11126
27

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ILUMINACION EFICIENTE DE UNA PLATAFORMA PETROLERA.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

ALEXANDRA FABIOLA GALICIA MARTINEZ

RODRIGO REYES MADRID

ASESOR: M. en A.I. PEDRO GUZMAN TINAJERO

CUAUTITLAN IZCALLI, ESTADO DE MEXICO, 2003.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

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

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

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

"Iluminación Eficiente de una Plataforma Petrolera"

que presenta la pasante: Alexandra Fabiola Galicia Martínez
con número de cuenta: 09202537-8 para obtener el título de :
Ingeniera Mecánica Electricista.

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

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Marzo de 2003.

PRESIDENTE	Ing. José Juan Contreras Espinosa.
VOCAL	Ing. José Luz Hernández Castillo.
SECRETARIO	MAI. Pedro Guzmán Tinajero.
PRIMER SUPLENTE	Ing. Sergio Martín Durán Guerrero
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Vicente Magaña González.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

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

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES-CUAUTITLAN
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

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

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

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

"Iluminación Eficiente de una Plataforma Petrolera"

que presenta el pasante: Rodrigo Reyes Madrid
con número de cuenta: 09306325-2 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista.

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

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 14 de Marzo de 2007.

PRESIDENTE	Ing. José Juan Contreras Espinosa.	
VOCAL	Ing. José Luz Hernández Castillo.	
SECRETARIO	MAI. Pedro Guzmán Tinajero.	
PRIMER SUPLENTE	Ing. Sergio Martín Durán Guerrero.	
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. Vicente Magaña González.	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Gracias Dios por ayudarme a ver que la vida es maravillosa, por mostrarme el camino y darme a una madre tan comprensiva y amorosa, por mi padre que con su fortaleza y confianza me anima, por mis hermanos y sobrinos que me han enseñado ha conocer lo mejor de mi, por poner en mi camino a personas tan maravillosas como son mis amigos que con su compañía y apoyo se han colocado en un lugar de mi corazón; por permitirme conocer a profesores que además de darme sus conocimientos me dan su amistad; y por mis compañeros de trabajo por su ayuda y amistad.

ALEXANDRA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A mis Padres, Arquitectos de esta obra...
A mi Esposa, Mi apoyo, siempre paciente y comprensiva...
A Frida, Fuente de inspiración e impulso...

Gracias por todo, los amo...
Rodrigo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ILUMINACIÓN EFICIENTE DE UNA PLATAFORMA PETROLERA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6

Índice

Introducción. 1

Capitulo 1. Generalidades.

1.1 Antecedentes históricos. 3
1.2 La luz. 4
1.2.1 Propiedades de la luz. 8
1.2.1.1 Propiedades cualitativas. 8
1.2.1.2 Propiedades cuantitativas. 16

Capitulo 2. Percepción de la luz.

2.1 La visión. 20
2.1.1 El proceso visual y sus características. 22
2.1.2 Factores que influyen en la visión. 24

Capitulo 3. Fotometría.

3.1 Magnitudes y unidades de medida. 28
3.2 Gráficos y diagramas de iluminación. 32
3.3 Lámparas. 37
3.3.1 Lámparas incandescentes. 37
3.3.2 Lámparas de descarga. 43
3.4 Luminarias. 58
3.5 Balastros. 63

Capitulo 4. Iluminación.

4.1 Iluminación de interiores. 67
4.1.1 Métodos de calculo para iluminación de interiores. 74
4.1.1.1 Método de los lúmenes. 74
4.1.1.2 Método punto por punto. 78
4.2 Iluminación de exteriores. 82
4.2.1 Disposición de las luminarias en la vía. 87
4.2.2 Métodos de calculo para iluminación de exteriores. 92
4.2.2.1 Método de los lúmenes o del factor de utilización. 92
4.2.2.2 Métodos numéricos 96
4.2.3 Disposición de las luminarias en áreas residenciales y peatonales. 101
4.2.4 Alumbrado de túneles. 103
4.2.5 Alumbrado con proyectores. 107
4.2.5.1 Calculo de iluminación con proyectores. 109
4.2.5.2 Aplicaciones con proyectores. 110

Capitulo 5. Herramientas de calculo para proyectos de iluminación.

5.1 Spec Writer. 116
5.2 Luxicon. 117
5.3 Navigator. 118
5.4 Visual. 119

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capitulo 6. Proyecto de iluminación por computadora para una plataforma petrolera.

6.1 Proceso de diseño. 123
6.2 Primera propuesta 131
6.3 Segunda propuesta 189

Capitulo 7. Evaluación económica.

7.1 Cotización de los sistemas 250
7.2 Evaluación económica propuesta 1 252
7.3 Evaluación económica propuesta 2. 253

Conclusiones. 257
Glosario de terminología. 258
Apéndice I 262
Apéndice II 272
Apéndice III 284
Bibliografía. 286

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCIÓN.

En las próximas paginas del presente estudio, se tendrá ocasión de tratar sobre: los fundamentos de la luminotecnia e historia de la misma. Este estudio , trata de los fundamentos, el proyecto, los elementos, el dimensionado, las innovaciones técnicas y la normativa del alumbrado artificial.

El alumbrado artificial está teniendo un desarrollo tecnológico de gran interés en los últimos años gracias a los grandes avances científicos y técnicos producidos a finales del siglo XIX y durante todo el siglo XX. En el apartado de tipos de lámparas se realiza una reseña de estos avances y se dan informes sobre las técnicas más novedosas que se están utilizando en el alumbrado.

Cuando se proyecta para instalar un sistema de alumbrado, se debe tener la certidumbre que los equipos seleccionados estén en condiciones de proporcionar el máximo confort visual y los niveles de iluminación demandados, respetando siempre las limitaciones o condicionantes impuestas por el Proyecto Arquitectónico, sobre los espacios que se pretenden iluminar de un modo artificial. En la actualidad se fabrican diferentes tipos de luminarias cuyas características de fabricación y de funcionamiento se hace preciso conocer cuando se redacta un proyecto de alumbrado.

La disminución del deslumbramiento directo o reflejado, puede condicionar, en otros supuestos, la selección de luminarias que deben emplazarse de modo que se evite, o reduzca estos deslumbramientos.

Por supuesto que se hace preciso considerar también el factor económico que, dado el caso, puede obligar a adoptar, por ejemplo, una combinación de alumbrado general y alumbrado local, cuando ello sea lo más económico, en vez de otras opciones de alumbrado.

Todas estas consideraciones, sin duda alguna, nos permitirán seleccionar el equipo adecuado, así como el emplazamiento del mismo. Precisamos por ello conocer que tipo de lámparas y luminarias vamos a emplear, su emplazamiento, los niveles de iluminación requeridos para, mediante el uso de los métodos de cálculo pertinentes, establecer si el número de luminarias propuesto y su emplazamiento va a producir los niveles de iluminación requeridos. Para ello nos hemos apoyado en el uso de un programa computacional de vanguardia como lo es **VISUAL** de *Lithonia Lighting Group*, ya que es una de las herramientas más poderosas para la realización de proyectos de iluminación, usadas en la actualidad.

El uso a que se destina la edificación, tiene una importancia fundamental cuando se analizan las numerosas variables desde las que se organiza el alumbrado, como pueden ser: objetivos de la instalación, usos (iluminación para visión, decorativa, comercial, etc.) intensidad de trabajo visual a desarrollar, tiempo de duración de las jornadas laborales exigencias arquitectónicas y decorativas, condicionantes constructivos y estructurales situación económica. Cuando se afronta la coordinación de todas estas variables, es posible determinar que cantidad de luz se precisa y cuales son los medios que se van a utilizar para obtenerla.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capitulo 1

Generalidades

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1. Antecedentes Históricos.

Bastó con que el hombre prehistórico descubriera el fuego, para que comprendiera que no sólo le serviría para lograr calor y cocer alimentos, sino que lograba mediante las llamas iluminar sus cavernas en las noches.

La llama fue el primer medio de iluminación utilizado por el hombre desde muchos miles de años anteriores a Cristo. Unos 500,000 años antes de Cristo aprendieron a encender la llama para aclarar las tinieblas.

Se han encontrado vestigios de fogones y hogueras, en los que probablemente se usaba madera, carbón de leña y grasas animales como combustibles.

Se estima que hace unos 50,000 años apareció el primer candil propiamente dicho, alimentado con aceite o grasa, la que era extraída de un animal, y en la concavidad de su mismo cráneo se la colocaba, juntamente con una mecha de trenza de pelos. Posteriormente se hicieron unas especies de cubetas de piedra para utilizarse como candiles.

Unos 2,500 años anteriores a la era cristiana, en la zona de Ur, en Mesopotamia, se utilizaban valvas de moluscos marinos como lámparas, o las reproducían en oro o alabastro.

Algunos siglos después comenzaron a utilizarse las antorchas, las que en Egipto y Creta, fueron perfeccionándose, poniendo estopa o paja envuelta alrededor del trozo de madera, empapadas en cera de abejas y resina, a veces perfumada.

Entre los Siglos XIII y XIV a. C., se inventó en Egipto la vela, según restos de la época. En el siglo X a.C. en Fenicia y Cartago aparecen las lámparas de aceite realizadas en cerámica, que los mercaderes expandieron por todo el Mediterráneo, rápidamente.

En la antigua Grecia se utilizaron candiles, construidos con diversos materiales: cerámica, metal, etc., y con una forma similar a la lámpara de Aladino.

Los romanos utilizaron tres formas de iluminación: las velas, las teas que eran usadas especialmente en las bodas y los funerales, y las lámparas de aceite, que son colgadas mediante una cadena al techo, y que se van realizando con decoraciones, labrados y ornamentos, en metal, y las más luminosas constaban de varias piqueras, de las cuales salía un pabilo.

En la Edad Media, además de estas formas de iluminación, aparecen las linternas con pabilos internos. Para la iluminación de lugares grandes se usan los hacheros y los candelabros de hierro forjado, decorados con gran artesanía. También se perfeccionaron las velas, que encendidas producían menos humo.

En el año 1795, en Inglaterra, Guillermo Murdock construyó una instalación de luz a gas de hulla para iluminar una fábrica. Desde ese momento comenzaron a difundirse las primeras lámparas de gas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En los Estados Unidos de América, en el año 1859 aparecen las primeras lámparas de querosén, derivado del petróleo por destilación.

Pero en el Siglo XIX, se comienzan a realizar experimentos de iluminación eléctrica. Los primeros experimentos fueron realizados por el químico británico sir Humphry Davy, quien fabricó arcos eléctricos y provocó la incandescencia de un fino hilo de platino en el aire al hacer pasar una corriente a través de él.

En 1844, el francés Foucault -basado en los descubrimientos de Davy- fabricó una lámpara de arco, que producía luz por descarga eléctrica entre dos electrodos de carbón, sistema que se utilizó para el alumbrado de las calles.

A la vez en la misma época se avanzó en la invención y el uso de redecillas o camisas de un tejido especial sobre la base de amianto, para lograr luz blanca incandescente en las lámparas de gas.

El 27 de octubre de 1879, el inventor estadounidense Thomas Alva Edison logró su lámpara de filamento de carbono, que permaneció encendida en Nueva York durante dos días.

Es el inicio de la era de la iluminación eléctrica. En 1906, los estadounidenses Just y Haran construyeron una lámpara eléctrica en que se reemplazaba el carbono por tungsteno. Al año siguiente, en 1907 los filamentos de carbono fueron sustituidos por filamentos de volframio, y en 1913 se desarrollaron las lámparas incandescentes rellenas de gas.

Se llega así a la bombilla eléctrica perfeccionada técnicamente, que en la actualidad tiene una duración de unas 2000 horas. La lámpara fluorescente se fabricó en 1938. Los tubos de vidrio se llenan de un gas especial, por ejemplo neón, o sustancias fluorescentes, que asociadas con descargas eléctricas o con ciertas sustancias, se convierten en luminosidad.

1.2 La Luz .

¿Qué es la luz?

Es una forma de radiación electromagnética similar al calor radiante, las ondas de radio o los rayos X. La luz corresponde a oscilaciones extremadamente rápidas de un campo electromagnético, en un rango determinado de frecuencias que pueden ser detectadas por el ojo humano. Las diferentes sensaciones de color corresponden a luz que vibra con distintas frecuencias, que van desde aproximadamente 4×10^{14} vibraciones por segundo en la luz roja hasta aproximadamente $7,5 \times 10^{14}$ vibraciones por segundo en la luz violeta. El espectro de la luz visible suele definirse por su longitud de onda, que es más pequeña en el violeta (unas 40 millonésimas de centímetro) y máxima en el rojo (75 millonésimas de centímetro). Las frecuencias mayores, que corresponden a longitudes de onda más cortas, incluyen la radiación ultravioleta, y las frecuencias aún más elevadas están asociadas con los rayos X. Las frecuencias menores, con longitudes de onda más altas, se denominan rayos infrarrojos, y las frecuencias todavía más bajas son características de las ondas de radio.

La mayoría de la luz procede de electrones que vibran a esas frecuencias al ser calentados a una temperatura elevada. Cuanto mayor es la temperatura, mayor es la frecuencia de vibración y más azul es la luz producida. Muchas fuentes de luz, como el Sol, emiten luz

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

blanca. Esta luz es una mezcla de varios colores: cuando pasa por un prisma, se divide formando un espectro. El prisma desvía, (refracta) más o menos la luz de diferentes colores; la luz roja es la menos refractada, y la violeta la más refractada.

La luz es emitida por sus fuentes en línea recta, y se difunde en una superficie cada vez mayor a medida que avanza; la luz por unidad de área disminuye según el cuadrado de la distancia. Cuando la luz incide sobre un objeto es absorbida o reflejada; la luz reflejada por una superficie rugosa se difunde en todas direcciones. Algunas frecuencias se reflejan más que otras, y esto da a los objetos su color característico. Las superficies blancas difunden por igual todas las longitudes de onda, y las superficies negras absorben casi toda la luz. Por otra parte, para que la reflexión forme imágenes es necesaria una superficie muy pulida, como la de un espejo.

La velocidad de la luz en el vacío se toma como 299.792.458 m/s, y este valor se emplea para medir grandes distancias a partir del tiempo que emplea un pulso de luz o de ondas de radio para alcanzar un objetivo y volver. Este es el principio del radar.

El conocimiento preciso de la velocidad y la longitud de onda de la luz también permite una medida precisa de las longitudes. De hecho, el metro se define en la actualidad como la longitud recorrida por la luz en el vacío en un intervalo de tiempo de 1/299.792.458 segundos. La velocidad de la luz en el aire es ligeramente distinta según la longitud de onda, y en promedio es un 3% menor que en el vacío; en el agua es aproximadamente un 25% menor, y en el vidrio ordinario un 33% menor.

La luz tiene un efecto importante en muchos compuestos químicos. Las plantas, por ejemplo, emplean la luz solar para llevar a cabo la fotosíntesis, y la exposición a la luz de determinados compuestos de plata hace que se oscurezcan en presencia de otros compuestos químicos, característica empleada en la fotografía.

El espectro electromagnético.

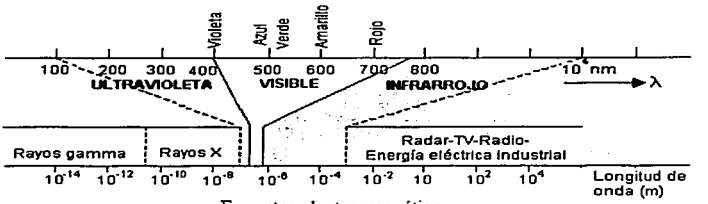
La luz forma parte del espectro electromagnético (figura 1.1) que comprende tipos de ondas tan dispares como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f). Recordemos que la relación entre ambas es:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

donde c es la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3 \cdot 10^8$ m/s).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 1.1 Espectro Electromagnético.



Espectro electromagnético

Espectro.

Serie de colores semejante a un arco iris —por este orden: violeta, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo— que se produce al dividir una luz compuesta como la luz blanca en sus colores constituyentes. El arco iris es un espectro natural producido por fenómenos meteorológicos. Puede lograrse un efecto similar haciendo pasar luz solar a través de un prisma de vidrio.

La luz se emite y se absorbe en unidades minúsculas o corpúsculos llamados fotones. La energía de cada fotón es directamente proporcional a la frecuencia v, por lo que es inversamente proporcional a la longitud de onda λ. Esto se expresa con la sencilla fórmula

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

donde el factor de proporcionalidad *h* es la denominada constante de Planck y *c* es la velocidad de la luz en el vacío. Los diferentes colores o longitudes de onda (y, por tanto, las diferentes energías) de los cuantos de luz emitidos o absorbidos por un átomo o molécula dependen de la estructura de éstos y de los posibles movimientos periódicos de las partículas que los componen, ya que estos dos factores determinan la energía total (potencial y cinética) del átomo o molécula.

Líneas Espectrales.

Cuando se vaporiza una sustancia y se calienta el vapor hasta que emite luz, es posible que predomine un único color, como el amarillo de las lámparas de vapor de sodio, el rojo de las lámparas de neón o el azul verdoso de las lámparas de vapor de mercurio. En ese caso, el espectro está formado por varias líneas de longitudes de onda determinadas, separadas por regiones de oscuridad total.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

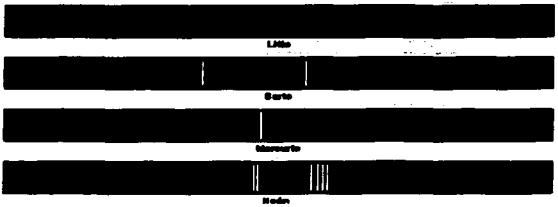


Figura 1.2 Líneas espectrales.

Cada elemento químico tiene un espectro característico, es decir, una distribución determinada de la radiación electromagnética. Ese espectro particular permite identificar la composición de una sustancia desconocida; esta técnica se llama espectroscopia. Los espectros de emisión, como los ejemplos que se muestran (figura 1.2), están formados por varias líneas de longitud de onda determinada separadas por zonas oscuras. Las líneas indican la estructura molecular, y corresponden a transiciones de los átomos entre estados de energía definidos.

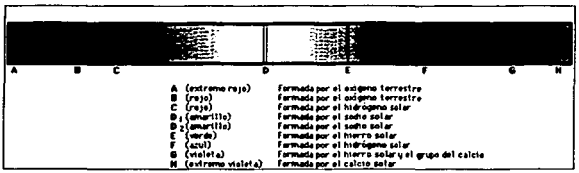


Figura 1.3 Análisis espectó grafico de la luz solar.

La radiación solar puede fotografiarse y analizarse con un espectrógrafo. Las líneas oscuras del espectro se denominan líneas de absorción, y se deben a la absorción de la radiación por elementos de la atmósfera solar. Estudiando dichas líneas se pueden identificar los elementos que existen en el Sol. La línea intensa en un extremo del rojo del espectro es una de las líneas del hidrógeno, y las líneas del amarillo indican la presencia de sodio (figura 1.3).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.1. Propiedades de la Luz.

En esta parte del estudio, trataremos de explicar algunas de las propiedades físicas de la luz. Para esto, debemos separar dichas propiedades en dos grupos:

- **Propiedades cualitativas.**
  Son aquellas que denotan ciertas características físicas acerca del fenómeno de la luz.

- **Propiedades cuantitativas.**
  Son aquellas que nos indican a través de una magnitud medible, ciertas características propias de la luz.

1.2.1.1. Propiedades Cualitativas.

- **El Color.**

Fenómeno físico de la luz o de la visión, asociado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético. Como sensación experimentada por los seres humanos y determinados animales, la percepción del color es un proceso neurofisiológico muy complejo. Los métodos utilizados actualmente para la especificación del color se encuadran en la especialidad llamada colorimetría, y consisten en medidas científicas precisas basadas en las longitudes de onda de tres colores primarios.

La luz visible está formada por vibraciones electromagnéticas cuyas longitudes de onda van de unos 350 a unos 750 nanómetros (milmillonésimas de metro).La luz blanca es la suma de todas estas vibraciones cuando sus intensidades son aproximadamente iguales. En toda radiación luminosa se pueden distinguir dos aspectos: uno cuantitativo, su intensidad, y otro cualitativo, su cromaticidad.

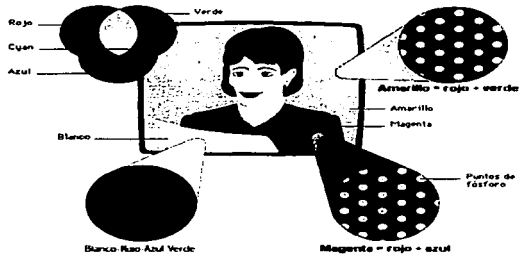


Figura 1.4 Colores primarios.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Esta última viene determinada por dos sensaciones que aprecia el ojo: la tonalidad y la saturación. Una luz compuesta por vibraciones de una única longitud de onda del espectro visible es cualitativamente distinta de una luz de otra longitud de onda. Esta diferencia cualitativa se percibe subjetivamente como tonalidad. La luz con longitud de onda de 750 nanómetros se percibe como roja, y la luz con longitud de onda de 350 nanómetros se percibe como violeta. Las luces de longitudes de onda intermedias se perciben como azul, verde, amarilla o anaranjada, desplazándonos desde la longitud de onda del violeta a la del rojo.

El ojo humano no funciona como una máquina de análisis espectral, y puede producirse la misma sensación de color con estímulos físicos diferentes. Así, una mezcla de luces roja y verde de intensidades apropiadas parece exactamente igual a una luz amarilla espectral, aunque no contiene luz de las longitudes de onda asociadas al amarillo. Puede reproducirse cualquier sensación de color mezclando aditivamente diversas cantidades de luces roja, azul y verde. Por eso se conocen estos colores como colores primarios (figura 1.4). Si se mezclan luces de estos colores primarios con intensidades aproximadamente iguales se produce la sensación de luz blanca. También existen parejas de colores espectrales puros, que si se mezclan aditivamente, producen la misma sensación que la luz blanca, por lo que se denominan colores complementarios.

Entre esos pares figuran determinados amarillos y azules, o rojos y verdes azulados. Todos los objetos tienen la propiedad de absorber y reflejar ciertas radiaciones electromagnéticas. La mayoría de los colores que experimentamos normalmente son mezclas de longitudes de onda que provienen de la absorción parcial de la luz blanca. Casi todos los objetos deben su color a los filtros, pigmentos o pinturas, que absorben determinadas longitudes de onda de la luz blanca y reflejan o transmiten las demás; estas longitudes de onda reflejadas o transmitidas son las que producen la sensación de color, que se conoce como color pigmento.

Los colores pigmento que absorben la luz de los colores primarios se llaman colores sustractivos primarios. Son el magenta que absorbe el verde, el amarillo que absorbe el azul y el cyan (azul verdoso), que absorbe el rojo. Por ejemplo, si se proyecta una luz verde sobre un pigmento magenta, apenas se refleja luz, y el ojo percibe una zona negra.

Los colores sustractivos primarios pueden mezclarse en proporciones diferentes para crear casi cualquier tonalidad; los tonos así obtenidos se llaman sustractivos. Si se mezclan los tres en cantidades aproximadamente iguales, producen una tonalidad muy oscura, aunque nunca completamente negra. Los primarios sustractivos se utilizan en la fotografía en color: para las diapositivas y negativos en color se emplean tintes de color magenta, cyan y amarillo; en las fotografías en color sobre papel se emplean tintas de estos mismos colores; también se usa tinta negra para reforzar el tono casi negro producido al mezclar los tres colores primarios.

Nuestra percepción del color de las partes de una escena no sólo depende de la cantidad de luz de las diferentes longitudes de onda que nos llega de ellas. Cuando sacamos un objeto iluminado con luz artificial que contiene mucha luz rojiza de altas longitudes de onda a la luz del día que contiene más luz azulada de longitudes de onda cortas la composición de la luz reflejada por el objeto cambia mucho. Sin embargo, no solemos percibir ningún cambio en el color del objeto. Esta constancia del color se debe a la capacidad del sistema formado por el ojo y el cerebro para comparar la información sobre longitudes de onda procedente de todas las partes de una escena.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

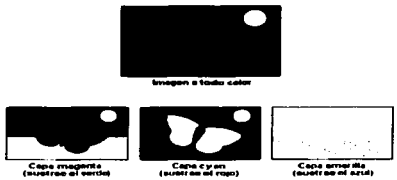


Figura 1.5 Colores sustractivos

En el ejemplo de la figura 1.5 no hay verde en zonas como el cielo o las alas; el verde se elimina de la luz blanca en estas partes por la acción del color magenta, presente en la capa que sustrae o bloquea el verde. Los otros colores se forman en las otras capas de la misma manera.

- **Absorción.**

No se conoce bien el mecanismo por el que las sustancias absorben la luz. Aparentemente, el proceso depende de la estructura molecular de la sustancia. En el caso de los compuestos orgánicos, sólo muestran color los compuestos no saturados., y su tonalidad puede cambiarse alterándolos químicamente. Los compuestos inorgánicos suelen ser incoloros en solución o en forma líquida, salvo los compuestos de los llamados elementos de transición.

La absorción es un proceso muy ligado al color. El ojo humano sólo es sensible a las radiaciones pertenecientes a un pequeño intervalo del espectro electromagnético. Son los colores que mezclados forman la luz blanca. Su distribución espectral aproximada es:

Tipo de radiación	Longitudes de onda (nm)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-770

Cuando la luz blanca choca con un objeto una parte de los colores que la componen son absorbidos por la superficie y el resto son reflejados. Las componentes reflejadas son las que determinan el color que percibimos. Si las refleja todas es blanco y si las absorbe todas es negro. Un objeto es rojo porque refleja la luz roja y absorbe las demás componentes de la luz blanca. Si iluminamos el mismo objeto con luz azul lo veremos negro porque el cuerpo absorbe esta componente y no refleja ninguna. Queda claro, entonces, que el color con que percibimos un objeto depende del tipo de luz que le enviamos y de los colores que este sea capaz de reflejar.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El color también se produce por otras formas que no son la absorción de luz. Las irisaciones de la madreperla o de las burbujas de jabón son causadas por interferencia. Algunos cristales presentan diferentes colores según el ángulo que forma la luz que incide sobre ellos: este fenómeno se denomina pleocroísmo. Una serie de sustancias muestran colores diferentes según sean iluminadas por luz transmitida o reflejada.

Por ejemplo, una lámina de oro muy fina aparece verde bajo luz transmitida. Las luces de algunas gemas, en particular del diamante, se deben a la dispersión de la luz blanca en los tonos espectrales que la componen, como ocurre en un prisma. Algunas sustancias, al ser iluminadas por luz de una determinada tonalidad, la absorben e irradian luz de otra tonalidad, cuya longitud de onda es siempre mayor.

Este fenómeno se denomina fluorescencia o, cuando se produce de forma retardada, fosforescencia. El color azul del cielo se debe a la difusión de los componentes de baja longitud de onda de la luz blanca del Sol por las moléculas de gas de la atmósfera. Una difusión similar puede observarse en una sala de cine a oscuras. Visto desde un lado, el haz de luz del proyector parece azulado debido a las partículas de polvo que hay en el aire.

- **Dispersión.**

Fenómeno de separación de las ondas de distinta frecuencia al atravesar un material. Todos los medios materiales son más o menos dispersivos, y la dispersión afecta a todas las ondas; por ejemplo, a las ondas sonoras que se desplazan a través de la atmósfera, a las ondas de radio que atraviesan el espacio interestelar o a la luz que atraviesa el agua, el vidrio o el aire. Cuando la luz blanca (compuesta por ondas de todas las frecuencias dentro de la gama visible) pasa a través de un bloque de vidrio, los diferentes colores son refractados o desviados en distinta medida. Si los lados del bloque no son paralelos por ejemplo, en un prisma triangular los diferentes colores de la luz que emerge del bloque se propagan con ángulos distintos, produciendo un espectro. Así, la luz del Sol genera a menudo espectros al atravesar un vidrio tallado. La dispersión se debe a que la velocidad de una onda depende de su frecuencia (y por tanto de su longitud de onda). Por ejemplo, las ondas luminosas de diferente longitud de onda tienen velocidades de propagación distintas en el vidrio, por lo que son refractadas en diferente medida.

- **La interferencia.**

Este fenómeno se produce cuando dos o más ondas se encuentran en un punto del espacio. Las ondas se superponen pudiendo destruirse mutuamente o combinarse formando una nueva onda.

- **El efecto fotoeléctrico.**

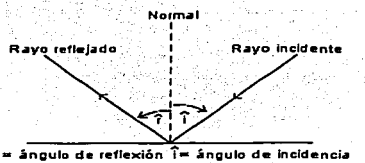
Este fenómeno se produce cuando un haz de luz monocromática choca con la superficie de la materia y algunos electrones reciben la energía suficiente para liberarse de sus orbitales atómicos.

- **Reflexión y Refracción.**

Si un rayo de luz que se propaga a través de un medio homogéneo incide sobre la superficie de un segundo medio homogéneo, parte de la luz es reflejada y parte entra como rayo refractado en el segundo medio, donde puede o no ser absorbido. La cantidad de luz reflejada depende de la relación entre los índices de refracción de ambos medios. El plano de incidencia se define como el plano formado por el rayo incidente y la normal (es decir, la línea perpendicular a la superficie del medio) en el punto de incidencia (figura 1.6). El ángulo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

de incidencia es el ángulo entre el rayo incidente y la normal. Los ángulos de reflexión y refracción se definen de modo análogo.



Leyes fundamentales de la reflexión

Figura 1.6

La reflexión es un fenómeno que se produce cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios diferentes (ya sean gases como la atmósfera, líquidos como el agua o sólidos) y está regida por la ley de la reflexión. La dirección en que sale reflejada la luz viene determinada por el tipo de superficie. Si es una superficie brillante o pulida se produce la reflexión regular en que toda la luz sale en una única dirección. Si la superficie es mate y la luz sale desperdigada en todas direcciones se llama reflexión difusa. Y, por último, está el caso intermedio, reflexión mixta, en que predomina una dirección sobre las demás. Esto se da en superficies metálicas sin pulir, barnices, papel brillante, etc. (figura 1.7).

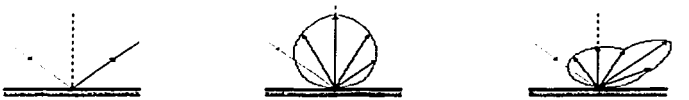


Figura 1.7 Tipos de reflexión.

Las leyes de la reflexión afirman que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, y que el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal en el punto de incidencia se encuentran en un mismo plano. Si la superficie del segundo medio es lisa, puede actuar como un espejo y producir una imagen reflejada.

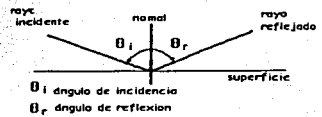
La refracción se produce cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar una superficie de separación entre medios diferentes según la ley de la refracción. Esto se debe a que la velocidad de propagación de la luz en cada uno de ellos es diferente como se muestra en la siguiente figura.

Refracción

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Ley de la reflexión.**

Cuando un rayo de luz llega a la superficie de separación de dos medios, una parte de esta es reflejada alejándose de la barrera y el resto penetra dentro del material.

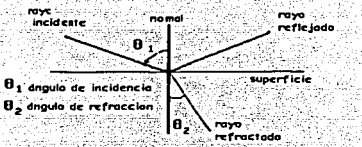


En la reflexión, el rayo incidente y el reflejado están en lados opuestos a la normal y sobre el mismo plano que esta. Y se cumple la ley de reflexión:

$$\theta_i = \theta_r \qquad \textbf{Ley de la reflexión.}$$

- **Ley de la refracción.**

Cuando la luz atraviesa la superficie de separación entre dos medios, por ejemplo del aire al agua, sufre una desviación en su trayectoria. Este fenómeno se conoce por refracción.



En la refracción, el rayo incidente y el refractado están en el mismo plano y en lados opuestos de la normal a la superficie. Entonces, se cumple la ley de refracción:

$$n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2 \qquad \text{Ley de la refracción}$$

donde n_i es el índice de refracción del medio que se define como el cociente entre la velocidad de la luz en el medio (v) y la velocidad de la luz en el vacío (c).

$$n = \frac{v}{c}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El brillo de los diamantes se debe a su elevado índice de refracción, aproximadamente 2,4. El índice de refracción de un material transparente indica cuánto desvía los rayos de luz. La habilidad del joyero reside en tallar las facetas de modo que cada rayo de luz se refleje muchas veces antes de salir de la piedra. El índice de refracción es ligeramente distinto para cada color de la luz, por lo que la luz blanca se divide en sus componentes dando lugar a los fuegos multicolores de los diamantes.

- **Angulo critico.**

Puesto que los rayos se alejan de la normal cuando entran en un medio menos denso, y la desviación de la normal aumenta a medida que aumenta el ángulo de incidencia, hay un determinado ángulo de incidencia, denominado ángulo crítico, para el que el rayo refractado forma un ángulo de 90º con la normal, por lo que avanza justo a lo largo de la superficie de separación entre ambos medios. Si el ángulo de incidencia se hace mayor que el ángulo crítico, los rayos de luz serán totalmente reflejados. La reflexión total no puede producirse cuando la luz pasa de un medio menos denso a otro más denso. Las tres ilustraciones de la figura 1.8 muestran la refracción ordinaria, la refracción en el ángulo crítico y la reflexión total.

Angulo Crítico.

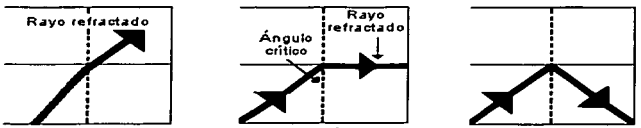


Figura 1.8.

- **Difracción**

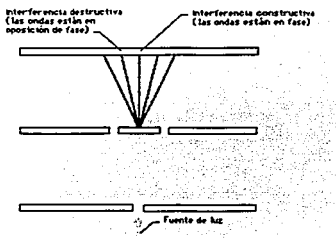


Figura 1.9 Difracción.

En física; fenómeno del movimiento ondulatorio en el que una onda de cualquier tipo se extiende después de pasar junto al borde de un objeto sólido o atravesar una rendija estrecha, en lugar de seguir avanzando en línea recta. La expansión de la luz por la difracción produce una borrosidad que limita la capacidad de aumento útil de un microscopio o telescopio; por ejemplo, los detalles menores de media milésima de milímetro no pueden verse en la mayoría de los microscopios ópticos. Sólo un microscopio óptico de barrido de campo cercano puede superar el límite de la difracción y visualizar detalles ligeramente menores que la longitud de onda de la luz (figura 1.9)

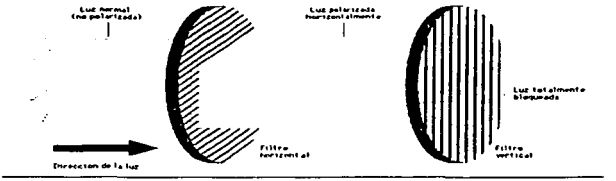
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuando la luz pasa a través de una rendija cuyo tamaño es próximo a la longitud de onda de la luz, ésta se difracta, se produce un cambio en la forma de la onda. Cuando la luz pasa a través de dos rendijas, las ondas procedentes de una rendija interfieren con las ondas que vienen de la otra. La interferencia constructiva tiene lugar cuando las ondas llegan en fase, es decir, cuando las crestas (o los valles) de una onda coinciden con las crestas (o los valles) de la otra onda, formando una onda con una cresta (o un valle) mayor. La interferencia destructiva se produce cuando las ondas llegan en oposición de fase, es decir, cuando la cresta de una onda coincide con el valle de la otra onda, cancelándose mutuamente para producir una onda más pequeña o no producir onda alguna.

- **Polarización.**

Los átomos de una fuente de luz ordinaria emiten pulsos de radiación de duración muy corta. Cada pulso procedente de un único átomo es un tren de ondas prácticamente monocromático (con una única longitud de onda). El vector eléctrico correspondiente a esa onda no gira en torno a la dirección de propagación de la onda, sino que mantiene el mismo ángulo, respecto a dicha dirección. El ángulo inicial puede tener cualquier valor. Cuando hay un número elevado de átomos emitiendo luz, los ángulos están distribuidos de forma aleatoria, las propiedades del haz de luz son las mismas en todas direcciones, y se dice que la luz no está polarizada. Si los vectores eléctricos de todas las ondas tienen el mismo ángulo (lo que significa que todas las ondas transversales están en el mismo plano), se dice que la luz está polarizada en un plano, o polarizada linealmente.

Figura 1.10 Polarización.

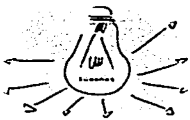


La luz polarizada está formada por fotones individuales cuyos vectores de campo eléctrico están todos alineados en la misma dirección. La luz normal es no polarizada, porque los fotones se emiten de forma aleatoria, mientras que la luz láser es polarizada porque los fotones se emiten coherentemente. Cuando la luz atraviesa un filtro polarizador, el campo eléctrico interactúa más intensamente con las moléculas orientadas en una determinada dirección. Esto hace que el haz incidente se divida en dos haces con vectores eléctricos perpendiculares entre sí. Un filtro horizontal absorbe los fotones con vector eléctrico vertical (como se muestra en la figura 1.10). Un segundo filtro girado 90° respecto al primero absorbe el resto de los fotones; si el ángulo es diferente sólo se absorbe una parte de la luz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.1.2. Propiedades Cuantitativas.

- **Flujo Luminoso.**



El flujo de una fuente o mantial luminoso es una potencia luminosa radiada en todas direcciones. Se representa con el símbolo Φ. Cada fuente de luz es un transformador de energía. Así como un motor eléctrico transforma la energía eléctrica en energía mecánica, una lámpara eléctrica transforma la energía eléctrica en energía luminosa. La unidad del flujo luminoso es el LUMEN (LM).

- **Intensidad Luminosa.**

En toda fuente luminosa la intensidad de la luz depende de la dirección, cuya intensidad de radiación se ve afectada por su propia construcción (Forma de ampolla, casquillo, etc.). La radiación luminosa de los mismos se pude considerar como un cuerpo de luz simétrico con respecto a un plano vertical que pasa por su eje.

La intensidad luminosa, designada por la letra I se representa en dibujo por una flecha cuya longitud determina, según la escala que se adopte, en la medida correspondiente. La unidad de la intensidad luminosa es la CANDELA .

Intensidad luminosa

- **Iluminancia o Nivel de Iluminación.**

Al incidir el flujo luminoso sobre una superficie, produce en la misma, una iluminación determinada. La iluminación es representada por la letra E siendo su unidad el LUX de símbolo Lx.

Cuanto mayor sea el flujo luminoso que incide sobre una superficie, mayor será su iluminación; así, pues, la iluminación es directamente proporcional al flujo. Por otra parte si un mismo flujo luminoso incide en dos superficies de distinta medida, estará más iluminada la que sea menor; luego la iluminación es inversamente proporcional a la superficie la formula de la iluminación es:

$$E_m = \frac{\Phi}{S}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Luminancia o Brillo.**

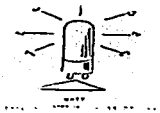
Se llama brillo o luminancia a la sensación luminosa que por efecto de la luz se produce en la retina del ojo y tiene un lugar tanto en la superficie luminosa que emite luz, como en la superficie iluminada que refleja luz.

El brillo es representado por la letra B siendo su unidad el NIT (candela por metro cuadrado) de símbolo nt, (cd / m^2).

El brillo de una superficie en una dirección determinada, es en la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la proyección de dicha superficie sobre el plano perpendicular a la dirección considerada su formula es B= I/S'.

El brillo será máximo cuando el ojo se encuentre perpendicular a la superficie que lo produce. Debido a que el ojo no ve iluminación, sino brillo, este tiene gran importancia en el fenómeno llamado deslumbramiento, el cual se produce al tener demasiado grande el foco u objeto que observa la vista. Cuanto mayor sea la parte radiante menor será su brillo por distinguirse el flujo luminoso sobre una mayor superficie, y por lo tanto, menor deslumbramiento se producirá.

- **Rendimiento Luminoso.**



Se llama eficacia luminosa o rendimiento luminoso, cuyo símbolo es η, a la relación entre el flujo total en lúmenes producido por un foco (Lámpara) y la potencia que se consume en watts cuyo valor viene dado en Lúmenes por watts.

- **Temperatura del Color.**

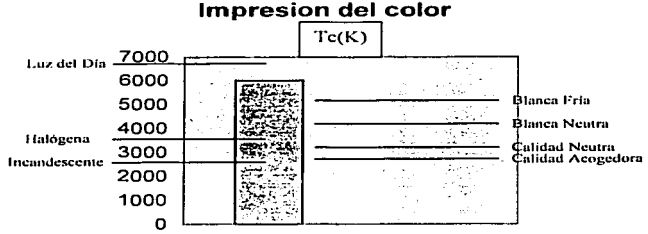
Cuando hablamos de luz cálida o fría, no estamos refiriéndonos al calor físico de la lámpara, y sí al tono de color que ella da al ambiente. Prestando atención a la naturaleza vamos a observar el sol, nuestra mayor fuente de luz, y que nos va a servir de parámetro para varios conceptos.

Al despertarnos el sol está más rojizo, su luz tiene una tonalidad más cálida, a medida que el día avanza y nuestras actividades aumentan, la luz del sol va quedando más fría. En un día nublado, la luz queda con una tonalidad casi azulada y es cuando desarrollamos con mayor vigor nuestras actividades. En el final de la tarde cuando pensamos en descansar, la luz vuelve a quedar más cálida. Luz más cálida da mayor bienestar y relajación, luz más fría mayor actividad.

En las lámparas esta temperatura de color es medida en grados Kelvin (°K) y cuanto mayor sea el número, más frío es el color de la luz de la lámpara (figura 1.11). Ejemplo: una lámpara con temperatura de color de 2700°K tiene tonalidad cálida, una de 7000°K tiene tonalidad muy fría. El ideal en una residencia es variar entre 2700°K y 5000°K.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En su casa, las áreas sociales y dormitorios, deben tener una tonalidad más cálida o neutra induciendo al relajamiento y al bienestar. Ya en las áreas de servicios, cocinas, baños, oficina en casa y salas de estudio debe haber una tonalidad neutra o fría, induciendo a mayor actividad.



- **Índice de rendimiento de color.**

Capacidad de una lámpara para reproducir los colores verdaderos de los objetos que ilumina.

El color de la luz esta determinado por la longitud de onda correspondiente. La luz en el extremo de onda corta del espectro visible, es decir, de los 3800 a los 4600 ángstrom produce la sensación de color violeta, en cambio, en el extremo opuesto (valores de onda mas larga), es decir de los 6400 a los 7600 ángstrom aparece el color rojo. Entre estos dos límites aparecen las otras bandas de colores como el azul de los 4500 a los 4900 ángstrom, el verde de los 4900 a los 5600 ángstrom, el amarillo de los 5600 a los 5900 ángstrom y por ultimo el naranja de los 5900 a los 6400 ángstrom que son los colores del arcoiris.

Se dice que una lámpara tiene un alto índice de rendimiento en color o una buena reproducción cromática cuando reproduce lo mas fielmente cada uno de los colores antes mencionados.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 2

Percepción de la luz

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1. La Visión.

El ojo humano es un órgano sensitivo muy complejo que recibe la luz procedente de los objetos, la enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. La existencia de dos ojos nos permite una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produce una visión tridimensional o estereoscópica.

El ojo humano está formado por un grupo óptico la córnea, el iris, la pupila y el cristalino, uno fotorreceptor la retina y otros elementos accesorios encargados de diversas tareas como protección, transmisión de información nerviosa, alimentación, mantenimiento de la forma, etc. (figura 2.1)

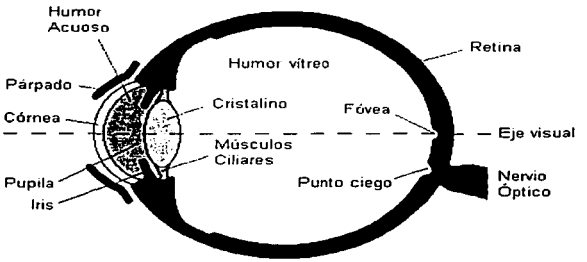


Figura 2.1 El ojo humano.

FISIOLOGÍA.

Párpado.

Membrana de piel que protege el ojo del exterior y ayuda a regular la cantidad de luz que llega. Si esta es excesiva, se cierra evitando deslumbramientos.

Córnea.

Membrana transparente y muy resistente de curvatura fija que cubre la parte anterior del ojo. Posee forma de lente convexa (concentra los rayos de luz en un punto) que le permite enfocar las imágenes sobre la retina aunque sin conseguir formar una imagen nítida. De esta última función se ocupa el cristalino.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Humor acuoso.

Líquido acuoso situado entre la córnea y el cristalino. Actúa como fuente de nutrientes para el cristalino y la córnea manteniendo la forma de esta gracias a la presión ejercida por el líquido.

Iris y pupila.

El iris está situado detrás de la córnea y delante del cristalino con una abertura en el centro llamada pupila cuya función es regular la cantidad de luz que entra en el ojo; abriéndose en condiciones de oscuridad y cerrándose si la intensidad de luz es elevada.

Cristalino.

Es un cuerpo en forma de lente biconvexa transparente que puede cambiar de forma por efecto de los músculos ciliares, proceso conocido por acomodación, para conseguir un enfoque nítido de la imagen sobre la retina.

Humor vítreo.

Es una masa gelatinosa y transparente compuesta casi exclusivamente por agua que rellena la cavidad situada entre el cristalino y la retina manteniendo su forma.

Retina.

Porción del ojo sensible a la luz sobre la que se forman las imágenes. Sobre su superficie se encuentran unas células especiales encargadas de la visión: los conos y los bastones. Los conos son responsables de la visión en colores mientras que los bastones nos permiten ver en la oscuridad.

Fóvea o mancha amarilla.

Es una pequeña depresión, poco profunda, situada en la retina donde solo hay un tipo de células nerviosas: los conos. Es el área de mayor agudeza visual ya que aquí se concentran las imágenes procedentes del centro del campo visual.

Nervio óptico.

Transporta los impulsos nerviosos producidos en la retina hasta el cerebro.

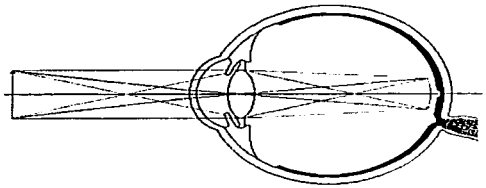
Punto ciego.

Es el punto de unión entre la retina y el nervio óptico. Se llama así porque esta zona no es sensible a la luz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.1.1 El Proceso visual y sus caracteristicas.

A menudo, se compara el funcionamiento del ojo con el de una cámara fotográfica. La pupila actúa de diafragma, la retina de película, la córnea de lente y el cristalino se equipara a acercar o alejar la cámara del objeto para conseguir un buen enfoque. La analogía no acaba aquí, pues al igual que en la cámara de fotos, en la retina la imagen se forma invertida aunque para el cerebro es como si no lo estuviera.



Formación de la imagen en el ojo

La sensibilidad y los tipos de visión.

Al igual que en la fotografía, la cantidad de luz juega un papel importante en la visión. Así, en condiciones de buena iluminación (más de 3 cd/m^2) como ocurre de día, la visión es nítida, detallada y se distinguen muy bien los colores; es la visión fotópica. Para niveles inferiores a 0.25 cd/m^2 desaparece la sensación de color y la visión es más sensible a los tonos azules y a la intensidad de la luz. Es la llamada visión escotópica. En situaciones intermedias, la capacidad para distinguir los colores disminuye a medida que baja la cantidad de luz pasando de una gran sensibilidad hacia el amarillo a una hacia el azul. Es la visión mesiópica.

En estas condiciones, se definen unas curvas de sensibilidad del ojo a la luz visible para un determinado observador patrón que tiene un máximo de longitud de onda de 555 nm (amarillo verdoso) para la visión fotópica y otro de 480 nm (azul verdoso) para la visión escotópica. Al desplazamiento del máximo de la curva al disminuir la cantidad de luz recibida se llama efecto Purkinje (figura-2.2)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

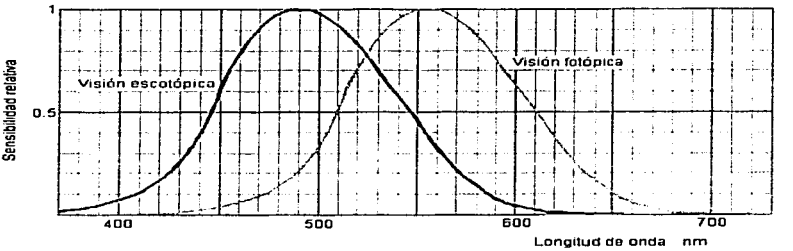


Figura 2.2 Curvas de sensibilidad del ojo.

Toda fuente de luz que emita en valores cercanos al máximo de la visión diurna (555 nm) tendrá un rendimiento energético óptimo porque producirá la máxima sensación luminosa en el ojo con el mínimo consumo de energía. No obstante, si la fuente no ofrece una buena reproducción cromática puede provocar resultados contraproducentes.

La acomodación .

Se llama acomodación a la capacidad del ojo para enfocar automáticamente objetos situados a diferentes distancias. Esta función se lleva a cabo en el cristalino que varía su forma al efecto. Pero esta capacidad se va perdiendo con los años debido a la pérdida de elasticidad que sufre; es lo que se conoce como presbicia o vista cansada y hace que aumente la distancia focal y la cantidad de luz mínima necesaria para formar una imagen nítida.

La adaptación.

La adaptación es la facultad del ojo para ajustarse automáticamente a cambios en los niveles de iluminación. Se debe a la capacidad del iris para regular la abertura de la pupila y a cambios fotoquímicos en la retina. Para pasar de ambientes oscuros a luminosos el proceso es muy rápido pero en caso contrario es mucho más lento. Al cabo de un minuto se tiene una adaptación aceptable. A medida que pasa el tiempo, vemos mejor en la oscuridad y a la media hora ya vemos bastante bien. La adaptación completa se produce pasada una hora (figura 2.3).

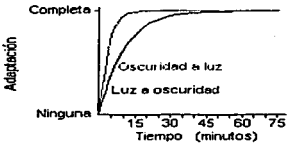


Figura 2.3 Curva de adaptación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El campo visual.

Volviendo al ejemplo de la cámara de fotos, el ojo humano también dispone de un campo visual. Cada ojo ve aproximadamente 150° sobre el plano horizontal y con la superposición de ambos se abarcan los 180°. Sobre el plano vertical sólo son unos 130°, 60° por encima de la horizontal y 70° por debajo (figura 2.4).

El campo visual de cada ojo es de tipo monocular, sin sensación de profundidad, siendo la visión en la zona de superposición de ambos campos del tipo binocular. La sensación de profundidad o visión tridimensional se produce en el cerebro cuando este superpone e interpreta ambas imágenes.

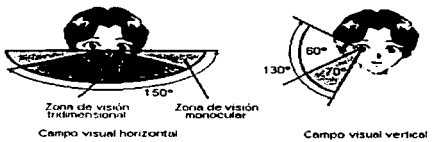


Figura 2.4 Campo visual.

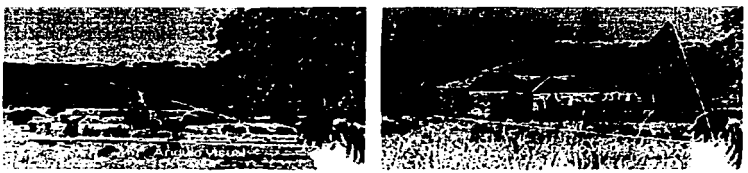
2.1.2 Factores que influyen en la visión.

Los factores externos que influyen sobre la formación de una buena imagen en la retina pueden dividirse en dos clases: los subjetivos y los objetivos. Los primeros dependen del propio individuo como su salud visual (depende de la edad y del deterioro de la vista), el nivel de atención en lo que mira, si está en reposo o en movimiento o la comodidad visual (nivel de iluminación y deslumbramiento). Mientras que los segundos dependen de lo que estemos mirando, del objeto visual. Los factores objetivos son el tamaño, la agudeza visual, el contraste y el tiempo.

El tamaño.

El tamaño aparente de un cuerpo en relación con el resto de los elementos que forman el campo visual es un factor importante para distinguirlo con rapidez. Si analizamos las fotos, vemos que la iglesia de la foto de la izquierda parece más pequeña que la de la derecha. Comparada con otros objetos más cercanos, como el árbol que hay en primer plano, parece pequeña. Pero vista de cerca parece muy grande. ¿Qué ha ocurrido si el tamaño real del edificio es el mismo? Lo que ha pasado es que el ángulo visual del ojo abarcado por la construcción respecto al ocupado por el fondo ha aumentado (figura 2.5).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Objeto lejano. Objeto cercano.

Figura 2.5 El tamaño.

La agudeza visual.

La agudeza visual es la capacidad de distinguir entre objetos muy próximos entre sí. Es una medida del detalle más pequeño que podemos diferenciar y está muy influenciada por el nivel de iluminación. Si este es bajo como ocurre de noche cuesta mucho distinguir cosas al contrario de lo que ocurre de día.

El contraste.

El contraste se produce por diferencias entre colores o luminancias (porción de luz reflejada por un cuerpo que llega al ojo) entre un elemento del campo visual y el resto. Mientras mayor sea mejor lo veremos, más detalles distinguiremos y menos fatigaremos la vista. Una buena iluminación ayudará mucho y puede llegar a compensar bajos contrastes en colores aumentando la luminancia (figura 2.6).

Figura 2.6 Contraste de luminancias.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El tiempo.

Como ya sabemos el ojo dispone de mecanismos para enfocar la imagen y transmitirla al cerebro. Este proceso no es instantáneo y requiere un cierto tiempo. Esta inercia es lo que nos permite disfrutar del cine, la televisión o los dibujos animados que no son más que una serie de imágenes estáticas. Si, por el contrario, el objeto está en movimiento y hay un alto nivel de iluminación, la inercia visual provocará la impresión de una sucesión de imágenes fijas como ocurre en las discotecas.

Es el llamado efecto estroboscópico que fuera de estos usos se debe evitar. Por otro lado, mientras más tiempo dispongamos para ver una imagen, más nítida y detallada será. Con una buena iluminación podremos reducirlo y aumentar la velocidad de percepción.

El ojo humano no es igual de sensible a todas las longitudes de onda que forman la luz diurna. De hecho, tiene su máximo para un valor de 555 nm que corresponde a un tono amarillo verdoso. A medida que nos alejamos del máximo hacia los extremos del espectro (rojo y violeta) esta va disminuyendo. Es por ello que las señales de peligro y advertencia, la iluminación de emergencia o las luces antiniebla son de color amarillo.

El color como fenómeno sensorial.

El color como otras sensaciones que percibimos a través de los sentidos está sometida a criterios de análisis subjetivos. Depende de las preferencias personales, su relación con otros colores y formas dentro del campo visual (el contraste, la extensión que ocupa, la iluminación recibida, la armonía con el ambiente...), el estado de ánimo y de salud, etc. Tradicionalmente distinguimos entre colores fríos y cálidos. Los primeros son los violetas, azules y verdes oscuros. Dan la impresión de frescor, tristeza, recogimiento y reducción del espacio. Por contra, los segundos, amarillos, naranjas, rojos y verdes claros, producen sensaciones de alegría, ambiente estimulante y acogedor y de amplitud de espacio. Como se muestra en la siguiente tabla:

Sensaciones asociadas a los colores.

Blanco	Frialdad, higiene, neutralidad.
Amarillo	Actividad, impresión, nerviosismo.
Verde	Calma, reposo, naturaleza.
Azul	Frialdad.
Negro	Inquietud, tensión.
Marrón	Calidez, relajación.
Rojo	Calidez intensa, excitación, estimulante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 3

Fotometría

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como ya hablamos mencionado anteriormente, la luz es una forma de radiación electromagnética comprendida entre los 350 nm y los 750 nm de longitud de onda a la que es sensible el ojo humano. Pero esta sensibilidad no es igual en todo el intervalo y tiene su máximo para 555 nm (amarillo-verdoso) descendiendo hacia los extremos (violeta y rojo). Con la fotometría pretendemos definir herramientas de trabajo, magnitudes y gráficos para la luz, con las que podremos realizar los cálculos de iluminación.

3.1 Magnitudes y unidades de medida.

No toda la luz emitida por una fuente llega al ojo y produce sensación luminosa, ni toda la energía que consume, por ejemplo, una bombilla se convierte en luz. Todo esto se ha de evaluar de alguna manera y para ello definiremos nuevas magnitudes: el flujo luminoso, la intensidad luminosa, la iluminancia, la luminancia, el rendimiento o eficiencia luminosa y la cantidad de luz.

- **Flujo luminoso.**

Cuando hablamos de 25 W o 60 W nos referimos sólo a la potencia consumida por la bombilla de la cual solo una parte se convierte en luz visible, es el llamado flujo luminoso. Podríamos medirlo en watts (W), pero parece más sencillo definir una nueva unidad, el lumen, que tome como referencia la radiación visible.

Se define el flujo luminoso como la potencia (W) emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Su símbolo es Φ y su unidad es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama equivalente luminoso de la energía y equivale a:

1 watt-luz a 555 nm = 683 lm

Flujo luminoso — Símbolo: Φ — Unidad: lumen (lm)

- **Intensidad luminosa.**

El flujo luminoso nos da una idea de la cantidad de luz que emite una fuente de luz, por ejemplo una bombilla, en todas las direcciones del espacio. Por contra, si pensamos en un proyector es fácil ver que sólo ilumina en una dirección (figura 3.1). Parece claro que necesitamos conocer cómo se distribuye el flujo en cada dirección del espacio y para eso definimos-la-intensidad-luminosa.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

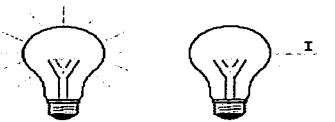


Figura 3.1 Diferencia entre flujo e intensidad luminosa.

Se conoce como intensidad luminosa al flujo luminoso emitido por unidad de *ángulo sólido*[1] en una dirección concreta. Su símbolo es I y su unidad la candela (cd).

---

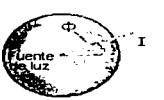
[1] *Angulo sólido* :Para explicar el ángulo sólido (ω) pensemos en un punto O situado a una distancia r de una superficie S no necesariamente plana. Ahora, formemos un cono con vértice en O cuyas generatrices pasen por el contorno de S. A continuación hagamos una esfera de radio uno con centro en O. Al área de la superficie de la esfera interceptada por el cono (en rojo en el dibujo de abajo) se la conoce por ángulo sólido y su valor es: $\omega = S/r^2$. Su unidad es el estereorradián (sr).

Intensidad luminosa

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

Símbolo: I

Unidad: candela (cd)



- **Iluminancia.**

Si se pone la mano delante de la linterna podemos ver esta fuertemente iluminada por un círculo pequeño y si se ilumina una pared lejana el circulo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia recoge muy bien el concepto de iluminancia (figura 3.2).

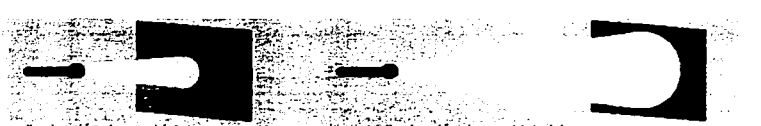


Figura 3.2 Concepto de iluminancia.

Se define iluminancia como el flujo luminoso recibido por una superficie. Su símbolo es E y su unidad el lux (lx) que es un lm/m^2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Iluminancia	Símbolo: E	$lux = \frac{lumen}{m^2}$
$E = \frac{\Phi}{S}$	Unidad: lux (lx)	

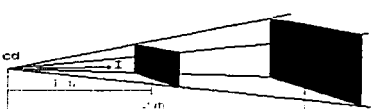
Existe también otra unidad, el *foot-candle* (fc), utilizada en países de habla inglesa cuya relación con el lux es:

$$1\ fc \approx 10\ lx$$
$$1\ lx \approx 0.1\ fc$$

En el ejemplo de la linterna ya pudimos ver que la iluminancia depende de la distancia del foco al objeto iluminado. Lo que ocurre con la iluminancia se conoce por la ley inversa de los cuadrados que relaciona la intensidad luminosa (I) y la distancia a la fuente. Esta ley solo es válida si la dirección del rayo de luz incidente es perpendicular a la superficie (figura 3.3).

Figura 3.3

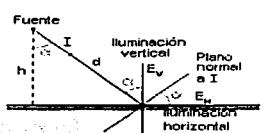
Ley inversa de los cuadrados $E = \frac{I}{r^2}$



$$\text{Iluminancia} = \frac{\text{Intensidad luminosa}}{\text{Cuadrado distancia}}$$

$$\text{Foco} \xrightarrow{I} \quad r \quad (S)$$

¿Qué ocurre si el rayo no es perpendicular? En este caso hay que descomponer la iluminancia recibida en una componente horizontal y en otra vertical a la superficie (figura 3.4).



$$E_H = \frac{I \cdot \cos\alpha}{d^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \sin\alpha}{d^2} = E_H \cdot \tan\alpha$$

Figura 3.4

A la componente horizontal de la iluminancia (E_H) se le conoce como la ley del coseno. Es fácil ver que si $\alpha = 0$ nos queda la ley inversa de los cuadrados. Si expresamos E_H y E_V en función de la distancia del foco a la superficie (h) nos queda:

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

$$E_H = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

$$E_V = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2}$$

- **Luminancia.**

Hasta ahora hemos hablado de magnitudes que informan sobre propiedades de las fuentes de luz (flujo luminoso o intensidad luminosa) o sobre la luz que llega a una superficie (iluminancia). Pero no hemos dicho nada de la luz que llega al ojo que a fin de cuentas es la que vemos. De esto trata la luminancia. Tanto en el caso que veamos un foco luminoso como en el que veamos luz reflejada procedente de un cuerpo la definición es la misma.

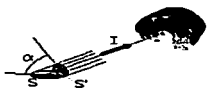
Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la *superficie aparente*[2] vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la cd/m^2. También es posible encontrar otras unidades como el stilb (1 sb = 1 cd/m^2) o el nit (1 nt = 1 cd/cm^2)

---

[2] *Superficie aparente.* Se conoce por superficie aparente S' vista desde una dirección determinada a la proyección de una superficie S sobre un plano perpendicular a dicha dirección. El valor del área proyectada es: $S' = S \cdot \cos \alpha$; donde α es el ángulo formado por las superficies S y S'. Si conocemos el ángulo β entre S y la dirección dada su relación con α es: $\alpha = 90-\beta$. (figura 3.5).

Figura 3.5

Luminancia	Símbolo: L
$L = \frac{I}{S_{aparente}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha}$	Unidad: cd/m^2

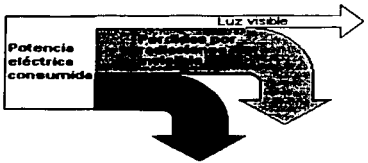


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa.**

Ya habíamos mencionado que no toda la energía eléctrica consumida por una lámpara (bombilla, fluorescente, etc.) se transformaba en luz visible. Parte se pierde por calor, parte en forma de radiación no visible (infrarrojo o ultravioleta). (Figura 3.6).

Figura 3.6 Rendimiento luminoso.



Para hacernos una idea de la porción de energía útil definimos el rendimiento luminoso como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W, 60 W...). Mientras mayor sea mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por watt (lm/W):

Rendimiento luminoso Símbolo: η

$$\eta = \frac{\Phi}{W}$$

Unidad: lm / W

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$$

3.2 Gráficos y Diagramas de Iluminación.

Los gráficos y tablas son una potente herramienta de trabajo para el proyectista pues dan una información precisa de la forma del haz de luz de una lámpara o luminaria.

Cuando se habla de magnitudes y unidades de medida se definen una serie de términos y leyes que describen el comportamiento de la luz y sirven como herramientas de cálculo, otras herramientas de trabajo, que describan mejor la realidad son las tablas, gráficos o programas informáticos. Los cuales nos darán información de la forma de la distribución del flujo luminoso que dependerá de las características de las lámparas y las luminarias empleadas (figura 3.7).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.7 Influencia de la luminaria en la forma del haz de luz.

A continuación veremos los gráficos más habituales en luminotecnia:

- **Diagrama polar o curva de distribución luminosa.**

En estos gráficos la intensidad luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas (I,C,γ). La primera de ellas I representa el valor numérico de la intensidad luminosa en candelas e indica la longitud del vector mientras las otras señalan la dirección. El ángulo C nos dice en qué plano vertical estamos y γ mide la inclinación respecto al eje vertical de la luminaria.

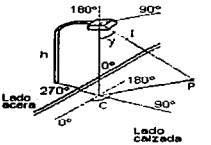


Figura 3.8

En este último, 0° señala la vertical hacia abajo, 90° la horizontal y 180° la vertical hacia arriba. Los valores de C utilizados en las gráficas no se suelen indicar salvo para el alumbrado público. En este caso, los ángulos entre 0° y 180° quedan en el lado de la calzada y los comprendidos entre 180° y 360° en la acera; 90° y 270° son perpendiculares al bordillo y caen respectivamente en la calzada y en la acera (figura 3.8).

Con un sistema de tres coordenadas es fácil pensar que más que una representación plana tendríamos una tridimensional. De hecho, esto es así y si representamos en el espacio todos los vectores de la intensidad luminosa en sus respectivas direcciones y uniéramos después sus extremos, obtendríamos un cuerpo llamado sólido fotométrico. Pero como trabajar en tres dimensiones es muy incómodo, se corta el sólido con planos verticales para diferentes valores de C (suelen ser uno, dos, tres o más dependiendo de las simetrías de la figura) y se reduce a la representación plana de las curvas más características.

En la curva de distribución luminosa, los radios representan el ángulo γ y las circunferencias concéntricas el valor de la intensidad en candelas. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo C, solo se suelen representar los planos verticales correspondientes a los planos de simetría y los transversales a estos (C = 0° y C = 90°) y aquel en que la lámpara tiene su máximo de intensidad. (figura 3.9) Para evitar tener que hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de esta, los gráficos se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso real de la lámpara por la lectura en el gráfico y dividirlo por 1000 lm.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$I_{real} = \Phi_{lámpara} \cdot \frac{I_{gráfico}}{1000}$$

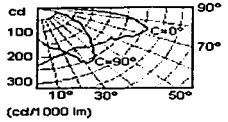


Figura 3.9 Curva de distribución.

- **Diagramas Isocandela.**

A pesar de que las curvas de distribución luminosa son herramientas muy útiles y prácticas, presentan el gran inconveniente de que sólo nos dan información de lo que ocurre en unos pocos planos meridionales (para algunos valores de C) y no sabemos a ciencia cierta qué pasa en el resto. Para evitar estos inconvenientes y conjugar una representación plana con información sobre la intensidad en cualquier dirección se definen las curvas isocandela.

En los diagramas isocandelas se representan en un plano, mediante curvas de nivel, los puntos de igual valor de la intensidad luminosa. Cada punto indica una dirección del espacio definida por dos coordenadas angulares. Según cómo se escojan estos ángulos, distinguiremos dos casos:

- Proyectores para alumbrado por proyección.
- Luminarias para alumbrado público. Proyección azimutal de Lambert.

En los proyectores se utiliza un sistema de coordenadas rectangulares con ángulos en lugar de las típicas x e y. Para situar una dirección se utiliza un sistema de meridianos y paralelos similar al que se usa con la Tierra. El paralelo 0° se hace coincidir con el plano horizontal que contiene la dirección del haz de luz y el meridiano 0° con el plano perpendicular a este. Cualquier dirección, queda pues, definida por sus dos coordenadas angulares. Conocidas estas, se sitúan los puntos sobre el gráfico y se unen aquellos con igual valor de intensidad luminosa formando las líneas isocandelas (figura 3.10)

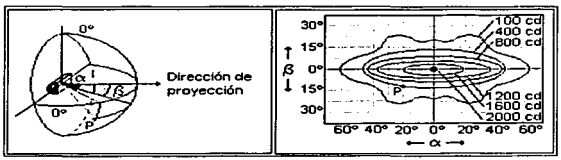


Figura 3.10 Líneas isocandelas para proyectores.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En las luminarias para alumbrado público, para definir una dirección, se utilizan los ángulos C y γ usados en los diagramas polares. Se supone la luminaria situada dentro de una esfera y sobre ella se dibujan las líneas isocandelas (figura 3.11). Los puntos de las curvas se obtienen por intersección de los vectores de intensidad luminosa con la superficie de esta. Para la representación plana de la superficie se recurre a la proyección azimutal de Lambert.

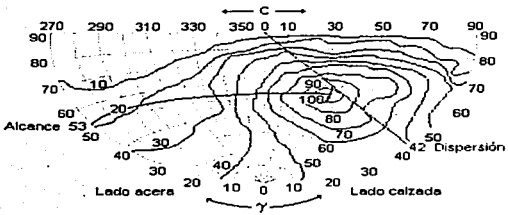


Figura 3.11 Líneas isocandelas para alumbrado publico.

Proyección azimutal de Lambert.

En la proyección azimutal de Lambert se proyecta cada hemisferio, desde el polo opuesto, sobre un plano situado en el otro polo. Operando así, se obtiene un semicírculo donde el Ecuador y el meridiano central se representan con dos diámetros y el resto de meridianos y paralelos con arcos de circunferencia. (figura 3.12)

Este sistema presenta la ventaja de que las áreas representadas no se deforman y son proporcionales a las originales, cumpliéndose que superficies iguales representan ángulos sólidos iguales.

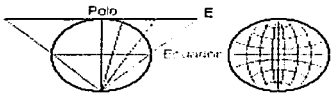


Figura 3.12 Proyección azimutal de Lambert.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En estos gráficos, los meridianos representan el ángulo C, los paralelos γ y las intensidades, líneas rojas, se reflejan en tanto por ciento de la intensidad máxima. Como en este tipo de proyecciones las superficies son proporcionales a las originales, el flujo luminoso se calcula como el producto del área en el diagrama (en estereorradianes) por la intensidad luminosa en ésta área.

Además de intensidades y flujos, este diagrama informa sobre el alcance y la dispersión de la luminaria. El alcance da una idea de la distancia longitudinal máxima que alcanza el haz de luz en la calzada mientras que la dispersión se refiere a la distancia transversal.

- **Curvas isolux.**

Las curvas antes vistas (diagramas polares e isocandelas) se obtienen a partir de características de la fuente luminosa, flujo o intensidad luminosa, y dan información sobre la forma y magnitud de la emisión luminosa de esta. Por contra, las curvas isolux hacen referencia a las iluminancias, flujo luminoso recibido por una superficie, datos que se obtienen experimentalmente o por calculo a partir de la matriz de intensidades usando la fórmula:

$$E_H = \frac{I(C,\gamma)}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma$$

Estos gráficos son muy útiles porque dan información sobre la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo y son utilizadas especialmente en el alumbrado público donde de un vistazo nos podemos hacer una idea de como iluminan las farolas la calle (figura 3.13).

Lo más habitual es expresar las curvas isolux en valores absolutos definidos para una lámpara de 1000 lm y una altura de montaje de 1 m.

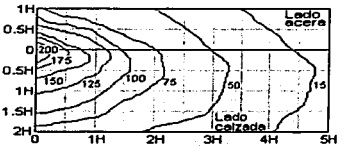


Figura 3.13

Los valores reales se obtienen a partir de las curvas usando la expresión:

$$E_{H_{real}} = E_{curva} \cdot \frac{\Phi_{L_{real}}}{1000} \cdot \frac{1^2}{H^2}$$

También puede expresarse en valores relativos a la iluminancia máxima (100%) para cada altura de montaje. Los valores reales de la iluminancia se calculan entonces como:

$$E_{real} = E_{curva} \cdot E_{máx}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

con:

$$E_{max} = a \cdot \frac{\Phi_{L_{real}}}{H^2}$$

siendo, "a" un parámetro suministrado con las gráficas.

3.3 Lámparas.

Para iluminar espacios carentes de luz es necesaria la presencia de fuentes de luz artificiales (las lámparas) y aparatos que sirvan de soporte y distribuyan adecuadamente la luz (las luminarias). De ésta forma es posible vencer las limitaciones que la naturaleza impone a las actividades humanas.

Enumeraremos los tipos de lámparas existentes, así como las características propias de cada una de ellas.

3.3.1 Lámparas Incandescentes.

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

- **La incandescencia.**

Todos los cuerpos calientes emiten energía en forma de radiación electromagnética. Mientras más alta sea su temperatura mayor será la energía emitida y la porción del espectro electromagnético ocupado por las radiaciones emitidas. Si el cuerpo pasa la temperatura de incandescencia una buena parte de estas radiaciones caerán en la zona visible del espectro y obtendremos luz.

La incandescencia se puede obtener de dos maneras. La primera es por combustión de alguna sustancia, ya sea sólida como una antorcha de madera, líquida como en una lámpara de aceite o gaseosa como en las lámparas de gas. La segunda es pasando una corriente eléctrica a través de un hilo conductor muy delgado como ocurre en las bombillas corrientes. Tanto de una forma como de otra, obtenemos luz y calor. En general los rendimientos de este tipo de lámparas son bajos debido a que la mayor parte de la energía consumida se convierte en calor (figura 3.14).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

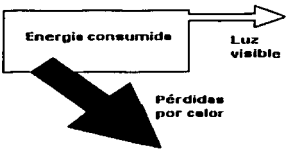


Figura 3.14 Rendimiento de una lámpara incandescente.

La producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional, y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo. De esta manera se garantiza una buena reproducción de los colores de los objetos iluminados.

Características de una lámpara incandescente.

Entre los parámetros que sirven para definir una lámpara tenemos las características fotométricas: la intensidad luminosa, el flujo luminoso y el rendimiento o eficiencia. Además de estas, existen otros que nos informan sobre la calidad de la reproducción de los colores y los parámetros de duración de las lámparas.

- **Características de duración.**

La duración de una lámpara viene determinada básicamente por la temperatura de trabajo del filamento. Mientras más alta sea esta, mayor será el flujo luminoso pero también la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las partículas evaporadas, cuando entren en contacto con las paredes se depositarán sobre estas, ennegreciendo la ampolla. De esta manera se verá reducido el flujo luminoso por ensuciamiento de la ampolla. Pero, además, el filamento se habrá vuelto más delgado por la evaporación del tungsteno que lo forma y se reducirá, en consecuencia, la corriente eléctrica que pasa por él, la temperatura de trabajo y el flujo luminoso. Esto seguirá ocurriendo hasta que finalmente se rompa el filamento. A este proceso se le conoce como depreciación luminosa.

Para determinar la **vida de una lámpara** disponemos de diferentes parámetros según las condiciones de uso definidas.

La **vida individual** es el tiempo transcurrido en horas hasta que una lámpara se estropea, trabajando en unas condiciones determinadas.

La **vida promedio** es el tiempo transcurrido hasta que se produce el fallo de la mitad de las lámparas de un lote representativo de una instalación, trabajando en unas condiciones determinadas.

La **vida útil** es el tiempo estimado en horas tras el cual es preferible sustituir un conjunto de lámparas de una instalación a mantenerlas. Esto se hace por motivos económicos y para evitar una disminución excesiva en los niveles de iluminación en la instalación debido a la depreciación que sufre el flujo luminoso con el tiempo. Este valor sirve para establecer los periodos de reposición de las lámparas de una instalación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La **vida media** es el tiempo medio que resulta tras el análisis y ensayo de un lote de lámparas trabajando en unas condiciones determinadas.

La duración de las lámparas incandescentes está normalizada; siendo de unas 1000 horas para las normales, para las halógenas es de 2000 horas para aplicaciones generales y de 4000 horas para las especiales.

- **Factores externos que influyen en el funcionamiento de las lámparas incandescentes.**

Los factores externos que afectan al funcionamiento de las lámparas son la temperatura del entorno dónde esté situada la lámpara y las desviaciones en la tensión nominal en los bornes.

La **temperatura ambiente** no es un factor que influya demasiado en el funcionamiento de las lámparas incandescentes, pero sí se ha de tener en cuenta para evitar deterioros en los materiales empleados en su fabricación. En las lámparas normales hay que tener cuidado de que la temperatura de funcionamiento no exceda de los 200° C para el casquillo y los 370° C para el bulbo en el alumbrado general. Esto será de especial atención si la lámpara está alojada en luminarias con mala ventilación. En el caso de las lámparas halógenas es necesario una temperatura de funcionamiento mínima en el bulbo de 260° C para garantizar el ciclo regenerador del wolframio. En este caso la máxima temperatura admisible en la ampolla es de 520° C para ampollas de vidrio duro y 900° C para el cuarzo.

Las **variaciones de la tensión** se producen cuando aplicamos a la lámpara una tensión diferente de la tensión nominal para la que ha sido diseñada. Cuando aumentamos la tensión aplicada se produce un incremento de la potencia consumida y del flujo emitido por la lámpara pero se reduce la duración de la lámpara (Figura 3.15). Análogamente, al reducir la tensión se produce el efecto contrario.

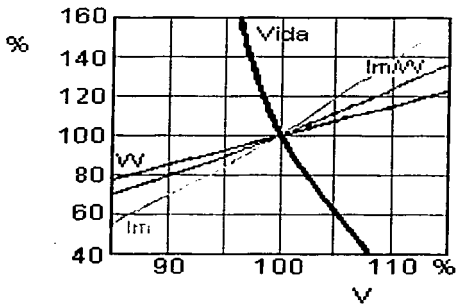
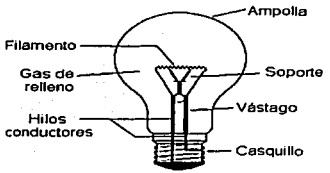


Figura 3.15 Efecto de las variaciones de tensión (%) sobre las características de funcionamiento de las lámparas incandescentes

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Partes de una lámpara incandescente.**

Las lámparas incandescentes están formadas por un hilo de wolframio que se calienta por efecto Joule alcanzando temperaturas tan elevadas que empieza a emitir luz visible. Para evitar que el filamento se queme en contacto con el aire, se rodea con una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado con un gas. El conjunto se completa con unos elementos con funciones de soporte y conducción de la corriente eléctrica y un casquillo normalizado que sirve para conectar la lámpara a la luminaria (figura 3.16).



Partes de una bombilla

Figura 3.16.

- **Ampolla o bulbo.**

La ampolla es una cubierta de vidrio que da forma a la lámpara y protege el filamento del aire exterior evitando que se queme. Si no fuera así, el oxígeno del aire oxidaría el material del filamento destruyéndolo de forma inmediata. Las ampollas pueden ser de vidrio transparente, de vidrio blanco translúcido o de colores proporcionando en este último caso una luz de color monocromática en lugar de la típica luz blanca (figura 3.17).

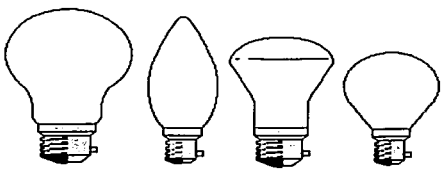


Figura 3.17 Algunas formas típicas de ampollas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Filamento.**

Para que una lámpara incandescente emita luz visible, es necesario calentar el filamento hasta temperaturas muy elevadas. Esto se consigue pasando una corriente eléctrica a través de un material conductor por efecto Joule.

Como la temperatura depende de la resistencia eléctrica es necesario que esta última sea muy elevada. Para conseguirlo podemos actuar de dos formas. En primer lugar que el filamento esté compuesto por un hilo muy largo y delgado; de esta manera los electrones tendrán más dificultad para pasar por el cable y aumentará la resistencia. Y la segunda posibilidad es emplear un material que tenga una resistividad eléctrica elevada.

También es muy importante que el filamento tenga un punto de fusión alto y una velocidad de evaporación lenta que evite un rápido desgaste por desintegración del hilo. De esta manera se pueden alcanzar temperaturas de funcionamiento más altas y, por tanto, mayores eficacias.

Para mejorar la eficacia luminosa de las lámparas se arrolla el filamento en forma de doble espiral. De esta manera se consigue que emitiendo la misma cantidad de luz, el filamento presente una menor superficie de intercambio de calor con el gas que rellena la ampolla, por lo que las pérdidas por este motivo se reducen al mínimo.

En la actualidad el material más empleado para los filamentos es el tungsteno o wolframio (W) por sus elevadas prestaciones que se ajustan a los requisitos exigidos además de ser una materia prima asequible.

- **Soporte del filamento: vástago, varillas de soporte e hilos conductores.**

El filamento está fijado a la lámpara por un conjunto de elementos que tienen misiones de sujeción y conducción de la electricidad.

Los hilos conductores transportan la electricidad desde el casquillo a los hilos de soporte a través del vástago. Para evitar el deterioro de las varillas de soporte es necesario un material, normalmente se usa el molibdeno, que aguante las altas temperaturas y no reaccione químicamente con el tungsteno del filamento.

El vástago es de vidrio con plomo, un material con excelentes propiedades de aislante eléctrico, que mantiene separada la corriente de los dos conductores que lo atraviesan. Además, y gracias a su interior hueco sirve para hacer el vacío en la ampolla y rellenarla de gas (cuando se requiera).

- **Gas de relleno.**

Aunque antiguamente se hacía el vacío en el interior de la ampolla, en la actualidad se rellena con un gas inerte por las ventajas que presenta. Con el gas se consigue reducir la evaporación del filamento e incrementar la temperatura de trabajo de la lámpara y el flujo luminoso emitido. Los gases más utilizados son el nitrógeno en pequeñas proporciones que evita la formación de arcos y el argón que reduce la velocidad de evaporación del material que forma el filamento. Las proporciones empleadas varían según la aplicación de la lámpara y la tensión de trabajo. Aumentando la presión del gas se consigue, además, disminuir la evaporación del filamento y aumentar la eficacia luminosa y vida de la lámpara.

- **Casquillo.**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El casquillo cumple dos importantes funciones en la lámpara. Por un lado, sirve para conectar el filamento a la corriente eléctrica proveniente del portalámparas. Y por el otro, permite la sujeción de la lámpara a la luminaria evitando su deterioro. En su fabricación se usan habitualmente el latón, el aluminio o el níquel.

Los casquillos empleados en alumbrado general son de dos tipos: Edison (E) y Bayoneta (B) figura 3.18. Para su nomenclatura se utiliza la inicial de la clase seguida del diámetro en milímetros. Por ejemplo, E25 quiere decir que tenemos una lámpara con casquillo Edison de 25 mm de diámetro.

Casquillo de rosca | Casquillo de bayoneta

Figura 3.18.

Clasificación.

Existen dos tipos de lámparas incandescentes: las que contienen un gas halógeno en su interior y las que no lo contienen:

- **Lámparas no halógenas.**

Entre las lámparas incandescentes no halógenas podemos distinguir las que se han rellenado con un gas inerte de aquellas en que se ha hecho el vacío en su interior. La presencia del gas supone un notable incremento de la eficacia luminosa de la lámpara dificultando la evaporación del material del filamento y permitiendo el aumento de la temperatura de trabajo del filamento. Las lámparas incandescentes tienen una duración normalizada de 1000 horas, una potencia entre 25 y 2000 W y unas eficacias entre 7.5 y 11 lm/W para las lámparas de vacío y entre 10 y 20 para las rellenas de gas inerte. (Esta comparación podemos apreciarla en la tabla de abajo). En la actualidad predomina el uso de las lámparas con gas, reduciéndose el uso de las de vacío a aplicaciones ocasionales en alumbrado general con potencias de hasta 40 W.

	Lámparas con gas	Lámparas de vacío
Temperatura del filamento	2500 °C	2100 °C
Eficacia luminosa de la lámpara	10-20 lm/W	7.5-11 lm/W
Duración	1000 horas	1000 horas
Pérdidas de calor	Convección y radiación	Radiación

- **Lámparas halógenas de alta y baja tensión.**

En las lámparas incandescentes normales, con el paso del tiempo, se produce una disminución significativa del flujo luminoso. Esto se debe, en parte, al ennegrecimiento de la ampolla por culpa de la evaporación de partículas de wolframio del filamento y su posterior condensación sobre la ampolla.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Agregando una pequeña cantidad de un compuesto gaseoso con halógenos (cloro, bromo o yodo), normalmente se usa el CH_2Br_2, al gas de relleno se consigue establecer un ciclo de regeneración del halógeno que evita el ennegrecimiento. Cuando el tungsteno (W) se evapora se une al bromo formando el bromuro de wolframio (WBr_2). Como las paredes de la ampolla están muy calientes (más de 260 °C) no se deposita sobre estas y permanece en estado gaseoso. Cuando el bromuro de wolframio entra en contacto con el filamento, que está muy caliente, se descompone en W que se deposita sobre el filamento y Br que pasa al gas de relleno. Y así, el ciclo vuelve a empezar (figura 3.19).

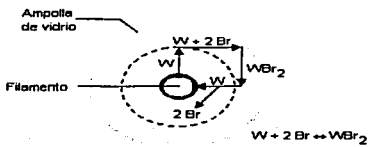


Figura 3.19 Ciclo del halógeno.

El funcionamiento de este tipo de lámparas requiere de temperaturas muy altas para que pueda realizarse el ciclo del halógeno. Por eso, son más pequeñas y compactas que las lámparas normales y la ampolla se fabrica con un cristal especial de cuarzo que impide manipularla con los dedos para evitar su deterioro.

Tienen una eficacia luminosa de 22 lm/W con una amplia gama de potencias de trabajo (150 a 2000W) según el uso al que estén destinadas.

3.3.2 Lámparas de Descarga.

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

- **Funcionamiento.**

En las lámparas de descarga, la luz se consigue estableciendo una corriente eléctrica entre dos electrodos situados en un tubo lleno con un gas o vapor ionizado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

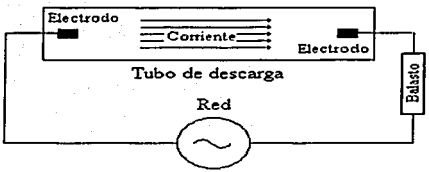


Figura 3.20 Funcionamiento de una lámpara de descarga

En el interior del tubo, se producen descargas eléctricas como consecuencia de la diferencia de potencial entre los electrodos (figura 3.20). Estas descargas provocan un flujo de electrones que atraviesa el gas. Cuando uno de ellos choca con los electrones de las capas externas de los átomos les transmite energía y pueden suceder dos cosas.

La primera posibilidad es que la energía transmitida en el choque sea lo suficientemente elevada para poder arrancar al electrón de su orbital. Este, puede a su vez, chocar con los electrones de otros átomos repitiendo el proceso. Si este proceso no se limita, se puede provocar la destrucción de la lámpara por un exceso de corriente.

La otra posibilidad es que el electrón no reciba suficiente energía para ser arrancado. En este caso, el electrón pasa a ocupar otro orbital de mayor energía. Este nuevo estado acostumbra a ser inestable y rápidamente se vuelve a la situación inicial. Al hacerlo, el electrón libera la energía extra en forma de radiación electromagnética, principalmente ultravioleta (UV) o visible. Un electrón no puede tener un estado energético cualquiera, sino que sólo puede ocupar unos pocos estados que vienen determinados por la estructura atómica del átomo. Como la longitud de onda de la radiación emitida es proporcional a la diferencia de energía entre los estados inicial y final del electrón y los estados posibles no son infinitos, es fácil comprender que el espectro de estas lámparas sea discontinuo (Figura 3.21).

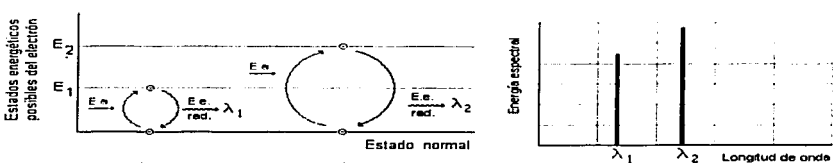


Figura 3.21 Relación entre los estados energéticos de los electrones y las franjas visibles en el espectro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La consecuencia de esto es que la luz emitida por la lámpara no es blanca (por ejemplo en las lámparas de sodio a baja presión es amarillenta). Por lo tanto, la capacidad de reproducir los colores de estas fuentes de luz es, en general, peor que en el caso de las lámparas incandescentes que tienen un espectro continuo. Es posible, recubriendo el tubo con sustancias fluorescentes, mejorar la reproducción de los colores y aumentar la eficacia de las lámparas convirtiendo las nocivas emisiones ultravioletas en luz visible.

- **Elementos auxiliares.**

Para que las lámparas de descarga funcionen correctamente es necesario, en la mayoría de los casos, la presencia de unos elementos auxiliares: cebadores y balastros. Los **cebadores** o **ignitores** son dispositivos que suministran un breve pico de tensión entre los electrodos del tubo, necesario para iniciar la descarga y vencer así la resistencia inicial del gas a la corriente eléctrica. Tras el encendido, continua un periodo transitorio durante el cual el gas se estabiliza y que se caracteriza por un consumo de potencia superior al nominal.

Los **balastros**[3] , por contra, son dispositivos que sirven para limitar la corriente que atraviesa la lámpara y evitar así un exceso de electrones circulando por el gas que aumentaría el valor de la corriente hasta producir la destrucción de la lámpara.

- **Eficacia.**

Al establecer la eficacia de este tipo de lámparas hay que diferenciar entre la eficacia de la fuente de luz y la de los elementos auxiliares necesarios para su funcionamiento que depende del fabricante. En las lámparas, las pérdidas se centran en dos aspectos: las pérdidas por calor y las pérdidas por radiaciones no visibles (ultravioleta e infrarrojo) figura 3.22. El porcentaje de cada tipo dependerá de la clase de lámpara con que trabajemos.

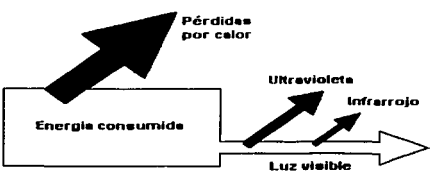


Figura 3.22 Balance energético de una lámpara de descarga.

La eficacia de las lámparas de descarga oscila entre los 19-28 lm/W de las lámparas de luz de mezcla y los 100-183 lm/W de las de sodio a baja presión. La siguiente tabla nos muestra una comparación:

[3] Véase capítulo 3.5 .

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tipo de lámpara	Eficacia sin balastro (lm/W)
Fluorescentes	38-91
Luz de mezcla	19-28
Mercurio a alta presión	40-63
Aditivos metálicos	75-95
Sodio a baja presión	100-183
Sodio a alta presión	70-130

- **Características cromáticas.**

Debido a la forma discontinua del espectro de estas lámparas, la luz emitida es una mezcla de unas pocas radiaciones monocromáticas; en su mayor parte en la zona ultravioleta (UV) o visible del espectro (figura 3.23). Esto hace que la reproducción del color no sea muy buena y su rendimiento en color tampoco.

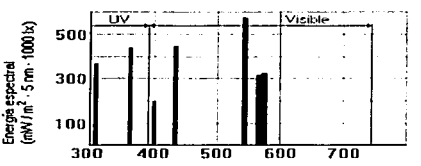


Figura 3.23 Ejemplo del espectro de una lámpara de descarga.

Para solucionar este problema podemos tratar de completar el espectro con radiaciones de longitudes de onda distintas a las de la lámpara. La primera opción es combinar en una misma lámpara dos fuentes de luz con espectros que se complementen como ocurre en las lámparas de luz de mezcla (incandescencia y descarga). También podemos aumentar la presión del gas. De esta manera se consigue aumentar la anchura de las líneas del espectro de manera que formen bandas anchas y más próximas entre sí. Otra solución es añadir sustancias sólidas al gas, que al vaporizarse emitan radiaciones monocromáticas complementarias. Por último, podemos recubrir la pared interna del tubo con una sustancia fluorescente que conviertan los rayos ultravioletas en radiaciones visibles.

- **Caracteristicas de duración.**

Hay dos aspectos básicos que afectan a la duración de las lámparas. El primero es la depreciación del flujo. Este se produce por ennegrecimiento de la superficie del tubo donde se va depositando el material emisor de electrones que recubre los electrodos. En aquellas lámparas que usan sustancias fluorescentes otro factor es la perdida gradual de la eficacia de estas sustancias.

El segundo es el deterioro de los componentes de la lámpara que se debe a la degradación de los electrodos por agotamiento del material emisor que los recubre. Otras causas son un cambio gradual de la composición del gas de relleno y las fugas de gas en lámparas a alta presión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Factores externos que influyen en el funcionamiento de las lámparas de descarga.**

Los factores externos que más influyen en el funcionamiento de la lámpara son la temperatura ambiente y la influencia del número de encendidos.

Las lámparas de descarga son, en general, sensibles a las temperaturas exteriores. Dependiendo de sus características de construcción (tubo desnudo, ampolla exterior...) se verán más o menos afectadas en diferente medida. Las lámparas a alta presión, por ejemplo, son sensibles a las bajas temperaturas en que tienen problemas de arranque. Por contra, la temperatura de trabajo estará limitada por las características térmicas de los componentes (200° C para el casquillo y entre 350° y 520° C para la ampolla según el material y tipo de lámpara).

La influencia del número de encendidos es muy importante para establecer la duración de una lámpara de descarga ya que el deterioro de la sustancia emisora de los electrodos depende en gran medida de este factor. Observe la siguiente tabla.

Tipo de lámpara	Vida promedio (h)
Fluorescente estándar	12500
Luz de mezcla	9000
Mercurio a alta presión	25000
Aditivos metálicos	11000
Sodio a baja presión	23000
Sodio a alta presión	23000

- **Partes de una lámpara de descarga.**

Las formas de las lámparas de descarga varían según la clase de lámpara con que tratemos. De todas maneras, todas tienen una serie de elementos en común como el tubo de descarga, los electrodos, la ampolla exterior y el casquillo (figura 3.24).

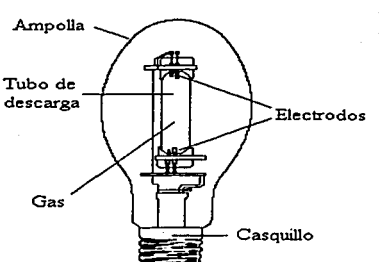


Figura 3.24 Principales partes de una lámpara de descarga.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Ampolla exterior.**

La ampolla es un elemento que sirve para proteger al tubo de descarga de los agentes atmosféricos. Es un elemento presente en todas las lámparas excepto en las lámparas fluorescentes que no disponen de él. En su interior se hace el vacío o se rellena con un gas inerte. Sus formas son muy variadas y puede estar recubierta internamente con sustancias fluorescentes que filtran y convierten las radiaciones ultravioletas en visibles mejorando el rendimiento en color de estas lámparas y su eficiencia.

- **Tubo de descarga**

Es un tubo, normalmente de forma cilíndrica, donde se producen las descargas eléctricas entre los electrodos. Está relleno con un gas (vapor de mercurio o sodio habitualmente) a alta o baja presión que determina las propiedades de la lámpara. En las lámparas fluorescentes se recubre la cara interna con sustancias fluorescentes que convierten las emisiones ultravioletas en luz visible. Los materiales que se emplean en su fabricación dependen del tipo de lámpara y de las condiciones de uso.

- **Electrodos**

Los electrodos son los elementos responsables de la descarga eléctrica en el tubo. Están hechos de wolframio y se conectan a la corriente a través del casquillo. Se recubren con una sustancia emisora para facilitar la emisión de los electrones en el tubo.

- **Casquillo**

El casquillo tiene la función de conectar los electrodos a la red a través del portalámparas. Puede ser de rosca o bayoneta aunque hay algunas lámparas como las fluorescentes que disponen de casquillos de espigas con dos contactos en los extremos del tubo. Los materiales de que se elaboran dependerán de los requisitos térmicos y mecánicos de cada tipo de lámpara.

- **Gas**

En el interior del tubo de descarga encontramos una mezcla entre un vapor de sodio o mercurio y un gas inerte de relleno. El primero determina las propiedades de la luz de la lámpara y es el responsable de la emisión de la luz como consecuencia de la descarga. El segundo, el gas inerte, cumple varias funciones. La principal es disminuir la tensión de ruptura necesaria para ionizar el gas que rellena el tubo e iniciar así la descarga más fácilmente. Otras funciones que realiza son limitar la corriente de electrones y servir de aislante térmico para ayudar a mantener la temperatura de trabajo de la lámpara.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Clasificación.

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

- Lámparas fluorescentes.
- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.
- Lámparas de luz de mezcla.
- Lámparas de aditivos metálicos.

- Lámparas de vapor de sodio:
  - Lámparas de vapor de sodio a baja presión.
  - Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

- **Lámparas fluorescentes.**

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión. En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 nm. Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara. En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación estos tres colores se obtiene una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.

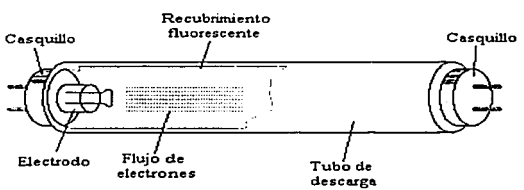


Figura 3.25 Lámpara fluorescente.

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos. (figura 3.25).

El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, y temperatura ambiente. Esta última es muy importante porque determina la presión del gas y en último término el flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.

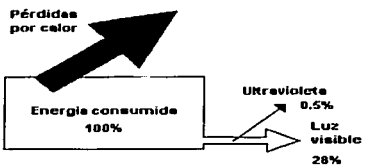


Figura 3.26 Balance energético de una lámpara fluorescente.

La duración de estas lámparas se sitúa entre 5000 y 7000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red. Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora (figura 3.26).

El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90. De igual forma la apariencia y la temperatura de color varía según las características concretas de cada lámpara, como se muestra en la siguiente tabla:

Apariencia de color	T_{color} (K)
Blanco cálido	3000
Blanco	3500
Natural	4000
Blanco frío	4200
Luz día	6500

La cromaticidad de la luz producida es una consecuencia de las características especiales de los polvos fluorescentes para cada lámpara en particular; así una lámpara de luz de día hará resaltar los colores azules, opacando los rojos; una de blanco frió resaltara los colores naranja, amarillo y verde, opacando los colores azules y rojos; una de blanco cálido hará que se vean más vivos los colores rojos y los azules se verán grisáceos.

Para lograr una respuesta de color uniforme a lo largo de todo el espectro, se ha desarrollado el color natural; con el cual se tiene la mejor respuesta de color, es decir, toda la gama de colores se observa con igual intensidad.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga utilizan el balastro y para el encendido existen varias posibilidades que se pueden resumir en arranque con cebador o sin él.

En el primer caso, el cebador se utiliza para calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque. En el segundo caso tenemos las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo en que la ignición se consigue aplicando una tensión elevada.

Otras son las lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporado el balastro y el cebador. Son lámparas pequeñas con casquillo de rosca o bayoneta pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes con ahorros de hasta el 70% de energía y unas buenas prestaciones.

- **Lámparas de vapor de mercurio a alta presión.**

A medida que aumentamos la presión del vapor de mercurio en el interior del tubo de descarga, la radiación ultravioleta característica de la lámpara a baja presión pierde importancia respecto a las emisiones en la zona visible (violeta de 404.7 nm, azul 435.8 nm, verde 546.1 nm y amarillo 579 nm) .

En estas condiciones la luz emitida, de color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara. La temperatura de color se mueve entre 3500 y 4500 K con índices de rendimiento en color de 40 a 45 normalmente. La vida útil, teniendo en cuenta la depreciación se establece en unas 8000 horas.

La eficacia oscila entre 40 y 60 lm/W y aumenta con la potencia, aunque para una misma potencia es posible incrementar la eficacia añadiendo un recubrimiento de polvos fosforescentes que conviertan la luz ultravioleta en visible. Observemos la figura 3.27.

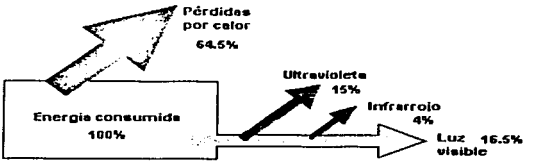


Figura 3.27 Balance energético de una lámpara de mercurio a alta presión.

Se necesita un balastro de tamaño y tipo adecuado para que la lámpara de vapor de mercurio funcione en cualquier circuito eléctrico regular; para ajustar el voltaje de distribución del circuito de alumbrado al voltaje que requiere para encender y controlar la corriente durante su funcionamiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al encenderlas el voltaje de arranque aplicado se encuentra entre los electrodos y el electrodo auxiliar de arranque próximo a uno de los electrodos principales que ioniza el gas inerte contenido en el tubo produciendo un pequeño arco, el cual esta limitado por una resistencia en serie con el electrodo que controla la corriente. Al ionizarse suficientemente el mercurio se produce el arco entre los dos electrodos de operación calentando la lámpara hasta que el mercurio este completamente vaporizado. Una vez estabilizado el arco, el potencial entre los electrodos de arranque y principales es tan bajo que no puede mantenerse el arco, por lo que la corriente fluye a través de los dos electrodos principales. A continuación se inicia un periodo transitorio de unos cuatro minutos, caracterizado porque la luz pasa de un tono violeta a blanco azulado, en el que se produce la vaporización del mercurio y un incremento progresivo de la presión del vapor y el flujo luminoso hasta alcanzar los valores normales. Si en estos momentos se apagara la lámpara no sería posible su reencendido hasta que se enfriara, puesto que la alta presión del mercurio haría necesaria una tensión de ruptura muy alta.

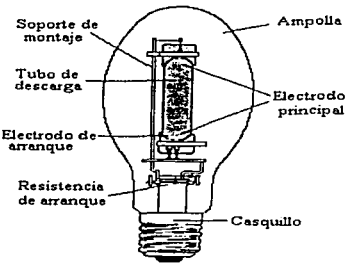


Figura 3.28 Lámpara de mercurio a alta presión.

La figura 3.28 muestra las partes básicas de las lámparas de vapor de mercurio. A pesar que existen muchos tamaños y formas, los tipos mas comúnmente usados están construidos por 2 bases de 2 bulbos, uno exterior, a manera de cubierta y otro interior, que es el bulbo de descarga. El tubo de descarga fabricado de cuarzo, contiene el arco, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argon. El bulbo externo llenado comúnmente de nitrógeno, sirve para proteger al tubo de descarga contra el deterioro y la corrosión atmosférica. También regula la temperatura de funcionamiento del tubo de descarga y actúa como filtro para absorber la radiación ultravioleta.

- **Lámparas de luz de mezcla.**

Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y , habitualmente, un recubrimiento fosforescente. El resultado de esta mezcla es la superposición al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia (figura 3.29).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

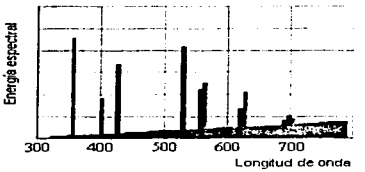


Figura 3.29 Espectro de emisión de una lámpara de luz de mezcla.

Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600 K.

La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos causas. Por un lado tenemos el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado y por otro la pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes. En general, la vida media se sitúa en torno a las 6000 horas.

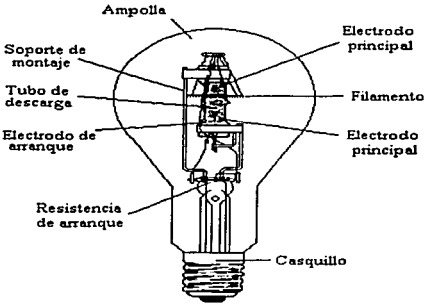


Figura 3.30 Lámpara de luz de mezcla.

Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balastro ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente (figura 3.30). Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Lámparas de aditivos metálicos.**

Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro (por ejemplo amarillo el sodio, verde el talio y rojo y azul el indio) figura 3.31.

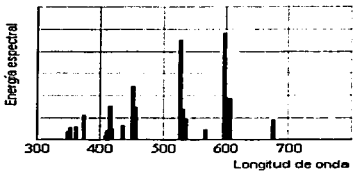


Figura 3.31 Espectro de emisión de una lámpara con Aditivos metálicos.

Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Cuando se energiza por primera vez un sistema de iluminación con lámparas con aditivos metálicos se obtiene un nivel de iluminación mayor que el nominal de lúmenes ya que se estabilizan estas lámparas después de 100 horas de encendido. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000V).

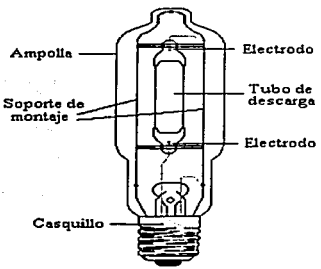


Figura 3.32 Lámpara con aditivos metálicos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La figura 3.32 nos muestra las principales partes de una lámpara con aditivos metálicos.

La lámpara de aditivos metálicos corresponde a la familia de las lámparas de alta intensidad de descarga (H.I.D.) y es la fuente de luz blanca más eficiente disponible hoy en día. Además, incorpora todas las características deseables de otras fuentes luminosas: alta eficiencia, vida razonablemente económica, excepcional rendimiento de color y buen mantenimiento de lúmenes.

- **Lámparas de vapor de sodio.**

Lámparas de vapor de sodio a baja presión.

La descarga eléctrica en un tubo con vapor de sodio a baja presión produce una radiación monocromática característica formada por dos rayas en el espectro (589 nm y 589.6 nm) muy próximas entre sí (figura 3.33).

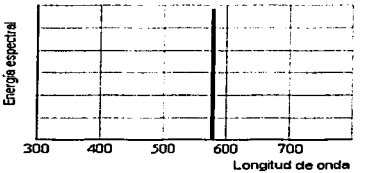


Figura 3.33 Espectro de una lámpara de vapor de sodio a baja presión.

La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm). Por ello, la eficacia de estas lámparas es muy elevada (entre 160 y 180 lm/W). Otras ventajas que ofrece, es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su monocromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos. Observemos ahora en la figura 3.34 su balance energético.

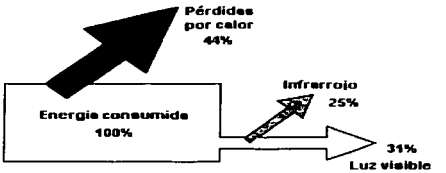


Figura 3.34 Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a baja presión.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La vida media de estas lámparas es muy elevada, de unas 15000 horas y la depreciación de flujo luminoso que sufren a lo largo de su vida es muy baja por lo que su vida útil es de entre 6000 y 8000 horas. Esto junto a su alta eficiencia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, aunque también se utiliza con finalidades decorativas.

En cuanto al final de su vida útil, este se produce por agotamiento de la sustancia emisora de electrones como ocurre en otras lámparas de descarga. Aunque también se puede producir por deterioro del tubo de descarga o de la ampolla exterior.

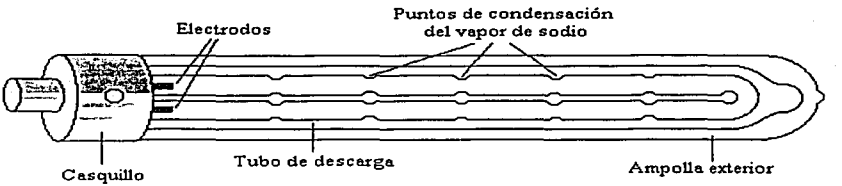


Figura 3.35 Lámpara de vapor de sodio a baja presión.

En estas lámparas el tubo de descarga tiene forma de U para disminuir las pérdidas por calor y reducir el tamaño de la lámpara. Está elaborado de materiales muy resistentes pues el sodio es muy corrosivo y se le practican unas pequeñas hendiduras para facilitar la concentración del sodio y que se vaporice a la temperatura menor posible (figura 3.35).

El tubo está encerrado en una ampolla en la que se ha practicado el vacío con objeto de aumentar el aislamiento térmico. De esta manera se ayuda a mantener la elevada temperatura de funcionamiento necesaria en la pared del tubo (270 °C).

El tiempo de arranque de una lámpara de este tipo es de unos diez minutos. Es el tiempo necesario desde que se inicia la descarga en el tubo en una mezcla de gases inertes (neón y argón) hasta que se vaporiza todo el sodio y comienza a emitir luz. Físicamente esto se corresponde a pasar de una luz roja (propia del neón) a la amarilla característica del sodio. Se procede así para reducir la tensión de encendido.

Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible (figura 3.36) proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

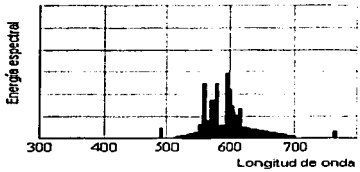


Figura 3.36 Espectro de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color (T_{color}= 2100 °K) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión (IRC = 25, aunque hay modelos de 65 y 80). No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia (figura 3.37); aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas.

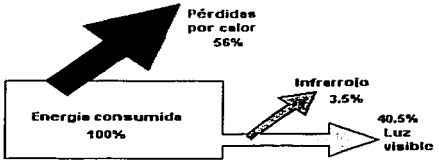


Figura 3.37 Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas. Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas (1000 °C), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. Los balastros para lámparas de vapor de sodio alta presión requieren de un elemento auxiliar llamado ignitor, para el encendido de las mismas; este elemento es un circuito electrónico que produce pulsos de tensión para facilitar la ionización en el interior del tubo de descarga, reduciendo las tensiones de arranque requeridas por las lámparas. En general el bulbo exterior esta cubierto por oxido de aluminio para difundir y a la vez reducir la brillantez de la fuente de luz, lo cual permite su instalación a bajas alturas. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

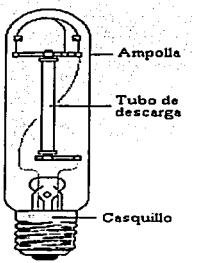


Figura 3.38 Lámpara de vapor de sodio a alta presión.

Los componentes básicos de la una lámpara de vapor de sodio se muestran en la figura 3.38. al igual que las lámparas de vapor de mercurio y aditivos metálicos, este tipo de lámparas se fabrican con 2 envolventes: un bulbo exterior "ampolla" y uno interior "tubo de descarga". El tubo de descarga cerámico contiene los electrodos, amalgama de mercurio – sodio y una pequeña cantidad de xenón. La ampolla o bulbo exterior de vidrio resistente a la intemperie, protege al tubo de descarga y debido a que se encuentra al vació, reduce las perdidas de calor por las corrientes de conducción y conveccion originadas en el tubo de descarga asegurando de esta forma una alta eficacia.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales o alumbrado público.

3.4 Luminarias.

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

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante, pues, que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que debe cumplir las luminarias es que sean de fácil instalación y mantenimiento.

Para ello, los materiales empleados en su construcción han de ser los adecuados para resistir el ambiente en que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Clasificación.

Las luminarias pueden clasificarse de muchas maneras aunque lo más común es utilizar criterios ópticos, mecánicos o eléctricos.

- **Clasificación según las características ópticas de la lámpara.**

Una primera manera de clasificar las luminarias es según el porcentaje del flujo luminoso emitido por encima y por debajo del plano horizontal que atraviesa la lámpara. Es decir, dependiendo de la cantidad de luz que ilumine hacia el techo o al suelo. Según esta clasificación se distinguen seis clases (figura 3.39).

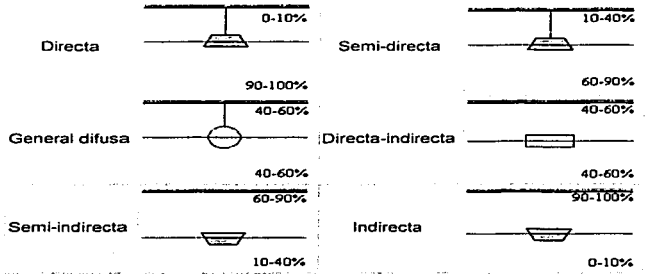
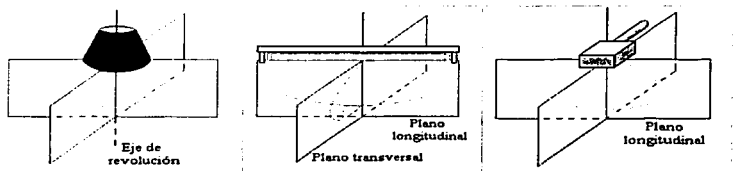


Figura 3.39 Clasificación CIE según la distribución de la luz.

Otra clasificación posible es atendiendo al número de planos de simetría que tenga el sólido fotométrico. Así, podemos tener luminarias con simetría de revolución que tienen infinitos planos de simetría y por tanto nos basta con uno de ellos para conocer lo que pasa en el resto de planos (por ejemplo un proyector o una lámpara tipo globo), con dos planos de simetría (transversal y longitudinal) como los fluorescentes y con un plano de simetría (el longitudinal) como ocurre en las luminarias de alumbrado viario (figura 3.40).

Figura 3.40



Luminaria con infinitos planos de simetría | Luminaria con dos planos de simetría | Luminaria con un plano de simetría

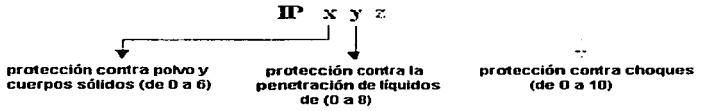
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para las luminarias destinadas al alumbrado público se utilizan otras clasificaciones.

- **Clasificación según las características mecánicas de la lámpara.**

Las luminarias se clasifican según el grado de protección contra el polvo, los líquidos y los golpes. En estas clasificaciones, según las normas nacionales (UNE 20324) e internacionales, las luminarias se designan por las letras IP seguidas de tres dígitos.

El primer número va de 0 (sin protección) a 6 (máxima protección) e indica la protección contra la entrada de polvo y cuerpos sólidos en la luminaria. El segundo va de 0 a 8 e indica el grado de protección contra la penetración de líquidos. Por último, el tercero da el grado de resistencia a los choques y va de 0 a 10. (figura 3.41).



- **Clasificación según las características eléctricas de la lámpara.**

Según el grado de protección eléctrica que ofrezcan las luminarias se dividen en cuatro clases (0, I, II, III).

Clase	Protección eléctrica
0	Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal; descansando la protección en caso de fallos del aislamiento principal, sobre el medio circundante. **Aislamiento normal sin toma de tierra**
I	Luminarias en las que la protección contra los choques eléctricos recae exclusivamente sobre el aislamiento principal y un conductor de protección conectado a tierra, que debe conectarse al borne marcado. **Aislamiento normal y toma de tierra.**
II	Luminarias en las que la protección contra choques eléctricos no recae exclusivamente sobre el aislamiento principal sino que comprende medidas suplementarias, tales como el doble aislamiento o el aislamiento reforzado. **Doble aislamiento sin toma de tierra.**
III	Luminarias para conectar a circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.41 Clasificación según sus características mecánicas.

1a Figura: Protección contra cuerpos sólidos

IP	Pruebas	Descripción
0		Sin Protección
1		Protegido contra contactos de cuerpos sólidos mayores de 50 mm. (ejemplo: contacto accidental con la mano).
2		Protegido contra cuerpos sólidos mayores de 12.5 mm (ejemplo: dedo de una mano)
3		Protegido contra penetración de cuerpos sólidos mayores de 2,5 mm (herramientas, alambres)
4		Protección contra penetración de cuerpos sólidos mayores de 1mm (herramientas delgadas, alambres pequeños)
5		Protegido contra polvo (sin depósitos nocivos)
6		Completamente protegido contra polvo

2a Figura: Protección contra líquidos

IP	Pruebas	Descripción
0		Sin Protección
1		Protegido contra la caída vertical de gotas de agua (condensación)
2		Protegido contra gotas de agua cayendo a 15° con relación a la vertical
3		Protegido contra gotas de agua cayendo a 60° con relación a la vertical
4		Protegido contra proyecciones de agua desde cualquier dirección
5		Protegido contra chorros de agua desde cualquier dirección
6		Completamente protegido contra chorros de agua y efectos de fuerza similar a las olas marinas
7		Protegido contra los efectos de inmersión
8		Protegido contra el efecto de inmersión prolongada bajo condiciones específicas

3a Figura: Protección Contra Choques

IP	Pruebas	Descripción
00		Sin protección.
01	Energía de choque a 7.5 cm y 200 gr.	0.150 Julios
02	Energía de choque a 10 cm y 200 gr.	0.200 Julios
03	Energía de choque a 17.5 cm y 200 gr.	0.350 Julios
04	Energía de choque a 25 cm y 200 gr.	0.500 Julios
05	Energía de choque a 35 cm y 200 gr.	0.700 Julios
06	Energía de choque a 20 cm y 500 gr.	1.00 Julios
07	Energía de choque a 40 cm y 500 gr.	2.00 Julios
08	Energía de choque a 29.5 cm y 1700 gr.	5.00 Julios
09	Energía de choque a 20 cm y 5000 gr.	10.00 Julios
10	Energía de choque a 40 cm y 5000 gr.	20.00 Julios

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Otras clasificaciones.**

Otras clasificaciones posibles son según el uso a la que esté destinada la luminaria:

- Comerciales

Debido a que normalmente las luminarias del tipo comercial, son instaladas en interiores como: aulas escolares, oficinas, tiendas, salas de exposición, etc. Estas luminarias deben de proporcionar características como: buena difusión de la luz, baja brillantez, alta eficiencia, ocultamiento de las lámparas, apariencia distinguida y moderna y facilidad de montaje y limpieza.

- Industriales

Este tipo de luminarias son instaladas normalmente en naves industriales con alturas de montaje altas o medias, por lo que se requiere que estas sean capaces de alojar lámparas de alta emisión luminosa y reflectores especiales. Algunas luminarias del tipo industrial trabajan en lugares donde se tiene atmósferas explosivas, vapores o líquidos volátiles, por lo que su construcción debe ser hermética contra los elementos externos perjudiciales para que ofrezcan seguridad.

- Decorativas

Este tipo de luminarias deben ayudar a crear un ambiente agradable al integrarse al conjunto arquitectónico decorativo del interior o exterior a iluminar, encendidos o apagados deben crear la misma apariencia por lo que deben de cumplir con las cualidades de iluminación uniforme, apariencia agradable y moderna, construcción de acuerdo a las necesidades y facilidad de limpieza.

- De acento.

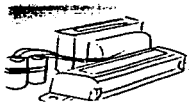
Este tipo de luminarias son utilizadas frecuentemente para dar realce a estructuras en edificios, columnas, monumentos, banderas, árboles, etc. Debido a este tipo de necesidades, las luminarias deben de ser capaces de crear un efecto especial a través de sus contrólenles ópticos, contar con un excelente control de la luz y como también su uso es en interiores como galerías, museos, joyerías, entre otras, deberán de conjugar además de las características anteriores; sencillez, elegancia, antideslumbramiento, fácil instalación y fácil mantenimiento.

- Exterior.

Las luminarias para exterior tienen diferentes uso, que van desde el alumbrado publico, el cual tiene que proporcionar confort visual al conductor, alta eficiencia luminosa, fácil limpieza, resistencia al medio ambiente (viento, corrosión, lluvia); hasta los llamados proyectores, que también son para exteriores, los cuales además de cumplir con las características mencionadas deberán de proporcionar una excelente distribución luminosa (ya que son colocados a grandes alturas) y fácil instalación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.5 Balastros.



Dispositivo electromagnético y/o electrónico que controla las características eléctricas de encendido y operación de las lámparas de descarga necesarias para su correcto funcionamiento. Suministra el voltaje, regula la corriente y proporciona el calentamiento continuo a los electrodos.

Por casi medio siglo, los balastros electromagnéticos han sido la única forma de operar lámparas fluorescentes. Sin embargo, la nueva electrónica ha dado grandes avances a la tecnología de los balastros. Así la introducción de los nuevos balastros electrónicos, como una alternativa a los balastros convencionales, está cambiado el diseño y especificación.

Existen factores muy importantes en la especificación de los balastros para lámparas:

- **Factor de Balastro (BF).**

Describe en forma de porcentaje, la salida de luz que se obtiene al operar las lámparas con el balastro comparadas con la luz que se obtiene al operar las lámparas con un balastro de frecuencia (estándares de laboratorio).

- **Factor de Eficiencia del Balastro (BEF).**

Para comprobar la eficacia de los balastros se utiliza el factor eficiencia del balastro. El FEB se utiliza cuando se compraran balastros operando las mismas lámparas. Por ejemplo, un balastro con un factor de balastro (FB) de 0.88 operado 2 lámparas de 32W tiene un FEB de 1.466 (0.88x 100/60 = 1.466).Otro balastro que utilice la mima potencia con un FB de 0.82 tendrá un FEB de 1.366. en este caso, el primer balastro es más eficiente debido a que su FEB es mayor.

- **Factor de Potencia**

El factor de potencia de un balastro describe que tan eficazmente la potencia suministrada al balastro es convertida en watts aprovechables para la lámpara.

Debido a que los balastros con alto factor de potencia alto son más eficientes que los balastros de bajo del factor de potencia, pueden alimentarse de circuitos con baja capacidad de corriente. Los balastros de bajo factor de potencia requieren aproximadamente el doble de la corriente que necesitan los balastros de alto factor de potencia y por mismo, su alimentación se lleva acabo con cables de mayor calibre ya que representan una mayor carga en el circuito.

- **Factor de Cresta**

El factor de cresta es una medida de la deformación de la corriente.
El valor pico de una onda senoidal dividido entre su valor (rms=rcm) es llamado factor de cresta es uno de los criterios que se utilizan para estimar la vida de las lámparas fluorescentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Distorsión Armónica.**

Las corrientes con forma de onda no senoidal producen la llamada distorsión armónica, la cual puede tener efectos para el sistema eléctrico: sobre carga y calentamiento de conductores.

Una señal de corriente distorsionada esta formada por la suma de una onda de corriente oscilando a 60Hz y por un número de componentes, de menor magnitud y mayor frecuencia, conocidos como armónicos (120HZ, 180HZ, etc.).

Los balastros electrónicos disminuyen este problema ya que la distorsión armónica total que generan es tan solo del 10% al 15%. Mientras que en un electromagnético es del orden del 20%.

- **Sonido (db).**

El sonido o "Zumbido" que se asocia a los balastros de las lámparas fluorescentes proviene de la vibración de las laminillas de acero del transformador del balastro electromagnético. El zumbido puede provocar molestias en lugares donde el ambiente tiene que ser sumamente silencioso.

- **Peso**

El peso de los balastros electrónicos representa una gran ventaja sobre los balastros convencionales. Esto se debe principalmente a que:

Los componentes electrónicos son más ligeros que los componentes electromagnéticos.
Los componentes del balastro electrónico están cubiertos con encapsulante TERMO-CONDUCTOR que además provee reducción de sonido.

- **Temperatura de Operación.**

La disminución de la temperatura de operación de los balastros electrónicos ofrecen otra ventaja: Ahorro de energía en sistemas de aire acondicionado.

En la actualidad el objetivo principal de los balastros es proporcionar la mejor opción para que las lámparas tengan el máximo tiempo de vida sin degradar prematuramente sus cátodos.

Existen diferentes tipos de encendidos para las lámparas por lo que los balastros cuentan con características especiales:

Arranque rápido.

Los balastros de arranque rápido aplican una baja tensión a los filamentos para precalentar los cátodos. Simultáneamente, una tensión de arranque (mucho menor que en los balastros de encendido instantáneo), es aplicada para iniciar el arco en la lámpara. La tensión a los filamentos permanece aplicado durante toda la operación de la lámpara. Estos balastros típicamente no se utilizan para encender y operar lámparas a temperaturas menores a 10 °C, sin embargo, en aplicaciones donde se tiene frecuentes encendidos y apagados, los balastros de arranque rápido ofrecen una mayor vida de la lámpara respecto a los balastros de encendido instantáneo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Encendido instantáneo.

El encendido instantáneo es la forma más simple de encender una lámpara fluorescente y tiene la ventaja de encenderla instantáneamente y tener un consumo menor que el balastro de arranque rápido. Un balastro de este tipo, no precalienta los cátodos de la lámpara, sino que aplica una tensión alta entre las terminales de la lámpara, la cual asegura el encendido hasta −18°C. La desventaja del encendido instantáneo es el mayor desgaste en la pasta emisora del filamento durante el encendido debido a que el filamento esta frío cuando la tensión inicial es aplicada. Si las lámparas son encendidas y apagadas constantemente, la vida de las lámparas se verá reducida considerablemente.

Encendido rápido programado.

En este tipo de encendidos, los filamentos de la lámpara son primero calentados y posteriormente una tensión es aplicada a las terminales de la lámpara. Después del encendido, la tensión del filamento es reducida a un nivel mínimo. Esto es cuidadosamente controlado y monitoreado para asegurar el adecuado calentamiento de los cátodos y prevenir el desgaste de la pista emisora del filamento y ennegrecimiento prematuro de los extremos de la lámpara. La tasa de encendido y apagado es 10 veces mejor que el encendido instantáneo y 4 veces mejor que el arranque rápido. Con este tipo de encendido se puede además asegurar el correcto arranque de las lámparas aún a temperatura de −18° C. El micro-controlador esta además programado para encender a la lámpara cuando en el primer intento no lograra encenderla, sin parpadear ésta.

Este método es por lo tanto el más adecuado para el encendido y apagado constante de las lámparas, como por ejemplo, en áreas con sensores de presencia como salas de conferencias, salones de estudio, etc.

La siguiente tabla resume los beneficios de los tres tipos de encendido en los balastros.

	No. De Encendidos y apagados típicos.	Mínima temperatura de encendido (°C)
Encendido Instantáneo	7000	-18° C
Encendido Rápido	15000-25000	10° C
Encendido Programado	Mas de 100000	-18° C

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 4

ILUMINACIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.1 Iluminación de Interiores.

Buena parte de las actividades humanas se realizan en el interior de edificios con una iluminación natural, a menudo insuficiente. Por ello es necesario la presencia de una iluminación artificial que garantice el desarrollo de estas actividades. La iluminación de interiores es un campo muy amplio que abarca todos los aspectos de nuestras vidas desde el ámbito doméstico al del trabajo o el comercio.

La determinación de los niveles de iluminación adecuados para una instalación no es un trabajo sencillo. Hay que tener en cuenta que los valores recomendados para cada tarea y entorno son fruto de estudios sobre valoraciones subjetivas de los usuarios (comodidad visual, agradabilidad, rendimiento visual...). El usuario estándar no existe y por tanto, una misma instalación puede producir diferentes impresiones a distintas personas. En estas sensaciones influirán muchos factores como los estéticos, los psicológicos, el nivel de iluminación...

Como principales aspectos a considerar trataremos:

- El deslumbramiento.
- Lámparas y luminarias.
- El color.
- Sistemas de alumbrado.
- Métodos de alumbrado.
- Niveles de iluminación.
- Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento.

- **Deslumbramiento.**

El deslumbramiento es una sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Es lo que ocurre cuando miramos directamente una bombilla o cuando vemos el reflejo del sol en el agua.

Existen dos formas de deslumbramiento, el **perturbador** y el **molesto**. (Fig. 4.1).

Pueden producirse deslumbramientos de dos maneras. La primera es por cristalización directa de las fuentes de luz; por ejemplo, ver directamente las luminarias. Y la segunda es por cristalización indirecta o reflejada de las fuentes como ocurre cuando las vemos reflejada en alguna superficie (una mesa, un mueble, un cristal, un espejo.).

Fig. 4.1. Formas de deslumbramiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estas situaciones son muy molestas para los usuarios y deben evitarse. Entre las medidas que podemos adoptar tenemos ocultar las fuentes de luz del campo de visión usando rejillas o pantallas, utilizar recubrimientos o acabados mates en paredes, techos, suelos y muebles para evitar los reflejos, evitar fuertes contrastes de luminancias entre la tarea visual y el fondo y/o cuidar la posición de las luminarias respecto a los usuarios para que no caigan dentro de su campo de visión.

- **Lámparas y luminarias.**

Las **lámparas** empleadas en iluminación de interiores abarcan casi todos los tipos existentes en el mercado (incandescentes, halógenas, fluorescentes, etc.) (Fig. 4.2.) Las lámparas escogidas, por lo tanto, serán aquellas cuyas características (fotométricas, cromáticas, consumo energético, economía de instalación y mantenimiento, etc.) mejor se adapte a las necesidades y características de cada instalación (nivel de iluminación, dimensiones del local, ámbito de uso, potencia de la instalación.).

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico.	• Incandescente. • Fluorescente . • Fluorescentes compactas.
Oficinas.	• Alumbrado general: fluorescentes. • Alumbrado localizado: incandescentes.
Comercial (Depende de las dimensiones y características del comercio).	• Incandescentes. • Halógenas. • Fluorescentes. • Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y aditivos metálicos.
Industrial.	• Todos los tipos. • Luminarias situadas a baja altura (≤6 m): fluorescentes. • Luminarias situadas a gran altura (>6 m): lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores. • Alumbrado localizado: incandescentes.
Deportivo.	• Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes. • Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de mercurio a alta presión, aditivos metálicos y vapor de sodio a alta presión.

Fig. 4.2. Diferentes usos de las lámparas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La elección de las **luminarias** está condicionada por la lámpara utilizada y el entorno de trabajo de esta. Hay muchos tipos de luminarias y sería difícil hacer una clasificación exhaustiva. La forma y tipo de las luminarias oscilará entre las más funcionales donde lo más importante es dirigir el haz de luz de forma eficiente como pasa en el alumbrado industrial a las más formales donde lo que prima es la función decorativa como ocurre en el alumbrado doméstico.

Las luminarias para lámparas incandescentes tienen su ámbito de aplicación básico en la iluminación doméstica. Por lo tanto, predomina la estética sobre la eficiencia luminosa. Sólo en aplicaciones comerciales o en luminarias para iluminación suplementaria se buscará un compromiso entre ambas funciones. Son aparatos que necesitan apantallamiento pues el filamento de estas lámparas tiene una luminancia muy elevada y pueden producir deslumbramientos.

En segundo lugar tenemos las luminarias para lámparas fluorescentes. Se utilizan mucho en oficinas, comercios, centros educativos, almacenes, industrias con techos bajos, etc. por su economía y eficiencia luminosa. Así pues, nos encontramos con una gran variedad de modelos que van de los más simples a los más sofisticados con sistemas de orientación de la luz y apantallamiento (modelos con rejillas cuadradas o transversales y modelos con difusores).

Por último tenemos las luminarias para lámparas de descarga a alta presión. Estas se utilizan principalmente para colgar a gran altura (industrias y grandes naves con techos altos) o en iluminación de pabellones deportivos, aunque también hay modelos para pequeñas alturas. En el primer caso se utilizan las luminarias intensivas y los proyectores y en el segundo las extensivas.

- **El color.**

Para hacernos una idea de como afecta la luz al color consideremos una habitación de paredes blancas con muebles de madera de tono claro. Si la iluminamos con lámparas incandescentes, ricas en radiaciones en la zona roja del espectro, se acentuarán los tonos marrones de los muebles y las paredes tendrán un tono amarillento. En conjunto tendrá un aspecto cálido muy agradable. Ahora bien, si iluminamos el mismo cuarto con lámparas fluorescentes normales, ricas en radiaciones en la zona azul del espectro, se acentuarán los tonos verdes y azules de muebles y paredes dándole un aspecto frío a la sala. En este sencillo ejemplo hemos podido ver cómo afecta el color de las lámparas (su apariencia en color) a la reproducción de los colores de los objetos (el rendimiento en color de las lámparas).

La **apariencia en color** de las lámparas viene determinada por su **temperatura de color** correlacionada. Se definen tres grados de apariencia según la tonalidad de la luz: luz fría para las que tienen un tono blanco azulado, luz neutra para las que dan luz blanca y luz cálida para las que tienen un tono blanco rojizo. Fig. 4.3.

Temperatura de color correlacionada.	Apariencia de color.
Tc> 5000 K	Fría.
3300 ≤ Tc≤ 5000 K	Intermedia o neutra.
Tc< 3300 K	Cálida.

Fig. 4.3. Relación entre temperatura de color y apariencia de color.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A pesar de esto, la apariencia en color no basta para determinar qué sensaciones producirá una instalación a los usuarios. Por ejemplo, es posible hacer que una instalación con fluorescentes llegue a resultar agradable y una con lámparas cálidas desagradable aumentando el nivel de iluminación de la sala. El valor de la iluminancia determinará conjuntamente con la apariencia en color de las lámparas el aspecto final. (Fig. 4.4.)

Iluminancia (lux)	Apariencia del color de la luz.		
	Cálida.	Intermedia.	Fría.
E ≤ 500	agradable	neutra	fría
500 < E < 1000	↕	↕	↕
1000 < E < 2000	estimulante	agradable	neutra
2000 < E < 3000	↕	↕	↕
E ≥ 3000	no natural	estimulante	agradable

Fig.. 4.4 Relación entre iluminancia y apariencia de color.

El **rendimiento en color** de las lámparas es un medida de la calidad de reproducción de los colores. Se mide con el **índice de Rendimiento del Color (IRC o Ra)** que compara la reproducción de una muestra normalizada de colores iluminada con una lámpara con la misma muestra iluminada con una fuente de luz de referencia. Mientras más alto sea este valor mejor será la reproducción del color, aunque a costa de sacrificar la eficiencia y consumo energéticos. La CIE ha propuesto un sistema de clasificación de las lámparas en cuatro grupos según el valor del IRC como se muestra en la siguiente tabla:

Grupo de rendimiento en color	Índice de rendimiento en color (IRC)	Apariencia de color	Aplicaciones
1	IRC ≥ 85	Fría	Industria textil, fábricas de pinturas, talleres de imprenta
		Intermedia	Escaparates, tiendas, hospitales
		Cálida	Hogares, hoteles, restaurantes
2	70 ≤ IRC < 85	Fría	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas cálidos)
		Intermedia	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, industrias de precisión (en climas templados)
		Cálida	Oficinas, escuelas, grandes almacenes, ambientes industriales críticos (en climas fríos)
3	Lámparas con IRC <70 pero con propiedades de rendimiento en color bastante aceptables para uso en locales de trabajo		Interiores donde la discriminación cromática no es de gran importancia
S (especial)	Lámparas con rendimiento en color fuera de lo normal		Aplicaciones especiales

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Ahora que ya conocemos la importancia de las lámparas en la reproducción de los colores de una instalación, nos queda ver otro aspecto no menos importante: la elección del color de suelos, paredes, techos y muebles. Aunque la elección del color de estos elementos viene condicionada por aspectos estéticos y culturales básicamente, hay que tener en cuenta la repercusión que tiene el resultado final en el estado anímico de las personas.

Fig. 4.5. Influencia del color en el ambiente.

Los tonos fríos producen una sensación de tristeza y reducción del espacio, aunque también pueden causar una impresión de frescor que los hace muy adecuados para la decoración en climas cálidos. Los tonos cálidos son todo lo contrario. Se asocian a sensaciones de exaltación, alegría y amplitud del espacio y dan un aspecto acogedor al ambiente que los convierte en los preferidos para los climas cálidos (Fig. 4.5).

De todas maneras, a menudo la presencia de elementos fríos (bien sea la luz de las lámparas o el color de los objetos) en un ambiente cálido o viceversa ayudarán a hacer más agradable y/o neutro el resultado final.

- **Sistemas de alumbrado.**

Cuando una lámpara se enciende, el flujo emitido puede llegar a los objetos de la sala directamente o indirectamente por reflexión en paredes y techo. La cantidad de luz que llega directa o indirectamente determina los diferentes sistemas de iluminación con sus ventajas e inconvenientes. (Fig. 4.6)

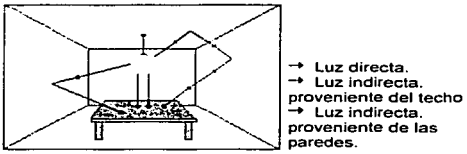


Fig. 4.6. Tipos de Flujo Luminoso.

La **iluminación directa** se produce cuando todo el flujo de las lámparas va dirigido hacia el suelo. Es el sistema más económico de iluminación y el que ofrece mayor rendimiento luminoso. Por contra, el riesgo de deslumbramiento directo es muy alto y produce sombras duras poco agradables para la vista. Se consigue utilizando luminarias directas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la **iluminación semidirecta** la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia el suelo y el resto es reflejada en techo y paredes. En este caso, las sombras son más suaves y el deslumbramiento menor que el anterior. Sólo es recomendable para techos que no sean muy altos y sin claraboyas puesto que la luz dirigida hacia el techo se perdería por ellas.

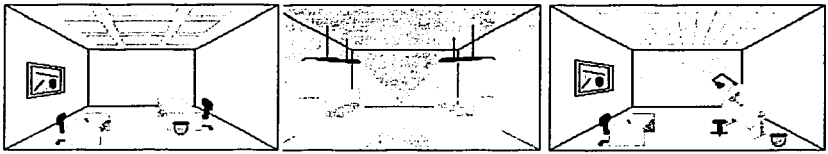
Si el flujo se reparte al cincuenta por ciento entre procedencia directa e indirecta hablamos de **iluminación difusa**. El riesgo de deslumbramiento es bajo y no hay sombras, lo que le da un aspecto monótono a la sala y sin relieve a los objetos iluminados. Para evitar las pérdidas por absorción de la luz en techo y paredes es recomendable pintarlas con colores claros o mejor blancos.

Cuando la mayor parte del flujo proviene del techo y paredes tenemos la **iluminación semiindirecta**. Debido a esto, las pérdidas de flujo por absorción son elevadas y los consumos de potencia eléctrica también, lo que hace imprescindible pintar con tonos claros o blancos. Por contra la luz es de buena calidad, produce muy pocos deslumbramientos y con sombras suaves que dan relieve a los objetos.

Por último tenemos el caso de la **iluminación indirecta** cuando casi toda la luz va al techo. Es la más parecida a la luz natural pero es una solución muy cara puesto que las pérdidas por absorción son muy elevadas. Por ello es imprescindible usar pinturas de colores blancos con reflectancias elevadas.

- **Métodos de alumbrado**.

Los métodos de alumbrado nos indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, distinguiremos tres casos: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado.(Fig. 4.7)



Alumbrado general. Alumbrado general localizado. Alumbrado localizado.

Fig. 4.7. Métodos de Alumbrado.

El **alumbrado general** proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local.

El **alumbrado general localizado** proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta. Claro que esto presenta algunos inconvenientes respecto al alumbrado general.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En primer lugar, si la diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande se puede producir deslumbramiento molesto. El otro inconveniente es qué pasa si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo; es evidente que si no podemos mover las luminarias tendremos un serio problema.

Podemos conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo. Una alternativa es apagar selectivamente las luminarias en una instalación de alumbrado general.

Empleamos el **alumbrado localizado** cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio. Recurriremos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales. Un aspecto que hay que cuidar cuando se emplean este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

- **Niveles de iluminación recomendados.**

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

En el primer caso están las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lx. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lx. Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local. Para mas detalles véase apéndice I.

- **Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento.**

El paso del tiempo provoca sobre las instalaciones de alumbrado una disminución progresiva en los niveles de iluminancia. Las causas de este problema se manifiestan de dos maneras. Por un lado tenemos el ensuciamiento de lámparas, luminarias y superficies donde se va depositando el polvo. Y por otro tenemos la depreciación del flujo de las lámparas. Para mas detalles véase apéndice II.

En el primer caso la solución pasa por una limpieza periódica de lámparas y luminarias. Y en el segundo por establecer un programa de sustitución de las lámparas. Aunque a menudo se recurre a esperar a que fallen para cambiarlas, es recomendable hacer la sustitución por grupos o de toda la instalación a la vez según un programa de mantenimiento. De esta manera aseguraremos que los niveles de iluminancia real se mantengan dentro de los valores de diseño de la instalación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

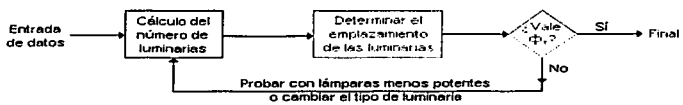
4.1.1 Métodos de calculo para iluminación de interiores.

El cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores es bastante sencillo. A menudo nos bastará con obtener el valor medio del alumbrado general usando el método de los lúmenes. Para los casos en que requiramos una mayor precisión o necesitemos conocer los valores de las iluminancias en algunos puntos concretos como pasa en el alumbrado general localizado o el alumbrado localizado recurriremos al método del punto por punto.

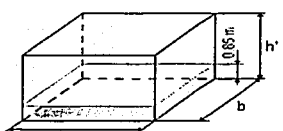
4.1.1.1 Método de los lúmenes.

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:



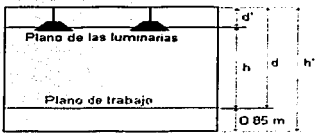
- **Datos de entrada.**
  - Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m o 1m.



  - Determinar el nivel de iluminancia media (Em). Este valor depende del tipo de actividad a realizar en el local y podemos encontrarlos tabulados en el apéndice I.
  - Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...) más adecuada de acuerdo con el tipo de actividad a realizar.
  - Escoger el sistema de alumbrado que mejor se adapte a nuestras necesidades y las luminarias correspondientes.

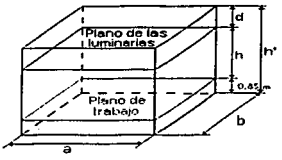
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Determinar la **altura de suspensión** de las luminarias según el sistema de iluminación escogido.



h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias.
h': altura del local.
d: altura del plano de trabajo al techo.
d': altura entre el plano de trabajo y el techo.

- Calcular el **índice del local (k)** a partir de la geometría de este. En el caso del método europeo se calcula como:



Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa.	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta.	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Donde k es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

- Determinar los **coeficientes de reflexión** de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. . Véase la siguiente tabla o consulte el apéndice III.

	Color	Factor de reflexión (ρ)
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- En su defecto podemos tomar 0.5 para el techo, 0.3 para las paredes y 0.1 para el suelo.

- Determinar el **factor de utilización** (ɳ,CU) (fig. 4.8) a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (ɳ)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			(0.5)			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	(0.1)	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.19	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.23	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	(4)	.61	.56	.52	.59	.56	(.52)	ɳ	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Fig.4.8. Ejemplo de tabla del factor de utilización.

- Determinar el **factor de mantenimiento (f_m) o conservación** de la instalación. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento (f_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

- **Cálculos.**

  - Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

donde:

- Φ_T es el flujo luminoso total
- E es la iluminancia media deseada
- S es la superficie del plano de trabajo
- ɳ es el factor de utilización
- f_m es el factor de mantenimiento

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- Cálculo del número de luminarias.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$ redondeado por exceso donde:

- N es el número de luminarias
- Φ_T es el flujo luminoso total
- Φ_L es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

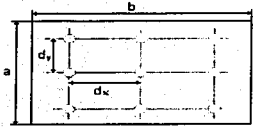
- **Emplazamiento de las luminarias.**

Una vez que hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuirlas sobre la planta del local. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas:

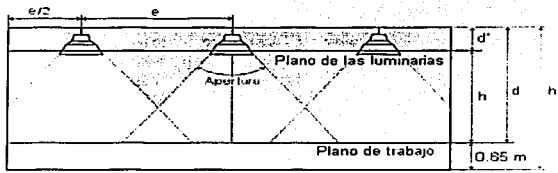
$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{Total}}{largo} \times ancho}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \times \left(\frac{largo}{ancho}\right)$$

donde N es el número de luminarias



La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Veámoslo mejor con un dibujo:



Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir como sigue:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tipo de luminaria.	Altura del local.	Distancia máxima entre luminarias.
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2\ h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5\ h$
semiextensiva	4 - 6 m	
extensiva	≤4 m	$e \leq 1.6\ h$
distancia pared-luminaria: e/2		

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

- **Comprobación de los resultados.**

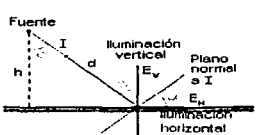
Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{tablas}$$

4.1.1.2 Método del Punto por Punto.

El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Pero, qué pasa si queremos conocer cómo es la distribución de la iluminación en instalaciones de alumbrado general localizado o individual donde la luz no se distribuye uniformemente o cómo es exactamente la distribución en el alumbrado general. En estos casos emplearemos el método del punto por punto que nos permite conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos.

Consideraremos que la iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes: una componente **directa**, producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias, y otra **indirecta o reflejada** procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies del local. Esto quiere decir que de la luz incidente sobre un punto, sólo una parte servirá para iluminar el plano de trabajo y el resto iluminará el plano vertical a la dirección incidente en dicho punto (Fig. 4.9).



$$E_H = \frac{I \cdot \cos\alpha}{d^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \sin\alpha}{d^2} = E_H \cdot \tan\alpha$$

Fig. 4.9. Componentes de la iluminancia en un punto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En general, para hacernos una idea de la distribución de la iluminancia nos bastará con conocer los valores de la iluminancia sobre el plano de trabajo; es decir, la iluminancia horizontal. Sólo nos interesará conocer la iluminancia vertical en casos en que se necesite tener un buen modelado de la forma de los objetos (deportes de competición, escaparates, estudios de televisión y cine, retransmisiones deportivas...) o iluminar objetos en posición vertical (obras de arte, cuadros, esculturas, pizarras, fachadas...)

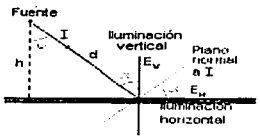
Para utilizar el método del punto por punto necesitamos conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos podemos empezar a calcular las iluminancias. Mientras más puntos calculemos más información tendremos sobre la distribución de la luz. Esto es particularmente importante si trazamos los diagramas isolux de la instalación.

Como ya hemos mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación directa más la de la iluminación indirecta. Por lo tanto:

$$E = E_{directa} + E_{indirecta}$$

Componente directa en un punto.

- **Fuentes de luz puntuales.** Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas:



$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

Donde I es la intensidad luminosa de la lámpara en la dirección del punto que puede obtenerse de los diagramas polares de la luminaria o de la matriz de intensidades y h la altura del plano de trabajo a la lámpara.

En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

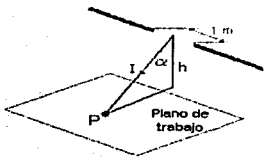
$$E_H = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

$$E_V = \sum_{i=1}^{n} \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2}$$

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

- **Fuentes de luz lineales de longitud infinita.** Se considera que una fuente de luz lineal es infinita si su longitud es mucho mayor que la altura de montaje; por ejemplo una línea continua de fluorescentes. En este caso se puede demostrar por cálculo diferencial que la iluminancia en un punto para una fuente de luz difusa se puede expresar como:



$$E_H = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \cos^2 \alpha$$

$$E_V = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

En los extremos de la hilera de las luminarias el valor de la iluminancia será la mitad.

El valor de I se puede obtener del diagrama de intensidad luminosa de la luminaria referido a un metro de longitud de la fuente de luz. En el caso de un tubo fluorescente desnudo I puede calcularse a partir del flujo luminoso por metro, según la fórmula:

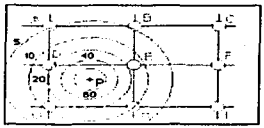
$$I = \frac{\Phi}{9.25}$$

- **Cálculo de las iluminancias horizontales empleando curvas isolux.** Este método gráfico permite obtener las iluminancias horizontales en cualquier punto del plano de trabajo de forma rápida y directa. Para ello necesitaremos:

  1. Las curvas isolux de la luminaria suministradas por el fabricante. Si no disponemos de ellas, podemos trazarlas a partir de la matriz de intensidades o de las curvas polares, aunque esta solución es poco recomendable si el número de puntos que nos interesa calcular es pequeño o no disponemos de un programa informático que lo haga por nosotros.
  2. La planta del local con la disposición de las luminarias dibujada con la misma escala que la curva isolux.

El procedimiento de cálculo es el siguiente. Sobre el plano de la planta situamos el punto o los puntos en los que queremos calcular la iluminancia. A continuación colocamos el diagrama isolux sobre el plano, haciendo que el centro coincida con el punto, y se suman los valores relativos de las iluminancias debidos a cada una de las luminarias que hemos obtenido a partir de la intersección de las curvas isolux con las luminarias como se muestra a continuación:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Luminaria	A	B	C	D	E	F	G	H	I	Total
Iluminancia (lux)	4	4	0	19	19	0	12	10	0	E_T= 68 lx

Finalmente, los valores reales de las iluminancias en cada punto se calculan a partir de los relativos obtenidos de las curvas aplicando la fórmula:

$$E_r = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{\Phi_c} \cdot \left(\frac{h_c}{h_r}\right)^2 = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{h_r^2} \cdot \frac{1}{1000}$$

Componente indirecta o reflejada en un punto.

Para calcular la componente indirecta se supone que la distribución luminosa de la luz reflejada es uniforme en todas las superficies del local incluido el plano de trabajo. De esta manera, la componente indirecta de la iluminación de una fuente de luz para un punto cualquiera de las superficies que forman el local se calcula como:

$$E_{indirecta} = E_{ind_H} = E_{ind_V} = \frac{\Phi}{F_T} \cdot \frac{\rho_m}{1-\rho_m}$$

donde:

- $F_T = \sum_n F_i$ es la suma del área de todas las superficies del local.
- ρ_m es la reflectancia media de las superficies del local calculada como:

$$\rho_m = \frac{\sum_n \rho_i \cdot F_i}{\sum_n F_i}$$

siendo ρ_i la reflectancia de la superficie F_i

- y Φ es el flujo de la lámpara.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2 Iluminación de Exteriores.

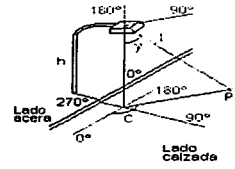
El alumbrado exterior es, sin duda, una de las aplicaciones más habituales e importantes de la iluminación. La posibilidad de realizar actividades más allá de los límites naturales ha abierto un abanico infinito de posibilidades desde iluminar calles y vías de comunicación hasta aplicaciones artísticas,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

Contrariamente a lo que se pueda pensar, detrás de los cálculos y recomendaciones sobre alumbrado de vías públicas existe un importante desarrollo teórico sobre diferentes temas (pavimentos, deslumbramiento, confort visual, etc.). Afortunadamente, hoy día estos cálculos están muy mecanizados y contamos con software especializado que no ayuda en los cálculos. No obstante, es recomendable tener nociones de algunos de ellos para comprender mejor la mecánica de cálculo. Así tras estudiar algunos conceptos previos de iluminación, veremos soluciones prácticas de alumbrado viario y los niveles de iluminación recomendados.

- **Iluminancia.**

La iluminancia indica la cantidad de luz que llega a una superficie y se define como el flujo luminoso recibido por unidad de superficie:

$$E = \frac{d\Phi}{ds}$$



Si la expresamos en función de la intensidad luminosa nos queda como:

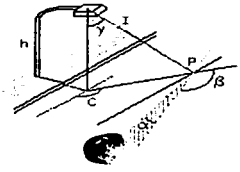
$$E_H = \frac{I(C,\gamma)}{h^2} \cdot \cos^3 \gamma$$

donde I es la intensidad recibida por el punto P en la dirección definida por el par de ángulos (C, γ) y h la altura del foco luminoso. Si el punto está iluminado por más de una lámpara, la iluminancia total recibida es entonces:

$$E_H = \sum_{i=1}^{n} \frac{I(C_i, \gamma_i)}{h_i^2} \cdot \cos^3 \gamma_i$$

- **Luminancia.**

La luminancia, por contra, es una medida de la luz que llega a los ojos procedente de los objetos y es la responsable de excitar la retina provocando la visión. Esta luz proviene de la reflexión que sufre la iluminancia cuando incide sobre los cuerpos. Se puede definir, pues, como la porción de intensidad luminosa por unidad de superficie que es reflejada por la calzada en dirección al ojo.



$$L = q(\beta, \gamma) \cdot E_H$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

donde q es el coeficiente de luminancia en el punto P que depende básicamente del ángulo de incidencia γ y del ángulo entre el plano de incidencia y el de observación β. El efecto del ángulo de observación α es despreciable para la mayoría de conductores (automovilistas con campo visual entre 60 y 160 m por delante y una altura de 1,5 m sobre el suelo) y no se tiene en cuenta. Así pues, nos queda:

$$L = \frac{I(C,\gamma)\cdot\cos^3\gamma}{h^2}\cdot q(\beta,\gamma)$$

Por comodidad de cálculo, se define el término:

$$r(\beta,\gamma) = q(\beta,\gamma)\cdot\cos^3\gamma$$

Quedando finalmente:

$$L = \frac{I(C,\gamma)\cdot r(\beta,\gamma)}{h^2}$$

Y si el punto está iluminado por más de una lámpara, resulta:

$$L = \sum_{i=1}^{n}\frac{I(C_i,\gamma_i)\cdot r(\beta_i,\gamma_i)}{h_i^2}$$

Los valores de $r(\beta,\gamma)$ se encuentran tabulados o incorporados a programas de cálculo y dependen de las características de los pavimentos utilizados en la vía.

- **Criterios de calidad.**

Para determinar si una instalación es adecuada y cumple con todos los requisitos de seguridad y visibilidad necesarios se establecen una serie de parámetros que sirven como criterios de calidad. Son la luminancia media (L_m, L_{AV}), los coeficientes de uniformidad (U_o, U_L), el deslumbramiento (TI y G) y el coeficiente de iluminación de los alrededores (SR).

Coeficientes de uniformidad.

Como criterios de calidad y evaluación de la uniformidad de la iluminación en la vía se analizan el rendimiento visual en términos del coeficiente global de uniformidad U_o y la comodidad visual mediante el coeficiente longitudinal de uniformidad U_L (medido a lo largo de la línea central).

$$U_o = L_{min} / L_m \qquad U_L = L_{min} / L_{max}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Deslumbramiento.

El deslumbramiento producido por las farolas o los reflejos en la calzada, es un problema considerable por sus posibles repercusiones. En sí mismo, no es más que una sensación molesta que dificulta la visión pudiendo, en casos extremos, llegar a provocar ceguera transitoria. Se hace necesario, por tanto, cuantificar este fenómeno y establecer unos criterios de calidad que eviten estas situaciones peligrosas para los usuarios.

Se llama **deslumbramiento molesto** a aquella sensación desagradable que sufrimos cuando la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa. Este fenómeno se evalúa de acuerdo a una escala numérica, obtenida de estudios estadísticos, que va del deslumbramiento insoportable al inapreciable.(fig. 4.10).

G	Deslumbramiento	Evaluación del alumbrado
1	Insoportable	Malo
3	Molesto	Inadecuado
5	Admisible	Regular
7	Satisfactorio	Bueno
9	Inapreciable	Excelente

Fig. 4.10. Relación entre el deslumbramiento y la calidad de alumbrado.

El **deslumbramiento perturbador** se produce por la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa. No obstante, este fenómeno no lleva necesariamente asociado una sensación incómoda como el deslumbramiento molesto. Para evaluar la pérdida de visión se utiliza el criterio del incremento de umbral (TI) expresado en tanto por ciento:

$$TI = 65\frac{L_v}{(L_m)^{0.5}}$$

donde L_v es la *luminancia de velo equivalente* (fig. 4.11.) y L_m es la luminancia media de la calzada.

$$L_V = k\sum_{i=1}^{n}\frac{E_{ojo}}{\theta_i^2}$$

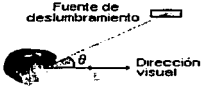


Fig.4.11. Luminancia de velo equivalente.

donde:

- K es una constante que depende de la edad del individuo cuyo valor usual es 10 grados o $3 \cdot 10^{-3}$ rad.
- E_{ojo} es la iluminancia sobre el ojo en el plano perpendicular a la dirección visual.
- θ es el ángulo formado por la dirección visual y el rayo de luz procedente de la fuente de luz deslumbrante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Sólo se tendrán en cuenta las fuentes deslumbradoras cuyo ángulo θ sea mayor que 20°.

Coeficiente de iluminación en los alrededores.

El coeficiente de iluminación en los alrededores (*Surround Ratio*, SR) es una medida de la iluminación en las zonas limítrofes de la vía. De esta manera se asegura que los objetos, vehículos o peatones que se encuentren allí sean visibles para los conductores. SR se obtiene calculando la iluminancia media de una franja de 5 m de ancho a cada lado de la calzada.

- **Lámparas y luminarias.**

Las **lámparas** son los aparatos encargados de generar la luz. En la actualidad, en alumbrado público se utilizan las lámparas de descarga frente a las lámparas incandescentes por sus mejores prestaciones y mayor ahorro energético y económico. Concretamente, se emplean las lámparas de vapor de sodio a baja y alta presión y aditivos metálicos.

Las **luminarias**, por contra, son aparatos destinados a alojar, soportar y proteger la lámpara y sus elementos auxiliares además de concentrar y dirigir el flujo luminoso de esta. Para ello, adoptan diversas formas aunque en alumbrado público predominan las de flujo asimétrico con las que se consigue una mayor superficie iluminada sobre la calzada. Las podemos encontrar montadas sobre postes, columnas o suspendidas sobre cables transversales a la calzada, en catenarias colgadas a lo largo de la vía o como proyectores en plazas y cruces.

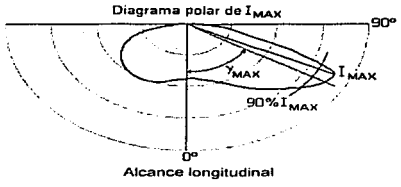
Las luminarias se pueden clasificar según las denominaciones cut-off, semi cut-off y non cut-off (ver tabla siguiente).

	Máximo valor permitido de la intensidad emitida para un ángulo de elevación.		Dirección de la intensidad máxima.
	80 °	90 °	
Cut-off	≤30 cd /1000 lm	≤10 cd /1000 lm	≤65 °
Semi cut-off	≤100 cd /1000 lm	≤50 cd /1000 lm	≤75 °
Non cut-off	> 100 cd /1000 lm	> 50 cd /1000 lm	≤90°

O las luminarias se clasifican según tres parámetros (alcance, dispersión y control) que dependen de sus características fotométricas. Los dos primeros nos informan sobre la distancia en que es capaz de iluminar la luminaria en las direcciones longitudinal y transversal respectivamente. Mientras, el control nos da una idea sobre el deslumbramiento que produce la luminaria a los usuarios.

El **alcance** es la distancia, determinada por el ángulo γ_{MAX}, en que la luminaria es capaz de iluminar la calzada en dirección longitudinal. Este ángulo se calcula como el valor medio entre los dos ángulos correspondientes al 90% de I_{MAX} que corresponden al plano donde la luminaria presenta el máximo de la intensidad luminosa(Fig. 4.12).

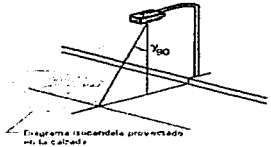
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Alcance corto	$\gamma_{MAX} < 60°$
Alcance intermedio	$60° \leq \gamma_{MAX} \leq 70°$
Alcance largo	$\gamma_{MAX} > 70°$

Fig. 4.12. El Alcance.

La **dispersión** es la distancia, determinada por el ángulo γ_{90}, en que es capaz de iluminar la luminaria en dirección transversal a la calzada. Se define como la recta tangente a la curva isocandela del 90% de I_{MAX} proyectada sobre la calzada, que es paralela al eje de esta y se encuentra más alejada de la luminaria (Fig. 4.13).

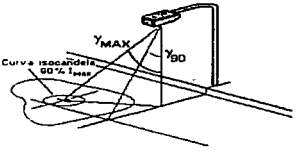


Dispersión transversal.

Dispersión estrecha	$\gamma_{90} < 45°$
Dispersión media	$45° \leq \gamma_{90} \leq 55°$
Dispersión ancha	$\gamma_{90} > 55°$

Fig. 4.13. Dispersión.

Tanto el alcance como la dispersión pueden calcularse gráficamente a partir del diagrama isocandela relativo en proyección azimutal (Fig. 4.14).



Alcance y dispersión de una luminaria.

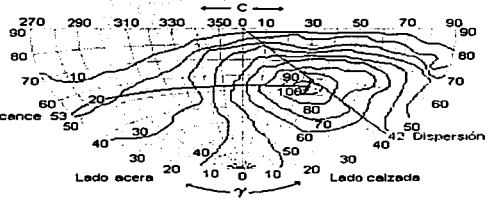


Fig. 4.14. Método gráfico para calcular el alcance y la dispersión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Por último, el **control** nos da una idea de la capacidad de la luminaria para limitar el deslumbramiento que produce:

Control limitado	SLI < 2
Control medio	2 ≤ SLI ≤ 4
Control intenso	SLI > 4

Donde la fórmula del SLI (índice específico de la luminaria) se calcula a partir de las características de ésta.

Fórmula del SLI

$$SLI = 13.84 - 3.31 \log I_{80} + 1.3 \log \left(\frac{I_{80}}{I_{88}}\right)^{0.5} - 0.08 \log \frac{I_{80}}{I_{88}} + 1.29 \log F + c$$

donde:

- I_{80} es la intensidad luminosa emitida por la luminaria con un ángulo de elevación $\gamma = 80°$ en el plano C=0.
- I_{88} es la intensidad luminosa en el caso de $\gamma = 88°$.
- F es la superficie aparente de la luminaria vista bajo un ángulo de 76°.
- c es un factor de corrección del color que vale:

Tipo de lámpara	c
Sodio a baja presión	0.4
Otras	0

4.2.1 Disposición de las luminarias en la vía.

Para conseguir una buena iluminación, no basta con realizar los cálculos, debe proporcionarse información extra que oriente y advierta al conductor con suficiente anticipación de las características y trazado de la vía. Así en curvas es recomendable situar las farolas en la exterior de la misma, en autopistas de varias calzadas ponerlas en la mediana o cambiar el color de las lámparas en las salidas.

En los **tramos rectos de vías con una única calzada** existen tres disposiciones básicas: unilateral, bilateral tresbolillo y bilateral pareada (Fig. 4.15). También es posible suspender la luminaria de un cable transversal pero sólo se usa en calles muy estrechas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

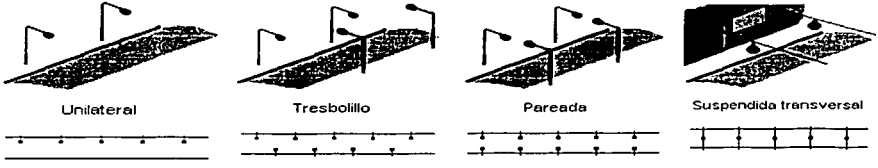


Fig. 4.15. Disposiciones Básicas para luminarias en vías con una sola calzada.

La distribución unilateral se recomienda si la anchura de la vía es menor que la altura de montaje de las luminarias. La bilateral tresbolillo si está comprendida entre 1 y 1.5 veces la altura de montaje y la bilateral pareada si es mayor de 1.5 (ver tabla siguiente).

	Relación entre la anchura de la vía y la altura de montaje
Unilateral	A/H < 1
Tresbolillo	$1 \leqslant A/H \leqslant 1.5$
Pareada	A/H > 1.5
Suspendida	Calles muy estrechas

En el caso de **tramos rectos de vías con dos o más calzadas** separadas por una mediana se pueden colocar las luminarias sobre la mediana o considerar las dos calzadas de forma independiente (Fig. 4.16). Si la mediana es estrecha se pueden colocar farolas de doble brazo que dan una buena orientación visual y tienen muchas ventajas constructivas y de instalación por su simplicidad. Si la mediana es muy ancha es preferible tratar las calzadas de forma separada. Pueden combinarse los brazos dobles con la disposición al tresbolillo o aplicar iluminación unilateral en cada una de ellas.

En este último caso es recomendable poner las luminarias en el lado contrario a la mediana porque de esta forma incitamos al usuario a circular por el carril de la derecha.

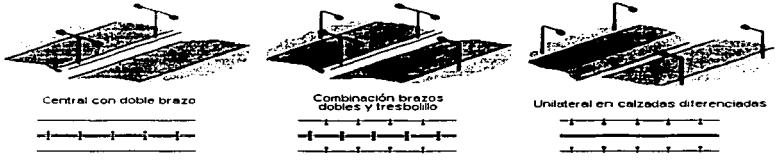


Fig. 4.16. Disposición de luminarias en vías rectas con 2 o más calzadas.

En **tramos curvos** las reglas a seguir son proporcionar una buena orientación visual y hacer menor la separación entre las luminarias cuanto menor sea el radio de la curva figura. (4.17). Si la curvatura es grande (R>300 m) se considerará como un tramo recto. Si es pequeña y la anchura de la vía es menor de 1.5 veces la altura de las luminarias se adoptará una disposición unilateral por el lado exterior de la curva.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En el caso contrario se recurrirá a una disposición bilateral pareada, nunca tresbolillo pues no informa sobre el trazado de la carretera.

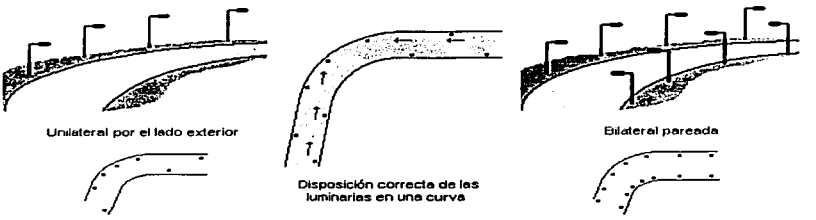


Fig. 4.17. Disposición de luminarias en tramos curvos.

Radio de la curva.	Asimilar a un tramo recto	
R > 300 m	A/H < 1.5	Unilateral exterior
R < 300 m	A/H > 1.5	Bilateral pareada

En **cruces** conviene que el nivel de iluminación sea superior al de las vías que confluyen en él para mejorar la visibilidad (Fig. 4.18). Asimismo, es recomendable situar las farolas en el lado derecho de la calzada y después del cruce. Si tiene forma de T hay que poner una luminaria al final de la calle que termina. En la salidas de autopistas conviene colocar luces de distinto color al de la vía principal para destacarlas. En cruces y bifurcaciones complicados es mejor recurrir a iluminación con proyectores situados en postes altos, más de 20 m, pues desorienta menos al conductor y proporciona una iluminación agradable y uniforme.

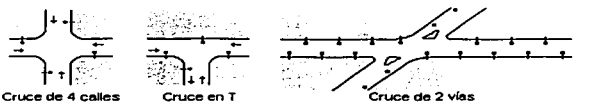


Fig. 4.18 Disposiciones en cruces.

En las **plazas y glorietas** se instalarán luminarias en el borde exterior de estas para que iluminen los accesos y salidas (Fig. 4.19). La altura de los postes y el nivel de iluminación será por lo menos igual al de la calle más importante que desemboque en ella. Además, se pondrán luces en las vías de acceso para que los vehículos vean a los peatones que crucen cuando abandonen la plaza. Si son pequeñas y el terraplén central no es muy grande ni tiene arbolado se puede iluminar con un poste alto multibrazo. En otros casos es mejor situar las luminarias en el borde del terraplén en las prolongaciones de las calles que desembocan en esta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

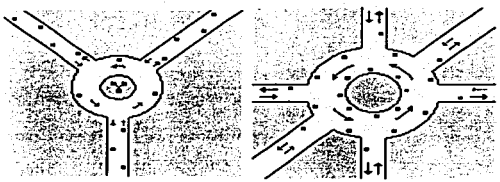


Fig. 4.19. Disposiciones para luminarias en Plazas y Glorietas.

En los **pasos de peatones** las luminarias se colocarán antes de estos según el sentido de la marcha de tal manera que sea bien visible tanto por los peatones como por los conductores. Figura 4.20.

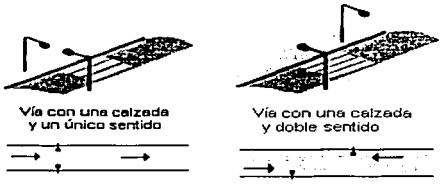
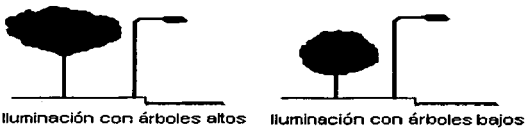


Fig. 4.20. Disposiciones para luminarias en pasos peatonales.

Por último, hay que considerar la **presencia de árboles en la vía**. Si estos son altos, de unos 8 a 10 metros, las luminarias se situarán a su misma altura. Pero si son pequeños las farolas usadas serán más altas que estos, de 12 a 15 m de altura. En ambos casos es recomendable una poda periódica de los árboles. (Fig. 4.21):



4.21.Iluminación con presencia de árboles.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **Niveles de iluminación recomendados.**

Los niveles de iluminación recomendados dependen de las normativas en vigor en cada territorio, aunque muchas de ellas toman como referencia los valores aconsejados por la CIE. Según esta, las vías se dividen en cinco tipos de acuerdo con las características del tráfico, de la vía y de los alrededores (Fig. 4.22).

Tipo de vía	Entorno	Categoría	Luminancia media Lm (cd/m²)	Coeficientes de uniformidad		Control del deslumbramiento	
				Global U_o	Longitudinal UL	Molesto G	Perturbador TI
A		A	≥2			≥6	
B	Claro	B1	≥2		≥0.7	≥5	≤10 %
	Oscuro	B2	≥1			≥6	
C	Claro	C1	≥2	≥0.4		≥5	≤20 %
	Oscuro	C2	≥1			≥6	≤10 %
D	Claro	D	≥2		≥0.5	≥4	
E	Claro	E1	≥1			≥4	≤20 %
	Oscuro	E2	≥ 0.5			≥5	

Fig. 4.22.Valores recomendados por la CIE .

Los valores indicados en la tabla son luminancias, no iluminancias, pues recordemos que son estas las responsables de provocar la sensación de visión.

A partir de 1995 la CIE ha establecido unas nuevas recomendaciones más acordes con las últimas investigaciones sobre el tema (ver siguiente tabla).

Categoría	Luminancia media Lm (cd/m²)	Coeficientes de uniformidad		Control del deslumbramiento TI	Alrededores SR
		Global U_o	Perturbador TI		
M1	≥2.00		≥0.7		
M2	≥1.50			≤10	≥0.5
M3	≥1.00	≥0.4	≥0.5		
M4	≥0.75		---	≤15	---
M5	≥0.50				

Valores recomendados por la CIE (1995).

Además de estas recomendaciones que se aplican en los tramos normales de las vías hay que considerar que en las zonas conflictivas (cruces, intersecciones, estrechamiento de la vía o del número de carriles, zonas con circulación de peatones o vehículos lentos que dificulten la circulación, rotondas, pasos a nivel, rampas, etc.) suele ser necesario un incremento de los requerimientos luminosos.

Si trabajamos con luminancias hay que aumentar en una unidad la categoría de la vía de valor de Mx más alta que converja en la zona. Cuando sea del tipo M1 a dicha zona también se aplicará este criterio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En distancias cortas, menos de 60 m, no se pueden aplicar los métodos de cálculos de las luminancias y se utiliza el criterio de las iluminancias (ver tabla siguiente.).

Categoría	Nivel medio iluminancia E_m (lux)	Coef global uniformidad U_o
C0	≥50	≥0.4
C1	≥30	
C2	≥20	
C3	≥15	
C4	≥10	
C5	≥7.5	

El número de la categoría de la zona de conflicto (Cx) no será menor que el de la vía de mayor categoría (Mx) que confluya en la zona.

4.2.2 Métodos de calculo para iluminación de exteriores.

Debido a la gran cantidad de factores que intervienen en la iluminación de vías públicas (deslumbramiento, características de los pavimentos, condiciones meteorológicas, etc.) y en la percepción de estas, el cálculo del alumbrado público ha sido siempre una tarea muy compleja.

Por ello, en un principio los cálculos se enfocaron a determinar unas condiciones de iluminancia sobre la calzada que proporcionaran una buena visibilidad dentro de los márgenes establecidos por los organismos competentes.

A medida que se fue desarrollando la informática y aumentaron las capacidades de procesamiento de datos, los cálculos se fueron orientando hacia la determinación de luminancias. Esto no hubiera sido posible sin la existencia de ordenadores que permiten ejecutar y aplicar los métodos de cálculo numérico en un tiempo razonable.

Así pues, podemos agrupar los métodos en:

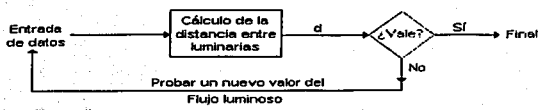
- Cálculo de iluminancias.
  - Método de los lúmenes o del factor de utilización.
  - Métodos numéricos. El método de los nueve puntos.
- Cálculo de luminancias.

4.2.2.1 Método de los lúmenes o del factor de utilización.

La finalidad de este método es calcular la distancia de separación adecuada entre las luminarias que garantice un nivel de iluminancia medio determinado. Mediante un proceso iterativo, sencillo y práctico, se consiguen unos valores que aunque no son muy precisos, sí sirven de referencia para empezar a aplicar otros métodos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:



Datos de entrada

- Determinar el nivel de iluminancia media (Em). Este valor depende de las características y clase de pavimento , clase de vía, intensidad del tráfico, etc. Como valores orientativos podemos usar:

Tipo de vía	Iluminancia media (lx)	Luminancia media (cd/m2)
A	35	2
B	35	2
C	30	1.9
D	28	1.7
E	25	1.4

Clases de vías.

Tipo A: Vías rápidas sin cruces a nivel con accesos controlados y tráfico rápido. Por ejemplo autopistas y autovías.

Tipo B: Carreteras principales con tráfico rápido y posiblemente carriles para tráfico lento y peatones. Carreteras nacionales, interurbanas...

Tipo C: Vías con tráfico moderadamente rápido. Por ejemplo cinturones de circunvalación, carreteras radiales y vías urbanas de tráfico rápido.

Tipo D: Vías con tráfico mixto con presencia de vehículos lentos y peatones. Carreteras provinciales, comarcales, travesías, vías urbanas y calles comerciales.

Tipo E: Vías con tráfico elevado mixto y limitación de velocidad. Zonas residenciales y calles locales.

- Escoger el tipo de lámpara (vapor de mercurio, sodio...) y la altura de montaje necesarias sin exceder el flujo máximo recomendado en cada intervalo:

Flujo de la lámpara (lm)	Altura (m)
$3000 \leqslant \Phi_L < 10000$	$6 \leqslant H < 8$
$10000 \leqslant \Phi_L < 20000$	$8 \leqslant H < 10$
$20000 \leqslant \Phi_L < 40000$	$10 \leqslant H < 12$
$\geqslant 40000$	$\geqslant 12$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Elegir la disposición de luminarias más adecuada según la relación entre la anchura de la calzada y la altura de las luminarias :

Disposición	Relación anchura/altura
Unilateral	≤ 1
Tresbolillo	$1 < A/H \leq 1.5$
Pareada	> 1.5

- Determinar el **"factor de mantenimiento"** (f_m) dependiendo de las características de la zona (contaminación, tráfico, mantenimiento...).

Características de la vía	Luminaria abierta	Luminaria cerrada
Limpia	0.75	0.80
Media	0.68	0.70
Sucia	0.65	0.68

Factor de mantenimiento.

El factor de mantenimiento (f_m) es una medida de la disminución que sufre el flujo luminoso emitido por la luminaria con el paso del tiempo. Esto se debe por una parte a la depreciación del flujo de la lámpara a causa del uso y por otra del ensuciamiento de la luminaria como consecuencia del entorno en que se encuentra.

- Calcular el factor de utilización (η)

El **factor de utilización** es una medida del rendimiento del conjunto lámpara-luminaria y se define como el cociente entre el flujo útil, el que llega a la calzada, y el emitido por la lámpara.

$$\eta = \frac{\Phi_{útil}}{\Phi_L}$$

Normalmente se representa mediante curvas que suministran los fabricantes con las luminarias. Estas curvas podemos encontrarlas en función del cociente anchura de la calle/altura (A/H), la más habitual, o de los ángulos γ_1, γ_2 en el lado calzada y acera respectivamente. (Fig. 4.23)

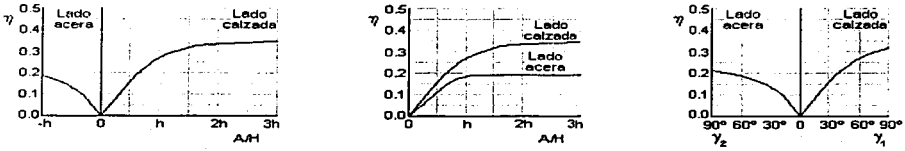
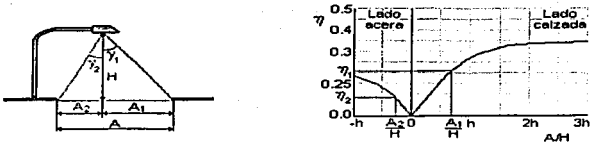


Fig. 4.23. Curvas del factor de utilización

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

De los gráficos anteriores se puede observar que hay dos valores posibles, uno para el lado acera y otro para el lado calzada, que se obtienen de las curvas. Fig. (4.24)



$$A = A_1 + A_2$$

$$\eta = \eta_1 + \eta_2$$

Fig. 4.24. Valores posibles de las curvas del factor de utilización.

Por tanto, para obtener el factor de utilización total de la sección transversal de la calle habrá que sumar los coeficientes del lado acera y del lado calzada, aunque en otros casos la cosa puede ser diferente.

Cálculo de la separación entre luminarias.

Una vez fijados los datos de entrada, podemos proceder al cálculo de la separación (d) entre las luminarias utilizando la expresión de la iluminancia media.

$$E_m = \frac{\eta \cdot f_m \cdot \Phi_L}{A \cdot d}$$

donde:

- Em es la iluminancia media sobre la calzada que queremos conseguir.
- η es el factor de utilización de la instalación.
- f_m es el factor de mantenimiento.
- Φ_L es el flujo luminoso de la lámpara.
- A es la anchura a iluminar de la calzada que en disposición bilateral pareada es la mitad (A/2) y toda (A) en disposiciones unilateral y tresbolillo.

Unilateral o tresbolillo	A
Bilateral	A/2

son datos conocidos y

- d es la separación entre las luminarias.

y la incógnita a resolver.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Comprobación.

Finalmente, tras las fases anteriores, entrada de datos y cálculo, solo queda comprobar si el resultado está dentro de los límites. Si es así habremos acabado y si no variaremos los datos de entrada y volveremos a empezar. Si la divergencia es grande es recomendable cambiar el flujo de la lámpara.

A modo orientativo podemos usar la siguiente tabla que da la relación entre la separación y la altura para algunos valores de la iluminancia media:

Em (lux)	separación / altura
$2 \leqslant Em < 7$	$5 \leqslant d/h < 4$
$7 \leqslant Em < 15$	$4 \leqslant d/h < 3.5$
$15 \leqslant Em \leqslant 30$	$3.5 \leqslant d/h < 2$

4.2.2.2 Métodos numéricos.

Los métodos numéricos se basan en la idea de que no es preciso calcular la iluminancia en todos los puntos de la calzada para tener una idea exacta de la distribución luminosa, sino que basta con hacerlo en unos cuantos puntos representativos llamados nodos.

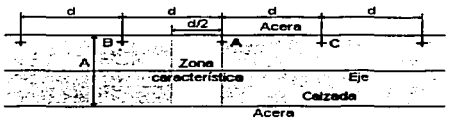
Para ello, dividiremos la zona a estudiar en pequeñas parcelas llamadas dominios, cada una con su correspondiente nodo, en las cuales supondremos la iluminancia uniforme. La iluminancia total de la calzada se calculará como una media ponderada de las iluminancias de cada dominio.

El número de particiones que hagamos dependerá de la precisión que queramos obtener. En nuestro caso trabajaremos con el criterio de los nueve puntos que es el más sencillo, aunque la mecánica de trabajo es la misma siempre independientemente del número de dominios que tengamos.

Los métodos numéricos son herramientas de cálculo muy potentes pero que requieren mucho tiempo para su ejecución. Por ello es imprescindible el uso de ordenadores para aplicarlos.

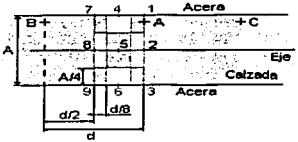
Método de los nueve puntos.

Supongamos un tramo de vía recta con disposición unilateral de las luminarias y separadas una distancia d:



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Debido a las simetrías existentes en la figura anterior, bastará con calcular las iluminancias en la zona señalada. En el resto de la calzada estos valores se irán repitiendo periódicamente. Para hacer los cálculos, la zona se divide en nueve dominios con otros tantos puntos. Figura 4.25.



Distribución de puntos en una disposición unilateral
Fig. 4.25.

El valor medio de las iluminancias será para este caso:

$$E_m = \frac{E_1 \cdot S_1 + E_2 \cdot S_2 + \ldots + E_9 \cdot S_9}{S_1 + S_2 + \ldots + S_9} = \frac{\sum_{i=1}^{9} E_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^{9} S_i}$$

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$

con:

$$S_1 = S_3 = S_7 = S_9 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{32} = S_1$$

$$S_2 = S_8 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{8} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_4 = S_6 = \frac{A}{4} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{16} = 2S_1$$

$$S_5 = \frac{A}{2} \cdot \frac{d}{4} = \frac{A \cdot d}{8} = 4S_1$$

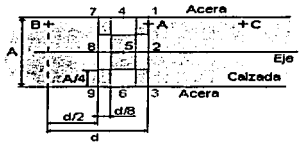
La expresión anterior de Em es también válida para las disposiciones tresbolillo y bilateral pareada.
Para calcular las iluminancias sobre cada nodo sólo consideraremos la contribución de las luminarias más próximas despreciándose el resto por tener una influencia pequeña.

La iluminancia en cada punto vale entonces:

$$E_I = E_{IA} + E_{IB} + E_{IC}$$

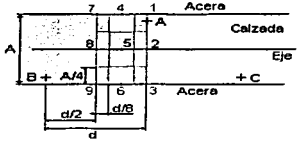
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$E_m = \frac{E_1 + 2E_2 + E_3 + 2E_4 + 4E_5 + 2E_6 + E_7 + 2E_8 + E_9}{16}$$



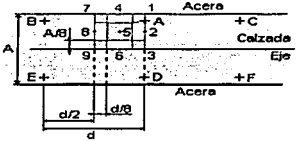
Distribución de puntos en una disposición unilateral

$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$



Distribución de puntos en una disposición tresbolillo

$E_i = E_{iA} + E_{iB} + E_{iC}$



Distribución de puntos en una disposición bilateral

$E_i = E_{iA} + E_{iB} + EiC + E_{iD} + E_{iE} + E_{iF}$

Además de E_m podemos calcular los coeficientes de uniformidad media y extrema de las iluminancias.

Uniformidad media = E_{min} / E_m

Uniformidad extrema = E_{min} / E_{max}

Para calcular las iluminancias podemos proceder de dos maneras:
En primer lugar podemos calcularlas usando la fórmula:

$$E_i = \frac{I(C,\gamma)}{H^2} \cdot \cos^3 \gamma_i$$

donde I se puede obtener de los gráficos polares o de la matriz de intensidades.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La otra posibilidad es recurrir a un método gráfico. En él, los valores de las iluminancias se obtienen por lectura directa de las curvas isolux. Para ello necesitaremos:

1. Las curvas isolux de la luminaria
2. La planta de la calle dibujada en la misma escala que la curva isolux.
3. Una tabla para apuntar los valores leídos.

El procedimiento de cálculo es el siguiente. Sobre el plano de la planta situamos los nueve puntos y las proyecciones de los centros fotométricos de las luminarias sobre la calzada (Fig. 4.26)

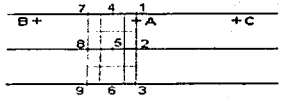
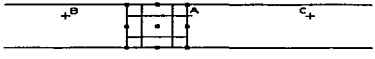


Fig. 4.26. Posición de puntos para el calculo. (Ejemplo)

A continuación se superpone sucesivamente la curva isolux sobre el plano de manera que su origen quede situado sobre la luminaria y los ejes estén correctamente orientados (0-180° paralelo al eje de la calzada y 90°-270° perpendicular al mismo). Se leen los valores de la luminancia en cada punto y se apuntan en la tabla. a continuación se suman los valores relativos para cada punto y se calculan los valores reales. Finalmente calculamos la iluminancia media y los factores de uniformidad media y extrema.

Veámoslo mejor con un ejemplo sencillo. Supongamos una calle con luminarias de 20000 lm situadas a una altura de 8 m.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A									
B									
C									
$\sum E_{\text{f curva}}$									
E_{real}									

Los valores reales de las iluminancias en cada punto se calculan a partir de los relativos aplicando la fórmula:

$$E_r = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{\Phi_c} \cdot \left(\frac{h_c}{h_r}\right)^2 = E_c \cdot \frac{\Phi_r}{h_r^2} \cdot \frac{1}{1000} = E_c \cdot \frac{20000}{8^2} \cdot \frac{1}{1000} = 0.3125 \cdot E_c$$

Finalmente, calculamos la iluminancia media y los factores de uniformidad:

$$E_m = \frac{24.1 + 2 \cdot 42.2 + 19.7 + 2 \cdot 17.8 + 4 \cdot 30 + 2 \cdot 16.6 + 10.3 + 2 \cdot 28.1 + 12.5}{16} = 24.75 \text{ lx}$$

$$U_m = \frac{E_{min}}{E_m} = \frac{10.3}{24.75} = 0.42 \qquad U_{ext} = \frac{E_{min}}{E_{max}} = \frac{10.3}{42.2} = 0.24$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Existen otros métodos de cálculo más potentes y fiables orientados a su empleo en aplicaciones informáticas, pero los principios en que se basa su funcionamiento son los que acabamos de exponer.

Cálculo de luminancias.

La luminancia de un punto de la calzada que percibe un observador depende básicamente de la iluminancia recibida en dicho punto proveniente de las luminarias de la calle, de las características reflectantes del pavimento y de la posición del observador. Visto esto, y en especial teniendo en cuenta que los observadores, los usuarios de la vía, van variando su posición, resulta fácil comprender la dificultad de determinar las luminancias. Por ello, en la actualidad, el cálculo de luminancias está orientado al empleo de métodos numéricos apoyados por software.

Como ya sabemos, la luminancia de un punto de la calzada vista por un observador e iluminado por más de una luminaria (Fig. 4.27)se puede expresar como:

$$L = \sum_{i=1}^{n} \frac{I(C_i, \gamma_i) \cdot r(\beta_i, \gamma_i)}{h_i^2}$$

Donde $r(\beta, \gamma)$ es un factor que depende de las características reflectivas del pavimento.

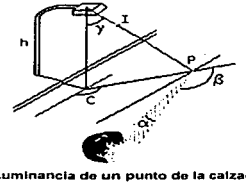


Fig. 4.27 Luminancia de un punto de la calzada.

Para efectuar los cálculos, el observador se sitúa 60 metros, en el sentido de la marcha, por delante de la primera fila de puntos que forman la partición que se ha realizado en la vía y a una altura de 1.5 m sobre el suelo.

Los métodos consisten en determinar las luminancias de los puntos de la calzada previamente escogidos. Una vez determinadas podremos calcular la luminancia media y los factores de uniformidad de la calzada. Así comprobaremos si se cumplen los criterios especificados en las recomendaciones.

Existen métodos manuales para el cálculo de la iluminancia por el método del punto por punto aplicando gráficos (con diagramas isocandela o con diagramas isolux).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.3. Disposición de las luminarias en áreas Residenciales y Peatonales.

Al contrario que en el alumbrado viario, donde principalmente necesitamos ofrecer unas buenas condiciones de iluminación y seguridad vial, en el alumbrado de áreas residenciales y peatonales existe un gran abanico de posibilidades que van desde iluminar zonas comerciales al simple guiado visual. Todo esto hace que el trabajo en este tipo de vías adquiera un carácter multidisciplinar donde intervienen diseñadores, urbanistas, arquitectos e ingenieros.

Es por ello conveniente analizar los usos y requerimientos de la vía para determinar los niveles de alumbrado más adecuados y las lámparas y luminarias a utilizar.

Requisitos del alumbrado.

Cuando se pretenden iluminar áreas residenciales y peatonales se busca conjugar la orientación y seguridad de movimientos con la seguridad personal de peatones y vecinos. En esta línea es importante que el alumbrado permita ver con anticipación los obstáculos del camino, reconocer el entorno y orientarse adecuadamente por las calles, el reconocimiento mutuo de los transeúntes a una distancia mínima de cuatro metros que permita reaccionar en caso de peligro, disuadir a ladrones e intrusos y en caso que esto no ocurra revelar su presencia a los vecinos y peatones.

Además de todo esto, es conveniente una integración visual de estas zonas con el entorno en que se encuentren igualándolas al resto o dándoles un carácter propio. Si por las zonas peatonales existe tráfico de vehículos se iluminará como si se tratara de una vía pública normal y corriente.

El tratamiento del **deslumbramiento** en este tipo de vías, es mucho más sencillo que en el caso de tráfico motorizado debido a la gran diferencia de velocidad entre estos y los transeúntes. Los peatones debido a su baja velocidad se adaptan bien a los cambios de luminancia.

Habrá, no obstante, que evitar colocar luminarias sin apantallar al nivel de los ojos y vigilar la luminancia de las lámparas en ángulos críticos que provoquen molestias a los transeúntes. Así mismo, conviene evitar que las luces molesten a los vecinos en su descanso nocturno.

Niveles de alumbrado.

Los niveles de iluminación recomendados varían según el uso al que esté destinado la zona. Así, encontramos desde valores mínimos de iluminancia de 0.2 lux que permiten orientarse y ver los obstáculos del camino hasta los 20 lux que proporcionan un ambiente atractivo para las zonas de gran actividad nocturna.

No obstante, en la mayoría de casos, un nivel de 5 lux bastará para ofrecer unas buenas condiciones de alumbrado que permitan la orientación y ofrezcan sensación de seguridad a los transeúntes. Ver figura. 4.28.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Clasificación según el uso nocturno hecho por los peatones	Categoría	Nivel medio Iluminancia Em (lux)	Nivel mínimo Iluminancia Emin (lux)
Calles en zonas privilegiadas (áreas comerciales, de ocio...)	P1	20	7.5
Calles de uso alto	P2	10	3.0
Calles de uso moderado	P3	7.5	1.5
Calles de uso menor. Solamente asociado a propiedades adyacentes	P4	5.0	1.0
Calles de uso menor donde sea importante preservar el carácter de ambiente rural o la arquitectura	P5	3.0	0.6
Calles de uso muy bajo donde sea importante preservar el carácter de ambiente rural o la arquitectura	P6	1.5	0.2
Calles donde sólo es necesario el guiado visual	P7	-	-

Fig. 4.28 valores recomendados de iluminancia CIE (1995).

Lámparas y luminarias.

Para el alumbrado en zonas peatonales se prefieren **lámparas** de temperatura de color próximas a la de las lámparas incandescentes (2750 K) que usamos en nuestras casas. En concreto se usarán principalmente lámparas entre 2000 y 3000 K, aunque se puede ampliar el intervalo a 1800-3300 K. Se podrán usar, por lo tanto, una gran diversidad de lámparas como las de vapor de sodio o mercurio, dependiendo del efecto que busquemos, las condiciones de la zona a iluminar y los aspectos económicos.

Las **luminarias** adoptan multitud de formas desde las más funcionales hasta las de diseño más vanguardista y artístico. Como la forma y el control del haz de luz pierden importancia en favor del ambiente, existe una gran libertad de elección; desde las luminarias de haz general-difuso de globo hasta las de haz controlado (Fig. 4.29). Entre las posibilidades de montaje es normal encontrarlas sobre postes o columnas, adosadas a las fachadas, colgadas sobre cables o al nivel del suelo cuando sólo buscamos ambiente y orientación visual. No obstante, cuando el tráfico motorizado sea significativo recurriremos a las típicas farolas de báculo tan habituales en el alumbrado viario.

Fig. 4.29. tipos de luminarias usadas en el alumbrado viario.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La altura de montaje dependerá del flujo de las lámparas a emplear y en todo caso se evitará colocarlas al nivel de los ojos sin apantallar. Otra posibilidad es colocar luminarias de menos de un metro como se hace en algunas plazas y jardines para crear una atmósfera especial. (Fig. 4.30).

Flujo luminoso lámpara (lm)	Altura de montaje recomendada (m)
<7000	3
7000-14000	3.5-4
14000-25000	4-6
>25000	>6

Fig. 4.30 Altura de montaje.

4.2.4 Alumbrado de Túneles.

En la iluminación de túneles, y en general de cualquier tramo de vía cubierta, se busca proporcionar unas condiciones de seguridad, visibilidad, economía y fluidez adecuadas para el tráfico rodado. En túneles cortos, menos de 100 m, no será necesario iluminar salvo de noche o en circunstancias de poca visibilidad. En los largos, será necesario un estudio individualizado de cada caso. Para ello es necesario analizar los problemas que representan los túneles para los vehículos en condiciones de día o de noche, el mantenimiento necesario y las características de los equipos de alumbrado a instalar.

- **Iluminación diurna**

Cuando nos aproximamos a un túnel de día, la primera dificultad que encontramos es el llamado **efecto del agujero negro** (figura. 4.31). En él, la entrada se nos presenta como una mancha oscura en cuyo interior no podemos distinguir nada. Este problema, que se presenta cuando estamos a una distancia considerable del túnel, se debe a que la luminancia ambiental en el exterior es mucho mayor que la de la entrada. Es el fenómeno de la inducción.

Fig. 4.31. Efecto del agujero negro

A medida que nos acercamos a la entrada, esta va ocupando una mayor porción del campo visual y nuestros ojos se van adaptando progresivamente al nivel de iluminación de su interior. Pero si la transición es muy rápida comparada con la diferencia entre las luminancias exterior e interior, sufriremos una ceguera momentánea con visión borrosa hasta llegar a un nuevo estado de adaptación visual. Es lo mismo que ocurre cuando, en un día soleado, entramos en un portal oscuro y durante unos instantes no vemos con claridad. Es el fenómeno de la adaptación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Se trata, por lo tanto, de un problema de diferencia de niveles de luminancia entre el exterior (3000-8000 cd/m^2) y el interior del túnel (5-10 cd/m^2). Podríamos pensar que manteniendo un valor de luminancia próximo al exterior en toda su longitud habríamos resuelto el problema, pero esta solución es antieconómica.

Lo que se hace en túneles largos, con densidad de tráfico elevada o cualquier otra circunstancia que dificulte la visión, es reducir progresivamente el nivel de luminancia desde la entrada hasta la zona central (Fig. 4.32). En la salida no hay que preocuparse de esto pues al pasar de niveles bajos a altos esta es muy rápida. Así pues, podemos dividir los túneles en varias zonas según los requerimientos luminosos:

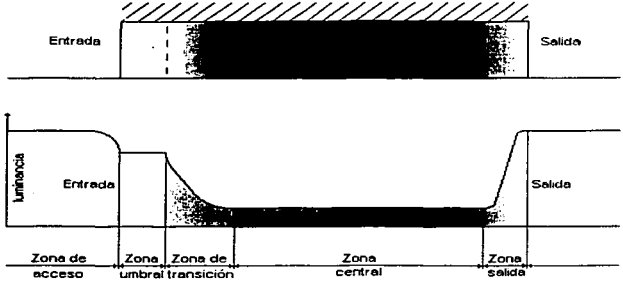


Fig. 4.32. Niveles de luminancia requeridos en un túnel de tráfico unidireccional.

- Zona de acceso
- Zona de umbral.
- Zona de transición.
- Zona central.
- Zona de salida.

Zona de acceso.

Antes de establecer la iluminación necesaria en la entrada del túnel, debemos determinar el nivel medio de luminancia en la zona de acceso o luminancia externa de adaptación. Este magnitud se calcula a partir de las luminancias de los elementos del campo visual del observador como puedan ser el cielo, los edificios, las montañas, los árboles, la carretera, etc. y su valor oscila entre 3000 y 10000 cd/m^2.

En zonas llanas y descubiertas donde el cielo ocupa la mayor parte del campo visual podemos tomar un valor máximo de 8000 cd/m^2. Mientras en las zonas montañosas o edificadas donde cobran mayor importancia las luminancias de los edificios, las montañas, la carretera o los árboles se adopta un valor de 10000 cd/m^2. (Fig. 4.33)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Región	Luminancia máxima (cd/m^2)
Llana y descubierta	8000
Montañosa o edificada	10000

Fig. 4.33. luminancias para distintas zonas.

Sin embargo, estos valores orientativos no excluyen de un cálculo más riguroso de la luminancia de la zona de acceso siguiendo las recomendaciones y normas vigentes.

Zona de umbral.

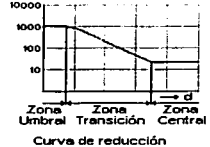
Para proporcionar al conductor una información visual adecuada en la entrada del túnel, la iluminación debe ser por lo menos un 10% de la luminancia de la zona de acceso en un tramo de longitud aproximadamente igual a la distancia de frenado del vehículo (entre 40 y 80 m para velocidades comprendidas entre 50 y 100 km/h). Como aún así la luminancia necesaria es muy alta y supone un consumo importante de energía, se pueden intentar rebajar aplicando medidas especiales.

La primera de ellas es rebajar el límite de velocidad en el túnel y hacer que los vehículos usen sus propias luces. De esta manera se facilita el proceso de adaptación y se reduce la distancia de frenado y por tanto la longitud de la zona de umbral. Asimismo, conviene emplear materiales no reflectantes oscuros en calzada y fachadas en la zona de acceso para rebajar la luminosidad y otros claros con propiedades reflectantes de la zona de umbral para maximizarla. También es conveniente evitar que la luz directa del Sol actúe como fondo de la entrada del túnel.

A tal efecto conviene cuidar la orientación geográfica, maximizar el tamaño de la entrada, plantar árboles y arbustos que den sombra sobre la calzada, usar paralúmenes, etc. En estos últimos casos hay que tener cuidado en regiones frías porque en invierno pueden favorecer la aparición de hielo en la calzada además de otros problemas. Por último, es posible crear una zona iluminada con farolas antes de la entrada para favorecer la orientación visual y atraer la mirada del conductor hacia el túnel.

Zona de transición.

Como al llegar al final de la zona de umbral el nivel de luminancia es todavía demasiado alto, se impone la necesidad de reducirlo hasta los niveles de la zona central. Para evitar los problemas de adaptación, esta disminución se efectúa de forma gradual según un gradiente de reducción o en su defecto una curva escalonada con relaciones de 3 a 1 entre luminancias(Fig. 4.34). Estas curvas, obtenidas empíricamente, dependen de la velocidad de los vehículos y la diferencia entre las luminancias de las zonas umbral e interior.



Curva de reducción de la luminancia

Fig. 4.34. Reducción de luminancia.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Zona central.

En la sección central de los túneles el nivel de luminancia se mantiene constante en valores bajos que rondan entre 5 y 20 cd/m^2 según la velocidad máxima permitida y la densidad de tráfico existente. Es conveniente, además, que las paredes tengan una luminancia por lo menos igual a la de la calzada para mejorar la iluminación en el interior del túnel.

Zona de salida.

En la salida las condiciones de iluminación son menos críticas pues la visión se adapta muy deprisa al pasar de ambientes oscuros a claros. Los vehículos u otros obstáculos se distinguen con facilidad porque sus siluetas se recortan claramente sobre el fondo luminoso que forma la salida. Esto se acentúa, además, si las paredes tienen una reflectancia alta. En estas condiciones, la iluminación sirve más como referencia y basta en la mayoría de los casos con unas 20 cd/m^2 para obtener buenos resultados.

- **Iluminación nocturna.**

En ausencia de luz diurna, iluminar un túnel resulta mucho más sencillo. Basta con reducir el nivel de luminancia en el interior del túnel hasta el valor de la iluminación de la carretera donde se encuentra o si esta no está iluminada que la relación entre las luminancias interior y exterior no pase de 3 a 1 para evitar problemas de adaptación. En este último caso se recomienda un valor aproximado entre 2 y 5 cd/m^2. Hay que tener en cuenta que aunque no se presente el efecto del agujero negro en la entrada sí se puede dar en la salida. Por ello es recomendable iluminar la carretera a partir de la salida durante un mínimo de 200 m para ayudar a la adaptación visual.

Equipos de alumbrado.

Las **lámparas** utilizadas en los túneles se caracterizan por una elevada eficiencia luminosa y larga vida útil. Por ello se utilizan lámpara fluorescentes o de vapor de sodio a baja presión dispuestas en filas continuas en paredes o techos. En la entrada, donde los requerimientos luminosos son mayores se instalan lámparas de aditivos metálicos o de vapor de sodio a alta presión.

En el caso de las **luminarias**, estas deben ser robustas, herméticas, resistentes a las agresiones de los gases de escape y los productos de limpieza. Además de ser de fácil instalación, acceso y mantenimiento. Debido a los gases de escape y partículas en suspensión es conveniente una limpieza periódica. Momento que se puede aprovechar para sustituir las lámparas fundidas aunque conviene también establecer un plan de sustitución periódica de todas las lámparas a la vez según el ciclo de vida de las mismas para garantizar un nivel de iluminación óptimo.

La distribución de las luminarias es muy importante; ha de garantizar una distribución uniforme de la luz sobre la calzada, el control del deslumbramiento, el nivel de luminancia, etc. Pero además, los túneles presentan dos dificultades añadidas: el efecto cebra y el efecto del parpadeo o *flicker*. El **efecto cebra** se produce por la aparición sucesiva de zonas claras y oscuras ante el conductor que puede llegar a sentir una sensación de molestia e incluso mareo debido a una baja uniformidad de las luminancias en el túnel. El **efecto de parpadeo o *flicker*** se produce por cambios periódicos de los niveles de luminancia (unos reflejos, unas lámparas...) en el campo visual según unas frecuencias críticas (entre 2.5 y 15 ciclos/segundo) que provocan incomodidad y mareos y se evita colocando los aparatos en filas continuas o con una separación adecuada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como las condiciones de iluminación en el exterior varían con la climatología y con las horas del día es conveniente instalar un **sistema de regulación** automática de la iluminación interior.

Esta se hace gradualmente, con variaciones entre los estados inicial y final inferiores a 3 a 1. Para simplificar, se distingue entre tres niveles de iluminación: diurno, nocturno y crepuscular para los días nublados.

Es necesario disponer, además, de un **sistema de alumbrado de emergencia** que garantice unos niveles mínimos de iluminación en caso de apagón. En este sentido hay que garantizar por lo menos el funcionamiento de una de cada tres luminarias.

Mantenimiento.

Para mantener en buenas condiciones el sistema de iluminación del túnel y conservar unos niveles óptimos es necesario realizar una serie de operaciones periódicamente como la sustitución de las lámparas o la limpieza de las luminarias, paredes y calzada. Además de contar con un sistema de ventilación eficaz que evacue los humos, gases de escape y partículas en suspensión que dispersan la luz. Asimismo, para maximizar la iluminación en el interior del túnel conviene que el techo, las paredes y la calzada sean de materiales con alta reflectancia pero sin brillos, fáciles de limpiar y resistentes a las agresiones.

4.2.5 Alumbrado con proyectores.

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

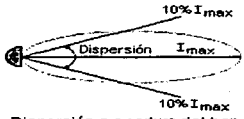
Proyectores.

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

Ejemplos de proyectores

Los proyectores se clasifican según la **apertura o dispersión** del haz de luz (Figura 4.35)que se define como el ángulo comprendido entre las dos direcciones en que la intensidad luminosa cae un determinado porcentaje (usualmente el 10% o el 50%) del valor máximo que hay en el centro del haz donde la intensidad es máxima.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Dispersión o apertura del haz

Tipo abertura	Apertura del haz en grados (50% I_{max})
Pequeña	<20
Mediana	entre 20 y 40
Grande	>40

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

4.35. Clasificación de las luminarias según la apertura del haz de luz.

La **forma de la distribución del haz** de luz depende del tipo de proyector. Así, en los proyectores circulares puede ser cónico o cónico ligeramente asimétrico, obteniéndose una proyección elíptica sobre las superficies iluminadas (Fig. 4.36). Mientras, en los rectangulares suele ser simétrica en los planos horizontal y vertical; aunque en este último plano también puede ser asimétrica y la proyección obtenida tiene forma trapezoidal.

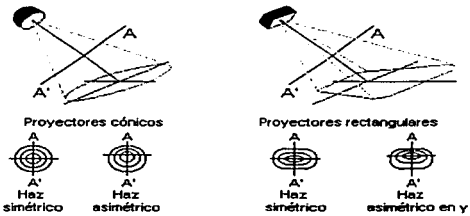
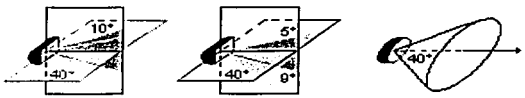


Fig.4.36. Forma de la distribución del haz de luz.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Para la **denominación** de un proyector basta indicar los ángulos de abertura en sus planos de simetría (vertical y horizontal normalmente) (Fig. 4.37). Por ejemplo, 10°/40° indica un proyector que tiene en el plano vertical 5° a cada lado del eje central y 20° en cada lado en el plano horizontal.



10°/40° 5°- 9°/40° 40° Simetría Rotacional

Fig. 4.37 Denominación de proyectores según sus planos de simetría.

Finalmente, la **eficacia del haz** es la relación entre los lúmenes contenidos dentro de la abertura del haz (lúmenes del haz) y los lúmenes de la lámpara en tanto por ciento.

$$\text{Eficacia del haz}(\%) = \frac{\text{lúmenes del haz}}{\text{lúmenes de la lámpara}}$$

4.2.5.1 Cálculo de iluminación con proyectores.

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

- Iluminación de áreas de trabajo o industriales
- Iluminación de edificios y monumentos
- Iluminación de instalaciones deportivas
- Aplicaciones en alumbrado viario

En cada una de estas aplicaciones, podremos encontrar los **niveles de iluminación** más adecuados para garantizar una correcta iluminación.

Una vez realizados los pasos anteriores seguiremos con la **elección de los proyectores**. Una regla a tener en cuenta es que mientras más lejos los coloquemos de la zona a iluminar, más estrecha será la apertura del haz necesaria. Por otro lado, para conseguir una buena uniformidad conviene solapar los bordes de los haces de los proyectores que iluminan la superficie a tratar. El **emplazamiento** de los proyectores depende de la aplicación a que destinemos la instalación y del entorno circundante. En zonas pequeñas puede bastar con un único poste donde estén todos los proyectores; mientras que en otras recurriremos a varios postes o varias luminarias en un solo poste.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El **cálculo** del número de proyectores necesarios es muy sencillo y se realiza con el método de los lúmenes. Si se requiere más precisión, como en retransmisiones deportivas por TV, recurriremos al método del punto por punto. Para grandes instalaciones como estadios deportivos u otras análogas conviene realizar los cálculos por software debido a su enorme complejidad.

Método del flujo luminoso o de los lúmenes.

$$N = \frac{E_m \cdot S}{\Phi \cdot CBU \cdot f_m}$$

donde:

- **N** es el número de proyectores necesarios.
- E_m es la iluminancia media recomendada para cada aplicación.
- **S** es la superficie a iluminar en m^2.
- Φ es el flujo luminoso de un proyector.
- **CBU** es el coeficiente de utilización del haz (*Coefficient of Beam Utilization*) que se define como la relación entre los lúmenes que llegan a la superficie iluminada y los lúmenes del haz. Su valor que oscila entre 0.6 y 0.9.
- f_m es el factor de mantenimiento cuyo valor está entre 0.65 y 0.80. Sirve para cuantificar la disminución del flujo luminoso por el envejecimiento de las lámparas y por la suciedad acumulada en estas y el proyector.

Una vez realizados los cálculos, conviene hacer una **comprobación** de los resultados para verificar la bondad de los resultados. Los parámetros de calidad que se acostumbran a utilizar son la **iluminancia media** (E_m) de la instalación y la **uniformidad media** (E_{min} / E_m).

4.2.5.2 Aplicaciones con proyectores.

Los principales campos de aplicación de la iluminación con proyectores son la iluminación de áreas de trabajo o industriales, de edificios y monumentos, de instalaciones deportivas y algunos usos en alumbrado viario.

Iluminación de áreas de trabajo o industriales

Las áreas de trabajo o industriales son grandes zonas situadas al aire libre, como zonas en construcción, aparcamientos, muelles de carga, puertos, parking, etc. Los proyectores se suelen instalar agrupados en postes altos, separados entre sí de 1.5 a 3 o incluso más veces la altura de montaje, facilitando así los movimientos en la zona de trabajo. De esta manera, también se consigue disminuir el problema del deslumbramiento al quedar las luminarias fuera del ángulo de visión. En estas instalaciones se suelen usar lámparas de sodio a alta presión y las de aditivos metálicos.

Iluminación de edificios y monumentos

Aunque los edificios han sido diseñados para verse de día con la luz solar, se pueden conseguir de noche y con una iluminación adecuada interesantes efectos que atraigan la atención de los transeúntes sobre los mismos. Es cuestión de aplicar imaginación, creatividad, estética y técnica a cada caso particular.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A la hora de iluminar edificios hay que distinguir dos casos. En primer lugar los edificios funcionales, con fachadas simples sin elementos decorativos destacables, como los típicos edificios de fachadas de cristal, donde se aplica una **iluminación uniforme**, de aspecto plano y sin relieve. Tienen la ventaja de que se necesitan pocos puntos de luz aunque la situación de los proyectores, lejos del edificio, puede ser un inconveniente.

En segundo lugar tenemos los edificios con elementos arquitectónicos destacables como cornisas, frisos, relieves, etc. que necesitan un tratamiento especial, una **iluminación no uniforme**, que realce estos elementos y cree una impresión de relieve mediante juegos de luces y sombras, contrastes de color y/o brillo, etc. Para ello, se usan proyectores colocados estratégicamente en la fachada procurando minimizar los daños en la misma.

Unos **consejos** útiles antes de empezar son estudiar las direcciones y distancia de observación que servirán para determinar dónde colocar los proyectores. Analizar la luminancia ambiental teniendo en cuenta que mientras mayor sea esta, mayor será la luminancia necesaria para que el edificio destaque. Ver qué obstáculos hay presentes en la dirección de observación como árboles, vallas, setos, etc.; en estos casos es recomendable poner los focos entre el edificio y los obstáculos para que sólo se vean sus siluetas. Aumentar la luminancia de la parte alta del edificio para aumentar su altura aparente, eliminar sombras no deseadas con proyectores situados sobre la fachada o aumentando la distancia de estos a la fachada, aprovechar el efecto de espejo sobre el agua, etc. (Fig. 4.38)

4.38. Consideraciones para iluminación con proyectores.

Los **niveles de luminancia** dependen de las características de los materiales empleados (reflectancia, textura y color) y de la luminancia de los alrededores. A modo de ejemplo podemos citar la piedra calcárea (40-320 lux), el granito (50-500 lux) o el ladrillo (30-500 lux). Como podemos ver, son intervalos muy amplios cuyos valores dependen de cada caso particular.

Las **lámparas** a utilizar son muy variadas y dependen de los efectos que queramos conseguir. Lo más normal es emplear lámparas de aditivos metálicos (cuando se requiera una buena reproducción del color) o vapor de sodio (materiales pétreos de tonos cálidos).

Aplicaciones en alumbrado viario.

En este campo los proyectores se reservan para la iluminación de nudos de comunicaciones, plazas, parking y en general de cualquier otra situación donde la instalación de luminarias tradicionales suponga complicaciones para la orientación, dificultades técnicas, etc. Presentan la ventaja de que simplifican la instalación al haber menos puntos de luz y producen una iluminación más uniforme y agradable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Iluminación de instalaciones deportivas.

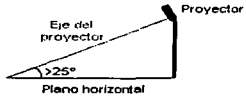
El objetivo de iluminar instalaciones deportivas ya sean interiores o exteriores es ofrecer un ambiente adecuado para la práctica y disfrute de actividades deportivas por parte de jugadores y público. Lógicamente, las exigencias variarán según el tipo de instalación (recreo, entrenamiento o competición)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

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

Los **niveles de iluminación** recomendados varían con la actividad y el grado de profesionalidad, pero sin entrar en detalles podemos recurrir a la siguiente tabla:

Actividad	$E_{Horizontal}$ (lux)	Uniformidad E_{min}/E_{med}
Entrenamiento, recreo	200-300	1:2
Competición	500-700	1:1.5

Para evitar problemas de **deslumbramiento** que dificulten el normal desarrollo del juego, especialmente en deportes donde hay que mirar hacia arriba, conviene tomar medidas como instalar luminarias apantalladas, reducir el número de puntos de luz agrupando los proyectores o evitar colocarlos perpendicularmente a la línea de visión principal. Es conveniente montar las fuentes de luz a una altura adecuada; para el caso de instalaciones exteriores y visto desde el centro del campo, el ángulo formado por el plano horizontal y el eje de cualquier proyector de la batería debe ser superior a 25°, como se muestra a continuación:



Altura de montaje de las luminarias

Las **lámparas** a utilizar dependerán de la finalidad de la instalación.

Las **luminarias**, en instalaciones exteriores, se disponen normalmente en torres colocadas en los laterales, en las esquinas del campo o en una combinación de ambas. En el primer caso se emplean proyectores rectangulares cuya proyección sobre el terreno tiene forma trapezoidal obteniendo como valor añadido un buen modelado de los cuerpos. En el segundo caso se emplean los circulares que dan una proyección en forma elíptica (Figura 4.39).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

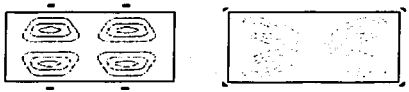
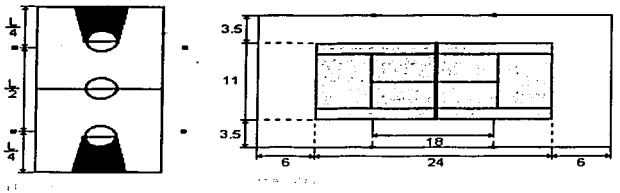
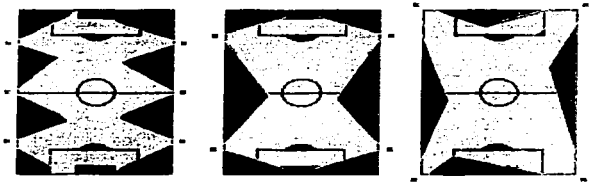


Fig. 4.39. Tipos de proyectores.

A continuación se ofrecen algunos ejemplos de **disposiciones típicas** de proyectores en instalaciones de entrenamiento de exteriores:



Baloncesto Tenis



Futbol

Como pudimos apreciar en el presente estudio el campo de la iluminación es muy extenso y podemos encontrar grandes aplicaciones, además de una gran diversidad de luminarias las cuales son nuestra herramienta de trabajo pues gracias a estas se logran cubrir las necesidades que la naturaleza en ocasiones nos limita.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capitulo 5

Herramientas de calculo para proyectos de iluminación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En la actualidad el desarrollo de las computadoras ha tenido un enorme avance y se pone de manifiesto en todo el software que hasta el momento conocemos y que día a día nos hacemos partícipes de este. Podemos constatar de ello ya que en el mercado aparecen mas y más aplicaciones que van desde los programas de uso general (como pueden ser procesadores de texto, programas para realizar operaciones matemáticas básicas y hasta para realizar dibujos) hasta los programas de uso más complejo o especializados para las diferentes áreas de aplicación, es decir, existen programas para el área contable y administrativa que le ayudara al licenciado a procesar la información de manera que se entreguen las cuentas de ingresos y gastos por separado en un balance general o la relación de pago de nominas de un sin numero de trabajadores, o aquel software que nos permite realizar cosas extraordinarias como puede ser en el área de la medicina donde la intervención quirúrgica simulada de algún órgano importante permite a los doctores ensayar de manera segura sin poner en riesgo la vida del paciente y no podemos dejar de mencionar aquellos programas que simulan las fuerzas de la tierra en proyectos de construcción para los ingenieros civiles, o el comportamiento de fluidos en tuberías o ductos especiales, son solo algunos de los programas que facilitan la tarea de algunas áreas especializadas.

Es así como llegamos hasta el área de la iluminación que también cuenta con varios programas que permiten procesar, calcular, presentar resultados y simular los niveles de iluminación de cualquier tipo de área.

Los fabricantes de este tipo de software son normalmente las marcas especializadas en esta área y su objetivo no es solo brindar ayuda a su área de ingeniería, sino también apoyar a los grandes consumidores y distribuidores de sus productos y así poder entrar con mayor facilidad al mercado, no solo para dar a conocer sus productos sino también para apoyar las áreas de ingeniería de sus distribuidores.

Existen muchas marcas líder en el mercado que ya cuentan con su propio software de iluminación y las diferencias entre ellos radican en sus capacidades y limitantes. Es así como el diseñador de iluminación puede seleccionar cualquier tipo de software según sus necesidades, la facilidad con que se maneje el programa o según la especialización a la que se dediquen, entre otras.

En las siguientes paginas trataremos de dar un panorama un poco más amplio de las ventajas y desventajas con las que cuentan solo algunos de los softwares existentes en el mercado, esperando que con la información aquí presentada el lector pueda tener un campo más grande de elección al momento de buscar una solución a su proyecto de iluminación.

Cabe remarcar que son solo algunos programas de iluminación existentes en el mercado, porque bien sabemos que existen muchos mas, sin embargo no serán mencionados en este estudio ya que no es este el propósito.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.1 Spec Writer.

® El Spec Writer para Windows es un programa para cálculos de iluminación en interiores y exteriores. El Spec Writer utiliza archivos fotométricos estándar en formato IES y puede configurarse para la lectura de archivos IES desde un disco duro, disquete o CD-ROM.

Acepta fotometría de tipo tanto A/C como B. Si busca un archivo fotométrico en particular, la herramienta de búsqueda "look Up" de spec writer tiene acceso a mas de 1400 archivos fotométricos de su base de datos. Si tiene el equipo apropiado, esta listo para calcular rápida y fácilmente.

Lo que puedes hacer con el Spec Writer:

- Calcular puntos en forma horizontal y/o vertical para cualquiera de las 2 aplicaciones de iluminación interior o exterior.
- Enmascarar áreas para excluir puntos de cálculo indeseados para simular áreas de forma irregular sin la necesidad de usar múltiples rejillas.
- Cobertura automática de áreas para canchas de baseball o softball incluyendo jardines circulares o segmentados.
- El apunte de los proyectores puede ser especificado por la orientación del ángulo de inclinación o por coordenadas en X,Y,Z, o apuntando hacia la superficie a iluminar.
- Realiza estimaciones rápidas (precálculos) para áreas regulares en interiores o exteriores tanto en horizontal como en vertical.
- Alumbrado de pasillos en interiores y cálculos de área típica en exteriores.
- Permite grabar los archivos en formato DXF lo que facilita una interfase con AUTOCAD.
- Consultar una tabla que proporciona los niveles de iluminación recomendados por la IESNA.
- En el menú Témplate permite editar cualquier curva fotométrica y la salida la presenta en forma gráfica Permite generar la salida en formato DXF.
- En el menú IES presenta un reporte de cualquier luminaria en donde veremos todos los datos técnicos (dimensiones, parámetros fotométricos, balastro, tipo de lámpara, valores en candelas, etc.)
- El menú TAG es una combinación de TEMPLATE y IES porque nos permite editar la curva pero no la presenta en forma grafica y nos arroja los resultados como en IES.
- Colocar múltiples rejillas en una misma área o proyecto.
- Crear curvas isolux con uno o varios tipos de luminarias.
- Grabar una curva iso en formato DXF.

Lo que no puedes hacer con el Spec Writer.

- Realizar cálculos rápidos en áreas irregulares.
- Objetos que obstruyan el paso de la luz no pueden ser representados en los cálculos.
- Realizar una sumatoria de varias áreas de análisis y así poder obtener un promedio.

Dirección de Internet: www.hubbell-ltg.com

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.2 Luxicon.

®Luxicon es una herramienta diseñada por Cooper Lighting para el modelado y el análisis detallado en cálculos de iluminación.

Lo que puedes hacer en luxicon:

- Seleccionar el número de luminarias necesarias para tu diseño.
- Utilizar un asistente que te guiara paso a paso en la realización del proyecto.
- Aplicar diseños de témplate.
- Rotar objetos y luminarias fácilmente.
- Editar las propiedades de las luminarias, es decir su forma geométrica; en caso de proyectores el ángulo de inclinación, su orientación o si así se desea los lúmenes por lámpara.
- Podrás importar archivos desde AutoCAD en formato DXF.
- Una de las grandes ventajas de este software es poder simular ventanas las cuales en el proyecto podremos especificar el porcentaje de contribución de luz exterior.
- Seleccionar si se desea un balastro diferente para la proyección de una luminaria.
- Exportar el dibujo para poder ser rediseñado en AutoCAD pero la exportación no incluye los valores del calculo, es decir podemos exportar la figura pero no los resultados.
- Enmascarar puntos no deseados en las rejillas de calculo.
- El sumario de los resultados incluye también la posición de las luminarias.

Lo que no puedes hacer en luxicon:

- Arreglos muy grandes, ya que el máximo de elementos son 600 y si tus arreglos son mayores entonces tendrás que reducirlo porque el programa no lo soportara.
- Exportar los resultados del calculo en AutoCAD o cualquier otro formato.
- Importar archivos DXF muy grandes.
- Instalar este programa si tu maquina tiene Microsoft Windows NT or IBM OS/2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Dirección de Internet: www.crouse-hinds.com

5.3 Navigator.

® Navigator es un software para diseño de sistemas de iluminación y herramientas de análisis, al mismo tiempo incluye algunas utilerías. Navigator incluye programas fáciles de usar para el desarrollo de cálculos de iluminación en interiores, exteriores y aplicaciones para iluminación de vialidades, análisis económicos de sistemas de iluminación y una utilería para la administración de archivos de datos fotométricos.

Navigator fue diseñado para Thomas and Betts por Lighting Technologies empresa dedicada al desarrollo de softwares para la industria de la iluminación.

Lo que puedes hacer en Navigator:

- Permite determinar la unidad de densidad de carga.
- Comparar simultáneamente hasta cuatro sistemas de iluminación.
- Editar la distribución de las luminarias.
- Presentar los resultados de los cálculos para cada superficie seleccionada en formatos numéricos, iso-contornos y en escala de rederings en grises, es decir el nivel de iluminación lo podemos visualizar en una gama de tonos grises.
- La impresión de resultados incluye los sumarios del local, planos de la distribución de luminarias, tablas numéricas de análisis (punto por punto), mapas de iso-contornos y escala de iluminación en grises de las superficies.
- Importar y exportar un archivo en formato DXF.
- Seleccionar una configuración determinada de poste.
- Diseñar y analizar mas de cuatro alternativas en sistemas de iluminación de vialidades de acuerdo a las practicas recomendadas por IESNA RP-8 y especificaciones CIE.
- En el administrador fotométrico pueden ver e imprimir reportes fotométricos y curvas de distribución polar, así como generar templates de distribución y desarrollar una rápida optimización estimada.
- Desarrollar sencillos análisis de costos de mas de cuatro sistemas de iluminación.
- En el análisis económico calcula el costo total del sistema, los costos totales de mantenimiento, el costo total del consumo de energía y el costo del sistema y cada una de estas opciones puede ser mostrada en forma grafica.

Lo que no puedes hacer en Navigator:

- Solo puedes utilizar una sola luminaria por cada sistema de iluminación.
- Al importar un archivo en formato DXF no respeta la escala del dibujo por lo que hay que estarla buscando.
- No podemos simular obstrucciones que impidan en paso de luz.
- Personalizar la impresión del proyecto.

Dirección de Internet: www.tnb.com.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

5.4 Visual.

® Visual es una colección de herramientas para cálculos de iluminación y un poderoso software de ingeniería para modelar en 3D, simplifica los procesos de diseño y provee un análisis comprensivo para proyectos de iluminación avanzados.

Visual cuenta con dos ediciones:

- Edición Básica.

La edición básica de Visual fue diseñada para aquellos quienes desean un rápido y simple análisis de iluminación.
Así como oficinas, salones de clase o bodegas pueden ser diseñados en solo unos minutos.

Lo que puedes hacer en la edición básica es:

- Crear diseños de interiores sencillos usando el Método de lumen.
- Modificar el diseño estimado por el programa, ya sea moviendo, copiando o borrando luminarias en forma individual.
- Así como la edición profesional provee de un análisis rápido y exacto, también la edición básica lo presenta de la misma forma.
- Utilizar un número indefinido de luminarias tanto de la manufactura de lithonia y/o holophane como cualquier otro archivo en formato IES.
- Ver los resultados del calculo en dos formas graficas; con los valores punto por punto y/o con las líneas de contorno iso-iluminación y en un formato tabular presentando los valores más representativos del análisis.
- Imprimir un sumario del diseño, es decir un reporte donde presenta los datos del área, el archivo IES utilizado, las reflectancias, el factor de perdida de luz, así como el espaciamiento entre luminarias, todo en una sola hoja (reporta los resultados del calculo por el método de lumen) en cualquier formato de papel.
- Imprimir una selección de datos como son: una vista de planta del diseño general, el organizador de luminarias, las estadísticas, las ubicaciones de las luminarias o las vistas isométricas del diseño en cualquier tamaño de papel.
- Permite diseñar e insertar un block de título para personalizar los proyectos.
- Visual soporta todas las impresoras y plotters que sean compatibles con Windows.

Lo que no puedes hacer en la edición básica es:

- No permite cálculos para áreas irregulares.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- Edición Profesional.

La edición profesional de Visual es una comprensible herramienta de análisis de iluminación diseñada para aplicaciones de interiores y exteriores. La edición profesional combina una avanzada interfase en 3D con los últimos avances para proveer un análisis altamente eficiente y exacto en espacios arquitectónicamente complejos.

Lo que puedes hacer en la edición profesional es:

- Cambiar las vistas, zoom in/out y un pan para diseñar en cualquier tiempo, así como en la mitad de cualquier otro comando.
- Trabajar dinámicamente en cualquier coordenada del plano (X,Y,Z) para crear fácilmente complicadas arquitecturas o para apuntar las luminarias a localizaciones especificas o para cambiar rápidamente el plano de trabajo activo.
- Crear áreas de análisis en cualquier superficie incluyendo techos inclinados, paredes curvas, domos arcos, etc.
- Adicionar al organizador de luminarias cualquier formato de archivo fotométrico (IESNA LM-63, EULUMDATA o CIBSE TM-14).
- Modificar el símbolo de la luminaria y crear múltiples arreglos de mas de 2 luminarias).
- Crear rejillas de calculo de cualquier forma y orientación o el lugar de una rejilla puede ser cualquier superficie con solo un clic.
- Seleccionar cualquier orientación para los puntos de calculo o crear un Max SIPI o una zona de calculo TV.
- Crear las paginas a imprimir a gusto del usuario o según sus necesidades a través del Print Editor.
- Imprimir en cualquier impresora o plotter compatible con Windows.
- Importar archivos de AutoCAD en DWG o en DXF fácilmente.
- Exportar archivos DXF compatibles con R14, esta opción te permite exportar las luminarias así como los resultados en cada uno de los puntos de la rejilla al igual que las estadísticas o el dibujo en 3D.

- Roadway Lighting.

La iluminación de caminos es una herramienta para el desarrollo, análisis y documentación de proyectos de este tipo y a través de su herramienta llamada paso por paso los usuarios son guiados, en donde definirán la forma geométrica del camino, la selección y ubicación de las luminarias y la obtención de los resultados en unidades métricas. Las recomendaciones de IESNA y CIE y los métodos de calculo son incorporados en esta herramienta.

Dirección de Internet: www.lithonia.com

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A través de los tiempos hemos sido participes y espectadores del gran avance tecnológico que entra cada día mas en nuestras vidas, tanto en el área laboral como en el hogar, esto por supuesto que nos facilita algunas de las tareas que en algunos de los casos nos tomaba horas en realizar por su extensión o por que eran muy complejas, ahora nos puede tomar menos de la mitad del tiempo en terminarlas.

Lo mismo sucede en el área de la iluminación, proyectos que tomaban hasta días en calcular a mano por su extensión, ahora podemos hacerlo en poco tiempo con la ayuda de uno de estos programas. Además de que nos garantizan un alto porcentaje de exactitud, otra de las ventajas que podemos ver en usar un programa de calculo por computadora es que se reducen considerablemente los tiempos de análisis, por lo que si algún cliente necesitara de un calculo rápido, la solución se le daría en muy poco tiempo y no solo daríamos resultados para un tipo de luminaria, sino que tendríamos la oportunidad de ofrecerle algunas otras opciones que también darían solución a su trabajo y de esta forma nuestro cliente poder comparar con otras marcas de luminarias y escoger la que mejor se acomode a sus necesidades, incluso si este necesitara de cambios en su proyecto se realizarían en forma rápida y a gusto del cliente.

Bien sabemos que la herramienta de dibujo mas utilizada en el mercado es AutoCAD y como la gran mayoría de estos softwares tienen una interfase directa con él entonces aquí tenemos otra enorme ventaja, porque solo necesitamos que el cliente nos dé una copia de su trabajo y nosotros trabajar sobre ella para que su proyecto pueda tener una solución más exacta, es decir poder simular cada uno de los objetos que nos impidan el paso de la luz y así realizar un proyecto mas real y entendible, sobre todo cuando los clientes no son ingenieros y no hablan el mismo lenguaje técnico.

Después de haber visto algunas de las ventajas y desventajas de los programas de iluminación anteriores, hemos tomado la decisión de seleccionar el software desarrollado por Lithonia Lighting Group para desarrollar nuestro proyecto de iluminación, las razones son 2, porque: 1.El proyecto es complejo en cuanto a la arquitectura y 2. El proyecto es muy grande. Así que tomada la decisión nuestro siguiente capitulo es el desarrollo del proyecto en este software.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capitulo 6

Proyecto de iluminación por computadora para una plataforma petrolera

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.1 Proceso de diseño.

El proceso de diseño de una iluminación se puede dividir en cuatro partes principales:

1. Determinación de las metas del proyecto.
   Estos son los objetivos conceptuales de un proyecto en su conjunto. El diseñador debe tener conocimiento de los requerimientos del aspecto de trabajo, que incluyen el tipo o estilo de la arquitectura, si ha de ser utilizada por personas jóvenes o de edad avanzada y cualesquiera otros objetivos del proyecto que pudieran afectar el diseño de iluminación.
   En nuestro caso sabemos que tenemos deferentes tipos de arquitectura dependiendo del área en la que nos encontremos, por ejemplo en los exteriores tendemos pisos de rejilla y en los interiores de oficinas será piso sólido. En cuanto a las personas que laboraran en el área sabemos que serán personas entre los 20 y 40 años.

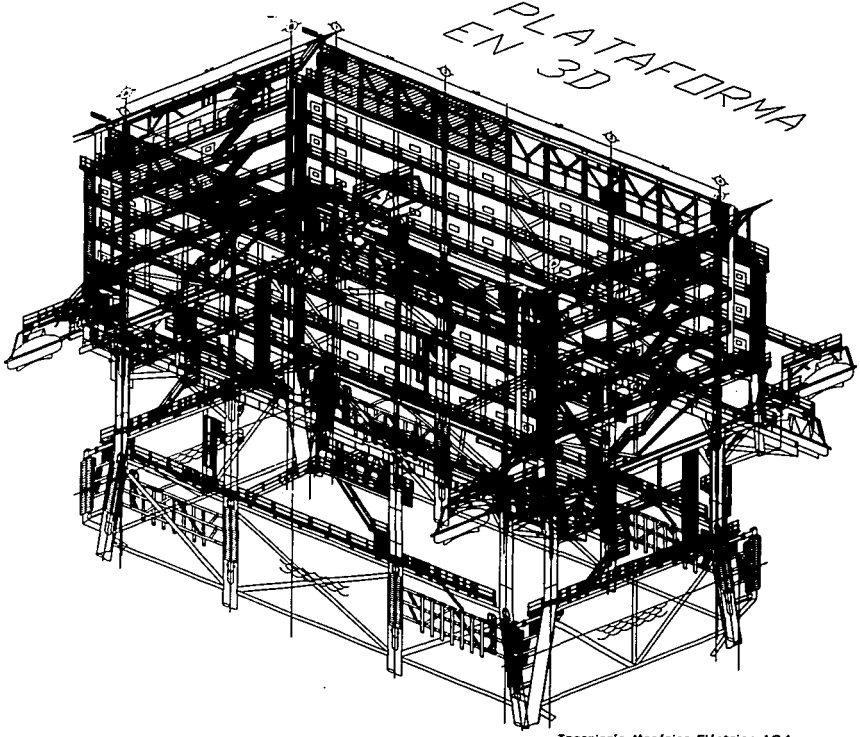
2. Recolección y selección de criterios de iluminación.
   Estos son criterios que incluyen niveles de iluminación para efectuar el trabajo y seguridad, información de confort visual y factores de perdida de luz (Véase apéndice II.).
   Para los niveles de iluminación del proyecto nos apoyaremos en los recomendados por la I.E.S. (Iluminating Engineering Society) que están formados por la teoría del Dr. H.R. Blackwell y los de la S.M.I.I. (Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación A.C.) por diversas instituciones, dependencias oficiales y compañías interesadas llevados a cabo en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la unidad profesional del Instituto Politécnico Nacional en Zacatenco. Véase apéndice I.

3. Toma de decisiones de diseño.
   Todos los criterios mencionados y las metas del proyecto, deben ser evaluadas para tomar decisiones importantes del diseño que incluyen la selección de fuentes de luz, selección y montaje de luminarias, determinación del procedimiento de mantenimiento, selección de método de calculo y plano de distribución de las luminarias.
   La selección de la luminaria se hará según la petición del cliente y se realizara una corrida extra con una luminaria con características similares a la solicitada, en cuanto al montaje el cliente requiere luminaras de empotrar por el tipo de estructura, el método de calculo que utilizaremos será el software llamado VISUAL debido a que el proyecto es muy extenso y los resultados serán presentados a detalle con la ayuda de este mismo paquete.

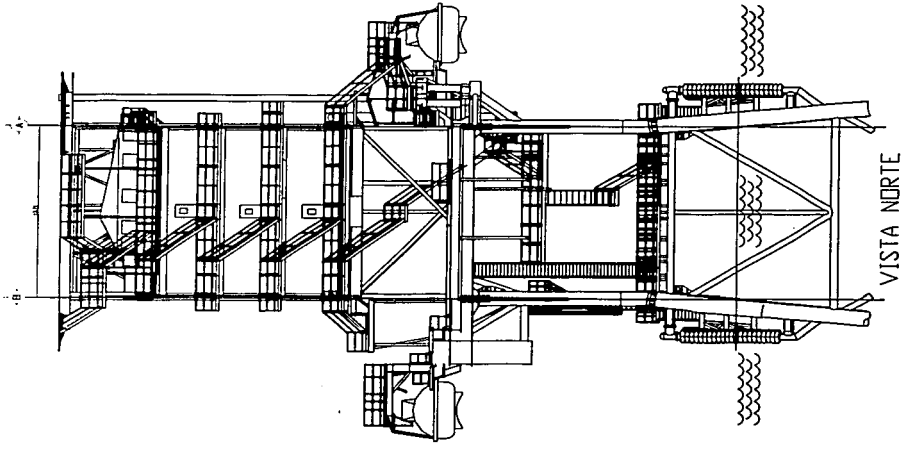
4. Evaluación del proyecto terminado.
   No hay proceso de diseño completo hasta que se hayan evaluado los resultados para ver que las metas del proyecto se han cumplido. Además el diseñador de iluminación debe ver que el diseño se evalúa en términos de su impacto en la utilización total de energía.
   El proceso de diseño puede requerir cambios en decisiones hasta que las metas del proyecto se hayan satisfecho.
   Al termino de este análisis de calculo se presentara al cliente una evaluación económica que le facilite la toma de decisión .

   Es así como ahora entraremos de lleno al proyecto de iluminación.

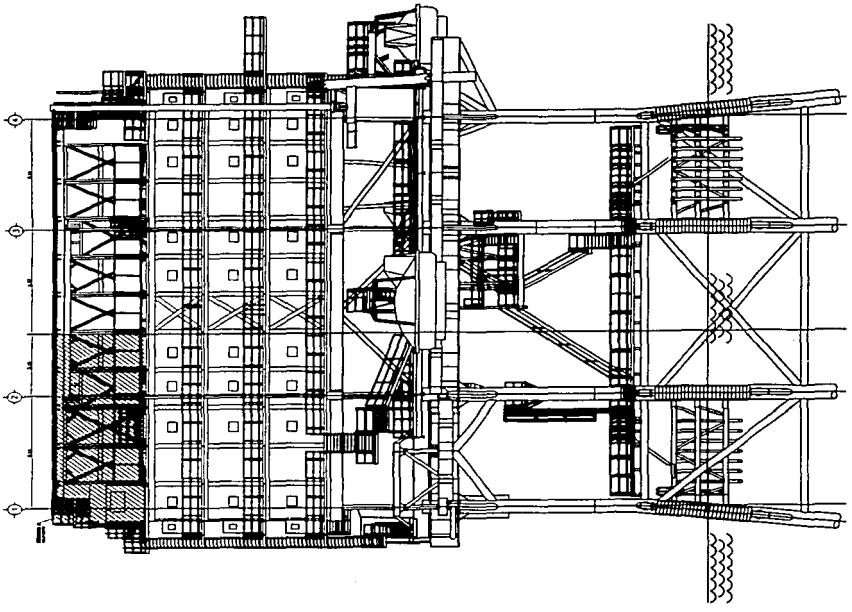
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

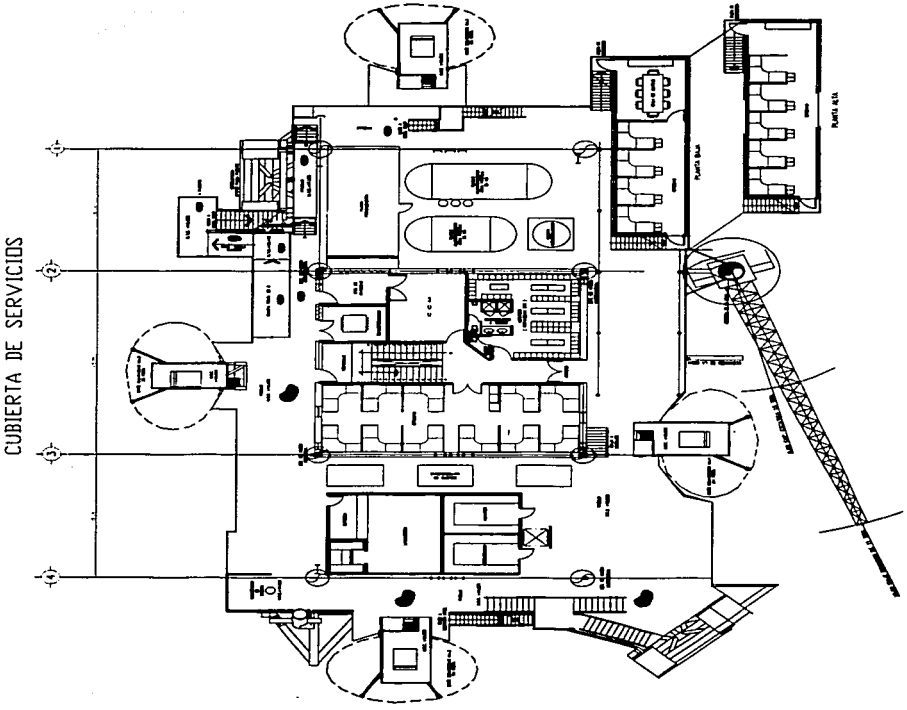


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



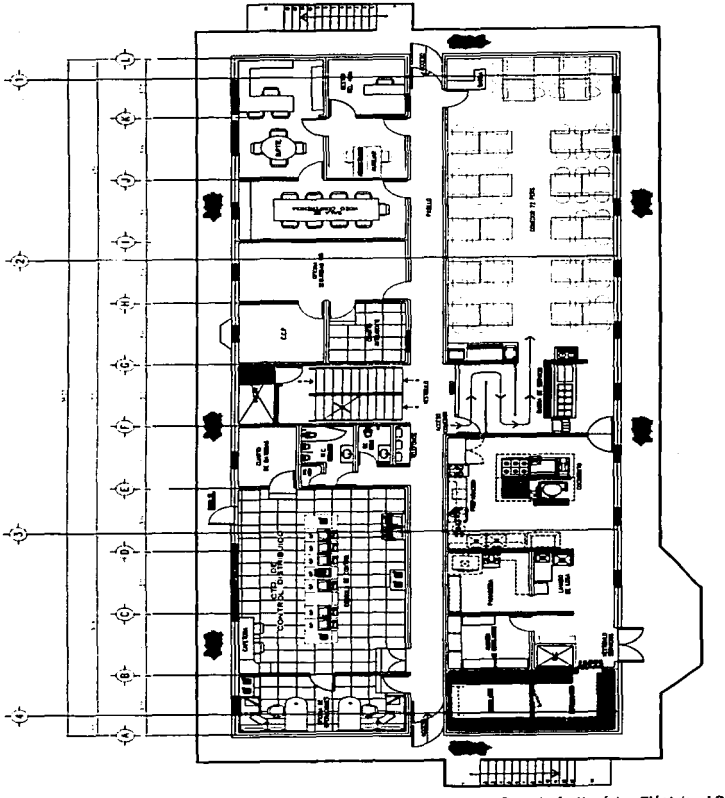
VISTA OESTE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

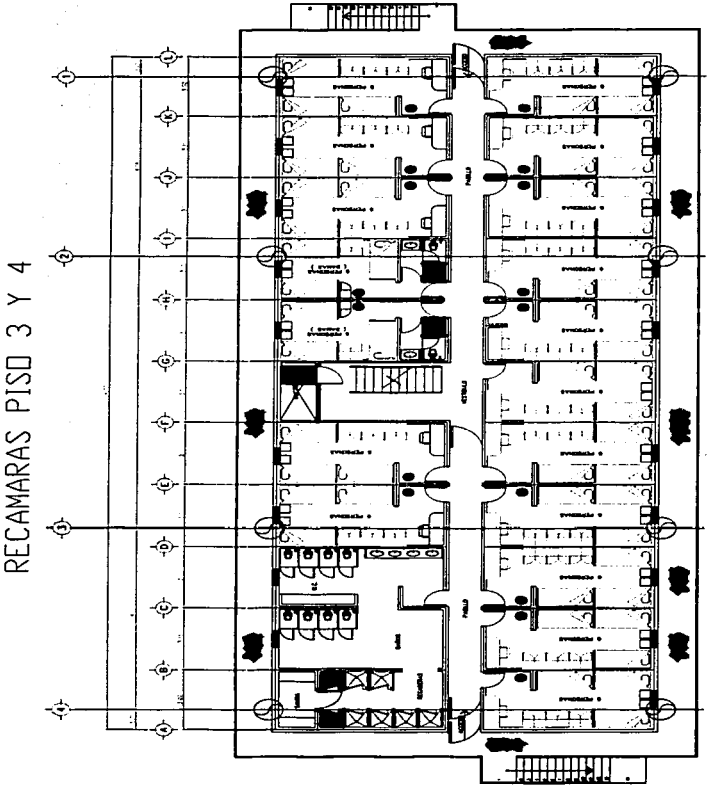


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

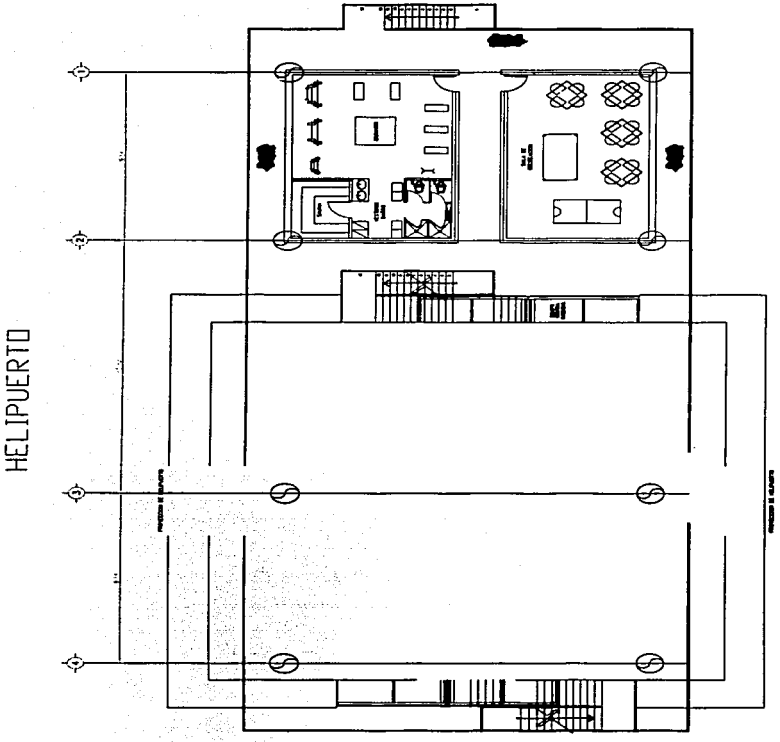
AREA DE OFICINAS Y COMEDOR 2 PISO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.2 PRIMERA PROPUESTA

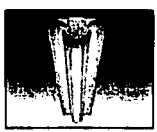
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Designer A.F.G.M.R.R.M.	PLATAFORMA PETROLERA	
Date Nov 25 2002	AREA DE SERVICIOS propuesta 1	
Scale		
Drawing No. 01-0001-2002		
1 of 6		

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
	AV	23	2AV G 2 32 ADP	AVANTE 2' X 4' SYMMETRIC, 2 32WATT T8 EXTRUDED ACRYLIC LINEAR PRISMATIC LENS BACKED WITH WHITE ACRYLIC DIFFUSER	F32T8/TL841 RATED 2900 LUMENS	2900	0.75	61
	TXV	2	TXV 100M A121	ENCLOSED PRISMATIC REFRACTOR	ONE 100-WATT CLEAR B--17 METAL HALIDE, VERTICAL BASE-UP POSITION.	9000	0.62	125
	AV	1	AV G 2 17 ADP ASY	AVANTE 1' X 2' ASYMMETRIC 2 17WATT T8 EXTRUDED ACRYLIC PRISMATIC LENS BACKED WITH WHITE ACRYLIC DIFFUSER		1400	0.75	34



AVANTE

TXV

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS
propuesta 1

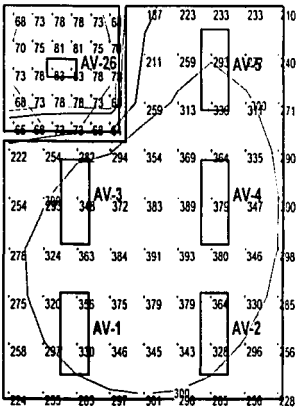
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

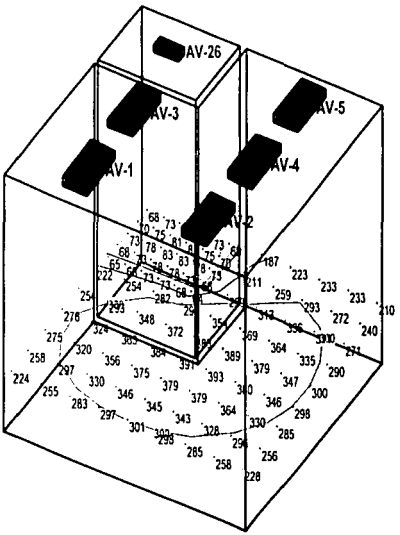
Drawing No.
01-0001-2002

2 of 6



LAVANDERIA Y GUARDADO

Scale 1 : 70



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
lavanderia	306 lux	393 lux	187 lux	2.1:1	1.6:1
guardado	74 lux	83 lux	64 lux	1.3:1	1.1:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS
propuesta 1

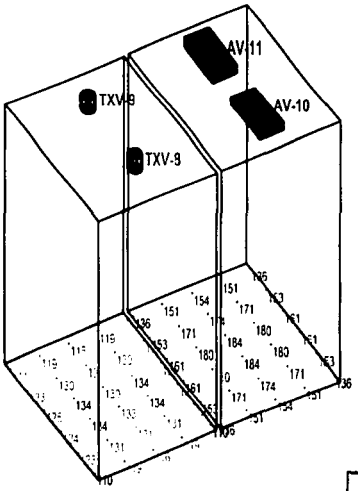
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

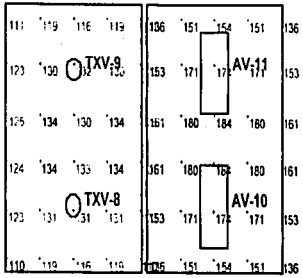
Drawing No.
01-0001-2002

3 of 6



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



REFRIGERACION Y ALMACEN

Scale 1 : 70

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
refrigeracion	124 lux	134 lux	110 lux	1.2:1	1.1:1
almacen	161 lux	184 lux	136 lux	1.4:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS
propuesta 1

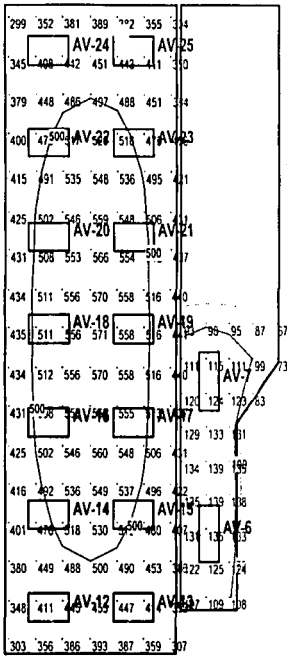
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0001-2002

4 of 6

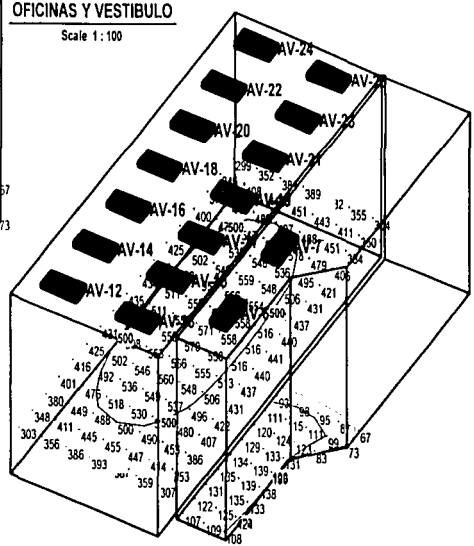


OFICINAS Y VESTIBULO

Scale 1 : 100

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
oficinas edificio principal	466 lux	571 lux	299 lux	1.9:1	1.6:1
vestibulo	116 lux	139 lux	67 lux	2.1:1	1.7:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0001-2002

5 of 6

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Z	MH
1	AV	6.0	14.6	4.3	4.3
2	AV	8.9	14.6	4.3	4.3
3	AV	6.0	16.5	4.3	4.3
4	AV	8.9	16.5	4.3	4.3
5	AV	8.9	18.4	4.3	4.3
6	AV	19.5	8.9	4.3	4.3
7	AV	19.5	12.1	4.3	4.3
8	TXV	5.9	10.6	4.3	4.3
9	TXV	5.9	12.5	4.3	4.3
10	AV	8.9	10.6	4.3	4.3
11	AV	8.9	12.5	4.3	4.3
12	AV	14.7	7.4	4.3	4.3
13	AV	17.3	7.4	4.3	4.3
14	AV	14.7	9.3	4.3	4.3
15	AV	17.3	9.3	4.3	4.3
16	AV	14.7	11.2	4.3	4.3
17	AV	17.3	11.2	4.3	4.3
18	AV	14.7	13.2	4.3	4.3
19	AV	17.3	13.2	4.3	4.3
20	AV	14.7	15.1	4.3	4.3
21	AV	17.3	15.1	4.3	4.3
22	AV	14.7	17.0	4.3	4.3
23	AV	17.3	17.0	4.3	4.3
24	AV	14.7	18.9	4.3	4.3
25	AV	17.3	18.9	4.3	4.3
26	AV	5.7	18.5	4.3	4.3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0001-2002

6 of 6

AREA GENERAL

Scale 1 : 220

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

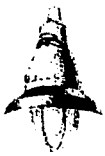
Drawing No.
01-0002-2002

1 of 9

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
■	AV	11	2AV G 2 CF40 ADP	AVANTE 2' X 2' SYMMETRIC, 2 40WATT TWIN TUBE T5 EXTRUDED ACRYLIC LINEAR PRISMATIC LENS BACKED WITH WHITE ACRYLIC DIFFUSER	F40BX/SPX41 RATED 3150 LUMENS	3150	0.74	86
●	EVA	4	EVA-2155	EVA	INCANDESCENTE 200W	3400	0.73	200
▬	AV	30	AV G 2 17 ADP ASY	AVANTE 1' X 2' ASYMMETRIC 2 17WATT T8 EXTRUDED ACRYLIC PRISMATIC LENS BACKED WITH WHITE ACRYLIC DIFFUSER		1400	0.75	34
■	F	3	F-568P-13	COMPACT FLUORESCENT TROFFER	1 x 13W COMPACT FLUORESCENT LAMP	900	0.68	17



EVA

AVANTE

F-568P-13

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

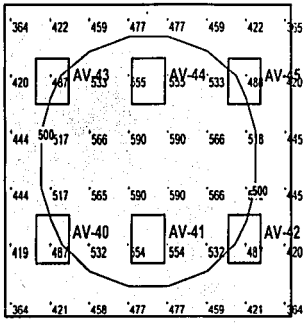
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

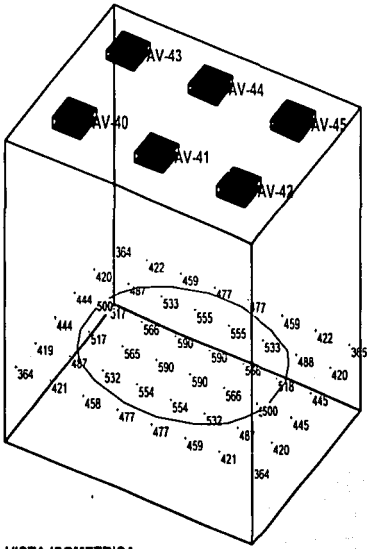
Drawing No.
01-0002-2002

2 of 9



ccm

Scale 1 : 60



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
c.c.m.	486 lux	590 lux	364 lux	1.6:1	1.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

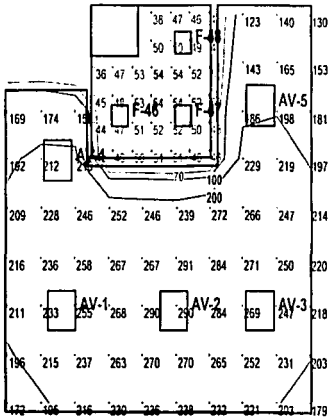
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0002-2002

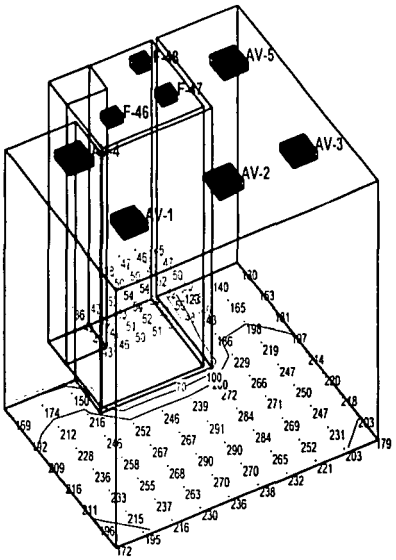
3 of 9



LOCKERS Y BAÑO

Scale 1 : 70

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
lockers	224 lux	291 lux	123 lux	2.4:1	1.8:1
baño	49 lux	54 lux	36 lux	1.5:1	1.4:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS
propuesta 1

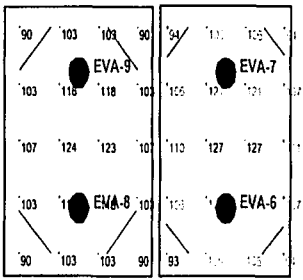
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

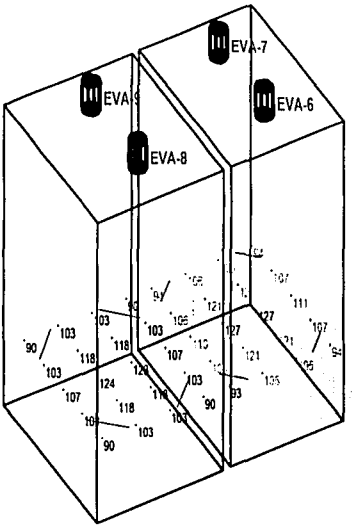
Drawing No.
01-0002-2002

4 of 9



TRANSFORMADOR Y CUARTO DE BATERIAS

Scale 1 : 60



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
transformador	106 lux	124 lux	90 lux	1.4:1	1.2:1
cto. de baterias	109 lux	127 lux	93 lux	1.4:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

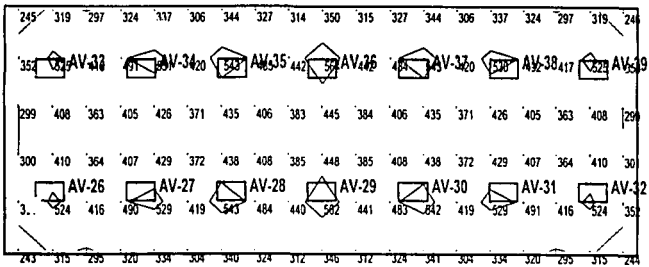
Scale

Drawing No.
01-0002-2002

5 of 9

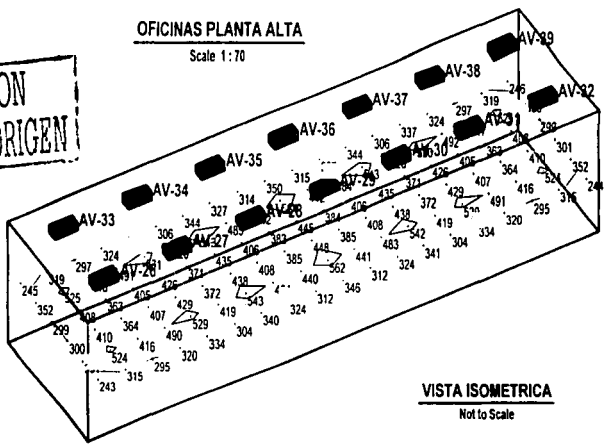
STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
oficinas pequeñas pa	392 lux	564 lux	243 lux	2.3:1	1.6:1



OFICINAS PLANTA ALTA

Scale 1:70



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

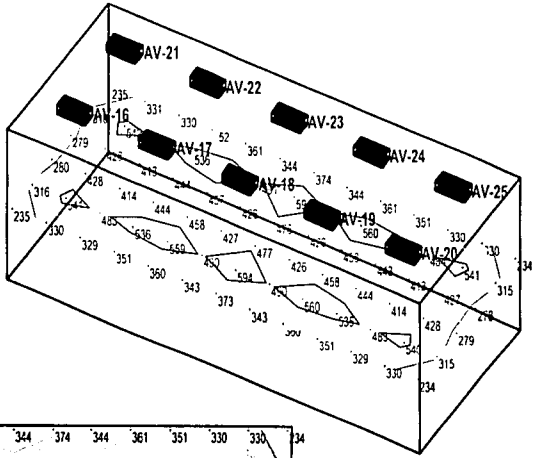
Scale

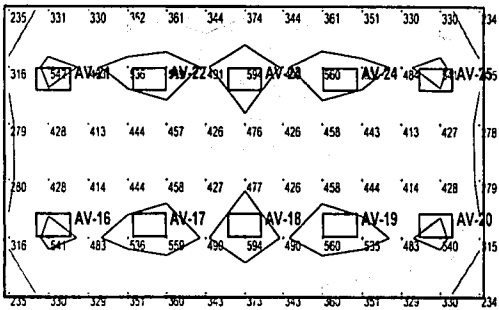
Drawing No.
01-0002-2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale





OFICINAS PLANTA BAJA

Scale 1 : 60

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
oficinas pequeñas pb	413 lux	594 lux	234 lux	2.5:1	1.8:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

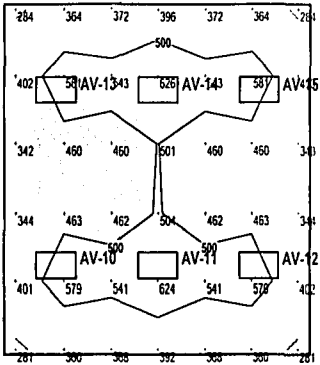
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

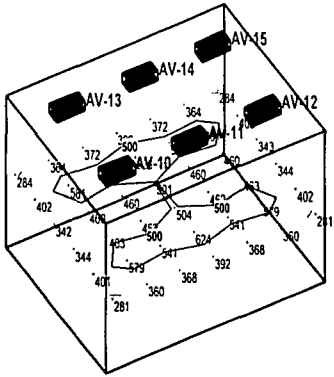
Drawing No.
01-0002-2002

7 of 9



SALA DE JUNTAS

Scale 1 : 50



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
sala de juntas	435 lux	626 lux	281 lux	2.2:1	1.5:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0002-2002

8 of 9

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z
1	AV	21.6	7.9	4.3
2	AV	24.0	7.9	4.3
3	AV	25.8	7.9	4.3
4	AV	21.6	10.1	4.3
5	AV	25.8	10.9	4.3
6	EVA	25.7	17.3	4.3
7	EVA	25.7	19.0	4.3
8	EVA	23.0	17.3	4.3
9	EVA	23.0	19.0	4.3
10	AV	39.1	2.1	2.2
11	AV	40.6	2.1	2.2
12	AV	42.1	2.1	2.2
13	AV	39.1	3.9	2.2
14	AV	40.6	3.9	2.2
15	AV	42.1	3.9	2.2
16	AV	30.5	2.1	2.2
17	AV	32.2	2.1	2.2
18	AV	33.9	2.1	2.2
19	AV	35.6	2.1	2.2
20	AV	37.3	2.1	2.2
21	AV	30.5	3.9	2.2
22	AV	32.2	3.9	2.2
23	AV	33.9	3.9	2.2
24	AV	35.6	3.9	2.2

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z
25	AV	37.3	3.9	2.2
26	AV	33.4	-4.7	2.2
27	AV	35.3	-4.7	2.2
28	AV	37.1	-4.7	2.2
29	AV	39.0	-4.7	2.2
30	AV	40.9	-4.7	2.2
31	AV	42.8	-4.7	2.2
32	AV	44.7	-4.7	2.2
33	AV	33.4	-2.9	2.2
34	AV	35.3	-2.9	2.2
35	AV	37.1	-2.9	2.2
36	AV	39.0	-2.9	2.2
37	AV	40.9	-2.9	2.2
38	AV	42.8	-2.9	2.2
39	AV	44.7	-2.9	2.2
40	AV	22.6	13.4	4.3
41	AV	24.3	13.4	4.3
42	AV	26.0	13.4	4.3
43	AV	22.6	15.4	4.3
44	AV	24.3	15.4	4.3
45	AV	26.0	15.4	4.3
46	F	22.8	10.7	4.3
47	F	24.2	10.7	4.3
48	F	24.2	11.8	4.3

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0002-2002

TESIS CON 146
FALLA DE ORIGEN

AREA GENERAL

Scale 1 : 180

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0003-2002

1 of 9

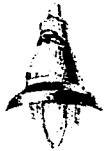
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
	AV	29	2AV G 2 32 ADP	AVANTE 2' X 4' SYMMETRIC, 2 32WATT T8 EXTRUDED ACRYLIC LINEAR PRISMATIC LENS BACKED WITH WHITE ACRYLIC DIFFUSER	F32T8/TL841 RATED 2900 LUMENS	2900	0.75	61
	F	4	F-568P-13	COMPACT FLUORESCENT TROFFER	1 x 13W COMPACT FLUORESCENT LAMP	900	0.68	17
	EVA	1	EVA-2155	EVA	INCANDESCENTE 200W	3400	0.73	200

AVANTE

F-568P-13



EVA

TESIS CO
FALLA DE

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

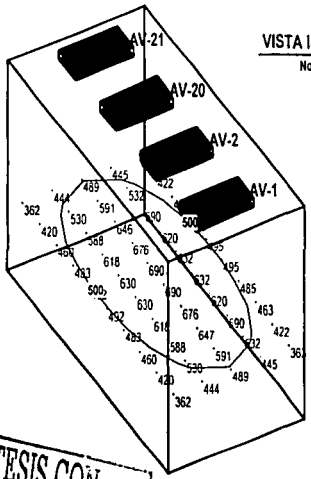
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

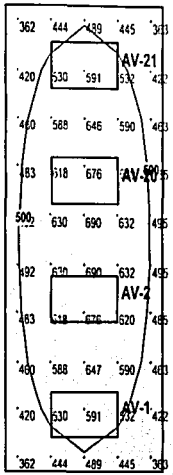
Scale

Drawing No.
01-0003-2002



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



OFICINA DE OPERACIONES

Scale 1 : 60

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
oficina de operaciones	527 lux	690 lux	362 lux	1.9:1	1.5:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 1

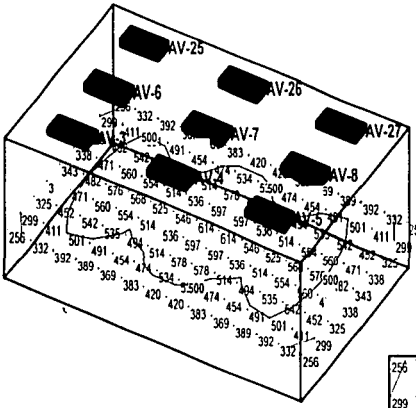
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0003-2002

3 of 9

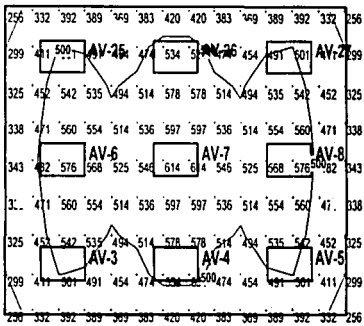


VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

CUARTO DE CONTROL DISTRIBUIDO

Scale 1 : 90



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
c.c.d.	462 lux	614 lux	256 lux	2.4:1	1.8:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

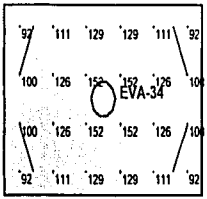
propuesta 1

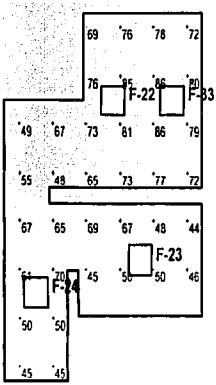
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

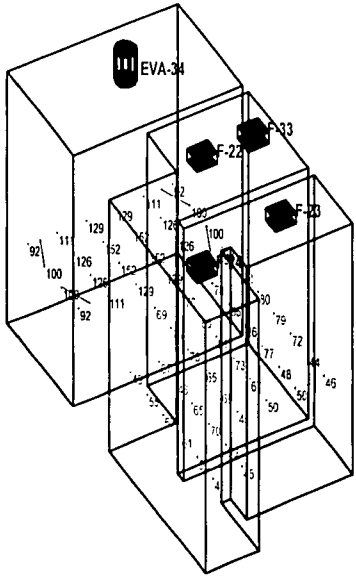
Drawing No.
01-0003-2002





BATERIAS Y BAÑOS

Scale 1 : 50



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
baños	64 lux	86 lux	44 lux	2.0:1	1.5:1
cuarto de baterias	118 lux	152 lux	92 lux	1.7:1	1.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

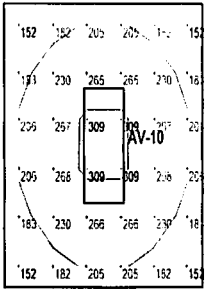
Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0003-2002

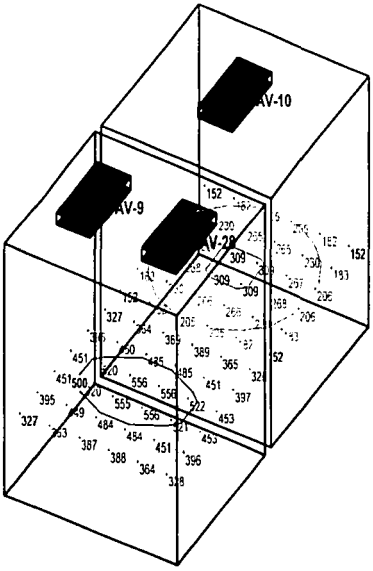
5 of 9

151



CUARTO INTELIGENTE Y C.C.P.

Scale 1 : 50



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
cuarto inteligente	438 lux	556 lux	327 lux	1.7:1	1.3:1
c c p	222 lux	309 lux	152 lux	2.0:1	1.5:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

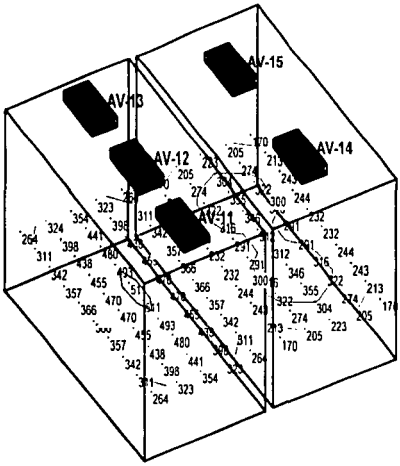
Drawing No.
01-0003-2002

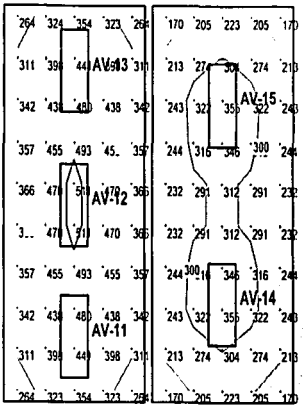
6 of 9

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

OFICINA SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALA DE VIDEO CONFERENCIAS

Scale 1 : 70





VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
ofic. seg. ind.	389 lux	511 lux	264 lux	1.9:1	1.5:1
sala de videoconferencias	262 lux	355 lux	170 lux	2.1:1	1.5:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

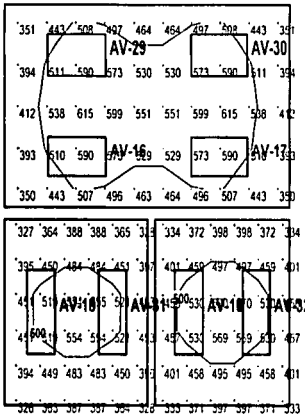
Date
Nov 25 2002

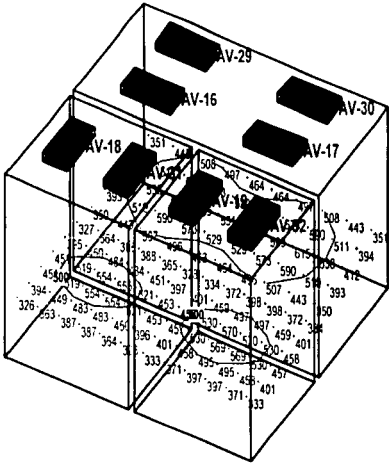
Scale

Drawing No.
01-0003-2002

SUPPTE. ADMINISTRADOR AUXILIAR GESTOR RELACIONES HUMANAS

Scale 1 : 70





VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
suptte.	497 lux	615 lux	350 lux	1.8:1	1.4:1
admon. aux.	437 lux	555 lux	326 lux	1.7:1	1.3:1
gestor rel. hum.	446 lux	570 lux	333 lux	1.7:1	1.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0003-2002

8 of 9

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z
1	AV	2.9	9.6	3.0
2	AV	2.9	11.0	3.0
3	AV	6.0	9.8	3.0
4	AV	9.1	9.8	3.0
5	AV	12.1	9.8	3.0
6	AV	6.0	11.7	3.0
7	AV	9.1	11.7	3.0
8	AV	12.1	11.7	3.0
9	AV	20.8	10.2	3.0
10	AV	21.5	13.1	3.0
11	AV	24.6	9.8	3.0
12	AV	24.6	11.7	3.0
13	AV	24.6	13.6	3.0
14	AV	27.7	10.3	3.0
15	AV	27.7	13.2	3.0
16	AV	30.8	12.4	3.0
17	AV	33.8	12.4	3.0

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z
18	AV	30.1	10.2	3.0
19	AV	33.2	10.2	3.0
20	AV	2.9	12.4	3.0
21	AV	2.9	13.9	3.0
22	F	15.4	11.6	3.0
23	F	15.8	9.9	3.0
24	F	14.3	9.6	3.0
25	AV	6.0	13.6	3.0
26	AV	9.1	13.6	3.0
27	AV	12.1	13.6	3.0
28	AV	22.2	10.2	3.0
29	AV	30.8	13.9	3.0
30	AV	33.8	13.9	3.0
31	AV	31.6	10.2	3.0
32	AV	34.6	10.2	3.0
33	F	16.3	11.6	3.0
34	EVA	15.3	13.6	3.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

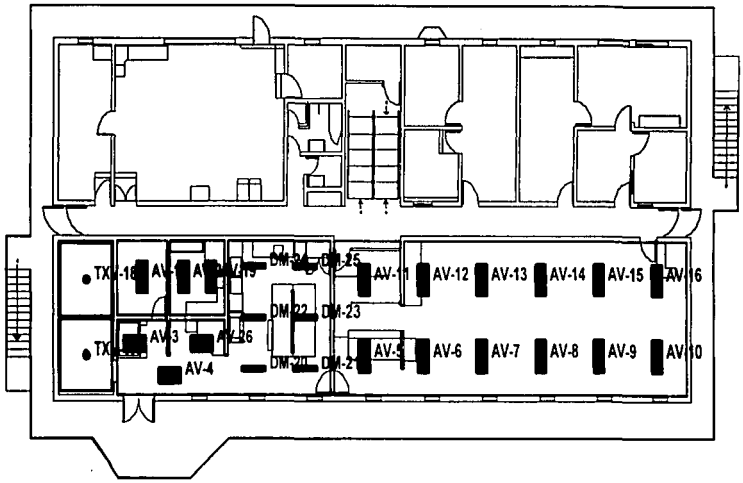
PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE OFICINAS PISO 2
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0003-2002



AREA GENERAL

Scale 1 : 180

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

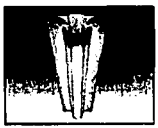
Scale

Drawing No.
01-0004-2002

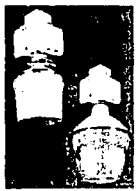
1 of 7

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
▮	AV	18	2AV G 2 32 ADP	AVANTE 2' X 4' SYMMETRIC, 2 32WATT T8 EXTRUDED ACRYLIC LINEAR PRISMATIC LENS BACKED WITH WHITE ACRYLIC DIFFUSER	F32T8/TL841 RATED 2900 LUMENS	2900	0.75	61
●	TXV	2	TXV 100M A121	ENCLOSED PRISMATIC REFRACTOR	ONE 100-WATT CLEAR B--17 METAL HALIDE, VERTICAL BASE-UP POSITION.	9000	0.62	125
▮	DM	6	DM/DMW 2 32 TUBI	DAMP/WET LOCATION ENCLOSED INDUSTRIAL 4' 2LAMP T8 ELEC	2900 LM LAMP	2900	0.75	58



AVANTE



TXV

DM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2

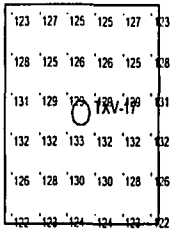
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

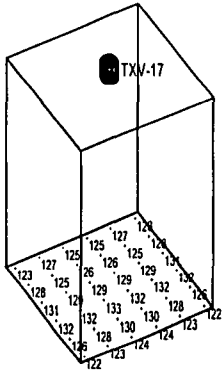
Scale

Drawing No.
01-0004-2002



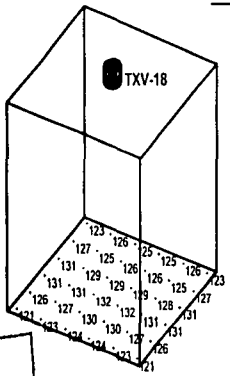
REFRIGERADOR

Scale 1 : 60



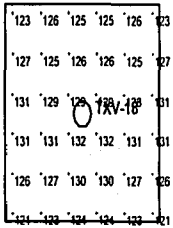
VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



CONGELADOR

Scale 1 : 60

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
refrigerador	127 lux	133 lux	122 lux	1.1:1	1.0:1
congelador	127 lux	132 lux	121 lux	1.1:1	1.0:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2

propuesta 1

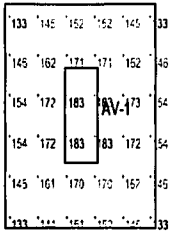
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

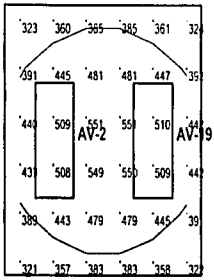
Scale

Drawing No.
01-0004-2002

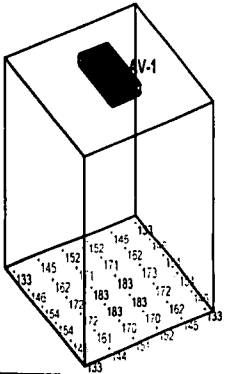
3 of 7



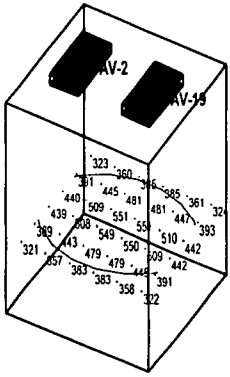
ALMACEN DE MISCELANEOS
Scale 1 : 60



PANADERIA
Scale 1 : 50



ALMACEN ISO
Not to Scale



PANADERIA ISO
Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max.	Min	Max/Min	Avg/Min
almacen de miscelaneos	157 lux	183 lux	133 lux	1.4:1	1.2:1
panaderia	431 lux	551 lux	321 lux	1.7:1	1.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE COMEDOR PISO 2
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

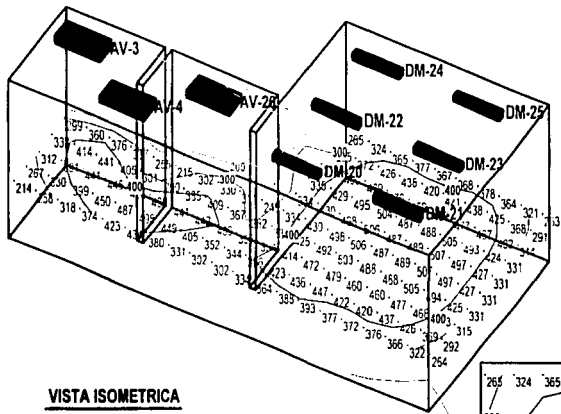
Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0004-2002

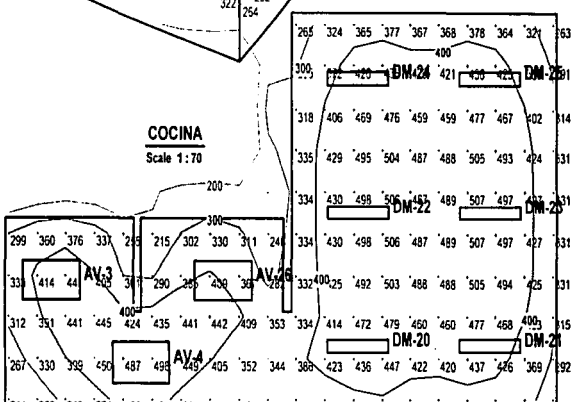
4 of 7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



COCINA

Scale 1 : 70

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
cocina y lavado de losa	397 lux	507 lux	214 lux	2.4:1	1.9:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

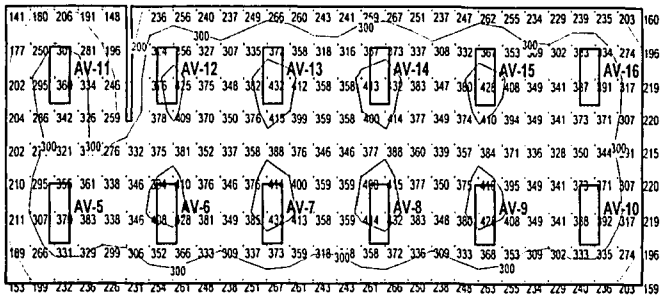
Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0004-2002

5 of 7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

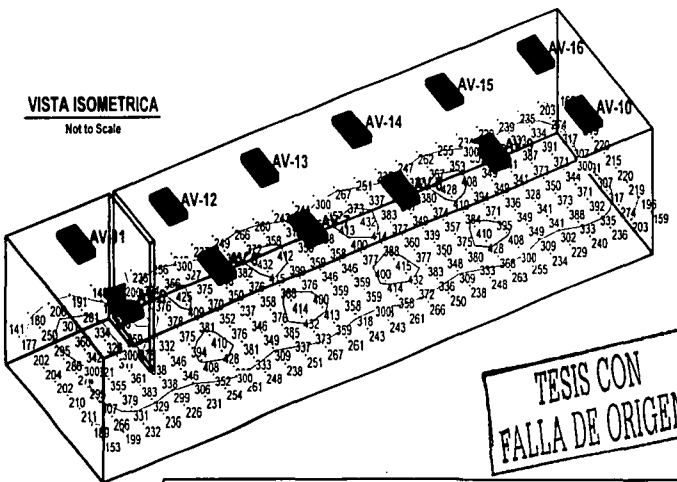


COMEDOR

Scale 1 : 100

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
comedor	319 lux	432 lux	141 lux	3.1:1	2.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0004-2002

6 of 7

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z	Orientation
1	AV	6.0	6.0	3.0	0.0
2	AV	8.2	6.0	3.0	0.0
3	AV	5.6	3.5	3.0	90.0
4	AV	7.5	2.3	3.0	90.0
5	AV	17.9	3.0	3.0	0.0
6	AV	21.1	3.0	3.0	0.0
7	AV	24.2	3.0	3.0	0.0
8	AV	27.4	3.0	3.0	0.0
9	AV	30.5	3.0	3.0	0.0
10	AV	33.7	3.0	3.0	0.0
11	AV	17.9	5.9	3.0	0.0
12	AV	21.1	5.9	3.0	0.0
13	AV	24.2	5.9	3.0	0.0
14	AV	27.4	5.9	3.0	0.0
15	AV	30.5	5.9	3.0	0.0
16	AV	33.7	5.9	3.0	0.0
17	TXV	3.0	3.1	3.0	0.0
18	TXV	3.0	5.9	3.0	0.0
19	AV	9.7	6.0	3.0	0.0
20	DM	12.0	2.6	3.0	90.0
21	DM	14.8	2.6	3.0	90.0
22	DM	12.0	4.5	3.0	90.0
23	DM	14.8	4.5	3.0	90.0
24	DM	12.0	6.4	3.0	90.0
25	DM	14.8	6.4	3.0	90.0
26	AV	9.2	3.5	3.0	90.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0004-2002

7 of 7

AREA GENERAL

Scale 1 : 160

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0005-2002

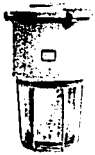
1 of 6

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
■	AV	14	AV G 2 17 ADP ASY	AVANTE 1' X 2' ASYMMETRIC 2 17WATT T8 EXTRUDED ACRYLIC PRISMATIC LENS BACKED WITH WHITE ACRYLIC DIFFUSER		1400	0.75	34
■	F	8	F-568P-13	COMPACT FLUORESCENT TROFFER	1 x 13W COMPACT FLUORESCENT LAMP	900	0.68	17
●	PETL	1	PETL070HP00545X XX	PETROLUX II	70W CLEAR HPS	5800	0.74	88
●	ARB	7	ARB-31	ARB-31 100W/A-19 INCANDESCENTE CON GLOBO Y GUARDA	100W INCANDESCENTE	1750	0.74	100

AVANTE



PETROLUX

F-568P-13

ARB

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA
RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR
propuesta 1

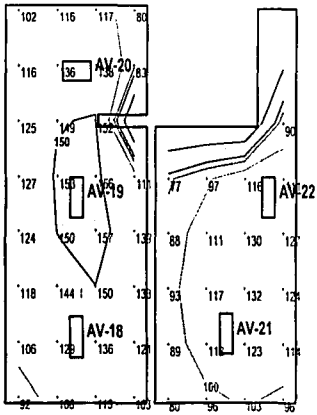
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

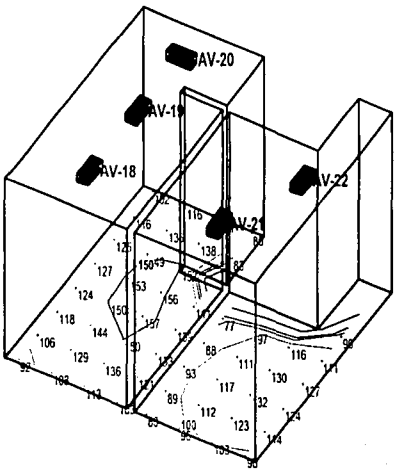
Drawing No.
01-0005-2002

2 of 6



RECAMARAS TIPO 1 Y 2

Scale 1 : 70



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
recamara tipo 1	125 lux	157 lux	80 lux	2.0:1	1.6:1
recamara tipo 2	106 lux	132 lux	77 lux	1.7:1	1.4:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

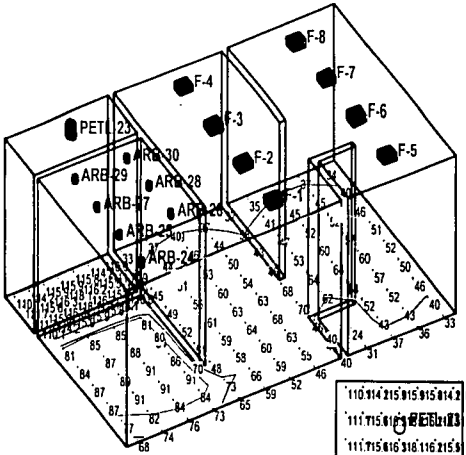
Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0005-2002

3 of 6

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

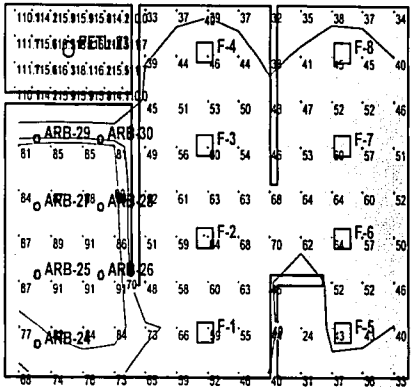


VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

BAÑOS Y SAUNA

Scale 1:75



STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
baños y regaderas	58 lux	91 lux	24 lux	3.8:1	2.4:1
sauna	114.4 lux	118.1 lux	110.0 lux	1.1:1	1.0:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

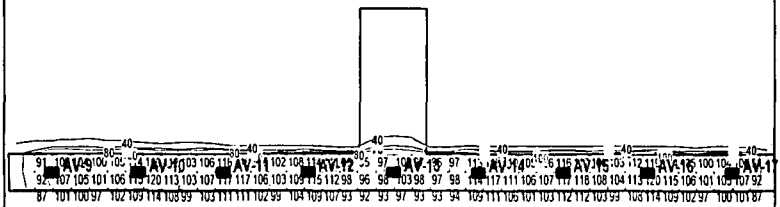
Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0005-2002

4 of 6

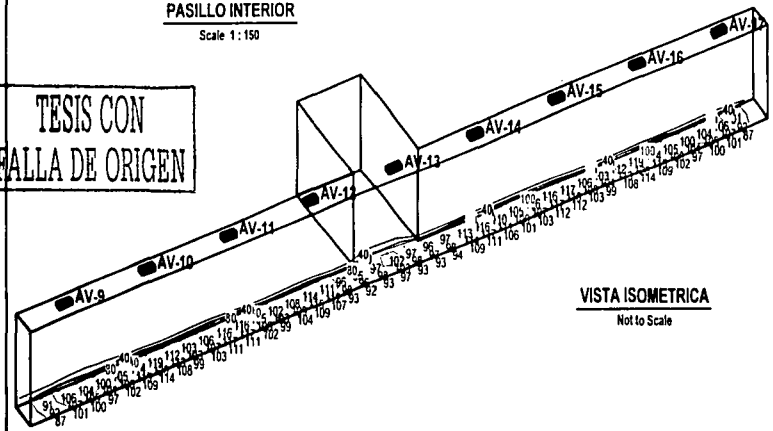
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PASILLO INTERIOR

Scale 1 : 150

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
interior	105 lux	120 lux	87 lux	1.4:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA
RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0005-2002

5 of 6

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z	Orientation
1	F	6.0	9.6	3.0	0.0
2	F	6.0	11.0	3.0	0.0
3	F	6.0	12.4	3.0	0.0
4	F	6.0	13.9	3.0	0.0
5	F	9.1	9.6	3.0	0.0
6	F	9.1	11.0	3.0	0.0
7	F	9.1	12.4	3.0	0.0
8	F	9.1	13.9	3.0	0.0
9	AV	3.2	8.1	3.0	0.0
10	AV	7.0	8.1	3.0	0.0
11	AV	10.8	8.1	3.0	0.0
12	AV	14.6	8.1	3.0	0.0
13	AV	18.4	8.1	3.0	0.0
14	AV	22.2	8.1	3.0	0.0
15	AV	26.0	8.1	3.0	0.0
16	AV	29.8	8.1	3.0	0.0
17	AV	33.6	8.1	3.0	0.0
18	AV	18.4	2.6	3.0	90.0
19	AV	18.4	4.6	3.0	90.0
20	AV	18.4	6.4	3.0	0.0
21	AV	21.5	2.6	3.0	90.0
22	AV	22.4	4.6	3.0	90.0
23	PETL	2.9	13.9	3.0	0.0
24	ARB	2.2	9.4	3.0	0.0
25	ARB	2.2	10.4	3.0	0.0
26	ARB	3.6	10.4	3.0	0.0
27	ARB	2.2	11.5	3.0	0.0
28	ARB	3.6	11.5	3.0	0.0
29	ARB	2.2	12.5	3.0	0.0
30	ARB	3.6	12.5	3.0	0.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0005-2002

6 of 6

AREA GENERAL

Scale 1 : 180

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE RECREACION Y GIMNASIO

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0006-2002

1 of 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
▬	AV	29	AV G 2 17 ADP ASY	AVANTE 1' X 2' ASYMMETRIC 2 17WATT T8 EXTRUDED ACRYLIC PRISMATIC LENS BACKED WITH WHITE ACRYLIC DIFFUSER	2 x 17 W FLUORESCENT LAMP	1400	0.75	34
■	F	3	F-568P-13	COMPACT FLUORESCENT TROFFER	1 x 13W COMPACT FLUORESCENT LAMP	900	0.68	17
●	PETL	1	PETL070HP00545	PETROLUX II	70W CLEAR HPS	5800	0.74	88
●	ARB	4	ARB-31	ARB-31 100W/A-19 INCANDESCENTE CON GLOBO Y GUARDA	100W INCANDESCENTE	1750	0.74	100

AVANTE

PETROLUX

F-568P-13

ARB-31

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE RECREACION Y GIMNASIO

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

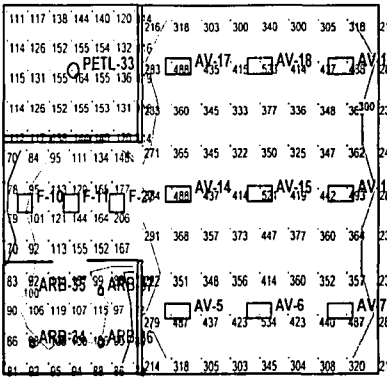
Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0006-2002

2 of 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

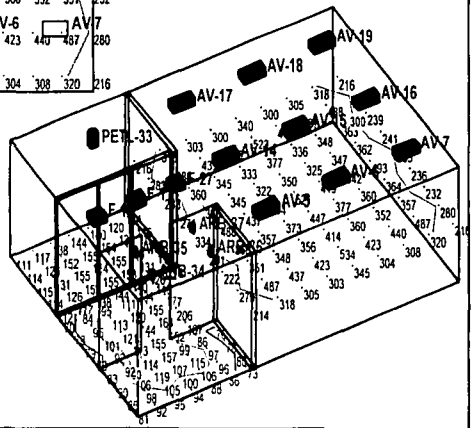


GIMNASIO

Scale 1 : 80

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
GYM	354 lux	534 lux	214 lux	2.5:1	1.7:1
regaderas y vestidores	109 lux	206 lux	70 lux	2.9:1	1.6:1
sauna	133 lux	164 lux	111 lux	1.5:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE RECREACION Y GIMNASIO

propuesta 1

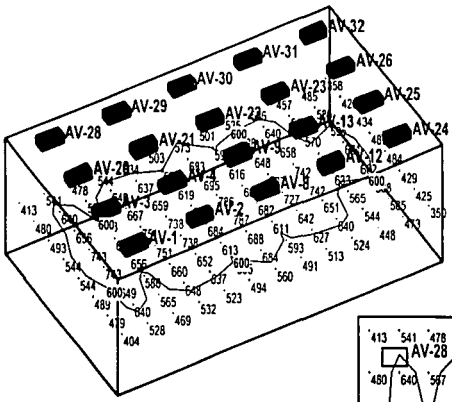
Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

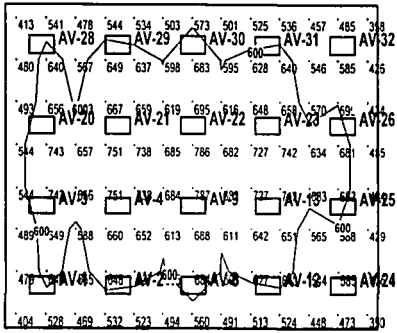
Drawing No.
01-0006-2002

3 of 5



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



SALA DE RECREACION

Scale 1 : 80

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
SALA DE RECREACION	592 lux	787 lux	350 lux	2.2:1	1.7:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE RECREACION Y GIMNASIO

propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0006-2002

4 of 5

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z	Orientation
1	AV	27.5	2.3	2.2	180.0
2	AV	29.3	2.3	2.2	180.0
3	AV	27.5	3.6	2.2	0.0
4	AV	29.3	3.6	2.2	0.0
5	AV	30.7	10.0	2.2	180.0
6	AV	32.7	10.0	2.2	180.0
7	AV	34.6	10.0	2.2	180.0
8	AV	31.1	2.3	2.2	180.0
9	AV	31.1	3.6	2.2	0.0
10	F	27.1	11.7	2.2	0.0
11	F	28.2	11.7	2.2	0.0
12	AV	32.9	2.3	2.2	180.0
13	AV	32.9	3.6	2.2	0.0
14	AV	30.7	11.9	2.2	0.0
15	AV	32.7	11.9	2.2	180.0
16	AV	34.6	11.9	2.2	0.0
17	AV	30.7	14.0	2.2	0.0
18	AV	32.7	14.0	2.2	0.0

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z	Orientation
19	AV	34.6	14.0	2.2	0.0
20	AV	27.5	4.9	2.2	180.0
21	AV	29.3	4.9	2.2	180.0
22	AV	31.1	4.9	2.2	180.0
23	AV	32.9	4.9	2.2	180.0
24	AV	34.7	2.3	2.2	180.0
25	AV	34.7	3.6	2.2	0.0
26	AV	34.7	4.9	2.2	180.0
27	F	29.3	11.7	2.2	0.0
28	AV	27.5	6.2	2.2	0.0
29	AV	29.3	6.2	2.2	0.0
30	AV	31.1	6.2	2.2	0.0
31	AV	32.9	6.2	2.2	0.0
32	AV	34.7	6.2	2.2	0.0
33	PETL	28.2	13.9	2.2	90.0
34	ARB	27.3	9.4	2.2	0.0
35	ARB	27.3	10.3	2.2	0.0
36	ARB	28.9	9.4	2.2	0.0
37	ARB	28.9	10.3	2.2	0.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE RECREACION Y GIMNASIO
propuesta 1

Designer
A.F.G.M.R.R.M.

Date
Nov 25 2002

Scale

Drawing No.
01-0006-2002

5 of 5

AREA GENERAL

Scale 1 : 180

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4

propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0007-2002

1 of 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
●	DMVM	14	DMVM2A100GPRD 739	DMV CHAMP HID SERIES, WITH GLOBE, GUARD & DOME CAST COPPER-FREE ALUM. CONSTRUCTION,7 MTG. ARRANGEMENTS UL 844,595,1575 CSA STD.: C22.2 NO. 137	ONE 100W METAL HALIDE RATED AT 9300 LUMENS	9300	0.62	129

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

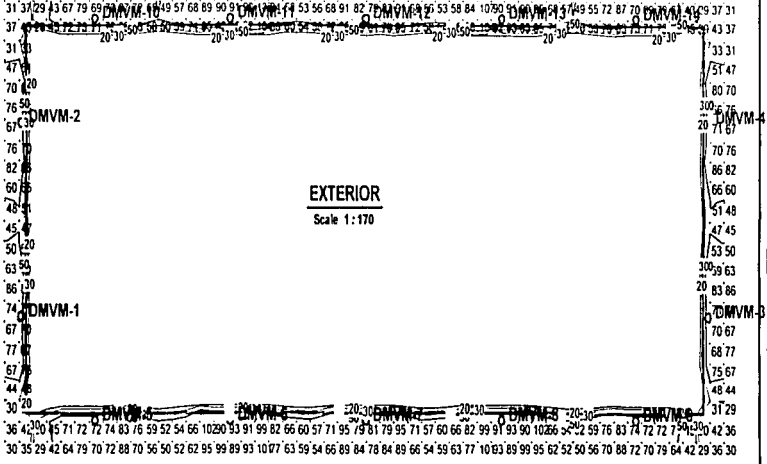
EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4
propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0007-2002



STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
exterior	67 lux	107 lux	29 lux	3.7:1	2.3:1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

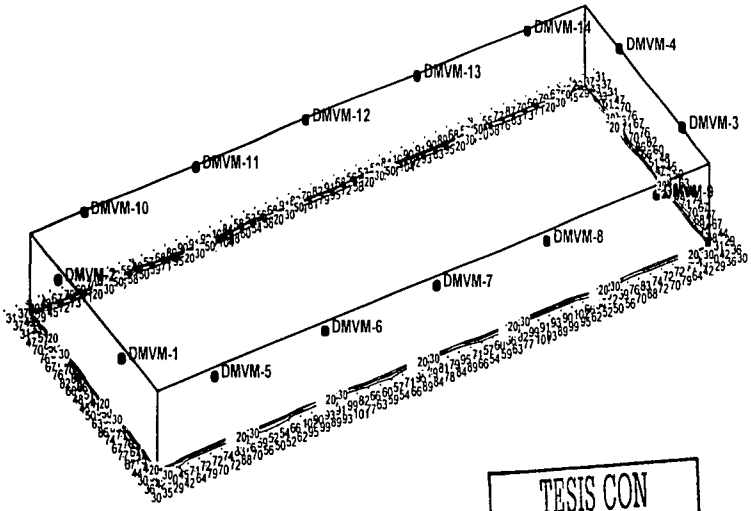
EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4
propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0007-2002



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ELEVACION SUR

Scale 1 : 180

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4

propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0007-2002

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z	MH	Orientation
1	DMVM	1.0	4.7	3.1	3.1	0.0
2	DMVM	1.0	11.5	3.1	3.1	0.0
3	DMVM	35.8	4.7	3.1	3.1	0.0
4	DMVM	35.8	11.5	3.1	3.1	0.0
5	DMVM	4.7	1.1	3.1	3.1	0.0
6	DMVM	11.5	1.1	3.1	3.1	0.0
7	DMVM	18.4	1.1	3.1	3.1	0.0
8	DMVM	25.2	1.1	3.1	3.1	0.0
9	DMVM	32.1	1.1	3.1	3.1	0.0
10	DMVM	4.7	15.1	3.1	3.1	180.0
11	DMVM	11.5	15.1	3.1	3.1	180.0
12	DMVM	18.4	15.1	3.1	3.1	180.0
13	DMVM	25.2	15.1	3.1	3.1	180.0
14	DMVM	32.1	15.1	3.1	3.1	180.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4
propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0007-2002

AREA GENERAL
Scale 1 : 220

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA
EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS
propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0008-2002

1 of 5

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
●	DMV1	12	DMVM2A175GPRD 739	DMV CHAMP HID SERIES, WITH GLOBE, GUARD & DOME CAST COPPER-FREE ALUM. CONSTRUCTION,7 MTG. ARRANGEMENTS UL 844,595,1575 CSA STD.: C22.2 NO. 137	ONE 175W METAL HALIDE RATED AT 14000 LUMENS	14000	0.66	213
●	DMV2	14	DMVM2A175GRA7 39	DMV CHAMP HID SERIES, WITH GLOBE & 30 DEG. ANGLE REFLECTOR CAST COPPER-FREE ALUM. CONSTRUCTION,7 MTG. ARRANGEMENTS UL 844,595,1575 CSA STD.: C22.2 NO. 137	ONE 175W METAL HALIDE RATED AT 14000 LUMENS	14000	0.66	213
●	DMV3	3	DMVM2A100GPRD 739	DMV CHAMP HID SERIES, WITH GLOBE, GUARD & DOME CAST COPPER-FREE ALUM. CONSTRUCTION,7 MTG. ARRANGEMENTS UL 844,595,1575 CSA STD.: C22.2 NO. 137	ONE 100W METAL HALIDE RATED AT 9300 LUMENS	9300	0.62	129

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

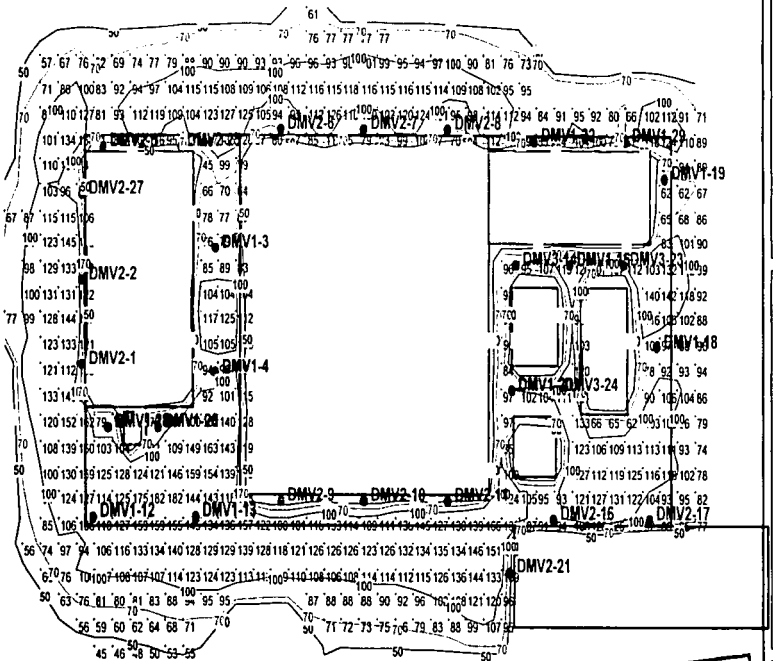
PLATAFORMA PETROLERA
EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS
propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0008-2002



PLANTA

Scale 1 : 190

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
exterior	104 lux	182 lux	45 lux	4.0:1	2.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS
propuesta 1

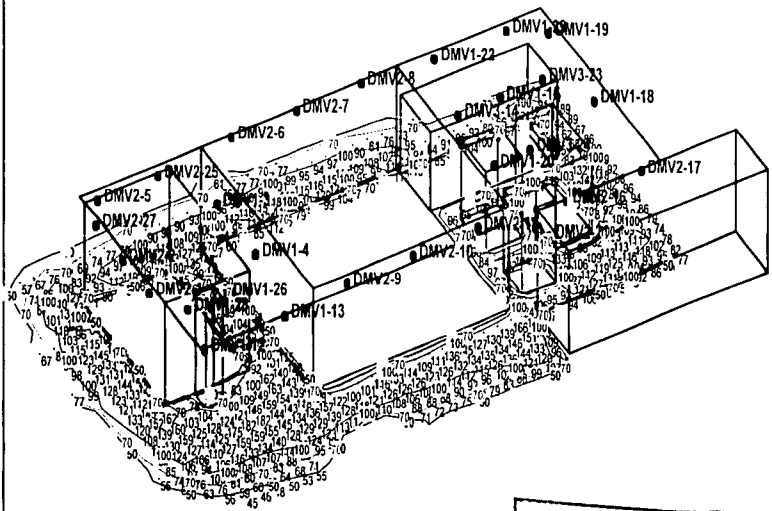
Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0008-2002

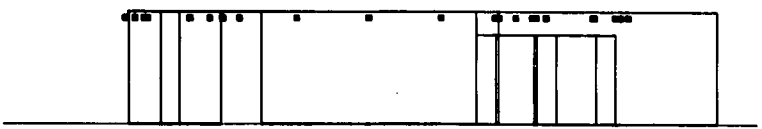
3 of 5



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



ELEVACION SUR

Scale 1 : 220

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0008-2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Z	MH	Orientation
1	DMV2	4.2	11.2	4.7	4.7	270.0
2	DMV2	4.2	14.5	4.7	4.7	270.0
3	DMV1	11.7	15.7	4.7	4.7	90.0
4	DMV1	11.7	10.9	4.7	4.7	90.0
5	DMV2	5.4	19.8	4.7	4.7	0.0
6	DMV2	15.4	20.4	4.7	4.7	0.0
7	DMV2	20.1	20.4	4.7	4.7	0.0
8	DMV2	24.8	20.4	4.7	4.7	0.0
9	DMV2	15.4	5.9	4.7	4.7	180.0
10	DMV2	20.1	5.9	4.7	4.7	180.0
11	DMV2	24.8	5.9	4.7	4.7	180.0
12	DMV1	4.8	5.3	4.7	4.7	0.0
13	DMV1	10.6	5.3	4.7	4.7	0.0
14	DMV3	28.7	15.1	4.7	4.7	0.0
15	DMV1	31.7	15.1	4.7	4.7	0.0
16	DMV2	30.8	5.2	4.7	4.7	0.0
17	DMV2	36.3	5.2	4.7	4.7	0.0
18	DMV1	38.7	11.9	4.7	4.7	0.0
19	DMV1	37.2	18.5	4.7	4.7	0.0
20	DMV1	28.5	10.2	4.7	4.7	0.0
21	DMV2	28.4	3.1	4.7	4.7	270.0
22	DMV1	29.8	20.0	4.7	4.7	0.0
23	DMV3	34.8	15.1	4.7	4.7	0.0
24	DMV3	31.1	10.2	4.7	4.7	0.0
25	DMV2	9.8	19.8	4.7	4.7	0.0
26	DMV1	8.4	8.8	4.7	4.7	180.0
27	DMV2	4.2	17.9	4.7	4.7	270.0
28	DMV1	5.6	8.8	4.7	4.7	180.0
29	DMV1	35.0	20.0	4.7	4.7	0.0

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS

propuesta 1

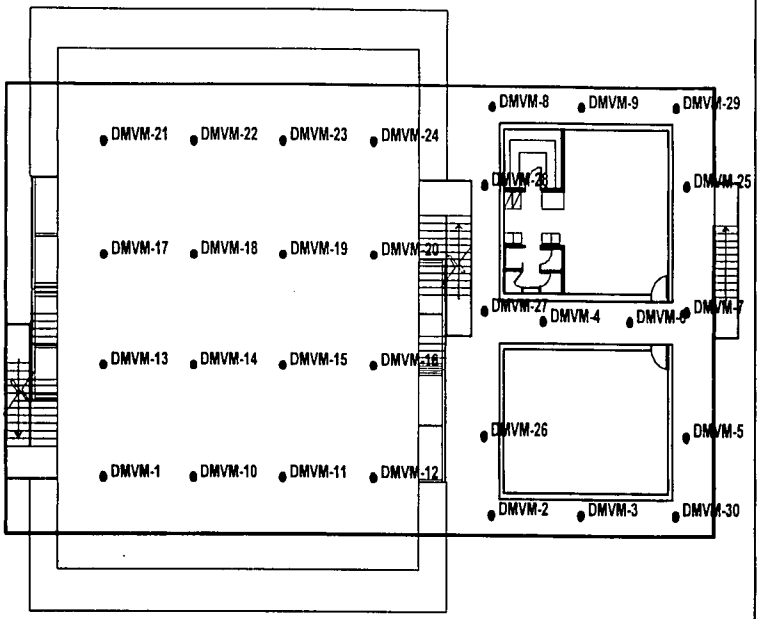
Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0008-2002

5 of 5



AREA GENERAL

Scale 1 : 180

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR HELIPUERTO

propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0009-2002

1 of 5

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
●	DMVM	30	DMVM2A175GPRD 739	DMV CHAMP HID SERIES, WITH GLOBE, GUARD & DOME CAST COPPER-FREE ALUM. CONSTRUCTION,7 MTG. ARRANGEMENTS UL 844,595,1575 CSA STD.: C22.2 NO. 137	ONE 175W METAL HALIDE RATED AT 14000 LUMENS	14000	0.66	213

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA
EXTERIOR HELIPUERTO
propuesta 1

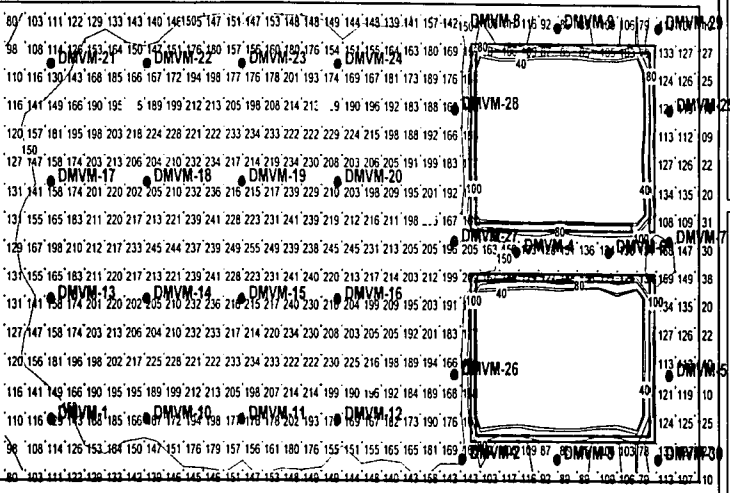
Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0009-2002

2 of 5



PLANTA
Scale 1 : 170

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
EXTERIOR	171 lux	255 lux	78 lux	3.3:1	2.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

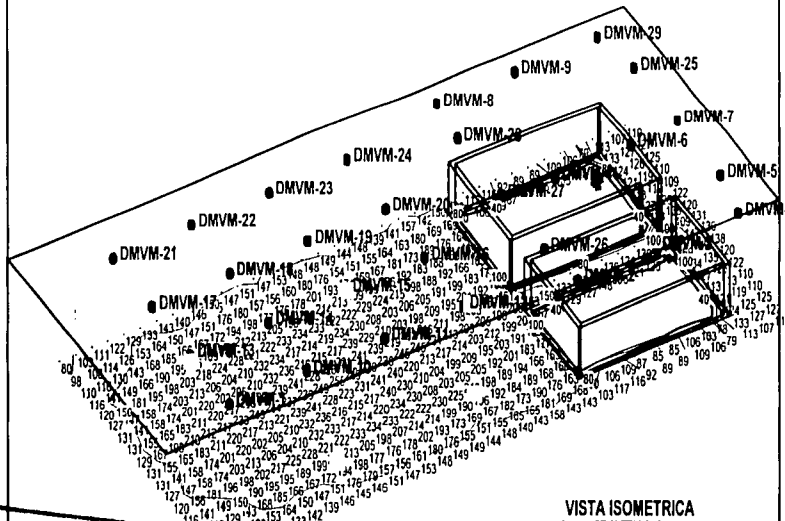
PLATAFORMA PETROLERA
EXTERIOR HELIPUERTO
propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

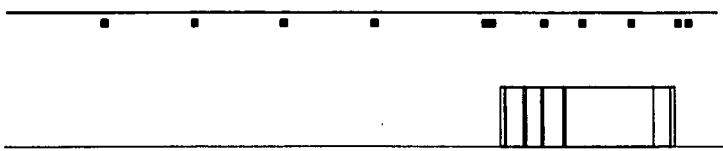
Escala

Proyecto No.
01-0009-2002



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



ELEVACION SUR

Scale 1 : 180

Calculated values include direct and interreflected components.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

187

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR HELIPUERTO

propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0009-2002

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Z	MH
1	DMVM	5.1	2.1	4.5	4.5
2	DMVM	26.0	0.7	4.5	4.5
3	DMVM	30.8	0.7	4.5	4.5
4	DMVM	28.7	7.9	4.5	4.5
5	DMVM	36.5	3.6	4.5	4.5
6	DMVM	33.4	7.9	4.5	4.5
7	DMVM	36.5	8.3	4.5	4.5
8	DMVM	26.0	15.9	4.5	4.5
9	DMVM	30.8	15.9	4.5	4.5
10	DMVM	10.0	2.1	4.5	4.5
11	DMVM	14.8	2.1	4.5	4.5
12	DMVM	19.6	2.1	4.5	4.5
13	DMVM	5.1	6.2	4.5	4.5
14	DMVM	10.0	6.2	4.5	4.5
15	DMVM	14.8	6.2	4.5	4.5
16	DMVM	19.6	6.2	4.5	4.5
17	DMVM	5.1	10.4	4.5	4.5
18	DMVM	10.0	10.4	4.5	4.5
19	DMVM	14.8	10.4	4.5	4.5
20	DMVM	19.6	10.4	4.5	4.5
21	DMVM	5.1	14.5	4.5	4.5
22	DMVM	10.0	14.5	4.5	4.5
23	DMVM	14.8	14.5	4.5	4.5
24	DMVM	19.6	14.5	4.5	4.5
25	DMVM	36.5	13.0	4.5	4.5
26	DMVM	25.6	3.6	4.5	4.5
27	DMVM	25.6	8.3	4.5	4.5
28	DMVM	25.6	13.0	4.5	4.5
29	DMVM	35.9	15.9	4.5	4.5
30	DMVM	35.9	0.7	4.5	4.5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR HELIPUERTO
propuesta 1

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 26 2002

Escala

Proyecto No.
01-0009-2002

5 of 5

6.3 SEGUNDA PROPUESTA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLANTA BAJA

PLANTA ALTA

AREA GENERAL

Scale 1 : 220

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (A)

propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0001-2002

1 of 6

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
■	GDI	31	GDI-231	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 31W COOL WHITE TYPE U	2800	0.75	60
■	GDI	1	GDI-217	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 17W COOL WHITE	1400	0.75	40
●	LW	2	LW-100M	LUMINARIO MARCA HUBBELL SERIE LIGHTWATT	100W A.M.	9000	0.62	125
■	GDI	2	GDI-240DL-ER	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 40W COOL WHITE	3500	0.74	80

GDI

LIGHTWATT

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (A)
propuesta 2

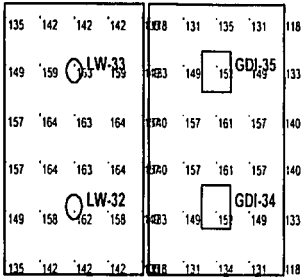
Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

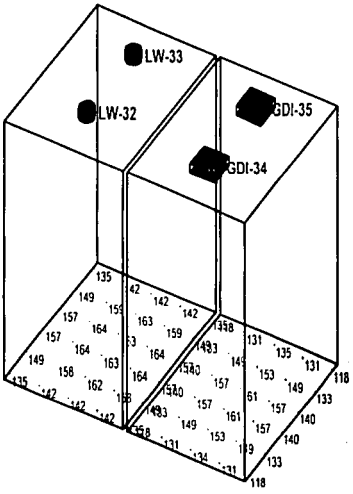
Proyecto No.
02-0001-2002

2 of 6



REFRIGERACION Y ALMACEN

Scale 1 : 70



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
refrigeracion	152 lux	164 lux	135 lux	1.2:1	1.1:1
almacen	140 lux	161 lux	118 lux	1.4:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

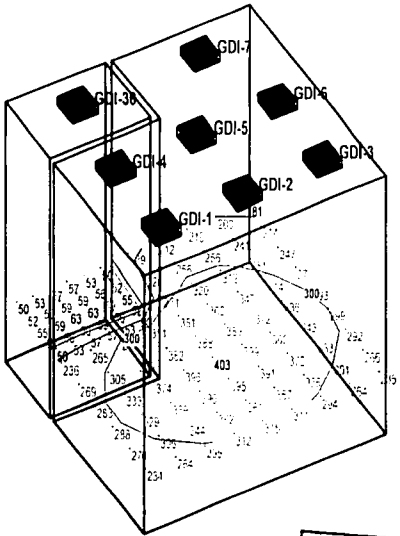
PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE SERVICIOS (A)
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

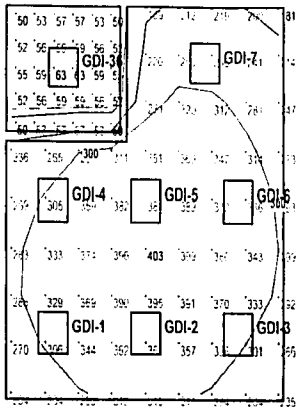
Escala

Proyecto No.
02-0001-2002



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



LAVANDERIA Y GUARDADO

Scale 1 : 70

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
lavandena	308 lux	403 lux	181 lux	2.2:1	1.7:1
guardado	55 lux	63 lux	50 lux	1.3:1	1.1:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

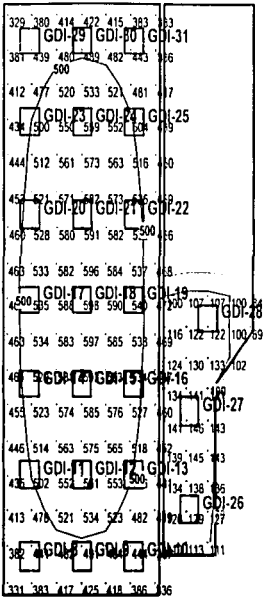
AREA DE SERVICIOS (A)
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0001-2002

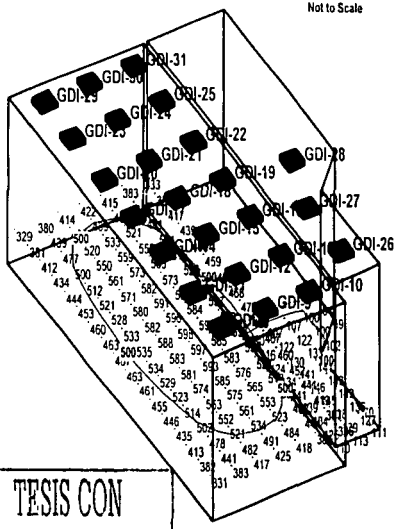


OFICINAS Y VESTIBULO

Scale 1 : 110

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
oficinas edificio principal	495 lux	598 lux	329 lux	1.8:1	1.5:1
vestibulo	123 lux	146 lux	84 lux	1.7:1	1.5:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE SERVICIOS (A)
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0001-2002

5 of 6

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z
1	GDI	5.5	14.6	4.3
2	GDI	7.4	14.6	4.3
3	GDI	9.4	14.6	4.3
4	GDI	5.5	16.5	4.3
5	GDI	7.4	16.5	4.3
6	GDI	9.4	16.5	4.3
7	GDI	8.7	18.6	4.3
8	GDI	14.3	7.3	4.3
9	GDI	16.0	7.3	4.3
10	GDI	17.7	7.3	4.3
11	GDI	14.3	9.2	4.3
12	GDI	16.0	9.2	4.3
13	GDI	17.7	9.2	4.3
14	GDI	14.3	11.2	4.3
15	GDI	16.0	11.2	4.3
16	GDI	17.7	11.2	4.3
17	GDI	14.3	13.1	4.3
18	GDI	16.0	13.1	4.3

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z
19	GDI	17.7	13.1	4.3
20	GDI	14.3	15.1	4.3
21	GDI	16.0	15.1	4.3
22	GDI	17.7	15.1	4.3
23	GDI	14.3	17.1	4.3
24	GDI	16.0	17.1	4.3
25	GDI	17.7	17.1	4.3
26	GDI	19.5	8.4	4.3
27	GDI	19.5	10.6	4.3
28	GDI	20.1	12.7	4.3
29	GDI	14.3	19.0	4.3
30	GDI	16.0	19.0	4.3
31	GDI	17.7	19.0	4.3
32	LW	5.9	10.6	4.3
33	LW	5.9	12.5	4.3
34	GDI	8.9	10.6	4.3
35	GDI	8.9	12.5	4.3
36	GDI	5.7	18.5	4.3

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE SERVICIOS (A)
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0001-2002

6 of 6

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (B)
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0002-2002

1 of 10

PLANTA BAJA

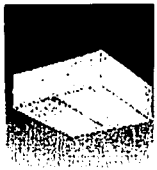
PLANTA ALTA

AREA GENERAL
Scale 1 : 220

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
■	GDI	7	GDI-231	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 31W COOL WHITE TYPE U	2800	0.75	60
●	EVA	4	EVA-2155	EVA	INCANDESCENTE 200W	3400	0.73	200
■	GDI	36	GDI-217	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 17W COOL WHITE	1400	0.75	40
■	GDI	6	GDI-240DL-ER	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 40W COOL WHITE	3500	0.74	80
■	F	3	F-568P-13	COMPACT FLUORESCENT TROFFER	1 x 13W COMPACT FLUORESCENT LAMP	900	0.68	17



GDI

EVA

F-568P-13

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

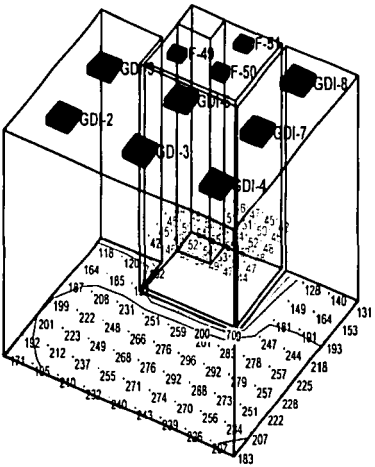
AREA DE SERVICIOS (B)
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

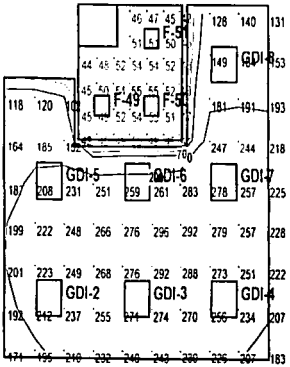
Escala

Proyecto No.
02-0002-2002



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



LOCKERS Y BAÑO

Scale 1 : 80

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
lockers	222 lux	296 lux	102 lux	2.9:1	2.2:1
baño	49 lux	55 lux	42 lux	1.3:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (B)

propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

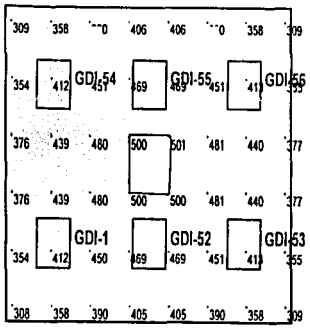
Escala

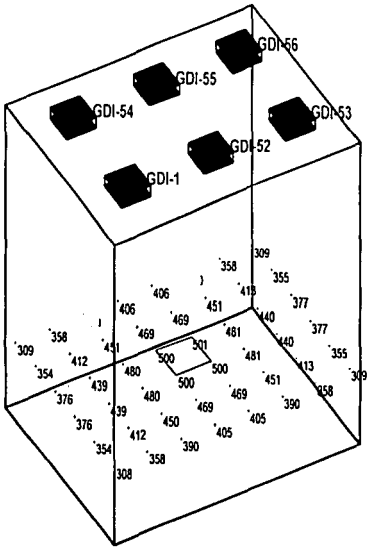
Proyecto No.
02-0002-2002

198

CUARTO DE CONTROL DE MAQUINAS

Scale 1 : 60





TESIS CON

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
c.c.m.	412 lux	501 lux	308 lux	1.6:1	1.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (B)

propuesta 2

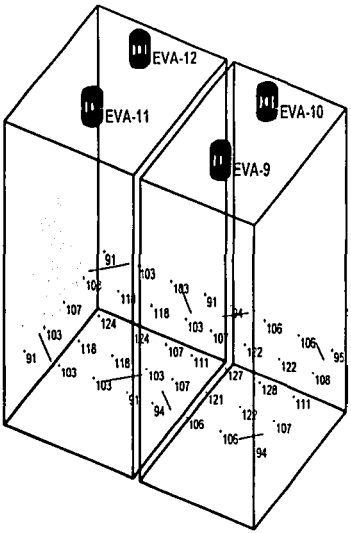
Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

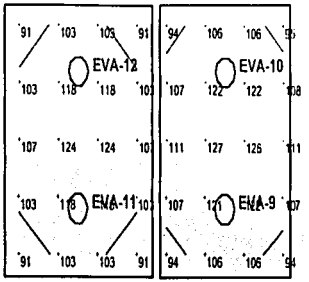
Proyecto No.
02-0002-2002

199



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



TRANFORMADOR Y CUARTO DE BATERIAS

Scale 1 : 60

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
transformador	106 lux	124 lux	91 lux	1.4:1	1.2:1
cto. de baterias	110 lux	128 lux	94 lux	1.4:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (B)

propuesta 2

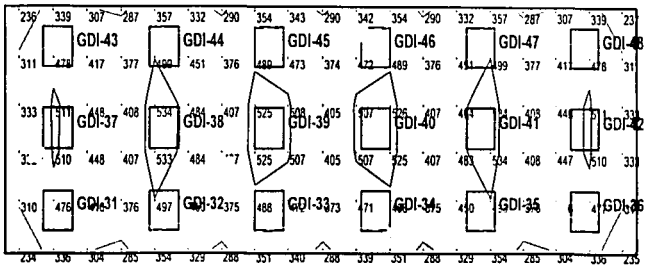
Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

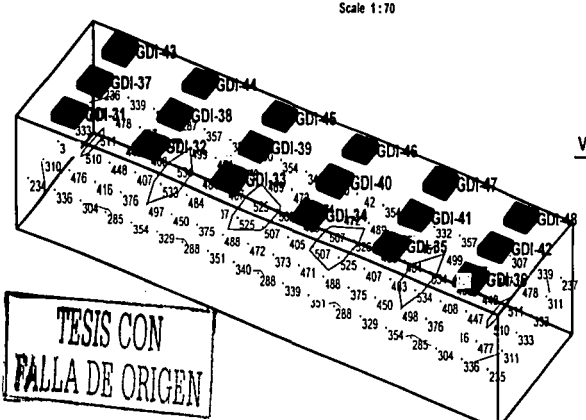
Proyecto No.
02-0002-2002

5 of 10



PLANTA ALTA

Scale 1 : 70



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
oficinas pequeñas pa	400 lux	534 lux	234 lux	2.3:1	1.7:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (B)

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

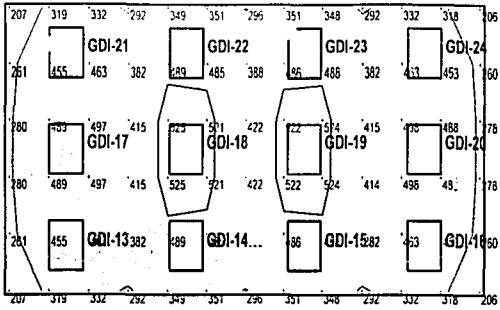
fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0002-2002

6 of 10

201

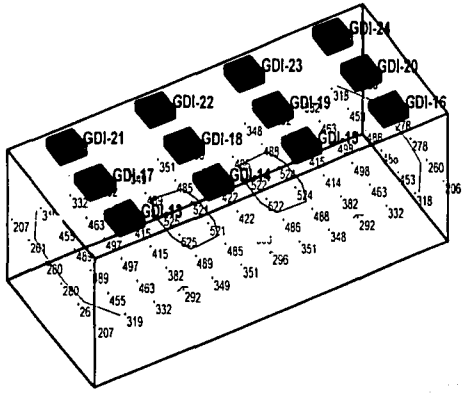


PLANTA BAJA

Scale 1 : 60

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
oficinas pequeñas pb	393 lux	525 lux	206 lux	2.5:1	1.9:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (B)

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

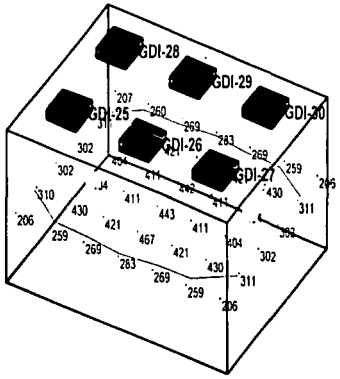
Escala

Proyecto No.
02-0002-2002

2002

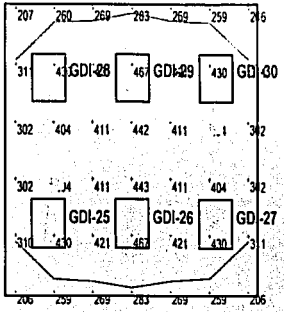
SALA DE JUNTAS

Scale 1 : 60



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
sala de juntas	344 lux	467 lux	206 lux	2.3:1	1.7:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE SERVICIOS (B)
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0002-2002

203

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z	MH
1	GDI	22.6	13.4	4.3	4.3
2	GDI	21.6	7.5	4.3	4.3
3	GDI	23.7	7.5	4.3	4.3
4	GDI	25.8	7.5	4.3	4.3
5	GDI	21.6	9.4	4.3	4.3
6	GDI	23.7	9.4	4.3	4.3
7	GDI	25.8	9.4	4.3	4.3
8	GDI	25.8	11.4	4.3	4.3
9	EVA	25.7	17.3	4.3	4.3
10	EVA	25.7	19.0	4.3	4.3
11	EVA	23.0	17.3	4.3	4.3
12	EVA	23.0	19.0	4.3	4.3
13	GDI	30.7	1.8	2.2	2.2
14	GDI	32.8	1.8	2.2	2.2
15	GDI	35.0	1.8	2.2	2.2
16	GDI	37.1	1.8	2.2	2.2
17	GDI	30.7	3.0	2.2	2.2
18	GDI	32.8	3.0	2.2	2.2
19	GDI	35.0	3.0	2.2	2.2
20	GDI	37.1	3.0	2.2	2.2
21	GDI	30.7	4.2	2.2	2.2
22	GDI	32.8	4.2	2.2	2.2
23	GDI	35.0	4.2	2.2	2.2
24	GDI	37.1	4.2	2.2	2.2
25	GDI	39.1	2.1	2.2	2.2
26	GDI	40.6	2.1	2.2	2.2
27	GDI	42.1	2.1	2.2	2.2
28	GDI	39.1	3.9	2.2	2.2

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (B)
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0002-2002

9 of 10

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z	MH
29	GDI	40.6	3.9	2.2	2.2
30	GDI	42.1	3.9	2.2	2.2
31	GDI	33.5	-5.0	2.2	2.2
32	GDI	35.7	-5.0	2.2	2.2
33	GDI	37.9	-5.0	2.2	2.2
34	GDI	40.1	-5.0	2.2	2.2
35	GDI	42.3	-5.0	2.2	2.2
36	GDI	44.5	-5.0	2.2	2.2
37	GDI	33.5	-3.8	2.2	2.2
38	GDI	35.7	-3.8	2.2	2.2
39	GDI	37.9	-3.8	2.2	2.2
40	GDI	40.1	-3.8	2.2	2.2
41	GDI	42.3	-3.8	2.2	2.2
42	GDI	44.5	-3.8	2.2	2.2
43	GDI	33.5	-2.6	2.2	2.2
44	GDI	35.7	-2.6	2.2	2.2
45	GDI	37.9	-2.6	2.2	2.2
46	GDI	40.1	-2.6	2.2	2.2
47	GDI	42.3	-2.6	2.2	2.2
48	GDI	44.5	-2.6	2.2	2.2
49	F	22.8	10.7	4.3	4.3
50	F	24.0	10.7	4.3	4.3
51	F	24.0	11.8	4.3	4.3
52	GDI	24.3	13.4	4.3	4.3
53	GDI	26.0	13.4	4.3	4.3
54	GDI	22.6	15.4	4.3	4.3
55	GDI	24.3	15.4	4.3	4.3
56	GDI	26.0	15.4	4.3	4.3

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE SERVICIOS (B)
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0002-2002

10 of 10

AREA GENERAL
Scale 1 : 180

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE OFICINAS PISO 2
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0003-2002

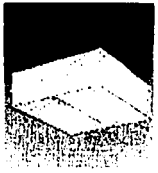
1 of 9

206

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
	GDI	39	GDI-231	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 31W COOL WHITE TYPE U	2800	0.75	60
	F	4	F-568P-13	COMPACT FLUORESCENT TROFFER	1 x 13W COMPACT FLUORESCENT LAMP	900	0.68	17
	EVA	1	EVA-2155	EVA	INCANDESCENTE 200W	3400	0.73	200

GDI



F-568P-13

EVA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

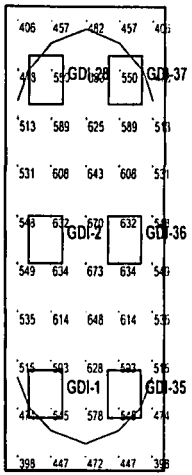
Escala

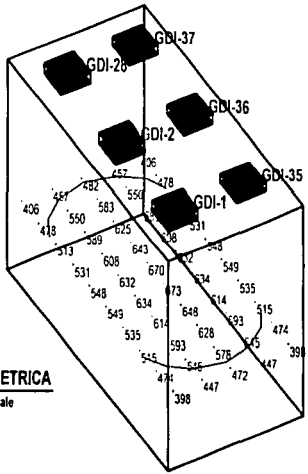
Proyecto No.
02-0003-2002

207

OFICINA DE OPERACIONES

Scale 1 : 60





VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
oficina de operaciones	545 lux	673 lux	398 lux	1.7:1	1.4:1

Calculated values include direct and interreflected components.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

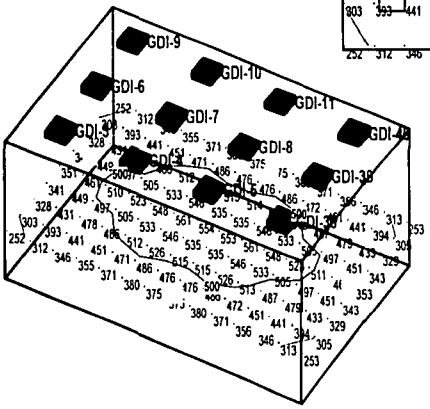
Escala

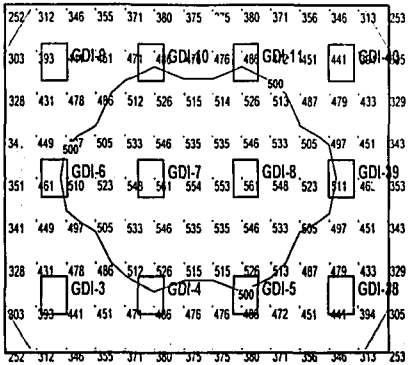
Proyecto No.
02-0003-2002

2002

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale





CUARTO DE CONTROL DISTRIBUIDO

Scale 1 : 80

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
c.c.d.	440 lux	561 lux	252 lux	2.2:1	1.7:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 2

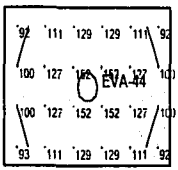
Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

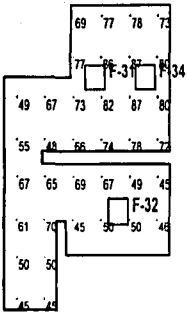
fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0003-2002

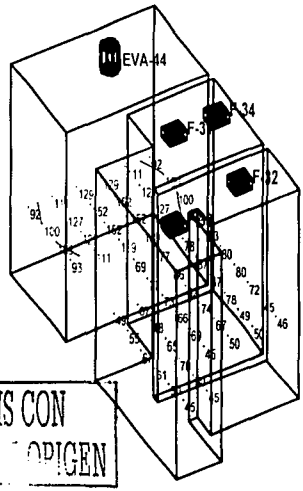
602





BAÑOS Y CUARTO DE BATERIAS

Scale 1 : 60



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
baños	65 lux	87 lux	45 lux	1.9:1	1.4:1
cuarto de baterias	119 lux	152 lux	92 lux	1.7:1	1.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

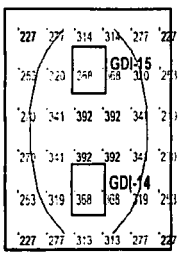
fecha
Nov 27 2002

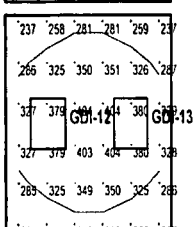
Escala

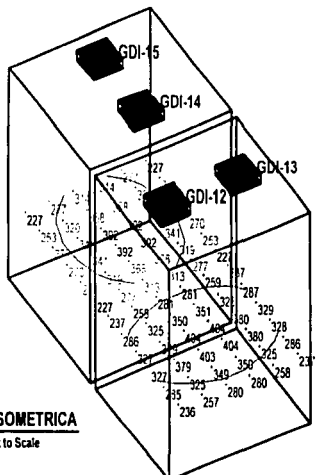
Proyecto No.
02-0003-2002

CUARTO INTELIGENTE Y CUARTO DE CONTROL DE PERSONAL

Scale 1 : 60







VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
cuarto inteligente	316 lux	404 lux	236 lux	1.7:1	1.3:1
c c p	307 lux	392 lux	227 lux	1.7:1	1.4:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

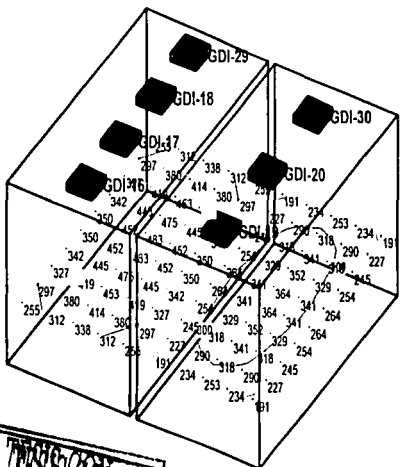
Proyecto No.
02-0003-2002

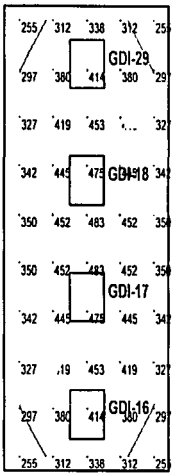
FAL
ON
RIGEN

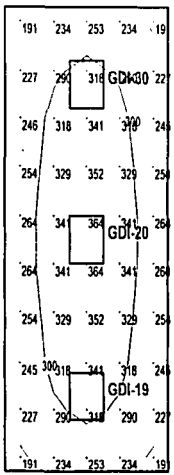
21

SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALA DE VIDEOCONFERENCIAS

Scale 1 : 60







TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
ofic. seg. ind.	373 lux	483 lux	255 lux	1.9:1	1.5:1
sala de conferencias	281 lux	364 lux	191 lux	1.9:1	1.5:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

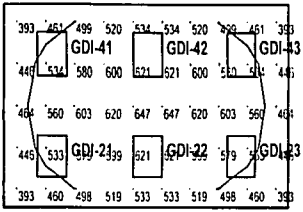
fecha
Nov 27 2002

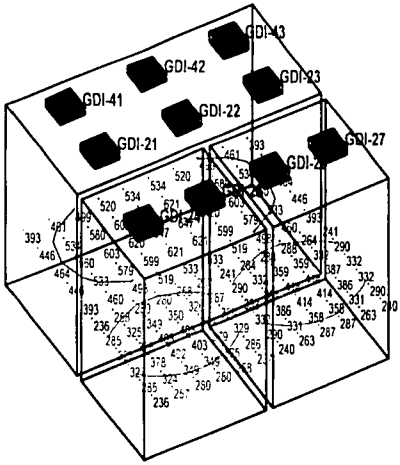
Escala

Proyecto No.
02-0003-2002

SUPTTE. ADMINISTRADOR AUXILIAR,GESTOR DE RELACIONES HUMANAS

Scale 1 : 70





VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
suptte.	531 lux	647 lux	393 lux	1.6:1	1.3:1
admon. aux.	316 lux	403 lux	236 lux	1.7:1	1.3:1
gestor rel. hum.	323 lux	414 lux	240 lux	1.7:1	1.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0003-2002

8 of 9

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z	MH
1	GDI	2.2	9.8	3.0	3.0
2	GDI	2.2	11.7	3.0	3.0
3	GDI	5.6	9.8	3.0	3.0
4	GDI	7.9	9.8	3.0	3.0
5	GDI	10.2	9.8	3.0	3.0
6	GDI	5.6	11.7	3.0	3.0
7	GDI	7.9	11.7	3.0	3.0
8	GDI	10.2	11.7	3.0	3.0
9	GDI	5.6	13.6	3.0	3.0
10	GDI	7.9	13.6	3.0	3.0
11	GDI	10.2	13.6	3.0	3.0
12	GDI	20.8	10.2	3.0	3.0
13	GDI	22.2	10.2	3.0	3.0
14	GDI	21.5	12.4	3.0	3.0
15	GDI	21.5	13.9	3.0	3.0
16	GDI	24.6	9.6	3.0	3.0
17	GDI	24.6	11.0	3.0	3.0
18	GDI	24.6	12.4	3.0	3.0
19	GDI	27.7	9.8	3.0	3.0
20	GDI	27.7	11.7	3.0	3.0
21	GDI	30.4	12.4	3.0	3.0
22	GDI	32.3	12.4	3.0	3.0

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z	MH
23	GDI	34.3	12.4	3.0	3.0
24	GDI	30.1	10.2	3.0	3.0
25	GDI	31.6	10.2	3.0	3.0
26	GDI	33.2	10.2	3.0	3.0
27	GDI	34.6	10.2	3.0	3.0
28	GDI	2.2	13.7	3.0	3.0
29	GDI	24.6	13.9	3.0	3.0
30	GDI	27.7	13.6	3.0	3.0
31	F	15.4	11.6	3.0	3.0
32	F	15.8	9.9	3.0	3.0
33	F	14.3	9.6	3.0	3.0
34	F	16.3	11.6	3.0	3.0
35	GDI	3.6	9.8	3.0	3.0
36	GDI	3.6	11.7	3.0	3.0
37	GDI	3.6	13.7	3.0	3.0
38	GDI	12.5	9.8	3.0	3.0
39	GDI	12.5	11.7	3.0	3.0
40	GDI	12.5	13.6	3.0	3.0
41	GDI	30.4	13.9	3.0	3.0
42	GDI	32.3	13.9	3.0	3.0
43	GDI	34.3	13.9	3.0	3.0
44	EVA	15.3	13.6	3.0	3.0

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE OFICINAS PISO 2
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0003-2002

9 of 9

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

AREA GENERAL

Scale 1 : 180

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2

propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

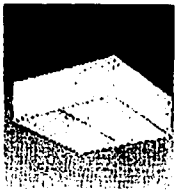
Proyecto No.
02-0004-2002

1 of 7

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
■	GDI	23	GDI-231	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 31W COOL WHITE TYPE U	2800	0.75	60
●	LW	2	LW-100M	LUMINARIO MARCA HUBBELL SERIE LIGHTWATT	100W A.M.	9000	0.62	125
▮	EWL	6	EWL-232	LUMINARIO MARCA HUBBELL SERIE EWL	2X32W FLUORESCENTE	3050	0.75	56.2



GDI

LIGHTWATT

EWL

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

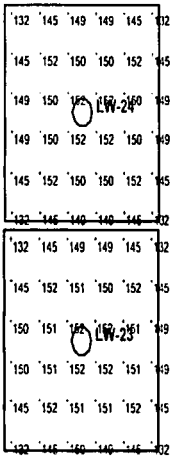
AREA DE COMEDOR PISO 2
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

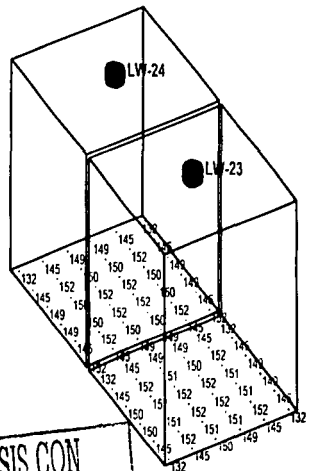
Escala

Proyecto No.
02-0004-2002



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



REFRIGERADOR Y CONGELADOR

Scale 1 : 60

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
refrigerador	147 lux	152 lux	132 lux	1.2:1	1.1:1
congelador	147 lux	152 lux	132 lux	1.2:1	1.1:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE COMEDOR PISO 2
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

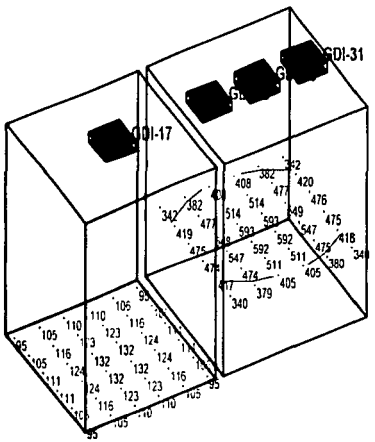
Escala

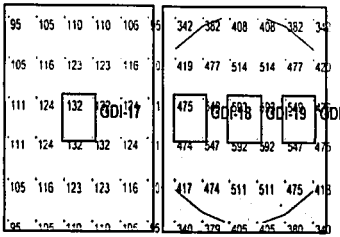
Proyecto No.
02-0004-2002

3 of 7

MISCELANEOS Y PANADERIA

Scale 1 : 60





VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS					
Description	**Avg**	**Max**	**Min**	**Max/Min**	**Avg/Min**
almacen de miscelaneos	113 lux	132 lux	95 lux	1.4:1	1.2:1
panaderia	461 lux	593 lux	340 lux	1.7:1	1.4:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA
AREA DE COMEDOR PISO 2
propuesta 2

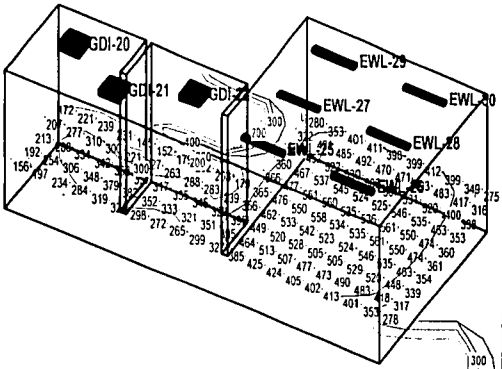
Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

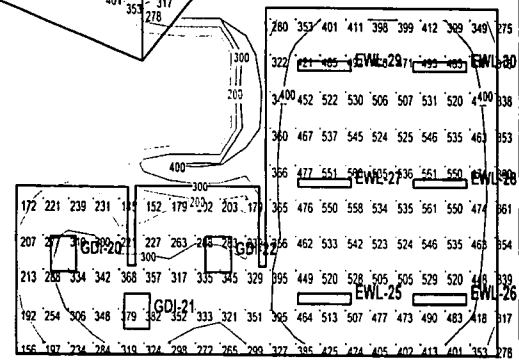
Proyecto No.
02-0004-2002

4 of 7



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



COCINA

Scale 1 : 80

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
cocina y lavado de losa	394 lux	561 lux	145 lux	3.9:1	2.7:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

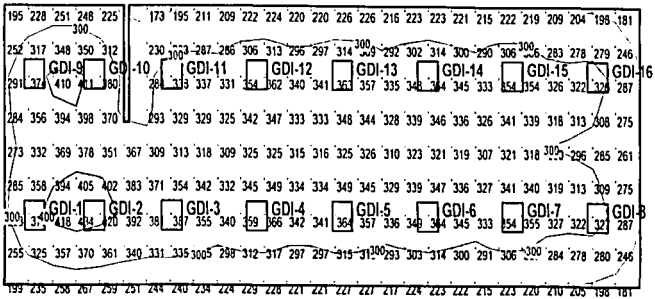
AREA DE COMEDOR PISO 2
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

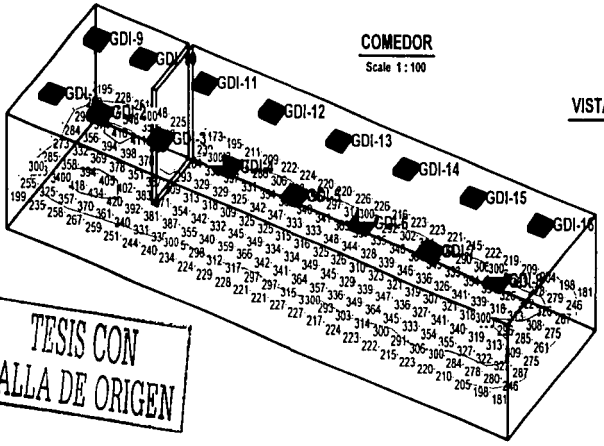
Escala

Proyecto No.
02-0004-2002



COMEDOR

Scale 1 : 100



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
comedor	305 lux	434 lux	173 lux	2.5:1	1.8:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0004-2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z	MH	Orientation
1	GDI	17.2	3.0	3.0	3.0	0.0
2	GDI	19.0	3.0	3.0	3.0	0.0
3	GDI	21.3	3.0	3.0	3.0	0.0
4	GDI	23.8	3.0	3.0	3.0	0.0
5	GDI	26.4	3.0	3.0	3.0	0.0
6	GDI	28.9	3.0	3.0	3.0	0.0
7	GDI	31.5	3.0	3.0	3.0	0.0
8	GDI	34.0	3.0	3.0	3.0	0.0
9	GDI	17.2	5.9	3.0	3.0	0.0
10	GDI	19.0	5.9	3.0	3.0	0.0
11	GDI	21.3	5.9	3.0	3.0	0.0
12	GDI	23.8	5.9	3.0	3.0	0.0
13	GDI	26.4	5.9	3.0	3.0	0.0
14	GDI	28.9	5.9	3.0	3.0	0.0
15	GDI	31.5	5.9	3.0	3.0	0.0
16	GDI	34.0	5.9	3.0	3.0	0.0
17	GDI	6.0	6.0	3.0	3.0	0.0
18	GDI	8.0	6.0	3.0	3.0	0.0
19	GDI	8.9	6.0	3.0	3.0	0.0
20	GDI	5.8	3.2	3.0	3.0	0.0
21	GDI	7.5	2.3	3.0	3.0	0.0
22	GDI	9.4	3.2	3.0	3.0	0.0
23	LW	3.0	3.1	3.0	3.0	0.0
24	LW	3.0	5.9	3.0	3.0	0.0
25	EWL	12.0	2.6	3.0	3.0	90.0
26	EWL	14.8	2.6	3.0	3.0	90.0
27	EWL	12.0	4.5	3.0	3.0	90.0
28	EWL	14.8	4.5	3.0	3.0	90.0
29	EWL	12.0	6.4	3.0	3.0	90.0
30	EWL	14.8	6.4	3.0	3.0	90.0
31	GDI	9.9	6.0	3.0	3.0	0.0

PLATAFORMA PETROLERA

AREA DE COMEDOR PISO 2
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0004-2002

7 of 7

AREA GENERAL

Scale 1 : 180

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0005-2002

1 of 6

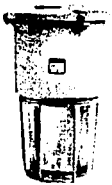
LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
■	GDI	17	GDI-217	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 17W COOL WHITE	1400	0.75	40
■	F	8	F-568P-13	COMPACT FLUORESCENT TROFFER	1 x 13W COMPACT FLUORESCENT LAMP	900	0.68	17
●	PETL	1	PETL070HP00545	PETROLUX II	70W CLEAR HPS	5800	0.74	88
●	ARB	7	ARB-31	ARB-31 100W/A-19 INCANDESCENTE CON GLOBO Y GUARDA	100W INCANDESCENTE	1750	0.74	100

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GDI

F-568P-13



PETROLUX

ARB

PLATAFORMA PETROLERA

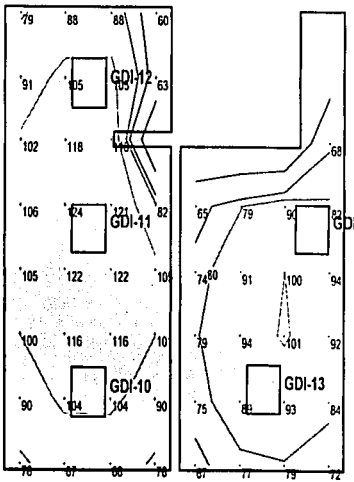
RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

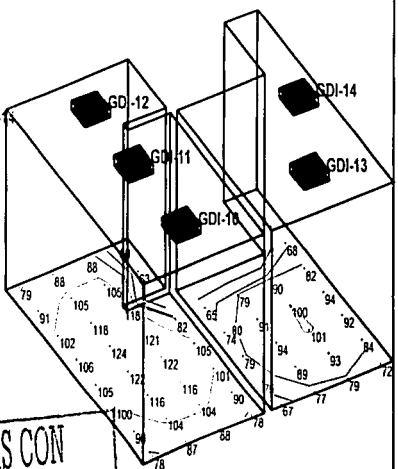
Escala

Proyecto No.
02-0005-2002



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



RECAMARAS TIPO 1 Y 2

Scale 1 : 60

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
recamara tipo 1	99 lux	124 lux	60 lux	2.1:1	1.6:1
recamara tipo 2	83 lux	101 lux	65 lux	1.6:1	1.3:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

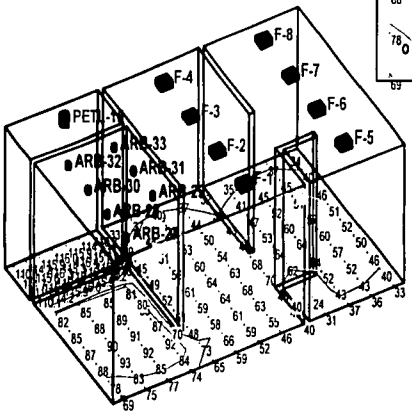
Escala

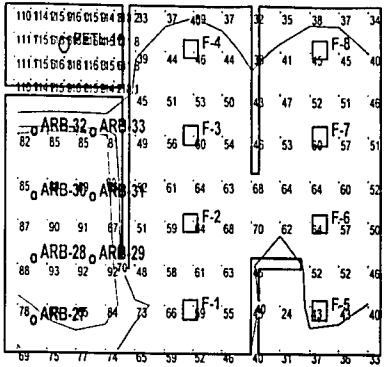
Proyecto No.
02-0005-2002

3 of 6

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale





BAÑOS Y SAUNA

Scale 1 : 80

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
baños y regaderas	58 lux	93 lux	24 lux	3.9:1	2.4:1
sauna	114.4 lux	118.3 lux	110.1 lux	1.1:1	1.0:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

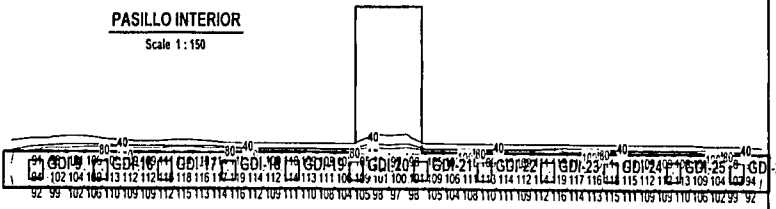
fecha
Nov 27 2002

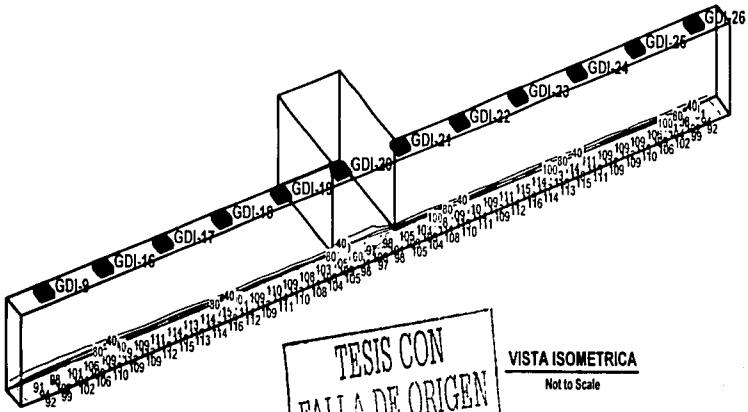
Escala

Proyecto No.
02-0005-2002

PASILLO INTERIOR

Scale 1 : 150





TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
interior	108 lux	119 lux	91 lux	1.3:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0005-2002

922

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Z	MH	Orientation
1	F	6.0	9.6	3.0	3.0	0.0
2	F	6.0	11.0	3.0	3.0	0.0
3	F	6.0	12.4	3.0	3.0	0.0
4	F	6.0	13.9	3.0	3.0	0.0
5	F	9.1	9.6	3.0	3.0	0.0
6	F	9.1	11.0	3.0	3.0	0.0
7	F	9.1	12.4	3.0	3.0	0.0
8	F	9.1	13.9	3.0	3.0	0.0
9	GDI	2.7	8.1	3.0	3.0	0.0
10	GDI	18.4	2.6	3.0	3.0	90.0
11	GDI	18.4	4.6	3.0	3.0	90.0
12	GDI	18.4	6.4	3.0	3.0	90.0
13	GDI	21.5	2.6	3.0	3.0	90.0
14	GDI	22.4	4.6	3.0	3.0	90.0
15	PETL	2.9	13.9	3.0	3.0	0.0
16	GDI	5.5	8.1	3.0	3.0	0.0
17	GDI	8.4	8.1	3.0	3.0	0.0
18	GDI	11.2	8.1	3.0	3.0	0.0
19	GDI	14.1	8.1	3.0	3.0	0.0
20	GDI	17.0	8.1	3.0	3.0	0.0
21	GDI	19.8	8.1	3.0	3.0	0.0
22	GDI	22.7	8.1	3.0	3.0	0.0
23	GDI	25.5	8.1	3.0	3.0	0.0
24	GDI	28.4	8.1	3.0	3.0	0.0
25	GDI	31.2	8.1	3.0	3.0	0.0
26	GDI	34.1	8.1	3.0	3.0	0.0
27	ARB	2.2	9.4	3.0	3.0	0.0
28	ARB	2.2	10.4	3.0	3.0	0.0
29	ARB	3.6	10.4	3.0	3.0	0.0
30	ARB	2.2	11.4	3.0	3.0	0.0
31	ARB	3.6	11.4	3.0	3.0	0.0
32	ARB	2.2	12.5	3.0	3.0	0.0
33	ARB	3.6	12.5	3.0	3.0	0.0

PLATAFORMA PETROLERA

RECAMARAS TIPO Y PASILLO INTERIOR
propuesta 2

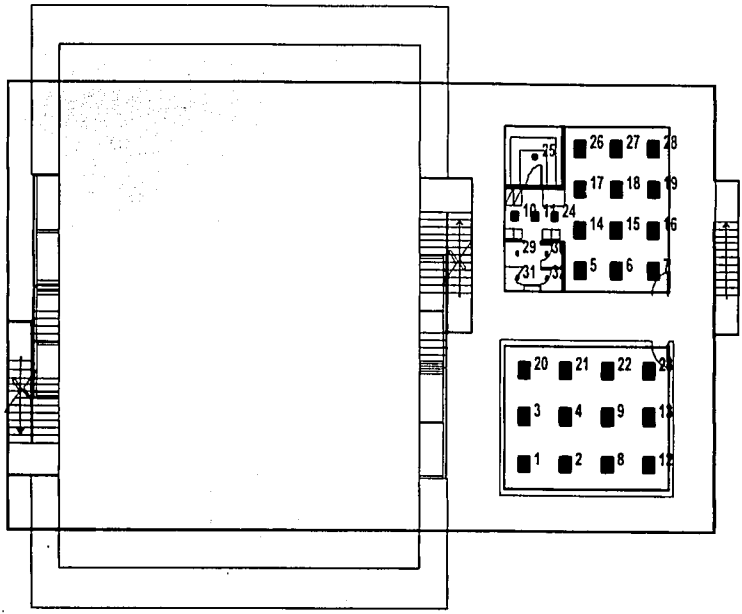
Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0005-2002

6 of 6



AREA GENERAL

Scale 1 : 180

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

GIMNASIO Y AREA DE RECREACION
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0006-2002

1 of 5

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
■	GDI	12	GDI-231	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 31W COOL WHITE TYPE U	2800	0.75	60
■	GDI	12	GDI-217	DIRECT/INDIRECT LIGHTING TROFFER	2 x 17W COOL WHITE	1400	0.75	40
■	F	3	F-568P-13	COMPACT FLUORESCENT TROFFER	1 x 13W COMPACT FLUORESCENT LAMP	900	0.68	17
●	PETL	1	PETL070HP00545	PETROLUX II	70W CLEAR HPS	5800	0.74	88
●	ARB	4	ARB-31	ARB-31 100W/A-19 INCANDESCENTE CON GLOBO Y GUARDA	100W INCANDESCENTE	1750	0.74	100

GDI

F-568P-13

PETROLUX

ARB

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

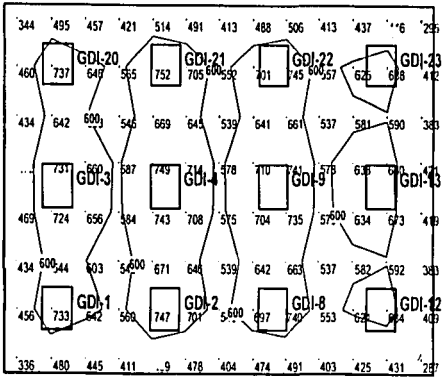
GIMNASIO Y AREA DE RECREACION
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0006-2002

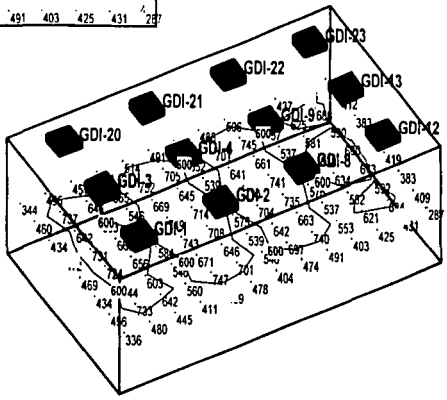


SALA DE RECREACION

Scale 1 : 70

VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



TESIS CON

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
SALA DE RECREACION	567 lux	752 lux	287 lux	2.6:1	2.0:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

GIMNASIO Y AREA DE RECREACION

propuesta 2

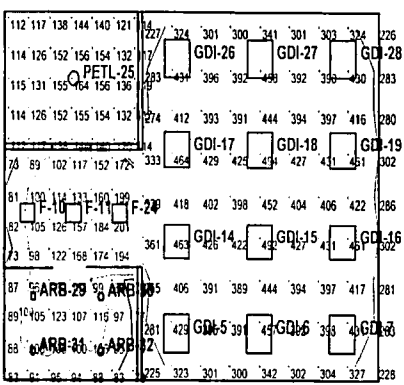
Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

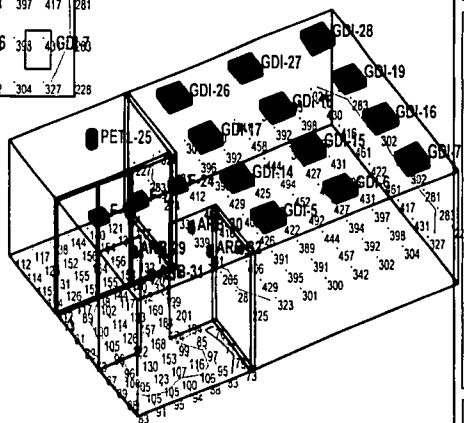
Proyecto No.
02-0006-2002

3 of 5



GIMNASIO REGADERAS Y SAUNA

Scale 1 : 80



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
GYM	371 lux	494 lux	225 lux	2.2:1	1.7:1
regaderas y vestidores	113 lux	201 lux	73 lux	2.8:1	1.6:1
sauna	133 lux	164 lux	112 lux	1.5:1	1.2:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

GIMNASIO Y AREA DE RECREACION
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0006-2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z	MH	Orientation
1	GDI	27.7	2.5	2.2	2.2	180.0
2	GDI	29.9	2.5	2.2	2.2	180.0
3	GDI	27.7	4.2	2.2	2.2	0.0
4	GDI	29.9	4.2	2.2	2.2	0.0
5	GDI	30.7	9.7	2.2	2.2	180.0
6	GDI	32.7	9.7	2.2	2.2	180.0
7	GDI	34.7	9.7	2.2	2.2	180.0
8	GDI	32.2	2.5	2.2	2.2	180.0
9	GDI	32.2	4.2	2.2	2.2	0.0
10	F	27.2	11.7	2.2	2.2	0.0
11	F	28.2	11.7	2.2	2.2	0.0
12	GDI	34.4	2.5	2.2	2.2	180.0
13	GDI	34.4	4.2	2.2	2.2	0.0
14	GDI	30.7	11.2	2.2	2.2	0.0
15	GDI	32.7	11.2	2.2	2.2	180.0
16	GDI	34.7	11.2	2.2	2.2	0.0
17	GDI	30.7	12.7	2.2	2.2	0.0
18	GDI	32.7	12.7	2.2	2.2	0.0
19	GDI	34.7	12.7	2.2	2.2	0.0
20	GDI	27.7	6.0	2.2	2.2	180.0
21	GDI	29.9	6.0	2.2	2.2	180.0
22	GDI	32.2	6.0	2.2	2.2	180.0
23	GDI	34.4	6.0	2.2	2.2	180.0
24	F	29.3	11.7	2.2	2.2	0.0
25	PETL	28.2	13.9	2.2	2.2	90.0
26	GDI	30.7	14.3	2.2	2.2	0.0
27	GDI	32.7	14.3	2.2	2.2	0.0
28	GDI	34.7	14.3	2.2	2.2	0.0
29	ARB	27.3	10.3	2.2	2.2	0.0
30	ARB	28.9	10.3	2.2	2.2	0.0
31	ARB	27.3	9.4	2.2	2.2	0.0
32	ARB	28.9	9.4	2.2	2.2	0.0

PLATAFORMA PETROLERA

GIMNASIO Y AREA DE RECREACION
propuesta 2

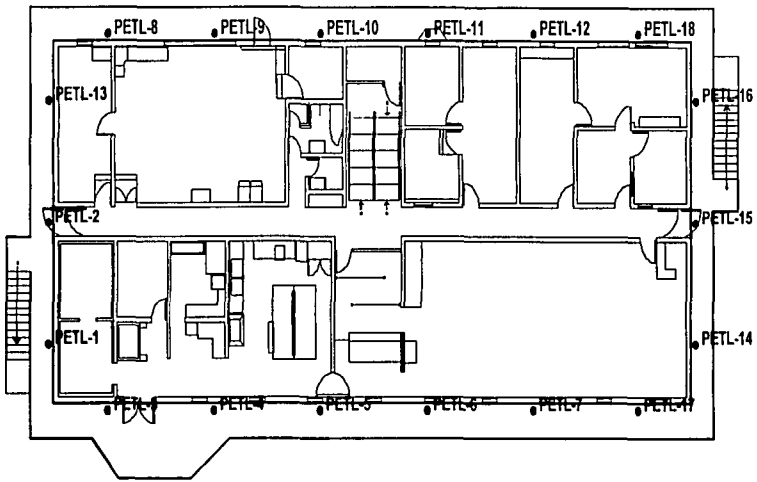
Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0006-2002

5 of 5



AREA GENERAL

Scale 1 : 180

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4

propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

Fecha
Nov 27 2002

Escala

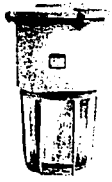
Proyecto No.
02-0007-2002

1 of 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
●	PETL	18	PETL070HP00541	PETROLUX II	70W CLEAR HPS	5800	0.74	88



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

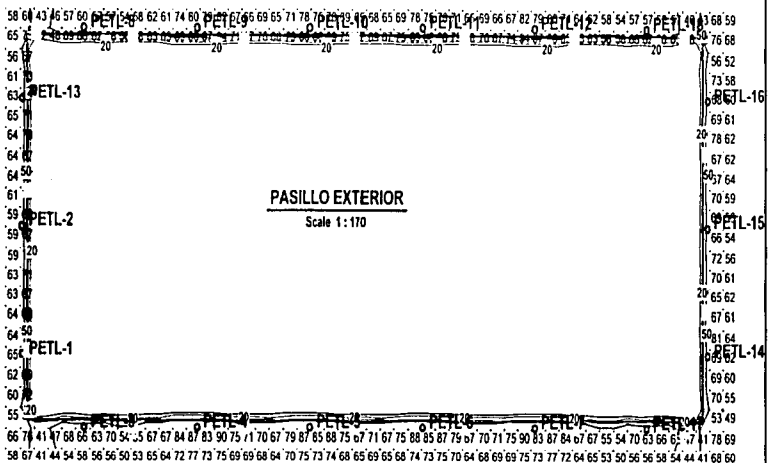
PLATAFORMA PETROLERA
EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

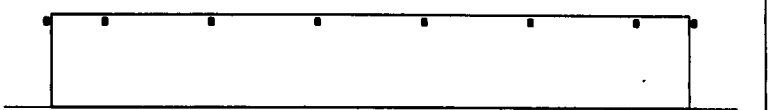
Escala

Proyecto No.
02-0007-2002



PASILLO EXTERIOR

Scale 1 : 170



ELEVACION SUR

Scale 1 : 180

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
exterior	67 lux	94 lux	41 lux	2.3:1	1.6:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4

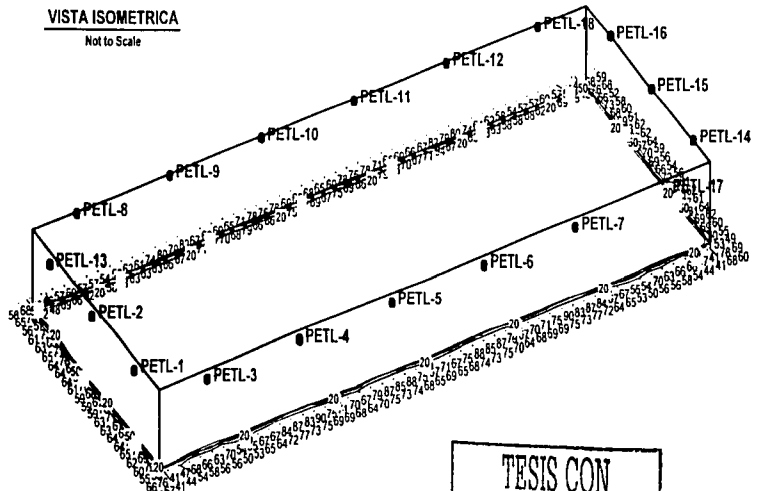
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0007-2002



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ELEVACION OESTE

Scale 1 : 180

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0007-2002

4 of 5

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z	MH	Orientation
1	PETL	1.0	3.6	3.1	3.1	270.0
2	PETL	1.0	8.1	3.1	3.1	270.0
3	PETL	4.1	1.1	3.1	3.1	0.0
4	PETL	9.8	1.1	3.1	3.1	0.0
5	PETL	15.5	1.1	3.1	3.1	0.0
6	PETL	21.2	1.1	3.1	3.1	0.0
7	PETL	27.0	1.1	3.1	3.1	0.0
8	PETL	4.1	15.1	3.1	3.1	180.0
9	PETL	9.8	15.1	3.1	3.1	180.0
10	PETL	15.5	15.1	3.1	3.1	180.0
11	PETL	21.2	15.1	3.1	3.1	180.0
12	PETL	27.0	15.1	3.1	3.1	180.0
13	PETL	1.0	12.6	3.1	3.1	270.0
14	PETL	35.8	3.6	3.1	3.1	270.0
15	PETL	35.8	8.1	3.1	3.1	270.0
16	PETL	35.8	12.6	3.1	3.1	270.0
17	PETL	32.7	1.1	3.1	3.1	0.0
18	PETL	32.7	15.1	3.1	3.1	180.0

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

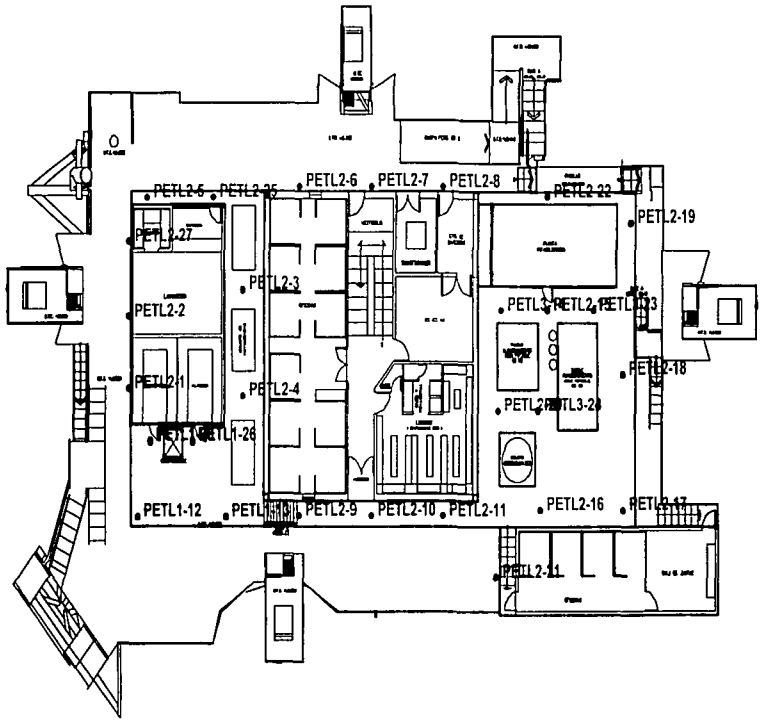
EXTERIOR TIPO PISOS 2,3 Y 4
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0007-2002



AREA GENERAL

Scale 1 : 220

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

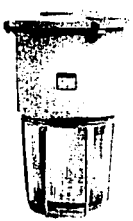
Escala

Proyecto No.
02-0008-2002

1 of 5

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
●	PETL1	4	PETL15AHP00545	PETROLUX II	150W CLEAR HPS	16000	0.74	185
●	PETL2	21	PETL15AHP00541	PETROLUX II	150W CLEAR HPS	16000	0.74	185
●	PETL3	3	PETL100HP00541	PETROLUX II	100W CLEAR HPS	9500	0.74	128



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

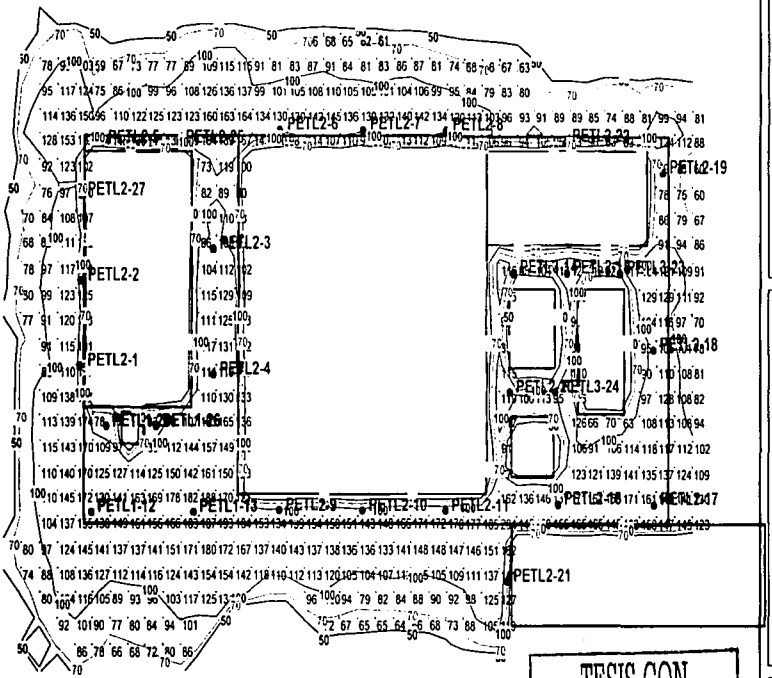
EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0008-2002



EXTERIOR
Scale 1 : 190

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
exterior	114 lux	204 lux	59 lux	3.5:1	1.9:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA
EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

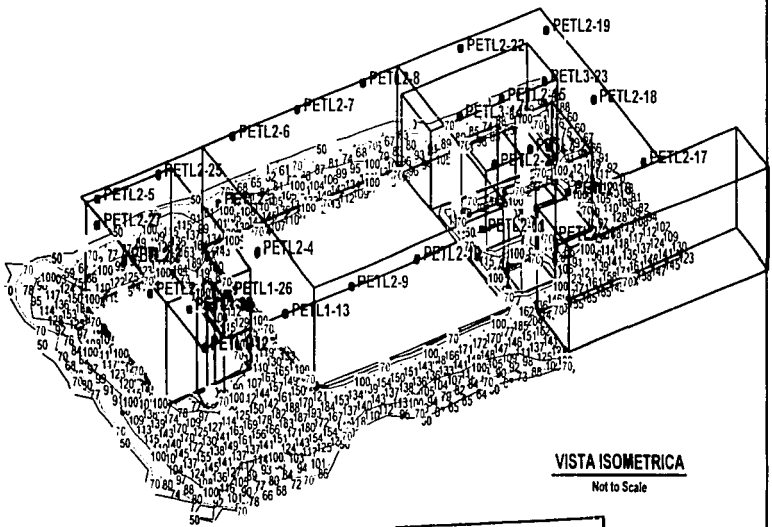
fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0008-2002

3 of 5

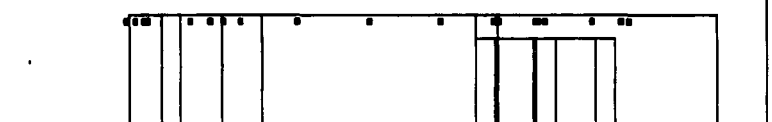
240



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



ELEVACION SUR

Scale 1 : 220

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0008-2002

4 of 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Location Y	Location Z	MH	Orientation
1	PETL2	4.2	11.2	4.7	4.7	270.0
2	PETL2	4.2	14.5	4.7	4.7	270.0
3	PETL2	11.7	15.7	4.7	4.7	90.0
4	PETL2	11.7	10.9	4.7	4.7	90.0
5	PETL2	5.4	19.9	4.7	4.7	0.0
6	PETL2	15.4	20.4	4.7	4.7	0.0
7	PETL2	20.1	20.4	4.7	4.7	0.0
8	PETL2	24.8	20.4	4.7	4.7	0.0
9	PETL2	15.4	5.5	4.7	4.7	180.0
10	PETL2	20.1	5.5	4.7	4.7	180.0
11	PETL2	24.8	5.5	4.7	4.7	180.0
12	PETL1	4.8	5.4	4.7	4.7	0.0
13	PETL1	10.6	5.4	4.7	4.7	0.0
14	PETL3	28.7	14.9	4.7	4.7	0.0
15	PETL2	31.7	14.9	4.7	4.7	90.0
16	PETL2	31.3	5.7	4.7	4.7	0.0
17	PETL2	36.7	5.7	4.7	4.7	0.0
18	PETL2	36.7	11.9	4.7	4.7	90.0
19	PETL2	37.2	18.8	4.7	4.7	90.0
20	PETL2	28.5	10.2	4.7	4.7	270.0
21	PETL2	28.4	2.7	4.7	4.7	270.0
22	PETL2	31.7	20.0	4.7	4.7	0.0
23	PETL3	34.8	14.9	4.7	4.7	0.0
24	PETL3	31.1	10.2	4.7	4.7	180.0
25	PETL2	9.8	19.9	4.7	4.7	0.0
26	PETL1	8.4	8.8	4.7	4.7	180.0
27	PETL2	4.2	17.9	4.7	4.7	270.0
28	PETL1	5.6	8.8	4.7	4.7	180.0

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR PISO AREA DE SERVICIOS
propuesta 2

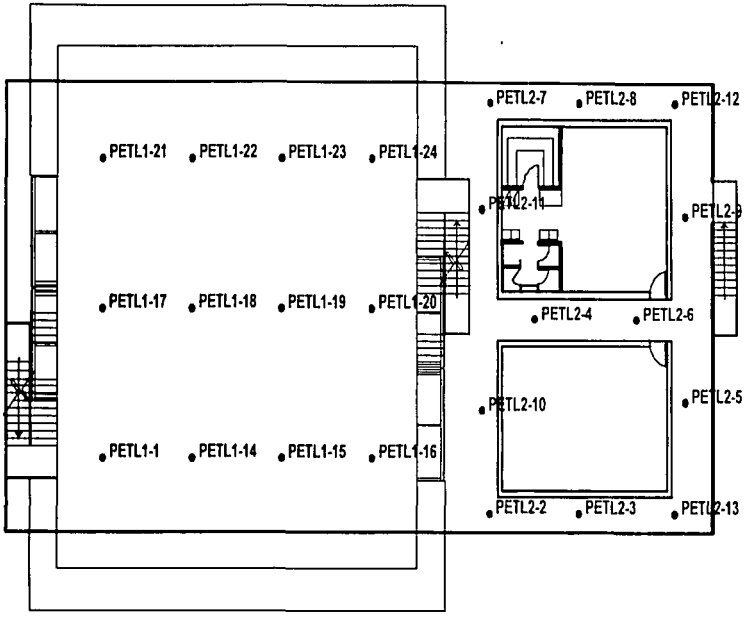
Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0008-2002

5 of 5



AREA GENERAL

Scale 1 : 180

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR AREA HELIPUERTO

propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

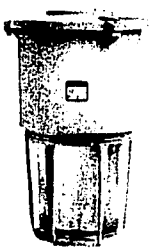
Proyecto No.
02-0009-2002

1 of 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE SCHEDULE

Symbol	Label	Qty	Catalog Number	Description	Lamp	Lumens	LLF	Watts
●	PETL1	12	PETL15AHP00545	PETROLUX II	150W CLEAR HPS	16000	0.74	185
●	PETL2	12	PETL15AHP00541	PETROLUX II	150W CLEAR HPS	16000	0.74	185



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PLATAFORMA PETROLERA

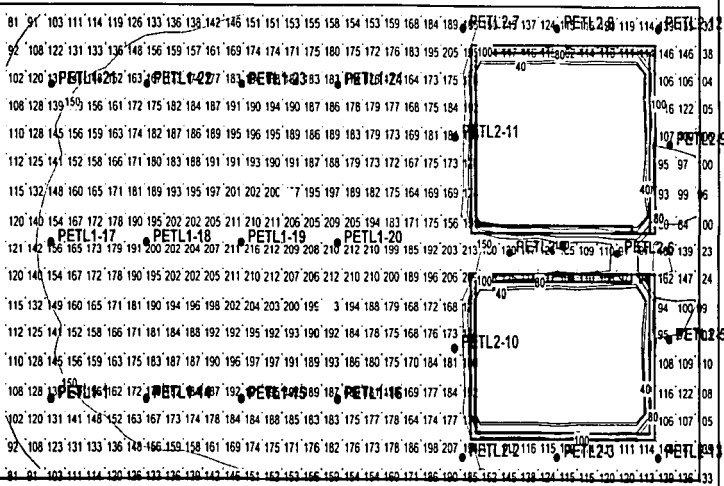
EXTERIOR AREA HELIPUERTO
propuesta 2

Diseño
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0009-2002



AREA GENERAL

Scale 1 : 170

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

STATISTICS

Description	Avg	Max	Min	Max/Min	Avg/Min
EXTERIOR	160 lux	216 lux	80 lux	2.7:1	2.0:1

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR AREA HELIPUERTO

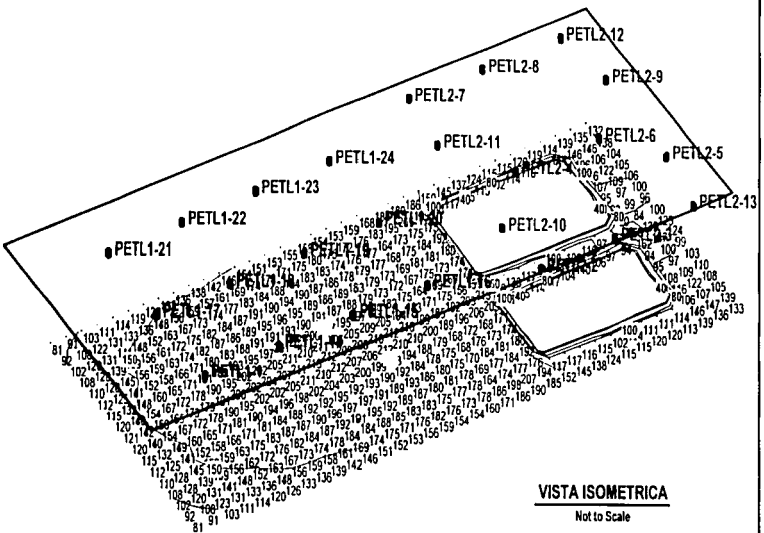
propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

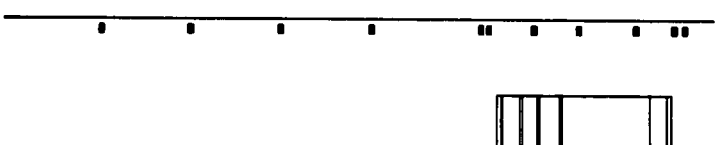
Escala

Proyecto No.
02-0009-2002



VISTA ISOMETRICA

Not to Scale



ELEVACION SUR

Scale 1 : 180

Calculated values include direct and interreflected components.

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR AREA HELIPUERTO

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0009-2002

4 of 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

LUMINAIRE LOCATIONS

No.	Label	Location X	Y	Z	MH	Orientation
1	PETL1	5.1	2.8	4.5	4.5	0.0
2	PETL2	26.0	0.7	4.5	4.5	180.0
3	PETL2	30.8	0.7	4.5	4.5	180.0
4	PETL2	28.4	7.9	4.5	4.5	0.0
5	PETL2	36.5	4.9	4.5	4.5	90.0
6	PETL2	33.9	7.9	4.5	4.5	180.0
7	PETL2	26.0	15.9	4.5	4.5	0.0
8	PETL2	30.8	15.9	4.5	4.5	0.0
9	PETL2	36.5	11.7	4.5	4.5	90.0
10	PETL2	25.6	4.5	4.5	4.5	270.0
11	PETL2	25.6	12.0	4.5	4.5	270.0
12	PETL2	35.9	15.9	4.5	4.5	0.0
13	PETL2	35.9	0.7	4.5	4.5	180.0
14	PETL1	10.0	2.8	4.5	4.5	0.0
15	PETL1	14.8	2.8	4.5	4.5	0.0
16	PETL1	19.6	2.8	4.5	4.5	0.0
17	PETL1	5.1	8.3	4.5	4.5	0.0
18	PETL1	10.0	8.3	4.5	4.5	0.0
19	PETL1	14.8	8.3	4.5	4.5	0.0
20	PETL1	19.6	8.3	4.5	4.5	0.0
21	PETL1	5.1	13.8	4.5	4.5	0.0
22	PETL1	10.0	13.8	4.5	4.5	0.0
23	PETL1	14.8	13.8	4.5	4.5	0.0
24	PETL1	19.6	13.8	4.5	4.5	0.0

PLATAFORMA PETROLERA

EXTERIOR AREA HELIPUERTO

propuesta 2

Dise&o
A.F.G.M.R.R.M.

fecha
Nov 27 2002

Escala

Proyecto No.
02-0009-2002

5 of 5

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo 7

Evaluación Económica

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Como es bien sabido no en todas las ocasiones trataremos con ingenieros a los que presentaremos nuestras propuestas, también tendremos la oportunidad de tratar con licenciados, contadores, arquitectos u otros profesionistas que requieran los resultados en forma de costos, es por ello que ante cualquier proyecto o propuesta de ingeniería que presentemos, siempre se hará necesario que los resultados sean presentados en forma económica, ya que con ello podemos lograr una mejor comprensión de los resultados obtenidos, además de que con esto enriqueceremos nuestro proyecto y daremos al cliente una perspectiva mas amplia y detallada que le ayudara a tomar su decisión. Así estaremos demostrando que se están cubriendo los dos principales objetivos, que pueden ser, el técnico; interesante para el área de ingeniería; y el económico (cuando se tiene un limite de capital); interesante para el área administrativa.

El siguiente estudio intentara presentar claramente los resultados del proyecto (visto en el capitulo anterior) en forma de costos, por lo que empezaremos con la cotización de las luminarias para ambas propuestas de manera individual, realizando para cada tabla un comparativo grafico de resultados.

Después continuaremos con una evaluación económica detallada y su comparativo grafico correspondiente, todo con el único objetivo de comprender mejor los resultados, verlos en forma grafica y ayudar a decidir con cual propuesta nos quedamos.

Cabe mencionar que los costos que se obtendrán son precios corrientes en los cuales no esta implícito el nivel de inflación. Para conocer los precios reales se tendrá que deflactar la serie estadística, tomando como referencia un año base.

En cuanto al costo de la energía eléctrica, se tomara como referencia la siguiente tabla(*):

REGION	Cargo por Kilowatt hora de energía consumida
Baja California	0.475
Baja California Sur	0.575
Central	0.578
Noreste	0.538
Noroeste	0.527
Norte	0.539
Peninsula.	0.580
Sur.	**0.557**

Por lo que si el lector desea actualizar este costo tendría que consultar la pagina de Internet de CFE.

Por otro lado el mantenimiento que se considerara es preventivo por lo que todas las luminarias serán remplazadas al cabo de un año, sea o no sea necesario hacerlo, esto con el objetivo de mantener siempre en optimas condiciones la iluminación ya que por razones de seguridad este tipo de proyectos no puede dejar lugar a fallas y/o falta de iluminación por las labores que es esta se desempeñan.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

* Fuente Comisión Federal de Electricidad.

7.1 Cotización de los sistemas.

PROPUESTA 1

Catalogo del luminario	No de luminarios	No de lamparas	Total de lamparas	costo unitario del luminario	costo unitario de lamparas	Costo del no.de luminarios	Costo del no. de lamparas	costo total
AVGA217ADPASY	175	2	350	$1,800.00	$50.00	$315,000.00	$17,500.00	$332,500.00
2AVGA232ADP	70	2	140	$1,480.00	$90.00	$103,600.00	$12,600.00	$116,200.00
2AVGACF40ADP	11	2	22	$1,820.00	$150.00	$20,020.00	$3,300.00	$23,320.00
DM/DMW232	8	2	12	$790.00	$50.00	$4,740.00	$600.00	$5,340.00
TXV100MA121TB	4	1	4	$1,580.00	$210.00	$6,320.00	$840.00	$7,160.00
DMVM2A100GPRD	45	1	45	$3,560.00	$210.00	$160,200.00	$9,450.00	$169,650.00
DMVM2A175GPRD	42	1	42	$3,615.00	$155.00	$151,830.00	$6,510.00	$158,340.00
DMVM2A175GRA	14	1	14	$3,615.00	$155.00	$50,610.00	$2,170.00	$52,780.00
ARB-31	18	1	18	$482.00	$3.00	$8,676.00	$54.00	$8,730.00
F-568P-13	26	1	26	$740.00	$19.00	$19,240.00	$494.00	$19,734.00
PETL070HP00545	3	1	3	$2,150.00	$94.00	$6,450.00	$282.00	$6,732.00
EVA 2155 200W.	5	1	5	$1,573.00	$9.60	$7,865.00	$48.00	$7,913.00

Luminarios totales	419

costo total del sistema	$908,399.00

PROPUESTA 2

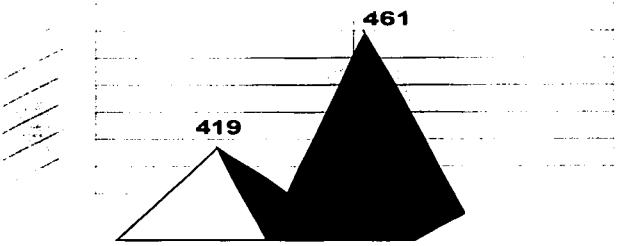
Catalogo del luminario	No de luminarios	No de lamparas	Total de lamparas	costo unitario del luminario	costo unitario de lamparas	Costo del no.de luminarios	Costo del no. de lamparas	costo total
GDI 2X40	8	2	16	$1,314.00	$75.00	$10,512.00	$1,200.00	$11,712.00
GDI 2X31	112	2	224	$1,116.00	$45.00	$124,992.00	$10,080.00	$135,072.00
GDI 2X17	173	2	346	$1,314.00	$25.00	$227,322.00	$8,650.00	$235,972.00
F-568P-13	26	1	26	$740.00	$19.00	$19,240.00	$494.00	$19,734.00
PETROLUX II 100HPS	3	1	3	$2,183.00	$94.00	$6,549.00	$282.00	$6,831.00
PETROLUX II 150HPS	33	1	33	$2,285.00	$94.00	$75,405.00	$3,102.00	$78,507.00
PETROLUX II 150HPS	16	1	16	$2,276.00	$94.00	$36,416.00	$1,504.00	$37,920.00
PETROLUX II 70HPS	54	1	54	$2,150.00	$94.00	$116,100.00	$5,076.00	$121,176.00
EWL 232	6	2	12	$1,317.00	$25.00	$7,902.00	$300.00	$8,202.00
LIGHTWATT	4	1	4	$1,087.00	$210.00	$4,348.00	$840.00	$5,188.00
ARB-31	18	1	18	$482.00	$3.00	$8,676.00	$54.00	$8,730.00
PETL070HP00545	3	1	3	$2,150.00	$94.00	$6,450.00	$282.00	$6,732.00
EVA 2155 200W.	5	1	5	$1,573.00	$9.60	$7,865.00	$48.00	$7,913.00

Luminarios totales	461

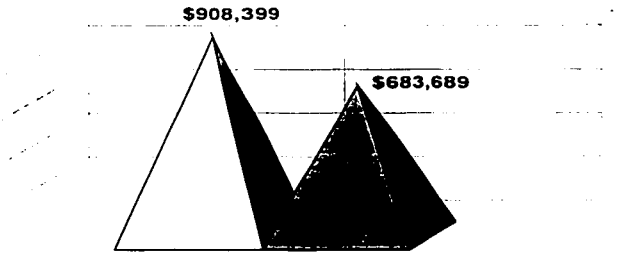
costo total del sistema	$683,689.00

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Comparación del total de luminarios



Comparación de los costos totales



☐ PROPUESTA 1 ■ PROPUESTA 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.2 Evaluación económica propuesta 1.

INFORMACION DEL PROYECTO	
Analisis del periodo (años)	1
Costo de la energia electrica (KWh)	$18.52

ENTRADA DEL SISTEMA.

Tipo de unidad	AVG 217	2AVG 232	2AVG CF40	DM 232	TXV 100MA	DMVM 100	DMVM 175	DMVM 175	ARB-31	F-568P-13	PET 70HPS	EVA 2135
Cantidad de luminarias	175	70	11	6	4	45	42	14	18	26	3	5
Costo por luminaria	$1,800.00	$1,480.00	$1,820.00	$790.00	$1,580.00	$3,560.00	$3,615.00	$3,615.00	$482.00	$740.00	$2,150.00	$1,573.00
Costo total de luminarias	$315,000.00	$103,600.00	$20,020.00	$4,740.00	$6,320.00	$160,200.00	$151,830.00	$50,610.00	$8,676.00	$19,240.00	$6,450.00	$7,865.00
Costo de instalacion luminaria	$200.00	$200.00	$200.00	$200.00	$250.00	$250.00	$250.00	$250.00	$200.00	$200.00	$250.00	$200.00
Costo total de instalacion luminarias	$35,000.00	$14,000.00	$2,200.00	$1,200.00	$1,000.00	$11,250.00	$10,500.00	$3,500.00	$3,600.00	$5,200.00	$750.00	$1,000.00
Cantidad de lamparas	350	140	22	12	4	45	42	14	18	26	3	5
Costo de lampara	$50.00	$90.00	$150.00	$50.00	$210.00	$210.00	$155.00	$155.00	$3.00	$19.00	$94.00	$9.60
Costo total de lamparas	$17,500.00	$12,600.00	$3,300.00	$600.00	$840.00	$9,450.00	$6,510.00	$2,170.00	$54.00	$494.00	$282.00	$48.00
Costo inicial del sistema	$367,500.00	$130,200.00	$25,520.00	$6,540.00	$8,160.00	$180,900.00	$168,840.00	$56,280.00	$12,330.00	$24,934.00	$7,482.00	$8,913.00

Cantidad de luminarias	175	70	11	6	4	45	42	14	18	26	3	5
Kilowatts de cada luminaria	0.034	0.061	0.086	0.058	0.125	0.129	0.213	0.213	0.1	0.017	0.088	0.2
Carga total	5.95	4.27	0.946	0.348	0.5	5.805	8.946	2.982	1.8	0.442	0.264	1

Horas de uso diario	8	8	8	8	24	12	12	12	8	8	4	24
Dias de uso anual	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Horas de uso base anual	2920	2920	2920	2920	8760	4380	4380	4380	2920	2920	1460	8760
Kilowatts totales base anual	17,374	12,468	2,762	1,016	4,380	25,426	39,183	13,061	5,256	1,291	385	8,760
Costo de energia	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52	$18.52
Costo anual de la energia	$321,766	$230,915	$51,158	$18,819	$81,118	$470,888	$725,678	$241,893	$97,341	$23,903	$7,130	$162,235

Vida de la lampara (horas)	20000	20000	18000	20000	15000	15000	10000	10000	1000	10000	24000	1000
No de lamparas reeplazadas al año	350	140	22	12	4	45	42	14	54	26	3	50
Costo total de lamparas	$17,500.00	$12,600.00	$3,300.00	$600.00	$840.00	$9,450.00	$6,510.00	$2,170.00	$162.00	$494.00	$282.00	$480.00
Costo de mano de obra	$3,500	$1,400	$220	$120	$120	$1,350	$1,260	$420	$540	$260	$90	$500
Costo de mantenimiento	$21,000	$14,000	$3,520	$720	$960	$10,800	$7,770	$2,590	$702	$754	$372	$980

* Precios corrientes
* Fuente propia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

7.3 Evaluación económica propuesta 2.

INFORMACION DEL PROYECTO	
Analisis del periodo (años)	1
Costo de la energia electrica (KWh)	$18.28

ENTRADA DEL SISTEMA

Tipo de unidad	GDI 2X40	GDI 2X31	GDI 2X17	F-564P-13	PET 100HPS	PET 150HPS	PET 150HPS	PET 70HPS	EWL 232	LIGHTWATT	ARB-31	PET 70HPS	EVA 2155
Cantidad de luminarias	8	112	173	26	3	33	16	54	6	4	18	3	5
Costo por luminaria	$1,314.00	$1,116.00	$1,314.00	$749.00	$2,183.00	$2,285.00	$2,276.00	$2,150.00	$1,317.00	$1,087.00	$482.00	$2,150.00	$1,573.00
Costo total de luminarias	$10,512.00	$124,992.00	$227,322.00	$19,240.00	$6,549.00	$75,405.00	$36,416.00	$116,100.00	$7,902.00	$4,348.00	$8,676.00	$6,450.00	$7,865.00
Costo de instalacion luminaria	$200.00	$200.00	$200.00	$200.00	$250.00	$250.00	$250.00	$250.00	$200.00	$250.00	$200.00	$250.00	$200.00
Costo total de instalacion luminarias	$1,600.00	$22,400.00	$34,600.00	$5,200.00	$750.00	$8,250.00	$4,000.00	$13,500.00	$1,200.00	$1,000.00	$3,600.00	$750.00	$1,000.00
Cantidad de lamparas	16	224	346	26	3	33	16	54	12	4	18	3	5
Costo de lampara	$75.00	$45.00	$25.00	$19.00	$94.00	$94.00	$94.00	$94.00	$25.00	$210.00	$3.00	$94.00	$9.60
Costo total de lamparas	$1,200.00	$10,080.00	$8,650.00	$494.00	$282.00	$3,102.00	$1,504.00	$5,076.00	$300.00	$840.00	$54.00	$282.00	$48.00
Costo inicial del [redacted]	$13,312.00	$157,472.00	$270,572.00	$24,934.00	$7,581.00	$86,757.00	$41,920.00	$134,676.00	$9,402.00	$6,188.00	$12,330.00	$7,482.00	$8,913.00

Cantidad de luminarias	8	112	173	26	3	33	16	54	6	4	18	3	5
Kilowatts de cada luminaria	0.08	0.06	0.04	0.017	0.128	0.185	0.185	0.088	0.056	0.125	0.1	0.088	0.2
Carga total.	0.64	6.72	6.92	0.442	0.384	6.105	2.96	4.752	0.336	0.5	1.8	0.264	1
[redacted]													

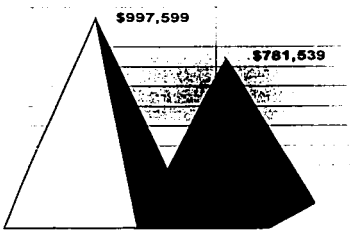
Horas de uso diario	8	8	8	8	12	12	12	12	8	24	8	4	24
Dias de uso anual	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365	365
Horas de uso base anual	2920	2920	2920	2920	4380	4380	4380	4380	2920	8760	2920	1460	8760
Kilowatts totales base anual	1.869	19.622	20.206	1.291	1.682	26.740	12.965	20.814	981	4.380	5.256	385	8.760
Costo de energia	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28	$18.28
Costo anual de la [redacted]	$34,162	$358,697	$369,373	$23,593	$30,745	$488,805	$236,997	$380,476	$17,935	$80,066	$96,080	$7,046	$160,133
[redacted]													

Vida de la lampara (horas)	18000	20000	20000	10000	24000	24000	24000	24000	20000	15000	1000	24000	1000
No de lamparas reeplazadas al año	16	224	346	26	3	33	16	54	12	4	54	3	50
Costo total de lamparas	$1,200.00	$10,080.00	$8,650.00	$494.00	$282.00	$3,102.00	$1,504.00	$5,076.00	$300.00	$840.00	$162.00	$282.00	$480.00
Costo de mano de obra	$160.00	$2,240.00	$3,460.00	$260.00	$90.00	$990.00	$480.00	$1,620.00	$120.00	$120.00	$540.00	$90.00	$500.00
Costo de mantenimiento	$1,360.00	$12,320.00	$12,110.00	$754.00	$372.00	$4,092.00	$1,984.00	$6,696.00	$420.00	$960.00	$702.00	$372.00	$980.00
[redacted]													
[redacted]													

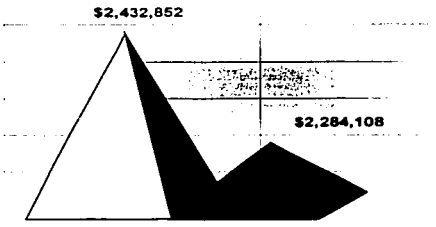
* Precios corrientes
* Fuente propia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Comparación del costo total inicial.



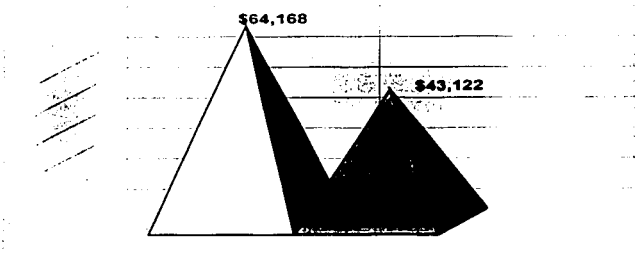
Comparación del costo de la energía



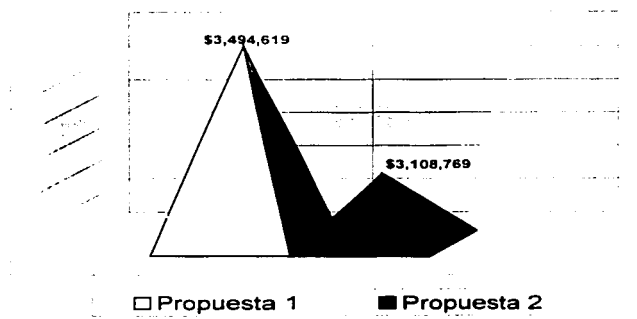
□ Propuesta 1 ■ Propuesta 2

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Comparación del costo de mantenimiento



Comparación del costo total del sistema



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Conclusiones de la evaluación económica.

Después de obtenidos los resultados mencionaremos que si bien es verdad que en la primera propuesta tenemos un 9% menos luminarias en comparación con la segunda propuesta , también es cierto que el costo de la primera es casi un 25% mas, lo que quiere decir, que las luminarias y las lámparas son mas caras, y si observamos la carga de ambos sistemas notaremos que es casi igual, por lo que en el costo de la energía tenemos solo una diferencia del 6%.

Ahora el costo del mantenimiento es casi un 33% mayor en la primera propuesta, pero si comparamos el costo total del sistema a 1 año como se hizo, notaremos que existe solo una diferencia de un 11% de costo. Y ¿todos estos resultados que nos dicen? Bueno, que si optamos por la primera opción inicialmente gastaríamos mas, el costo de mantenimiento seria alto y si mencionamos el día que tengan que cambiar luminarias, el costo seria bastante alto, aunque el costo de la energía es casi el mismo en la segunda propuesta no se tendría que hacer un gasto inicial muy alto y el mantenimiento seria menos costoso, además, cuando se cambien todas las luminarias no resultara caro a comparación de la primer propuesta.

Nos damos cuenta que el proyecto esta cumpliendo con los niveles de iluminación recomendados por la IES (Illuminating Engineering Society) para los diferentes tipos de áreas que se tienen, y en ambas propuestas los resultados son casi idénticos, existiendo solo una mínima diferencia de luxes, haciendo viable cualquiera de las dos propuestas.

Es importante recordar que en la primera propuesta, las luminarias utilizadas fueron seleccionadas por el cliente y en esta no podemos hacer recomendación, sin embargo, la segunda propuesta es una elección hecha a semejanza de la primera, con el objeto de no darle un giro muy drástico a lo que el cliente requirió; lo que se hizo fue hacer una elección de luminarias con características similares a las solicitadas por el cliente, pero en otras marcas un poco mas económicas , pero sin sacrificar calidad, de esta manera, el cliente puede tener la seguridad de que se le esta ofreciendo luminarias de muy buena calidad y la misma eficiencia.

Visto lo anterior llegamos a la conclusión de que la segunda propuesta es la mas viable para este caso.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CONCLUSIONES

Después de haber conocido la iluminación desde sus inicios, hasta sus aplicaciones, nos damos cuenta que esta área de la ingeniería es muy extensa y que no solo se limita a cubrir la necesidad de visión, sino que también podemos crear sensaciones en las personas; al conjugar colores, espacios, objetos y climas; es decir, cuando hacemos que todo el entorno entre en armonía con la iluminación llegamos a tener resultados favorables, como por ejemplo en la industria donde con una adecuada iluminación podremos hacer que los trabajadores den mejores resultados en la producción, y por que no mencionar un restaurante en donde nuestra iluminación tiene mucha influencia ya que si damos un ambiente cálido, los comensales pasaran mas tiempo en el lugar y los platillos serán mas atractivos a su vista, por esta razón la mayoría de los lugares de comida son de color naranja o colores cálidos.

Hoy en día nos damos cuenta que los fabricantes de luminarias, además de preocuparse por proporcionar las mejores características ópticas, también están enfocados a cuidar el lado estético, ya que el mercado así lo exige, sobre todo en el área de oficinas, donde la necesidad de crear un ambiente agradable es importante y no se diga en el área exterior donde lo que buscan la mayoría de los arquitectos es no romper con su estética de proyecto, es por tal razón, que podemos encontrar un sin numero de luminarias para cualquiera que fuese nuestra necesidad. Y no podemos dejar de mencionar a los fabricantes de lámparas los cuales debido al avance tecnológico cada día nos proporcionan mejores y variados tipos de lámparas que nos ayudan a mejorar los resultados con su alta eficiencia.

En nuestro corto camino por la iluminación hemos llegado a realizar proyectos que han sido fáciles y rápidos de solucionar, pero también nos hemos encontrado con situaciones en las que hay que entregar una pronta solución a un proyecto complejo, y es aquí donde entra la tecnología que algunos fabricantes han desarrollado " el software" , que nos apoya en el calculo de iluminación, no solo para proyectos sencillos, sino también para proyectos realmente complejos, en los que se pueden llegar a tener estructuras especiales; estamos seguros que el calculo se podría realizar a mano, ¿pero que pasa cuando el cliente requiere de rapidez?, es aquí donde esta brillante y bien afinada herramienta llega a nosotros; porque además de ayudarnos a realizar los cálculos rápidamente, también podemos tener la seguridad de que los resultados que se obtengan serán un 99.9% confiables y con la ventaja de que, no solo damos una solución al problema, sino que podemos proporcionar mas de 2 posibles respuestas; es así, como este proyecto encontró sus ventajas en las herramientas de calculo.

Hemos visto una gran parte de lo que significa iluminación, pero estamos seguros que existe mas información al respecto, que por alguna razón en este trabajo no fue incluida, pero lo aquí presentado se realizo con el objetivo de poder apoyar al lector principiante que desee conocer esta área, además de compartir nuestro pocos o muchos conocimientos : esperando que le sea de gran ayuda y pueda interesarlo a conocer mas sobre el tema.

Por lo que a este estudio respecta se ha llegado al final y lo único que podemos concluir es que, el campo de la iluminación tiene sus límites hasta donde tu los pongas

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Glosario de terminología.

Absorción. Es la particularidad que tienen los materiales de transformar parcial o totalmente la energía luminosa que incide sobre ellos en forma de energía.

Alabastro. Piedra caliza de color blanco amarillento translúciente que toma un hermosos pulido realzado por las vetas.

Amianto. Silicato hidratado de calcio y magnesio en forma de fibras textiles, el amianto presenta el aspecto de haces de fibras blancas y brillantes. Se da el nombre de asbesto al que los tiene grisáceos o verdosas en razón de la presencia de impurezas tales como aluminio u oxido de hierro.

Ángstrom. Unidad de longitud de onda equivalente a $1x10^{-10}$.

Balastro. Dispositivo electromagnético y/o electrónico que controla las características eléctricas de encendido y operación de las lámparas de descarga necesarias para su correcto funcionamiento. Suministra el voltaje, regula la corriente y proporciona el calentamiento continuo a los electrodos.

Colorimetría. Medida de la intensidad de la coloración de las superficies difusoras, los líquidos y los cristales coloreados.

Corpúsculo. Cuerpo muy pequeño: el rayo de la luz que entra en una habitación obscura revela la existencia de milladas de corpúsculos en el aire.

Claraboya. Parte vidriada d un suelo, que permite iluminar la planta inferior. Abertura vidriada de una cubierta que sigue la pendiente del tejado o sobresale ligeramente del mismo.

Candela. Es la unidad fundamental internacional de la iluminación. Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada de una fuente luminosa que emite radiación monocromática ($540x10^{12}$ hz. = 555 nanómetros) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 watts/steradian.

La candela es la cantidad física básica internacional de todas las unidades de luz su valor esta determinado por la intensidad emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro trabajando a 1700°K. Una vela corriente de cera emite aproximadamente una candela en dirección horizontal.

Cavidad de techo. La cavidad formada por el techo, el plano de la luminaria y las superficies de las paredes entre estos dos planos.

Cavidad de cuarto. Cavidad formada por el plano de la luminaria, el plano de trabajo y las paredes entre estos dos planos.

Cavidad de piso. Cavidad formada por el plano de trabajo, el piso y las paredes entre estos dos planos.

Componente indirecta. Porción de flujo luminoso que llega al plano de trabajo después de ser reflejado por las superficies del cuarto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Coeficiente de utilización. Relación entre el flujo luminoso de una luminaria recibido sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por la lámpara de la luminaria solo.
El coeficiente de utilización esta en función de los acabados del cuarto, tonos y colores del mismo, así como en función de la forma del cuarto. Para cuartos estrechos y altos, el CU será bajo. Para cuartos con acabados oscuros, también el CU será bajo, ya que habrá demasiada absorción de luz por techo y paredes.

Coeficiente de utilización del haz. Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) que cae sobre un área especifica directamente de un reflector o proyector y el flujo luminoso total (en lúmenes).

Curvas iso-foot-candle o iso-pie-candela. Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación en pie-candela sobre un plano de trabajo.

Dicroismo. Propiedad de los cuerpos cuya coloración cambia según el ángulo con que son observador. El dicroismo es un fenómeno propio de los medios birrefringentes en los cuales un rayo incidente se desdobla en dos haces que siguen caminos deferentes.

Difusor. Dispositivo que sirve para modificar la distribución espacial del flujo luminoso radiante y que depende esencialmente del fenómeno de la difusión.

Espectroscopio. Instrumento para producir y observar los espectros de la luz.

Eficacia luminosa de una lámpara. Relación del flujo luminoso total emitido en lúmenes por la lámpara entre la potencia eléctrica consumida por la misma, su unidad esta dada en lúmenes / watt.

Eficacia de una luminaria. Relación del flujo luminoso emitido por la luminaria con aquel que produce la lámpara desnuda usada en su interior.

Factor de balastro. Relación del flujo luminoso emitido por una lámpara, la cual es operada por un balastro convencional entre el flujo luminoso emitido por la misma lámpara cuando esta es operada por un balastro patrón.

Factor de depreciación de los lúmenes de la lámpara. Relación de los lúmenes emitidos por la lámpara al 70% de su vida entre los lúmenes iniciales de esta misma.

Factor de perdida de luz (factor de mantenimiento). Factor utilizado en el calculo de iluminación después de un periodo dado de tiempo bajo condiciones dadas de tiempo en el se toma en cuenta las variaciones de temperatura y tensión, acumulación de suciedad en las superficies del cuarto y de la luminaria, depreciación de la lámpara, procedimientos de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

Footcandle. Unidad de nivel de iluminación en el sistema ingles que corresponde a un flujo luminoso de un lumen que incide sobre una superficie de un pie cuadrado a una distancia de un pie. Sus unidades son lm/ft2.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuente luminosa. Es toda materia, objeto o dispositivo en que parte de la energía radiante cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético.

Fluorescencia. Propiedad de los cuerpos que al ser expuestos a los rayos ultravioleta o a la luz invisible, transforman estas radiaciones y emiten la luz de longitud de onda mayor que la de los rayos incidentes.

Fosforescencia. Propiedad de los cuerpos que después de haber sido bañados en la luz o de haber sido excitados por otras radiaciones, resplandecen en la oscuridad durante un tiempo por mas o menos prolongado.

Iluminación de emergencia. Iluminación diseñada para proporcionar iluminación para seguridad y salvaguardar en caso de falla de suministro normal de energía.

Iluminación general. Iluminación diseñada para proporcionar un nivel de iluminación sustancialmente uniforme sobre una superficie.

Índice de rendimiento de color.

Se dice que una lámpara tiene un alto índice de rendimiento en color o una buena reproducción cromática cuando reproduce lo mas fielmente cada uno de los colores antes mencionados.

Irisaciones. Propiedad de las sustancias que al reflejar la luz, la descomponen en los colores del arcoiris. Reflejos de dichas sustancias en forma de franjas que reproducen los colores del arco iris .

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

Lente. Elemento de vidrio o plástico usado en las luminarias para cambiar la dirección y controlar la distribución de los rayos luminosos.

Louver. Serie de elementos opacos o translucidos para ocultar una fuente luminosa de la visión a ciertos ángulos o para absorber la luz indeseable. Estos elementos opacos o translucidos generalmente son arreglados en forma geométrica.

Lumen (lm). Unidad de flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido por una fuente puntual con una intensidad uniforme de una candela.

Luminaria a prueba de explosión. Luminaria completamente cerrado y capaz de resistir una explosión de un gas especifico o vapor dentro de el y prevenir la ignición o vapores alrededor de este.

Luminaria. Aparato eléctrico que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o mas lámparas.

Lux. Unidad de nivel de iluminación en el sistema métrico decimal y que corresponde a un flujo luminosos de un lumen que incide sobre una superficie de un metro cuadrado a una distancia de un metro.

Nanómetro. Unidad de longitud de onda igual a 1 x 10-9 mts.

Nit. Unidad de brillantez (luminancia) igual a una candela sobre metro cuadrado (sistema internacional).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Nivel luminoso o iluminancia. Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide el luxes o foot-candles.

Temperatura de color. Este termino es algunas veces utilizado para describir el color de una fuente luminosa por comparación con el cuerpo negro. El cuerpo negro es teóricamente un radiador completo capaz de absorber todas las radiaciones que incidan sobre el, y en cambio es capaz de irradiar la máxima cantidad de energía en todas las partes del espectro.

La luz de una lámpara fluorescente de color blanco cálido es similar al color que emite el cuerpo negro cuando esta a la temperatura de 3500 °K. Entonces se dice que esta lámpara tiene una temperatura de color de 3500 °K.
La temperatura de color no mide la temperatura de los objetos sino que es la temperatura que tiene el cuerpo negro al compararse con las fuentes luminosas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APENDICE I

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

* Fuente : Principios de iluminación y niveles de iluminación en México.

APÉNDICE 1

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
I. EDIFICIOS INDUSTRIALES		
ACERO (Véase Hierro y Acero)		
ACUMULADORES MANUFACTURA DE		
Moldeado celdas	500	300
ARCILLA Y CEMENTOS PRODUCTOS DE		
Molienda, prensa, filtrado, hornos de secado, vaciado y devastado	300	200
Esmaltado, pintura y vidriado (Trabajo burdo)	1000	600
Pintura y vidriado (Trabajo fino)	3000a	1700a
AUTOMOVILES, MANUFACTURA DE		
Ensamblado bastidor	500	300
Ensamblado Chasis	1000	600
Ensambles final e inspección	2000a	1100a
Manufactura carrocería:		
Ensamblado	1000	600
Partes	700	400
Acabado e inspección	2000a	1100a
AVIONES MANUFACTURA DE		
Partes:		
Producción	1000	600
Inspección	2000a	1100a
Acabado de piezas		
Taladrado, remachado y apretado de tornillos	700	400
CUARTO PINTURA	1000 m	600
Trazado sobre aluminio, formado partes pequeñas de fuselaje y alas	1000	600
Soldadura:		
Iluminación general:	500	300
ILUMINACION LOCALIZADA	10000	6000
Subensamblado:		
Tren de aterrizaje, fuselaje, secciones, alas y otras partes grandes	1000	600
ENSAMBLADO FINAL		
Colocación de motores, hélices, secciones alas y tren de aterrizaje	1000	600
Inspección de la nave ensamblada y su equipo	1000	600
Reparación con máquinas herramientas	1000	600
ASERRADEROS		
Clasificación de la madera	2000	1700
AZUCAR, REFINERIAS DE		
Clasificación	500	300
Inspección color	2000	1100
CAJAS DE CARTON, MANUFACTURA		
Area general de manufactura	500	300
CARBON, VERTEDORES DE		
Quebradoras, cernidos y limpiado	100	60
Selección	3000a	1700a
CARPINTERIAS		
Trabajo burdo de banco y sierra	300	200
Encolado, cepillado, lijado, trabajo de mediana calidad, en máquinas y banco	500	300
Trabajo fino de máquina y banco, lijado y acabado fino	1000	600
CERVECERAS, INDUSTRIAS		
Elaboración y lavado de barriles	300	200
Llenado (de botellas, lata, barriles)	500	300
CUARTOS DE CONTROL (Véase Plan; las Generadoras)		
DULCES INDUSTRIAS		
Departamento de Chocolate		
Descascarado, selección, extracción, de aceite, quebrado y refinación, alimentación	500	300
Limpieza de grano, selección inmersión, empacado y envoltura	500	300
Molienda	1000	600
Elaboración de crema:		
Mezclado, cocción y moldeado	500	300
Pastillas de goma y jaleas	300	
Decoración a mano	1000	600
Caramelos:		
Mezclado, cocción y moldeado	500	300
Corte y selección,	1000	600
Elaboración de pesos y envoltura	1000	600
EMPACADORAS DE CARNE		
Matadero (Rastro)	300	200
Limpiado, destazado, cocido, mollendas, enlatado y empacado	1000	600
ENCUADERNACION		
Doblado, ensamblado, empasta, cortado, punzonado y cocido	700	400
Grabado en realce e inspección	2000a	1100a
ENLATADORAS DE CONSERVAS		
Clasificación inicial:		
Jitomates	1000	600
Otras muestras	500	300
Clasificación por color (cuartos de control)	2000a	1100a
Preparación.		
Selección preliminar:		
Chabacanes y duraznos	800	300
Jitomates	1000	600
Aceitunas	1500	900
Cortado y picado	1000	600
Selección final	1000	600
Enlatado:		
Enlatado en bandas sin fin	1000	600
Enlatado estacionario	1000	600
Empacado a mano	500	300
Aceitunas	1000	600
Inspección de muestras enlatadas	2000a	1100a
Manejo de envases:		
Inspección	2000a	1100a
Etiquetado y empacado	300	200
ENSAMBLADO		
Tosco, fácil de ver	300	200
Tosco, difícil de ver	500	300
Medio	1000	600
Fino	5000	3000
Extrafino	10000	6000
ENSAYOS O PRUEBAS		
General	500	300
Instrumentos, extrafinos, escalas, etc.	2000a	1000
EQUIPO ELECTRICO, MANUFACTURA:		
Impregnado	500	300
Aislado, embobinado	1000	600
Pruebas	1000	600
EXTRUCTURAS DE ACERO, MANUFACTURA DE	500	300
EXPLOSIVOS, MANUFACTURA DE	300	200
FORJADO, TALLERES DE		
FUNDICIONES		
Templado (Hornos)	300	200
Limpiado	300	200
Hechura de corazones:		
Finos	1000	600
Medianos	500	300
Inspección:		
Fina	5000a	3000a

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 1	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
Mediana	1000	600
Moldeo:		
Mediano	1000	600
Grande	500	300
Colado	500	300
Selección	500	300
Cubilote	200	100
Desmolde	300	200
GALVANOPLASTIA	300	300
GARAGES AUTOMOVILES Y CAMIONES		
Taller de Servicio:		
Reparaciones	1000	600
Areas activas de tráfico	200	100
Garages para estacionamiento:		
Entrada	500	300
Espacio para circulación	100	100
Espacio para estacionamiento	50	50
GRANJAS		
Establo y Gallinero	100	100
GRABADO (CERA)	2000a	1100a
GUANTES, MANUFACTURA DE		
Planchado y cortado	3000a	2000a
Tejido y clasificado	1000	600
Cosido e Inspección	5000a	3000a
HANGARES		
Servicio de reparación únicamente	1000	600
HIELO, FABRICA DE		
Cuarto de compresores y máquina	200	100
HIERRO Y ACERO MANUFACTURA DE		
Hornos de hogar abierto:		
Patio de almacenaje	100	60
Piso de carga	200	100
Resbaladera de vaciado:		
Fosos de escoria	200	100
Plataformas de control	300	200
Patio de moldes	50	30
Colado	300	200
Almacenamiento de coladas	100	60
Bodega pesado	100	60
Reparaciones	300	200
Patio de desmolde	200	100
Patio de Chatarra	100	60
Edificio de mezcla	300	200
Edificio de calcinación	100	60
Bola rompedora	100	60
Molinos de laminación de:		
Lingote, planchas, soleras y laminas en caliente	300	200
Laminación en frío en placas	300	200
Tubo, varilla y alambrón	500	300
Fierro estructural y planchas	300	200
Molinos de laminación de hojalata:		
Estañado y galvanizado	500	300
Laminación en frío	500	300
Cuarto de motores y maquinas	300	200
Inspección		
Rebabeo de lámina negra, lingotes y billetes	1000	600
Hojalata y otras superficies brillantes	1000f	600f
HULE, PRODUCTO DE		
Preparación de la materia prima:		
Plastificación, molienda Banbury	300	200
Prensado en calandria	500	300
Preparación de las telas:		
Cortado y tubos flexibles	500	300
Productos por extrusión	500	300
Productos moldeados y vulcanización	500	300

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
Inspección	2000a	100a
JABONES, MANUFACTURA DE		
Paila, corte, escamas de jabón y detergentes en polvo	300	200
Troquelado, envoltura y empaque, llenado y detergentes en polvo	300	200
LACTEOS Y PRODUCTOS		
Industria liquida:		
Cuarto marmitas y almacén botellas	300	200
Botellas	500	300
Lavadores botellas	f	f
Lavadores latas	300	200
Equipos de refrigeración	300	200
Llenado:		
Inspección	1000	600
Manómetros y tableros de medidores (sobre carátulas)	500	300
Laboratorios	1000	600
Pasteurizadores	300	200
Separadores y cuartos refrigerados	300	200
Tanques y cubas	500	300
Termómetro (sobre carátula)	500	300
Cuarto para pesar(iluminación gral.)	300	200
Básculas	700	400
LAMINA DE FIERRO Y ACERO, TRABAJOS EN:		
Prensas, guillotinas, troqueladoras trabajo mediano de banco	500	300
Punzadoras y rechazado	500	300
Trazado	2000	1100
LAVADO Y PLANCHADO, INDUSTRIAS DE		
Checado y selección	500	300
Lavado en seco, húmedo y vaporizado	500	300
Inspección y desmanchado	5000a	3000a
Composturas y modificaciones	2000a	1100a
planchado	1500	900
LAVANDERIAS		
Lavado	300	200
Planchados de blancos, pesado, hacer listas, marcado	500	300
Planchado a máquina y selección	700	400
Planchado fino a mano	1000	600
LLANTAS DE HULE Y CAMARAS:		
MANUFACTURA DE:		
Preparación materia prima:		
Plasticación, molienda banbuy	300	200
Prensado en calandria	500	300
Preparación de la tela:		
Cortado y construcción de cejas	500	300
Máquinas para las cámaras y recubierto	500	300
Construcción de llantas:		
Llantas sólidas	300	200
Llantas neumáticas	500	300
Departamento de Vulcanización:		
Cámaras y llantas	700	400
Inspección final	2000a	1100a
Envoltura	500	300
MOLINO DE HARINA		
Rodillos, cernidores, purificadores	500	300
Enpacado	300	200
Control de producción	1000	600
Limpiado, cargadores, andenes, tolvas	300	200
PAN INDUSTRIAS DE		
Cuarto de fermentado	300	200
Formado:		
Pan blanco	300	200
Pastelillos y pan de dulce	500	300
Cuartos de hornos	300	200
Relleno y otros ingredientes	500	300
Decorado:		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 1

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
Mecánico	500	300
Manual	1000	500
Básculas y termómetros	500	300
Envolturas	300	200
PAPEL MANUFACTURA DE		
Bastidores, molines, calandras	300	200
Acabado, cortado, recorte y máquinas para hacer el Papel	500	300
Contado a mano lado humedo de la máquina de papel	700	400
Carrete máquina de papel inspección y laboratorio	1000	600
Enrollado	1500	900
PIEL MANUFACTURA DE (TENERIAS)		
Limpiado, curtido y estirado, pailas	300	200
Cortado descarnado y secado	500	300
Acabado	1000	600
PIEL TRABAJO SOBRE		
Planchado, trenzado y barnizado	2000	1100
Clasificación, igualado, cortado y cosido	3000	1700
PIEDRA, TRITURADO Y CERNIDO DE		
Transportadores de bandas espacios de descargo de tiro, cuarto de tolvas interior de los depósitos	100	60
Cuarto de quebradoras primarias auxiliares debajo de los depósito	100	60
Cernidores	200	100
PINTURA, MANUFACTURA DE		
Iluminación general	300	200
Comparación de las mezclas con la muestras o patrones	2000j	1100j
PINTURAS TALLERES DE		
Pinturas por inmersión o baño con pistola de aire, esmalte o fuego	500	600
Pulido, pintura ordinaria a mano y decorado, rociado especial y con plantilla	500	300
Acabado de pinturas a mano:		
Trabajo abajo fino	1000	600
Trabajo extra-fino (carrocerías, pianos)	3000a	1700a
PLANTAS GENERADORES		
Equipo de acondicionamiento de aire, precalentadores y piso de ventiladores, exclusaje de cenizas	100	60
Auxiliares, sala de acumuladores, bombas alimentadoras de calderas, tanques, compresores y área de manómetros	200	100
Plataformas calderas	100	60
Plataformas quemador	200	100
Cuarto de cables, nave de bombas o circuladores	100	60
Transportador carbón, quebradores, alimentadores, básculas, pulverizador, área de ventiladores, torre de transbordo	100	60
Condensador, piso de areadores, piso evaporador y piso calentadores	100	60
Cuartos de control:		
Superficie vertical de los tableros "Simplex" o sección de "Duplex" viendo hacia el operador:		
Tipo A - Cuarto de control largo, 170 cm. Sobre el piso	500	300
Tipo B.- Control de cuarto ordinario, 170 cm. sobre el piso	300	200
Sección de "Duplex" viendose desde cualquier ángulo	300	200
Pupitre de distribución (nivel horizontal)	500	300
Areas dentro de los tableros "Duplex"	100	60
Parte posterior de cualquiera de los tableros (vertical)	100	60
Alumbrado de emergencia en cualquier área Tableros despachadores.	30	20
Plano horizontal (nivel de la mesa)	500	300
Superficie vertical del tablero (1.25 M. Sobre el piso viendo hacia el operador):		
Cuarto despachador sistema de carga	500	300
Cuarto despachador secundario	300	200
Area para tanques de hidrógeno y bióxido de carbono	200	100
Laboratorio química	500	300
Precipitadores	100	60
Casa de cribas	200	100
Plataforma, sopladores de hollín o escoria	100	60
Cabezales para vapor y válvulas	100	60
Cuarto de interruptores de potencia	200	100
Cuarto para equipo telefónico	200	100
Túneles o galerías para tuberia	100	60
Subsotano (parte inferior turbina)	200	100
Cuarto de turbinas	300	200
Area para tratamiento de agua	200	100
Plataforma para visitantes	200	100
PULIDORAS Y BRUÑIDORAS QUIMICA, INDUSTRIA		
Hornos manuales, tanques de harvido, secadoras estacionarias, cristalizadores por gravedad y estacionarios .	300	200
Hornos mecánicos, generadores y destiladores, secaros mecánicos, evaporadores, filtrado, cristalizadores mecánicos y decolorado	300	200
Tanques para cocción, extractores, coladores, nitradoras y celdas electrolíticas	300	200
SOMBREROS, MANUFACTURA DE		
Teñido, tensado, galoneado, limpiado y refinado	1000	600
Formado, calibrado, realzado, terminado y planchado	2000a	1100a
Cosido	5000a	3000a
SOLDADURA		
Iluminación general	500	300
Soldadura Manual de precisión con arco	10000a	6000a
TABACO, PRODUCTOS DE		
Secado, desmenoramiento (iluminación general) ,	300	200
Clasificación y selección	2000a	1100a
TALLERES MECANICOS		
Trabajo burdo de maquinaria y banco	500	300
Trabajo mediano de maquinaria y banco, m máquinas automáticas ordinarias, esmerilado burdo, y pulido mediano	100	600
Trabajo fino de maquinaria y banco, máquinas automáticas finas, esmerilado mediano, y pulido fino	6000a	3000a
Trabajo extra-fino de maquinaria y esmerilado	10000a	6000a
TALLERES TEXTILES, ALGODON		
Abridores, mezcladoras, batientes	300	200
Cardas y estiradoras	500	300
Pabilidoras, veloces, tróciles y cañoneros	500	300
Enrolladoras y Engomadores:		
telas crudas	500	300
Mezclillas	1500	900
Inspección:		
Telas crudas (volteadas a mano)	1000	600
Atado automático 500a 900a Telares	1000	600
Repaso y atado a mano	2000a	1100
TALLERES TEXTILES LANA Y ESTAMBRE		
Abridores, mezcladoras y batientes	300	200
Clasificación	1000a	600a
calado, peinado y repeinado	500	30
Estirado:		
Hilo blanco	500	300
Hilo de color	1000	600
Tróciles :		
Hilo blanco	500	300

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 1

	LUXES I.E.S 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
Hilo de color	1000	600
Tricíles	500	300
Devanado:		
Hilo blanco	300	200
Hilo de color	500	300
Urdidores:		
Hilo blanco	500	300
Hilo blanco (en el peine)	1000	600
Hilo de color	1000	600
Hilo de color (en el peine.)	3000a	1700a
Tejido		
Telas blancas	1000	600
Telas de color	2000	1100
Cuarto de telas ciudas:		
Quitar nudos de la tela	1500a	900a
Cosido	3000a	1700a
Doblado	700	400
Acabado humedo	500	300
Teñido	1000a	600
Acabado en seco:		
Despelusado, acondicionamiento y planchado	700	600
Cortado	1000	600
Inspección	2000a	1100a
Doblado	700	400
TALLERES TEXTILES SEDA Y SINTETICOS.		
Manufactura		
Remojado, teñido fugaz y preparación de torcidos	300	200
Devanado, torcido, redevanado y conteras, torcido de fantasía, engomado:		
Hilo claro	500	300
Hilo obscuro	2000	1100
Urdidores (Sedal		
Entrenude, finales de carrera, devanadora, tanzadera y plegadora	1000	600
Repaso en lisos y en el peine	2000a	1100a
Tejido	1000	600
TAPICERIA DE AUTOMOVILES, MUEBLES, ETC	1000	600
TELA, PRODUCTOS DE		
Inspección tela	20000a	10000a
Cortado	3000a	2000a
Costura	5000	300a
Planchado	3000a	2000a
TIPOGRAFICAS, INDUSTRIAS		
Fundición de tipo		
Manufactura matrices, acabado de tipos	1000	600
Preparación de tipos, elección	500	300
Fundición	500	300
Impresión:		
Inspección de colores	2000a	1100a
Linotipos y cepillos	1000	600
Prensas	700	400
Mesa de formación	1500	900
Corrección de pruebas	1500	900
Electrotipia		
Moldeado, rautsado, acabado, nivelado, moldes y recortado	1000	600
Galvanoplastia	500	300
Fotograbado		
Grabado al ácido y montado	500	300
Rautsado, acabado, pruebas, entintado	1000	600
VIDRIO, FABRICAS DE		
Cuarto de Hornos y mezclador, prensado, maquinas sopladores y templado	300	200
Esmerilado, cortado y plateado	500	300
Esmerilado fino, biselado, pulido	1000	600
Inspección, grabado y decoración	2000a	1100a
ZAPATOS DE HULE, MANUFACTURA DE		
Lavado, recubrimiento, molinos de ingredientes	300	200
Barnizado, vulcanizado, calandras, cortado		
parte superior y suelas	500	300
Rodillos de suelas, procesos de hechura y acabado	1000	600
ZAPATOS DE PIEL, MANUFACTURA DE		
Cortado y costura:		
Tablas de cortado	3000a	1700a
Mercado, ojalado, adelgazado, selección, remendado y contadores	3000a	1700a
Cosido:		
Materiales claros	500	300
Materiales obscuros	3000a	2000a
Hechura y acabado	2000	1100

2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS

AUDITORIOS		
Para exhibiciones	300	200
Para asambleas	150	100
Para actividades sociales	50	50
BANCOS		
Vestíbulo (iluminación general)	500	300
Pagadores, contadores y recibidores	1500	900
Gerencia y Correspondencia	1500	900
BIBLIOTECAS		
Sala de lectura	700	400
Anaqueles	300	200
Reparación de libros	500	300
Archiveros y catalogar	700	400
Mesa checadora de salidas y entradas de libros.	700	400
CENTRAL DE BOMBEROS (Véase Edificios Municipales)		
CLUBES		
Salas de descanso y de lectura	300	200
CORREOS		
Vestíbulos, sala mesas	300	200
Correspondencia, selección, etc.	1000	600
CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES)		
Areas de asientos (público)	300	200
Areas de actividades propias de la corte	700	400
EDIFICIOS MUNICIPALES, BOMBEROS Y POLICIA		
Policía:		
Archivos de identificación	1500	900
Celdas y cuartos para interrogatorios	300	200
Bomberos:		
Dormitorios	200	100
Sala recreativa	300	200
Garage carros bomba	300	200
ESCUELAS		
Salones de clase	700	400
Salones de dibujo (sobre restirador)	1000a	600a
Lectura de movimientos de labios (sordo-mudos), pizarrones, costura	1500a	900a
GALERIAS DE ARTE		
Iluminación general:	300	200
Sobre pinturas (localizado)	300	200b
Sobre estatuas y otras exhibiciones	1000c	600c
IGLESIAS		
Altar, retablos	1000a	600a
Coro (D) y presbiterio	300a	200a
Púlpito (iluminación adicional)	500a	300a
Nave principal de la iglesia (iluminación general)	150a	100a
Ventanales amplomados:		
Color blanco	500	300
Color mediano	1000	600
Color obscuro	5000	3000
Ventanal muy denso	10000	6000
MERCADOS		

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 1

	LUXES I.E.S. 99%	LUXES S.M.I.I. 95%
Bodegas y cuartos de almacenamiento		
Activos	200	100
Inactivos	50	50
Carnicerías, Barbacoa, Pescaderías	500	300
Cocinas (Áreas de trabajo)	500	300
Comedores	300	200
Cuartos de máquinas	300	200
Ferreterías y Accesorios eléctricos	500	300
Lavadoras para verduras y varios	500	300
Mercerías, vestidos y zapaterías	500	300
Muebles y artículos para el hogar	500	300
Papelerías, libros y juguetes	500	300
Plataformas de descarga	200	100
Sanitarios y baños	100	100
Verduras, frutas, flores y plantas	500	300
MUSEOS (Véase Galerías de Arte)		
OFICINAS		
Proyectos y diseños	2000	1100
Contabilidad, auditoría, máquinas de contabilidad	1500	900
Trabajos ordinarios de oficina selección de correspondencia, archivado activo o continuo y	1000	600
Archivado intermitente o descontinuado	700	400
Sala de conferencias, entrevistas, salas de reposo, archivos de poco uso o esas las áreas en las cuales no se exige la fijación de la vista en forma prolongada	300	200
PELUQUERIAS Y SALONES DE BELLEZA	1000	600
TEATROS Y CINES		
Sala de espectáculos:		
Durante intermedios	50	50
Durante exhibición	1	1
Vestíbulo	200	100
Sala de descanso (foyer)	50	30
TERMINALES Y ESTACIONES		
Salas de espera	300	200
Oficina de boletos	1000	600
Oficina de checar equipaje	500	300
Vestíbulo	100	60
Andenes y Plataformas	200	100

3. HOSPITALES

Sala de preparación y anestesia	300	200
Autopsia y Anfiteatro		
Mesa de autopsia	25000	14000
Sala de autopsia (iluminación general)	1000	600
Anfiteatro (iluminación gral.)	200	100
Central de instrumentos esterilizados:		
Iluminación general	300	200
Afilado agujas	1500	900
Sala de Cistoscópica		
Iluminación general	1000	600
Mesa cistoscópica	25000	14000
Sala dental		
Cuarto de espera	300	200
Cirugía dental (iluminación gral).	700	400
Silla dental	10000	6000
Laboratorio (banco de trabajo)	1000	600
sala de recuperación	50	30
Sala de electroencefalogramas:		
Oficina	1000	600
Cuarto de trabajo	300	200
Sala de espera	300	200
Sala de emergencia:		
Iluminación general	1000	60
Iluminación localizada	20000	9000
Sala de electrocardiograma, de metabolismo y de muestras.		
Iluminación general	200	100
Mesa de muestras	500	300
Sala de reconocimiento y tratamiento:		
Iluminación general	500	300
Mesas de reconocimiento	1000	600
Sala para ojos, oídos, nariz y garganta :		
Cuarto obscuro	100	60
Cuarto de reconocimiento y tratamiento	500	300
Sala de fracturas		
Iluminación Gral.	500	300
mesa de fracturas	2000	1100
Laboratorio:		
Cuartos de ensaye	300	200
Mesas de trabajo	500	300
Trabajos más precisos	1000	600
Vestíbulo	300	200
Salas de reposo	300	200
Cuartos para archivar historias clínicas	1000	600
Sala de Rayos X :		
Radiografía y Fluoroscopía	100	60
Terapia superficial y profunda	100	60
Cuarto obscuro	100	60
Sala para ver placas	300	200
Archivos, revelado	300	200
Closet de blancos	100	60
Guardería infantil:		
Iluminación general	100	60
Mesa de reconocimiento	700	400
Cuarto de juego, pediátrico	300	200
Obstetricia:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	300	200
Sala de preparación	200	100
Sala de partos (iluminación gral.)	1000	600
Mesa para partos	25000	14000
Farmacia:		
Iluminación general	300	200
Mesa de trabajo	1000	600
Almacén activo	300	200
Cuartos privados y salas comunes:		
Iluminación general	100	60
Iluminación localizada (lectura)	300	200
Area para desequilibrados mentales	100	60
Tratamiento con isótopos radioactivos:		
Laboratorio radioquímico	300	200
Mesa de reconocimiento	500	300
Cirugía:		
Cuarto de limpieza (instrumentos)	1000	600
Sala de operaciones, iluminación general	1000	600
Lavabo de cirujano	300	200
Mesa de operaciones	25000	14000
Sala de restablecimiento	300	200
Terapia:		
Física	200	100
Ocupacional	300	200
Salas de espera	300	200
Cuarto utilería	200	100
Puesto de enfermeras:		
Iluminación general	200	100
Escritorio	500	300
Mostrador para medicinas	1000	600

4. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS Y RESIDECIAS

AUTOMOVILES, SALAS DE EXHIBICION		
(Véase tiendas)		
CASAS (Véase residencias)		
Alumbrado nocturno:		
Zonas comerciales principales:		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
Zonas comerciales secundarias:		
General	2000	1100
Atracciones principales	10000	6000
COCINAS (Véase restaurantes o residencias)		
ESCAPARATES (o		
Alumbrado diurno:		
General	1000	600
Atracciones principales	5000	3000
GASOLINERAS:		
Areas de Servicio	300	200
Cuarto de ventas	500	300
Estantes	1000	600
HOTELES		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 1

	LUXES I.E.S. 85%	LUXES S.M.I.I. 95%
Recámaras:		
Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	300n	200n
Administración	500	300
Vestíbulo:		
Areas de trabajo y lectura	300	200
Iluminación general	100	200
Marquesina	500	300
JOYERIA Y RELOJES, MANUFACTURA DE	5000a	3000a
RESIDENCIAS		
Tareas visuales específicas (1):		
Juegos de mesa	300	200
Cocina (sobre fregadero u otra superficie de trabajo)	500	300
Lavadero, mesa de planchado	600	300
Cuarto de estudio (sobre escritorio)	700	400
Costura	1000	600
Iluminación general:		
Entradas, halls, escaleras y descanso de escaleras	100m	60m
Salas, comedores, recámaras, cuartos de estudio, bibliotecs y cuartos de recreo o juego	100m	60m
Cocina, lavandería, cuarto de baño	300	200
RESTAURANTES Y CAFETERIAS		
Area de comedor		
Cajera	500	300
Del tipo íntimo:		
Con ambiente ligero	100	60
Con ambiente acogedor	30	30
Del tipo ordinario:		
Con ambiente ligero	300	200
Con ambiente acogedor	150	100
Del tipo servicio rápido:		
Cocina:		
Inspección, etiquetado y precio	700	400
Otras áreas	300	200
SALONES DE BAILES	50	30
TIENDAS (o)		
Areas de circulación	300	200
Areas de mercancías:		
Con servicio de vendedores	1000	600
Autoservicio	2000	1100
Mostradores y vitrinas en muro:		
Con servicio de vendedoras	2000	1100
Autoservicio	5000	3000
Atracciones principales:		
Con servicio de vendedoras	5000	3000
Autoservicio	10000	6000
5. AREAS COMUNES		
BODEGAS O CUARTOS DE ALMACENAMIENTO		
Inactivas	50	30
Activas:		
Piezas toscas	100	60
Piezas medianas	200	100
Piezas finas	500	300
ELEVADORES DE CARGA Y PASAJERO	200	100
ESCALERAS	200	100
PASILLOS Y CORREDORES	200	100
BAÑOS Y TOCADORES		
Iluminación general	100	60
Espejo	300g	200g

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
6. ALUMBRADO EXTERIOR	
ALUMBRADO DE PROTECCION	
Alrededores de áreas activas de embarque	50
Alrededores de edificios	10
Area de almacenamiento activas	200
Areas de almacenamiento inactivas	10
Entradas:	
Activas (peatones y/o transportes)	50
Inactivas (normalmente cerradas, no usadas con frecuencia)	10
Límites de propiedad:	
Deslumbramiento por medio de la técnica de protección (Reflectores de dentro hacia afuera)	1.5
Técnica de iluminación general	2
Iluminación general áreas inactivas	2
Plataformas de carga y descarga	200
Ubicaciones y estructuras de importancia	50
ASTILLEROS	
Iluminación general	50
Caminos, sendas	100
Areas de construcción	300
BANDERAS, ILUMINACION CON PROYECTORES (Véase Tableros para boletines y Carteles)	
CALLES	q
CAMINOS	q
CANTERAS	50
CARBONO PATIOS PARA (de protección)	2
CARRETERAS	q
DRAGADO	20
EDIFICIOS	
Construcción general	10
Trabajos de excavación	20
ESTACIONAMIENTOS	50
FACHADAS DE EDIFICIOS Y MONUMENTOS	
Iluminación con proyectores:	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	150
Superficies medio claras	200
Superficies medio obscuras	300
Superficies obscuras:	500
Alrededores obscuros:	
Superficies claras	50
Superficies medias claras	100
Superficies medio obscuras	150
Superficies obscuras	200
FERROCARRILES PATIOS DE	
De recepción	2
Clasificación	3
GASOLINERAS:	
Alrededores brillantes:	
Acceso	30
Calzada para coches	50
Areas bomba de gasolina	300
Fachadas edificios (de vidrio)	300r
Areas de servicio	70
Alrededores obscuros:	
Acceso	15
Calzadas para coches	15
Areas bombas de gasolina	200
Fachadas edificio (de vidrio) 100r	
Areas de Servicio	30
JARDINES (p)	
Iluminación general	5
Senderos, escalones, lejanos de la casa	10
Parte posterior de la casa, bardas, paredes, árboles, arbustos	20
Flores, jardines entre rocas	50
Arboles y arbustos, cuando se quieran hacer destacar	50
MADERAS PARA CONSTRUCCION, PATIOS DE	10
MUELLES	200
PATIOS DE ALMACENAMIENTO (Activos)	200

Dado que en el curso de 10 años, los niveles de iluminación recomendados por el I.E.S., para Alumbrado Exterior, Areas Deportivas y transportes, prácticamente no han variado habiendo demostrado durante ese lapso buenos resultados en su aplicación, la Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación A. C. -Illuminating Engineering Society- México Chapter, aprobó recomendar mismos niveles de iluminación, teniéndose presente que los lugares en que se aplican, son servicios públicos y en el caso de los espectáculos deportivos, son de paga y susceptibles de televisarse.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE 1

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
PLANTAS GENERADORAS	
Pasarelas	20
Tiradero de ceniza	1
Descarga de carbón:	
Rampa (Zona de carga y descarga)	50
Area almacenamiento chalana	5
Vaciador de carros	5
Volcador	50
Area de almacenamiento de carbón	1
Transportadores	20
Entrejes:	
Edificio de servicio o generación:	
Principal	100
Secundaria	20
Casete de compuertas:	
Entrada de peatones	100
Entrada transportadores	50
Cerca o alambrada	2
Colectores de entrega de aceite combustible	50
Tanque de almacenamiento aceite	10
Patio descubierto	2
Plataformas Caldera, cubierto de turbina	50
Caminos:	
Entre o a lo largo de los edificios	10
Que no están bordeados por edificios	5
Subestación:	
Iluminación general horizontal	20
Iluminación vertical específica (sobre desconectadores)	20
PLATAFORMA DE CARGA Y DESCARGA	200
Interior de los furgones	100
PRESIDIO, PATIOS DE TABLEROS PARA BOLETINES, CARTELES O LETREROS	50
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	500
Superficies obscuras	1000
Alrededores Obscuros:	
Superficies claras	200
Superficies obscuras	500

7. ALUBRADO AREAS DEPORTIVAS

ALBERCA	
Iluminación general desde la planta.	100
Bajo el agua	
Exterior	s
Interior	t
ARQUERIA	
Blanco:	
Torneo	100r
Recreativo	50r
Línea de tiro:	
Torneo	10
Recreativo	50
BADMINTON	
Torneo	300
Club	200
Recreativo	100

BASEBALL	Jardines	Cuadro
Ligas mayores	1000	1500
Ligas AA y AAA	500	750
Ligas A y B	300	500
Ligas C y D	200	300
Ligas semi-profesionales y regionales	150	200
Liga menor (Clase I y Clase II)	100	400
Sobre asientos, durante juego		20
Sobre asientos antes y después juego		50

BASKETBALL	
Universitario y profesional	500
Dentro de Colegios y Secundarias, con espectadores	300
Sin espectadores	200
Recreativo (exterior)	100
BILLARES (sobre mesa)	
Torneo	500
Recreativo	300
Area general	100

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
BOLICHES	
Mesas:	
Torneo	200
Recreativo	100
Pinos:	
Torneo	500r
Recreativo	300r
BOX O LUCHA (ring)	
Campeonato	5000
Profesional	2000
Amateur	1000
En asientos durante el encuentro	20
En asientos antes y después del encuentro	50
CARRERAS	
De motor (autos enanos o motocicleta)	200
Bicicletas	200
Caballos	200
Perros	300
CROQUET	
Torneo	100
Recreativo	50
FRONTENIS	
Profesional	1000
Aficionados	750
Sobre asientos	50
FRONTON O CESTA	
Profesional	1500
Aficionados	1000
Sobre asientos	100
FRONTON A MANO	
Torneo	300
Club	200
Recreativo	100

FOOTBALL SOCCER Y AMERICANO
(Indice: Distancia de la línea de banda a fila más alejada de espectadores):

Clase I más de 30 Mts.	1000
Clase II entre 15 y 30 Mts.	500
Clase III entre 9 y 15 Mts.	300
Clase IV menos de 9 Mts.	200

La distancia que hay entre los espectadores y el campo de juego, es la primera consideración para determinar la clase y cantidad de alumbrado requerido, sin embargo en espectáculos de paga y televisados, la capacidad potencial de asientos de las gradas, es el factor determinante que debe tomarse en cuenta para lo cual se da la siguiente clasificación: Clase I para más de 30,000 espectadores: Clase II de 10,000 a 30,000 espectadores. Clase III de 5,000 a 10,000 espectadores y Clase IV para menos de 5,000 espectadores.

GIMNASIOS (Refiérase a deportes específicos enumerados en forma separada)	
Exhibiciones, encuentro	300
Para recreación y ejercicio general	200
Asambleas	100
Bailes	50
Regaderas y vestidores	100
GOLF, CAMPOS DE PRACTICA	
Iluminación general sobre los "Tees"	100
A 1.85 Mts.	50r
Práctica en los "greens"	100
HOCKEY SOBRE HIELO	
Universitario o profesional	500
Liga amateur	200
Recreativo	100
PATINAJE	
Pista para patines de ruedas	50
Pistas para patinar sobre hielo (interior o exterior)	50
Laguna, estanque o área inundada	10
PING-PONG	
Torneo	500
Club	300
Recreativo	200
PLAYAS	
En tierra	10
A 50 Mts. de la orilla (en mar)	30r

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE I

	I.E.S. S.M.I.I. LUXES
PLAZA DE TOROS	
En el ruedo	1000
Pasillos, tunoles, palcos, grades	50
SHUFFLE BOARD	
Torneo	100
Recreativo	50
SKIES, RAMPA DE PRACTICA	5
SOFTBALL	Jardines / Cuadro
Profesional y de campeonato	300 / 500
Semi profesional	200 / 300
Ligas Industriales	150 / 200
Recreativo	75 / 100
TENIS	
Torneo	300
Club	200
Recreativo	100

8. ALUMBRADO DE TRASPORTES

AEROPUERTOS	
Plataforma frente hangares	10
Plataforma frente edificio de la terminal:	
Area de estacionamiento	5
Area de carga	20
AUTOBUSES	
Urbanos	300
Foraneos	150
AUTOMOVILES	
Sobre placas	5
AVIONES	
Compartimientos pasajeros:	
Iluminación general	50
lectura (en asientos)	200
BARCOS	
Camarotes	500
Literas, sobre plano de lectura	150
Espejo, sobre cara	500
Baños	50
Pasillos y corredores	50
Escaleras	
Pasajeros	100
Tripulación	50
Entrada pasajeros	100v
Salas de descanso, pasajeros y oficiales	100x
Cuartos de esparcimiento tripulación	200
Sobre mesa	300
Comedor pasajeros	100w
Salón comedor, oficiales y tripulación	100
Sobre mesas	150
Bibliotecas	100
Para lectura	300
Salones fumadores	5x
Cubiertas cerradas	100
Peluquería y salón de belleza	200
Sobre la persona	500
Salones de Cocktail y Cantina	50w
Salón de baile	50w
Piscinas, playas interiores	100y
Tiendas	200u
Teatros:	
Durante el espectaculo	1
Intermedio	50
Gimnasios	200
Hospital:	
Sala de operaciones	500u
Sala dental	300u
Dispensario	30%u
Sala de encamados	50v
Oficina doctor	200u
Sala de espera	100x
TIRO AL BLANCO	
Sobre el blanco	500r
Linea de tiro	100
Area intermedia	50
Cabina de radio, vestibulo pasajeros	100x
Mostrador para pasajeros oficina sobrecargo	200

	I.E.S. # S.M.I.I. LUXES
Areas de navegación:	
Timonera (sobre puente de mando)	50
Cuarto de mapas	100
Sobre mesa de mapas y cartas de navegación	500
Cuarto del radar	50
Cuarto de giroscopios	50
Cabina de radio	100u
Oficina del barco	200
Sobre escritorios y mesas de trabajo	500
Para tenedurla de libros y auditoria	500
Cuarto de registro (taquigrafo bitácora)	100
Sobre escritorio	500
Areas de servicio:	
Galera	200u
Lavanderia	150u
Despensa	150u
Fregaduras	150u
Preparación comida	200u
Almacén comida (sin y con refrigerador)	50
Carniceria	150u
Imprenta	300u
Sastreria	50u
Oficinas postales	200u
Ventiladores	30
Central telefónica	100u
Cuarto para almacén	50
Areas de operación:	
Cuarto máquinas (Areas de trabajo)	100u
Cuarto calderas (Areas de trabajo)	100u
Cuarto ventiladores	50
Cuartos grupos Motor-Generador	50
Cuartos de generación y tablero de control	100
Cuarto de montacargas	50
Tableros de control, iluminación vertical:	
Parte alta	300
A 90 cms. desde el piso	100
Cuarto de mecanismo de timón	50
Cuarto de bombas	10
Tablero de mediciones y control (iluminación vertical):	
Sobre medidores	300
Tunel del eje	30
Bodega seca para cargamento (Unidad de iluminación permanente)	10u
Carga y descarga de cargamento refrigerado	30u
Talleres	200
Sobre trabajo	500
Escotillas de la bodega:	
Area sobre escotilla	50
Area adyacentes a la cubierta	30
CARROS DE FF.CC. PARA CORREO	
Bultos de correo y cajas para cartas	300
Almacenaje correo	150
CARROS DE FF.CC PARA PASAJEROS	
Escritura y lectura:	
General	200
Sobre escritorio	500
Sección de baños:	
General:	150
Espejo	300
Sanitario	50
Cuarto comedor	150
Cantina	100
Areas sociales	200
Escalones y plantas	100
TRANVIAS Y TROLEBUSES	300
TIRO AL PICHON	
Blanco, a 50 Mts	300r
Linea de tiro, general	100
VOLLEYBALL	
Torneo	200
Recreativo	100
WATER POLO	
Torneo	300
Club	200
Recreativo	100

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

a. Se puede obtener con la combinación de alumbrado general y alumbrado suplementario especializado, manteniendo las relaciones de brillantez recomendadas. Estas tareas visuales generalmente hacen intervenir la discriminación de los detalles delicados por largos períodos de tiempo y bajo condiciones de contraste reducido. Para dar la iluminación requerida, es necesario usar una combinación del alumbrado general antes indicado más el alumbrado suplementario especializado. El diseño e instalación de estos sistemas combinados no deberá únicamente proveer una cantidad suficiente de luz, sino que también deberá dar la dirección apropiada a la luz, difusión y además protección al ojo humano. Deberá también, tanto como sea posible, eliminar el deslumbramiento directo o reflejado como sombras desagradables.

b. Las pinturas o cuadros con colores obscuros y con detalles delicados o finos, deberán tener una iluminación de 2 a 3 veces mayor.

c. En algunos casos, una iluminación mayor de los 1000 Luxes, es necesaria para hacer resaltar la belleza de las estatuas

d. La iluminación se puede reducir o aminorar durante el sermón, la introducción o la meditación.

e. Si los acabados interiores son obscuros (menos de 10% de reflexión), la iluminación será de 2/3 partes del nivel recomendado para evitar altos contrastes en brillantez, como en el caso de los páginas de los libros de salmos o cantos y el medio semiobscuro que lo rodea. Es esencial un deseo cuidadoso para evitar brillantez desagradable.

f. Alumbrado especial, tal que (1) el área luminosa sea lo suficientemente grande para cubrir completamente la superficie que está, siendo inspeccionada y (2) la brillantez deberá estar dentro de los límites necesarios para obtener condiciones de contrastes confortables. Esto implica el uso de fuentes luminosas de gran área y relativa baja brillantez en los casos en que la brillantez de la fuente luminosa se considere como un factor principal en vez de los luxes producidos en un punto considerado.

g. Para inspección minuciosa, 500 luxes.

h. Los manuscritos a lápiz y la lectura de reproducción y copias pobres requieren 700 luxes.

I. Para inspección minuciosa, 500 luxes. Esto se puede hacer en el cuarto de baño, pero si se tiene un tocador, es necesario un alumbrado localizado para obtener un nivel recomendado.

j. La superficie especular del material puede hacer necesaria una recomendación especial en la selección y localización del equipo de alumbrado o alguna determinada orientación del trabajo.

k. O no menos de 1/5 del nivel, de las áreas adyacentes.

l. La brillantez de la tarea visual debe relacionarse con la brillantez que la rodea.

m. La iluminación general de estas áreas no necesariamente tiene que ser muy uniforme.

n. Incluyendo calles y establecimientos cercanos.

o. (A) Los valores recomendados con iluminación sobre mercancía o aparadores. El plano en el cual la luz sea más importante puede variar desde el horizontal al vertical, (B) Areas específicas en las cuales se involucra una difícil visión, se puede iluminar con niveles de iluminación considerablemente más altos. (C) La selección del color de las lámparas fluorescentes es importante. Para una mejor apariencia de la mercancía se puede combinar los sistemas fluorescentes e incandescentes. (D) La iluminación se puede hacer muchas veces no uniforme para hacer resaltar la distribución de la mercancía.

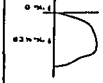
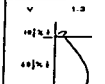
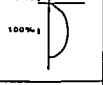
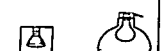
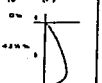
p. Estos valores están basados en un 25% de reflexión, ya que este es el promedio de reflexión de la vegetación y superficies exteriores típicas.. Estos valores se deben ajustar para las reflexiones de materiales específicos iluminados, para obtener una brillantez equivalente. Estos niveles dan una brillantez satisfactoria cuando son vistos desde interiores o terrazas en penumbra. Cuando son vistos desde áreas obscuras se pueden cuando menos a la mitad o se puedan doblar cuando se desee un efecto más dramático.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APENDICE II

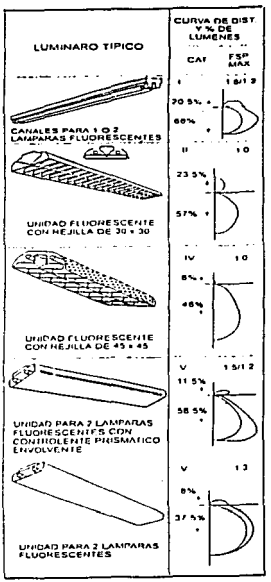
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

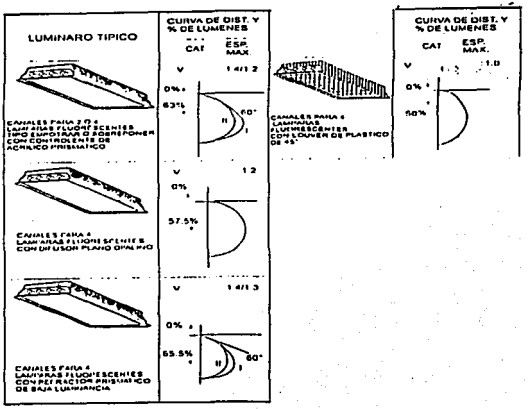
* Fuente: Catalogo Condensado Holophane 2000.
* Fuente: Catalogo Condensado Holophane 2002.

LUMINARIO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMINES		LUMINARIO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES		LUMINARIO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT.	ESPACIA. MAXIMO		CAT.	ESPAC. MAXIMO		CAT.	ESPAC. MAXIMO
ESFERA DIFUSA CON MONTAJE COLGANTE			GABINETE CUADRADO CON CONTROLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION MEDIA			UNIDAD TOTALMENTE CERRADA		
REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM			BOTE INTEGRAL DE 140 mm DE Ø PARA LAMPARAS PAR-100 Y LAMPARA FLUORESCENTE AHORRADORA DE ENERGIA.			UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEA).		
(CUBIC) UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMATICO			BOTE INTEGRAL DE 140 mm DE Ø PARA LAMPARA PAR-75			UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO CERRADA. POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO		
LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL			GABINETE CUADRADO CON CONTROLENTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION ABIERTA			UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO		
LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO; CUTOFF A 40°			GABINETE CUADRADO CON GABINETE DIFUSO			UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO		
 PIN HOLE DE 22° DE ABERTURA			(MERCULUME) UNIDAD CON LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA CON REFRACTOR INTERNO DE CRISTAL PRISMATICO Y CON TROLENTE DE ACRILICO PRISMATICO EXTERIOR			UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE II

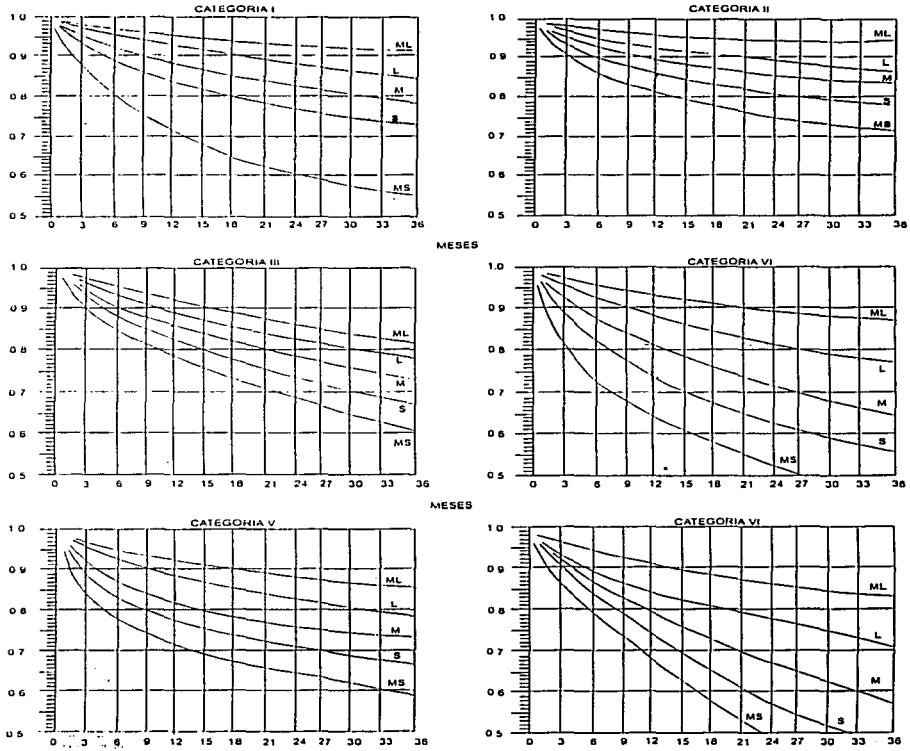




TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APÉNDICE II

CURVAS DE DEGRADACION POR SUCIEDAD EN LL LUMINARIO



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lamparas Fluorescentes Compactas

WATTS	TIPO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	LONGITUD (cm)	ENCENDIDO	BALASTRO
5	Sencillo	2700	360	10,000	67	0.86	G23/E26	16.51	Precalentamiento	Electromagnético
7	Sencillo	3000	580	10,000	81	0.86	G23/E26	22.20	Precalentamiento	Electromagnético
8	Sencillo	4100	580	10,000	67	0.86	G23/E26	22.20	Precalentamiento	Electromagnético
9	Doble	2700	525	10,000	58	0.86	G23-2/E26	11.10/16.5	Precalentamiento	Electromagnético
9	Doble	3500	525	10,000	58	0.86	G23-2/E26	11.10/16.5	Precalentamiento	Electromagnético
9	Doble	4100	525	10,000	58	0.86	G23-2/E26	11.10/16.5	Precalentamiento	Electromagnético
13	Sencillo	2700	800	10,000	62	0.83	GX-23/E26	17.7/23.4	Precalentamiento	Electromagnético
13	Sencillo	3500	800	10,000	62	0.83	GX-23/E26	17.7/23.4	Precalentamiento	Electromagnético
13	Sencillo	4100	800	10,000	62	0.83	GX-23/E26	17.7/23.4	Precalentamiento	Electromagnético
13	Sencillo	6000	800	10,000	62	0.83	GX-23/E26	17.7/23.4	Precalentamiento	Electromagnético
13	Doble	2700	780	10,000	60	0.86	GX23-2/E26	12 3/16	Precalentamiento	Electromagnético
13	Doble	3500	780	10,000	60	0.86	GX23-2/E26	12 3/16	Precalentamiento	Electromagnético
13	Doble	3500	780	10,000	60	0.86	GX23-2/E26	12 3/16	Precalentamiento	Electromagnético
13	Doble	4100	780	10,000	60	0.86	GX23-2/E26	12 3/16	Precalentamiento	Electromagnético
18	Doble / Electrónico	2700	1,250	10,000	69	0.86	G24q-2	13.00	Rápido	Electrónico
18	Doble / Electrónico	4100	1,250	10,000	69	0.86	G24d-2	13.00	Rápido	Electrónico
26	Doble	3000	1,800	10,000	69	0.86	G24d-3	17.20	Precalentamiento	Electromagnético
26	Doble	3500	1,800	10,000	69	0.86	G24d-3	17.20	Precalentamiento	Electromagnético
26	Doble	4100	1,800	10,000	69	0.86	G24d-3	17.20	Precalentamiento	Electromagnético
26	Doble / Electrónico	2700	1,800	10,000	69	0.86	G24q-3	16.50	Rápido	Electrónico
26	Doble / Electrónico	3500	1,800	10,000	69	0.86	G24q-3	16.50	Rápido	Electrónico
26	Doble / Electrónico	4100	1,800	10,000	69	0.86	G24q-3	16.50	Rápido	Electrónico
18	Triple / Electrónico	2700	1,200	10,000	67	0.86	GX24q-2	11.10	Rápido	Electrónico
18	Triple / Electrónico	3000	1,200	10,000	67	0.86	GX24q-2	11.10	Rápido	Electrónico
18	Triple / Electrónico	4100	1,200	10,000	67	0.86	GX24q-2	11.10	Rápido	Electrónico
26	Triple / Electrónico	2700	1,800	10,000	69	0.86	GX24q-3	12.60	Rápido	Electrónico
26	Triple / Electrónico	3000	1,800	10,000	69	0.86	GX24q-3	12.60	Rápido	Electrónico
26	Triple / Electrónico	3500	1,800	10,000	69	0.86	GX24q-3	12.60	Rápido	Electrónico
26	Triple / Electrónico	4100	1,800	10,000	69	0.86	GX24q-3	12.60	Rápido	Electrónico
32	Triple / Electrónico	2700	2,400	10,000	75	0.86	GX24q-3	14.20	Rápido	Electrónico
32	Triple / Electrónico	3000	2,400	10,000	75	0.86	GX24q-3	14.20	Rápido	Electrónico
32	Triple / Electrónico	3500	2,400	10,000	75	0.86	GX24q-3	14.20	Rápido	Electrónico
32	Triple / Electrónico	4100	2,400	10,000	75	0.86	GX24q-3	14.20	Rápido	Electrónico
42	Triple / Electrónico	2700	3,200	10,000	76	0.86	GX24q-4	16.30	Rápido	Electrónico
42	Triple / Electrónico	3000	3,200	10,000	76	0.86	GX24q-4	16.30	Rápido	Electrónico
42	Triple / Electrónico	3500	3,200	10,000	76	0.86	GX24q-4	16.30	Rápido	Electrónico
42	Triple / Electrónico	4100	3,200	10,000	76	0.86	GX24q-4	16.30	Rápido	Electrónico
57	Triple / Electrónico	2700	4,300	10,000	75	0.86	GX24q-5	19.70	Rápido	Electrónico
57	Triple / Electrónico	3000	4,300	10,000	75	0.86	GX24q-5	19.70	Rápido	Electrónico
57	Triple / Electrónico	4100	4,300	10,000	75	0.86	GX24q-5	19.70	Rápido	Electrónico
18	Large	3000	1,250	12,000	69	0.86	2G11	22.90	Precalentamiento	Electromagnético / Electrónico
18	Large	3000	1,250	20,000	69	0.86	2G11	28.70	Rápido	Electromagnético / Electrónico
18	Large	4000	1,250	12,000	69	0.86	2G11	22.90	Precalentamiento	Electromagnético / Electrónico
18	Large	4000	1,250	20,000	69	0.86	2G11	28.70	Rápido	Electromagnético / Electrónico
16	Large	5000	750	12,000	41	0.86	2G11	22.90	Precalentamiento	Electromagnético / Electrónico
36/38	Large	3000	2,800	12,000/20,000	81	0.86	2G11	42.20	Precalentamiento / Rápido	Electromagnético / Electrónico
36/38	Large	3500	2,900	12,000/20,000	81	0.86	2G11	42.20	Precalentamiento / Rápido	Electromagnético / Electrónico
36/38	Large	4100	2,900	12,000/20,000	81	0.86	2G11	42.20	Precalentamiento / Rápido	Electromagnético / Electrónico

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lámparas Fluorescentes T-5

WATTS	[illegible]	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	ENCENDIDO	BALASTRO
24	[illegible]	3000	2,000	18,000	83	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
24	[illegible]	4000	2,000	18,000	83	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
24	[illegible]	6000	2,000	18,000	83	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
35	[illegible]	3000	3,500	18,000	98	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
35	[illegible]	4000	3,500	18,000	98	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
35	[illegible]	6000	3,500	18,000	98	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
54	[illegible]	3000	5,000	18,000	93	0.94	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
54	[illegible]	4100	5,000	18,000	93	0.94	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
54	[illegible]	6000	5,000	18,000	93	0.94	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
39	[illegible]	3000	3,400	18,000	87	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
39	[illegible]	4100	3,400	18,000	87	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
39	[illegible]	6000	3,400	18,000	87	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	3000	1,350	20,000	96	0.90	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	4100	1,350	20,000	96	0.90	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	6000	1,350	20,000	96	0.90	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	3000	2,100	20,000	100	0.90	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	4100	2,100	20,000	100	0.90	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	6000	2,100	20,000	100	0.90	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	3000	2,900	20,000	104	0.93	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	4100	2,900	20,000	104	0.93	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
[illegible]	[illegible]	6000	2,900	20,000	104	0.93	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
49	[illegible]	3000	3,620	20,000	104	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
49	[illegible]	4100	3,620	20,000	104	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
49	[illegible]	6000	3,620	20,000	104	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico

Lámparas Fluorescentes T-8

WATTS	[illegible]	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/ WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	ENCENDIDO	BALASTRO
17	[illegible]	3500	1,400	20,000	82	0.92	G13	T-8	60.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
17	[illegible]	3500	1,400	20,000	82	0.92	G13	T-8	60.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
17	[illegible]	4100	1,400	20,000	82	0.92	G13	T-8	60.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
25	[illegible]	3000	2,250	20,000	90	0.92	G13	T-8	90.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
25	[illegible]	3500	2,250	20,000	90	0.92	G13	T-8	90.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
25	[illegible]	4100	2,250	20,000	90	0.92	G13	T-8	90.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	[illegible]	3000	2,950	20,000	92	0.92	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	[illegible]	3500	2,950	20,000	92	0.92	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	[illegible]	4100	2,950	20,000	92	0.92	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	[illegible]	6000	2,950	20,000	92	0.92	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lámpara Ecológica	3000	3,000	24,000	94	0.95	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lámpara Ecológica	3500	3,000	24,000	94	0.95	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lámpara Ecológica	4100	3,000	24,000	94	0.95	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lámpara Ecológica	6000	3,000	24,000	94	0.95	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
59	[illegible]	3000	5,900	15,000	100	0.92	Fa-8	T-8	243.8	Instantáneo	Electrónico
59	[illegible]	3500	5,900	15,000	100	0.92	Fa-8	T-8	243.8	Instantáneo	Electrónico
59	[illegible]	4100	5,900	15,000	100	0.92	Fa-8	T-8	243.8	Instantáneo	Electrónico
59	[illegible]	6000	5,900	15,000	100	0.92	Fa-8	T-8	243.8	Instantáneo	Electrónico
18	"U" 1 5/8"	3000	1,125	20,000	70	0.92	G-13	T-8	28.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
18	"U" 1 5/8"	3500	1,125	20,000	70	0.92	G-13	T-8	28.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
18	"U" 1 5/8"	4100	1,125	20,000	70	0.92	G-13	T-8	28.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
24	"U" 1 5/8"	3000	1,925	20,000	80	0.92	G-13	T-8	41.9	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
24	"U" 1 5/8"	3500	1,925	20,000	80	0.92	G-13	T-8	41.9	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
24	"U" 1 5/8"	4100	1,925	20,000	80	0.92	G-13	T-8	41.9	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
31	"U" 1 5/8"	3000	2,725	20,000	88	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
31	"U" 1 5/8"	3500	2,725	20,000	88	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
31	"U" 1 5/8"	4100	2,725	20,000	88	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	"U" 8"	3000	2,850	20,000	89	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	"U" 8"	3500	2,850	20,000	89	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	"U" 8"	4100	2,850	20,000	89	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lamparas Fluorescentes T-12

WATTS	TIPO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	ENCENDIDO	BALASTRO
21	Lineal	6500	980	7,500	47	0.86	Fa8	T-12	55.8	Instantáneo	Electromagnético
21	Lineal	4300	1,150	7,500	55	0.86	Fa8	T-12	55.8	Instantáneo	Electromagnético
21	Lineal	2900	1,107	7,500	52	0.86	Fa8	T-12	55.8	Instantáneo	Electromagnético
30	Lineal	6500	2,000	9,000	67	0.86	Fa8	T-12	117	Instantáneo	Electromagnético
30	Lineal	4300	2,100	9,000	70	0.86	Fa8	T-12	117	Instantáneo	Electromagnético
30	Lineal	3000	2,650	9,000	73	0.86	Fa8	T-12	117	Instantáneo	Electromagnético
55	Lineal	6500	3,600	12,000	70	0.88	Fa8	T-12	182.9	Instantáneo	Electromagnético
55	Lineal	4300	4,000	12,000	68	0.88	Fa8	T-12	182.9	Instantáneo	Electromagnético
55	Lineal	3000	4,500	12,000	82	0.88	Fa8	T-12	182.9	Instantáneo	Electromagnético
75	Lineal	6500	5,450	12,000	73	0.88	Fa8	T-12	243.8	Instantáneo	Electromagnético
75	Lineal	4300	6,300	12,000	84	0.88	Fa8	T-12	243.8	Instantáneo	Electromagnético
75	Lineal	3000	6,150	12,000	82	0.88	Fa8	T-12	243.8	Instantáneo	Electromagnético
40	Lineal	4300	3,240	12,000	82	0.88	G-13	T-12	60.4	Rápido (Precalentamiento)	Electromagnético
40	Lineal	4300	3,280	12,000	83	0.88	G-13	T-12	60.4	Rápido (Precalentamiento)	Electromagnético
40	Lineal	3000	3,075	12,000	84	0.88	G-13	T-12	60.4	Rápido (Precalentamiento)	Electromagnético
40	Lineal	6500	3,100	20,000	78	0.9	G-13	T-12	121.9	Rápido (Precalentamiento)	Electromagnético
40	Lineal	4300	3,150	20,000	79	0.9	G-13	T-12	121.9	Rápido (Precalentamiento)	Electromagnético
40	Lineal	3000	2,900	20,000	85	0.9	G-13	T-12	121.9	Rápido (Precalentamiento)	Electromagnético
40	Slim	4300	3,900	18,000	73	0.86	G-13	T-12	57	Rápido	Electromagnético
110	Lineal	4300	8,800	12,000	80	0.87	R17-d	T-12	238.8	Rápido (HO)	Electromagnético
110	Lineal	3000	7,800	12,000	71	0.87	R17-d	T-12	238.8	Rápido (HO)	Electromagnético
215	Lineal	4300	14,500	10,000	67	0.7	R17-d	T-12	238.8	Rápido (VHO)	Electromagnético
215	Lineal	3000	14,000	10,000	65	0.7	R17-d	T-12	238.8	Rápido (VHO)	Electromagnético

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lamparas de vapor de sodio de alta presión

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
35	Claro	2000	2,250	24,000	64	0.90	E-26	ED-17	13.80	Universal
50	Claro	2000	4,000	24,000	80	0.90	E-26	ED-17	13.80	Universal
70	Claro	2000	6,300	24,000	90	0.90	E-26	ED-17	18.90	Universal
70	Claro	2000	6,300	24,000	90	0.90	E-40	ED-23.5	18.90	Universal
100	Claro	2000	9,500	24,000	95	0.90	E-26	ED-17	13.80	Universal
100	Claro	2000	9,500	24,000	95	0.90	E-40	ED-23.5	18.90	Universal
150	Claro	2000	16,000	24,000	107	0.90	E-26	ED-17	13.80	Universal
150	Claro	2000	16,000	24,000	107	0.90	E-40	ED-23.5	18.90	Universal
250	Claro	2100	28,500	24,000	114	0.90	E-40	ED-18	24.00	Universal
400	Claro	2100	50,000	24,000	125	0.90	E-40	ED-18	24.00	Universal
1000	Claro	2100	130,000	24,000	130	0.90	E-40	E-25	38.50	Universal

Lámparas de vapor de sodio de baja presión

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
18	Claro	1800	1,800	12,000	100	1.00	$By22d$	T54(T-17)	21.80	Base vertical o base-horizontal
35	Claro	1800	4,800	12,000	137	1.00	$By22d$	T54(T-17)	31.00	
55	Claro	1800	8,100	12,000	147	1.00	$By22d$	T54(T-17)	42.30	
90	Claro	1800	13,500	12,000	150	1.00	$By22d$	T68(T-22)	52.80	Base horizontal
135	Claro	1800	22,500	12,000	167	1.00	$By22d$	T68(T-22)	77.50	Base horizontal
180	Claro	1800	33,000	12,000	183	1.00	$By22d$	T68(T-22)	112.00	Base horizontal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lamparas de aditivos metálicos

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
175	Claro	4200	14400 V, 12830 H	10000 V, 7500 H	82 V, 73 H	0 80	E-40	BT-28	22 40	Universal
175	Fosforado	3800	14030 V, 12000 H	10000 V, 7500 H	80 V, 69 H	0 80	E-40	BT-28	22 40	Universal
250	Claro	4200	22000 V, 20000 H	10,000	83 V, 80 H	0 77	E-40	BT-28	22 40	Universal
250	Fosforado	3800	21500 V, 19500 H	10,000	86 V, 78 H	0 77	E-40	BT-28	22 40	Universal
400	Claro	4000	36000 V, 32000 H	20000 V, 15000 H	90 V, 80 H	0 69	E-40	BT-37	27 70	Universal
400	Fosforado	3700	36000 V, 32000 H	20000 V, 15000 H	90 V, 80 H	0 69	E-40	BT-37	27 70	Universal
1000	Claro	4000	110000 V, 101800 H	15000 V, 10000 H	110 V, 108 H	0 90	E-40	BT-56	38 30	Universal
1000	Claro	4200	160000 V, 153000 H	15000 V, 10000 H	160 V, 152 H	0 85	E-40	BT-56	38 30	Base arriba/horizontal

Lamparas de aditivos metalicos con proteccion en el quemador

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
70	Claro	3300	5 200	15000 V, 10000 H	74	0 75	E-26	ED-17	13 80	Universal
100	Claro	3000	8 500	15000 V, 10000 H	85	0 75	E-26	ED-17	13 80	Universal
150	Claro	3400	13 300	15000 V, 10000 H	89	0 75	E-26	ED-17	13 80	Universal
250	Claro	4000	23 000	10,000	92	0 73	E-40OR	BT-28	22 40	Base arriba
400	Claro	3800	38 000	10,000	95	0 66	E-40	BT-37	27 70	Base arriba

Lamparas de super aditivos metálicos

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
250	Claro	4200	23 000	10,000	92	0 65	E-40-CR	BT-28	22 40	Base horizontal
400	Claro	4200	39 000	20,000	98	0 64	E-40-CR	BT-37	27 70	Base horizontal
400	Claro	4000	41 000	20 000	102	0 67	E-40-CR	BT-37	27 70	Base arriba

Lamparas de aditivos metálicos ahorradoras de energia

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
360	Claro	4000	36000 V, 30000 H	20000 V, 15000 H,	100 V, 83 H	0 67 V, 0 63 H	E-40	BT-37	27 70	Universal
360	Fosforado	3600	36000 V, 30000 H	20000 V, 15000 H	100 V, 83 H	0 67 V, 0 63 H	E-40	BT-37	27 70	Universal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lamparas de aditivos metálicos compactas

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LÚMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO
175	Claro	4000	14400 V, 12500 H	10000 V, 7500 H	80 V, 73 H	0.75 V, 0.74 H	E-26	ED-17	13.80	Universal
250	Claro	4000	22000 V, 20000 H	10000 V, 7500 H	88 V, 80 H	0.79 V, 0.72 H	E-40	BT-16	24.00	Universal
400	Claro	4000	36000 V, 32000 H	20000 V, 15000 H	90 V, 80 H	0.71 V, 0.64 H	E-40	BT-28	22.40	Universal
1000	Claro	3600	110000 V, 107800 H	12000 V, 9000 H	110 V, 108 H	0.80 V, 0.80 H	E-40	BT-37	27.70	Universal

Lamparas de aditivos metalicos Pulse Start

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LÚMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO
250	Claro	4200	21,500	10,000	84	0.66	E-40	BT-28	21.10	Base arriba
320	Claro	4500	32,000	20,000	100	0.66	E-40	BT-28	21.10	Base arriba
320	Fosforado	3900	30,000	20,000	94	0.60	E-40	BT-28	21.10	Base arriba
400	Claro	4000	42,000	20,000	105	0.80	E-40	BT-37	29.20	Base arriba
400	Fosforado	3600	42,000	20,000	105	0.80	E-40	BT-37	29.20	Base arriba

Lamparas de halogenuros metalicos

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LÚMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO
70	Claro	3000	3,200	10,000	74	0.80	G-12	Tubular	8.40	Universal
150	Claro	3000	13,000	10,000	87	0.81	G-12	Tubular	8.40	Universal
150	Claro	4300	13,000	10,000	87	0.81	G-12	Tubular	8.40	Universal
250	Claro	5300	20,000	10,000	80	0.64	E-40	Tubular	22.30	Universal
400	Claro	5200	32,000	10,000	80	0.72	E-40	Tubular	28.50	Universal
1000	Claro	6000	80,000	2,500	80	0.80	E-40	Tubular	34.00	Base horizontal

Lámparas de halogenuros metálicos con quemador cerámico, 1 base

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LÚMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
35	Claro	3000	3,400	10,000	97	0.80	G-12	Tubular	10.00	Universal
70	Claro	3000	6,800	10,000	94	0.80	G-12	Tubular	10.00	Universal
70	Claro	4200	6,800	10,000	83	0.80	G-12	Tubular	10.00	Universal
150	Claro	3000	14,000	10,000	93	0.80	G-12	Tubular	10.50	Universal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lámparas Incandescentes

WATTS	VOLTS (TENSIÓN DE OPERACIÓN)	LÚMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA (LÚMENES/WATT)	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	ACABADO PERLA O CLARO	LONGITUD (cm)
25	120	260	1,000	10	0.875	Media E-26	A-19	CL	10.5
40	120	490	1,000	12	0.875	Media E-26	A-19	CL	10.5
60	120	820	1,000	14	0.930	Media E-26	A-19	CL	10.5
75	120	1,070	1,000	14	0.920	Media E-26	A-19	CL	10.5
100	120	1,360	1,000	13	0.905	Media E-26	A-19	CL	10.5
150	120	2,300	1,000	15	0.895	Media E-26	A-23	CL/PER	12.6
150	220	2,200	1,000	15	0.895	Media E-27	A-23	CL	12.6
200	120	3,400	1,000	17	0.895	Media E-26	A-23	CL/PER	12.6
200	220	3,100	1,000	16	0.895	Media E-27	A-23	CL/PER	12.6
300	120	4,950	1,000	17	0.825	Media E-26	PS-30	CL	19.2
500	120	10,750	1,000	22	0.890	Mogul E-40	PS-35	CL	23.81
1000	120	23,100	1,000	23	0.870	Mogul E-40	PS-52	CL	33.16

Nota: La letra indica la forma de bulbo o bombillo y el número que le sigue el diámetro máximo en octavos de pulgada

Ejemplo PS-40 "S" Para con cuello recto 40/8" de diámetro

"A" Normal "CA" Decorativo "F" Flama "G" Globo o redondo "P" Pera

"PAR" Reflector Parabólico "R" Reflector "S" Recto

Lámparas de Iodo Cuarzo

WATTS	VOLTS (TENSIÓN DE OPERACIÓN)	LÚMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA (LÚMENES/WATT)	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	ACABADO	LONGITUD (cm)
300	120	5,200	2,000	17	0.95	Contacto embutido	T-3	CL	11.70
500	120	9,500	2,000	19			T-3	CL	11.70
1000	220	21,000	2,000	21			T-3	CL	25.40
1500	220	33,000	3,000	22			T-3	CL	25.40

Lámparas de Luz mixta

WATTS	VOLTS (TENSIÓN DE OPERACIÓN)	LÚMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA (LÚMENES/WATT)	FACTOR DE DEPRECIACIÓN (L.L.D.)	BASE	BULBO	ACABADO	LONGITUD (cm)
160	220	3,100	6,000	19	0.57	Media (E-26)	BF-75	Blanco de ruo	17.30
250	220	5,600		22	0.65	Mogul (E-40)	BF-90		22.50
500	220	14,000		25	0.74	Mogul (E-40)	ED-37		27.70

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Lamparas de halogenuros metálicos con quemador cerámico, 2 bases

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
70	Claro	3000	6,300	10,000	90	0.91	RX7s	Tubular	11.4cm	Base Horizontal
70	Claro	4200	5,700	10,000	81	0.91	RX7s	Tubular	11.4cm	Base Horizontal
150	Claro	4200	13,400	10,000	89	0.91	RX7s	Tubular	13.4cm	Base Horizontal
150	Claro	3000	13,500	10,000	90	0.85	RX7s	Tubular	11.4cm	Base Horizontal

Lamparas de halogenuros metálicos con quemador cerámico, elipsoidal

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
70	Claro	3150	5,200	7500 V, 6000 H	74	0.75	E-26	E-17	13.2cm	Universal
100	Claro	3150	8,500	7500 V, 6000 H	85	0.70	E-26	E-17	13.2cm	Universal

Lamparas de Vapor de Mercurio

WATTS	ACABADO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/WATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	POSICION DE FUNCIONAMIENTO
100	Blanco de Lujo	3900	3,650	24,000	37	0.84	E-40	BF-75	17.20	Universal
125	Blanco de Lujo	3900	6,300	24,000	50	0.84	E 39	BF-75	17.20	Universal
175	Blanco de Lujo	3900	8,600	24,000	49	0.90	E-40	ED-28	22.40	Universal
250	Blanco de Lujo	3900	13,000	24,000	52	0.80	E-40	ED-28	22.40	Universal
400	Blanco de Lujo	3900	23,000	24,000	58	0.85	E-40	ED-37	27.70	Universal
1000	Blanco de Lujo	3900	57,500	24,000	58	0.80	E-40	BT-56	38.00	Universal

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

APENDICE III

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Fuente: Catalogo Condensado Holophane 2000.

APÉNDICE III

TABLA DE REFLEXIONES APROXIMADAS

I.- *SUPERFICIES DE PINTURA*

TONO	COLOR	REFLEXION EN %
Muy claro	Blanco nuevo	88
	Blanco viejo	76
	Azul verde	76
	Crema	81
	Azul	65
	Miel	76
	Gris	83
Claro	Azul verde	72
	Crema	79
	Azul	55
	Miel	70
	Gris	73
Mediano	Azul verde	54
	Amarillo	65
	Miel	63
	Gris	61
Obscuro	Azul	8
	Amarillo	50
	Café	10
	Gris	25
	Verde	7
	Negro	3

II.- *SUPERFICIES DE MADERA*

COLOR	REFLEXION EN %
Maple	43
Nogal	16
Caoba	12
Pino	48

III.- *ACABADOS METALICOS*

COLOR	REFLEXION EN %
Blanco polarizado	70-85
Esmalte horneado	
Aluminio pulido	75
Aluminio mate	75
Aluminio claro	79
Aluminio claro	59

IV.- *ACABADOS DE CONSTRUCCION APARENTES*

TIPO	REFLEXION EN %
Roca basáltica	18
Cantera clara	18
Tabique muy pulido	48
Tabique rojo vidriado	30
Tabique pulido	40
Tabique rojo barnizado	30
Cemento	27
Concreto	40
Mármol blanco	45
Vegetación	25
Asfalto limpio	7
Adoquín de roca ígnea	17
Grava	13
Pasto (verde obscuro)	6
Pizarra	8

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Bibliografía.

1. *Manual de alumbrado PHILIPS.*

2. *Manual de alumbrado WESTINGHOUSE.*

3. *Manual OSRAM sobre electricidad, luminotecnia y lámparas.*

4. *Manual de iluminación Holophane.*

5. Chapa Carreón, J. *Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría.* Editorial Limusa.

6. Coaton, J.R.; Marsden, A.M.(1997). *Lamps and Lighting.* Fourth edition. Arnold.

7. Jiménez, Carlos. (1997). *Manuales de luminotecnia. Locales.* Ediciones CEAC.

8. Jiménez, Carlos. (1997). *Manuales de luminotecnia. Oficinas.* Ediciones CEAC.

9. *Manual practico de instalaciones eléctricas.* H. P. Richter. Ed. CECSA.

10. *Manual de ingeniería eléctrica.* Donald G. Fink. Ed. Mc-Graw-Hill.

11. Spitta, A. F.(1981). *Instalaciones eléctricas. Tomo I.* Editorial Dossat.

12. Fernández Mills, G; Fernández Ferrer, J.(1993). *Electricidad, teoría de circuitos y magnetismo.*1ª ed. Ediciones UPC: Aula ETSEIB, 4.

13. Roller, D.E; Blum, R.(1986) *Física. Vol II. Electricidad, Magnetismo y Óptica.* Ed Reverté.

14. Robert Resnick. *Física. Vol II.* Ed CECSA.

15. Keenan Charles, Wood Jesse. *Química General Universitaria.* Editorial CECSA.

16. Eugene Hecht. *Optica.* Editorial Eddison-Wesley Iberoamericana.

17. F. Graham Smith. *Optica.* Editorial Limusa.

18. Catalogo condenado 2002 Holophane Acuity Brands, Inc. 04-02.

19. Calatogo condensado 2000 Holophane.

20. Cooper Crouse – Hinds, Sección L , Iluminación Industrial Noviembre 2002.

21. Catalogo Hubbell Lighting Inc.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

22. Hubbell Lighting Buyer's Guide.

23. Lithonia Lighting Product Selection Guide. Edition 7.

24. Catalogo Soluciones en iluminación Thomas and Betts Octubre 2000.

25. Industrial Lighting Guide by Lithonia Lighting 2000.

26. Iluminación exterior para uso general Lithonia Lighting 2000.

27. Lámparas Osram 2003.

28. Product Guide Hazardous Area Lighting.

Direcciones de Internet.

1. www.lithonia.com

2. www.hubbell-ltg.com

3. www.tnb.com

4. www.holophane.com.mx

5. www.crouse-hinds.com

6. www.cfe.gob.mx

7. www.luz.philips.com

8. www.ehawke.com/amhaz.htm

9. www.osram.com.mx

10. www.osram.com/lightatwork

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN