



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

“PROYECTO DE ILUMINACIÓN DE LA ALBERCA  
SEMIOLIMPICA DEL PLAN SEXENAL”

T E S I S

Para obtener el título de

**INGERIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA.**

Presenta

**EMMANUEL JACOB TERRONES SÁNCHEZ**

Asesor: **Ing. JOSÉ LUIS GARCÍA ESPINOSA**





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.



A Salus, Brandon y Javier por ser mi familia, estar siempre conmigo y ser mi fuerza, esperanza y mi orgullo.

Para mi abuelita Marina que desde el cielo me apoya y manda sus bendiciones.

Para mi Padre Jorge que siempre confió en mí y me dio las bases para hacer de un niño un hombre que se convirtió en ingeniero.

A mi tía que siempre hemos estado primero para ella.

A mis hermanos Jorge y Mireya que son la inspiración para seguir adelante y mis mejores amigos.

Para mis suegros Anastasio y Beatriz que siempre confían en mí, y me demuestran su cariño.

A mis cuñados Isidoro, Ignacio y Zoila que son como hermanos y merecen mi respeto y admiración.

A mis amigos Isidro y Rogelio que siempre me ayudaron y apoyaron, y que hicieron que la Universidad fuera una etapa inolvidable de mi vida.

A mis compañeros que se convirtieron en mis amigos Ing. Miguel A., Ing. Juan Carlos, Ing. Antonio, Ing. Raibel y Ing. Javier, que me apoyan incondicionalmente.

A mi asesor de esta tesis Ing. José Luis por darme el tiempo y el apoyo necesario para la realización de esta.



## ÍNDICE.

Objetivo General.....	5
-----------------------	---

INTRODUCCIÓN.....	6
-------------------	---

### Capítulo 1. ENERGÍA.

1	Introducción.....	9
1.1	Que es la energía.....	9
1.2	Tipos de energía.....	10
1.2.1	Energía radiante.....	10
1.3	Energía eléctrica.....	10
1.4	Fuentes de energía.....	11
1.5	La Luz natural.....	11
1.5.1	Beneficios de la luz natural.....	12
1.6	Luz artificial.....	13
1.6.1	Beneficios de la luz natural.....	13

### Capítulo 2. ILUMINACIÓN.

2	Introducción.....	15
2.1	El ojo y la visión.....	16
2.1.1	Funcionamiento del ojo.....	16
2.2	Factores para una buena iluminación.....	18
2.3	Cantidad de iluminación.....	18
2.4	Calidad de iluminación.....	19
2.4.1	Deslumbramiento.....	20
2.4.2	Relaciones del brillo.....	21
2.4.3	Iluminación adecuada vs. Iluminación inadecuada.....	21
2.4.4	Iluminación inadecuada.....	21
2.4.4.1	Deslumbramiento directo.....	21
2.4.4.2	Deslumbramiento reflejado.....	22
2.4.4.3	Luminancia de velo.....	22
2.4.4.4	Sombras duras y alto contraste.....	22
2.4.4.5	Otras consecuencias.....	23
2.4.5	Iluminación adecuada.....	23



2.4.5.1 Reducción de las luminancias.....	23
2.4.5.2 Minimización de las sombras y los contrastes.....	23
2.4.5.3 Niveles de iluminación bien balanceados.....	23
2.4.5.4 Otras consecuencias.....	23

### Capitulo 3. FUENTES DE LUZ Y METODOS DE CALCULOS.

3 . INTRODUCCIÓN.....	26
3.1 . Selección de lámparas.....	26
3.2 Selección de luminarias.....	27
3.3 Tipos de alumbrado.....	28
3.3.1 Alumbrado general.....	29
3.3.2 Alumbrado general localizado.....	29
3.3.3 Alumbrado suplementario.....	29
3.3.4 Alumbrado de emergencia.....	30
3.3.5 Alumbrado deportivo.....	31
3.4 . Calculo de iluminación para áreas deportivas.....	33
3.5 . Niveles de iluminación.....	34
3.6 . Deslumbramiento en áreas deportivas.....	35
3.7 . Métodos de cálculos de iluminación.....	36
3.7.1 Método del flujo luminoso.....	36
3.7.1.1 Método del flujo luminoso por índice de cuarto.....	39
3.7.1.2 Método del flujo luminoso por cavidad zonal.....	40
3.7.2 Método de punto por punto en superficies horizontales y verticales.....	42
3.8 . Instalación eléctrica.....	43

### Capitulo 4.ALUMBRADO DE LA PISCINA SEMIOLIMPICA.

4 Introducción.....	45
4.1 Características de la alberca del Plan Sexenal.....	45
4.2 Iluminación de la alberca de natación.....	50
4.2.1 Descripción de la instalación.....	50
4.2.2 Consideraciones antes del cálculo.....	60
4.2.2.1 Reflectancias en la alberca.....	61
4.2.3 Selección de las luminarias y lámparas de la alberca.....	63
4.2.4 Selección de las luminarias y lámparas de las gradas y pasillos.....	65
4.2.5 Mantenimiento.....	71



---

4.2.6 Cálculo de la iluminación de la alberca.....	71
4.3 Cálculo de las protecciones de los luminarios.....	85
4.4 Instalación Eléctrica.....	93
Conclusiones.....	95
Glosario de términos.....	96
Anexos.....	99
Bibliografía.....	116



## OBJETIVO

Realizar un proyecto de iluminación, debido a que esta materia de trabajo ha sido descuidada por el ingeniero electricista, se trata de un proyecto de mejoramiento, modernización y planeación de la iluminación de la alberca del deportivo del Plan Sexenal, y de esta forma colaborar a las futuras planeaciones y remodelaciones de la iluminación de las otras áreas que conforman todo el complejo deportivo del Plan Sexenal como son: la cancha de futbol soccer, canchas de futbol rápido, gimnasio, pista de atletismo, etc.



## INTRODUCCIÓN.

Debido al crecimiento de la población de la C. D. México, a la instauración de actividades industriales y a la buena comunicación con las poblaciones y/o colonias vecinas que permiten una gran afluencia de personas, se ha provocado una nueva demanda de necesidades. Por este motivo en este trabajo de tesis se pretende dar una opción más para renovar la iluminación de la alberca del Plan Sexenal existente.

La causa de esta tesis es que esta alberca del Plan Sexenal ha sufrido una degradación de las antiguas instalaciones eléctricas, por el paso del tiempo, no cuenta con un estudio de iluminación, ni de cargas (nos informa la gente de mantenimiento del deportivo), además de la pésima iluminación que hace difícil la práctica de los deportes que se realizan en esta alberca.

Esto implica que sea necesario aumentar la potencia eléctrica a causa de que esta alberca se encuentra dentro de un complejo deportivo. Además de la ampliación de actividades dentro de este complejo deportivo llamado Plan Sexenal y se piensa a raíz de este trabajo de tesis en una posible remodelación de todas las instalaciones eléctricas y un estudio de las cargas en este complejo deportivo, lo cual a su vez requeriría de la remodelación de la subestación.

En base de que el complejo deportivo "Plan Sexenal" se encuentra ya construido, he creído lo más conveniente tomar las instalaciones con las que cuenta actualmente la alberca en lo que se refiere a su forma constructivas y estructural.

Por otra parte y dado que el proyecto tiene un objeto de estudio eminentemente de estudio eléctrico, no se hará mención expresa de los materiales constructivos de los edificios.

Dicha alberca se encuentra dentro de un complejo deportivo el cual cuenta además de la piscina, con una cancha de fútbol soccer, fútbol rápido, gimnasio, domo con duela para básquetbol, área de equitación, pista de carreras, áreas verdes, salones para artes marciales, entre otras muchas más.



La piscina es del tipo cubierta cuenta con 8 carriles, trampolines de clavados de 1m, 3m, 5m y 10m; lo cual hace que la forma de la alberca no sea uniforme, de un lado de profundidad tiene 1.2m los primeros 40ms. Y después de estos va profundizando hasta alcanzar una profundidad de 5mts. Además cuenta con vestidores para damas y caballeros y gradas para público.

Las medidas son las adecuadas para la práctica de competencias, enseñanza y/o entrenamiento de natación y clavados.

Esta tesis de este proyecto tomara en consideración las obras y las instalaciones utilizadas actualmente en esta piscina, necesarias para la iluminación y el suministro eléctrico de esta alberca.

Con esto se pretenda dar un servicio, con las debidas medidas de seguridad y calidad al coste más ajustado posible, tanto en implantación como de conservación.

En el momento de proyectar las instalaciones de la alberca se ha tomado en cuenta la normativa legal vigente, tanto de carácter técnico, como administrativo. Se han seguido criterios de calidad y se han realizado estudios y cálculos exhaustivos y estrictos, con la finalidad de optimizar los recursos y conseguir, a su vez, unas instalaciones tanto técnica como estéticamente de buena calidad.



# CAPITULO 1

# ENERGIA.



## INTRODUCCIÓN.

El propósito de este capítulo es el definir los conceptos que intervienen en un sistema de iluminación debido a que la iluminación proviene de varias fuentes de energía como puede ser la natural producida principalmente por el Sol, y la artificial que es producida a partir de varias fuentes de energía de tal forma que primero debemos definir que es energía para después enfocarnos a las demás fuentes y así obtener los resultados que esperamos.

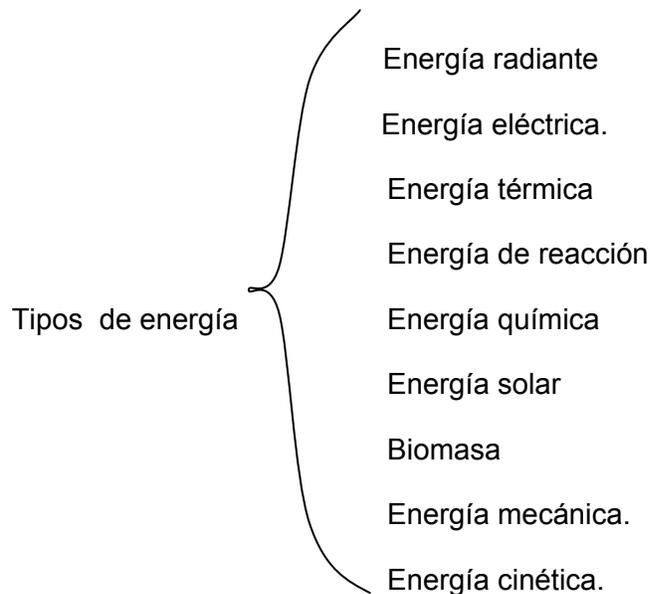
### 1.1 ¿Qué es la energía?

Energía es la capacidad de un sistema para producir reacciones o acciones externas.

Todo cuerpo o sistema material que pasa de un estado a otro produce fenómenos físicos que son manifestaciones de alguna transformación de la energía. Un ejemplo muy claro son las moléculas de agua que bajan de la presa por gravedad, al ser desviada por los alabes, pierden velocidad y les ceden una parte de su energía cinética, la cual al hacer girar la turbina, se convierte en energía mecánica. A su vez la turbina arrastra un alternador cuya rotación engendra una corriente de electrones conocida como: energía eléctrica.



## 1.2 Tipos de energía.



En esta parte nos enfocamos más a la energía radiante y eléctrica pues son las que nos interesan para los fines de esta Tesis. [8]

### 1.3 Energía radiante.

Es la energía que posee las ondas electromagnéticas como la luz visible, las ondas de radio, los rayos ultravioleta (UV), los rayos infrarrojos (IR), etc. La característica principal de esta energía es que se propaga en el vacío sin necesidad de soporte de material alguno. Se transmite por unidades llamadas fotones, éstas unidades actúan también como partículas. [2]

### 1.4 Energía eléctrica.

Movimiento comúnmente llamado como flujo de electrones generada por cualquiera de las fuentes de energía que se mencionaran mas adelante, que por haber cambiado de un estado, desarrollan otra forma de energía.

La energía eléctrica tiene grandes ventajas sobre los demás tipos de energía: posibilidad de ser transformada fácilmente en cualquier otra de sus formas con un rendimiento satisfactorio, transporte limpio, cómodo y económico, por las líneas aéreas a grandes distancias, posibilidad ilimitada de dividirla y usarla tanto en forma de corrientes muy altas como en las pequeñas corrientes de los dispositivos electrónicos. Su único inconveniente es el de no presentar un medio cómodo de almacenar.



## 1.5 Fuentes de energía.

Todo aquello que permite producir energía útil directamente o por medio de una transformación se conoce como fuente de energía. [8]

Tipos de fuentes de energía:

- Planta Termoeléctrica.
- Planta Eólica.
- Planta Hidroeléctrica.
- Planta Maremotriz.
- Planta geotérmica.
- Planta Termosolar.
- Planta Núcleo eléctrica.

## 1.6 La Luz Natural

Es duro disputar el valor de la luz natural cuando usted pregunta a la gente lo que le gusta. Esto es verdad para casi todos los ambientes, desde el cuarto familiar hasta la oficina. Esto no es una sorpresa, puesto que los seres humanos han vivido en unión con el cielo por millares de años. Más allá de nuestra afinidad natural por la luz del día, los estudios han probado que esta ejerce un efecto profundo sobre el humor de una persona. Los científicos creen que la luz del sol puede afectar nuestra bioquímica interna.

Por otra parte, hay cosas que a la gente no gusta de la luz del día, y traga luces en general. Por ejemplo, los traga luces mal diseñados pueden ser incómodos de estar debajo. Son a veces calientes, y el resplandor puede ser demasiado intenso. Elegir el sistema correcto de luz natural puede eliminar todos estos problemas

Además del impacto emocional, un sistema de luz natural bien diseñado ha demostrado tener rentabilidad económica significativa. En la mayoría de los casos, se justifica financieramente. Hay numerosos estudios que demuestran las ventajas que la luz natural correctamente diseñada puede proporcionar.



### 1.6.1 Beneficios de la Luz Natural

- Salud
- La luz del día es vital para muchos aspectos de una vida sana.
- La luz del día tiene un efecto profundo sobre la estimulación y regulación del cuerpo humano.
- El ojo humano convierte la luz del día en impulsos eléctricos, accionando el lanzamiento del serotonin químico.
- El serotonin es esencial para el bienestar emocional.
- La falta de luz natural puede conducir al “Desorden Afectivo Estacional”.
- La luz del día mejora la salud del cuerpo
- La luz ultravioleta del sol crea Vitamina D a través de la piel.
- La Vitamina D produce calcio que nos da huesos y dientes más fuertes.

Generando niveles saludables de serotonin:

- Los niveles de tensión y de concentración de los estudiantes son afectados positivamente.
- Bibliotecas escolares con iluminación natural son usadas 50% más frecuentemente.
- Se da más atención, vigilancia y capacidad de aprendizaje.

Una investigación en Estados Unidos de América demostró un acoplamiento uniformemente positivo entre la luz del día y mejores resultados en exámenes; de los 21,000 estudiantes examinados, bajo iluminación natural los resultados en matemáticas mejoraron 20% y lectura 26%.

Además el utilizar la luz natural en algún recinto desde una casa hasta oficinas o como en este caso la alberca nos dará no solamente los beneficios mencionados anteriormente sino también se verá reflejado en la economía, pues al tener luz natural durante el día no será necesario prender toda la iluminación artificial y esto se reflejará en el recibo de la compañía suministradora de energía.

También cabe mencionar que la norma de construcción nos dice que debemos de tener al menos el cinco por ciento de iluminación natural de los metros cuadrados totales de cualquier recinto. [8]



## 1.7 Luz Artificial.

Por luz artificial se entiende toda aquella fuente producida por el ser humano. En la sociedad actual el ser humano para una gran cantidad de horas iluminado por la luz artificial. Muy pocos lugares de trabajo en interiores disponen de luz natural. Gran parte de la energía producidas por las fuentes de esta energía es utilizada en la iluminación de avenidas, centros comerciales, casa habitación, empresas y como es en este caso en centros deportivos ya que las instalaciones donde se practican varios deportes son bajo techos, dentro de salones o domos que no cuentan con la iluminación o luz natural suficiente durante el día y deben de tener la iluminación activada para tener la visibilidad necesaria.

Además hay ocasiones donde la práctica de los deportes es realizada durante la noche, donde si no contáramos con la iluminación artificial suficiente tendríamos una visibilidad nula y no podríamos ejercer ningún deporte.

### 1.7.1 Beneficios de la luz artificial.

- La luz artificial es muy parecida a la luz que ejerce el sol.
- Ayuda al rendimiento de las personas durante la noche engañando al ojo humano para que mande señales al cerebro.
- Debido a que es muy parecida a la luz del sol contribuye a la formación de la vitamina D3.
- Influye en el estado anímico de las personas.
- Reduce considerablemente los rayos UV.



# CAPITULO 2

# ILUMINACIÓN



## INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, los centros de entretenimiento, entrenamiento y/o deportivos, son algo más que un mero lugar de diversión, son entornos en los que los deportistas y el público deben ser puntos de máxima atención para el diseñador de iluminación en demanda a sus necesidades de estos. Por lo tanto se exige que las soluciones tomadas en una instalación de iluminación sean parte de un conjunto, soluciones que generen ambientes agradables, económicamente correctos y energéticamente racionales.

En numerosas investigaciones se ha podido comprobar que la capacidad visual depende de la iluminación y que esta afecta el estado de ánimo de las personas, a su aptitud para desarrollar un trabajo, o deporte, así como estrés o su poder de relajación, etc. Cada actividad requiere una iluminación nominal que debe existir como valor medio para una determinada actividad en función de una serie de factores entre los que se pueden citar:

- ❖ Tamaño de los detalles a captar.
- ❖ Distancia entre el ojo y el fondo sobre el que se destaca.
- ❖ Tiempo empleado en la observación.
- ❖ Rapidez de movimiento del objeto.

Los factores fundamentales que se deben tener en cuenta al realizar el diseño de una instalación son los siguientes:

Iluminancias requeridas (niveles de flujo luminoso (lux) que inciden en una superficie)

Uniformidad de la repartición de las iluminancias.

Limitación de deslumbramiento

Limitación del contraste de luminancias.

Color de la luz y la reproducción cromática

Selección del tipo de iluminación, de las fuentes de luz y de las luminarias.

Por lo tanto es importante tener en cuenta la cantidad y calidad de luz necesaria, siempre en función de la dependencia que se va a iluminar y de la actividad que en ella se realizará.

Como elementos de un sistema de iluminación tenemos:

*Fuente de luz.* Tipo de lámpara utilizada, que nos permitirá conocer las necesidades eléctricas.

*Luminaria.* Sirve para aumentar el flujo luminoso, evitar el deslumbramiento y viene condicionada por el tipo de iluminación y fuente de luz escogida.

Sistema de *control* y regulación de la luminaria.



## 2.1 El ojo y la visión.

Aunque el ojo es denominado a menudo el órgano de la visión, en realidad, el órgano que efectúa el proceso de la visión es el cerebro; la función del ojo es traducir las ondas Electromagnéticas de la luz en un determinado tipo de impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro a través del nervio óptico. [8]

Ver figura 2.1.

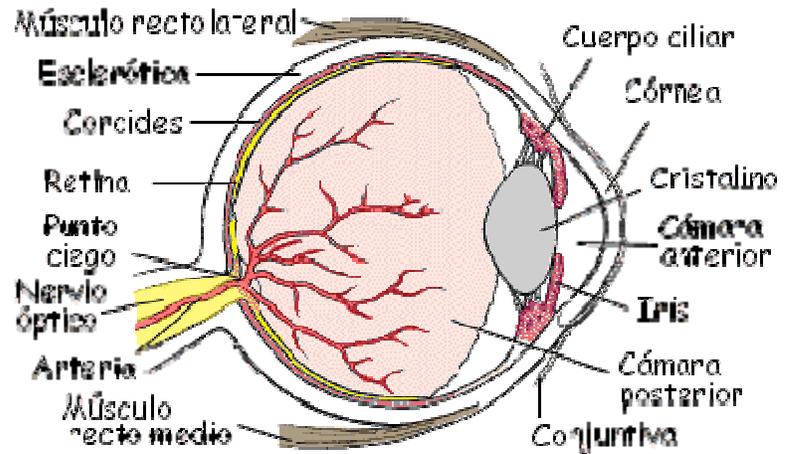


Figura. 2.1.- Elementos importantes del ojo humano.

### 2.1.1 Funcionamiento del ojo

En general, las cámaras fotográficas sencillas funcionan como los ojos de los animales. La lente del cristalino forma en la retina una imagen invertida de los objetos que enfoca y la retina se corresponde con la película sensible a la luz. Ver figura 2.2.

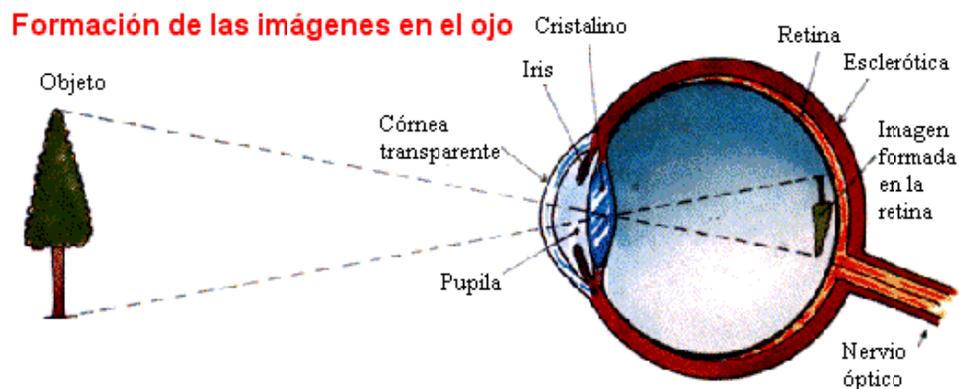


Figura 2.2 Formación de las imágenes en el ojo.



En los últimos años de vida, la mayoría de los seres humanos pierden la capacidad de acomodar sus ojos a las distancias cortas. Esta condición, llamada presbiopía, se puede corregir utilizando unas lentes convexas especiales.

Las diferencias de tamaño relativo de las estructuras del ojo originan los defectos de la hipermetropía o presbicia y la miopía o cortedad de vista.

Las células con forma de conos están conectadas de forma individual con otras fibras nerviosas, de modo que los estímulos que llegan a cada una de ellas se reproducen y permiten distinguir los pequeños detalles. Por otro lado, las células con forma de bastones se conectan en grupo y responden a los estímulos que alcanzan un área general (es decir, los estímulos luminosos), pero no tienen capacidad para separar los pequeños detalles de la imagen visual. Así, durante la noche, los objetos confusos se pueden ver por la parte periférica de la retina cuando son invisibles para la fovea central.

El mecanismo de la visión nocturna implica la sensibilización de las células en forma de bastones gracias a un pigmento, la púrpura visual o rodopsina, sintetizado en su interior. Para la producción de este pigmento es necesaria la vitamina A y su deficiencia conduce a la ceguera nocturna. La rodopsina se blanquea por la acción de la luz y los bastones deben reconstituirla en la oscuridad, de ahí que una persona que entra en una habitación oscura procedente del exterior con luz del sol, no puede ver hasta que el pigmento no empieza a formarse; cuando los ojos son sensibles a unos niveles bajos de iluminación, quiere decir que se han adaptado a la oscuridad.

En la capa externa de la retina está presente un pigmento marrón o pardusco que sirve para proteger las células con forma de conos de la sobre exposición a la luz. Cuando la luz intensa alcanza la retina, los gránulos de este pigmento emigran a los espacios que circundan a estas células, revistiéndolas y ocultándolas. De este modo, los ojos se adaptan a la luz.

Nadie es consciente de las diferentes zonas en las que se divide su campo visual. Esto es debido a que los ojos están en constante movimiento y la retina se excita en una u otra parte, según la atención se desvía de un objeto a otro. Los movimientos del globo ocular hacia la derecha, izquierda, arriba, abajo y a los lados se llevan a cabo por los seis músculos oculares y son muy precisos. Se ha estimado que los ojos pueden moverse para enfocar en, al menos, cien mil puntos distintos del campo visual. Los músculos de los dos ojos funcionan de forma simultánea, por lo que también desempeñan la importante función de converger su enfoque en un punto para que las imágenes de ambos coincidan; cuando esta convergencia no existe o es defectuosa se produce la

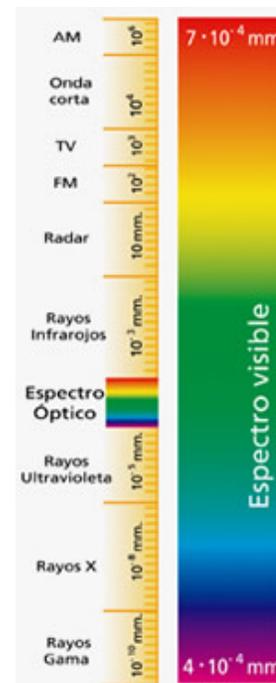


Figura 2.3 Espectro electromagnético y visible de luz.



doble visión. El movimiento ocular y la fusión de las imágenes también contribuyen en la estimación visual del tamaño y la distancia.

Es importante señalar que del amplio espectro electromagnético, sólo una pequeña parte puede ser percibida por el ojo humano. Por debajo del violeta se encuentran longitudes de onda más bajas como los rayos ultravioleta y por encima del rojo se hallan longitudes de onda más altas como los rayos infrarrojos. Ver figura 2.3

Para el color luz se utiliza un criterio de orden aditivo o, mejor dicho, de síntesis aditiva. Esto significa que a medida que sumamos color luz se restituye gradualmente el blanco.

De la serie de colores que componen el espectro luminoso podemos diferenciar tres colores fundamentales o primarios. Ellos dan origen a los otros colores y son: rojo, verde y azul. De las respectivas mezclas de estos colores derivan los llamados colores secundarios o complementarios. [8]

### **2.2 5 Factores para una buena iluminación.**

El proyecto de cualquier instalación de iluminación o alumbrado lleva consigo la consideración de diferentes variables.

En algunas dependencias tales como áreas de trabajo, oficinas, etc. Lo único que necesitamos es una buena iluminación, uniforme y sin sombras; pero en otras en cambio, (como el necesitado en esta Tesis), quisiéramos tener algo diferente, con personalidad, detalles que la luz sea protagonista. De tal forma que nos podríamos formular algunas preguntas ¿Cuál es el objetivo de la instalación?, ¿Se trata de luz para visión, o para ventas, o para deportes, etc.? Para resolver estas preguntas y otras que se formulen es necesario, determinar la cantidad y calidad de iluminación. [5]

### **2.3 Cantidad de iluminación.**

Una de las medidas mas significativas de la idoneidad de una instalación de alumbrado es la cantidad de luz que proporciona.

La distribución de la iluminación, lo mismo que el nivel luminoso, debe venir determinada por la finalidad de la instalación. Tanto en la luz para tarea visuales, como para los fines de esta tesis como es la luz adecuada para una competencia, de clavados ó simplemente de entrenamiento (como veremos más adelante no tienen los mismos niveles de iluminación), normalmente es conveniente colocar las luminarias de tal forma que den una iluminación razonablemente uniforme sobre toda el área.

La cantidad deseable de luz para una instalación depende principalmente de la tarea visual a realizar.



Cuando es ventajoso concentrar la luz en áreas específicas de trabajo, cuando se utilice esta para efectos dramáticos, de resalte ó de exhibición, la iluminación uniforme no es aconsejable. En la mayoría de los restaurantes y salas de fiesta, el contraste producido por la variación de niveles luminosos ayuda a crear una atmósfera atractiva. Pero para los fines de esta tesis se emplea una iluminación general para las gradas, otra para iluminar la alberca y otras que serían de detalle o para resaltar al competidor de clavados o al nadador.

El plano específico en el que se va a suministrar la iluminación, o plano de trabajo, también debe tenerse en consideración. El cometido visual puede localizarse en un plano horizontal (en una mesa de despacho o en una máquina) en una superficie vertical o inclinada, o incluso en la superficie inferior de grandes objetos, tal como en las secciones de montaje de una fábrica de aviones. Conviene elegir luminarias que puedan iluminar de la mejor manera el área de trabajo

La relación entre la iluminación máxima, bajo las luminarias, y la mínima, en lugares situados entre dos de ellas, no debe ser nunca mayor de  $3/2$ , y para obtener los mejores resultados debe acercarse todo lo posible a la unidad. Las luminarias con distribución ancha pueden colocarse más separadas, para la misma altura de montaje, que las que tienen una distribución más concentrada.

Para asegurar que un nivel de iluminación será mantenido, es necesario diseñar el sistema inicialmente con mayor luz que el valor requerido, considerando la depreciación; en lugares donde la suciedad se deposita muy rápidamente en las luminarias y superficies, y donde un adecuado mantenimiento no es proporcionado, el valor inicial debe ser aún más elevado. [5]

## **2.4 Calidad de iluminación.**

La adecuada cantidad de luz por sí sola no asegura una buena iluminación, la buena calidad es importante como la cantidad, y normalmente más difícil de conseguir. Los factores que intervienen en la calidad de la iluminación son muchos y complejos, pero el deslumbramiento, las relaciones de brillo, la difusión y el color pueden considerarse como los más importantes.

La calidad de la iluminación concierne a la distribución de luminarias en el ambiente visual y debe considerarse como un complemento de los valores estipulados para los niveles de iluminación. El término es usado en un sentido positivo e implica que toda luminancia



contribuye favorablemente a la ejecución y confort visual, facilidad de visión, seguridad y estética para una tarea visual determinada.

Factores como el deslumbramiento y los mencionados anteriormente; todos tienen un significativo efecto en la visibilidad y la capacidad para ver fácil, exacta y rápidamente. En ciertas tareas visuales como áreas de trabajo, de requiere una mas alta calidad de iluminación que otras. [5]

#### **2.4.1 Deslumbramiento.**

El deslumbramiento es cualquier brillo que produce molestia, interferencia, con la visión o fatiga visual. Pueden ser causados por:

1. Intensidad o brillo de la fuente. Cuanto mayor sea éste mayor será la molestia y la interferencia con la visión.
2. Tamaño de la fuente, expresado en función del ángulo subtendido por el ojo. Un área grande de bajo brillo, como un panel luminoso, o un cierto número de luminarias de bajo brillo pueden ser tan molestas como una sola fuente pequeña de alto brillo.
3. Posición de la Fuente de luz. El deslumbramiento decrece rápidamente a medida que la fuente se aparta de la línea de visión produce mayor deslumbramiento que una montada por encima del ángulo visual normal.
4. Contraste de brillo. Cuanto mayor es el contraste de brillo entre una fuente que deslumbre y sus alrededores, mayor será el efecto de deslumbramiento.
5. Tiempo. Una exposición a la luz que puede no ser molesta durante un corto espacio de tiempo, puede resultar muy molesta y fatigosa para una persona que tuviera que trabajar en tales condiciones durante 8 horas al día.

La imagen de una fuente de luz reflejada por una superficie especular en la dirección del ojo puede ser tan incómoda como la luz directa a este. Se puede impedir el deslumbramiento mediante la colocación de la fuente de luz de forma que este no incida en el ojo. También se puede controlar mediante fuentes de bajo brillo y gran área, y la utilización de colores claros, con acabados opacos en muebles o superficies de trabajo ya que estos no tienen reflexión, así como la utilización de colores claros y texturas en paredes y techos para evitar el deslumbramiento.[5,1]



## 2.4.2 Relaciones de brillo.

Las excesivas relaciones de brillo en el campo de la visión o contraste de brillo entre superficies adyacentes, incluso cuando no son lo suficiente fuertes para que constituyan “deslumbramiento” pueden ser muy perjudiciales para la calidad del alumbrado.

Por ejemplo un área con una baja relación de brillo se encuentra un objeto con bastante brillo, no es adecuado para los ojos, ya que obliga a reajustar continuamente los ojos al nivel de brillo de uno a otro. Además que tienden a distraer al ojo de la tarea visual, por lo que deben evitarse.

## 2.5 Iluminación adecuada vs. Iluminación inadecuada

Los seres humanos dependemos de la visión La gran mayoría de nosotros confía mas en la vista que en cualquiera de los otros sentidos. Contamos con ella para aprender, para realizar nuestro trabajo durante el día.

Cualquier interferencia con nuestra visión normal tendrá su costo. El precio puede ser un dolor de cabeza, fatiga o simplemente una vaga sensación de confort. Cuando esa interferencia es continua, el efecto es acumulativo.

El estrés diario de forzar la vista puede provocar a largo plazo problemas de salud, pérdida en la productividad e insatisfacción en nuestro lugar de trabajo.

### 2.5.1 Iluminación Inadecuada.

Una iluminación inadecuada produce inconformidad a la personas en el área de trabajo debido a deslumbramientos, ya sean directos o indirectos, a las sombras y otras consecuencias.

#### 2.5.1.1 Deslumbramiento Directo.

Es el resultado de la luminancia proveniente directamente de una ventana o luminancia. Puede crear discomfort y fatiga visual como consecuencia del continuo ajuste y reajuste de las pupilas a dos niveles de iluminación diferentes. Ver figura 2.4



Figura 2.4  
Deslumbramiento  
Directo



### 2.5.1.2 Deslumbramiento Reflejado.

Es la luz reflejada por superficies brillantes y que contribuye a un esfuerzo visual y fatiga. Una fuente de luz reflejada en la pantalla de un monitor crea una imagen brillante que dificulta la lectura de los caracteres en dicha pantalla. Ver figura 2.5



Figura 2.5  
Deslumbramiento  
Reflejado

### 2.5.1.3 Luminancia de Velo.

Es el reflejo producido por una luminaria que oscurece parcial o totalmente detalles (como por ejemplo palabras impresas sobre un papel brillante) por la reducción del contraste entre los detalles y el fondo. Puede oscurecer partes de un texto o velar imágenes fotográficas dificultando su visión. Ver figura 2.6



Figura 2.6  
Luminancia de  
velo

### 2.5.1.4 Sombras Duras y Alto Contraste.

Cuando existe una diferencia significativa entre la iluminancia del objeto y su entorno inmediato y que puede contribuir al discomfort visual. Un ejemplo de esto son las sombras producidas por una fuente puntual sobre la cabeza o la mano que escribe de una persona y que oscurecen el plano de trabajo donde se está leyendo o escribiendo.

Las mochilas de los "action offices" también suelen producir sombras y crear discomfort. Cuando las pupilas deben ajustarse continuamente a diferencias de iluminancia entre el objeto de trabajo y el entorno

inmediato trabajan mucho más y la vista se cansa más rápidamente que en ambientes en los cuales las sombras son difusas y las iluminancias más uniformes. Ver figura 2.7



Figura 2.7  
Sombras duras



### 2.5.1.5 Otras Consecuencias.

Al margen de los problemas visuales apuntados, la iluminación incorrecta de los puestos de trabajo trae como consecuencia una cantidad de dolores corporales (cuello, hombros y espalda especialmente) derivados de las posiciones anormales que, inconscientemente, el individuo adopta para evitar de alguna manera ser víctima del deslumbramiento.

### 2.5.2 Iluminación Adecuada

Una iluminación adecuada permite a las personas realizar sus tareas sin esfuerzos físicos ni discomfort psicológico. Una iluminación indirecta bien diseñada contribuye a lograr este propósito.

#### 2.5.2.1 Reducción de las luminancias.

La iluminación indirecta conviene al cielorraso en una única “fuente de luz” suave y difusa, eliminando los deslumbramientos y los reflejos en los monitores de las computadoras, como así también, los molestos brillos en superficies horizontales y verticales. Ver figura 2.8



#### 2.5.2.2 Minimiza las sombras y los altos contrastes.

La iluminación indirecta reduce las sombras producidas por la cabeza y las manos. Si existen mochilas o elementos elevados que puedan producir sombras, estas siempre serán más “blandas” que las producidas por la luz directa. De todas formas, siempre se podrá recurrir a una iluminación bajo mochila si las sombras fueran molestas.

Figura 2.8  
iluminación  
indirecta

#### 2.5.2.3 Niveles de iluminación bien balanceados.

La iluminación indirecta proporciona una excelente uniformidad en la iluminación general del recinto, además de mantener una buena relación de contrastes entre los diversos entornos, evitando así la continua acomodación de las pupilas, especialmente en el caso del trabajo con computadoras, donde la luminancia del papel blanco de los datos que se están leyendo suele ser inmensamente superior a la de la pantalla del monitor. De esta manera, será mucho más fácil lograr la relación de 1 : 3 entre el plano de trabajo y el entorno inmediato.

#### 2.5.2.4 Otras consideraciones.

Es cierto que un ambiente iluminado solamente de forma indirecta puede derivar en una falta de apreciación de los detalles y las texturas de determinados elementos. Para estas situaciones, bastará con disponer una serie de spots, generalmente orientados, para crear



una iluminación localizada donde destaque elementos como obras de arte, plantas, paredes, etc. Sobre estas últimas, una de las técnicas más habituales es el "wall washing" o bañado de paredes y el "scalloping" o secuencia de elipses dibujadas sobre las mismas por medio de líneas continuas de spots con lámparas dicroicas o PAR de haz concentrado.

También será conveniente la distribución de una moderada cantidad de "downlights" (iluminación directa) por medio de spots generalmente embutidos en el cielorraso y de haces de luz no muy "duros" a los efectos de proveer iluminación modeladora. Este complemento deberá ser balanceado según cada situación en particular. En aquellos espacios en los que la reducción del deslumbramiento sea la prioridad, este complemento deberá ser mínimo, digamos entre un 2% y un 5%, mientras que en lugares de encuentros y reuniones, donde es importante el modelado de las facciones, se podrá experimentar entre un 30% y un 40% dependiendo de las dimensiones del local.



# CAPITULO 3

# FUENTES DE LUZ Y METODOS DE CÁLCULO



## INTRODUCCIÓN.

Durante muchos años el fuego y el sol fueron la única forma de iluminación del hombre, hasta que a finales del siglo XIX Thomas Alba Edison desarrollo y comercializo en Estados Unidos la bombilla eléctrica incandescente como una fuente de luz artificial. A partir de ese momento se empezaron a crear e innovar otros tipos de fuentes artificiales de iluminación. Ahora han pasado más de 100 años desde que se invento la bombilla eléctrica y su principio básico apenas ha cambiado desde su invención. Lo que sí ha variado son las formas de las bombillas. Por ello, las posibilidades de iluminación son innumerables, por ejemplo, si una persona quiere un ambiente cálido, frío o limpio tiene que saber qué tipo de lámparas (focos) poner y para ello tiene que tener cierto conocimiento sobre las familias en las que se dividen, como las lámparas de arco de carbón, las lámparas fluorescentes, halógenas, de mercurio, de arco de sodio, metal halide (halogenuro metálico), etc.

La finalidad de una fuente de luz es producirla y la eficacia con que logra hacerlo se expresa en lúmenes emitidos por Watts consumidos, a esta relación se le llama eficacia luminosa. Una fuente ideal de luz blanca tendría una eficacia máxima emitiendo sólo energía visible sin ningún rayo infrarrojo ni ultravioleta, produciría unos 200 lúmenes por watt. Pero como en realidad todas las fuentes de luz emiten una cierta cantidad de infrarrojos y pierden algo de energía por conducción y convección, ninguna fuente conocida se aproxima a la eficacia máxima ideal.

A lo largo de estos años se han descubierto nuevos tipos de lámparas a continuación se hará mención de las lámparas que se pudieran utilizar en la realización de esta tesis de la iluminación de la alberca del deportivo Plan Sexenal.

### 3.1 SELECCIÓN DE LÁMPARAS.

Las fuentes luminosas artificiales se denominan, en general, lámparas. Actualmente disponemos de muchos tipos de lámparas para la producción de iluminación artificial; pero todos estos tipos de lámparas, están basados solamente en dos fenómenos físicos, que son: calor y luminiscencia. Por lo tanto podemos distinguir entre las lámparas basadas en la elevación de la temperatura de un cuerpo, es decir, en elementos que emiten radiaciones caloríficas, y las lámparas basadas en otras propiedades, cuya característica común es que apenas existe elevación de temperatura; o sea, en elementos que permiten radiaciones luminiscentes. Algunas lámparas emiten ambas clases de radiaciones.



Hay muchas formas de producir luminiscencia, pero la más interesante para nosotros es la electroluminiscencia, producida por el paso de la descarga eléctrica a través de los gases (neón, xenón, etc...) o de vapores metálicos (mercurio, sodio). En la electroluminiscencia están basadas todas las lámparas eléctricas de descarga en gas, entre las que se cuentan también las lámparas fluorescentes. [1,2,5,8]

### 3.2 SELECCIÓN DE LUMINARIAS

Se emplean para modificar la distribución del flujo luminoso emitido por las fuentes de luz con objeto de dirigirlo en determinadas direcciones o para atenuar el deslumbramiento, ocultando parcial o totalmente la visión de la lámpara (difusores). Asimismo protegen a las lámparas de daños de origen mecánico o ambiental e impiden el acceso evitando el contacto directo. Las luminarias por su uso se clasifican en:

- Comerciales.
- Industriales.
- Decorativas.

Por distribución del flujo que emiten:

Las luminarias se clasifican de acuerdo a la distribución del flujo luminoso que sale de la luminaria.

Cualquier luminaria debe de cumplir los siguientes requisitos:

- Hacer de soporte y de conexión eléctrica para las lámparas en su interior.
- Controlar y distribuir la luz emitida por las lámparas.
- Mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites autorizados.
- Ser de fácil instalación y mantenimiento.
- Tener un aspecto agradable.
- Ser económica.

Distribución del flujo luminoso. Las luminarias para la iluminación general de interiores han sido clasificadas por la CIE de acuerdo con el porcentaje de flujo luminoso total distribuido por encima y por debajo del plano horizontal.



Todas las luminarias a aplicar tendrán rendimientos elevados, con luminancias suaves, especialmente en zonas de trabajo, para que no se produzca el indeseable fenómeno del deslumbramiento.

Las luminarias se pueden clasificar de varias formas. La “British IES” ha clasificado las luminarias en diez grupos, de acuerdo con su distribución de intensidad luminosa debajo del plano horizontal.

Las luminarias utilizadas en calzadas se clasifican por la CIE; la BSI y la IEC de acuerdo con su distribución de intensidad.

La IEC hace una clasificación según el grado de protección que representan las luminarias contra la penetración del polvo y/o la humedad.

Las luminarias se pueden clasificar también, como lo hace la CEE, de acuerdo con la protección que ofrezcan contra derivaciones eléctricas.

Las luminarias pueden clasificarse por otras muchas formas, tales como por comportamiento y protección de ópticos; es muy frecuente describir el tipo de fuente para la que fue diseñada. El método de instalación empleado es otra característica importante de la luminaria (empotrada, semiempotrada, colgante, de brazo, punta de poste, columna, catenaria, y otras). [1,2,5,8]

### 3.3 Tipos de alumbrado.

Para obtener un alumbrado adecuado para el confort visual, cabe actuar desde una iluminación sensiblemente uniforme de la superficie del local, o bien iluminar de una forma individual y especial el lugar de estudio según un criterio localizado. Por último, también puede producirse el caso, de que, para determinadas tareas, aun teniendo un alumbrado general satisfactorio, sea necesaria una exigencia mayor en determinados puntos, a los que se les suplementará la iluminación, para adaptarlos a ciertos valores específicos en lugares donde se realizan importantes trabajos visuales. Estos tres tipos de alumbrado se denominan: *general*, *localizado* y *suplementario*. La denominación de suplementario indica que no se utilizará de forma única, sino cualquiera de los dos sistemas anteriores.

En general ni el alumbrado local ni el suplementario deberán emplearse nunca solos, sino combinarse con el general. El problema radica en evitar una relación de contrastes excesivos y violentos entre el punto de estudio y sus alrededores. Para que el ojo humano no detecte diferencias de iluminación, es deseable una uniformidad de repartición de luminarias superior al 60%; por ello, los niveles de alumbrado general y local deberán ser proporcionales entre sí. [8]



### 3.3.1 Alumbrado General.

El alumbrado general se obtiene distribuyendo un número de luminarias, con una disposición más o menos regular, por toda la superficie del techo que proporcionen un nivel razonablemente uniforme de iluminación en un área interior. Las dimensiones físicas de la habitación, la distribución de las luminarias, el nivel previsto de iluminación y el aspecto de la instalación son factores que afectan este tipo de iluminación.

La distribución más uniforme se obtiene mediante la colocación simétrica de las luminarias necesarias para producir la luz deseada. La relación entre la separación y la altura de montaje debe estar dentro de los límites establecidos por las características de distribución de la luminaria. Especialmente, en el uso de fuentes de elevada potencia hay que tener gran cuidado en la selección de la capacidad luminosa, ya que las relaciones entre separación y altura de montaje imponen con frecuencia el uso de luminarias más pequeñas de las que a primera vista podrían parecer adecuadas. Cuanto más ancha sea la distribución de las luminarias, mayor podría ser la distancia entre ellas. [5]

### 3.3.2 Alumbrado General Localizado.

El alumbrado general localizado o también conocido como iluminación local. Este tipo de alumbrado consiste en colocar los quipos de alumbrado general en zonas especiales de trabajo donde se necesitan altas intensidades, bastando con la luz emitida por dichas luminarias para iluminar las áreas contiguas. En algunos casos es necesario concentrar luminarias en ciertas partes del techo para obtener una iluminancia suficientemente alta en lugares de interés principal. Las luminarias del tipo directo, semidirecto y directo-indirecto son las que más se utilizan. [5]

### 3.3.3 Alumbrado Suplementario.

El alumbrado suplementario proporciona una intensidad relativamente alta en puntos específicos de trabajo, mediante un equipo de alumbrado directo combinado con la iluminación general o localizada. Esta iluminación se obtiene colocando luminarias muy cerca de la tarea visual. Para iluminar solamente un área muy reducida. Con frecuencia es necesario cuando se trata de tareas visuales especiales y cuando no se pueden proporcionar mayor intensidad por ninguno de los otros métodos, cuando se requiere luz de calidad direccional para ciertas operaciones de inspección.



### 3.3.4 Alumbrado de emergencia.

Los sistemas de emergencia son generalmente instalados en lugares de reunión donde la iluminación artificial es necesaria para asegurar salida o para controlar el pánico en edificios de concentración de personas, tales como hoteles, teatros, canchas deportivas, centros comerciales, áreas de atención a la salud o lugares similares. Los sistemas de emergencia también pueden suministrar energía para funciones como ventilación cuando sea esencial para la seguridad de la vida humana, sistemas de alarmas y detección de incendios, elevadores, bombas para equipo contra incendio, sistemas de comunicación de seguridad pública, procesos industriales, donde la interrupción de la corriente pudiera producir serios peligros para la seguridad de la vida humana o riesgos para la salud y otras funciones similares.

El alumbrado de emergencia debe incluir los medios necesarios para el alumbrado de salidas, pasillos, corredores, etc. De los lugares de mucha concurrencia, para garantizar la integridad física de las personas.

Los sistemas de alumbrado de emergencia deben diseñarse e instalarse de forma que la falla de un elemento cualquiera del alumbrado, como es el caso de una lámpara fundida, no pueda dejar en total oscuridad al área que requiera alumbrado de emergencia.

En los sistemas de alumbrado con lámparas de descarga de alta intensidad, como de vapor de sodio, vapor de mercurio y aditivos metálicos, de alta y baja presión, que constituyen la única fuente de alumbrado normal, el sistema de alumbrado de emergencia debe estar diseñado para que funcione por un tiempo adicional, hasta que el alumbrado normal se restaure. El periodo de tiempo para que entre en función la luz de emergencia no deberá excederse de 10seg,

En lugares de reunión en las que pueda haber más de 1000 personas o en edificios que tengan más de 23m de altura los equipos de iluminación deben instalarse en espacios totalmente protegidos por sistemas automáticos de protección contra incendios aprobados o en espacios con resistencia al fuego de 1h.

Los circuitos derivados de alumbrado de emergencia deben instalarse de forma que reciban el suministro de energía independiente con respuesta al alumbrado convencional.

Los niveles recomendados de iluminación de emergencia son de 1 a 5 luxes por metro cuadrado en pasillos y corredores.



### 3.3.5 Alumbrado deportivo.

Dentro del alumbrado por proyectores, tenemos el alumbrado deportivo, que últimamente ha alcanzado un auge extraordinario. Según sea el deporte elegido y su aplicación específica, así será el nivel de iluminación a aplicar, por lo que seguidamente mostramos algunos valores de iluminación recomendados en cada caso:

#### Niveles de iluminación recomendados por la IESNA (LUX)

ACTIVIDAD	TRANSMICION POR TV	PROFESIONAL	COMPETENCIA	ENTRENAMIENTO
BEISBOL	1200/800 LUX	700/600 LUX	500/300 LUX	300/200 LUX
BASQUEBOL	1000/800 LUX	700/600 LUX	300 LUX	200 LUX
GOLF				
HORIZONTAL			200 LUX	200 LUX
VERTICAL (at 183m)			100 LUX	100 LUX
FUTBOL AMERICANO	1000 LUX	500 LUX	300 LUX	200 LUX
NATACIÓN	1000/800 LUX	700/600 LUX	400/300 LUX	200 LUX
CARRERAS DE CABALLOS				
HORIZONTAL	300/1000 LUX			200 LUX
VERTICAL	700 LUX			200 LUX
HOCKEY SOBRE HIELO	1000/800 LUX	500 LUX	300 LUX	200 LUX
RODEO		500 LUX	300 LUX	
ROLLER HOCKEY		500 LUX	300 LUX	200 LUX
FUTBOL SOCCER	1200/800 LUX	500 LUX	300 LUX	200 LUX
SOFTBALL	1500/1000 LUX	1000/700 LUX	500/300 LUX	300/200
ESTADIOS				
ESPECTADORES DE 75 A 100M		300 LUX	300 LUX	100 LUX
A MÁS DE 100M		200 LUX	100 LUX	100 LUX
TENNIS	1250 LUX	750 LUX	500 LUX	300 LUX
BOX Y LUCHA LIBRE				
RING	5000 LUX	2000 LUX	1000 LUX	200 LUX
SUPLEMENTARIA PUBLICO	300 LUX	20 LUX	50 LUX	



Las instalaciones de iluminación de las zonas deportivas tienen como finalidad la obtención de las condiciones lumínicas más apropiadas para que se puedan desenvolver con normalidad, durante las horas en las que no hay luz natural, los deportes para los cuales están diseñadas.[1,2,8]

Se puede considerar como desarrollo con normalidad, según las condiciones visuales:

- Condiciones visuales buenas que permitan a los espectadores seguir el juego con mínimo esfuerzo.
- Alumbrado que se integra con el estilo arquitectónico del espacio a iluminar.

Hay que tener en cuenta la categoría en la cual se desarrollará cada uno de los deportes; por ejemplo no es necesario el mismo nivel de iluminación para iluminar un campo de fútbol donde se juegan partidos de primera división, los cuales son retransmitidos por televisión, que el nivel necesario para iluminar un campo de entrenamiento o de pequeñas competencias deportivas. Por este motivo se puede definir cuatro categorías:

- De distracción.
- De entrenamiento.
- De competencia normal.
- De competencia profesional.

Las condiciones visuales quedan determinadas por los siguientes factores:

- Contraste de los cuerpos de los nadadores y clavadistas en la alberca.
- Estado de adaptación del ojo.
- Grado de restricción del deslumbramiento.
- Tamaño aparente de los objetos.
- Velocidad aparente de los objetos.

Los tres primeros factores solo guardan relación con el propio alumbrado, mientras que los otros dos dependen del tipo de juego. Se piden mayores exigencias sobre el contraste, nivel de adaptación y evitación de deslumbramiento cuando el tipo de juego implica objetos de tamaño aparentemente pequeño o de velocidad es aparentemente grande. Por lo que estos factores son clases de juego. El tamaño aparente de un objeto, depende de su tamaño real y de la distancia de observación; la velocidad aparente es función del valor y dirección de la velocidad real con la relación a la velocidad de observación.



### 3.4 Cálculo de iluminación para áreas deportivas.

El cálculo de iluminancia se puede realizar mediante las curvas isolux de la luminaria, de una forma totalmente análoga al caso de alumbrado público. En este caso las curvas vienen dadas para una inclinación determinada del proyector.

En el caso de que no dispongamos de la curva para la inclinación deseada, podemos realizar los cálculos por medio del diagrama relativo isocandela.

Así, si tenemos un proyector inclinado un ángulo  $\phi$  respecto de la vertical, de un punto  $p$  del plano tendrá un nivel de iluminación dado por la fórmula:

$$E = \frac{I \cos^3 \phi}{H^2}$$

Donde:

$E$ = La iluminación en el punto  $p$

$I$ = La intensidad luminosa radiada a ese punto por el proyector

$H$ = Altura del proyector al plano

$\phi$ = Ángulo entre la dirección al punto y la vertical

Las distancias del punto considerando a cada uno de los ejes  $X$ ,  $Y$  serán:

$$B = \frac{\sqrt{(Xe^2 + Ye^2)}}{H}$$

Siendo:

$Ye$ = El ángulo de inclinación del proyector en el eje  $Y$

$Xe$ = El ángulo de inclinación del proyector en el eje  $X$

De esta forma sabremos la iluminancia producida por un proyector en un punto. Sumando las influencias en ese punto del resto de proyectores de la instalación tendremos la iluminación total en ese punto. [8]

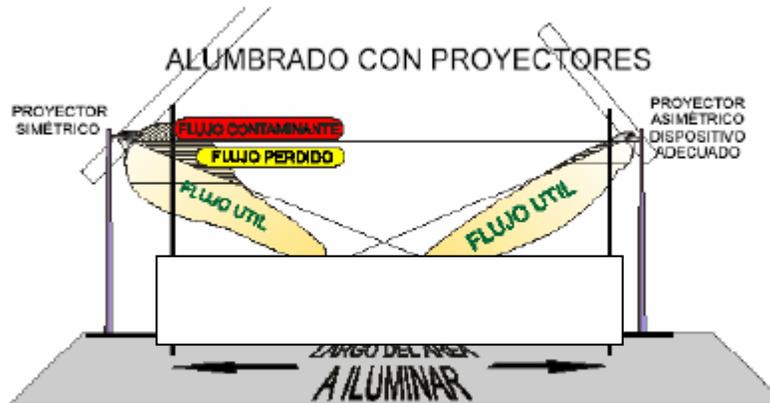


Figura 3.1 Alumbrado con proyectores

### 3.5 Niveles de iluminación.

Fundamentalmente es la iluminancia horizontal la que determina el nivel de alumbrado sobre el área de juego o de nado, y dado que éste sirve de fondo en la observación de los competidores de natación y los clavadistas, hay que conseguir un fondo correcto. Además, al ser el área iluminada la mayor porción del campo visual, es la iluminancia horizontal, junto con la reflectancia, la que establece el estado de adaptación visual.

Un buen contraste de él propio cuerpo del nadador es esencial para que sean reconocibles e identificables, y esto se logra si los planos verticales son alcanzados por suficiente luz. Por lo que la iluminancia vertical debe ser la adecuada. La iluminancia vertical está caracterizada no solo por su magnitud, sino también por su dirección. Para los deportistas es importante, en general, una iluminancia vertical adecuada en todas las direcciones.

En la práctica, la iluminancia vertical no se calcula ya que se logrará automáticamente en la mayoría de los casos cumpliendo las exigencias en cuanto a la iluminancia horizontal.

La iluminancia horizontal debe cumplir requisitos específicos con respecto a la uniformidad para garantizar que la zona de juego está suficientemente iluminada en todos los puntos.



### 3.6 Deslumbramiento en áreas deportivas.

Se produce deslumbramiento cuando una zona de luminosidad excesiva penetra o está cercana al campo visual.

Hay que tener en cuenta que los nadadores en ocasiones tienen que mirar hacia arriba, con lo que la supresión total del deslumbramiento es bastante difícil.

Sin embargo se ha pretendido reducir deslumbramiento al mínimo teniendo en cuenta las siguientes medidas:

- Apantallado de las fuentes de luz.
- Montando las fuentes de luz a una altura adecuada.
- Controlando al haz con unas luminarias diseñadas al efecto.
- Agrupando las fuentes de alta intensidad lumínica y disponiéndola de forma que el número de superficies luminosas visibles desde una dirección dada sea el mínimo.

En muchos deportes como la natación, el fútbol y el tenis, entre otros, hay un sentido principal de desarrollo del juego a la largo del área de competencia, existiendo, por consiguiente, una principal dirección de observación. Para esta clase de deportes es preferible una iluminación lateral con los proyectores montados en fila a lo largo de las dos bandas laterales. Con esta disposición se reduce el riesgo de deslumbramiento, se consigue un buen modelado y se proporciona una buena iluminancia vertical.

Los procedimientos más utilizados hoy en día por los proyectistas es elevar los puntos de luz a una altura adecuada y agrupar los proyectores. En la mayoría de las albercas profesionales o llamadas olímpicas, las luminarias se encuentran en fila en las laterales de las albercas y/o fosas de clavados, o alrededor de estas.

Esta altura depende, básicamente, de las dimensiones de la zona a iluminar y se admite que la mínima altura aceptable corresponde a la determinada por la dirección que, partiendo de los ojos de un nadador situado en el centro de la alberca, forma un ángulo de  $20^{\circ}$  con la horizontal.



Figura 3.2 Dimensiones para el cálculo de la altura de los soportes para áreas.

Evidentemente, a partir de esta altura mínima cuanto más alto se encuentren las luminarias, menor será el índice de deslumbramiento.

Nuestras instalaciones estarán previstas para niveles de entrenamiento, competencia y transmisión por televisión, el uso que tienen estas instalaciones es, para el equipo de natación y clavados local, para sus competencias y para uso de quienes quieran aprender natación.

Los niveles de iluminación están fijados por todo tipo de organismos, desde fabricantes de material de iluminación, estados, organismos internacionales,... Estos niveles se suelen fijar basándose en muchos años de experiencia.

Las recomendaciones tenidas en cuenta son las expuestas en el libro de aplicaciones de la IESNA y aprobadas por la Federación Internacional de natación.

### 3.7 Métodos de cálculo de iluminación.

En la actualidad existen varios métodos de cálculo de iluminación para determinar el número de luminarias que se requieren para obtener un buen nivel de iluminación en un espacio determinado, estudiaremos estos métodos de iluminación. [5]

#### 3.7.1 Método del flujo luminoso.

También conocido como método de los lúmenes. Por medio de éste se puede calcular el flujo total luminoso que se requiere en locales interiores para proporcionar un nivel de iluminación promedio. Considera la superficie del local, la altura de montaje de los luminarios, las reflectancias de paredes, techo y piso, un coeficiente de utilización del flujo luminoso aprovechable de la fuente luminosa sobre el área de trabajo y un factor de



mantenimiento por depreciación de la lámpara y limpieza del local. Estos factores se toman en consideración en la fórmula del método de lumen:

$$F = \frac{E \times S}{C.U. \times F.M.} \quad (3.1)$$

Donde:

F= Flujo total requerido para el nivel de iluminación promedio.

E= Intensidad de iluminación promedio.

S= Superficie.

C.U.= Coeficiente de utilización.

F.M.= Factor de mantenimiento.

La intensidad de iluminación. La intensidad de iluminación viene dada en tablas que recomiendan los valores adecuados para las diversas labores.

Superficie. La superficie del local a iluminar se considera en metros cuadrados, si el nivel de iluminación se toma en luxes, o en pies cuadrados si el nivel se toma en foot-candles.

El factor de mantenimiento. Se obtiene del producto de la depreciación de la lámpara (D) por la depreciación por suciedad del luminario (d).

El factor de depreciación de la lámpara (D) es función de la depreciación sufrida por la lámpara a lo largo de su vida.

El factor de mantenimiento por suciedad del luminario (d) es obtenido por pruebas directas hechas al luminario en diferentes ambientes y clasificado en forma de tablas o bien en forma de gráficas, como se observa en la figura A del ANEXO, y es proporcionada por los fabricantes o por laboratorios independientes.

Las luminarias se dividen en seis categorías de mantenimiento. A continuación se dan las características principales de cada categoría. [5]



Categoría de mantenimiento	Características
I	Las lámparas se muestran desnudas y no utilizan reflector.
II	Las lámparas se muestran desnudas y son del tipo fluorescente, utilizan reflector. A este tipo de luminaria se le denomina industrial fluorescente.
III	Este tipo de luminarias utiliza un reflector que distribuye más del 70% del flujo luminoso hacia la superficie por iluminar; normalmente se utilizan a alturas de montaje altas y medias.
IV	Son luminarias que alojan en su interior lámparas fluorescentes; pueden ser del tipo empotrar o sobreponer; su característica principal es que utilizan rejillas para evitar que las lámparas sean vistas directamente, bajo un determinado ángulo.
V	Estas luminarias son como las de la categoría IV, pero utilizan difusores en lugar de rejillas a fin de obtener un mejor control de la luz.
VI	En esta categoría se encuentran el plafón luminoso y la iluminación por medio de cornisas. Su característica principal es que son elementos de iluminación que están interconstruidos, como parte de la estructura arquitectónica del local a iluminar.

Ver curvas figura A del anexo.

El factor de mantenimiento por suciedad de la luminaria (d) también se puede calcular en forma estimativa considerando los siguientes porcentajes:

Para locales limpios.

Para locales de regular limpieza: 15 a 20%

Para locales sucios: 25 a 35%

Coefficiente de utilización.

El coeficiente de utilización es la relación entre los lúmenes que alcanzan el plano de trabajo y los lúmenes totales generados por la lámpara. Es un factor que tiene en cuenta la eficacia y la distribución de las luminarias, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes. Techo y piso. El coeficiente de utilización viene dado en tablas que relacionan cada uno de los aspectos antes mencionados.

El método de flujo luminoso se puede aplicar en dos formas, dependiendo de cómo se calcula el coeficiente de utilización: por índice de cuarto o por cavidad zonal. [5]



### 3.7.1.1 Método de flujo luminoso por índice de cuarto.

Para determinar el flujo total luminoso que se requiere para obtener un nivel de iluminación promedio en un determinado local es necesario conocer todos los parámetros que involucra la fórmula 3.1, es decir la intensidad de iluminación que se requiere, la superficie del local, el factor de mantenimiento y el coeficiente de utilización.

El coeficiente de utilización se determina en tablas que resumen las dimensiones y altura del local en valores denominados “índice de cuarto”.

Los locales por iluminar se clasifican, de acuerdo con su forma en diez grupos identificados por letras y por el valor del índice de cuarto. La relación de índice de cuarto (C.I.) se calcula con la fórmula siguiente:

$$I. C. = \frac{AxL}{H(A+L)} \quad (3.2)$$

Donde:

A= Ancho del local.

L= Largo del local.

H= Altura de montaje (distancia entre el plano de trabajo y la luminaria).

Para determinar el coeficiente de utilización partiendo del índice de cuarto, se entra a una tabla similar a la representada en la figura B del ANEXO Este tipo de tablas son proporcionadas por los fabricantes de las luminarias.

Además del índice de cuarto que involucra las dimensiones del local. También intervienen en el cálculo del coeficiente de utilización las reflectancias de las paredes y el techo y piso. [5]

Una vez que se ha calculado, por medio de la fórmula 3.1, el flujo total luminoso que se requiere en el área por iluminar, se puede calcular el número de luminarias que se necesitan con la fórmula 3.3.

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{flujo total requerido}}{\text{lúmenes por luminaria}} \quad (3.3)$$

Sustituyendo la fórmula 3.1 en 3.3, tenemos:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{ExS}{\text{C.U.} \times \text{F.M.} \times \text{lúmenes por luminarias}}$$



Por lo tanto:

$$\text{Número de luminarias} = \frac{ExS}{\text{lúmenes por luminaria} \times C.U.xF.M.} \quad (3.4)$$

### 3.7.1.2 Método de flujo luminoso por Cavidad Zonal.

En el método de flujo luminoso por cavidad zonal, el cálculo del coeficiente de utilización se hace empleando un procedimiento diferente al que se usa en el método de flujo luminoso por índice de cuarto.

Este método es más laborioso y exacto, ya que permite calcular el valor del coeficiente de utilización, por medio de tablas que toman en consideración lo siguiente:

1. Longitud ilimitada de los soportes de las lámparas colgantes.
2. Alturas diferentes de los planos de trabajo.
3. Reflejos diferentes por encima y debajo de las luminarias.
4. Obstrucciones en la cavidad de techo y en el espacio por debajo de las luminarias.

El procedimiento para calcular el coeficiente de utilización por cavidad zonal, se explica a continuación:

El cambio básico implica la división del local en las tres cavidades siguientes:

- a) Cavidad de techo.
  - b) Cavidad de cuarto.
  - c) Cavidad de piso.
- 
- a) Cavidad de techo. Es el área medida desde el plano de la luminaria al techo. Para luminarias colgantes, existiría una cavidad de techo; para luminarias colocados directamente en el techo o empotrados en el mismo, no existirá cavidad de techo.
  - b) Cavidad de cuarto. Es el espacio entre el plano de trabajo donde se desarrollara la tarea y la parte inferior de la luminaria. El plano de trabajo se encuentra localizado normalmente arriba del nivel del piso. En algunos casos, donde el plano de trabajo es considerado a nivel del piso, el espacio desde la luminaria al piso se considera como cavidad de cuarto.
  - c) Cavidad de piso. Se considera desde el piso a la pared superior del plano de trabajo, o bien, el nivel donde se realiza la tarea específica. Si el trabajo o tarea se desarrolla en el piso, no existe cavidad de piso.



Pasos a seguir para calcular el coeficiente de utilización:

- 1) Primero se han de calcular las relaciones de cavidad con las siguientes fórmulas:

$$\text{Relación de cavidad de techo (RCT)} = \frac{5hct(L+A)}{LxA}$$

$$\text{Relación de cavidad de cuarto (RCC)} = \frac{5hcc(L+A)}{LxA}$$

$$\text{Relación de cavidad de piso (RCP)} = \frac{5hcp(L+A)}{LxA}$$

Donde:

H= altura de cavidad de techo, cuarto o piso.

- 2) A continuación se determina las reflectancias estimadas o medidas de techo, pared o piso.
- 3) El siguiente paso es determinar las reflectancias efectivas para las cavidades de techo y piso. Estas se obtienen en la tabla 1 del anexo con los valores obtenidos en los puntos 1 y 2. Si todas las superficies son altamente reflectivas, o si los luminarios se encuentran localizados directamente en el techo, no será necesario efectuar este cálculo. En este caso se puede usar el valor de las reflectancias estimadas para determinar el coeficiente de utilización.

Pct = Reflectancia efectiva para cavidad de techo.

Pcp = Reflectancia efectiva para cavidad de piso.

Pp = Reflectancia de pared.

- 4) Conociendo los valores de: Pct, Pcp, Pp y la relación de cavidad de cuarto (RCC), se encuentra el coeficiente de utilización (C.U.) en los datos técnicos proporcionados por el fabricante para el luminario que se usará. La mayoría de las tablas muestran solamente un valor típico para la reflectancia de piso. Este valor es 20% y es considerado generalmente como un valor normal. En caso de que el color de reflectancia sea mayor menor de 20% se debe corregir de acuerdo con los datos disponibles en la tabla.

La fórmula para determinar el número de luminarios necesarios para producir un nivel de iluminación deseado en un espacio determinado. Usando el método de flujo luminoso por cavidad zonal, es la misma que para el método de flujo luminoso por índice de cuarto, es decir, la fórmula 3.2

$$\text{Número de luminarias} = \frac{ExS}{\text{lúmenes por luminario} \times C.U. \times F.M.}$$

Factores para reflectancias efectivas de la cavidad del piso diferentes de 20 %.



Para obtener reflectancias de 30 %, multiplíquese por el factor adecuado mencionado abajo.

Para 10% de reflectancia efectiva divídase por el factor apropiado mencionado abajo. [5]

### ***3.7.2 Método de punto por punto en superficies horizontales y verticales.***

Es un método que permite calcular con exactitud la intensidad de iluminación sobre puntos determinados, en lugares donde la altura de montaje es grande y son dudosos los resultados obtenidos con el método de lúmenes; como fabricas de altos techos, gimnasios y en lugares donde sea muy importante contar con la seguridad de tener precisamente el nivel de iluminación recomendado y no en promedio, como pizarrones, tableros, etc.

Con este método es posible calcular, como se dijo antes, la intensidad de iluminación producida en determinados puntos por fuentes luminosas distribuidas y localizadas de antemano, por lo que para aplicarlo se debe tener ya una distribución de luminarias que sirvan de base para el cálculo; esta base es posible determinarle estimativamente por medio del método de lúmenes. Obtenida esta base se aplica el método de punto por punto y este cálculo indica niveles de iluminación como los recomendados; la base tomada en cuenta será la definitiva; pero si el cálculo indica niveles de iluminación abajo o arriba de los recomendados habrá necesidad de modificar proporcionalmente la cantidad de luminarios y volver hacer otro cálculo de punto por punto, hasta que los resultados obtenidos sean los deseados.

El nivel de iluminación calculado por el método de punto por punto se obtiene de la siguiente manera: primero se escoge un número determinado de puntos sobre el plano de trabajo por iluminar, se calcula la intensidad de iluminación que proporcionan todas las luminarias en cada uno de ellos, después se suma la intensidad de iluminación de todos los puntos y el total se divide entre el número de puntos. Obteniéndose así el promedio de intensidad de iluminación. Si no se obtiene el nivel promedio de iluminación deseado, se modifica el número de luminarias en el área por iluminar para obtener dicho promedio de iluminación. [5]



Este método se basa en las leyes de los cuadrados inversos y de los cosenos, por lo que, se puede expresar con las siguientes fórmulas:

Para superficies horizontales

Para superficies verticales

$$E = \frac{I\alpha}{h^2} \cos^3 \alpha \times F.M. \quad (3.5)$$

### 3.8 Instalación Eléctrica.

Conjunto de obras de ingeniería, edificios, maquinas, aparatos, líneas y accesorios que sirven para la producción, conversión, transformación, transporte, distribución y utilización de energía eléctrica. Se aplica también esta denominación a un solo conjunto de maquinas eléctricas, de equipo eléctrico o de aparatos receptores.

Los aparatos receptores de energía eléctrica son de tan diversa índole, que tratando de englobarlos en forma rápida y sencilla, se puede decir que son los siguientes:

Todo tipo de lámparas, aparatos electrodomésticos, de oficina, de comercio, aparatos y equipos de calefacción y aire acondicionado, de intercomunicación, señales luminosas, herramientas, etc.



# CAPÍTULO 4

## ALUMBRADO DE LA PISCINA SEMIOLÍMPICA



## INTRODUCCIÓN.

En el proyecto se ha optado por cambiar toda la instalación eléctrica y luminotécnica ya que la zona deportiva no ha sido planeada ni estudiada desde que se construyó y está mal ubicada y con una seguridad pésima para los utilitarios de la alberca como para la misma instalación. A continuación se resumirán los cambios que se harán en el complejo. Estos puntos se ampliarán durante todo el proyecto con más especificaciones.

### 4.1 Características de la alberca del plan sexenal.

La alberca tiene un vaso de 20 x 50m., el fondo de la alberca no es uniforme; en los primeros 30mts tiene una profundidad de 1.2mts, después de los 20mts va aumentando la profundidad hasta alcanzar 5mts.

Los 20mts son utilizados para los clavados; y todo el largo de la alberca (los 50mts) es utilizado para las competencias de nado. Ver figura 4.1



Figura 4.1 Fotografías tomadas dentro de las instalaciones de la alberca del Plan Sexenal. Vista panorámica.

También cuenta con el área de trampolines o de clavados los cuales son de 1, 3, 5 y 10mts respectivamente. Ver figura 4.2



Figura 4.2 El área de clavados cuenta con dos trampolines de 1m y 3m, a las orillas y con un trampolín de 5 y 10m en el centro.

Además de la sala de la piscina encontramos una zona que conformará las gradas para el público. Ver figura 4.3



Figura 4.3 La alberca cuenta con sólo 10 niveles de gradas de 50m de largo; para una capacidad aproximada de 1000 a 1500 personas.

Al lado de la sala de la piscina se encuentra el cuarto de motores de las bombas de agua y calderas. Ver figura 4.4. Estos motores son utilizados para drenar o mantener el agua en movimiento la mayor cantidad de tiempo posible. Al estar estancada el agua existen grandes posibilidades que se ensucie o se originen bacterias y por consecuencia se tendría que cambiar consecutivamente el agua.



Figura 4.4 Sala de Motores.

Debajo de las gradas para el público se encuentra el área de vestidores, regaderas y baños tanto de damas como para caballeros.

Esta edificación está realizada en su estructura con PTR el cual sostiene unos rectángulos de vidrio de 7mm de grueso, que tienen la función de paredes, en la parte lateral de la alberca, la fachada es de vigas de concreto que realizan la función de estructura la cual sostiene unos ventanales de vidrio como pared y la parte trasera lo componen las gradas para el público. El techo es de lámina de acero galvanizado pintado de color blanco, y de fibra de vidrio color blanco, sostenido por una estructura metálica formada por PTR, comúnmente llamada tridimensional. Ver figura 4.5

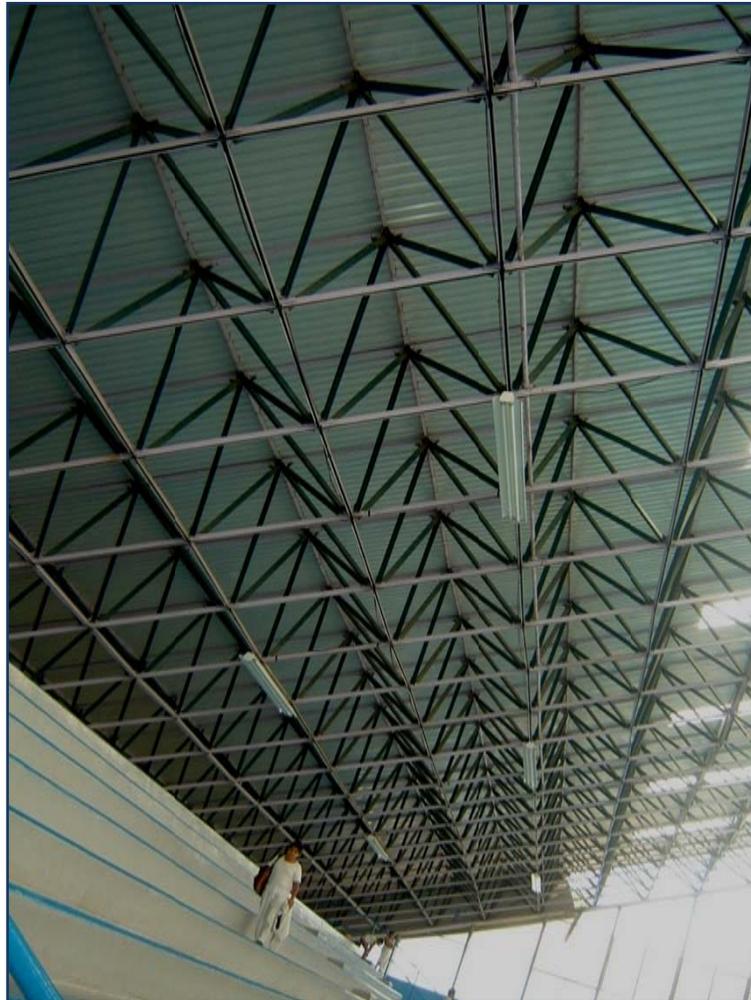


Figura. 4.5 Techo de la alberca del Plan Sexenal.  
Construido con PTR y lámina galvanizada.

En lo referente al pavimento de la sala de natación, este es de concreto con una circunferencia antiderrapante alrededor de la piscina de 70cm de ancho, hecha de concreto.



## **4.2 Iluminación de la alberca de natación.**

A partir de esta parte de la tesis se hará la descripción de la alberca del Plan Sexenal, se realizarán las consideraciones necesarias para la iluminación, así como el cálculo de la iluminación y el cálculo de la protección de iluminación.

### **4.2.1 Descripción de la instalación.**

Se trata de una instalación en un local de pública concurrencia donde se tendrá que observar especialmente la NOM-001 vigente, y en especial la parte que nos habla de las instalaciones en albercas (680), la cual es una normativa de obligado cumplimiento.

La acometida, caja general de protección y cuadro de contadores se ubican en la pared de la rampa de entrada de los vestidores de caballeros.

Para empezar con el proyecto de iluminación debemos tener los planos del área a iluminar, en este caso del área de fosas, gradas, pasillos y corredores. En la figura 4.6 se muestra el plano con que cuenta el Plan Sexenal de la alberca el cual me fue proporcionado.

Se deberá de tener en cuenta la especificación de la NOM-001 en su apartado 680-6 que nos indica: los receptáculos no se deben instalar a menos de 3m de las paredes de una alberca. [7]

Además de la indicación referente a las luminarias y salidas para alumbrado que nos indica que no deben instalarse sobre la alberca o sobre un área medida de 1.50m horizontalmente desde las paredes de la alberca, a menos que se encuentre a una distancia de 3.7m del nivel máximo del agua.

También considerar que los dispositivos de interrupción se deben ubicar por lo menos a una distancia de 1.5m de las paredes internas de la alberca, a menos que estén separados de la misma por un muro sólido, pared u otra barrera permanente.

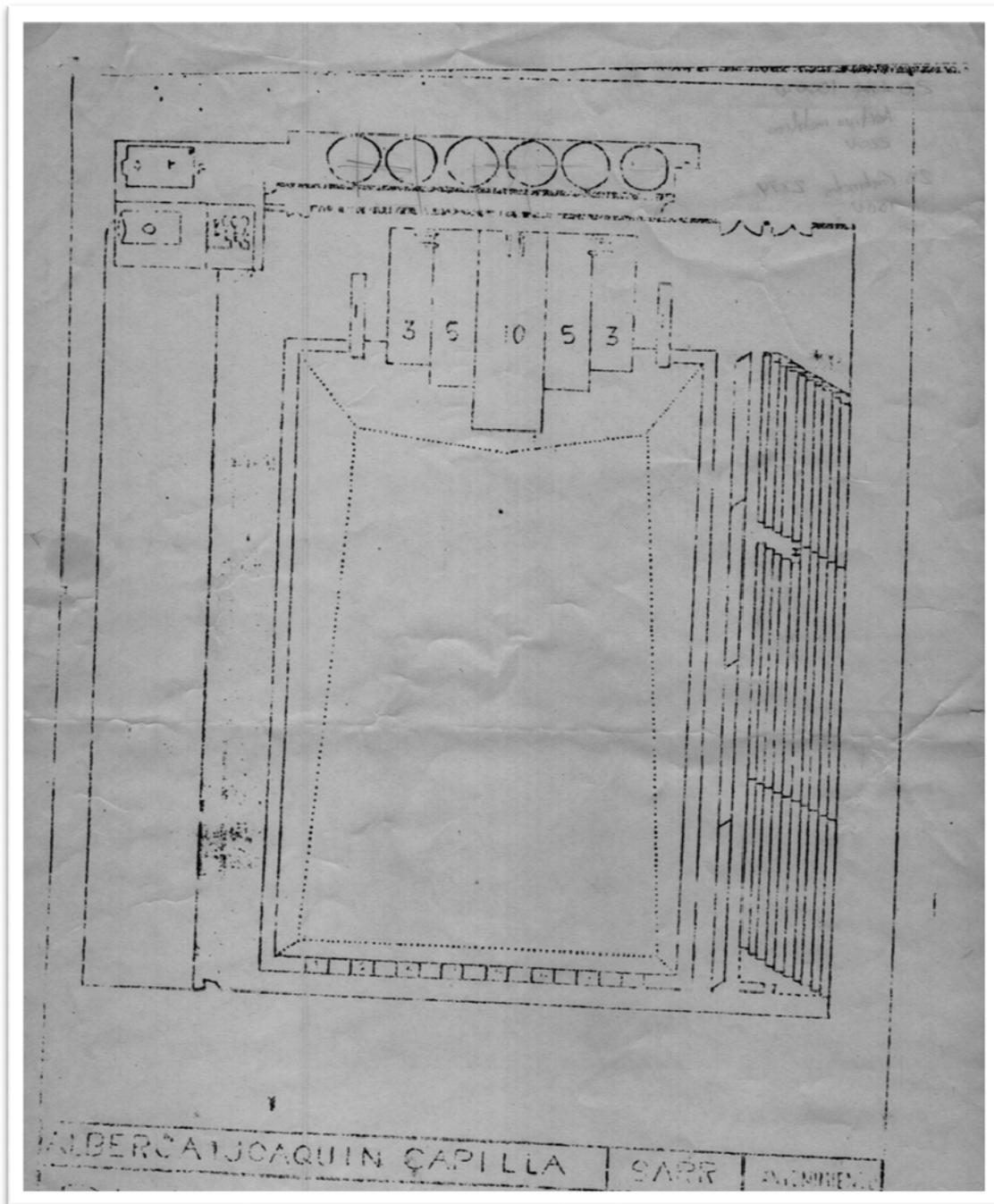


Figura 4.6 Plano de la alberca Joaquín Capilla con el que cuenta el Plan Sexenal.



Como se podrá ver el plano de la figura 4.6 no cuenta con medidas, escalas, ni con la distribución correcta; además de tener una mala calidad en el dibujo y diseño.

Este es uno de los problemas a los que nos tendremos que enfrentar en esta Tesis pues no hay un proyecto bien definido del Plan Sexenal, aparte de que no se cuenta con los planos de la alberca y los vestidores de está, también les hace falta el de las canchas de futbol, terreno de equitación, basquetbol, entre otros. Además la iluminación en estas áreas no es la idónea, encontramos lugares como las canchas de futbol soccer donde la iluminación está representada por una lámpara de halogenuros metálicos adaptada (amarrada) a un poste de madera, siendo estas un total de seis luminarias para iluminar el campo de futbol, las gradas y la pista de atletismo; solo cuentan con un domo el cual si está muy bien planeado; lo malo es, que este domo fue diseñado para encuentros de basquetbol y ahora fue adaptado para futbol rápido.

Pero lo que nos interesa es la iluminación de la alberca del Plan Sexenal, así que debido a que el plano con que cuenta el Plan Sexenal no funciona para nuestro fin, debido a que el que se presenta en la figura 4.6 es el único plano con que cuentan, tenemos que ir al campo a sacar las medidas reales y/o más próximas a la realidad para poder hacer el proyecto.

En las siguientes figuras se muestran los planos hechos a mano de la alberca después de medir cada uno de las partes que componen el inmueble.

En este dibujo, ver figura 4.7, podemos apreciar que las medidas de la alberca son de 50 por 20mts, lo cual indica que la alberca no tiene las medidas que al principio del proyecto mencionaron algunos de los instructores del Plan Sexenal los cuales comentaban que la alberca, tenía una longitud de 50mts por 25mts, lo cual implicaba que esta alberca tenía las medidas para ser una alberca tipo olímpica. Pero después de haber realizado las mediciones correspondientes hemos obtenido que estamos hablando de una alberca de tipo semiolímpica. También se puede ver las medidas de las áreas del contorno a la alberca, como es el área de entrada a la alberca, el área de gradas, etc.

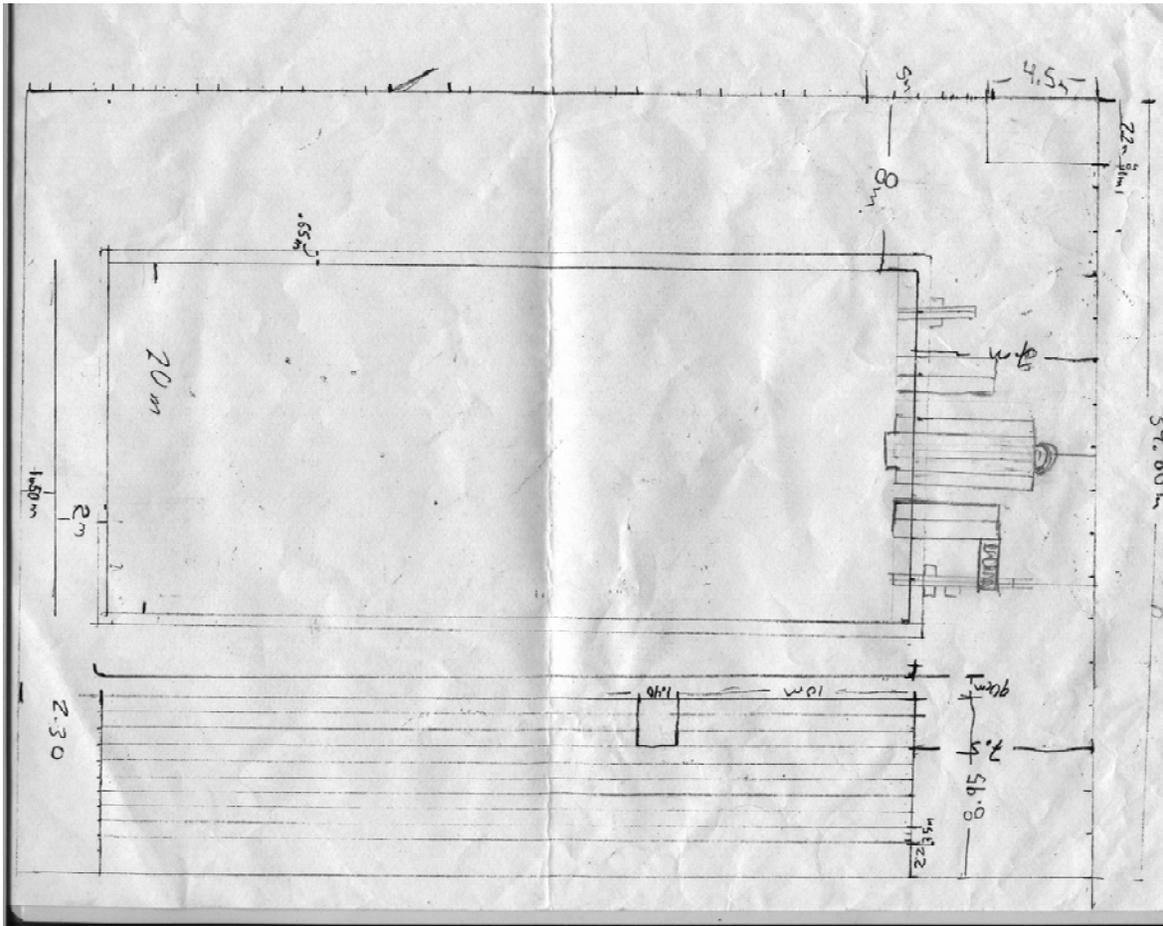


Figura 4.7 Bosquejo de la alberca del Plan Sexenal.

En la siguiente figura 4.8 se puede apreciar la fachada principal. La fachada principal es el área por donde ingresan los usuarios de la alberca. Está compuesta por concreto en su estructura y las paredes son de vidrio grueso transparente. Podemos ver además el techo que es de tipo comúnmente llamado a dos aguas compuesto por laminas, como se menciono con anterioridad.

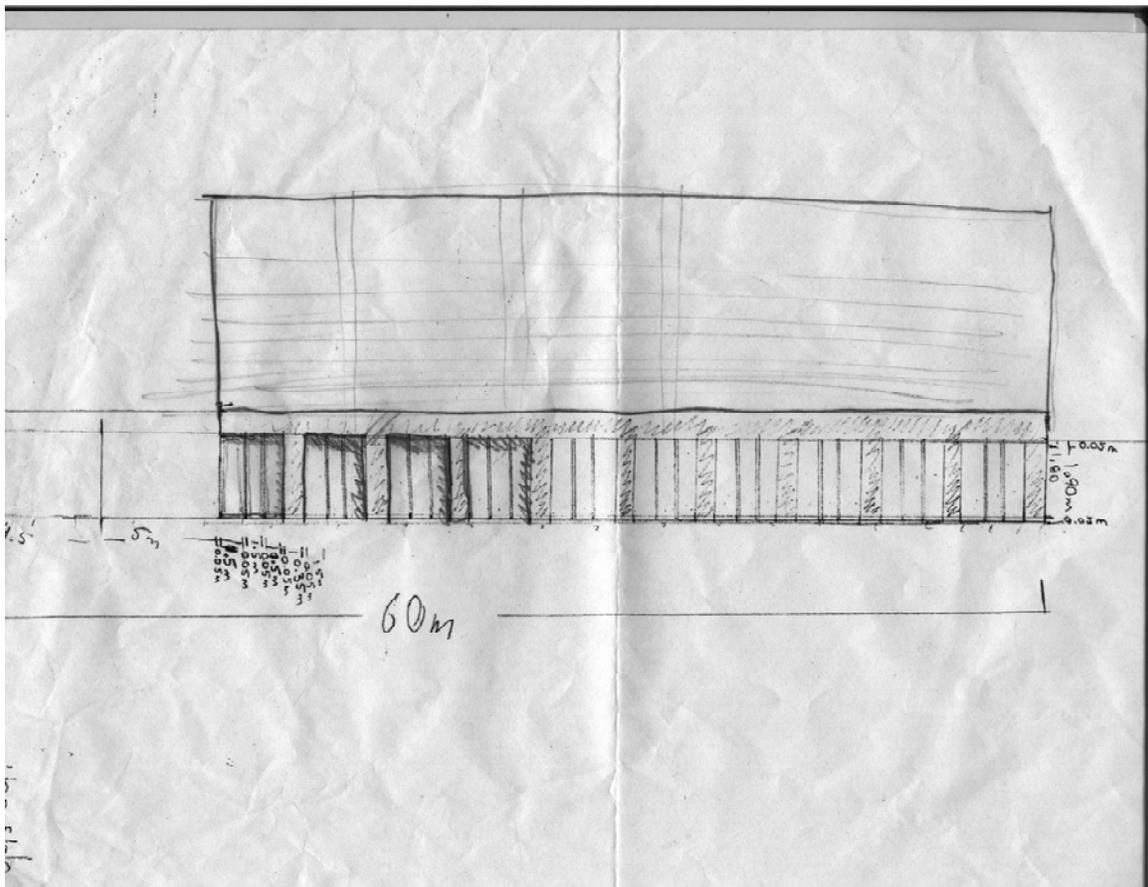


Figura 4.8 Fachada principal de acceso a la alberca del Plan Sexenal

En la siguiente figura 4.9 podemos ver la alberca por la parte frontal a 30°. Presumiblemente esta pudo ser en el proyecto inicial la parte o fachada principal pues al hacer las observaciones podemos constatar que de este lado de la alberca tiene un monumento al clavadista mexicano destacado Joaquín Capilla. Además por el diseño de la alberca podemos ver que tiene una entrada en éste lado de la alberca que posiblemente debería ser la entrada principal, debido a que conduce a las gradas para el público. También de este lado de la alberca se encuentran dos puertas que conducen una al área de calderas y motores que es de uso exclusivo del personal de mantenimiento de la alberca del Plan Sexenal, y la otra sirve para acceso, salida al público que se encuentra



en el área de las gradas; y aunque no tiene esa finalidad, también podría tener la función, por su buena amplitud de salida de emergencia.

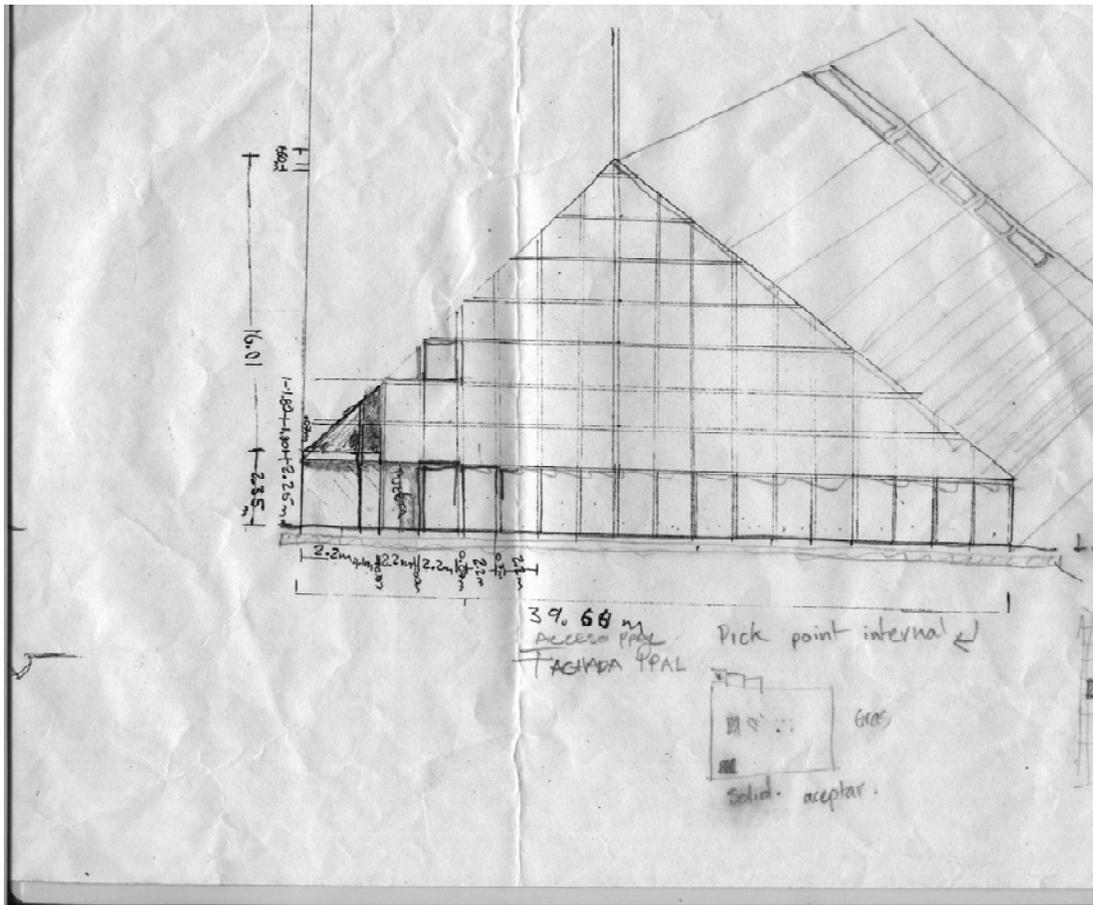


Figura 4.9 Parte frontal de la alberca

En este último bosquejo (figura 4.10), se muestran las gradas. Por el tamaño, pero sobre todo por la cantidad (diez) de las gradas, podemos darnos una idea de que la alberca aunque cuenta con las medidas necesarias para alojar competencias regionales y posiblemente hasta nacionales; pero también es una zona muy reducida para el público.

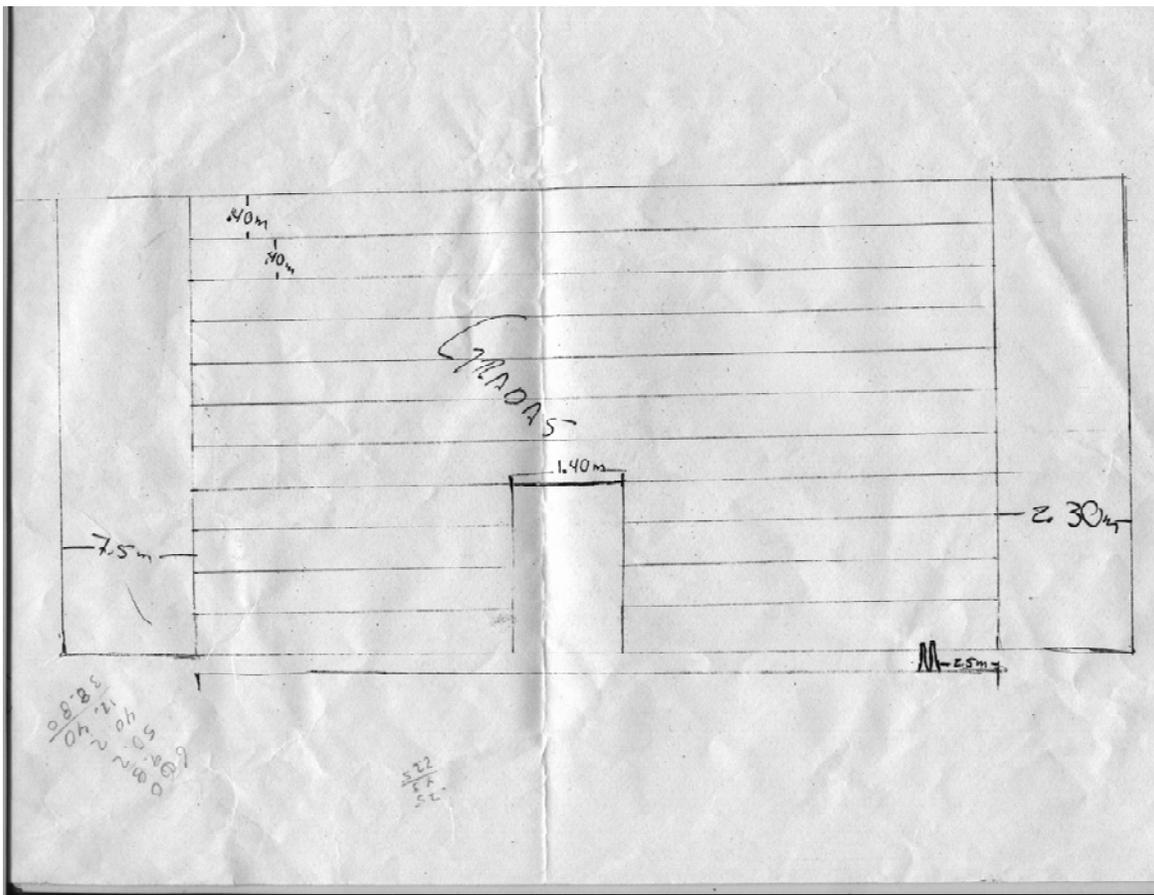


Figura 4.10 Gradas para el Publico

En las siguientes ilustraciones se muestra unos planos muy rudimentario pero, con las medidas que tiene el inmueble, obtenidas de los bosquejos anteriores, para poder hacer el proyecto de iluminación es suficiente trazar el plano con algún programa que nos ayude a dibujar fácilmente los planos; en este caso yo he utilizado programa de AutoCad 2004, con ayuda de un libro de AutoCad 2002. A continuación se muestra los planos obtenidos en el programa.

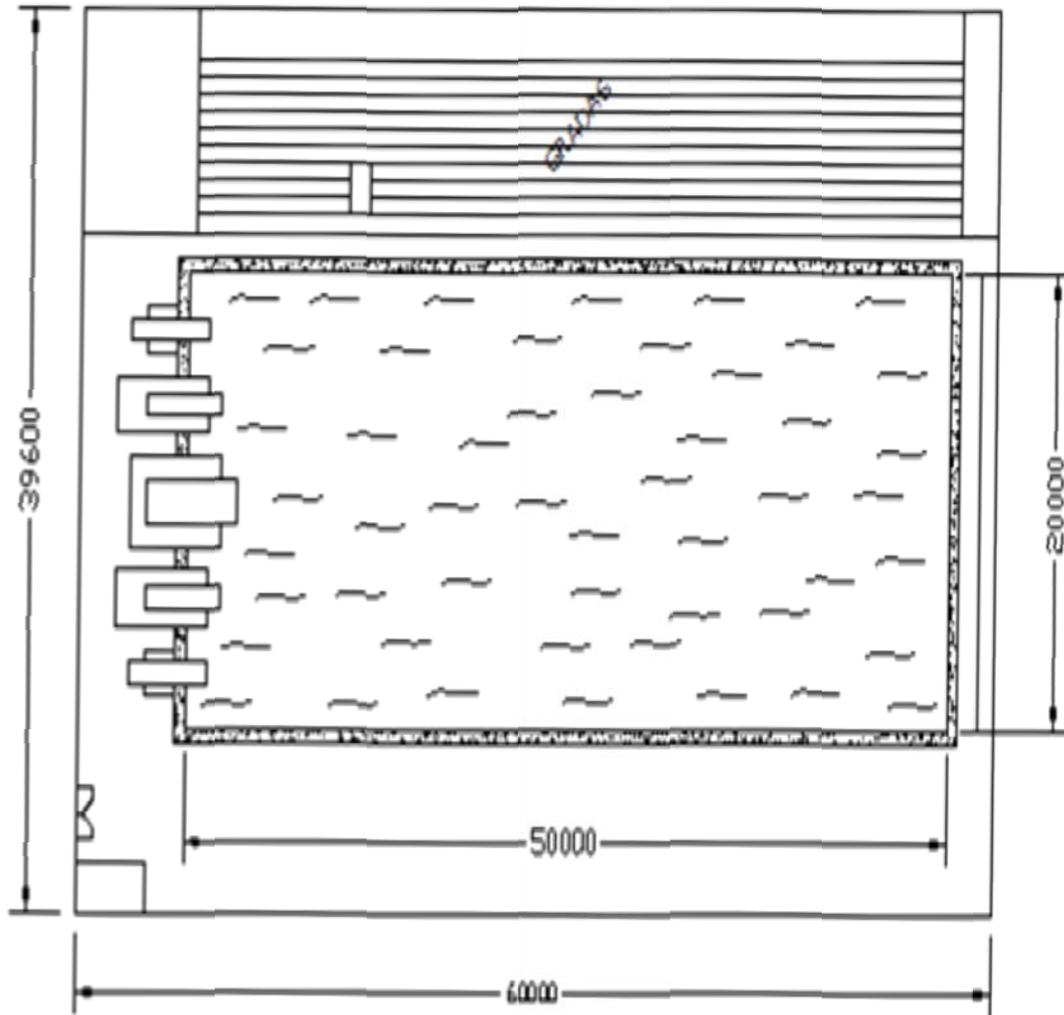


Figura 4.11 Plano de la alberca del Plan Sexenal realizado en el programa de AutoCad.



Después de haber realizado la medición con una cinta métrica de toda el área y partes que componen la alberca del Plan Sexenal, haber hecho los bosquejos ya mostrados anteriormente, ahora son realizados en Autocad para dar una mejor presentación éstas son las figuras que obtenemos de Autocad; y lo más importante de haberlos hecho en AutoCad es que para pasar nuestro proyecto al programa de iluminación que voy a utilizar, se necesitan los planos precisamente en AutoCad y el plano que más nos interesa, es el plano el de vista superior, porque es en este plano donde vamos a trabajar con el futuro programa de iluminación.

También se realizaron las partes frontales de la alberca y la fachada. Ver figuras 4.12 a y b. Las figuras son como se verían desde una parte

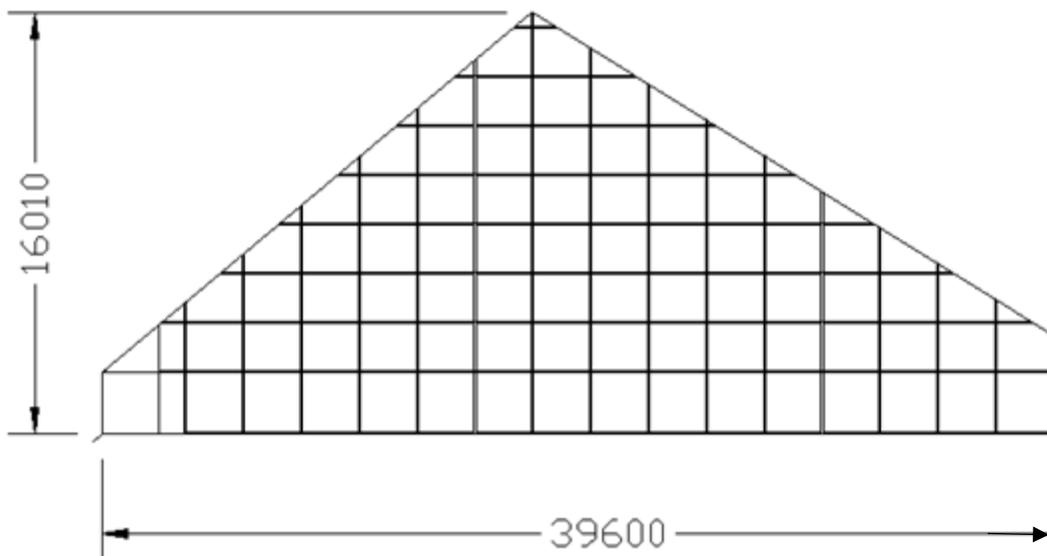


Figura 4.12a Parte frontal derecha

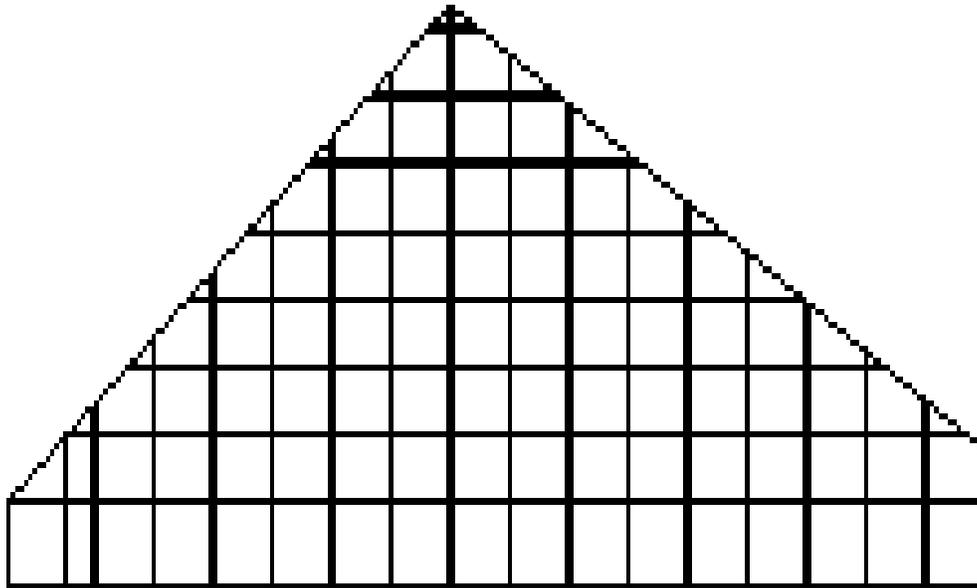


Figura 4.12b Parte frontal izquierda

En esta figura 4.13 podemos ver la fachada de la alberca así como parte de la estructura o techo que conforman el inmueble.

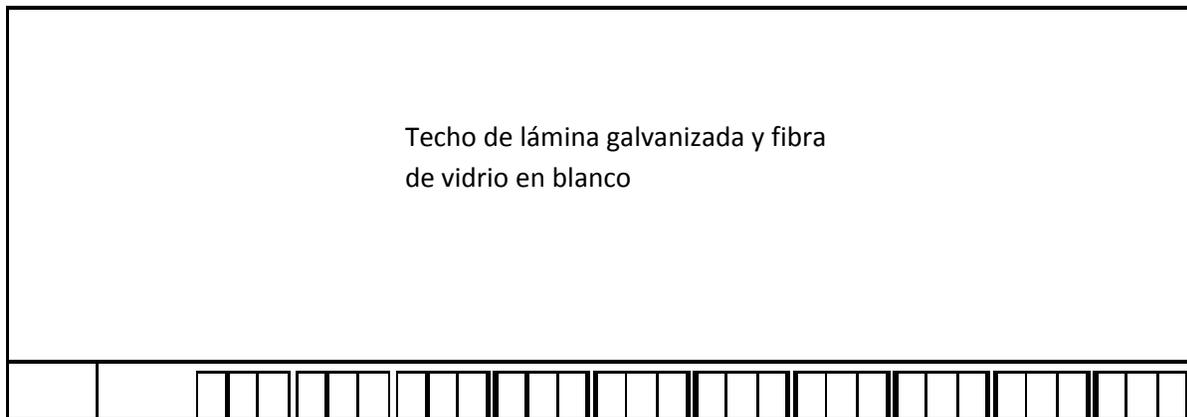


Figura 4.13 Fachada principal



En este punto lo que se trata de solucionar es la mala iluminación de la alberca de natación. Esto se ha arreglado cambiando la antigua instalación y diseñando un nuevo proyecto luminotécnico con ayuda del programa de iluminación VISUAL PROFESIONAL de la marca HOLOPHANE y a los avances tecnológicos que hay en el mercado. Los nuevos modelos de luminarias que dan más flujo luminoso con una vida útil más larga y un consumo eléctrico más reducido. Como se puede deducir, también ahorramos consumo de energía eléctrica ya que el rendimiento lumínico de estas luminarias es más alto.

Las lámparas que se han utilizado en esta alberca son 20 lámparas de 1000W de aditivos metálicos a 220V, desconocen la marca y lámparas fluorescentes que son 50 de 74W en 25 gabinetes de 2x74W, a 110V de diferentes marcas.

#### 4.2.2 Consideraciones antes del cálculo.

Para empezar con el cálculo de iluminación de la alberca, primero debemos definir cuál es nuestra área de trabajo a iluminar, como cuando vamos a iluminar una oficina nuestra área de trabajo es el plano de los escritorios. En este caso el área de trabajo es el plano o el ras del agua, es ahí donde enfocaremos la visión para ver el desenvolvimiento de la competencia.

Como se mostro anteriormente referente a las luminarias y salidas para alumbrado que nos indica que no deben instalarse sobre la alberca o sobre un área medida de 1.50m horizontalmente desde las paredes de la alberca, a menos que se encuentre a una distancia de 3.7m del nivel máximo del agua.

Podemos observar en la figura 4.14 que las luminarias están sobre el agua, pero tienen la altura suficiente, como lo indica la norma, para estar sobre el agua. Pero no cumple con lo referente a la seguridad y mantenimiento de las luminarias, pues al hacer el mantenimiento o cambio de estas luminarias se tendría que vaciar la alberca, o el personal de mantenimiento tendría que colgarse de la estructura, poniendo en riesgos su integridad física.

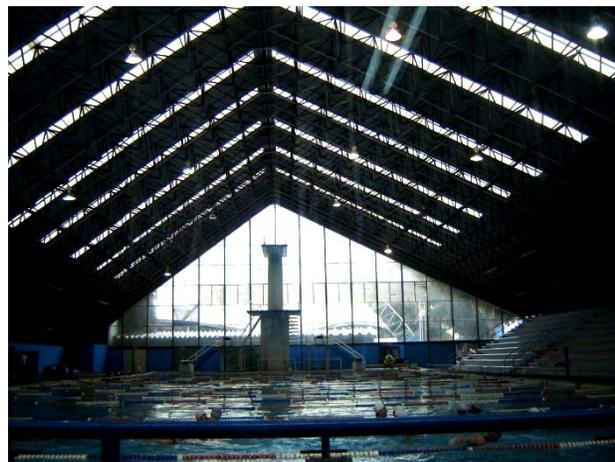


Figura 4.14 Fotografía de la alberca del Plan Sexenal.



Se debe tener en cuenta entonces una nueva colocación de las luminarias, estas se tendrán que colocar alrededor de la alberca y por la estructura del inmueble deportivo a una altura de 10.5mts y 8mts respectivamente (recordando que el techo esta en dos aguas) sobre el nivel del agua, y bastante cerca de las paredes de la alberca y esto implica que las lámparas tengan un ángulo para que puedan mandar la mayor cantidad de iluminación o de luxes a nuestro plano de trabajo.

También se considerarán los cálculos para la iluminación de una competencia transmitida por televisión. Se realizaran los cálculos para cuando está totalmente oscuro o más bien cuando sea de noche y tendremos que emplear al máximo la iluminación artificial.

#### 4.2.2.1 Reflectancias de la alberca.

Las paredes de la alberca del Plan Sexenal son de vidrio esto implica realizar un estudio aparte, debido a que, los materiales que dejan pasar la luz se llaman transparentes o translúcidos, en dependencia de que la proporción de luz que dejen pasar a través de su masa sea mayor o menor, respectivamente. Al atravesar el material transparente o translúcido el rayo luminoso sufre un cambio de dirección, a este fenómeno se le llama refracción.

En este caso estamos hablando de que el vidrio que se utiliza en la alberca es transparente, esto quiere decir que, deja pasar aproximadamente entre el 82 y el 90% de la radiación incidente (luz visible), en dependencia de su espesor. Pero cabe aclarar que deja pasar luz durante el día, pero en la noche cuando oscurece se puede comportar como un espejo y la reflexión es muy grande y estamos hablando de un 70 a un 80% de reflexión. Ver figura 4.21. De esto dependerá el proyecto de iluminación de la alberca, esto nos lleva a realizar el proyecto con una inclinación, a que se considera para cuando sea de noche, debido a que es cuando, se tiene que utilizar la mayor cantidad de iluminación. [8]

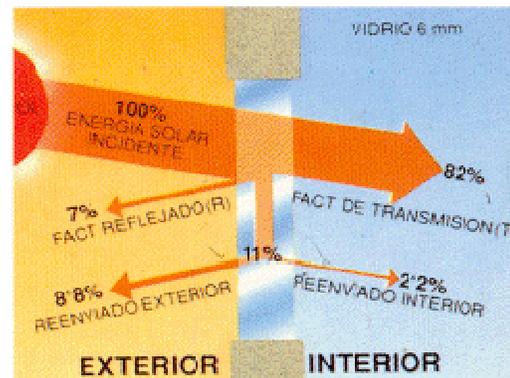


Figura 4.21 Reflexión y refracción

Se podría considerar cambiar los vidrios por un tipo de vidrio reflectante que es aquel que refleja la luz diurna de tal forma que parece como un espejo. También colocar vidrios con reflectancia por ambos lados (efecto espejo hacia el exterior por el día y efecto de espejo hacia el interior por la noche).



O por los vidrios de selectividad espectral que son aquellos que responden de forma diferente a las distintas longitudes de onda del espectro, es decir, dejan pasar la luz visible mientras reflejan las indeseables ondas infrarrojas, calientes e invisibles. Estos nuevos productos tienen relativamente una alta transmitancia a la luz visible (entre 50 y 70%). Utilizan tintes o capas absorbentes especiales y normalmente son de color neutral o tienen una apariencia entre azul y gris.

El techo es de color blanco, esto nos da una reflexión del 80% pero se encuentra en forma de dos aguas, y la altura a la que se van a colocar las luminarias a un mismo nivel y por las características de estas, la reflectancia sería muy baja durante la noche, porque de día el techo al estar construido de lámina de acero galvanizado y de láminas de fibra de vidrio de color blanco, dejan pasar gran cantidad de iluminación natural. Esto también ha contribuido a que el estudio de la iluminación se considere con las condiciones de noche.

El piso es de color gris (color del cemento) pero según nos muestran las tablas del anexo, también nos da una reflectancia del 50%. Tanto en pasillos como en los corredores es de color gris. La única parte que es diferente es la zona de gradas que tiene o están pintadas de color blanco, en esta zona la reflexión sería del 80%.

El área que vamos a iluminar también tiene su reflectancia y esta área es la alberca o el nivel del agua, que es nuestro plano de trabajo, es a este nivel donde tenemos que enfocar los niveles de iluminación, los luxes. Al igual que el vidrio, el agua es un material translucido, deja pasar luz a través de su masa. También al atravesar el rayo luminoso por el agua sufre un cambio de dirección.

Ahora para el caso del agua estamos hablando de que el agua que se utiliza en la alberca es transparente, esto quiere decir que, deja pasar aproximadamente entre el 82 y el 90% de la radiación incidente (luz visible) en dependencia de la profundidad de la alberca. Pero también cabe aclarar que deja pasar luz pero al encontrarse en una fosa con las paredes de azulejo, en un área techada se comporta como un semiespejo (no completamente). Esto nos indica que el índice de reflexión es bueno pero no muy alto, debido a la profundidad que tienen las fosas, entonces estamos hablando de un índice de reflexión del 50%. Y estamos hablando del tipo de reflexión difusa.



#### 4.2.3 Selección de las luminarias y lámparas de la alberca.

El tipo de luminaria que utiliza actualmente la alberca del Plan Sexenal de del tipo campana de 1000W a 220v de aditivos metálicos. El tipo de luminarias que se utilizara en el proyecto es del tipo de Aditivos metálicos debido a sus características de este tipo de lámpara, su color de iluminación, que por lo regular da una iluminación blanca a comparación de otros tipos de lámparas como las de vapor de sodio que su iluminación es amarillenta, a su tiempo de vida útil, que por lo regular de este tipo de lámparas es muy alto.

La constitución de las lámparas de halogenuros metálicos es similar a la de las de vapor de mercurio, se diferencia en que, además de mercurio, contienen halogenuros metálicos de cloro e yodo, además de una mezcla de argón para el encendido con lo que se obtienen mayores rendimientos luminosos y sobre todo una mejor reproducción cromática. De esta forma en la lámpara se forman los siguientes elementos:

- Halogenuros metálicos no agresivos cerca de la pared del tubo de descarga.
- Iones metálicos y de halógeno en el centro de la descarga. Los iones metálicos son los que emiten la radiación.
- Cuando los iones metálicos y halógenos se acerca, sea por convección o difusión, a las partes más frías del tubo y se recombinan y el ciclo se repite –ciclo del halogenuro. Ambos son potencialmente agresivos pero, debido a la menor temperatura de la zona exterior, no puede alcanzar la pared del tubo sin antes combinarse.

El mercurio ya no actúa como generador de luz sino como regulador.

El uso de halogenuros metálicos presenta dos ventajas:

- los halogenuros metálicos son más volátiles a la temperatura de operación del tubo que los metales puros.
- Aquellos metales que reaccionan químicamente con el tubo pueden ser usados en forma de halogenuros, que de este modo no lo hacen.



Figura 4.15  
Lámparas de  
halogenuros  
metálicos.

Aunque las condiciones de funcionamiento son similares a las de las lámparas de vapor de mercurio, la adición de halogenuros hace necesaria una tensión de encendido muy superior a la de una red de alimentación, 220/440 V., por lo que necesita un arrancador que proporcione tensiones de pico del orden de 1,5 a 5 kV.

Las lámparas de halogenuros metálicos, como todas las de descarga se deben conectar a la red a través de una reactancia que controle la intensidad, debiendo tener especial cuidado de que la combinación reactancia-arrancador sea la adecuada.



En varias ocasiones es común encontrar este tipo de lámparas en posición vertical y en esta posición alcanzan un mejor rendimiento. Cuando trabaja verticalmente el arco se inclina hacia arriba debido a las corrientes de convección. Al mismo tiempo, el halogenuro metálico, que es líquido, se mueve hacia el centro del tubo del arco, con lo que la presión del vapor disminuye decreciendo la concentración del metal en el arco reduciéndose la emisión de luz. Además el arco inclinado se acerca más a las paredes del tubo del arco, aumentando la temperatura y reduciendo la vida de la lámpara en un 25%.

El período de arranque es de 3 a 5 minutos, durante este tiempo la apariencia de color cambia hasta que al final del periodo se alcanza el color o flujo luminoso definitivo y el reencendido tarda de 10 a 20 minutos, dependiendo del tipo de luminaria y de la potencia de la lámpara, La tensión entre sus extremos, necesaria para mantener la descarga, es del orden de 120 a 220 V., depende de la potencia.

Los tipos de lámparas existentes en el mercado son muy diversos y dependen principalmente del tipo de halogenuro introducido. Tanto la temperatura de color proporcionada, como la eficacia luminosa obtenida dependen de este concepto. La mezcla de gases generalmente neón-argón o kriptón-argón con una presión en frío de 4000 a 5000Pa.

A estas mezclas se le suman los halogenuros metálicos y el mercurio, dando como resultado lámparas con características cromáticas diferentes.

La eficacia de estas lámparas es mucho mejor que de las de mercurio de alta presión. Así, cuando se utilizan aditivos de sodio, talio e indio, se obtiene una eficacia luminosa del orden de 80 a 95 Lm/W. y una temperatura de color de unos 4.200 °C. Cuando se utilizan aditivos a base de estaño, el rendimiento luminoso es de unos 45 Lm/W. y la temperatura de color del orden de 5.000 °C.

Tampoco podemos concretar nada sobre la vida media de estas lámparas cuyo valor puede decirse que se encuentra entre 2.000 y 10.000 horas, dependiendo muy directamente del tipo y del fabricante.

La principal cualidad de estas lámparas es la reproducción cromática, por lo que la hacen especialmente indicada en aquellos casos en los que la reproducción cromática sea fundamental, como por ejemplo en aplicaciones televisivas.

La luminaria tendrá que ser totalmente cerrada para que proteja a la lámpara, del polvo, de la evaporación debido a que se encuentra dentro de una alberca, encontraremos en el aire evaporación de gases ya sea de cloro o algún otro aditamento para el mantenimiento del agua, así como la evaporación de la misma agua de la alberca, lo cual nos puede causar que se acumulen sales en nuestra lámpara y esto afecte a buen funcionamiento de la lámpara. Además tendrá que ser ajustable para poder darle un ángulo a la lámpara, debido a que las lámparas las colocaremos fuera del área de la alberca y el ángulo que le pondremos será de 20° a 30° según requiera el proyecto. El luminario que se utilizara será el PRISBEAM II. De la familia NPB2. Ver figura C del Anexo.



#### 4.2.4 Selección de las luminarias y lámparas de las gradas y pasillos.

La selección de las lámparas para el alumbrado general de las gradas y pasillos puede ser más económico debido a que el número de luxes requeridos para estas áreas no es muy alto, además, el área de las gradas y los pasillos son muy reducidas y la altura de montaje de las luminarias puede ser baja. Debido a su comercialidad y a su gran diversidad de tamaños y colores lo más recomendable sería poner lámparas fluorescentes.

La mayor parte de la luz hoy en día se produce con lámparas fluorescentes. Sus ventajosas características tales como gran variedad de formas y tamaños, la flexibilidad en sus propiedades de reproducción de color, la buen funcionamiento de conversión de potencia eléctrica en luz, la emisión de luz difusa y la comparativamente baja luminancia que presentan, hacen de esta lámpara una fuente de luz adecuada para numerosas aplicaciones.

La lámpara fluorescente normal consta de un tubo de vidrio de un cierto diámetro y longitud variable según la potencia, recubierto internamente de una capa de sustancia fluorescente. En los extremos del tubo se encuentran los cátodos de wolframio impregnados en una pasta formada por óxidos alcalinotérreos que facilitan la emisión de electrones. El tubo está relleno de gas argón a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio.

Cuando se aplica la tensión apropiada, un flujo de electrones desplazándose a gran velocidad es impulsado desde uno de los electrodos y atraído por el otro, iniciándose la descarga, si la tensión aplicada entre los extremos es suficiente. El calor producido, evapora rápidamente el mercurio por lo que la descarga se mantiene en una atmósfera de mayor conductividad, mezcla de gas argón y del vapor de mercurio.

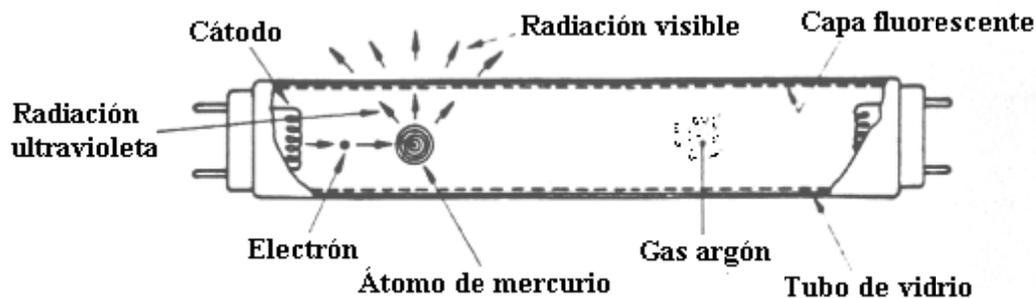


Figura 4.16 Partes de la lámpara fluorescente



Las partes de las lámparas fluorescentes pueden existir de varios tamaños o diferentes materiales pero el funcionamiento básico es el mismo. Ver figura 4.16

Las lámparas fluorescentes se construyen con bulbos tubulares rectos cuyos diámetros varían aproximadamente 12mm (0,5pulg.), designados como T4 (porque su diámetro equivale a 4/8 de pulgada) y 54mm (2,1225 pulg.) designado T17. Generalmente su longitud varía entre 100mm y 2440mm (4 o 96 pulg.). La letra de designación indica la forma del bulbo, en este caso, T por “tubular”, también puede ser C por “circular” o U indicando que el tubo a sido doblado por si mismo.

Los electrodos se diseñan para operar ya sea como cátodos “fríos” o como cátodos “calientes”.

Las lámparas de cátodo frío operan por lo general con una corriente del orden de unos cientos de mA, con un alto valor de caída de tensión catódica (tensión requerida para crear el flujo de corriente de electrones e iones) algo superior a 50 V.

El electrodo comúnmente utilizado en las lámparas fluorescentes es el de hilo de tungsteno bañado y doblemente arrollado en espiral “cátodo caliente”.

El hilo en espiral de tungsteno se recubre con un material emisor (bario, estroncio y óxido de calcio) que cuando se calienta desprende electrones. El proceso se denomina emisión termiónica, pues, los electrones son emitidos más como resultado del calor desarrollado, que de la tensión aplicada. Se crea en el cátodo un punto caliente en el que salta el arco de mercurio y se produce un flujo continuo de electrones. Este tipo de funcionamiento es característico de las llamadas lámparas de “cátodo caliente”.

Las lámparas fluorescentes emplean fósforos de compuestos orgánicos de alta pureza del orden de 10  $\mu\text{m}$ , seleccionados por su eficacia en la conversión de la energía ultravioleta de onda corta de 2,537 Angstroms en luz visible y por ser compuestos estables que mantienen su emisión luminosa a un alto nivel a lo largo de la vida de la lámpara. El color producido depende de la composición química de los fósforos.

La Tabla muestra los fósforos más utilizados y el pico de longitud de onda que la que se emiten, con el color de la luz percibida.



Polvos Fluorescentes Típicos	
Nombre del compuesto	Color
Haluros	
Halofosfato de calcio	Blanco (480nm, 580nm)
Trifósforos	
Óxido de itrio + trifosforo de europio	Rojo-naranja (611nm)
Aluminato de magnesio, cesio y terbio	Verde (543nm)
Fosfato de lantano + fosfuro de cesio y terbio	Verde (544nm)
Borato de magnesio y gadolinio + fosfuro de cesio y terbio	Verde (545nm)
Aluminato de magnesio y bario + fosfuro de europio	Azul (450nm)
Cloroapatita de estroncio + fosfuro de europio	Azul (447nm)
Fósforos de lujo	
Estroncio verde, azul	Verdoso (480nm,560nm)
Estroncio rojo	Rojizo (630nm)

Finalmente destacamos que los polvos fluorescentes que recubren el interior del tubo constituyen posiblemente el elemento más importante de esta fuente de luz, ya que el 90% de la luz emitida por los tubos se debe a su acción.

La extensa gama de tonalidades aparecidas en el mercado, y después de una lógica racionalización, ha quedado establecida en tres categorías básicas, según la temperatura de color:

- 1ª) Tonalidades cálidas (2.700-3.100 °K)
- 2ª) Tonalidades frías (3.800-4.500 °K)
- 3ª) Tonalidades luz de día (6.500-7.500 °K)

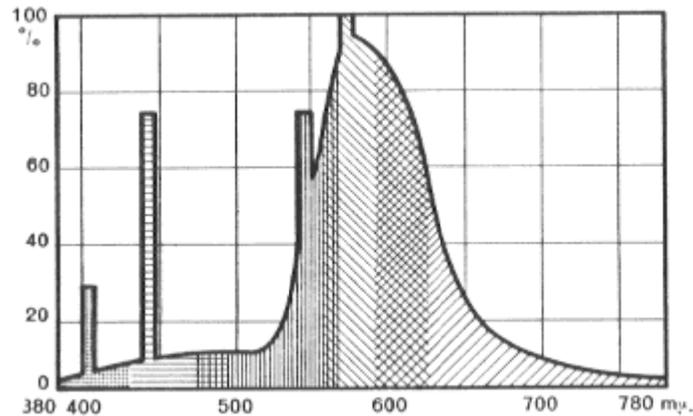


Figura 4.17 Curva de distribución espectral "Blanco Frio"

La figura 4.17 nos muestra la curva de distribución espectral relativa de una lámpara fluorescente de tono "Blanco cálido".

La vida media de los tubos fluorescentes es del orden de 7.500 horas y la depreciación del flujo emitido para la vida media es aproximadamente del 25%. Ver figura 4.18

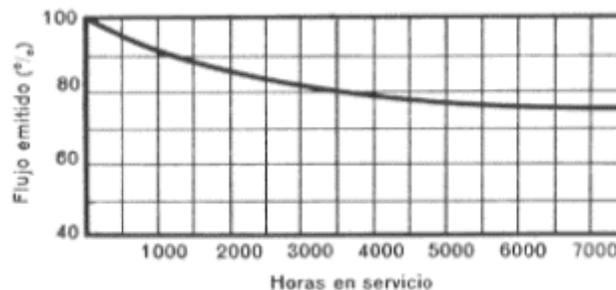


Figura 4.18 Curva del Flujo emitido por horas de servicio.

El funcionamiento de las lámparas fluorescentes puede verse sensiblemente afectado por diversos factores tales como temperatura y humedad ambiente, número de encendidos y tensión de alimentación.

La máxima emisión luminosa de los fluorescentes se produce a temperaturas comprendidas entre 38 y 49 °C, experimentando una pérdida de un 1% por cada grado de



variación. Ello es debido a la enorme influencia que tiene la temperatura sobre la producción de rayos ultravioleta.

El flujo luminoso y la potencia de un tubo fluorescente se ven afectados por la variación de la tensión de alimentación, tal y como podemos ver en la figura.

La tensión mínima para la cual se mantiene el arco, suele ser del 75% de la nominal.

La eficacia de una lámpara fluorescente depende de un gran número de factores: potencia, dimensiones, construcción del electrodo, tipo y presión del gas, propiedades de la capa de fósforo, tensión de suministro y temperatura ambiente.

Es claro que la capa fluorescente es el factor que mas contribuye a la eficacia de la lámpara, tal es así que si la lámpara no tuviera recubrimiento de fósforo, su eficacia seria de 5 lm/W. Los fósforos permiten actualmente elevar este valor a los 100 lm/W.

La eficacia de una lámpara fluorescente, tomada como la relación entre el flujo luminoso y la potencia de la lámpara, es del orden de 55 a 82 Lm/W. Esta es la eficacia que suelen dar los fabricantes, aunque en realidad la eficacia real resultará ser la relación entre el flujo luminoso y la potencia activa total consumida; en este caso tendremos que la eficacia será notablemente menor, de 33 a 68 Lm/W.

Las lámparas fluorescentes tienen una gran ventaja sobre la mayoría, por no decir sobre todas las demás lámparas, y esta ventaja es que tiene una gran diversidad de colores, para cada necesidad de utilización, en la siguiente figura 4.19 mostramos una tabla con los diferentes tonos de la lámparas y las características del flujo luminoso a diferentes potencias.

LAMPARAS FLUORESCENTES

Potencia lámpara W	Tono de luz	Intensidad de servicio A	Potencias		Flujo luminoso Lm	Dimensiones		Casquillo
			Balasto W	Total W		L mm	D mm	
18	Luz Día	0,37	12	30	1.000	590	26	Biclavillo
	Blanco Frío				1.150			
	Blanco Universal				1.050			
	Blanco Cálido				1.150			
36	Luz Día	0,43	10	46	2.500	1.200	26	Biclavillo
	Blanco Frío				3.000			
	Blanco Universal				2.500			
	Blanco Cálido				3.000			
58	Luz Día	0,67	13	71	4.000	1.500	26	Biclavillo
	Blanco Frío				4.800			
	Blanco Universal				4.000			
	Blanco Cálido				4.800			

Tensión de alimentación 220 V. Eficacia luminosa 55 a 82 Lm/W.  
Temperatura de color 2.700 a 7.500° K.

Figura 4.19 Tabla de los tonos de luz de las lámparas fluorescentes.



Como la curva de sensibilidad del ojo humano indica que su máxima sensibilidad se encuentra en 555nm, una mayor eficiencia se lograría si los fósforos convierten la radiación UV en este rango. Sin embargo esta luz sería de un color muy verde e inaceptable para la iluminación. La presencia de tres colores primarios –rojo, verde y azul– en proporciones correctas es esencial para alcanzar una luz blanca con buenas propiedades de reproducción de color por lo que existe un compromiso entre esta y la eficiencia luminosa.

En las lámparas fluorescentes la temperatura de la pared del bulbo es un factor crucial, ya que las variaciones del mismo no solo afectan el flujo luminoso de la lámpara sino también las características cromáticas de la luz emitida por ellas. Para tener una máxima eficacia, las paredes del bulbo deberán estar en un margen de temperaturas comprendido entre los 38° y los 49°C.

La vida de una lámpara fluorescente de cátodo caliente está determinada por la velocidad de pérdida del emisor de los electrodos. Cada vez que la lámpara se enciende, algo de este recubrimiento se pierde. Adicionalmente este recubrimiento también sufre una evaporación, por eso los cátodos deben diseñarse para minimizar ambos efectos.

El fin de la lámpara se alcanza cuando uno o ambos electrodos han perdido por completo su recubrimiento, o cuando el recubrimiento a dejado de emitir.

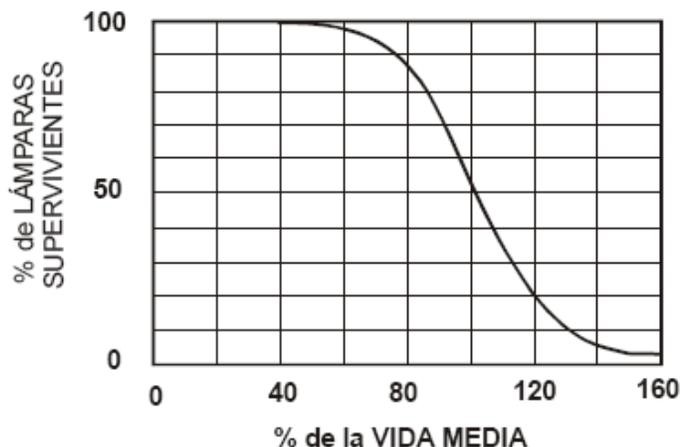


Figura 4.20 Mortalidad típica para un gran número de lámparas fluorescentes (ciclo de encendido de 3 horas)

Cuando se ensaya un gran número de lámparas, se observa que los fallos ocurren de forma muy aproximada según la curva de mortalidad, siendo la vida media el punto en el que aproximadamente el 50% de las lámparas se han inutilizado. [8]

El luminario que se ha optado para este proyecto es el 7460 de la serie de Hydrel del tipo Garager T-5. Ver figura D del anexo.



#### **4.2.5 MANTENIMIENTO.**

Como se menciona con anterioridad las luminarias no deben instalarse sobre el agua. No obstante, se ha tenido en cuenta que las lámparas sean fácilmente accesibles para poder efectuar su limpieza o el reemplazo de las mismas.

La sustitución de las lámparas debe ser posible, como recomendado, realizarlo sin modificar el enfoque de las luminarias.

La limpieza de las luminarias se realizará de 6 a 12 meses para obtener un factor de mantenimiento de .72 en las luminarias. [5]

#### **4.2.6 Cálculo de la iluminación de la alberca.**

Para el cálculo de la iluminación se ha optado por el método de punto por punto. Con ayuda del software Visual Profesional de Holophane, que es una compañía de clase mundial y proporcionan el software, así como asistencia y soporte técnico. Y debido a que este software es muy amigable con el programa de Autocad, muy fácil de usar y en la página de Holophane proporcionan videos ilustrativos o ejemplificados de cómo utilizar el software. Además que utiliza las recomendaciones de la IESNA.

Tomando como base los planos elaborados para el deportivo Plan Sexenal en el programa de AutoCad, ya que el deportivo no cuenta con ellos. Después de realizarlos en el programa de AutoCad se transportaron al programa de Visual Profesional para ejecutar los cálculos luminotécnicos. En la figura 4.22, se muestra el plano en el programa Visual Profesional.

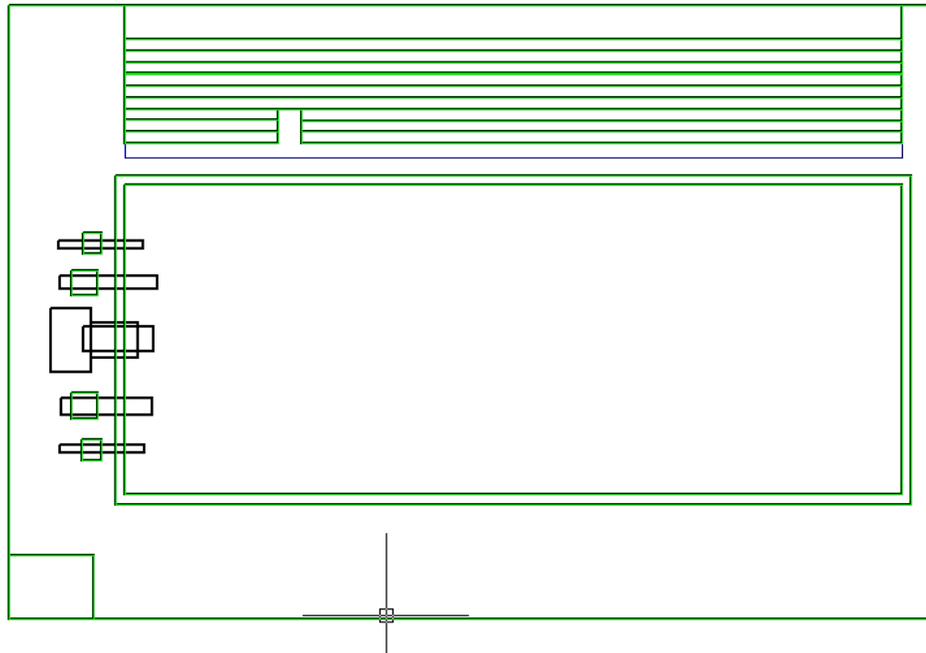


Figura4.22 Se muestra la alberca en el programa de Visual Profesional

Después de ejecutar la transportación se dieron las alturas del inmueble para trasportar la figura de la alberca que se encuentra en 2D a una ilustración de 3D. En las figuras siguientes se aprecia la alberca en tres dimensiones, lo cual no facilita girar la figura de la alberca para apreciar todos los ángulos y detalles de la misma.

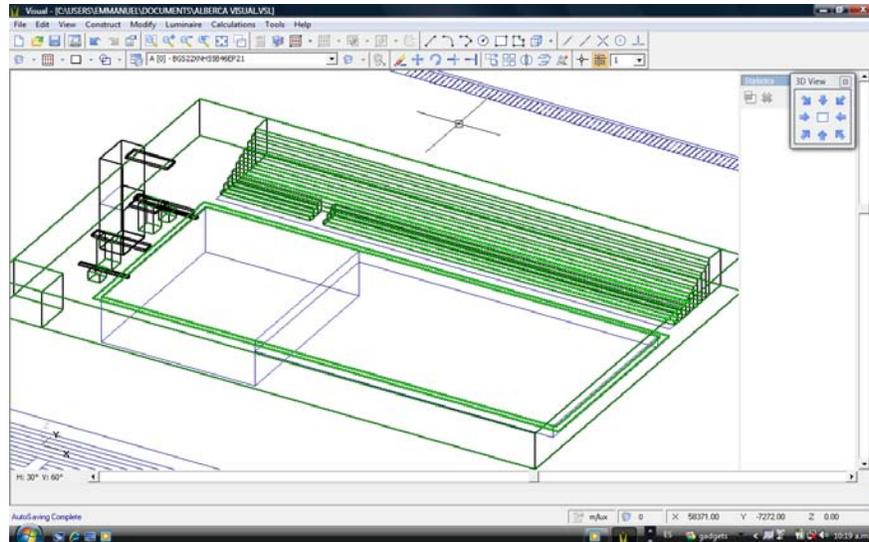


Figura 4.23 En esta figura se muestra la alberca desde una esquina a 30°

En la figura anterior 4.23 se muestra la alberca a 30°. Podemos ver desde esta perspectiva la fosa de clavados, la altura de las gradas y trampolines, además de ver el entorno de la alberca.

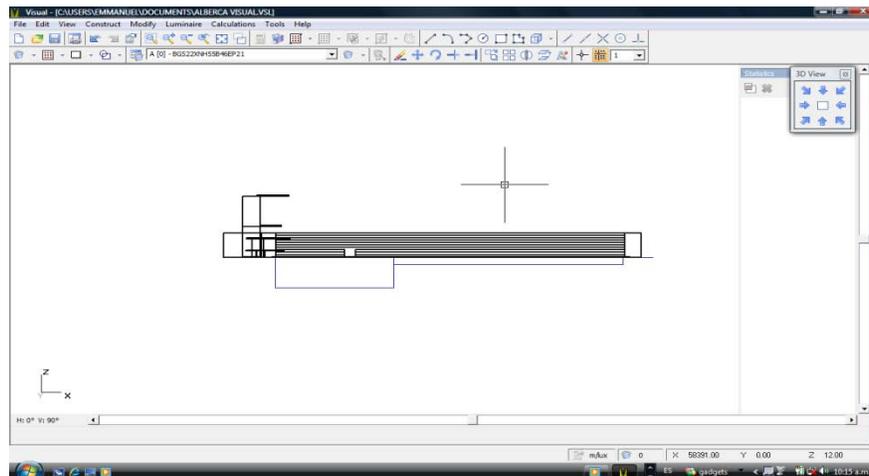


Figura 4.24 Alberca al ras de piso



En la figura 4.24 se muestra como se ve la alberca al ras del piso en forma vertical podemos ver las alturas de los trampolines y la profundidad de la alberca de natación y la fosa de clavados

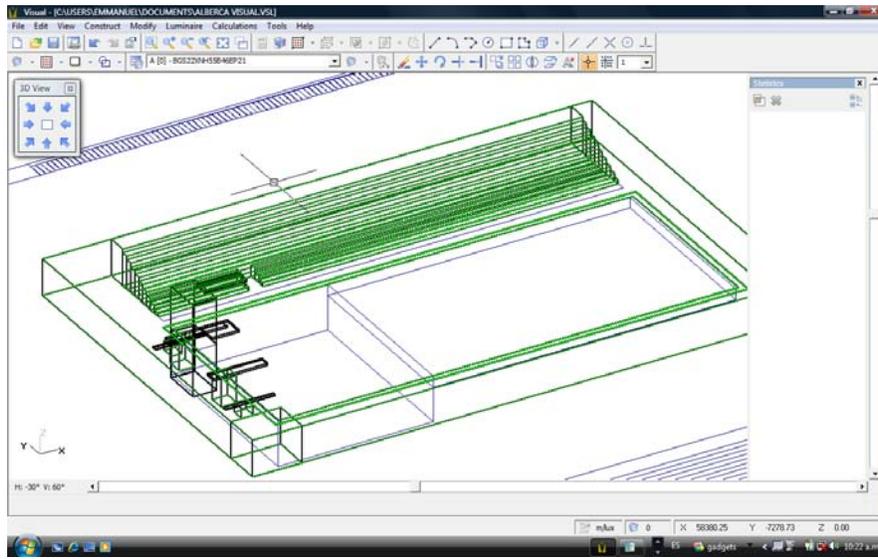


Figura 4.25 vista superior contra esquina

Desde el otro ángulo de la alberca podemos notar los detalles que nos faltaban en los demás ángulos. No podíamos apreciar la profundidad de la alberca de natación, en esta figura 4.25 se nota como la fosa de clavados, como la parte correspondiente a las competencias de natación, se encuentran a una cierta profundidad de 5mts y 1.2 mts respectivamente, con relación al plano de trabajo la alberca.

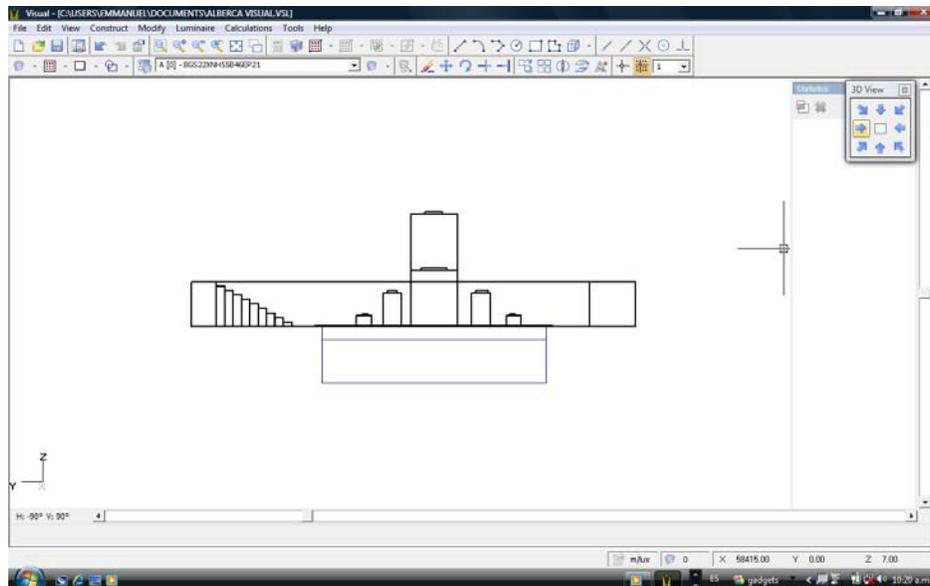


Figura 4.26 Parte frontal de la alberca en el programa de Visual Profesional

En esta parte frontal de la alberca se distinguen las gradas las fosas y los trampolines. Ver figura 4.26

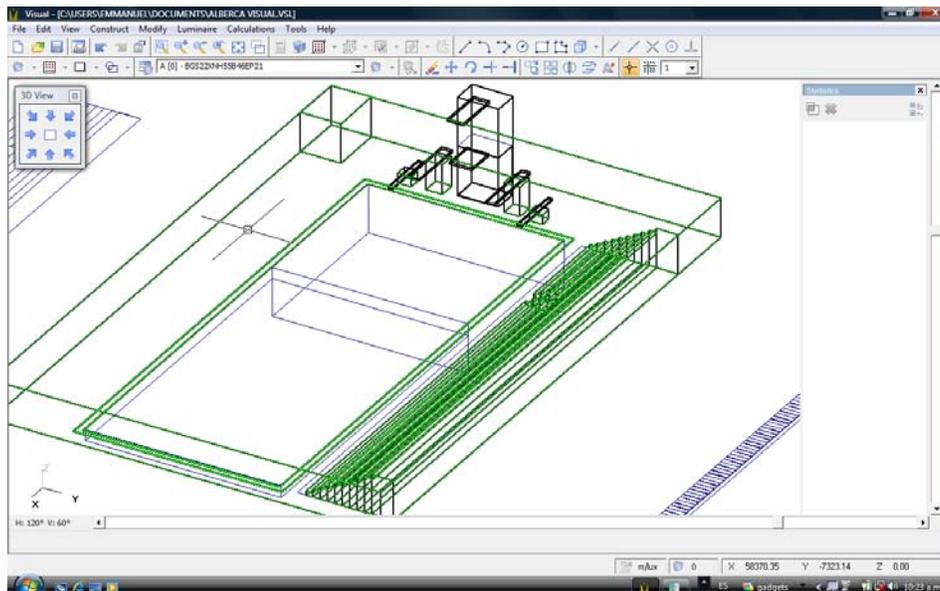


Figura 4.27 vista superior y contra esquina de la alberca.



En la siguiente figura 4.28 se puede apreciar otro ángulo de la alberca gracias al programa Visual Profesional. Con esto podemos constatar que tenemos el plano adecuado para la iluminación de la alberca y le podemos proporcionar este plano al personal de mantenimiento para futuras aplicaciones.

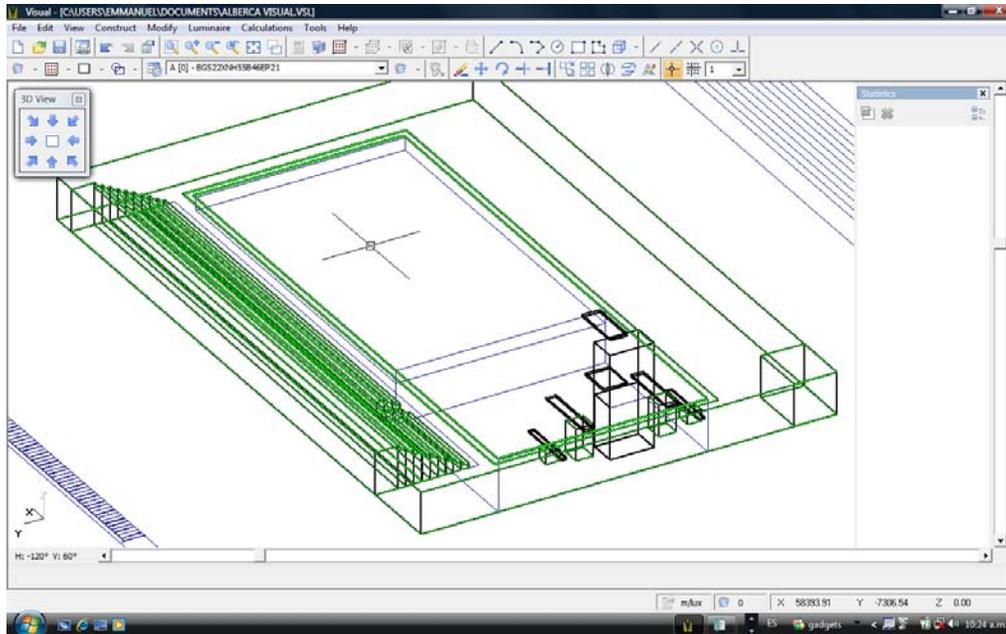


Figura 4.28 vista superior de la alberca del Plan Sexenal.

Y finalmente se muestra la figura 4.29, donde nuevamente en la parte horizontal de la alberca apreciamos las profundidades de la fosa de clavados, la fosa de natación, y las alturas de los trampolines de clavados

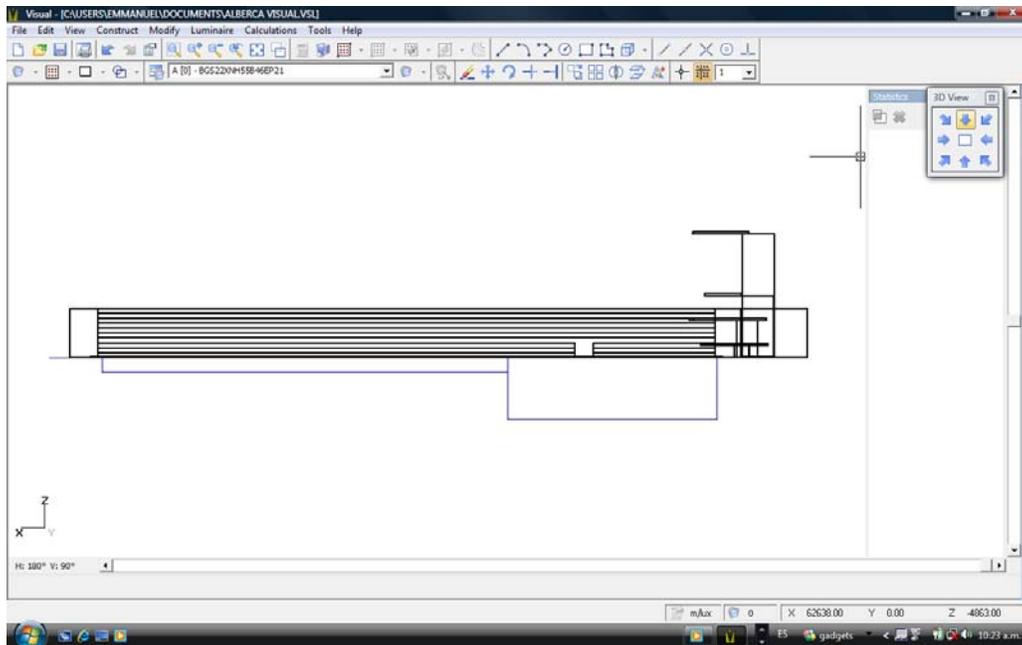


Figura 4.29 Parte horizontal de la alberca

Después de elaborar el plano de 3D seleccionamos las lámparas que iluminarán la alberca y las colocamos a la altura conveniente para tener la mejor luminosidad de la alberca. En este caso las luminarias se pondrán a una altura de 10.5mts y 8mts debido a las características del inmueble de la alberca. Como ya se menciona antes las luminarias, no pueden estar por encima del agua por factores de mantenimiento y el techo al estar a dos aguas nos impide poner las luminarias a una altura más elevada que sería lo ideal que estuvieran por encima del trampolín de 10mts. Entonces debido a estas circunstancias, no se pueden utilizar las luminarias tipo campana que son las más recomendadas en este tipo de áreas. Por consiguiente se utilizarán las luminarias tipo reflector para poder darle un ángulo que nos permita direccionar el haz de luz hacia la alberca y poder manipular la curva de iluminación.

En la parte de las gradas se colocarán lámparas fluorescentes del tipo t-5 por su gran tiempo de vida así como funcionalidad. También colocaremos las lámparas fluorescentes en las áreas de pasillos y corredores de la alberca, por las mismas circunstancias. La altura de montaje de las luminarias en el área de las gradas será variado pues como el techo se encuentra a dos aguas, también esto nos afecta en la colocación de estas luminarias, y no solamente la forma del techo sino también el hecho de que las gradas se unen con el techo en su parte más alta, además debemos considerar que las gradas no se encuentran a un solo nivel, por cada escalón de las gradas la altura de estas va aumentando hasta llegar a la estructura del techo, y por la misma circunstancia debido a



que tanto las gradas como el techo se encuentran muy cercanos el uno del otro, no es posible considerar la colocación de algún tipo de soporte para que nos dé, la posibilidad de poner todas nuestras luminarias al mismo nivel de altura debido a que si se colocaran unos soporte bajaría las luminarias tapando la visión de los espectadores atravesándose entre la vista del público y el competidor, así tendremos que darle a las luminarias fluorescentes diferentes alturas para lograr el índice de luxes deseado. En la parte de iluminación de los pasillos y corredores tendríamos el mismo problema, pero tenemos una ventaja, que tanto los pasillos como los corredores se encuentran al mismo nivel a diferencia de las gradas, de tal forma que para no enfrentarnos al mismo problema de las gradas podemos sujetar las luminarias de las lámparas fluorescente por medio de cadenas y así ajustarlas a un mismo nivel de altura.

En la figura 4.30 su muestra todo el área que conforma la alberca, la cual se dividio en tres secciones: la primera sección es de gradas, sección de pasillos y corredores y por último la sección de fosas.

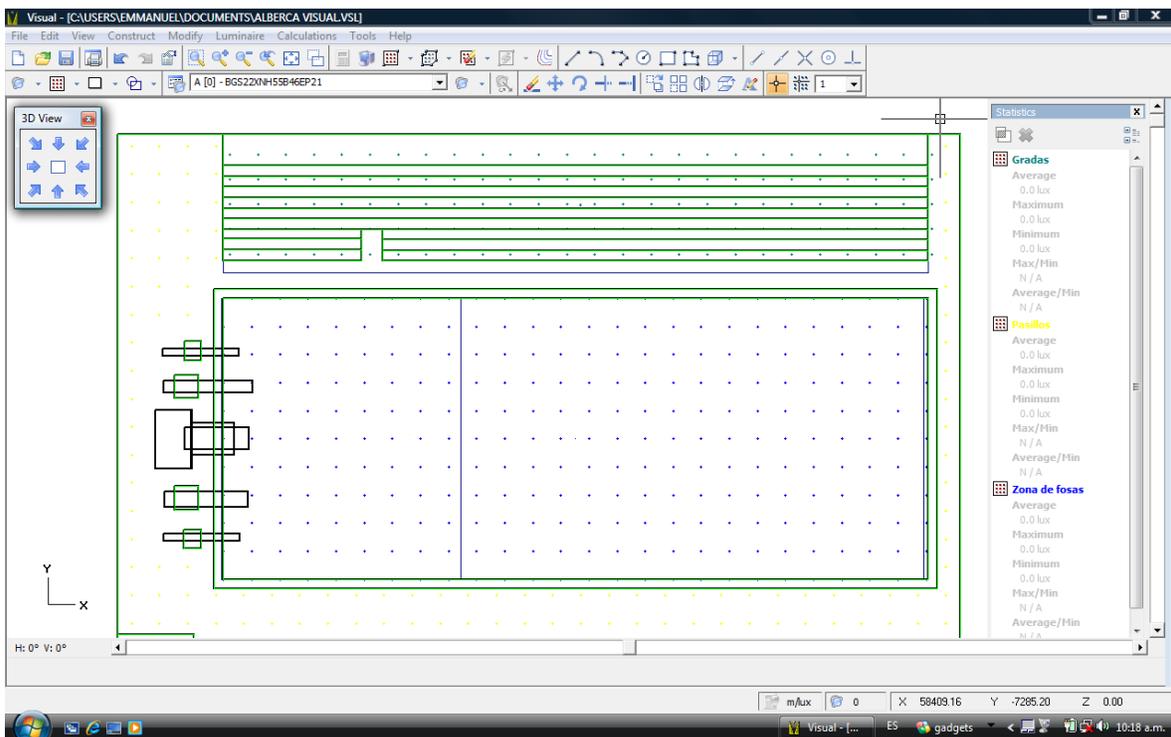


Figura 4.30 Zonas de cálculo de la alberca Plan Sexenal



La figura 4.31 se muestra las zonas de cálculo a 30° para darnos una mejor idea del área donde vamos a obtener los resultados. Para su pronta referencia, las zonas han sido dibujadas con colores diferentes.

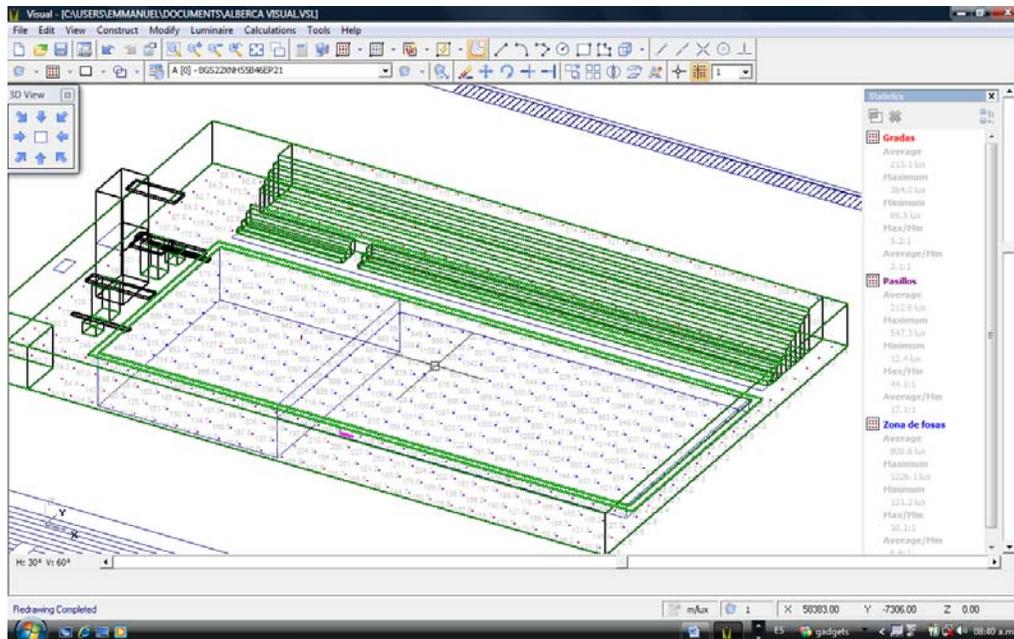


Figura 4.31 Zonas de cálculo a 30°

En la figura 4.32 se puede apreciar la zona de cálculo de las gradas, la forma en que se realiza el cálculo en esta área no es la misma que en las fosas o en los pasillos, en esta área se toma de forma inclinada desde 0mts, hasta 4mts, que es la altura donde terminan las gradas. Este es una de los puntos a considerar ya que durante el proyecto nos hemos encontrados con muchos detalles de este tipo.

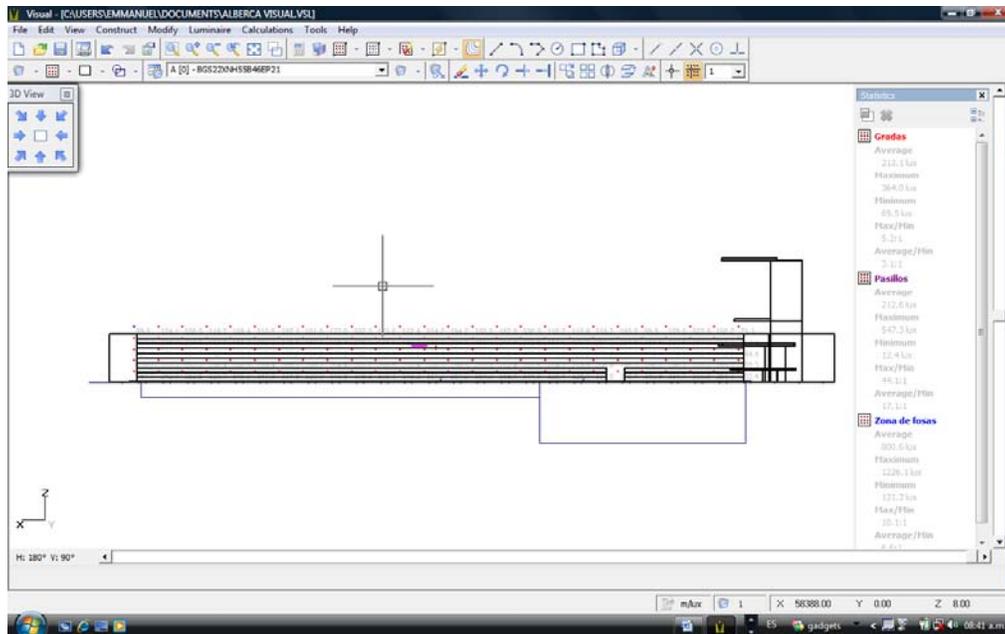


Figura 4.32 Zona de cálculo de las Gradas.

Ya se cuenta con la zona de cálculo ahora colocamos las luminarias, estas son en el área de fosas del tipo reflector, por las características del inmueble donde se encuentra la alberca he considerado como la luminaria más adecuada para iluminar la alberca una luminaria tipo NPB2- Prismbeam II de la marca Holophane de Aditivos Metálicos a 1000W, 220V, 60Hz. Ver figura C Anexo. Y las luminarias que se utilizarán en las gradas y pasillos iluminación será del tipo fluorescentes, marca Hydrel de la serie 4760 Garager que consta de 2 tubos de 54W tipo t-5 y trabaja a 60Hz; esta luminaria es recomendada para garager debido a que se encuentra totalmente encerrada la lámpara dentro del luminario, y esto para nuestro proyecto nos beneficia debido a la evaporación de gases emitidos por la alberca es conveniente utilizar este tipo de luminaria para evitando la corrosión e infiltración de la humedad. [8] ver figura D Anexo.

Realizamos varias formas de colocar las luminarias para comparar las más idóneas o correctas y para comparar cual de las diferentes formas se acercan más a las recomendaciones de la IESNA y posteriormente realizar el cálculo de las protecciones para el alumbrado. En las figuras 4.34, a, b, c, d, e, f podemos ver diferentes tipos de colocación de las luminarias, así como los luxes promedio que nos proporciona cada arreglo.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

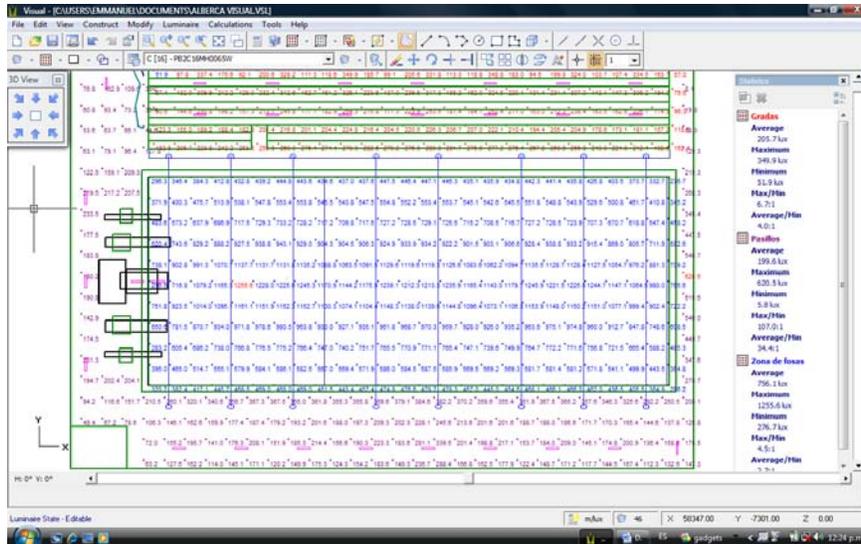


Figura 4.34 a. Ejemplo de arreglo con resultado de promedio de 756 luxes

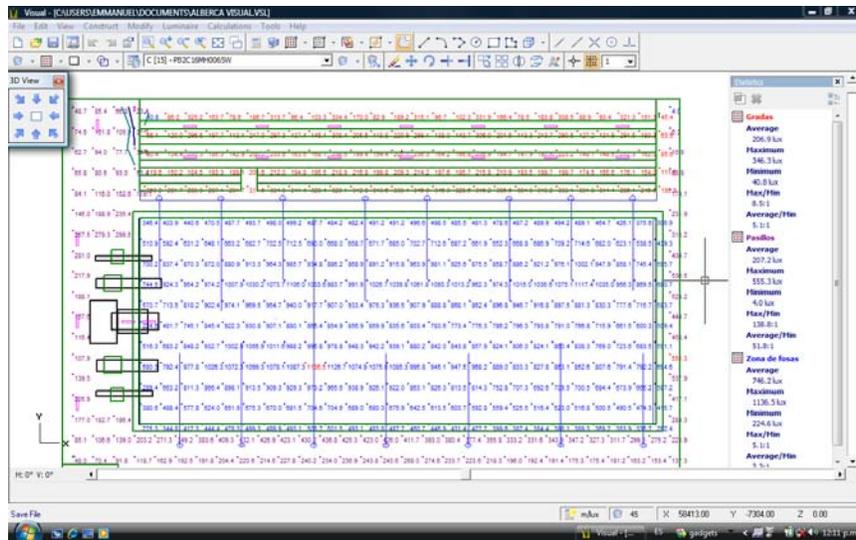


Figura 4.34b. Ejemplo de arreglo de luminarios con 746.2 luxes

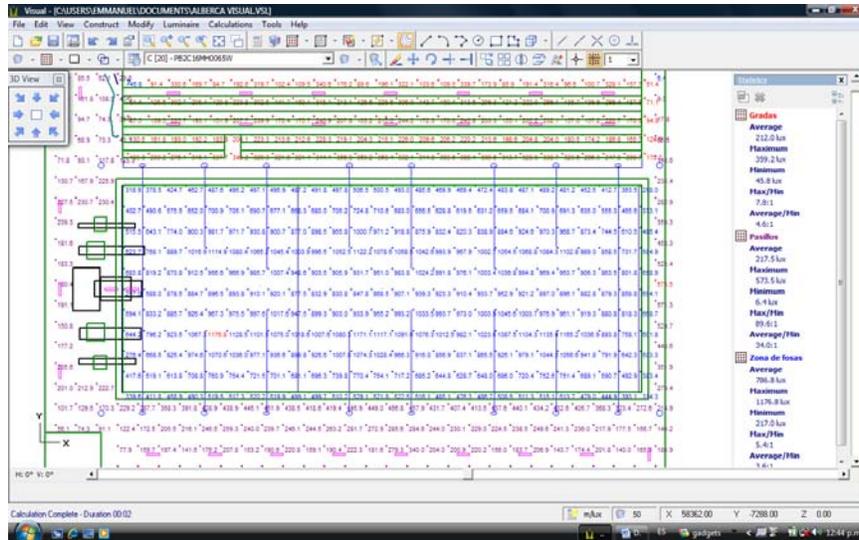


Figura 4.34c. Arreglo con promedio de 766.8 luxes

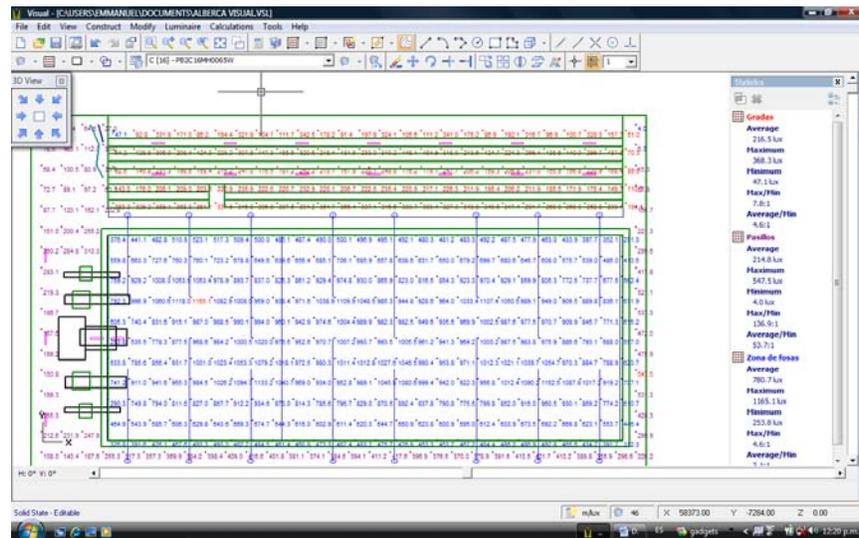


Figura 4.34d. Arreglo para 780.7 luxes

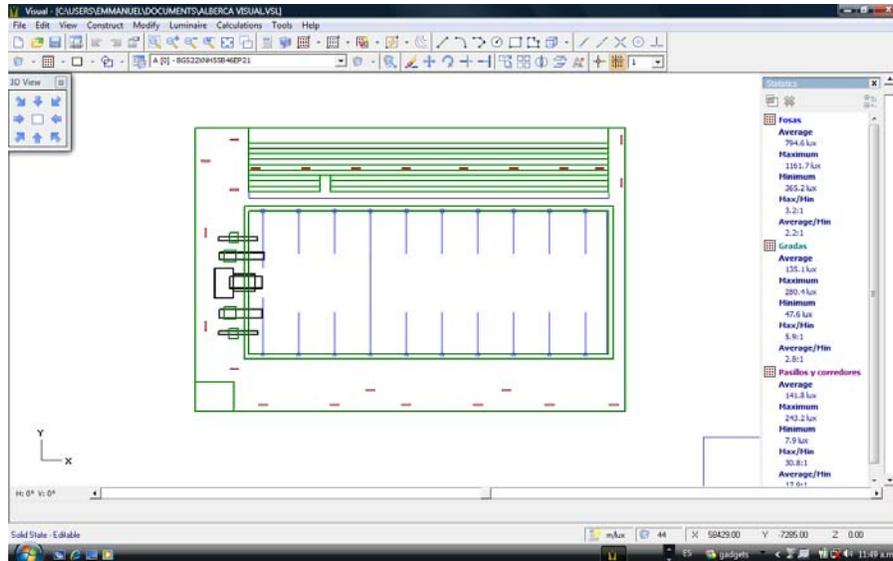


Figura 4.34e. Arreglo con 794 luxes

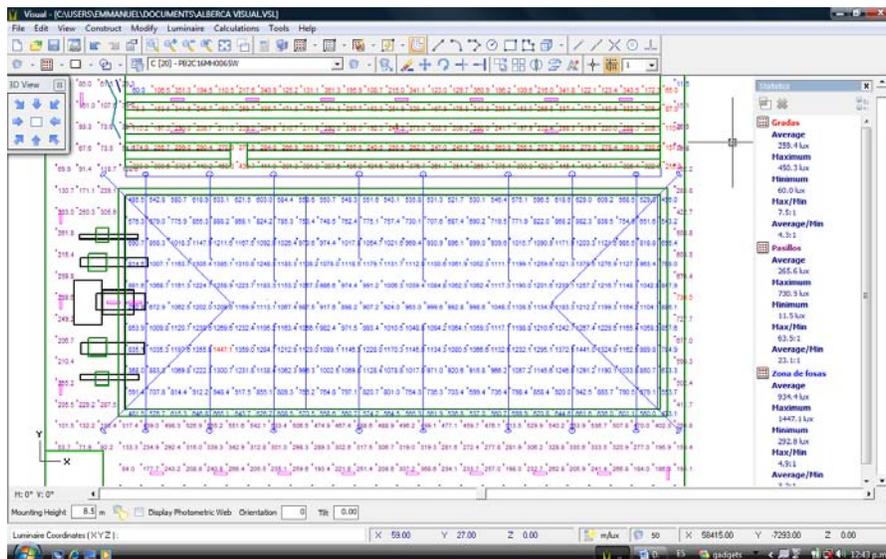


Figura 4.34f. Arreglo con 934 luxes

Al realizar la comparación de los diferentes arreglos se ha optado por el de la figura siguiente por varias circunstancias como son: el arreglo más cercano a los luxes recomendados por la IESNA, la cantidad de luminarias para la alberca utilizados y que afecta también a la iluminación de los pasillos y esto nos permite, también colocar otras luminarias complementarias para las gradas y pasillos. El hecho de colocar más luminarias con menos watts, nos quiere decir que nos afecta en lo económico tanto en la



adquisición de las luminarias, como en la factura de la energía eléctrica, además de mencionar los costos de instalación y materiales complementarios como cables y tuberías etc.

La figura 4.35 nos muestra el arreglo que será utilizado para este proyecto de tesis.

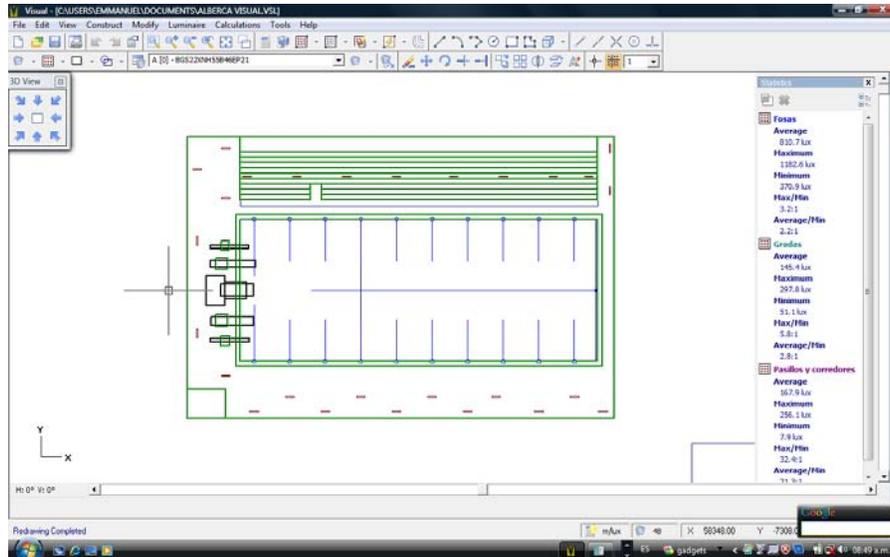


Figura 4.35 Arreglo con 810.7 luxes

Ya con la colocación de las luminarias realizamos el cálculo en el software. En la figura 4.36 podemos observar los luxes originados por el arreglo de las luminarias.

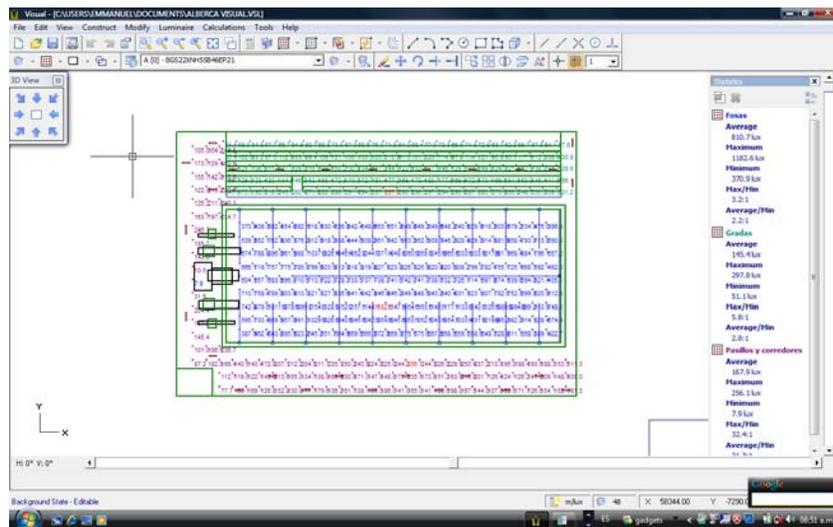


Figura 4.36 Luxes por zonas



En la figura siguiente podemos observar las luminarias considerando las diferentes alturas que necesitaban así como los luxes en cada punto.

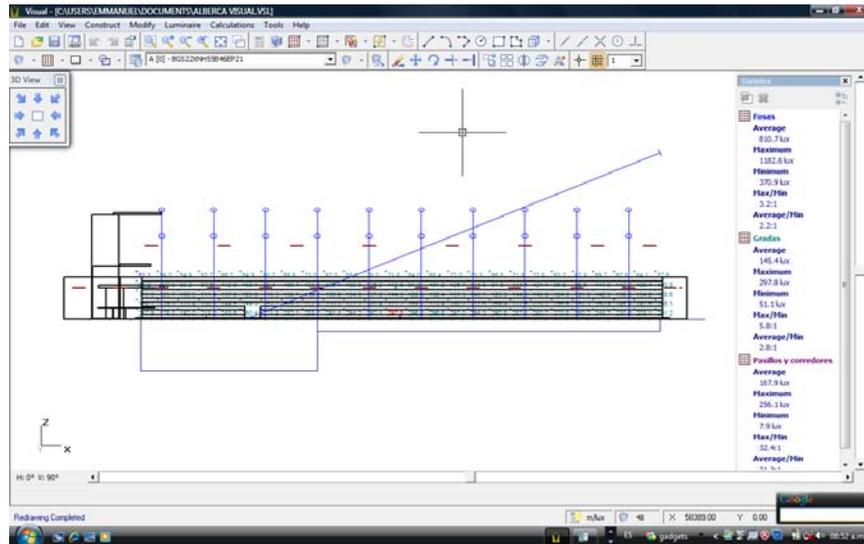


Figura 4.37 Se muestra la colocación de los diferentes tipos de luminarias.

Después de realizar el estudio de las luminarias obteniendo los niveles de iluminación necesarios calculamos las cargas de las luminarias, para posteriormente, realizar el cálculo de las protecciones

### 4.3 Cálculo de las protecciones de los luminarios.

Para proteger las líneas de la instalación de posibles sobrecargas y cortocircuitos nos podemos auxiliar de elementos termomagnéticos, interruptores, fusibles,... Pero también hay que tener en cuenta la protección de los usuarios en dicha instalación eléctrica. Para esta protección se han utilizado los interruptores termomagnéticos que actúan cuando detectan que en la línea tenemos una sobre corriente. [6]

Para calcular la protección de la alberca primero debemos obtener las cargas de la alberca. Sabemos que las luminarias que se ocuparan en la alberca son de 1000W y trabajarán a 220V y después de realizar el arreglo para obtener los luxes deseados sea a decidido que sea el arreglo de la figura 4.35 el cual contempla la instalación de 21 luminarias de 1000W. De acuerdo a los arreglos que tenemos que realizar para obtener diferentes niveles de iluminación se ha considerado utilizar siete circuitos con tres luminarias cada uno, y de esta forma obtener con seis luminarias 200 luxes que son los que nos recomienda la IESNA para la iluminación de la alberca cuando es un



entrenamiento, con doce luminarias se obtendrían 400 luxes que es la iluminación recomendable para competencias, y con seis circuitos formados también con tres luminarias cada uno, para completar 18 luminarias y obtener 600 luxes que es lo recomendable en iluminación para eventos de exhibición, y por último, con 7 circuitos que darán vida también a tres luminarias cada uno, para formar un gran total de 21 luminarias y complementar una iluminación de 800 luxes que recomienda la IESNA para eventos transmitidos por televisión.

La unidad de potencia eléctrica es el Watt (W). Un Watt de potencia es igual al trabajo desarrollado en un segundo por una diferencia de potencial de 1 volt para mover un coulomb de carga. La formula de la potencia es la siguiente:

Potencia en Watts = Volts x Amperes

$$P=V \times I$$

Pero esta fórmula está escrita para cuando una carga es resistiva en este caso como los luminarios utilizan balastos se comportan como cargas inductivas. Esto nos indica que estamos hablando de una potencia aparente pues se adelanta 90° con respecto a la potencia real. Entonces la formula se escribe de la siguiente forma:

$$S = V \times I$$

Ahora sustituimos en la formula los valores del primer circuito el cual consta de tres luminarias de 1000W a 220V los cuales se conectan de forma bifásica.

A este valor se le da un factor de utilización la balastra del 25%

Para apreciar con facilidad las cargas del sistema es recomendable realizar un cuadro de cargas esto con el fin de anotar todos nuestros datos y realizar los ajustes necesarios en caso de que nuestro sistema de iluminación se encuentre en desbalance. Así como obtener la carga total del proyecto de iluminación.

Tomaremos en cuenta la NOM-001 que nos indica en la clausula 210-21. Dispositivos de salida. Los dispositivos de salida deben tener una capacidad nominal de conducción de corriente eléctrica no menor que la carga que van a alimentar y deben cumplir lo establecido en los siguientes incisos (a) y (b):



a) Portalámparas. Cuando estén conectados a un circuito derivado de más de 20 A nominales, los portalámparas deben ser del tipo para trabajo pesado. Un portalámparas para servicio pesado debe tener una potencia nominal no inferior a 600 W si es de tipo medio y no inferior a 750 W si es de cualquier otro tipo.

#### 210-22. Cargas máximas

b) Cargas inductivas de alumbrado. Para los circuitos que suministren energía a equipo de alumbrado con balastos, reactores, transformadores o autotransformadores, la carga calculada debe basarse 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, antes de la aplicación de cualquier factor de ajuste, debe tener una capacidad de conducción de corriente igual o superior a la de la carga no continua más 125% de la carga continua.

Excepción: Los circuitos alimentados por un conjunto que, junto con sus dispositivos de protección contra sobrecorriente, estén aprobados para funcionamiento continuo a 100% de su capacidad nominal.

En la figura 4.38 se muestra el cuadro de cargas.



CUADRO DE CARGAS										
DIAGRAMA TRIFILAR	CIRCUITO No.	54W	1000 W	TENSIÓN (VOLTS)	FASES (WATTS)			INTER. (AMP)	TOTAL WATTS	
					ΦA	ΦB	ΦC			
	CIRCUITO No. 1		3	220	1250	1250	1250	3X20	3750	
	CIRCUITO No. 2		3	220	1250	1250	1250	3X20	3750	
	CIRCUITO No. 3		3	220	1250	1250	1250	3X20	3750	
	CIRCUITO No. 4		3	220	1250	1250	1250	3X20	3750	
	CIRCUITO No. 5		3	220	1250	1250	1250	3X20	3750	
	CIRCUITO No. 6		3	220	1250	1250	1250	3X20	3750	
	CIRCUITO No. 7		3	220	1250	1250	1250	3X20	3750	
	CIRCUITO No. 8	9			110	405	405	405	3X15	1215
	CIRCUITO No. 9	9			110	405	405	405	3X15	1215
	CIRCUITO No. 10	9			110	405	405	405	3X15	1215
TOTALES		27	21		9965	9965	9965		29895	

Figura 4.38 Cuadro de cargas

% de desbalanceo: 
$$\frac{\text{carga mayor} - \text{carga menor}}{\text{carga mayor}} \times 100$$

Sustituimos: 
$$\frac{9965w - 9965w}{9965w} \times 100 = 0\%$$

La corriente del primer circuito es: 
$$I = \frac{W}{\sqrt{3}(220)(f.p.)}$$

$$I = \frac{3750}{\sqrt{3}(220)(.85)} = 11.57$$

La corriente por fase es 11.57amperes, entonces se busca el termomagnético más cercano y comercial a este valor el cual será un termomagnético de 15 Amperes.



Para poder hacer llegar la energía eléctrica a las nuevas luminarias se tendrá que cambiar todos los conductores, cuadro de protección general. Esto a causa del nuevo cálculo que se hará de toda la instalación, teniendo en cuenta que la potencia demandada ha aumentado y de los nuevos materiales que aportan mucha más fiabilidad y garantía.

Todo esto requiere nuevas canalizaciones, diferentes tipos de conductores y sistemas de protección de la línea y de los usuarios para un correcto funcionamiento de las instalaciones deportivas.

Se tendrá que considerar el transformador instalado en el complejo deportivo para el suministro de energía la alberca y demás actividades a realizar en el complejo deportivo, se realizara el balance de cargas de la alberca, pero no de las demás instalaciones pues estas tendrán su modificación más adelante.

Las canalizaciones destinadas para contener cables que distribuyan energía eléctrica se instalarán en la estructura metálica.

Se tomara en cuenta lo establecido en la norma en el artículo 210-10. Conductores de fase derivados a sistemas puestos a tierra

NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta el receptáculo más lejano no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento. Para la caída de tensión eléctrica de los conductores de los circuitos alimentadores, véase 215-2.

En este caso por las dimensiones de la alberca y del inmueble tendremos que considerar una posible caída de tensión la norma establece que para alumbrado es necesario utilizar cable de No. 14 AWG, pero debido a la distancias que manejamos en la alberca tendremos que hacer el cálculo con la siguiente fórmula:

$$e\% = \frac{2LI}{VSc}$$

Donde:

$e$  = Caída de tensión



L= longitud del conductor (del centro de carga al punto más lejano).

I= amperes por fase.

V= voltaje.

Sc= sección transversal del conductor.

Sustituimos los valores en la formula:

$$e\% = \frac{2(90)(11.57)}{127(2.082)} = 7.87\%$$

Podemos ver que el porcentaje se pasa conforme a la norma, esto nos indica que el calibre del conductor no es el adecuado ahora utilizaremos la formula con calibre No. 10 AWG:

$$e\% = \frac{2(90)(11.57)}{127(3.3)} = 4.96\%$$

Con calibre No.10AWG:

$$e\% = \frac{2(90)(11.57)}{127(5.26)} = 3.11\%$$

Podemos observar que con el calibre No. 12 la caída de tensión esta en los límites de lo especificado en la norma, y con el calibre No.10 se encuentra en un rango aceptable por lo que el calibre que se utilizara para este proyecto será del no. 10AWG.

Para el cable del No. 14 debido a su capacidad de conducción se utiliza un termomagnetico de 15 A. para el cable del No. 12 se utiliza un termomagnetico de 20 y para un cable del No. 10AWG. Se utiliza un termomagnetico de 30A, debido a que la corriente que utilizamos baja a comparación con el termomagnetico utilizaremos termomagneticos de 20A.

Y como los otros seis circuitos contienen la misma cantidad de elementos con las mismas características podemos decir que para la iluminación del área de fosas utilizaremos 7 termomagneticos trifásicos de 20 A cada uno.

Para la iluminación de los pasillos se colocaron luminarias de 2 x 54W que en total son 18 luminarios. Realizamos la sustitución:



$$2 \times 54 = 108W$$

$$108 \times 3 \times 1.25 = 405W$$

Para pasillos se realizaran 2 circuitos de 9 luminarias para un total de 405W por fase de cada circuito.

$$I = \frac{405W}{127V} = 3.18 \text{ Amperes}$$

Utilizaremos un termomagnético de 15Amperes para cada circuito.

Y para el área de gradas se colocaron 9 luminarios de 2 x 54W en un circuito. Sustituimos en la formula:

$$108 \times 3 = 405W$$

$$I = \frac{405W}{127V} = 3.18 \text{ A.}$$

Utilizamos un interruptor de 15Amperes.

En este caso utilizaremos interruptores termomagnéticos de la siguiente forma:

Para el área de gradas de 15A. (1 termomagnéticos).

Para el área de pasillos y corredores de 15A. (2 termomagnéticos).

Para el área de fosas de 20A. (7 termomagnéticos).

Para el cálculo del termomagnético principal se calcula sumando todas las corrientes, la de las fosas, de los pasillos y corredores, y la de las gradas.

$$I_T = \frac{W_T}{\sqrt{3} \times V \times f.p.}$$



Donde:

$I_T$ = Corriente total de la alberca.

V= Tensión.

$W_T$ = Potencia total consumida por la alberca.

f.p.= factor de potencia.

$$I_T = \frac{29895}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85} = 92.29$$

$$I_T = 92.29A$$

. El tablero de servicio quedaría de la siguiente forma como se muestra en la figura 4.39

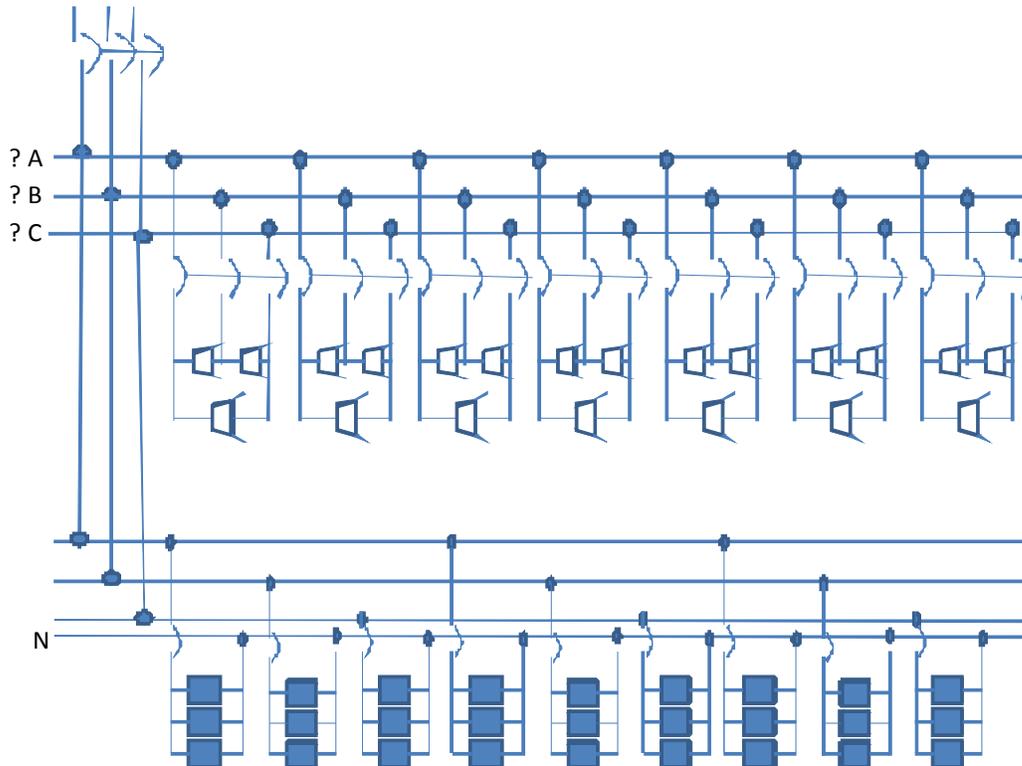


Figura. 4.39 Tablero de servicio.



#### 4.4 Instalación eléctrica.

Utilizaremos cable de cobre calibre no. 10 AWG o KCM. Con aislamiento tipo THW que indica a 75°C, con aislamiento termoplástico para uso en ambientes húmedos. Ver tabla 9 del anexo. Para el área de fosas. Y para las áreas de gradas y pasillo se utilizaría cable del No. 14WG.

Se colocaran dentro de tubo Conduit tipo pared gruesa, tanto para la instalación de las luminarias para las fosas como para las gradas y pasillos. Ver tabla 2.

El tubo conduit es del tipo rígido de 3/4", con uniones del tipo conduit, codo, y cajas rectangulares y cuadradas. [6]

En la siguiente figura 4.40 se muestra el diagrama unifilar:

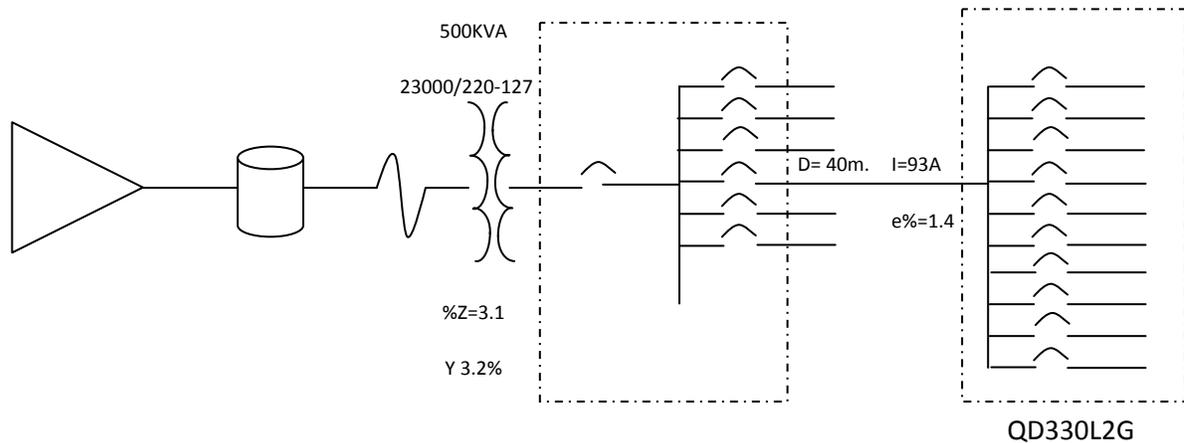


Figura. 4.40 Diagrama unifilar de la alberca del Plan Sexenal.

Para el circuito alimentador se considera una distancia de 40 metros la corriente de 92.29amperes los cuales se sustituyen en la formula:

$$e\% = \frac{2(40)(92.29)}{127(53.48)} = 1.08\%$$

La norma nos menciona que la suma de los circuitos derivados no debe de exeder del 5% en este caso se suman:

$$3.11\% + 1.08\% = 4.19\% \text{ de caída de tensión.}$$

Lo cual nos indica que estamos dentro de la norma.



En la figura 4.41 podemos observar la distribución de las luminarias y la canalización, así como las características de cada canalización.

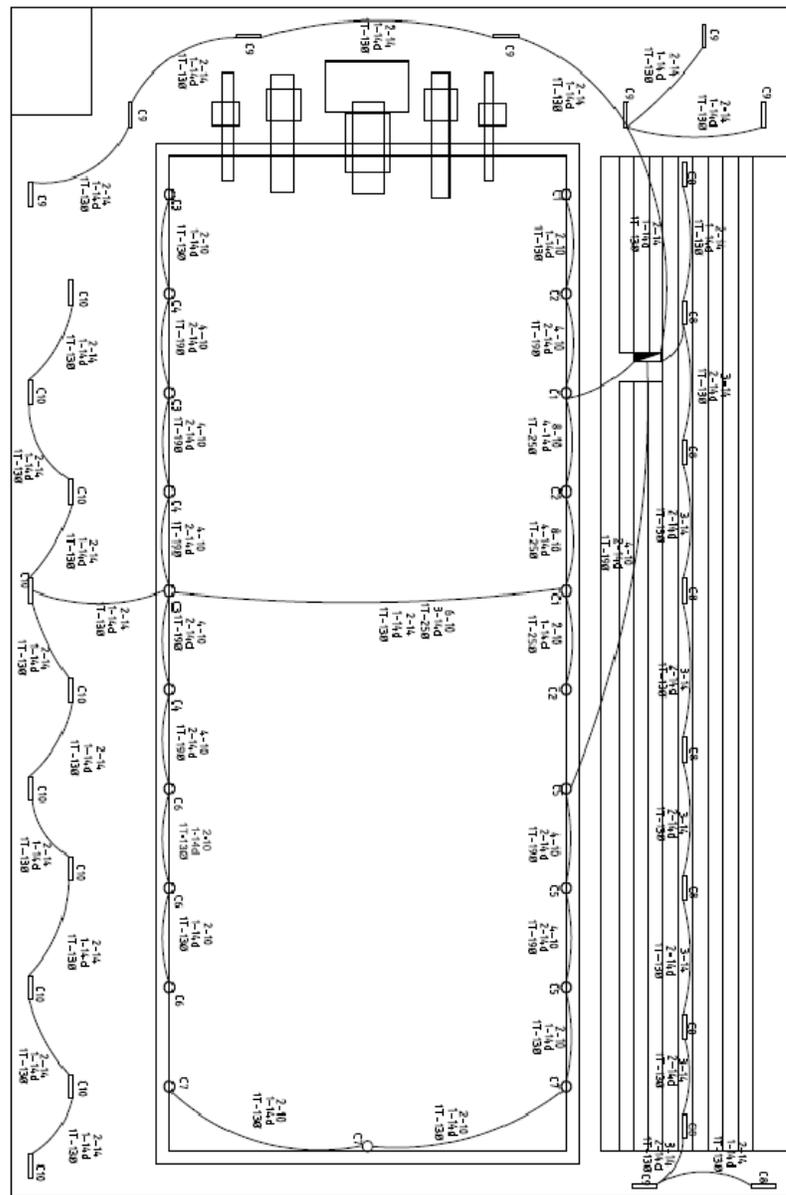


Figura. 4. 41 Distribución de luminarias y canalizaciones



## CONCLUSIONES.

Al principio del proyecto de iluminación de la alberca ésta contaba con 20 luminarias de 1000W, colocadas sobre el agua esto provocaba que la iluminación, se encontrara fuera de las normas oficiales de instalaciones eléctricas, también contaba con 25 gabinetes de 2 lámparas de 75W, distribuidas en gradas y pasillos, pero había zonas en las que no iluminaban estas o la iluminación era muy baja. Al término del proyecto de iluminación se colocaran 21 luminarias de 1000W y 27 Gabinetes de 2x54W. Al realizar el estudio de las iluminación me di cuenta que para obtener los niveles recomendados por la IESNA tenía que colocar una luminaria más pues los niveles de iluminación no se adecuaban a lo recomendado, además, al realizar el cuadro de cargas no se encontraba balanceado el sistema, colocando la luminaria no. 21 se logro el balance de carga adecuado. Cabe mencionar que los niveles de iluminación son solo una recomendación no quiere decir que tienen obligatoriamente tener estos niveles. También reduce los costos, tanto de materiales como de instalación y mantenimiento, además de estar dentro las normas oficiales de instalaciones eléctricas dando una mejor seguridad a los usuarios y público en general, se colocaron mas gabinetes en los pasillos y corredores pero con una mejor distribución de la iluminación además de que los gabinetes contienen lámparas de menos watts que las anteriores (de 2x75 a 2x54W). También se logro adaptar los niveles de iluminación necesarios para diferentes eventos que se puedan realizar en el futuro dentro de este inmueble con la iluminación adecuada. Se trato de colocar materiales menos costosos realizando el cálculo de las canalizaciones adecuadas para cada luminaria optimizando recursos. También se considero el calibre del cable idóneo para dicha instalación, considerando todos los factores como es la distancia.

De esta forma se ha contribuido a una posible remodelación de las instalaciones eléctricas, para el mejoramiento de la iluminación y del desempeño de las actividades que se realizan dentro de la alberca, pero también para la futura remodelación y estudio de las demás áreas con que cuenta de deportivo Plan Sexenal. Es necesario o indispensable que el Ingeniero Electricista participe más en este campo de trabajo, pues es este el indicado para realizar un estudio más exacto de los niveles de iluminación y de cargas de la instalación eléctrica. Además de con los cálculos optimiza recursos tanto materiales como económicos.



## GLOSARIO.

### Candela.

La candela es la cantidad física básica en todas las medidas de luz. Su valor esta determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro. Una vela corriente de cera tiene un dirección horizontal una intensidad luminosa de aproximadamente una candela.

La intensidad luminosa de una fuente expresada en candelas es su potencia en candelas.

### Flujo luminoso.

A la luz emitida por unidad de tiempo se le conoce como flujo luminoso.

Es la relación de la energía Q emitido (ó absorbida) en un tiempo t y dicho tiempo empleado en la emisión o absorción.

$$\text{Flujo.lum.}\Phi = \frac{Q}{t} \left[ \frac{\text{lm}}{\text{hr}} \right] [KI]$$

### Iluminación.

La iluminación es cuando un flujo luminoso de un lumen incide sobre un m<sup>2</sup> de superficie de una esfera de un metro de radio. Se diferencia con el símbolo ε y se mide en lux.

### Intensidad luminosa.

La Intensidad Luminosa es la densidad de luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño, en una dirección determinada.

$$I = \frac{\Phi}{W} \frac{\text{lux}}{(\text{str})\text{estrerioradian}} = (\text{Cd})\text{candelas}$$

### IESNA o IES

Sociedad de Ingenieros en Iluminación de Norte América.



### Lumen.

El lumen es el flujo emitido dentro de un ángulo sólido por un punto teniendo una densidad luminosa de una candela  $lm = \frac{Cd}{str}$  de la unidad de flujo o cantidad de flujo luminoso Q.

### Luminancia.

La luminancia de una superficie o brillo fotométrico es la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie iluminada, también se le conoce como fte. Secundaria de luz.

Luminancia (L) se mide en Cd. X m<sup>2</sup>

### Lux.

El Lux es la iluminación producida por un lumen uniformemente distribuido sobre un m<sup>2</sup>.

La diferencia entre lumen y candela recibe en que el lumen es una medida de flujo luminosa, independiente de la dirección y candela nos da el flujo luminoso pero solo se considera en una dirección.

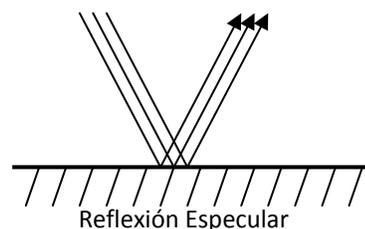
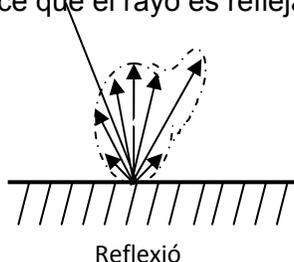
Nota: Una vela corriente de cera tiene en distancia horizontal a una distancia de 1m una intensidad luminosa de 1 candela (Cd.)

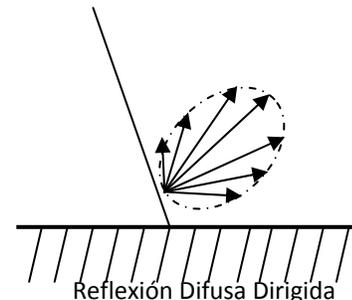
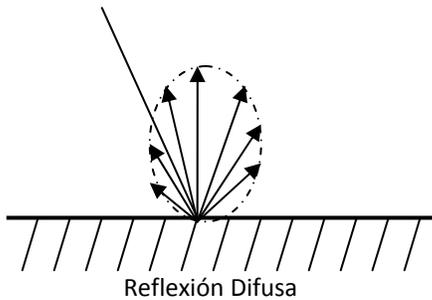
### Reflectancia.

La Reflectancia también llamada Factor de Reflexión es la relación que existe entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre ella.

$$R = \frac{\text{luz.reflejada}}{\text{luz.incidente}} \times 100$$

En pocas palabras es cuando una superficie devuelve un rayo de luz que incide sobre ella, se dice que el rayo es reflejado.





El poder reflectante de las superficies que rodean a un local, juega un papel muy importante en el resultado final del proyecto de iluminación. Las luminarias emiten la luz de diversas formas según su tipo de distribución luminosa.

Cuando esta emisión luminosa es del tipo abierta, habrá una gran parte de la luz que llegará en forma directa al plano de trabajo, es decir son obstáculos; pero habrá también una porción importante de esa emisión que caerá sobre las paredes.

Esa parte de la luz emitida por la luminaria, podrá ser reflejada y aprovechada en mayor ó menor grado según el poder reflectante de esas superficies.

### Oscuridad.

Oscuridad es falta de luz.

### Sombra.

A la proyección oscura que un cuerpo lanza en el espacio se le denomina sombra.

### Transmitancia.

Transmitancia: Es la relación entre la luz transmitida a un material y la luz que incide sobre ella.

Depende en cierta medida de la dirección y tipo de luz. [1,2,4,5]

$$T = \frac{\text{luz.transmitida}}{\text{luz.incidente}} \times 100$$



**ANEXOS.**

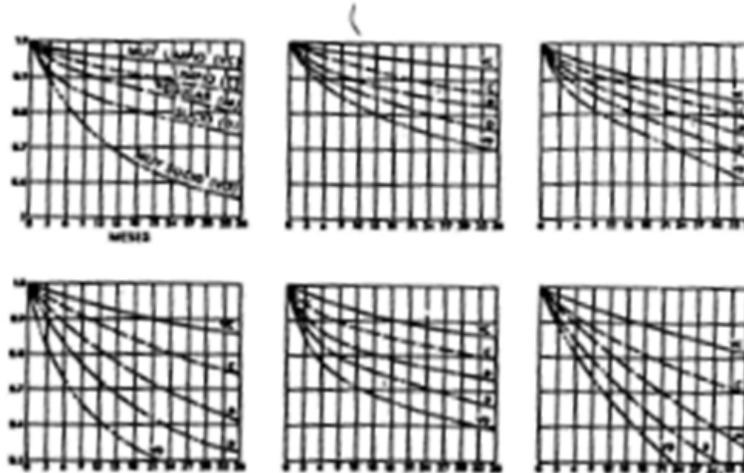


Figura A. Factores de mantenimiento por suciedad en los luminarios para seis categorías diferentes y para cinco grados de suciedad.

FIGURA B. Coeficientes de utilización.

Piso	30%				10%			
	80%		50%		80%		50%	
Techo	80%		50%		80%		50%	
Pared	50%	30%	50%	30%	50%	30%	50%	30%
J0.6	0.33	0.28	0.32	0.27	0.32	0.27	0.31	0.27
I0.8	0.42	0.37	0.4	0.36	0.41	0.36	0.39	0.35
H1.0	0.49	0.43	0.46	0.41	0.46	0.41	0.45	0.4
G1.25	0.55	0.49	0.52	0.47	0.51	0.47	0.49	0.46
F1.5	0.59	0.53	0.56	0.51	0.55	0.51	0.53	0.49
E2.0	0.65	0.6	0.61	0.57	0.6	0.56	0.57	0.54
D2.5	0.7	0.64	0.64	0.6	0.63	0.59	0.6	0.57
C3.0	0.72	0.68	0.66	0.63	0.65	0.61	0.62	0.59
B4.0	0.76	0.72	0.7	0.67	0.67	0.64	0.64	0.62
A5.0	0.79	0.76	0.72	0.7	0.69	0.67	0.66	0.64

TABLA para determinar el coeficiente de utilización, partiendo del índice de cuarto.



TABLA 1.

Porcentaje de reflectancia del techo o del piso	90				80				70			50			30				10		
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	65	50	30	10	50	30	10
0	90	90	90	90	80	80	80	80	70	70	70	50	50	50	30	30	30	30	10	10	10
0.1	90	89	88	87	79	79	78	78	69	69	68	59	49	48	30	30	29	29	10	10	10
0.2	89	88	86	85	79	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	28	28	10	10	9
0.3	89	87	85	83	78	77	75	74	68	66	64	49	47	46	30	29	28	27	10	10	9
0.4	88	86	83	81	78	76	74	72	67	65	63	48	46	45	30	29	27	26	11	10	9
0.5	88	85	81	78	77	75	73	70	66	64	61	48	46	44	29	28	27	25	11	10	9
0.6	88	84	80	76	77	75	71	68	65	62	59	47	45	43	29	28	26	25	11	10	9
0.7	88	83	78	74	76	74	70	66	65	61	58	47	44	42	29	28	26	24	11	10	8
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	43	41	29	27	25	23	11	10	8
0.9	87	81	76	71	75	72	68	63	63	59	55	46	43	40	29	27	25	22	11	9	8
1	86	80	74	69	74	71	66	61	63	58	53	46	42	39	29	27	24	22	11	9	8
1.1	86	79	73	67	74	71	65	60	62	57	52	46	41	38	29	26	24	21	11	9	8
1.2	86	78	72	65	73	70	64	58	61	56	50	45	41	37	29	26	23	20	12	9	7
1.3	85	78	70	64	73	69	63	57	61	55	49	45	40	36	29	26	23	20	12	9	7
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	54	48	45	40	35	28	26	22	19	12	9	7
1.5	85	76	68	61	72	68	61	54	59	53	47	44	39	34	28	25	22	18	12	9	7
1.6	85	75	66	59	71	67	60	53	59	52	45	44	39	33	28	25	21	18	12	9	7
1.7	84	74	65	58	71	66	59	52	58	51	44	44	38	32	28	25	21	17	12	9	7
1.8	84	73	64	56	70	65	58	50	57	50	43	43	37	32	28	25	21	17	12	9	6
1.9	84	73	63	55	70	65	57	49	57	49	42	43	37	31	28	25	20	16	12	9	6
2	83	72	62	53	69	64	56	48	56	48	41	43	37	30	28	24	20	16	12	9	6
2.1	83	71	61	52	69	63	55	47	56	47	40	43	36	29	28	24	20	16	13	9	6
2.2	83	70	60	51	68	63	54	45	55	46	39	42	36	29	28	24	19	15	13	9	6
2.3	83	69	59	50	68	62	53	44	54	46	38	42	35	28	28	24	19	15	13	9	6
2.4	82	68	58	48	67	61	52	43	54	45	37	42	35	27	28	24	19	14	13	9	6
2.5	82	68	57	47	67	61	51	42	53	44	36	41	34	27	27	23	18	14	13	9	6
2.6	82	67	56	46	66	60	50	41	53	43	35	41	34	26	27	23	18	13	13	9	5
2.7	82	66	55	45	66	60	49	40	52	43	34	41	33	26	27	23	18	13	13	9	5
2.8	81	66	54	44	66	59	48	39	52	42	33	41	33	25	27	23	18	13	13	9	5
2.9	81	65	53	43	65	58	48	38	51	41	33	40	33	25	27	23	17	12	13	9	5
3	81	64	52	42	65	58	47	38	51	40	32	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.1	80	64	51	41	64	57	46	37	50	40	31	40	32	24	27	22	17	12	13	8	5
3.2	80	63	50	40	64	57	45	36	50	39	30	40	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.3	80	62	49	39	64	56	44	35	49	39	30	39	31	23	27	22	16	11	13	8	5
3.4	80	62	48	38	63	56	44	34	49	38	29	39	31	22	27	22	16	11	13	8	5
3.5	79	61	48	37	63	55	43	33	48	38	29	39	30	22	26	22	16	11	13	8	5
3.6	79	60	47	36	62	54	42	33	48	37	28	39	30	21	26	21	15	10	13	8	5
3.7	79	60	46	35	62	54	42	32	48	37	27	38	30	21	26	21	15	10	13	8	4
3.8	79	59	45	35	62	53	41	31	47	36	27	38	29	21	26	21	15	10	13	8	4
3.9	78	59	45	34	61	53	40	30	47	36	26	38	29	20	26	21	15	10	13	8	4
4	78	58	44	33	61	52	40	30	46	35	26	38	29	20	26	21	15	9	13	8	4
4.1	78	57	43	32	60	52	39	29	46	35	25	37	28	20	26	21	14	9	13	8	4
4.2	78	57	43	32	60	51	39	29	46	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.3	78	56	42	31	60	51	38	28	45	34	25	37	28	19	26	20	14	9	13	8	4
4.4	77	56	41	30	59	51	38	28	45	34	24	37	27	19	26	20	14	8	13	8	4
4.5	77	55	41	30	59	50	37	27	45	33	24	37	27	19	25	20	14	8	14	8	4
4.6	77	54	40	29	59	50	37	26	44	33	24	36	27	18	25	20	14	8	14	8	4
4.7	77	54	40	29	58	49	36	26	44	33	23	36	26	18	25	20	13	8	14	8	4
4.8	76	54	39	28	58	49	36	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	8	14	8	4
4.9	76	53	38	28	58	49	35	25	44	32	23	36	26	18	25	19	13	7	14	8	4
5	76	53	38	27	57	48	35	25	43	32	22	36	26	17	25	19	13	7	14	8	4

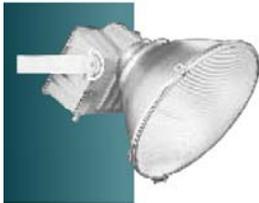


FIGURA C. CATALOGO HOLOPHANE.

**APLICACIONES ESPECIALES PARA EXTERIORES** **HOLOPHANE**

**Proyectors**  
**NPB2 – Prismbeam II**

**Aplicaciones:**  
Áreas recreativas y deportivas, áreas industriales, monumentos



Proyector con balastro integral para lámparas de alta intensidad de descarga

Como armar el número de catálogo de NPB2:

Ejemplo: NPB2 C10MH 62 44W L  
                  1          2          3          4          5

**Características**

**Cápsula:** Fundición de aluminio, fabricada con un tratamiento previo y pintura poliéster en polvo aplicada electrostáticamente y horneada, para una mayor resistencia a la corrosión. El acabado cumple con lo establecido en la Norma Oficial Mexicana en cámara salina y prueba de adhesión. Todo el herraje externo es de acero inoxidable. Los luminarios Prismbeam son adecuados para uso a la orilla del mar así como para condiciones de severos ambientes industriales.

**Balastro:** Autorregulado alto factor de potencia con embobinado de cobre que proporciona la potencia total requerida por la lámpara. Balastros en adelante o de pico en adelante, capaces de suministrar toda la capacidad de potencia de la lámpara.

**Óptica:** Las curvas NEMA de distribución (desde 2x2 hasta 7x5) se logran por medio de reflectores de aluminio rechazado, conjugados con refractores de cristal de borosilicato prismático para patrones de luz asimétricos o con lentes de cristal termotemplado claro para patrones de luz simétricos. La reposición de lámparas sin necesidad de herramientas se logra por medio de cuatro cerrojos, de acero inoxidable, de operación manual. Todas las aberturas del conjunto óptico cuentan con empaques para evitar la penetración de agentes oxidantes del exterior.

**Instalación:** La horquilla para uso pesado, de acero galvanizado, viene con marcas para el apuntado horizontal del luminario, tiene un transportador con cerrojo de memoria así como retenes que permitirán que el luminario recobre sus condiciones de apunte vertical una vez terminado el proceso de reposición de lámpara.

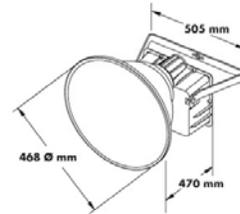
**Certificación:** NOM-064-SCFI. Este luminario es adecuado para emplearse en áreas húmedas a temperatura ambiente de 40° C.

Paso	Núm. Catálogo	Descripción
1. Luminario	NPB2	Luminario Prismbeam II
2. Potencia <sup>1</sup>	400HP C10HP 400MH C10MH C15MH	400W Sodio de alta presión 1000W Sodio de alta presión 400W Aditivos metálicos 1000W Aditivos metálicos 1500W Aditivos metálicos
3. Tensión de operación	6R 24 6S 27 6U 48 6T	127V 60Hz 220V 60Hz 240V 60Hz 254V 60Hz 277V 60Hz 440V 60Hz 480V 60Hz 127,220,254,277V 60Hz <sup>2, 4</sup>
4. Haz de luz		Abertura: Seleccione el número de catálogo de tres dígitos para la lámpara deseada. Consulte la tabla de esta página
5. Opciones y accesorios	L H R M <b>Accesorios (ordenar por separado)</b> CRI-97-NPB2 CRI-37-NPB2 CRI-63-NPB2	Lámpara (incluida) Cubierta para uso pesado Rejilla (louver) (sólo para aberturas de haz núm. 22,23,44 y 55) Horquilla con ménsula MN-1290 para montaje en punta de poste 2 @ 180° en línea - 2 en "I" <sup>3</sup> 3 @ 120° - 3 en "Y" <sup>3</sup> 4 @ 90° - 4 en "X" <sup>3</sup>

**Notas:** 1 Todos los luminarios usan lámparas de base mogul  
2 Sólo para 400MH/400HP  
3 Para mayor información de crucetas consulte la pag. 67  
4 Consulte disponibilidad según descarga y potencia  
Calor estándar gris  
Peso 19.22 Kgs. (sin balastro)

**Haces de luz NEMA**

Lámpara	Núm. Catálogo	Hor. X Vert.
400HP	22W	2x2
	33N	3x3
	44N	4x4
	53W <sup>1</sup>	5x3
	64N	6x4
65W <sup>1</sup>	6x5	
C10HP	33W	3x3
	44N	4x4
	55W <sup>1</sup>	5x5
	65W <sup>1</sup>	6x5
	75N	7x5
400MH	53W <sup>1</sup>	5x3
	64N <sup>1</sup>	6x4
C10MH	33N	3x3
	44N	4x4
	44W	4x4
	64N	6x4
	65N	6x5
65W <sup>1</sup>	6x5	
C15MH	33N	3x3
	33W	3x3
	44W	4x4
	64N	6x4
	64W	6x4
65W <sup>1</sup>	6x5	



**Notas:** 1 Utiliza lente prismático (Se puede girar 90° en obra para invertir el haz)  
Entrada para espiga de 2" Ø NOM. Ced 40 x 4" altura



FIGURA D. CATALOGO DE HYDREL.

**HYDREL**  
An Acuity Brands Company

# 4760 SERIES

## CEILING/PENDANT MOUNT

### T5-T5HO LINEAR FLUORESCENT

**DESCRIPTION:**

The Hydrel 4760 Series of Linear Fluorescent Lighting fixtures bring the high performance of T5 & T5HO lamp to the outdoors. With the 4760 Series patent pending PolarPack™ cold weather option, full light output is now a reality to 0° F (-18°C). The T5 & T5 HO lamp performance, high output optical system, and simple architectural lines make this fixture series ideal for spreading soft, even illumination under canopies, covered walkways, and garages. The 4760 Series Linear Fluorescent offers high efficiency fluorescent option to the outdoor lighting market.

**SPECIFICATIONS:**

**MATERIAL:** Extruded 6063-T4 aluminum with die cast A360 aluminum end caps. All fasteners are stainless steel.

**LAMP:** Fluorescent, two (2) T5 & T5 HO to 54 Watt per lamp Max.

**SOCKET:** G5 Miniature Bi-Pin.

**VOLTAGE:** Multi-Volt (120V – 277V 50/60 Hz), 347V.

**DISTRIBUTIONS:** CNP - Canopy  
GRG - Garage  
WCNP - Volumetric Canopy

**LENS:** Curved high strength optical grade clear acrylic.

**MOUNTING:** Ceiling Mounted over recessed box, conduit stub-out or Pendant Mounted.

**OPTIONS:** Tamper-proof hardware, PolarPack™ cold weather option, various pendant lengths, internal diffusion filter options available.

**BALLAST:** Integral Electronic multi-volt, thermally protected, resetting, class P, HFF, A+, sound-rated, -20°R-29°C minimum starting temperature.

**FINISH:** See ordering guide for color options.

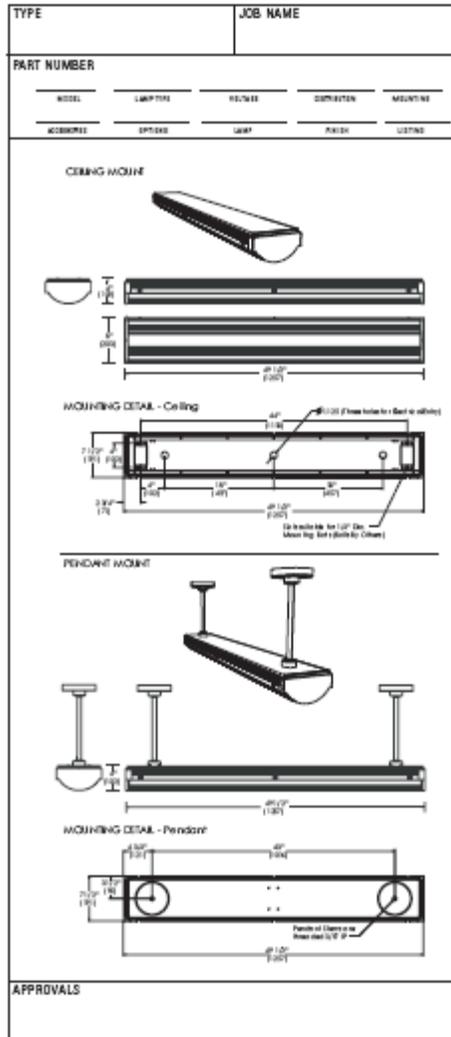
**ACCESSORIES:** House-Side Shield, Rush Source Shield, Emergency Battery Back-up.

**LISTING:** UL, CUL

**NOTE:** HYDREL RESERVES THE RIGHT TO MODIFY SPECIFICATION WITHOUT NOTICE. Any dimension on this sheet is to be assumed as a reference dimension. \*Used for information purposes only. It does not govern manufacturing or inspection requirements.\* (ANSI Y14.5-1975)



©2007 Acuity Brands Lighting, Inc.  
Revised 9/28/07  
4760\_REV1



12801 Bradley Ave  
Culmer, CA 95342  
Phone: 916-382-9400  
Fax: 916-382-0548  
www.hydrellum.com



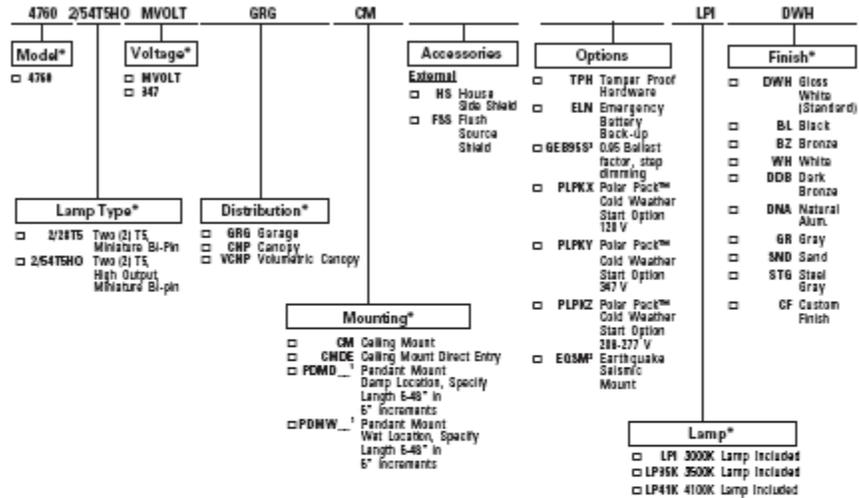
4760 ORDERING INFORMATION

60Hz Application

Example shown is Hydrel recommended for faster service. \*Indicates required selection.

PART NO. \_\_\_\_\_

EXAMPLE:



Notes:  
<sup>1</sup> 12" standard length if not specified.  
<sup>2</sup> Option required for PDMO and PDMW installations located in areas subject to seismic activity.  
<sup>3</sup> Only available for 2/28T5 lamp type.

Hydrel is an ISO 9001 Certified Manufacturer  
 12811 Bradley Ave.  
 Sylmar, CA 91342  
 Phone: 818-252-9465  
 Fax: 818-252-0545  
 www.Hydrel.com

©2007 Acuity Brands Lighting, Inc.  
 Revised 6/26/07  
 4760\_REV1

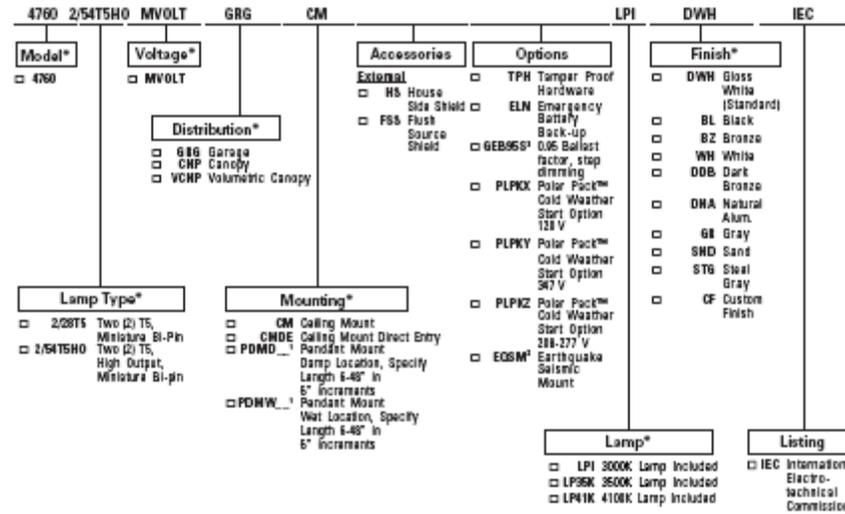


4760 ORDERING INFORMATION

60 Hz Application
Example shown is Hydrel recommended for faster service. \*Indicates required selection.

PART NO. [Empty box for part number entry]

EXAMPLE:



Notes:
1 12" standard length if not specified.
2 Option required for PDMD and PDMW installations located in areas subject to seismic activity.
3 Only available for 22875 lamp type.

©2007 Acuity Brands Lighting, Inc.
Revised 9/26/07
4760\_NEW1

Hydrel is an ISO 9001 Certified Manufacturer

12051 Bradley Ave.
Culver, CA 91562
Phone: 916-353-9655
Fax: 916-353-6596
www.hydel.com



Tabla 2

Dimensiones de tubo Conduit y área disponible para conductores.

DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO INTERIOR	ÁREA INTERIOR TOTAL	ÁREA DISPONIBLE PARA CONDUCTORES (mm) <sup>2</sup>	
mm	plg.	(mm)	(mm) <sup>2</sup>	40%(para 3 conductores o más)	30 % (para 2 conductores)
13	1/2	15.81*	196	78	59
19	3/4	21.30*	356	142	107
25	1	26.50*	552	221	166
32	1 1/4	35.31*	979	392	294
38	1 1/2	41.16*	1331	532	399
51	2	52.76*	2186	876	656
63	2 1/2	62.71**	3088	1235	926
76	3	77.93**	4769	1908	1431
89	3 1/2	90.12**	6378	2551	1913
102	4	102.26**	8213	3285	2464

\*Corresponde al tubo metálico tipo ligero.

\*\*Corresponde al tubo metálico tipo pesado.

NOTAS:

1. El factor de corrección por temperatura para la resistencia óhmica es de 0.34 por °C.
2. Para conductores en ducto de acero o con armadura de acero, la resistencia aumenta en 25% por lo tanto multiplíquese los valores por 1.25.
3. Los valores de la reactancia mínima se aplican para conductores juntos dentro de un tubo conduit o ducto. Los valores de la reactancia máxima se aplican para conductores separados, en instalaciones aéreas o en ménsulas en galerías de conductores.
4. Para 50 ciclos, los valores de la reactancia deben multiplicarse por 5/6.



Tabla 3

Número máximo de conductores en cajas de conexión.

DIMENSIONES DE LAS CAJAS		VOLUMEN (pulg.3)	MAXIMO NUMERO DE CONDUCTORES			
			N0.5	N0.12	N0.10	N0.8
3 1/4 x 1 1/2	Octagonal	10.9	5	4	4	3
3 1/2 x 1 1/2	Octagonal	11.9	8	5	4	3
4 x 1 1/2	Octagonal	17.1	11	7	6	5
4 x 2 1/8	Octagonal	23.6	11	10	9	7
4 x 1 1/2	Cuadrada	22.6	15	10	9	7
4 x 2 1/8	Cuadrada	31	16	14	12	10
4 11/16 x 11 x 1	Cuadrada	32.2	23	14	12	10
4 11/16 x 21 x 2	Cuadrada	46.4	3	20	18	15
3 x 2 x 1 1/2	Dispositivo	7.9	5	3	3	2
3 x 2 x 2	Dispositivo	10.7	5	4	4	3
3 x 2 x 2 x 1/4	Dispositivo	11.3	6	5	4	3
3 x 2 x 2 x 1/2	Dispositivo	13	7	5	5	4
3 x 2 x 2 3/4	Dispositivo	14.6	9	6	5	4
3 x 2 x 3 1/2	Dispositivo	18.3	5	8	7	6
4 x 2 1/8 x 1 1/2	Dispositivo	11.1	6	4	4	3
4 x 2 1/8 x 1 7/8	Dispositivo	13.9	7	6	5	4
5 x 2 1/8 x 1 1/8	Dispositivo	16.6	14	6	6	5

Tabla 4

Volumen mínimo de cajas normales para cada conductor.

Calibre del conductor AWG	Volumen minimo cm3
14	33
12	37
10	41
8	49
6	82



Tabla 5.

Número máximo de conductores del mismo calibre en cajas normales.

DESIGNACIÓN COMERCIAL	DIMENSIONES NOMINALES	VOLUMEN INTERIOR APROXIMADO cm <sup>3</sup>	NUMERO MÁXIMO DE CONDUCTORES CALIBRES				
			14	12	10	8	6
13mm Redonda u Octagonal	75 x 38	170	5	4	4	3	2
19mm Redonda u Octagonal	100 x 38	280	8	7	6	5	3
13mm Cuadrada	75 x 75 x 38	210	66	5	5	4	2
19mm Cuadrada	100 x 100 x 38	370	11	10	9	7	4
25mm Cuadrada	120 x 120 x 57	800	24	21	19	16	9
Chalupa	97 x 57 x 38	200	6	5	4	4	2

Tabla 6.

Capacidad de corriente de conductores en tubo conduit y ductos.

NÚMERO DE CONDUCTORES	CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMITIDA EN CONDUIT EN %	CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMITIDA EN DUCTOS EN %
1-3	10	100
4-6	80	100
7-24	70	100
25-30	60	100
31-32	60	100
43 o más	50	100



Tabla 7.

Cantidad de conductores admisibles en ductos de lámina.

CALIBRE AWG Ó MCM	SECCIÓN TRANSVERSAL DE CONDUCTOR (mm)2		DUCTOS DE LAMINA		
	1 VINANEL NYLÓN	2 VINANEL 900, TW, THW,	3 DIMENCIONES (cm)	4 SECCIÓN TRANSVERSAL TOTAL mm2	5 30% DE SECCIÓN TRANSVERSAL
14	5.9	8.3	6X6	3600	1080
12	7.9	10.64			
10	12.3	13.99			
8	21.1	26.7	10X10	10000	3000
6	34.2	49.26	15X15	22500	
4	55.15	65.61			
2	77	89.42			
1/0	123.5	143.99			
2/0	147.6	169.72			
3/0	176.7	201.06			
4/0	211.2	239.98			
250	260.3	298.65			
300	302.6	343.07			
400	384.3	430.05			
500	463	514.72			

PARA USO DE ESTA TABLA:  
 1. Determinar cantidad, tipo y calibre de conductores a canalizar.  
 2. Sumar sus secciones transversales de acuerdo con columnas 1 y 2.  
 3. Escoger ducto adecuado en Col. 5.  
 Nota: se recomienda usar el 30% de la sección y 30 conductores máximo.

NOTA: del calibre 6 en adelante se trata de cable.



Tabla 8.

Número de conductores que se pueden instalar en un aero-ducto.

TAMAÑO DEL CONDUCTOR	ÁREA EN CM2 CONDUCTOR CON FORRO DE GOMA	NÚMERO MAXIMO DE CONDUCTORES (DE UN SOLO TAMAÑO)		
		TIPOS R, RW, RP Y RH	DUCTO DE 6.5 X 6.5 cms.	DUCTO DE 10X10 cms.
14	0.200	*80	*106	*460
12	0.245	*65	*170	*375
10	0.290	*55	*140	*318
8(sólido)	0.458	*35	*90	*210
6	0.839	19	*50	*110
4	1.032	15	*40	*89
2	1.355	11	30	*68
1	1.742	9	23	*52
0	1.999	8	20	*46
00	2.258	7	18	*40
000	2.645	6	15	*35
0000	3.096	5	13	*29
250 MCM	3.741	4	11	24
300 MCM	4.322	3	9	21
400 MCM	5.354	3	7	17
500 MCM	6.386	2	6	14



Tabla 9.

Ampacidad de conductores aislados de cobre de 1 a 3 conductores en conduit (basado en una temperatura ambiente de 30°C) Rango de temperatura del conductor.

CALIBRE DEL CONDUCTOR R AWG MCM	T TW	RH, RHW, RUH, THW, THWN	TA, TBS, RHH, RHHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
18			21				
16			22				
14	15	15	25	30	30	30	40
12	20	20	30	35	40	40	55
10	30	30	40	45	50	55	75
8	40	40	50	60	65	75	95
6	55	85	70	80	85	95	120
4	70	85	90	105	115	120	145
3	80	100	105	120	130	145	170
2	95	115	120	135	145	165	195
1	110	130	140	160	170	190	220
1/0	125	150	155	190	200	225	250
2/0	145	175	185	215	230	250	280
3/0	165	200	210	245	265	285	315
4/0	195	230	235	275	310	340	370
250	215	255	270	315	335		
300	240	285	300	345	380		
350	260	310	325	390	420		
400	280	335	360	420	450		
500	320	380	405	470	500		
600	355	420	455	525	545		
700	385	460	490	560	600		
750	400	475	500	580	620		
800	410	490	515	600	640		
900	435	520	555				
1000	455	545	585	680			
1250	495	590	645		730		
1500	520	625	700	785			
2000	560	625	775	840			



Tabla 10.

Factores de corrección – temperatura ambiente arriba de 30°C (86°F)

°C	°F	60°C	75°C	90°C	110°C	125°C	200°C	250°C
		140°F	167°F	194°F	230°F	257°F	392°F	482°F
40	104	0.82	0.88	0.91	0.94	0.95		
45	113	0.71	0.82	0.87	0.9	0.92		
50	122	0.58	0.75	0.82	0.87	0.89		
55	131	0.41	0.67	0.76	0.83	0.86		
60	141		0.58	0.71	0.79	0.83	0.91	0.95
70	158		0.35	0.58	0.71	0.76	0.87	0.91
75	167			0.5	0.66	0.72	0.86	0.89
80	176			0.41	0.71	0.69	0.84	0.87
90	194				0.5	0.61	0.8	0.83
100	212					0.51	0.77	0.8
120	248						0.69	0.72
140	284						0.59	0.59
160	320							0.54
180	356							0.5
200	392							0.43
225	437							0.3



Tabla 11.

Tabla de capacidades de conducción de corriente, para cable de cobre vinicon\* LS de alta capacidad, tipo THW/THHW.

CALIBRE AWG O KCM	ÁREA DE LA SECCION TRANSVERSAL NOMINAL	CABLES DE UN CONDUCTOR: AISLADOS (0-2000V), INSTALADOS AL AIRE. TEMPERATURA AMBIENTE 30°C			NO MAS DE 3 CABLES DE UN CONDUCTOR AISLADO (0-2000v) EN TUBERIA, O CABLE DE 3 CONDUCTORES O DIRECTAMENTE ENTERRADOS, TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C		
		75°C	90°F	105°C	75°C	90°C	105°C
	mm2						
14	2.082	30	40	20	20	25	30
12	3.307	35	48	25	25	30	35
10	5.26	50	65	35	35	40	45
8	8.367	70	90	50	50	55	60
6	13.3	95	115	65	65	75	85
4	21.15	125	155	85	85	95	105
3	26.67	145	180	100	100	110	125
2	33.62	170	210	115	115	130	145
1	42.41	195	245	130	130	150	165
1/0	53.48	230	290	150	150	170	188
2/0	67.43	265	335	175	175	195	215
3/0	85.01	310	390	200	200	225	245
4/0	107.2	360	450	239	230	260	285
250	126.7	405	505	255	255	290	320
300	152	445	565	285	285	320	355
350	177.3	505	635	310	310	350	388
400	202.7	545	685	335	335	380	420
500	253.4	620	780	380	380	430	477
600	304	690	870	420	420	475	525
750	380	785	985	475	475	535	590
1000	506.7	953	1175	545	545	615	680



Tabla 12.

Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit.

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
T, TW Y THW	14*	9	16	45	45	61					
	14*	8	14	39	39	54					
	12*	7	12	35	35	48	78				
	12*	6	11	30	30	41	68				
	10*	5	10	27	27	37	61				
	10	4	8	23	23	32	52				
	8	2	4	13	13	17	28	40			
RHW Y RHH (SIN CUBIERTA EXTERIOR)	14*	6	10	16	29	40	65				
	14*	5	9	15	26	36	59				
	12*	4	8	13	24	33	54				
	12*	4	7	12	21	29	47				
	10*	4	7	11	19	26	43	61			
	10	3	6	9	17	23	38	53			
T, TW Y THW, RHW Y RHH (SIN CUBIERTA EXTERIOR)	8	1	3	5	10	13	22	32	49		
	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47
	2	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
	1/0		1	1	2	3	5	8	12	16	21
	2/0		1	1	1	3	5	7	10	14	18
	3/0		1	1	1	2	4	6	9	12	15
	4/0			1	1	1	3	5	7	10	13
	250			1	1	1	2	4	6	8	10
	300				1	1	2	3	5	7	9
	350				1	1	1	3	4	6	8
	400				1	1	1	2	4	5	7
500				1	1	1	1	3	4	6	

\*Alambres.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR AWG MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (MM)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
RHW Y RHH (CON CUBIERTA EXTERIOR)	14*	3	6	4	10	25	41	58			
	14*	3	6	3	9	23	38	53			
	12*	3	5	2	9	21	35	50			
	12*	3	5		8	19	32	45			
	10+	2	4		7	18	29	41			
	10	2	4		6	16	26	37			
	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	
	6	1	1	2	5	7	11	15	24	32	41
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
	2		1	1	3	4	7	9	14	19	24
	1/0		1	1	1	2	4	6	9	12	16
	2/0			1	1	2	33	5	8	11	14
	3/0			1	1	1	2	4	7	9	12
	4/0			1	1	1		4	6	8	12
	250				1	1	1	3	5	6	8
	300				1	1	1	3	4	5	7
	350				1	1	1	2	4	5	6
400				1	1	1	1	3	4	6	
500					1	1	1	3	4	5	
RHW RHH (CON CUBIERTA EXTERIOR)	14*	13	24	37	66						
	14*	11	20	32	57						
	12*	10	18	28	49	67					
	12*	8	15	23	42	57					
	10+	6	11	18	32	43	71				
	10	5	9	15	26	36	59				
	8	3	5	9	15	21	35	49			
	6	2	4	6	11	15	25	36	56		
	4	1	2	4	7	9	16	22	34	46	
	2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	42
	1/0		1	1	3	4	7	10	15	20	26
	2/0		1	1	2	3	6	8	13	17	22
	3/0		1	1	1	3	5	7	11	14	18
	4/0			1	1	2	4	6	9	12	15
	250			1	1	1	3	4	7	10	12
	300			1	1	1	3	4	6	8	11
	350				1	1	2	3	5	7	9
400				1	1	1	3	5	6	8	
500				1	1	1	2	4	5	7	



## BIBLIOGRAFIA.

- [1] "Manual del alumbrado", PHILIPS, Ed. Paraninfo S.A., 1976
- [2] "Manual del alumbrado", Westinghouse Electric Corporation, ED. Editorial Dossat S.A., 3a Ed. 1981
- [3] "AUTOCAD 13 para principiantes", Dennis S. Bolagtas, ED. Prentice-Hall Hispanoamerica S.A. 1996
- [4] "ILUMINACIÓN E INSTALACIONES ELÉCTRICAS, LA ILUMINACION EN EL AMBITO DE LA PRODUCCIÓN", Ismael López Gonzales, Trabajo de seminario de Tesis., UNAM CUAUTITLAN IZCALLI
- [4] "APUNTES DE LA MATERIA DE ILUMINACION", UNAM Fes Aragón.
- [5] "ELEMENTOS DE ALUMBRADO", Juan Ignacio Lima Velasco, ED. Instituto Politecnico Nacional.
- [6] "GUÍA PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS RESIDENCIALES, INDUSTRIALES Y COMERCIALES", Enríquez Harper, ED. LIMUSA Instituto Politecnico Nacional.
- [7] "NOM-001-SEDE-2005".
- [8] "PAGINAS CONSULTADAS EN INTERNET"
- ❖ <http://www.holophane.com.mx>
  - ❖ <http://www.hydrrel.com>
  - ❖ <http://www.lithonia.com>
  - ❖ <http://www.philips.com.mx>
  - ❖ <http://www.geiluminacion.com/mx>
  - ❖ <http://www.acuitybranslighting.com>
  - ❖ <http://www.americanelectriclighting.com>
  - ❖ <http://www.osram.com>
  - ❖ <http://www.cepis.org.pe/plataforma/arquitectura/clase61/clase61.htm>
  - ❖ <http://www.cfe.org.gob.mx>