiores o terrazas en penumbra. Cuando son vistos desde áreas oscuras se pueden reducir cuando menos a la mitad o se pueden doblar cuando se desee un efecto más dramático
- q. Iluminación promedio recomendada (lúmenes)

TRANSITO DE PEATONES

	CLASIFICACION DE TRANSITO DE VEHICULOS POR HORA			
	Muy Escaso (Menos de 150)	Escaso (150 a 500)	Mediano (500 a 1200)	Intenso (Más de 1200)
Intenso	6	8	10	12
Mediano	4	6	8	10
Escaso	2	4	6	8

Estos valores están basados en condiciones de reflexión del pavimento muy favorables, del orden de 10%

Cuando la reflexión sea pobre (del orden del 3%, como en el asfalto) la iluminación recomendada deberá aumentarse 50%. Cuando la reflexión sea raramente alta (20% o más, como en el concreto claro) los valores recomendados pueden reducirse un 25%.

Los valores recomendados se supone que deberán mantenerse en servicio

Si el mantenimiento es bajo, estos valores deberán aumentarse

El valor más bajo en cualquier punto de la carretera no deberá ser menos de 1/10 de los valores indicados en la tabla para carreteras con tránsito de vehículos muy escasos y con tránsito de peatones escaso, y no inferior de 1/4 de los valores anteriores indicados para todos los demás casos de carreteras.

- f. Vertical
- g. 600 lúmenes / m² de superficie
- h. 1000 lúmenes / m² de superficie
- i. En este espacio se deberá usar alumbrado suplementario con objeto de poder obtener los niveles de iluminación recomendados que requiere cada tarea visual involucrada
- j. La instalación deberá ser tal, que el nivel de la iluminación pueda ser aumentado por lo menos 400 lx para embarques diurnos
- k. En las áreas públicas, tales como salas de descanso, salones de baile, fumadores, cantinas y comedores, los valores de lúmenes pueden variar ampliamente, dependiendo de la atmósfera deseada, los decorados interiores y el uso que se vaya a dar a cada uno de estos lugares.

Reimpresión de la Revista "INGENIERIA DE ILUMINACIÓN"
de Mayo - Junio de 1967.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

S I M B O L O G I A

	Acometida de la Compañía
	Cuchilla Desconectadora
	Apartarrayos
	Tierra Física
	Fusible
	Transformador
	Aparato de Medición
	Interruptor Termomagnético
	Tubería por Losa o Muro
	Tubería por Piso

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN