



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLÁN

CÁLCULO DE ÁREAS INTERIORES,  
APLICANDO LA INGENIERÍA DE ILUMINACIÓN  
Y MODELADO POR SOFTWARE

**T E S I S**

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

**P R E S E N T A :**

**MIGUEL ÁNGEL CRUZ HERNÁNDEZ**

ASESORA: M. en A.O. MARTHA LILIA URRUTIA VARGAS

COASESOR: M.V.Z. ALEJANDRO VALDEZ SANTAMARÍA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES**

**U. N. A. M.  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN  
ASUNTO: VOTO APROBATORIO**



**M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN  
PRESENTE**

**ATN: M. en A. ISMAEL HERNÁNDEZ MAURICIO  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán.**

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos La Tesis:

**“CÁLCULO DE ÁREAS INTERIORES, APLICANDO LA INGENIERÍA DE ILUMINACIÓN Y MODELADO POR SOFTWARE”**

Que presenta el pasante: **MIGUEL ÁNGEL CRUZ HERNÁNDEZ**  
Con número de cuenta: **30610560-7** para obtener el Título de: **Ingeniero Mecánico Electricista**

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

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”**  
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 24 de junio de 2016.

**PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO**

	NOMBRE	FIRMA
<b>PRESIDENTE</b>	Ing. Casildo Rodríguez Arciniega	
<b>VOCAL</b>	M. en A. O. Martha Lilia Urrutia Vargas	
<b>SECRETARIO</b>	Ing. Victor Hugo Landa Orozco	
<b>1er SUPLENTE</b>	Ing. Arturo Ávila Vázquez	
<b>2do SUPLENTE</b>	Ing. Gilberto Chavarría Ortiz	

NOTA: Los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).  
En caso de que algún miembro del jurado no pueda asistir al examen profesional deberá dar aviso por anticipado al departamento.  
(Art 127 REP)

HHA/Vc

Agradecimientos:

A Dios:

Por darme la vida, sus bendiciones y bondades.

Gracias.

A mis padres:

Por el gran amor, esfuerzo y dedicación que me han dado, enseñándome invaluable principios para formarme como una persona íntegra; por su apoyo incondicional, por su temple para superar esos obstáculos en la vida, son mi ejemplo a seguir. Por todo eso y más... Gracias.

A mi familia:

Por el amor, aprecio y apoyo desinteresado que siempre me han brindado para lograr mis sueños, gracias.

A mí alma mater:

Universidad Nacional Autónoma de México por recibirme con los brazos abiertos en sus bellas instalaciones que son una inspiración para seguir adelante y darme una formación profesional. Por sus profesores que me han transmitido sus sabios conocimientos.... POR MI RAZA, HABLARÁ EL ESPIRITU.

A mi asesora:

Profesora M. en A.O. Martha Lilia Urrutia Vargas, mis más sinceros agradecimientos por toda su paciencia, por verter sus conocimientos y su gran apoyo incondicional y desinteresado para lograr la elaboración de esta tesis.

Al profesor M.V.Z. Alejandro Valdez Santamaría:

Quien me brindo su amistad y su apoyo para la elaboración de esta tesis.

Al Ing. Francisco Gutiérrez Santos:

Por los conocimientos compartidos de manera desinteresada, por ese gran apoyo gracias.

A la mesa de jurado:

Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

M. en A.O. Martha Lilia Urrutia Vargas

Ing. Víctor Hugo Landa Orozco

Ing. Arturo Ávila Vázquez

Ing. Gilberto Chavarría Ortíz

Mi admiración y respeto por los conocimientos adquiridos y por todo el tiempo que dedicaron en revisión de esta tesis, gracias.

A todos mis profesores:

Que sin su guía no tendría el conocimiento que tengo hoy, por su esfuerzo de hacer mejores profesionistas, por su amistad que han confiado en mí y que aprecio en lo más profundo de mi corazón.

A mis amigos:

Con quien he vivido alegrías y tristezas; trabajando codo a codo, superando obstáculos para concluir esta licenciatura.

## Índice General

Resumen.....	1
Capítulo I.....	3
I.1 Introducción .....	3
I.2 Objetivos .....	4
I.3 Hipótesis .....	4
I.4 Metodología .....	4
I.4.1 El método científico.....	4
I.4.2 El método científico en la actualidad.....	6
I.5 Descripción del problema.....	8
I.6 Visión y el ojo humano, órgano receptor de la luz .....	9
I.6.1 Partes del ojo .....	11
I.6.2 Sensibilidad del ojo humano.....	12
I.6.2.1 Defectos del ojo .....	12
I.6.3 Características de visión del ojo humano.....	14
I.6.3.1 Acomodación.....	15
I.6.4 Factores que influyen en la visión.....	15
I.6.4.1 Iluminación .....	17
I.6.4.2 Contraste .....	18
I.6.4.3 Sombras .....	20
I.6.4.4 Deslumbramiento.....	21
I.6.4.5 La ubicación de la fuente de luz.....	24
I.6.4.6 Contraste entre la luminancia de la fuente de luz y de sus alrededores .....	25
I.6.4.6.1 Tiempo de exposición.....	25
I.6.4.6.2 Ambiente cromático .....	26
I.6.4.6.3 Propiedades del color.....	27
Capítulo II .....	28
II.1 Introducción a la iluminación.....	28
II.2 ¿Qué es la luz? .....	28
II.3 Cantidad de iluminación .....	30
II.3.1 Tamaño .....	30

II.3.2 Brillantez .....	30
II.3.3 Contraste .....	31
II.3.4 Tiempo .....	31
II.3.5 Calidad de iluminación .....	32
II.3.6 Iluminación natural .....	34
II.3.6.1 Tipos de iluminación natural .....	37
Capítulo III .....	41
III.1 Clasificación .....	41
III.2 Fuentes artificiales .....	41
III.3 Lámparas incandescentes .....	43
III.3.1 Eficacia .....	44
III.3.2 Vida de la lámpara .....	44
III.3.3 Ventajas de la lámpara incandescente .....	45
III.3.4 Desventajas de la lámpara incandescente .....	45
III.3.5 Lámparas incandescentes ciclo halógeno .....	46
III.4 Lámparas fluorescentes .....	51
III.4.1 Partes principales .....	52
III.4.2 Ventajas de la lámpara fluorescente .....	52
III.4.3 Desventajas de la lámpara fluorescente .....	52
III.4.4 Lámparas del tipo de precalentamiento.....	54
III.4.5 De arranque instantáneo (slimline) .....	55
III.4.6 De arranque rápido .....	56
III.4.7 Lámparas de muy alta emisión y de arranque rápido (HO y VHO) .....	56
III.4.8 Lámparas sin electrodo .....	57
III.4.9 Lámparas de vapor de mercurio.....	64
III.4.9.1 Construcción de la lámpara.....	65
III.4.9.2 Recomendaciones .....	67
III.4.9.3 Balastro para lámparas de vapor de mercurio .....	67
III.4.10 Lámparas de aditivos metálicos .....	69
III.4.10.1 Construcción de la lámpara.....	69
III.4.10.2 Principios y características de operación.....	71

III.4.10.3 Posición de operación .....	72
III.4.10.4 Efecto de la posición de operación .....	73
III.4.10.5 Producción lumínica y mantenimiento .....	74
III.4.10.6 Vida de la lámpara .....	74
III.4.10.7 Recomendaciones.....	75
III.4.11 Aditivos metálicos pulse start.....	75
III.4.12 Lámparas de aditivos metálicos PRO-TECH .....	76
III.5 Lámparas de vapor de sodio a alta presión .....	78
III.5.1 Construcción de la lámpara .....	80
III.5.2 Recomendaciones.....	82
III.6 Lámparas de vapor de sodio a baja presión .....	83
III.7 Lámparas LED (Light Emitting Diode) .....	86
Capítulo IV.....	87
IV.1 Análisis de la situación actual para el proyecto.....	87
IV.2 Fijación de los objetivos del proyecto .....	88
IV.2.1 Definir los objetivos que deberán cumplirse .....	88
IV.2.2 Recopilación de la información.....	88
IV.2.3 La búsqueda de tecnología limpia y segura.....	89
IV.2.4 Autotización.....	89
IV.2.5 Realización de orden de trabajo.....	89
IV.2.6 Organización.....	89
IV.2.7 Identificación y análisis de tareas.....	89
IV.3 Proyecto de iluminación artificial.....	90
IV.3.1 Iluminación suplementaria.....	90
IV.4 Datos para el cálculo.....	91
IV.4.1 Objetivos y especificaciones.....	91
IV.4.1.1 Factores de depreciación no recuperables.....	91
IV.4.1.2 Factores recuperables.....	92
IV.4.1.3 Cálculos.....	92
IV.5 Proyectos .....	92
IV.5.1 Proyectos de iluminación de una nave industrial.....	93

Capítulo V.....	129
V.1 Introducción en el uso de AutoCAD para asistir el diseño de una estancia.....	129
V.2 Uso básico de las herramientas para visual 2.2 Basic.....	132
V.2.1 Diseño básico en visual 2.2 basic.....	139
V.3 Uso básico de las herramientas para visual 2.2 professional .....	145
V.3.1 Diseño básico en visual 2.2 professional.....	157
V.4 Proyecto de nave industrial para maquinado usando visual 2.2 .....	160
Conclusiones.....	165
Anexo A.....	166
Anexo B.....	178
Bibliografía.....	218

## Índice de figuras

### Capítulo I

Figura I.1 Constitución anatómica del ojo humano.....	10
Figura I.2 Comparación del ojo humano con la cámara fotográfica.....	10
Figura I.3 Curva de sensibilidad del ojo humano a las radiaciones monocromáticas.....	12
Figura I.4.a Defecto del ojo Astigmatismo.....	12
Figura I.4.b Defecto del ojo Hipermetropía.....	13
Figura I.4.c Defecto del ojo Miopía.....	13
Figura I.5 Adaptación del ojo a distintas luminancias.....	14
Figura I.6 Adaptación del ojo.....	14
Figura I.7 Acomodación del ojo.....	15
Figura I.8 Principales variables que influyen en la visibilidad y en la eficiencia visual.....	16
Figura I.9 Tipos de contraste.....	18
Figura I.10 Tipos de contraste Fuerte y Débil.....	19
Figura I.11 Sombras suaves y fuertes con bajo y alto relieve.....	20
Figura I.12 Deslumbramiento directo (Luz directa).....	21
Figura I.13 Deslumbramiento indirecto. (Luz reflejada).....	22
Figura I.14 Angulo visual de deslumbramiento.....	23
Figura I.15 Panel o Plafón luminoso.....	23
Figura I.16 Ubicación del plafón luminoso.....	24
Figura I.17 Zona ofensiva.....	24
Figura I.18 Siendo lo correcto el que la luz lo incida lateralmente.....	25

### Capítulo II

Figura II.1 Espectro electromagnético rango de luz visible.....	29
Figura II.2 El factor tamaño para incrementar el ángulo visual.....	30
Figura II.3 Brillantez de acuerdo a la intensidad de luz.....	30
Figura II.4 Contraste entre el objeto y su alrededor.....	31
Figura II.5 Gráfica de nivel de iluminación contra tiempo de percepción.....	31
Figura II.6 El Angulo de incidencia es igual al de reflexión.....	33
Figura II.7 Rayo incidente y rayo refractado.....	33

Figura II.8. Variación del factor de iluminación. Fuente: Manual técnico de higiene industrial. Iluminación.....	36
Figura II.9 Factores de iluminación según el tipo de edificaciones.....	37
Figura II.10 Factores de iluminación.....	37
Figura II.11a Claraboyas paralelas a los techos.....	39
Figura II.11b Cristales perpendiculares al techo.....	39
Figura II.11c Combinación de sistemas.....	40
Figura II.11d Dientes de sierra.....	40

### **Capítulo III**

Figura III.1 Partes Principales de la Lámpara Incandescente.....	43
Figura III.2 Curva de vida de la lámpara incandescente.....	45
Figura III.3 Ciclo halógeno.....	47
Figura III.4 Tipos de lámparas incandescentes y de diodo cuarzo.....	48
Figura III.5 Bases para lámparas incandescentes.....	50
Figura III.6 Lámpara fluorescente.....	52
Figura III.7 Bases para lámparas fluorescentes.....	53
Figura III.8 Tipos de lámparas fluorescentes.....	54
Figura III.9 Pre calentamiento de la lámpara fluorescente.....	54
Figura III.10 Circuito de un balastro para dos lámparas de pre calentamiento en Adelanto-atraso.....	55
Figura III.11 Circuito de adelanto-atraso para dos lámparas de arranque instantáneo.....	55
Figura III.12 Circuito de arranque rápido de un reactor de secuencia en serie para dos lámparas.....	56
Figura III.13 Lámpara de sodio alta presión.....	57
Figura III.14 lámparas de inducción magnética.....	59
Figura III.15 Lámpara de descarga.....	60
Figura III.16 Circuito eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio.....	65
Figura III.17. Partes básicas de la lámpara de Vapor de Mercurio.....	66
Figura III.18 Tamaños y formas de bulbos de lámparas de vapor de mercurio.....	66
Figura III.19 Lámparas de vapor de Mercurio.....	67
Figura III.20 Balastro de factor de baja y alto factor de potencia.....	68

Figura III.21 balastro autorregulado de bajo y alto factor.....	68
Figura III.22 Balastro autotransformador de wattaje constante.....	68
Figura III.23 Balastro constante con circuito serie.....	69
Figura III.24 Lámparas de Aditivos Metálicos Base Arriba (BU).....	70
Figura III.25 Posición de Operación de la Lámpara de Aditivos Metálicos.....	73
Figura III.26 Lámparas de aditivos metálicos PRO-TECH.....	76
Figura III.27 Diagrama esquemático de la lámpara de vapor de sodio.....	79
Figura III.28 Lámpara de Sodio Alta Presión.....	81
Figura III. 29 Construcción Monolítica.....	82
Figura III.30 Formas de bulbos de Sodio Alta Presión.....	83
Figura III.31 Lámpara de Sodio Baja presión.....	85
Figura III.32 distribución Luminosa de la Lámpara de Sodio Baja Presión.....	85
Figura III.33 Lámpara de LED diferentes tipos.....	86

#### **Capítulo IV**

Figura IV.1 Corte frontal del taller de maquinado.....	93
Figura IV.2 Vista en perspectiva con reflectancias.....	94
Figura IV.3 Altura de cavidad de cuarto.....	95
Figura IV.4 Prueba fotométrica de luminario 712.....	96
Figura IV.5 Superficie del techo.....	100
Figura IV.6 Variación de tensión.....	108
Figura IV.7 Rendimiento lumínico por temperatura ambiente.....	109
Figura IV.8 Grafica de lúmenes de salida para lámparas HID en función de ángulo de posición.....	111
Figura IV.9 Gráfica de depreciación por suciedad en superficie de cuarto.....	113
Figura IV.10 Categoría de L.D.D. según tipo de luminario.....	116
Figura IV.11 Grafica de depreciación por suciedad acumulada en función del tiempo según categoría.....	117
Figura IV.12 Espaciamiento correcto para evitar penumbra.....	119
Figura IV.13 Espaciamiento entre luminarios en horizontal y vertical.....	120
Figura IV.14 Altura de cavidad de cuarto.....	121
Figura IV.15 Método punto por punto en un punto a determinada distancia.....	121

Figura IV.16 Ubicación de los luminarios.....	123
Figura IV.17 Puntos a determinar su intensidad luminosa.....	123
Figura IV.18 Determinación de distancia de puntos a luminario.....	124
Figura IV.19 prueba fotométrica de luminario 712.....	125

## **Capítulo V**

Figura V.1 Diseño en Auto-CAD.....	129
Figura V.2 Guardado de archivo.....	130
Figura V.3 Importación de archivo.....	131
Figura V.4 Selección de archivo.....	131
Figura V.5 Diseño importado a visual.....	132
Figura V.6 Partes básicas de visual.....	132
Figura V.7 Sección opciones con pestaña de cálculo.....	133
Figura V.8 Sección opciones con pestaña zona de cálculos.....	134
Figura V.9 Sección opciones con pestaña contornos.....	136
Figura V.10 Sección opciones con pestaña ayudas de dibujo.....	137
Figura V.11 Sección opciones con pestaña ambiente.....	138
Figura V.12 Diseño básico en visual.....	139
Figura V.13 Diseño de cuarto.....	140
Figura V.14 Altura de plano de trabajo.....	141
Figura V.15 Selección de luminario.....	142
Figura V.16 Parámetros.....	143
Figura V.17 Fijación de zona de cálculo.....	144
Figura V.18 Zonas de cálculo.....	144
Figura V.19 Estadísticas.....	145
Figura V.20 Partes básicas Visual Professional.....	145
Figura V.21 Catalogo de luminarios.....	146
Figura V.22 Búsqueda de luminarios.....	147
Figura V.23 Catalogo de luminarios con luminario seleccionado.....	147
Figura V.24 Sección opciones con pestaña calculo.....	148
Figura V.25 Sección opciones con pestaña zonas de cálculo.....	150
Figura V.26 Sección opciones con pestañas contornos.....	152

Figura V.27 Sección opciones con pestaña ayudas de dibujo.....	153
Figura V.28 Sección opciones con pestaña ambiente.....	154
Figura V.29 Sección opciones con pestaña luminarios.....	156
Figura V.30 Figura Irregular.....	157
Figura V.31 Figura Extruida.....	158
Figura V.32 Catalogo de luminarios.....	159
Figura V.33 Zona de cálculo.....	159
Figura V.34 Estadísticas.....	160
Figura V.35 Diseño de nave industrial.....	162
Figura V.36 Modificación de F.M. dentro del catálogo de luminarios.....	162
Figura V.37 Zona de cálculo en nave industrial.....	163
Figura V.38 Estadísticas.....	164

## **RESUMEN**

Al hablar sobre la iluminación nos referimos al sentido que más utiliza el hombre, que es la visión y los ojos que son los órganos que nos permite ver; el concepto de visión permite describir y detectar la luz; la visión, en sí misma, es una capacidad que han desarrollado el ser humano incluido los animales a partir de su estructura ocular, teniendo a su alcance la luz natural, pero el ser humano requiere de una iluminación artificial para poder producir y transformar su materia prima las 24 horas y para desarrollar tareas en lugares de difícil acceso a una iluminación natural o durante horas en la que la luz natural no es suficiente.

Es por esto que son requeridas instalaciones donde la iluminación debe satisfacer las necesidades de los usuarios según las tareas que realicen. La intensidad de iluminancia (ver anexo A) en el área específica con los niveles de iluminación requeridos (ver anexo B) es un factor importante, el nivel de iluminación debe ser uniforme en todas las áreas de trabajo ya sean verticales u horizontales según el trabajo que se requiera, para evitar zona oscura o demasiado iluminadas, logrando que los niveles de iluminación que nos proporcionan los luminarios cumplan las normas aplicables según la I.E.S.N.A. y la S.M.I.I.

En cualquier área que se trabaje ya sea trabajo de oficina o industrial, tenemos que tomar en cuenta el deslumbramiento que es un factor que se tiene que evitar ya que produce molestias al usuario disminuyendo su capacidad para distinguir los objetos en su entorno y no trabajar en un ambiente agresivo como áreas con deslumbramiento directo que se presenta cuando la fuente de luz se enfoca directamente o reflejado por superficies de gran reflectancia. Para el alumbrado también es necesario conocer qué equipo cumple con todas las características que nos piden las normas mexicanas e internacionales, por lo que tenemos que seleccionar que tipo de lámparas, balastos, luminarios y si es necesario usar refractores, reflectores o difusores.

Para poder diseñar y calcular a mano el proyecto de iluminación se utiliza la Ingeniería de iluminación aplicando el método de Lumen o por el de comprobación Punto por Punto, la cantidad de luminarios y su distribución es necesario los planos arquitectónicos de la distribución de la maquinaria, el tipo de trabajo que se realiza en el área analizada, que

producto se elabora para ver si es área clasificada o no, si los productos que se elaboran tienen diferentes colores que al seleccionar una fuente de luz artificial no cumplen con los requerimientos, los niveles de iluminancia promedio y de iluminancia mínima en un punto dado para que cumpla con los requerimientos de iluminancia y uniformidad en el área de trabajo.

El cálculo de iluminancia en el área de trabajo es para ayudar al diseñador a evaluar la uniformidad de iluminación, para usar luminarios con la información técnica adecuada escogiendo la curva fotométrica, cumplan las recomendaciones de espaciamiento máximas y proporcionar los niveles de iluminación de acuerdo a las recomendaciones del I.E.S.N.A. y la S.M.I.I. adecuados a la actividad correspondiente y que deban ser verificados en el sitio de instalación. En la actualidad en el mercado de la industria eléctrica hay diferentes Software que nos proporcionan los cálculos de Ingeniería de Iluminación que agilizan los cálculos que nos tardábamos mucho tiempo y por lo consiguiente se podría tener errores.

Utilizando el software Visual que es especial para el cálculo de áreas interiores, exteriores, deportivas, túneles, es posible verificar los cálculos y dar un mayor diseño de iluminación en el cálculo de número de luminarios y al instalar el equipo poder visualizar la uniformidad en el área de trabajo. Y es por eso que se harán los cálculos y diseño de iluminación en áreas interiores de oficinas y áreas industriales por medio del cálculo teórico de ingeniería de iluminación y la comprobación por medio del Software Visual.

Palabras claves: luz, contraste, brillo, tiempo de exposición, Iluminancia, Método de Lumen, Método punto por punto.

## **CAPÍTULO I.**

### **I.I.-INTRODUCCIÓN**

La iluminación artificiales es indispensable para las áreas industriales, ya que con la luz natural no se obtiene suficiente iluminación y está restringida de acuerdo a la época de las estaciones del año y la horas de trabajo de la industria desde la mañana hasta la tarde con diferentes intensidades de luz durante ese periodo de tiempo; es necesaria una iluminación específica para cada una de las áreas de trabajo. Con la elaboración de esta investigación se busca emplear la mejor y más conveniente iluminación en interiores según sea su uso y lugar, basado en diversos puntos a considerar, además del uso de un análisis por software que simula las condiciones de iluminación según el material usado y las cualidades del recinto.

Para la elaboración de un proyecto de iluminación en la industria, es necesario tomar en cuenta diferentes factores que son necesarios para una iluminación correcta, evitando en todo momento la fatiga visual y el deslumbramiento; esta tesis está enfocada en el desarrollo de esos factores para proveer las herramientas necesarias para las actividades que se realicen. Estudiaremos al ojo humano; los factores que influyen en la visión; las fuentes principales de generación de luz para áreas industriales que son: la luz natural y la luz artificial y el cálculo del método de iluminación que está determinado por la naturaleza del área de trabajo, la forma del espacio que se ilumina y el tipo de estructura del techo y todo el entorno.

La iluminación interior se mide sobre el plano de trabajo, sabemos que la iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Los cálculos de iluminación varían de acuerdo con la relación longitud del local/altura sobre el plano de trabajo. Este proyecto debe definirse para el diseño de la edificación, considerándose las necesidades de la clase de trabajo. Hay que señalar que los diferentes tipos de edificios proporcionan factores de iluminación diferentes, y que una vez construidos, es muy difícil y costoso aumentar la iluminación natural en su interior.

## **I.2.-OBJETIVOS:**

En la elaboración de esta tesis se dan los procedimientos teóricos prácticos del estudio en Ingeniería de Iluminación, con los diferentes materiales y procedimientos para una correcta iluminación en un recinto confinado iluminación en interiores para naves industriales.

- Desarrollar el cálculo de iluminación por medio de los métodos de Lumen y de punto por punto.
- Comprobar el adecuado diseño de iluminación utilizando software especializado para facilitar y acelerar los proyectos de iluminación.

## **I.3.- Hipótesis:**

La iluminación mediante calculo y método Tradicional es el más confiable para conocer la fotometría de un área interior, sin embargo, la tecnología para la medición de iluminación ha avanzado de manera que es tan confiable como el método de cálculo tradicional adicionándole velocidad pues los cálculos los hace el programa además de la facilidad de poder hacer el diseño en 3D y mostrar todos sus datos con una gran exactitud.

## **I.4.-METODOLOGÍA:**

Para llevar a cabo el presente trabajo de investigación, se utilizaron los principios teóricos del método científico el cual es una serie de pasos sistemáticos e instrumentos que nos lleva a un conocimiento científico. Estos pasos nos permite llevar a cabo nuestro estudio de caso.

### **I.4.1.-EL "MÉTODO CIENTÍFICO".**

Se entiende aquellas prácticas utilizadas y ratificadas por la comunidad científica como válidas a la hora de proceder con el fin de exponer y confirmar sus teorías. Las teorías científicas, destinadas a explicar de alguna manera los fenómenos que observamos, pueden apoyarse o no en experimentos que certifiquen su validez. Sin embargo, hay que dejar claro que el mero uso de metodologías experimentales, no es necesariamente sinónimo del uso del método científico, o su realización al 100%. Por ello, **Francis Bacon** argumenta que el método científico de la siguiente manera:

1. **Observación:** Observar es aplicar atentamente los sentidos a un objeto o a un fenómeno, para estudiarlos tal como se presentan en realidad.
2. **Inducción:** La acción y efecto de extraer, a partir de determinadas observaciones o experiencias particulares, el principio particular de cada una de ellas.

3. **Hipótesis:** Planteamiento mediante la observación siguiendo las normas establecidas por el método científico.
4. **Probar la hipótesis por experimentación.**
5. **Demostración o refutación (antítesis) de la hipótesis.**
6. **Tesis o teoría científica (conclusiones).**

Esta definición corresponde, sin embargo, a la visión de la ciencia denominada positivismo en su versión más primitiva. Es evidente que la exigencia de la experimentación es imposible de aplicar a áreas de conocimiento como la vulcanología, la astronomía, la física teórica, etcétera. En tales casos, es suficiente la observación de los fenómenos producidos naturalmente, en los que el método científico se utiliza en el estudio directo o indirecto a partir de modelos más pequeños, o a partes de éste.

Existen ciencias no incluidas en las ciencias naturales, especialmente en el caso de las ciencias humanas y sociales, donde los fenómenos no sólo no se pueden repetir controlada y artificialmente, sino que son, por su esencia, irrepetibles como la historia. De forma que el concepto de método científico ha de ser repensado, acercándose más a una definición como la siguiente:

*"proceso de conocimiento caracterizado por el uso constante e irrestricto de la capacidad crítica de la razón, que busca establecer la explicación de un fenómeno ateniéndose a lo previamente conocido, resultando una explicación plenamente congruente con los datos de la observación".*

En este sentido, debemos entender por: método o proceso científico, aquellas prácticas utilizadas y ratificadas por la comunidad científica como válidas a la hora de proceder con el fin de exponer y confirmar sus teorías. Las teorías científicas, destinadas a explicar de alguna manera los fenómenos que observamos, pueden apoyarse o no en experimentos que certifiquen su validez.

**A su vez, Bunge** (Bunge, 1990) lo llama como Método General de la Ciencia o El Método Científico, argumentado: Es un procedimiento, es la estrategia de la investigación científica que afecta todo el ciclo completo de la investigación y que es independiente del tema en estudio.

Los pasos del Método Científico de toda investigación son:

1. Descubrimiento del problema o laguna en un conjunto de conocimientos.
2. Planteamiento preciso del problema.
3. Búsqueda de conocimientos o instrumentos relevantes al problema.
4. Tentativa de solución del problema con ayuda de medios identificados.
5. Invención de una nueva idea (hipótesis, teorías o técnicas) o producción de nuevos datos empíricos que prometen resolver el problema.
6. Obtención de una solución (exacta o aproximada) del problema, con ayuda de los instrumentales conceptuales o empíricos disponibles.
7. Investigación de las consecuencias de la solución obtenida.
8. Puesta a prueba (contrastación) de la solución; confrontación de ésta con la totalidad de las teorías y de la información empírica pertinente.
9. Corrección de las hipótesis, teorías, procedimientos o datos empleados en la obtención de la solución correcta.

Para **Santiago Zorrilla Arena** el método “es la clave para llegar a la verdad, ya que se levanta sobre la base de la problemática de la relación entre nuestros pensamientos y los objetos”. Aclara que el método científico sigue el camino de la duda sistemática y aprovecha el análisis, la síntesis, la deducción y la inducción, lo que quiere decir que contiene las operaciones lógicas en general. Zorrilla Arena agrega que el método científico opera con conceptos, hipótesis, definiciones, variables e indicadores que son sus elementos básicos que proporcionan los recursos e instrumentos intelectuales con los que se ha de trabajar para conseguir el sistema teórico de la ciencia.

#### **I.4.2.- EL MÉTODO CIENTÍFICO EN LA ACTUALIDAD. (ROSENBLURTH, 1971)**

La historia reciente de la ciencia está marcada por el continuo refinado del conocimiento adquirido y el desarrollo tecnológico, acelerado desde la aparición del método científico. Si bien las revoluciones científicas de principios del siglo XX estuvieron ligadas al campo de la física a través del desarrollo de la mecánica cuántica y la relatividad general, en el siglo XXI la ciencia se enfrenta a la revolución biotecnológica.

El desarrollo moderno de la ciencia avanza en paralelo con el desarrollo tecnológico, impulsándose ambos campos mutuamente. Si realizáramos una revisión en la literatura mundial, detectaremos que las investigaciones se originan a partir de ideas, las cuales pueden provenir de distintas fuentes y la calidad de dichas ideas está relacionada con la fuente de la

que proviene. Con frecuencia, las ideas son vagas y deben traducirse en problemas más concretos de investigación, para lo cual se requiere una revisión bibliografía sobre la idea.

Las buenas ideas deben alentar al investigador, ser novedosas y servir para la elaboración de teorías y la resolución de problemas. Se tiene otros tipos de investigación; en este caso, se toma como criterio el lugar y los recursos donde se obtiene la información requerida. Un tipo de investigación es el Descriptivo, estos estudios descriptivos<sup>1</sup> buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos, o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

Y los estudios correlacionales según Sampieri (Sampieri, 2007) miden el grado de correlación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular. Y el enfoque cualitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

La investigación no experimental. Se entiende por investigación no experimental cuando se desarrolla es estudio sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se observa el fenómeno en su medio ambiente natural para después ser analizado.

El tipo de investigación (<http://tgrajales.net/investipos.pdf>) que en esta propuesta de investigación es mixta. La cual está comprendida por la Investigación Documental y la de Campo. La investigación documental es aquella que se realiza a través de la consulta de documentos como libros, revistas, periódicos, memorias, anuarios, registros, códigos, constituciones.

Una investigación de campo, representa una investigación directa, en virtud, e que ésta se efectúa en el lugar y tiempo en que ocurren los fenómenos objeto de estudio. Bajo la perspectiva anterior, la investigación mixta es aquella en que participa la naturaleza de la investigación documental y de la investigación de campo. (Zorrilla, 1998)

---

<sup>1</sup> (Danke, 1989)

## **1.5.-DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

El propósito de la iluminación en la industria es proporcionar una visibilidad eficiente y cómoda en el trabajo, así como ayudar a mantener un ambiente seguro. Todo establecimiento de trabajo debe disponer de iluminación adecuada en cantidad y calidad, de acuerdo con las operaciones que se realicen. El trabajo en la industria es de gran variabilidad; incluye tareas visuales de objetos pequeños o muy grandes, finos o gruesos, y de formas diversas. Entre más fino es el trabajo, mayor debe ser el nivel de cantidad y calidad del alumbrado.

El tamaño del objeto tiene importancia en el proceso visual. Entre más grande es un objeto respecto al ángulo visual más rápidamente puede verse. La agudeza visual indica la medida del detalle más pequeño que puede percibirse visualmente. Esta agudeza mejora con el aumento de iluminación. El brillo depende de la intensidad de la luz que incide sobre el objeto y de la proporción que se refleja en dirección al ojo. Recibiendo la misma iluminación, una superficie blanca tendrá un brillo mayor que una negra. Sin embargo, si esta recibe suficiente luz mediante iluminación artificial, es posible llegar a hacerla tan brillante como la blanca. Entonces entre más oscuro sea un objeto, se requeriría mayor iluminación para lograr una mejor visibilidad.

El contraste se refiere a la diferencia de intensidad de luz, luminancia entre el objeto visual y los alrededores. La reducción de las diferencias de contraste se consigue con niveles de iluminación altos. La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere tiempo. El ojo puede ver detalles muy pequeños con niveles bajos de iluminación pero empleando un tiempo suficiente. Para una visión rápida se requiere mayor cantidad de luz. El factor tiempo es importante cuando el objeto visual está en movimiento. Los niveles altos de iluminación hacen que los objetos en movimiento parezcan, moverse más despacio, en esta forma aumenta su visibilidad.

El tamaño, el contraste y a veces el tiempo disponible para ver el objeto son factores que se relacionan mutuamente e inherentes a la tarea visual. En la mayor parte de los casos, el tamaño es un factor fijo del proceso visual. Los demás factores son susceptibles de modificación; especialmente el contraste y el brillo pueden mejorar el proceso visual cuando

existen condiciones desfavorables de tamaño pequeño y de tiempo reducido. Y la cantidad de la luz necesaria es aquella con la que el operador puede realizar el trabajo sin esfuerzo ni agotamiento visual y con seguridad. La cantidad de luz adecuada depende del tipo de trabajo que se realiza, de la fineza de los detalles que se van a observar, del color y reflectancias del objeto y del medio circundante.

De la actividad que se realiza, se puede establecer tres niveles de iluminación: mínimo, para zonas de circulación, mínimo para locales de trabajo; y óptimo para locales de trabajo. Para los dos primeros niveles considera el nivel mínimo de iluminación para la percepción y el reconocimiento del rostro humano sin esfuerzo de acomodación. En el nivel óptimo tiene mayor importancia la tarea visual. Por todo lo anterior es necesario comprender todos los conceptos anteriores para poder hacer un proyecto de iluminación, teórico práctico de cálculo de iluminación para interiores.

#### **I.6.- VISIÓN Y EL OJO HUMANO, ÓRGANO RECEPTOR DE LA LUZ.**

El concepto de visión permite describir al sentido que le brinda a distintos organismos la posibilidad de detectar la luz; la visión, es una capacidad que han desarrollado en el ser humano y los animales a partir de su estructura ocular. En el ojo del ser humano: es un órgano foto receptor, cuya función, consiste en recibir los rayos luminosos presentes en el mundo exterior y transformarlos en impulsos eléctricos que son conducidos al centro nervios de la visión en el cerebro. La estructura del ojo es similar en funcionamiento al de un instrumento mecánico.

El ojo consiste en un sistema de lentes, un diafragma ajustable y una pantalla. El diafragma es el iris y la pantalla es la retina. Cuando la luz entra en el ojo, atraviesa primero la córnea, que es la porción externa y transparente del ojo. Dado que la córnea es curva, los rayos de luz se desvía y esto permite que la luz pase desde la pupila hasta el cristalino. El iris, o la parte coloreada del ojo, regulan la cantidad de luz que entra en el ojo con los músculos ciliares; estos músculos hacen que la pupila se contraiga cuando está expuesta a luz excesiva o que se dilate cuando hay muy poca luz.

Cuando la luz impacta sobre la superficie curva del cristalino, refracta y se centra en la retina, la retina convierte la luz en energía eléctrica y estimula las terminales del nervio óptico que son llamados conos y bastones. Esta energía pasa a través del nervio óptico hasta el tronco encefálico y, finalmente al lóbulo occipital, donde se convierte en imagen. El ojo es el órgano fisiológico mediante el cual se experimentan las sensaciones de luz. Es importante aclarar que el ojo humano ve brillantez y no iluminación. Todo objeto visible tiene brillantez. La brillantez es ordinariamente independiente de la distancia. En la figura, se representa un corte longitudinal esquemático del ojo humano, en el que se puede apreciar su constitución anatómica.

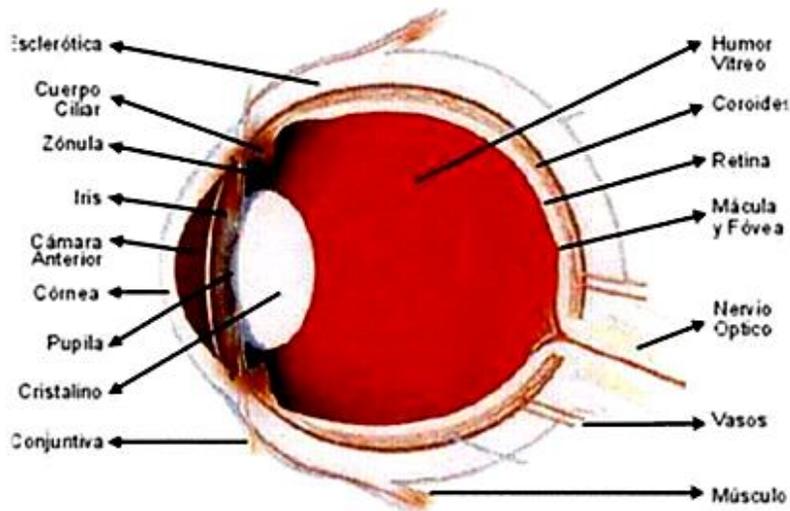


Figura I.1 Constitución anatómica del ojo humano. (<http://elcuerpodehumano.blogspot.mx>, s.f.)

El ojo humano es constantemente comparado con una cámara fotográfica ya que su funcionamiento es muy similar.

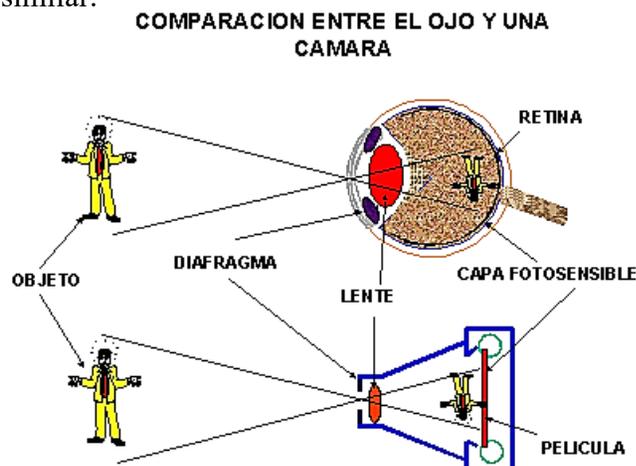


Figura I.2.-Comparación del ojo humano con la cámara fotográfica. (ÓPTICA, s.f.)

## **I.6.1.- PARTES DEL OJO**

**I.6.1.a.-BASTONES.-** Son los sensores sensibles a bajos niveles de iluminación pero no resuelven los colores, se podría decir que se ve con ellos en blanco y negro. Su número aumenta a medida que aumenta la distancia desde la fovea y nos sirven para ver el conjunto, es decir visión periférica.

**I.6.1.a.-CONOS.-** Son los sensores que detallan los objetos finos y perciben el color; siendo insensibles en bajos niveles de iluminación. Su mayor concentración está en la fovea donde se encuentran solamente conos y es donde se forma la imagen que va a ser analizada en detalle.

**I.6.1.b.-CORNEA.-** Es la porción transparente de la esclerótica (membrana envolvente del ojo) que se encuentra al frente formando parte del sistema refractor.

**I.6.1.c.-CRISTALINO.-** Es una cápsula transparente a modo de lente colocada atrás del iris y tiene la propiedad de variar su curvatura para enfocar objetos distantes o cercanos. Este ajuste lo efectúan los músculos ciliares.

**I.6.1.d.-IRIS.-** Es la parte del ojo que al funcionar como un diafragma, regula la cantidad de luz que penetra en el ojo.

**I.6.1.e.-MÚSCULOS CILIARES.-** Músculos de forma circular que ajustan la tensión en el lente cambiando su curvatura para enfocar objetos cercanos o distantes.

**I.6.1.f.-PÁRPADO.-** Parte del ojo que lo protege y que bajo condiciones de extremada brillantez lo ayuda a regular la cantidad de luz que llega.

**I.6.1.g.-PUNTO CIEGO.-** Es el punto en el cual se une la retina al nervio óptico y en el cual no hay terminales sensibles.

**I.6.1.h.-PUPILA.-** Es una abertura en el centro del iris por la cual pasa la luz, su tamaño está regulado por los movimientos involuntarios del iris.

**I.6.1.i.-RETINA.-** Es la parte interna del ojo que es sensible a la luz y está formada por una serie de ramificaciones nerviosas que conectan con el nervio óptico. Estas ramificaciones terminan en los conos y los bastones.

El ojo no es sensible por igual a todas las longitudes de onda. Además, la sensibilidad varía según los individuos y aún en un mismo individuo varía según su edad.

## I.6.2.- SENSIBILIDAD DEL OJO HUMANO.

El ojo humano tiene su mayor sensibilidad para tonalidades comprendidas en las longitudes de onda de 5500 Å en intensidades de iluminación alta, la que recibe el nombre de visión diurna. Para intensidades de iluminación baja, la sensibilidad del ojo humano tiene su máxima eficiencia a 5070 Å y se conoce como visión nocturna.

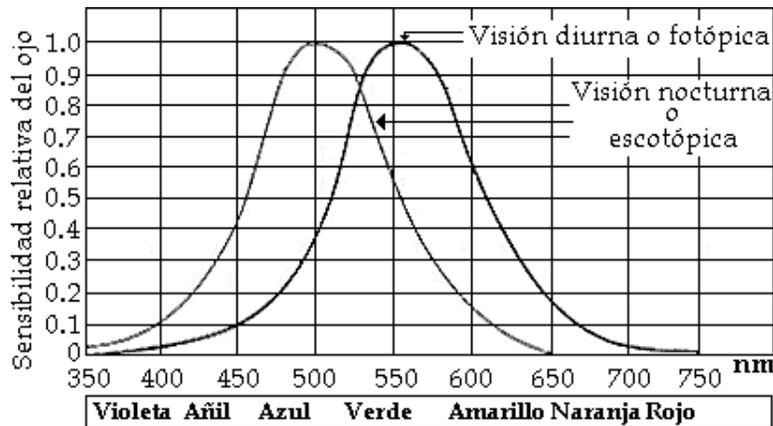


Figura I.3. Curva de sensibilidad del ojo humano a las radiaciones monocromáticas.

(I.E.S.N.A, 1968)

### I.6.2.1.- DEFECTOS DEL OJO.

Las cuatro causas principales más comunes de tener una visión defectuosa son:

**I.6.2.1.a.- ASTIGMATISMO.-** Consiste en la imposibilidad de traer las líneas horizontales y verticales al mismo tiempo y al mismo lugar. Esta condición resulta de irregularidades en la curvatura de la córnea y del cristalino.

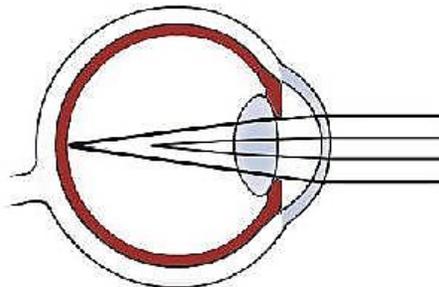


Figura I.4.a Defecto del ojo Astigmatismo (Vision, s.f.)

**I.6.2.1.b.-HIPERMETROPÍA.-**En este caso la distancia focal del ojo es muy grande y el punto focal o imagen virtual se encuentra detrás de la retina.

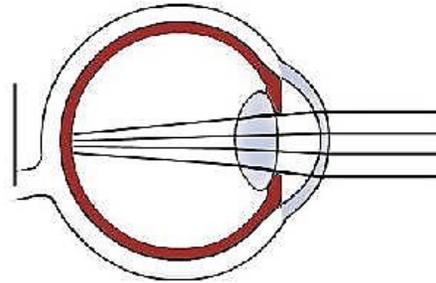


Figura I.4.b Defecto del ojo Hipermetropía (Vision, s.f.)

**I.6.2.1.c.-MIOPÍA.-** La distancia focal del ojo miope es demasiado corta y los rayos de luz tienen su foco al frente de la retina en lugar de caer en ella.

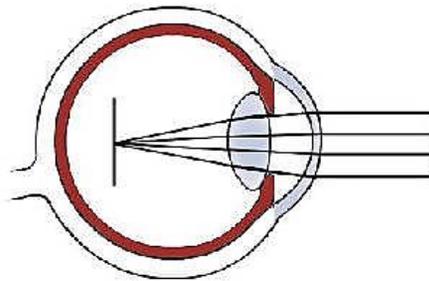


Figura I.4.c Defecto del ojo Miopía (Vision, s.f.)

**I.6.2.1.d.-PRESBIOPIA.-** Consiste en la pérdida del poder de acomodo del cristalino. A mediana edad y principalmente en la vejez el cristalino se vuelve menos elástico y el proceso de acomodo se torna más difícil. Este es un proceso normal de la edad, se presenta aún en personas que nunca han padecido ningún trastorno en la visión. El poder de enfoque del ojo, que depende de la elasticidad inherente del cristalino, se pierde gradualmente con el proceso de envejecimiento. Esto provoca una disminución gradual de la capacidad del ojo para enfocar los objetos que se encuentran a poca distancia.

### I.6.3.- CARACTERÍSTICAS DE VISIÓN DEL OJO HUMANO.

**I.6.3.1.-ADAPTACIÓN.-** Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes luminancias de los objetos. Este ajuste lo realiza la pupila en su movimiento de cierre y apertura. En las máquinas fotográficas se hace por medio del diafragma.

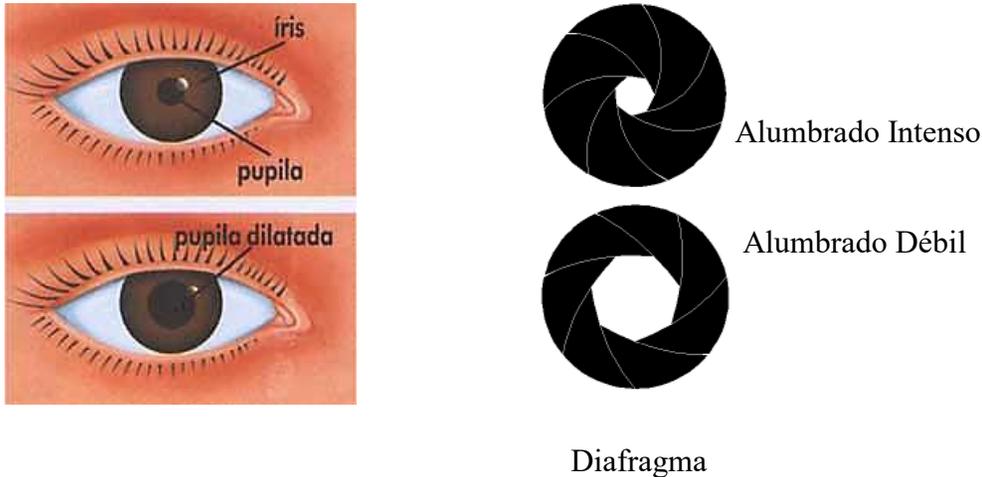


Figura I.5. Adaptación del ojo a distintas luminancias. (funcionamiento, s.f.)

Si la iluminación es muy intensa, la pupila se contrae reduciendo la luz que llega al cristalino, y si es escasa, se dilata para captarla en mayor cantidad. En iluminaciones de valores muy altos, la pupila se reduce a un diámetro de aproximadamente 2 milímetros, y en iluminaciones muy bajas, se abre hasta aproximadamente 8 milímetros. Cuando se pasa de un local muy iluminado a otro casi a oscuras, el ojo se ve sometido a un proceso de adaptación para cuyo ajuste total necesita unos 30 minutos; mientras que por el contrario, cuando se pasa de un local a oscuras a otro bien iluminado, dicho período es de solo unos segundos.



Figura I.6. Adaptación del ojo (oscuridad, s.f.)

**I.6.3.1.-ACOMODACIÓN.-** Es la capacidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes distancias de los objetos, y obtener de esta forma imágenes nítidas en la retina. Este ajuste se efectúa variando la curvatura del cristalino y con ello la distancia focal por la contracción o distensión de los músculos ciliares. Si el objetivo se encuentra próximo al ojo, la curvatura del cristalino se hace mayor que cuando está lejos. En la máquina fotográfica el ajuste se hace variando la distancia entre el objetivo y la película. La capacidad de acomodación del ojo disminuye con la edad a consecuencia del endurecimiento del cristalino.

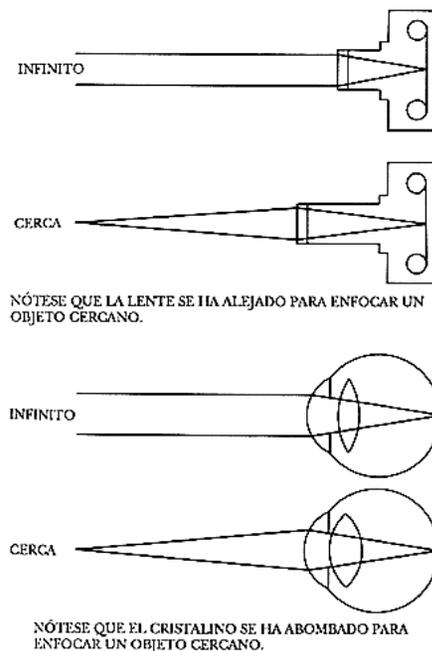


Figura I.7. Acomodación del ojo (optometria, s.f.)

#### **I.6.4.- FACTORES QUE INFLUYEN EN LA VISIÓN.**

La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere tiempo. El ojo puede ver detalles muy pequeños con niveles bajos de iluminación pero empleando un tiempo suficiente. Para una visión rápida se requiere más luz. El factor tiempo es importante cuando el objeto visual está en movimiento. Los niveles altos de iluminación hacen que los objetos en movimiento parezcan, moverse más despacio, en esta forma aumenta su visibilidad. El tamaño, el contraste y a veces el tiempo disponible para ver el objeto son factores que se relacionan mutuamente e inherentes a la tarea visual.

En la mayor parte de los casos, el tamaño es un factor fijo del proceso visual. Los demás factores son susceptibles de modificación; especialmente el contraste y el brillo pueden mejorar el proceso visual cuando existen condiciones desfavorables de tamaño pequeño y de tiempo reducido Figura 8.

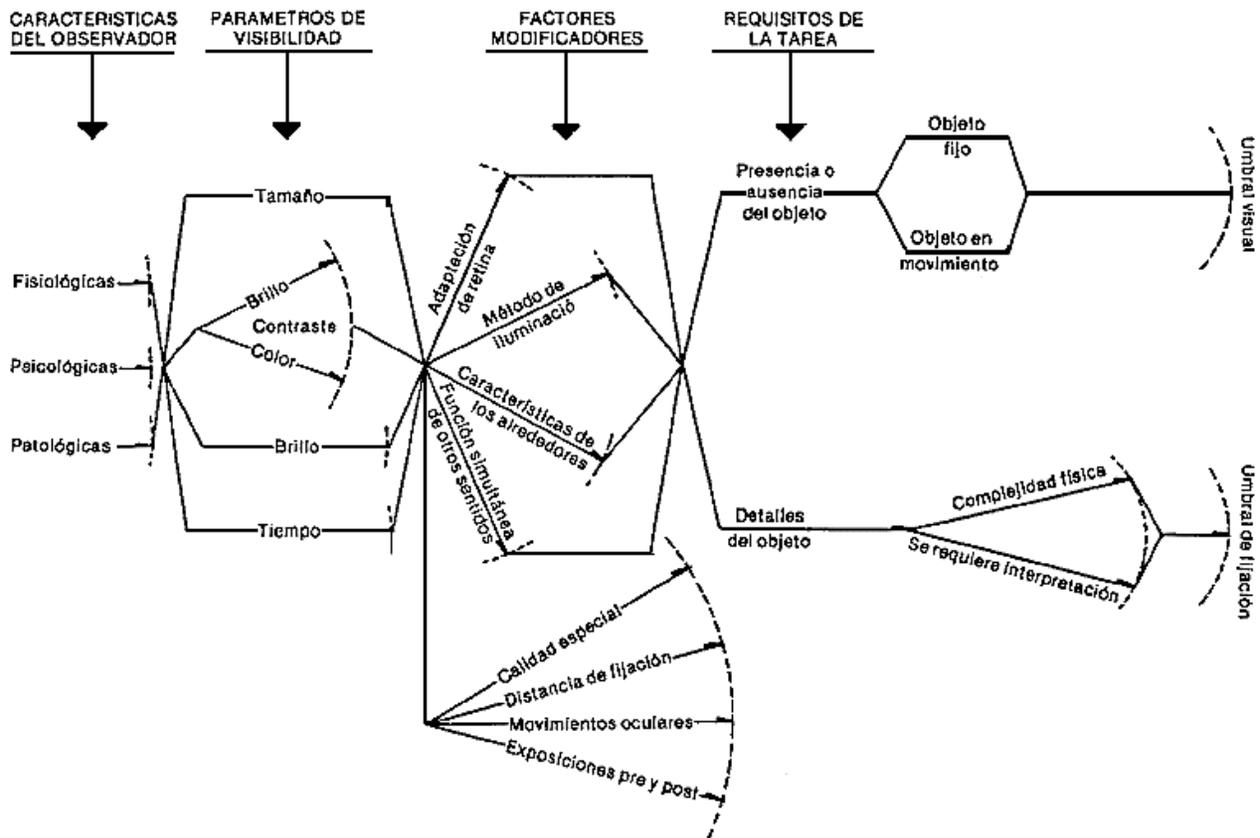


Figura I.8. Principales variables que influyen en la visibilidad y en la eficiencia visual. (C., 2004)

Sin luz no hay visión, pues el ojo no puede transmitir a nuestro cerebro ninguna información de todo cuanto nos rodea. En la percepción visual de los objetos influyen los siguientes factores:

- Iluminación.
- Contraste.
- Sombras.
- Deslumbramiento.
- Ambiente Cromático o Color.

Todos guardan una relación entre sí y cualquiera de ellos puede tener un valor decisivo. La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere tiempo. El ojo puede ver detalles muy pequeños con niveles bajos de iluminación pero empleando un tiempo suficiente. Para una visión rápida se requiere más luz. El factor tiempo es importante cuando el objeto visual está en movimiento. Los niveles altos de iluminación hacen que los objetos en movimiento parezcan, moverse más despacio, en esta forma aumenta su visibilidad.

El tamaño, el contraste y a veces el tiempo disponible para ver el objeto son factores que se relacionan mutuamente e inherentes a la tarea visual. En la mayor parte de los casos, el tamaño es un factor fijo del proceso visual. Los demás factores son susceptibles de modificación; especialmente el contraste y el brillo pueden mejorar el proceso visual cuando existen condiciones desfavorables de tamaño pequeño y de tiempo reducido

#### **I.6.4.1.-ILUMINACIÓN.**

En numerosas investigaciones se ha podido comprobar que la capacidad visual depende de la iluminación y que ésta afecta el estado de ánimo de las personas, a su aptitud para desarrollar un trabajo, a su poder de relajación. Cada actividad requiere una determinada iluminación nominal que debe existir como valor medio en la zona en que se desarrolla la misma. El valor medio de iluminación para una determinada actividad está en función de una serie de factores entre los que se puede citar:

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

Cuanto mayor sea la dificultad para la percepción visual, mayor debe ser el nivel de iluminación. Esta dificultad se acentúa mucho más en las personas de edad avanzada, de ahí que éstas necesiten más luz que los jóvenes para realizar un trabajo con igual facilidad. Se ha comprobado que mientras un niño de diez años, para leer normalmente una página de un libro con buena impresión, necesita un nivel medio de iluminación de 175 LUX, una persona de

cuarenta años precisa 500 LUX, y otra de sesenta años 2500 LUX. Considerando todos estos factores se han fijado unos valores mínimos de iluminación para cada cometido visual que se indican en las normas correspondientes.

#### I.6.4.2.- CONTRASTE.

El ojo sólo aprecia diferencias de luminancia. La diferencia de luminancia entre el objeto que se observa y su espacio inmediato, es lo que se conoce por contraste. Los trabajos que requieren gran agudeza visual precisan de un mayor contraste.

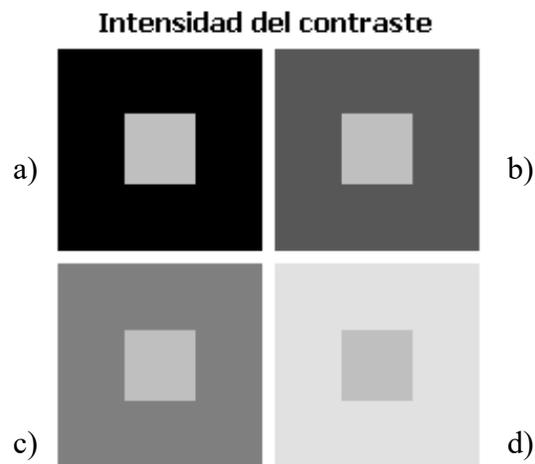


Figura I.9. Tipos de contraste. (equilibrado, s.f.)

Las mejores condiciones visuales se consiguen cuando el contraste de luminancia entre el objeto visual y las superficies circundantes se mantiene dentro de unos límites determinados. Un ejemplo de ello es la figura (a) y (b), que presentan un contraste fácil de distinguir mientras que el (c) y el (d) ofrecen mayor dificultad. Combinando bien los grados de reflexión de las superficies de un recinto, se obtiene una disminución armónica de la luminancia, produciéndose con ello un contraste fácil de distinguir. La relación de luminancias en el campo visual no debe ser menor de 1: 3, ni mayor de 3: 1

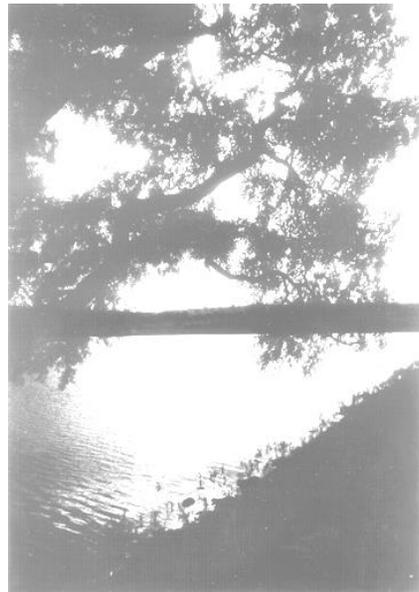
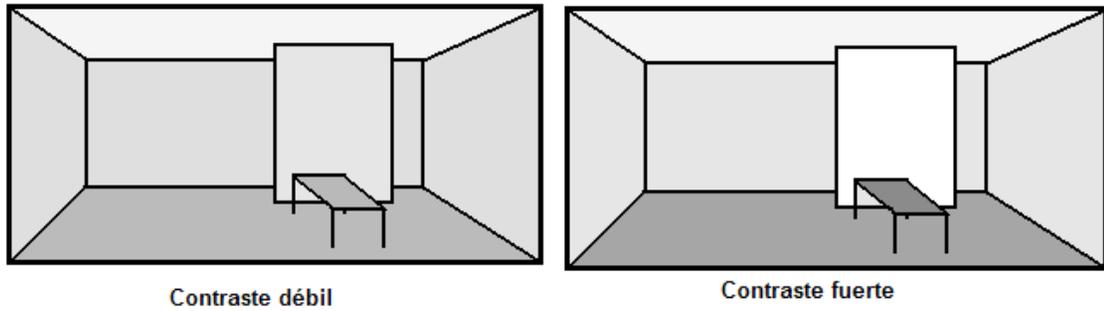


Figura I.10.- Tipos de contraste Fuerte y Débil (contraste, s.f.)

También existe un contraste de colores, en la tabla 1, hemos reunido algunos de estos.

T A B L A 1

**Contraste de colores en orden decreciente.**

<b>Color de objeto.</b>	<b>Color de fondo.</b>
Negro.	Amarillo.
Verde.	Blanco.
Rojo.	Blanco.
Azul.	Blanco.
Blanco.	Azul.
Negro.	Blanco.
Amarillo.	Negro.
Blanco.	Rojo.
Blanco.	Verde.
Blanco.	Negro.

### **I.6.4.3.-SOMBRAS.**

Si no tuviéramos dos ojos, no veríamos los objetos en relieve, es decir unos más cerca que otros. Ello se debe a que en cada ojo se forma una imagen ligeramente distinta y al ajustarse las dos en el cerebro dan la sensación de relieve.



Sombras suaves con luz difusa.  
**Bajo efecto de relieve.**



Sombras fuertes con luz dirigida.  
**Alto efecto de relieve.**

Figura I.11.- Sombras suaves y fuertes con bajo y alto relieve (Sombras, s.f.)

Para poder captar el relieve de los objetos es preciso que éstos presenten una zona menos iluminada que otras. Estas zonas menos iluminadas son las sombras, las cuales destacan las formas plásticas de los objetos. Las sombras en sí son el resultado de una diferencia de luminancia respecto a zonas más iluminadas. Se distinguen dos clases de sombras: fuertes y suaves.

Sombras fuertes son las que resultan de iluminar un objeto con luz dirigida intensa desde un punto determinado más o menos alejado, y se caracterizan por su profunda oscuridad y dureza con alto efecto de relieve. En contraposición a las sombras fuertes, las sombras suaves son las que resultan de iluminar un objeto con luz difusa y se caracterizan por su suavidad y menor efecto de relieve.

#### I.6.4.4.- DESLUMBRAMIENTO.

El deslumbramiento es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir objetos, o ambas cosas a la vez, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo. Este fenómeno actúa sobre la retina del ojo en la cual produce una enérgica reacción fotoquímica, insensibilidad durante un cierto tiempo transcurrido, en el cual vuelve a recuperarse.

El deslumbramiento por fuentes de luz y luminarios se denomina directo, y el producido desde superficies reflejado. Para evaluar el deslumbramiento directo deben analizarse los siguientes factores:

- Brillo de la fuente de luz
- Tamaño de la fuente artificial. Un área grande de bajo brillo, o un cierto número de lámparas de bajo brillo pueden ser tan molestas como una sola fuente pequeña de alto brillo.
- Posición de la fuente. El deslumbramiento decrece rápidamente a medida que la fuente se aparte de las líneas de visión. En forma práctica, el ojo no puede ver la lámpara desnuda en un ángulo igual o superior a  $30^\circ$  con la horizontal.
- Contraste
- Tiempo. Una exposición a la luz que puede no ser molesta durante un corto tiempo, puede serlo para una persona que trabaja 8 horas al día.

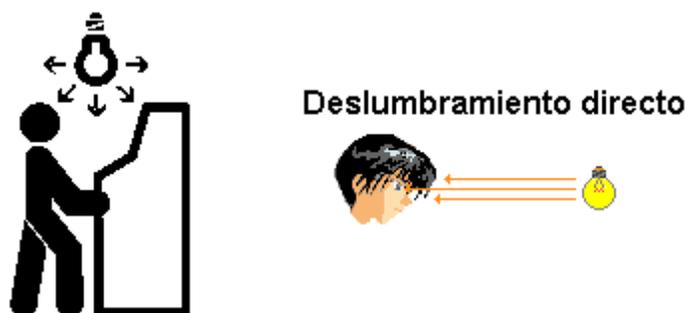


Figura I.12. Deslumbramiento directo (Luz directa) (interiores, s.f.)



Figura I.13.- Deslumbramiento indirecto. (Luz reflejada) (Iluminación, s.f.)

Los efectos que origina el deslumbramiento pueden ser de tipo psicológico muy molesto o de tipo fisiológico perturbador. En cuanto a la forma de producirse puede ser directo como el proveniente de lámparas, luminarios o ventanas, que se encuentran situadas dentro del campo visual; reflejado por superficies de mucha reflectancia, especialmente superficies especulares como las del metal pulido. Los principales factores que intervienen en el deslumbramiento son la iluminancia de la fuente de luz o de las superficies iluminadas. A mayor luminancia corresponde mayor deslumbramiento, siendo el valor máximo tolerable para la visión directa de  $7500 \text{ cd/m}^2$  (Nits).

Las dimensiones de la fuente de luz en función del ángulo subtendido por el ojo a partir de los 45 grados con respecto a la vertical. El deslumbramiento tiene lugar dentro del ángulo visual a partir de los 45 grados es la zona rayada de la figura, el cual depende de la profundidad y de la altura a que se encuentran los luminarios sobre los ojos.

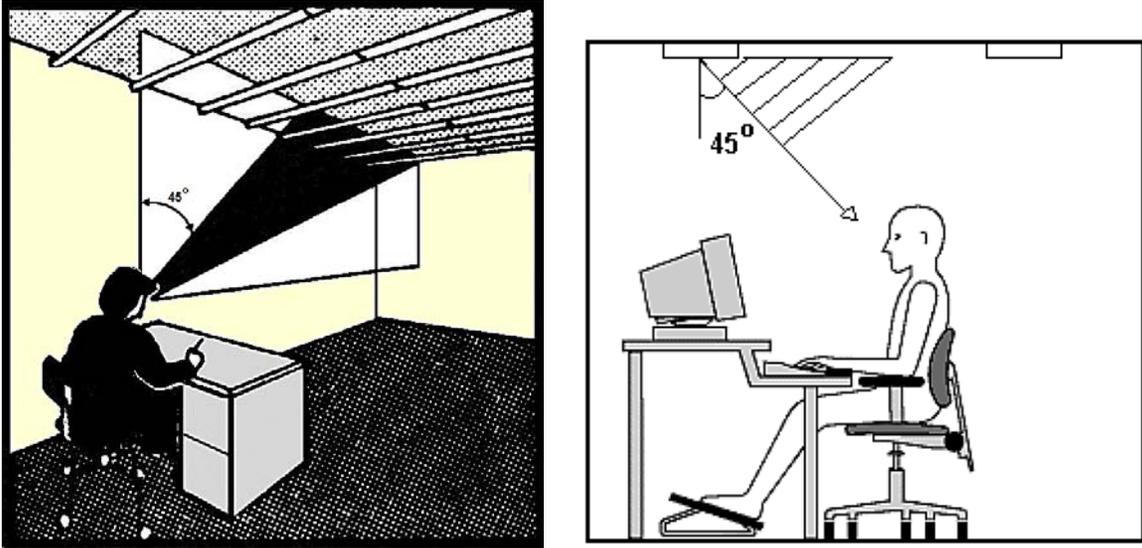


Figura I.14.- Angulo visual de deslumbramiento. (oficinas, s.f.)

Por otra parte, un área grande de baja luminancia, como un panel luminoso, o varias lámparas en conjunto de lámparas fluorescentes desnudas, cada una de ellas con baja luminancia, pueden producir el mismo deslumbramiento que una sola fuente de pequeñas dimensiones con mayor luminancia.



Figura I.15.- Panel o Plafón luminoso (Oficinas, s.f.)

#### **I.6.4.5.- LA UBICACIÓN DE LA FUENTE DE LUZ**

Cuando más lejos se encuentre la fuente en la línea de visión, menor deslumbramiento produce. También disminuye el deslumbramiento a medida que la fuente queda más por encima del ángulo visual. La situación de las lámparas en la figura está perpendicularmente a la dirección de la mirada del observador, favorece el deslumbramiento.

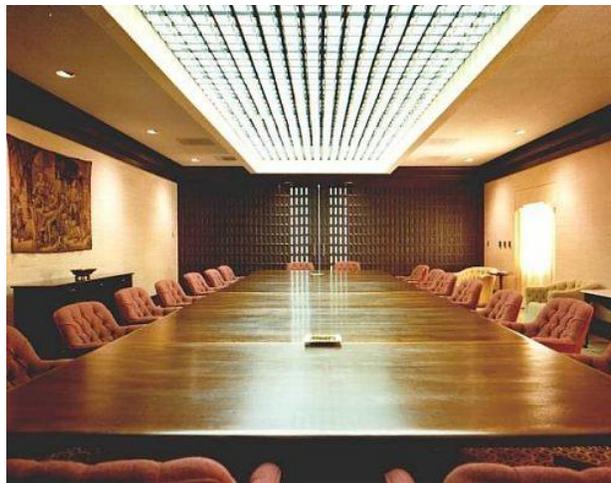


Figura I.16. Ubicación del plafón luminoso. (Oficinas, s.f.)

Debe evitarse el deslumbramiento reflejado situando las fuentes luminosas fuera de la zona ofensiva indicada en la figura.



Figura I.17.- Zona ofensiva (interiores, s.f.)

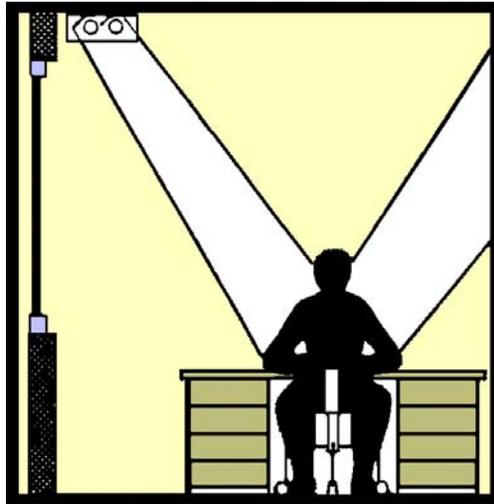


Figura I.18.- Siendo lo correcto el que la luz lo incida lateralmente (interiores, s.f.)

**I.6.4.6.- CONTRASTE ENTRE LA LUMINANCIA DE LA FUENTE DE LUZ Y LA DE SUS ALREDEDORES.**

A mayor contraste de luminancia, mayor deslumbramiento. Las máximas relaciones de luminancia admisibles en el campo visual del observador, al objeto de evitar el deslumbramiento, se dan en la siguiente tabla.

T A B L A No. 2

**Máximas relaciones de luminancia admisibles.**

Entre la Tarea Visual y la Superficie de Trabajo	3: 1
Entre la Tarea Visual y el Espacio Circundante	10: 1
Entre la Fuente de Luz y el Fondo	4: 1

**I.6.4.6.1.-TIEMPO DE EXPOSICIÓN**

Una luminancia de valor bajo puede producir deslumbramiento si el tiempo de exposición es largo. Dados los efectos tan perjudiciales que produce el deslumbramiento, deben tomarse todas las medidas posibles para evitarlo. Y Es el intervalo de tiempo en el que se produce la visión; el tiempo de exposición será mayor o menor en función de si el objeto y el observador están estáticos, o de si uno de ellos o ambos se está moviendo.

#### **I.6.4.6.2.-AMBIENTE CROMÁTICO.**

El color de la luz y los colores sólidos existentes en el espacio facilitan el reconocimiento de todo cuando nos rodea. Los efectos psicofísicos que producen se definen como ambiente cromático. El ambiente cromático tiene gran influencia en el estado de ánimo de las personas, por lo que, en la iluminación de un recinto, local o habitación, las intensidades de iluminación, el color de la luz, su producción cromática y los colores de las superficies interiores, deben estar perfectamente armonizados y adaptados a la función visual o trabajo a desarrollar.

Como indicación general, si las intensidades de iluminación son bajas, los colores apropiados deben ser cálidos; y si son mayores, blancos o luz día. El color no influye en la eficacia o en la rapidez de la visión. Sin embargo, cuando el contraste es bajo, en operaciones discriminatorias de color y en algunas tareas de inspección, el color de la fuente de luz puede ser un factor importante en la calidad de la iluminación.

T A B L A 3.

Valores de reflexión recomendados (II)

	Reflexión %
Techos	80 a 90
Paredes	40 a 60
Escritorios, parte superior de bancos, máquinas y equipos	25 a 45
Pisos	No menos de 20

- La Reflexión debe mantenerse lo más cerca a los valores recomendados.

El color tiene un gran efecto sobre el aspecto del lugar de trabajo y sobre la apariencia de las personas.

#### **I.6.4.6.3.-PROPIEDADES DEL COLOR.**

Las definimos como el matiz, saturación, luminosidad.

- **Matiz** = longitud de onda dominante. No importa que primarios se usen para hacer el color, este nuevo color tiene una longitud de onda dominante que deberá corresponder a ese matiz cuando es visto en el espectro visible. Al matiz también se le llama tinte o tono
- **Saturación** = pureza del color. Esto es una indicación de la pureza espectral de un color, o, en otras palabras, la cantidad de luz blanca presente con la longitud de onda dominante. Como un ejemplo del efecto de saturación en un matiz, compárese el rojo de un carbón encendido con el rosado de la piel de un niño. La única diferencia entre ellos es la saturación. El carbón encendido es rojo a un grado de saturación alto porque contiene muy poca luz blanca agregada a su longitud de onda dominante. El rosado de la piel de un niño, por otro lado, tiene la misma longitud de onda dominante, pero también una buena cantidad de luz blanca contaminando este matiz. Como es de esperar la saturación 100% indica un matiz espectral puro, al mismo tiempo que el 0% de saturación de cualquier color es el blanco.
- **Luminosidad** = brillantez. Esto indica la cantidad de energía de luz contenida en un matiz dado. Existen ciertos factores concernientes a la brillantez de un color que debería ser mencionado

Confort Visual: Es un estado generado por la armonía o equilibrio de una elevada cantidad de variables. Las principales están relacionadas con la naturaleza, estabilidad y cantidad de luz, y todo ello en relación con las exigencias visuales de las tareas y en contexto de los factores personales. Los deslumbramientos son casos límite de desequilibrio luminotécnico. Se produce cuando la cantidad de luz procedente de uno o varios objetos que aparecen en el campo visual es muy elevada

## CAPÍTULO II

### II.1.- INTRODUCCIÓN A LA ILUMINACIÓN

Luz e Iluminación son dos conceptos muy distintos, que frecuentemente se confunden y son mal interpretados. La luz puede definirse como la causa y la iluminación como el efecto de la luz en las superficies sobre las cuales incide. La iluminación se define como la luz incidiendo sobre una superficie, medida en Luxes o Footcandles. Cuando esta se distribuye de acuerdo a un plan técnico-económico, se convierte en ingeniería de iluminación y por lo tanto es iluminación básica. Al empezar a hablar de iluminación es necesaria la definición de la luz pues la iluminación se basa totalmente en ella; existen diferentes tipos de luz empezando desde las dos principales vertientes que son la luz natural y la luz artificial.

### II.2.- ¿QUÉ ES LA LUZ?

Es la forma de energía que nos permite ver lo que nos rodea. Es la radiación electromagnética en forma de ondas que se propaga en un rango de frecuencia que puede percibir el ojo humano, esta es capaz de viajar a través del vacío a una velocidad aproximada de 300,000 Km/s, esta radiación está entre las longitudes de onda de aproximadamente 380 a 780 nm. Las ondas más largas corresponden al extremo visible rojo; las ondas más cortas corresponden al extremo visible violeta; no existen límites precisos para el rango espectral de una radiación visible, esto depende de la medida de potencia radiada que llega a la retina, así como, de la sensibilidad del ojo del observador.

$$1 \text{ metro} = 10^{10} \text{ \AA (Angstroms).}$$

$$1 \text{ metro} = 10^9 \text{ Nanómetros.}$$

$$1 \text{ metro} = 10^6 \text{ Micrones.}$$

La relación que asocia a la frecuencia y la longitud de onda en el espacio libre es:

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

Donde:

f = es la frecuencia

v = la velocidad en el espacio libre

$\lambda$  = es la longitud de onda

Se dice que la luz es monocromática si está constituida por ondas electromagnéticas de igual longitud de onda que revelan un solo color ver la gráfica siguiente en el color amarillo. La luz solar es de espectro continuo porque comprende toda la gama de las longitudes de onda visibles. Un rayo de luz blanca, al atravesar un prisma de cristal, se descompone en los colores fundamentales. La sucesión de los colores del espectro visible es la misma que la del arco iris.

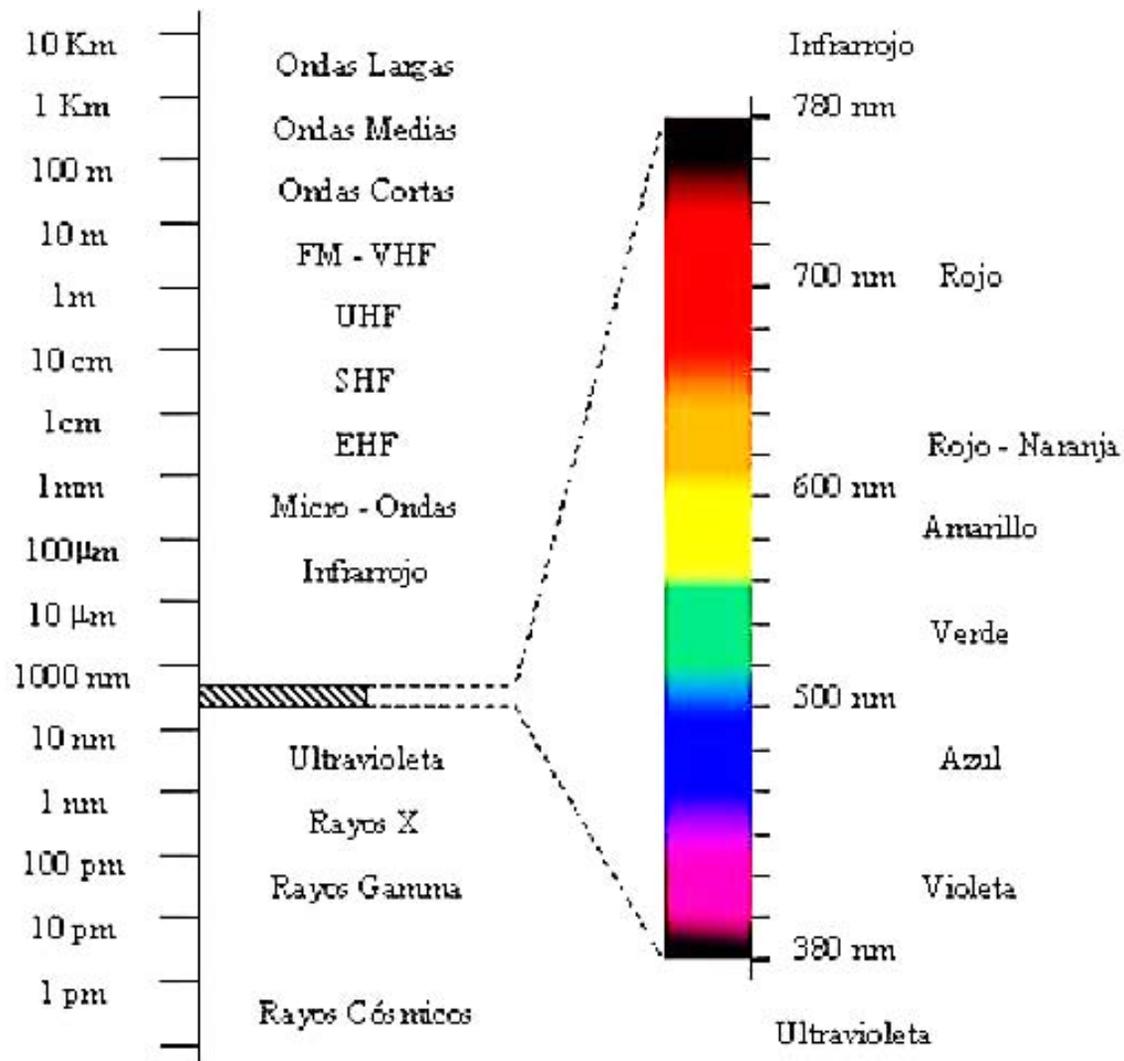


Figura II.1 Espectro electromagnético rango de luz visible (electromagnético, s.f.)

### II.3.-CANTIDAD DE ILUMINACIÓN.

Es la cantidad de luz que producirá brillantez sobre la tarea visual y sus alrededores, en la cual intervienen los siguientes factores que son:

**II.3.1.- TAMAÑO.-** Cuando más grande sea un objeto en términos de ángulo visual (ángulo suspendido del objeto al ojo) más rápidamente podrá verse. La persona que trae cerca de sus ojos un objeto pequeño para verlo más claramente, esta inconscientemente usando el factor tamaño para incrementar el ángulo visual.

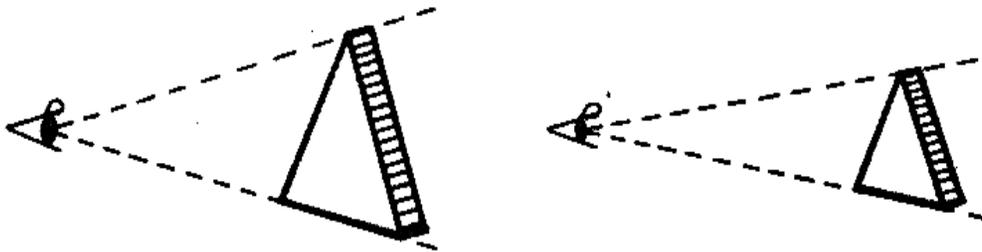


Figura II.2 El factor tamaño para incrementar el ángulo visual (visual, s.f.)

**II.3.2.- BRILLANTEZ.-** La brillantez de un objeto depende de la intensidad de la luz incidiendo sobre él y la proporción en la cual la luz es reflejada hacia el órgano visual.

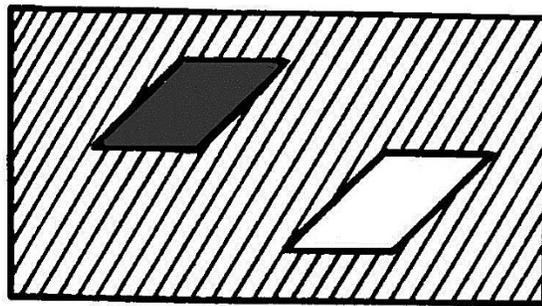


Figura II.3 Brillantez de acuerdo a la intensidad de luz (C., 2004)

**II.3.3.-CONTRASTE.-** Es tan importante como el nivel de brillantez general, es el contraste de brillantez o color entre el objeto y su inmediato alrededor. Los niveles altos de iluminación compensan en parte los bajos contrastes en brillantez y son de gran asistencia donde no se puede tener condiciones de alto contraste.

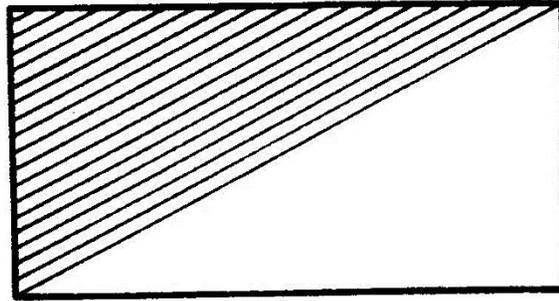


Figura II.4 Contraste entre el objeto y su alrededor. (C., 2004)

**II.3.4.-TIEMPO.-** La visión no es un proceso instantáneo sino que requiere de tiempo. El ojo puede ver detalles muy pequeños si se le da el tiempo suficiente para que se realice el proceso visual. Al aumentarse el nivel de iluminación aumenta la capacidad visual y aumenta al mismo tiempo la velocidad de percepción. En la gráfica siguiente se muestra lo explicado anteriormente, se observa que a mayor nivel de iluminación se requiere menor tiempo para la realización de un trabajo visual.

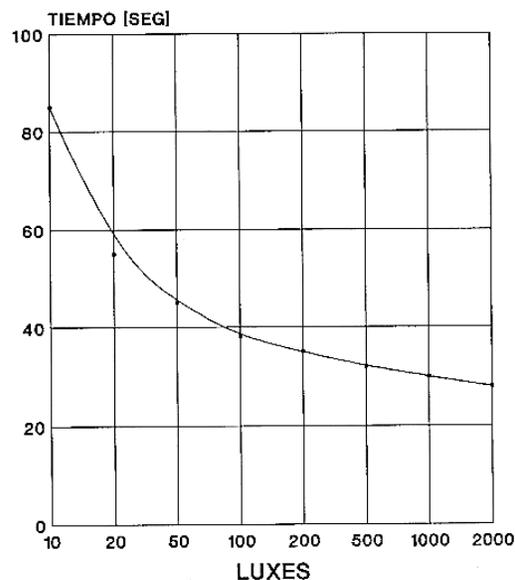


Figura II.5 Gráfica de nivel de iluminación contra tiempo de percepción. (I.E.S.N.A., 1966)

### **II.3.5.-CALIDAD DE ILUMINACIÓN.**

La calidad de iluminación se relaciona con la distribución de luminancias en el contorno visual. Las luminancias contribuyen favorablemente en el desempeño visual, el confort visual, facilidad visual, seguridad y estética para la tarea visual que se requiera. El deslumbramiento, difusión, dirección, uniformidad, color, luminancia y relaciones de luminancia tienen un efecto en la visibilidad y habilidad para poder ver precisa y rápidamente. Algunas tareas visuales, tales como criterios de detalle finos requieren un análisis más cuidadoso y una iluminación de más alta calidad que otros.

Las áreas donde las tareas visuales son más severas y desarrolladas durante largos periodos de tiempo requieren de más alta calidad que las tareas visuales esporádicas o de poca duración. Las instalaciones industriales de baja calidad son reconocidas como incómodas y pueden ser peligrosas. Lamentablemente, las deficiencias moderadas pequeñas no son detectadas rápidamente, no obstante que el deslumbramiento mínimo puede resultar en pérdida material de eficiencia visual y fatiga innecesaria

Calidad de iluminación se le atribuye a la distribución de la brillantez en el medio ambiente visual y que incluye el color de la luz, dirección, difusión, grado de deslumbramiento, acabados interiores del local, muebles, maquinarias. Cada uno de los dos factores anteriores son independientes uno del otro, es decir, que un sistema de iluminación puede tener cantidad de luz pero carecer de calidad de iluminación o viceversa. Un buen sistema de iluminación es aquel que cubre ampliamente las dos partes mencionadas anteriormente.

Para llevar a cabo lo anterior en forma eficiente y económica, es necesario controlar los rayos luminosos de las lámparas en la forma adecuada. El control de los rayos luminosos tiene dos objetivos:

- 1.- Dirigir los rayos luminosos hacia donde sea necesario.
- 2.- Evitar que los rayos luminosos incidan directamente sobre los ojos de las personas, con el propósito de no causar deslumbramientos.

Se entiende por control de los rayos luminosos a la acción de cambiar de dirección a los mismos y dirigirlos hacia donde es necesario sin causar molestias al observador. Este control se puede lograr por: reflexión, refracción, polarización, interferencia, difracción, difusión y absorción. Los medios más empleados en iluminación para el control de la luz son la reflexión y la refracción. El control por medio de reflexión, aprovecha la propiedad de algunos materiales de poder reflejar los rayos de luz que inciden sobre ellos, como por ejemplo, aluminio pulido o lámina de acero cromada o niquelada. La dirección de los rayos luminosos reflejados depende de la forma que tenga la superficie reflectora y de la colocación de la fuente luminosa.

La reflexión también se puede llevar a cabo por medio de prismas de plástico o vidrio transparente, como se muestra en la figura.

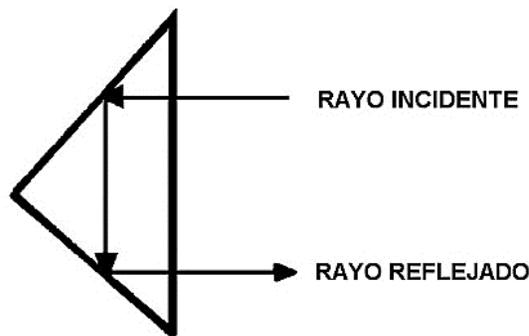


Figura II.6 El Angulo de incidencia es igual al de reflexión (L., 2009)

La refracción de la luz se hace exclusivamente por medio de prismas de plástico o vidrio transparente, que de acuerdo con su ángulo y disposición relativa a la fuente luminosa desvían o redirigen los rayos luminosos en diversas direcciones.

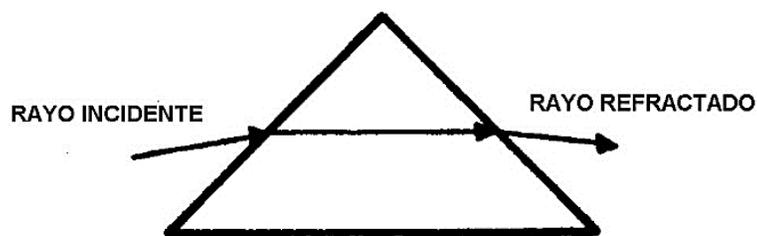


Figura II.7.- Rayo incidente y rayo refractado. (L., 2009)

La refracción prismática aunada a la reflexión prismática, es el medio más eficiente de control de luz, ya que se pueden dirigir los rayos luminosos hacia el lugar preciso en que son necesarios, cosa que no se puede hacer con las superficies metálicas, por tener que construir reflectores de configuración muy complicada. Además, en estas superficies brillantes se tiene el inconveniente de muchas pérdidas por absorción y por dispersión, al mismo tiempo de que son susceptibles de sufrir deterioros por ralladuras, que afectan gravemente su eficiencia; cosa que no sucede con los elementos de cristal prismático por poder restaurar su eficiencia inicial con una limpieza periódica.

### **II.3.6.-ILUMINACIÓN NATURAL**

Una característica importante de la luz natural es que procede de un solo foco luminoso muy variable, dependiendo su intensidad de la estación del año, de las condiciones atmosféricas y hora del día, lo que muchas veces origina deslumbramiento difícil de evitar.

Ventajas:

- Es fisiológica: produce menos fatiga visual
- Permite apreciar los colores en su valor exacto.
- Es económica: su costo se refiere únicamente a la limpieza y reposición de los vidrios en caso de rotura.

Desventajas:

- En ciertas situaciones es necesario complementarla con luz artificial.
- La intensidad luminosa varía por cambios atmosféricos.
- Se forman sombras extensas en muchos sitios del local.
- Los cristales de iluminación deben ser instalados a una altura que impida su rotura, lo que ofrece dificultad para su limpieza.

A fin de utilizar la iluminación proveniente de la luz natural, es necesario considerar en el proyecto de diseño de la planta, entre otros, los siguientes aspectos:

- El área de las superficies transparentes, la cual debe representar como mínimo una sexta parte 15% de la del piso del local de trabajo, y en ningún caso ser inferior a 1.5 metros cuadrados.
- La cantidad y distribución de las ventanas y claraboyas, y los dispositivos para su regulación, como persianas.
- Las variaciones en la cantidad y dirección de la luz natural por las condiciones atmosférica.
- Las variaciones en la intensidad y dirección de la luz del sol.
- Las variaciones en los niveles de iluminación por la topografía y los edificios cercanos.

En las fábricas, para que la iluminación sea efectiva, las superficies transparentes deben limpiarse periódicamente. La frecuencia de esta limpieza depende de la índole de inclinación de las superficies transparentes y del índice de suciedad atmosférica. Debe comprobarse periódicamente la suciedad de la superficie, pues la acumulación del polvo se efectúa continuamente y la disminución es gradual.

En el cuadro II.10 se indican los niveles mínimos de iluminación natural adecuados para diversos trabajos; se aclara que dichos niveles son diferentes de iluminación artificial. El factor de iluminación o factor de luz diurna es la relación entre la iluminación interior y exterior expresadas en porcentaje.

$$F = \frac{\text{Iluminación interior (I)}}{\text{Iluminación exterior (E)}}$$

La iluminación interior se mide sobre el plano de trabajo. El factor de iluminación varía de acuerdo con la relación longitud del local/altura sobre el plano de trabajo. La fig.#.5 muestra la relación según el tipo de construcción del techo o cubierto. Este factor debe definirse para el diseño de la edificación, considerándose las necesidades según la clase de trabajo. Es importante señalar que los diferentes tipos de edificios proporcionan factores de iluminación diferentes, y que una vez construidos, generalmente es muy difícil y costoso aumentar la iluminación natural en su interior.

Los factores según el tipo de edificación y el área de las superficies transparentes se observan en la Figura II.8. El material de las superficies transparentes corresponde a vidrio y en el caso de emplear material plástico de color bastante claro, estos factores de iluminación se reducen en 10%.

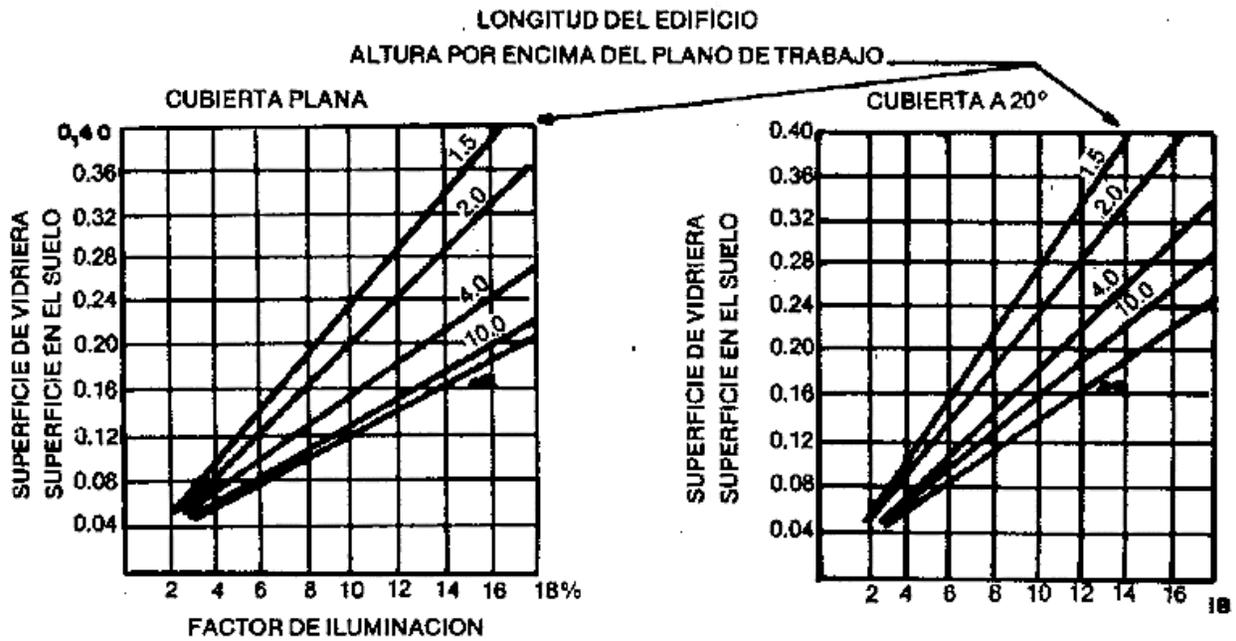


Figura II.8. Variación del factor de iluminación. Fuente: Manual técnico de higiene industrial. Iluminación. (I.E.S.N.A., 1966)

El índice de cristalería es la relación entre la superficie traslucida (T) existente en el techo del local y la superficie del suelo (S).

$$I = \frac{T}{S}$$

Existe una relación empírica entre el índice de cristalería y el factor de iluminación de

$$I = 4F$$

Considerando una iluminación exterior de 5000 luxes, los índices mínimos de cristalería por tipo de industria serían:

- Acerías 0.12
- Talleres de montaje 0.50
- Talleres de mecánica de precisión 0.50

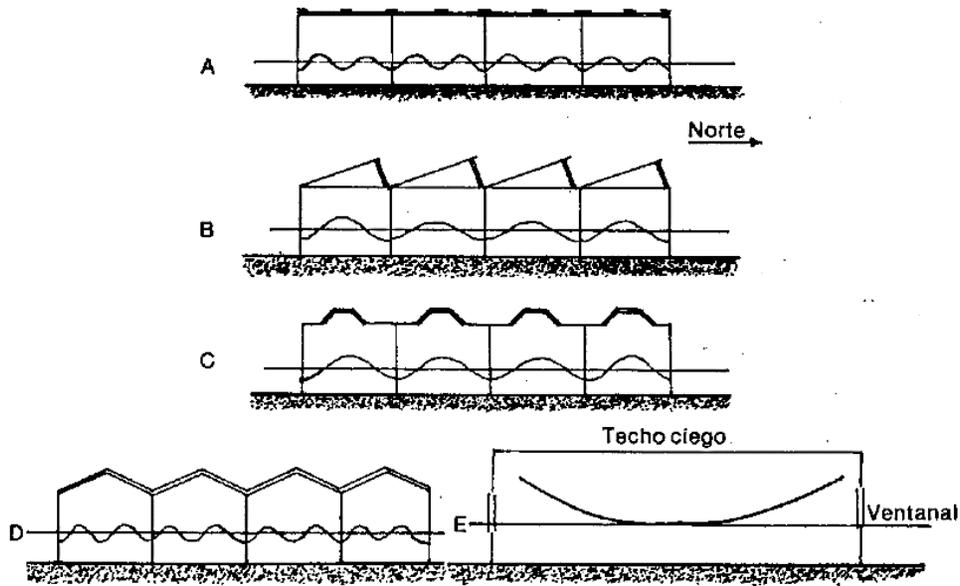


Figura II.9 Factores de iluminación según el tipo de edificaciones (C., 2004)

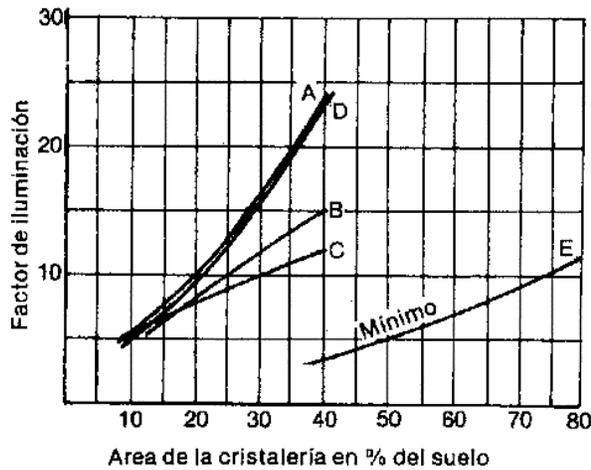


Figura II.10 Factores de iluminación (I.E.S.N.A., 1966)

### II.3.6.1.-TIPOS DE ILUMINACIÓN NATURAL

**II.3.6.1.a.-Iluminación lateral:** la luz entra a través de ventanales, tabiques de cristal. Para este tipo de iluminación es necesario considerar:

- La altura superior o distancia entre el techo y el marco superior del ventanal. Entre menos sea esta distancia, se conseguirá una mayor profundidad de la luz en el local de trabajo.
- La altura inferior o distancia entre el suelo y el marco inferior del ventanal. Esta altura debe ser de un metro para oficinas y menos de dos metros para talleres.

- La superficie mínima recomendada de las ventanas es 15 % del área del piso del local de trabajo. los ventanales de un solo lado producen una iluminación adecuada si el ancho de local es menor que el doble de la altura entre el piso y el marco superior de la ventana. Para locales grandes se requiere de ventanales en ambos lados.
- La distancia de cualquier lugar de trabajo a la ventana no debe ser mayor del doble de la altura del marco superior de la ventana.
- Colocar las ventanas de tal forma que el cielo visible forme un ángulo de 5° con cualquier campo de trabajo del local.

Ventajas:

- Posibilidad de instalar cortinas que gradúen la intensidad de la luz.
- Economía en la instalación.
- Facilidad de limpieza y conservación.

Desventajas:

- Sólo da el sol durante media jornada.
- Cuando el sol está de frente produce deslumbramiento
- Quita espacio útil en el interior de la nave.

**II.3.6.1.b.-Iluminación cenital o por techo:** de mayor ventaja por cuanto produce una iluminación más regular durante el día. Puede lograrse mediante la utilización de los siguientes procedimientos en las edificaciones: claraboyas paralelas al techo, montaje de luminarios o cristales perpendiculares al techo, combinación de estos dos y armaduras “diente de sierra” ver figura II.#. Luminarios: con vidrios cóncavos y convexos alternados, de tal forma que uno hace de lumbrera y otro de canal. Diente de sierra: son techos largos de dos pendientes con inclinación de 40 o 45° y sobre el plano vidriado se apoya el plano opaco.

Ventajas:

- Aprovecha durante dos horas la luz solar.
- Distribuye la luz en la nave.
- Suprime en pares los oscurecimientos parciales por interposición de nubes.

Desventajas:

- En caso de roturas de cristales, caen dentro de la nave y producen accidentes.

Iluminación general

Se refiere a una instalación en la que los luminarios están distribuidos simétricamente en todo el local, y en la que el tipo de luminarios, su posición y altura respecto al plano de trabajo permite una iluminación uniforme.

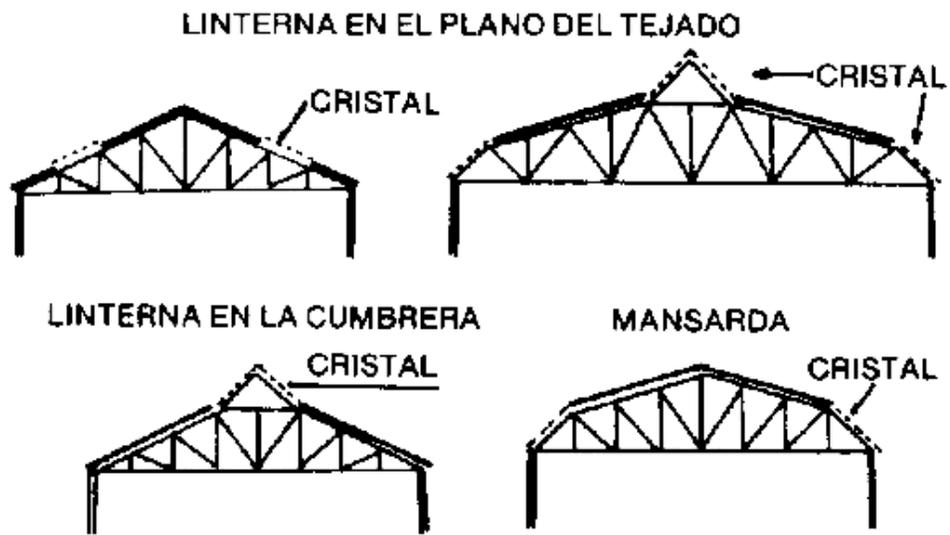


Figura II.11a Claraboyas paralelas a los techos (N., 1980)



Figura II.11b Cristales perpendiculares al techo (N., 1980)

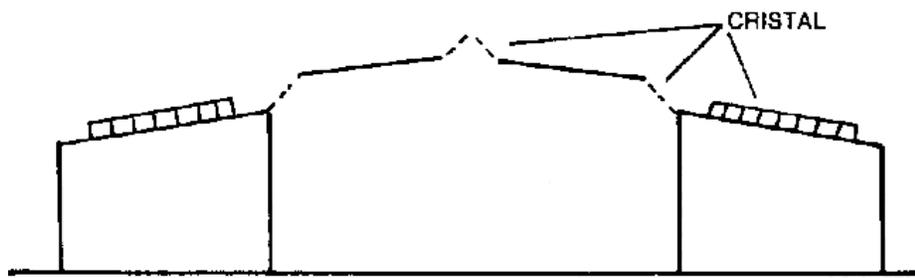


Figura II.11c Combinación de sistemas (N., 1980)

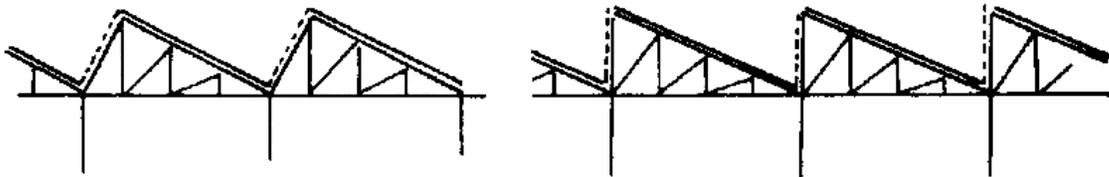


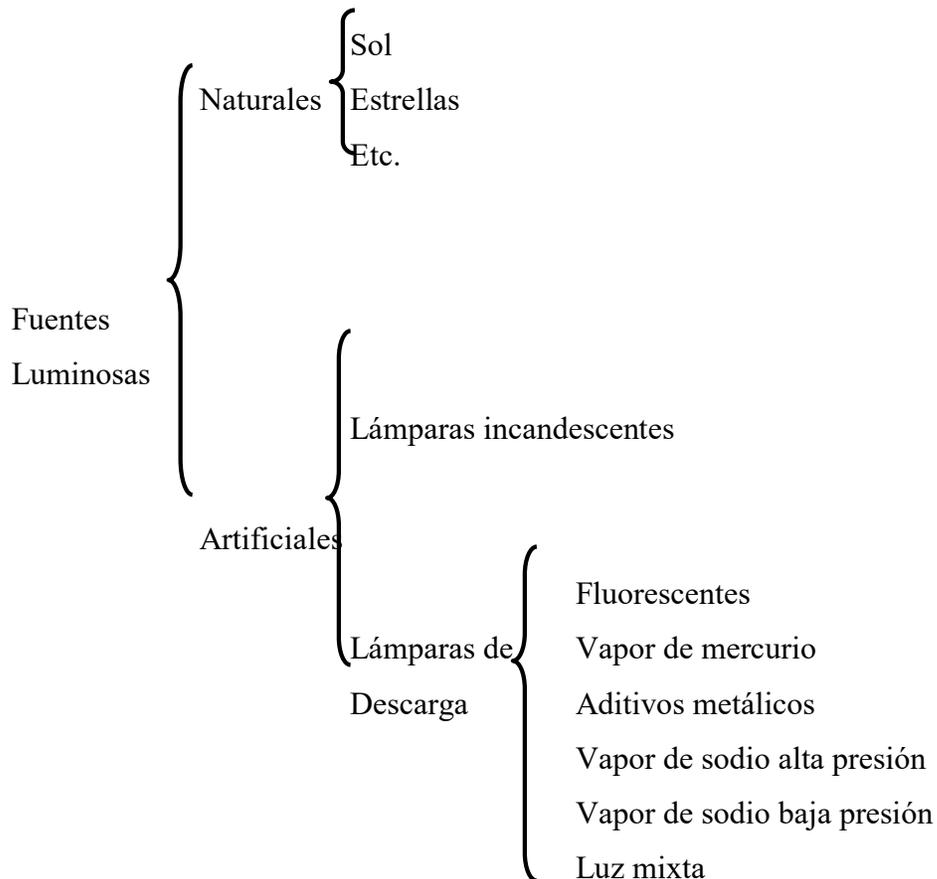
Figura II.11d Dientes de sierra. (N., 1980)

## CAPITULO III

### FUENTES LUMINOSAS.

Es toda materia o dispositivo en que parte de la energía radiante que produce, cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético (3800 - 7600 Å).

#### III.1.- CLASIFICACIÓN.



Nuestro objeto es el estudio de las fuentes artificiales

#### III.2.-FUENTES ARTIFICIALES.

Desde las primeras edades, el hombre utilizó numerosos tipos de combustibles para producir luz artificial. Entre ellos los aceites, las grasas, las ceras, la leña, el petróleo y el gas. Todos estos materiales contienen carbón y sus partículas candentes o incandescentes son las que producen la luz. Edison escogió el carbón para el filamento de su primera lámpara

incandescente práctica. Desde su invención en 1879, este principio ha permanecido constante. Pero los avances logrados han multiplicado muchas veces el rendimiento de la lámpara incandescente moderna. En esta época de grandes adelantos técnicos, se han adoptado otros tipos de alumbrado.

El éxito del alumbrado fluorescente ha sido espectacular desde su descubrimiento en 1938. Su característica principal consiste en no producir la luz desde un solo centro luminoso, sino por la radiación suave y difusa en toda la extensión de sus tubos, eliminando resplandores y sombras acentuadas, con lo que se reduce el esfuerzo visual. El alumbrado fluorescente ha llegado a ser la fuente normal de iluminación en las nuevas construcciones y un sistema óptimo para modernizar los edificios antiguos. Hasta el momento el alumbrado fluorescente no ha desplazado al alumbrado incandescente, pudiéndose decir que existen aplicaciones ideales para cada uno de ellos.

Desde su invención en 1901 la iluminación con lámparas de vapor de mercurio ha tenido un desarrollo dramático. Su mejoramiento técnico y sus nuevas aplicaciones aceleraron su uso durante los últimos años. Las lámparas de vapor de mercurio ofrecen tres veces mayor cantidad de luz que las lámparas incandescentes de la misma potencia y su duración llega a ser hasta ocho veces mayor que la de las lámparas incandescentes para iluminación de calles. Son extraordinariamente resistentes y versátiles, lo que las hace ideales para una gran variedad de usos, tanto en iluminación exterior como en instalaciones industriales. Además, son compactas y fáciles de manejar, instalar y reemplazar.

Las primeras que se instalaron en la República Mexicana quedaron colocadas en la Ciudad de Torreón. Desde entonces a la fecha se han cambiado casi todos los sistemas de alumbrado público de las principales ciudades de la República por lámparas de alta intensidad de descarga (H.I.D.), lo mismo puede decirse en relación con el ramo industrial.

### III.3.- LÁMPARAS INCANDESCENTES

#### PARTES PRINCIPALES

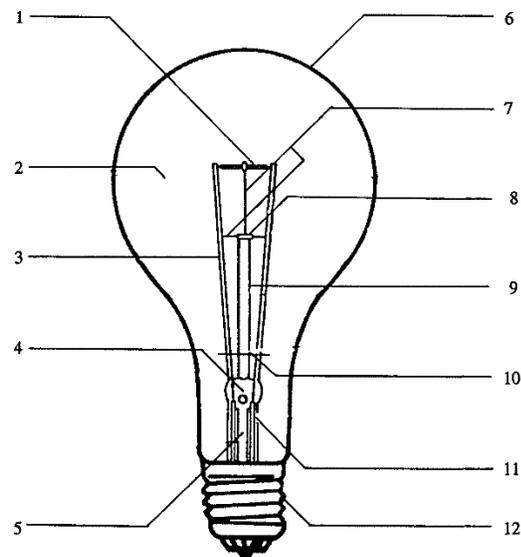


Figura III.1.- Partes Principales de la Lámpara Incandescente. (Incandescentes, s.f.)

1. **FILAMENTO** Generalmente hecho de tungsteno. Puede ser un alambre en espiral sencillo o en doble espiral.
2. **GAS** Normalmente una mezcla de nitrógeno y argón para retardar la evaporación del filamento. Se usa en lámparas de 40 Watts y más.
3. **ELECTRODOS** Entre el casquillo y la prensa son de cobre. Desde la prensa hasta el filamento son de níquel.
4. **PRENSA** Los electrodos, obturados herméticamente en el vidrio, son una combinación de núcleos de aleación de hierro y níquel dentro de manguitos de cobre (hilo Dumet). Se asegura un factor de dilatación igual al del vidrio.
5. **TUBO DE VACÍO** Durante la fabricación, por este tubo se introducen gases inertes a la bombilla. Entonces se obtura y se corta al tamaño debido para cubrirlo con el casquillo.
6. **BOMBILLA** Casi siempre de vidrio blando. Hay lámparas de vidrio duro para resistir intemperie y temperaturas elevadas.
7. **SOPORTES** Sostienen y poseionan el filamento de molibdeno.
8. **BOTÓN** Se forma con el vidrio caliente. En él se colocan los soportes.
9. **VÁSTAGO DE SOPORTE** Es una varilla o tubo de vidrio que da apoyo al botón.
10. **DEFLECTOR** Se usa en las lámparas de mayor potencia cuando es necesario reducir la circulación de los gases calientes hacia el cuello de la bombilla.
11. **FUSIBLE** Se saltan arcos en el filamento, al fundirse protege el circuito.
12. **CASQUILLO** Generalmente roscado. Es de latón o aluminio. Un conductor se suelda al contacto central y el otro al borde superior de la base.

Es un dispositivo para transformar energía eléctrica en energía luminosa. Esto se logra calentando un filamento hasta la incandescencia, mediante el paso de una corriente eléctrica a través de él. No obstante su compleja naturaleza técnica se fabrica en cantidades inmensas lo que hace posible su muy bajo precio unitario. Cada lámpara exige un proceso de fabricación que supera en precisión a los que se usan en relojería fina. Esta bombilla cristalina, con casquillo roscado y su estructura interior de finos alambres da luz con solo mover un interruptor. Los electrodos conducen la corriente desde la fuente a través del filamento y otra vez hacia afuera.

Con el paso de la corriente el filamento de tungsteno se calienta " al blanco ", alcanzando una temperatura de 2482 grados centígrados, que equivale al doble del punto de fusión del acero. El resplandor radiado por ese gran calor es la incandescencia, que la vista percibe como luz. A pesar de esa alta temperatura el filamento no se funde por que la temperatura de fusión del tungsteno es superior. No puede haber combustión por que la atmósfera carece de oxígeno, puesto que previamente se hizo el vacío y se llenó con gases inertes. Así se crea una radiación dentro del espectro visible (luz) durante la " vida " del filamento.

### **III.3.1.- EFICACIA.**

La eficacia de una lámpara es la cantidad de luz que es medida en lúmenes, emitida por unidad de energía consumida (Watts). Ejemplo: Una lámpara normal de 60 Watts con una producción lumínica nominal de 820 lúmenes tiene una eficacia de 13.66 lúmenes por Watt, resultado de la división de la producción lumínica entre el número de Watts de la lámpara. Las lámparas incandescente modernas de 25 a 100 Watts tiene una eficacia de 10 a 16 lúmenes por watt. En tamaños mayores, de 150 a 1500 Watts, la eficiencia es de 18 a 22 lúmenes por Watt. Mientras más alta la potencia, mayor la eficacia en lúmenes por Watt.

### **III.3.2.-VIDA DE LA LÁMPARA.**

Tanto el flujo luminoso como la vida de la lámpara están determinados por la temperatura de trabajo de su filamento. A mayor temperatura en una lámpara dada, mayor será su eficacia (lúmenes por watt) y más corta su vida. Vida y eficacia son inversamente proporcionales. Una lámpara puede ser proyectada para una vida larga a expensas de la eficacia y viceversa.

Los factores de eficacia, duración y consumo de energía se equilibran al proyectar el tipo de lámpara que mejor se adapte a cada finalidad. Se busca así la máxima cantidad de luz y la mayor duración posible con el consumo más bajo de energía.

El promedio de vida que el fabricante señala no significa una garantía del funcionamiento de una lámpara concreta, sino la duración media de grandes muestras de lámparas de ese mismo tipo.

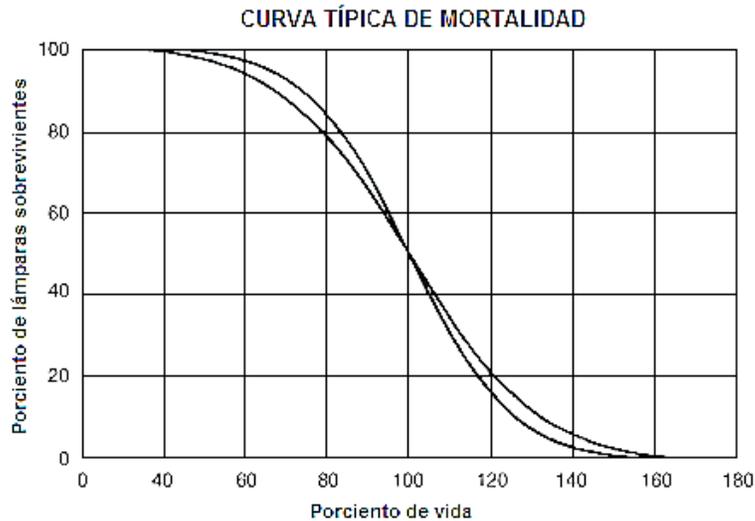


Figura III.2 Curva de vida de la lámpara incandescente (I.E.S.N.A.)

### III.3.3.- VENTAJAS DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE.

1. Fuente de luz concentrada, la cual es fácil de dirigir hacia el lugar u objeto que se quiere iluminar.
2. Trabaja eficientemente cualquiera que sea la temperatura de operación.
3. Encendido instantáneo.
4. Adaptable a cualquier necesidad gracias a su gran variedad de modelos.
5. Excelente definición de colores en la mayor parte de las aplicaciones ópticas.
6. Muy fácil reemplazo.
7. Se puede aumentar o reducir su intensidad luminosa por medio de reóstatos o variando la tensión.
8. Trabaja indistintamente con corriente alterna o continua.
9. No requiere equipo extraordinario para su instalación.
10. Bajo costo de lámpara y de instalación.

### III.3.4.- DESVENTAJAS DE LA LÁMPARA INCANDESCENTE.

Baja eficacia en lúmenes por watt hasta 25  
Horas de vida 1000 y 2000 en halógenas

### III.3.5.-LÁMPARAS INCANDESCENTES CICLO HALÓGENO

La construcción y principio de funcionamiento de filamento incandescente y lámparas de tungsteno-halógeno son similares. El mecanismo de generación de luz de las lámparas de tungsteno-halógeno es igual que el de las lámparas de filamento incandescente comunes, con excepción del ciclo regenerativo. Halógeno es el nombre dado a la familia de elementos electronegativos, incluidos; el bromo, cloro, flúor y yodo. Son lámparas incandescentes con filamento de wolframio que en su interior contienen una atmósfera gaseosa formada, además de por el gas noble, por un halógeno o un halogenuro metálico.

El establecimiento de este ciclo regenerador requiere que la bombilla alcance una temperatura suficiente, mayor de lo habitual, que permita la formación del halogenuro gaseoso. Por ello se utiliza generalmente el cuarzo como material para la ampolla de la bombilla. Material que impone una serie de requerimientos especiales para este tipo de bombillas, por ejemplo, no se pueden tocar con los dedos. En lámparas de halógeno el ciclo regenerador permite a una lámpara de tungsteno-halógeno proporcionar los siguientes beneficios comparados con una lámpara incandescente convencional:

- la vida más larga.
- temperatura de color más alta.
- mejor eficacia.
- se evita que la bombilla se tiña de negro.

El ciclo regenerador empieza cuando el filamento opera en la incandescencia, mientras se evapora el tungsteno. Normalmente las partículas de tungsteno se colectan en la pared de la bombilla, tiñendo de color negro la pared, esto es común en lámparas incandescentes y más notable hacia el final de su vida útil. Sin embargo, en las lámparas de halógeno la temperatura dentro de la bombilla es muy alta y permite que se combine el tungsteno con el halógeno. La temperatura alrededor de la pared interna de la bombilla es de 260° C (500° F). La composición tungsteno-halógeno que resulta, también es un gas que circula en forma constante dentro de la lámpara hasta que entra en contacto con el filamento incandescente.

Aquí el calor es suficiente para descomponer la mezcla en tungsteno, que vuelve a depositarse sobre el filamento. Sin embargo el tungsteno no es redepositado en el mismo sitio de donde

salió, provocando esto que la lámpara tenga una vida finita. Las lámparas de tungsteno-halógeno deben ser encendidas periódicamente a toda su capacidad para que el ciclo regenerador limpie las paredes de la bombilla y mantenga su eficacia por más tiempo.

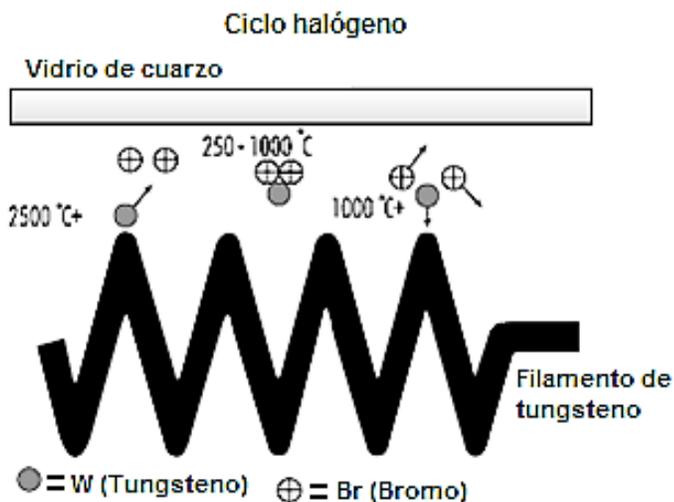


Figura III.3 Ciclo halógeno (N., 1980)

#### DATOS DE LÁMPARAS INCANDESCENTES

Watts	Volts (Tensión de operación)	Lúmenes iniciales	Vida en horas	Eficacia (lúmenes/watt)	Factor de depreciación (LLD)	Base	Bulbo	Acabado perla o claro	Longitud (cm)
25	120	260	1000	10	0.875	Media E-26	A-19	CL	10.5
40	120	490	1000	12	0.875	Media E-26	A-19	CL	10.5
60	120	820	1000	14	0.930	Media E-26	A-19	CL	10.5
75	120	1070	1000	14	0.920	Media E-26	A-19	CL	10.5
100	120	1560	1000	16	0.905	Media E-26	A-19	CL	10.5
150	120	2300	1000	15	0.895	Media E-26	A-23	CL/PER	12.6
150	220	2200	1000	15	0.895	Media E-27	A-23	CL	12.6
200	120	3400	1000	17	0.895	Media E-26	A-23	CL/PER	12.6
200	220	3100	1000	16	0.895	Media E-27	A-23	CL/PER	12.6
300	120	4950	1000	17	0.825	Media E-26	PS-30	CL	19.2
500	120	10750	1000	22	0.890	Mogul E-40	PS-35	CL	23.81
1000	120	23100	1000	23	0.820	Mogul E-40	Ps-52	CL	33.18

NOTA: La letra indica la forma de bulbo o bombillo y el número que le sigue el diámetro máximo en octavos de pulgada

Ejemplo:  
diámetro

PS-40

"PS" Pera con cuello recto 40/8" de

"A" Normal  
"P" Perla  
"S" Recto

"CA" Decorativo  
"PAR" Reflector Parabólico

"F" Flama

"G" Globo o redondo  
"R" Reflector

### DATOS DE LÁMPARAS DE IODO CUARZO

Watts	Volts (Tensión de operación)	Lúmenes iniciales	Vida en horas	Eficacia (lúmenes/watt)	Factor de depreciación (LLD)	Base	Bulbo	Acabado perla o claro	Longitud (cm)
300	120	5200	2000	17	0.95	Contacto embutido	T-3	CL	11.70
500	120	9500	2000	19			T-3	CL	11.70
1000	220	21000	2000	21			T-3	CL	25.40
1500	220	33000	3000	22			T-3	CL	25.40

### BULBOS

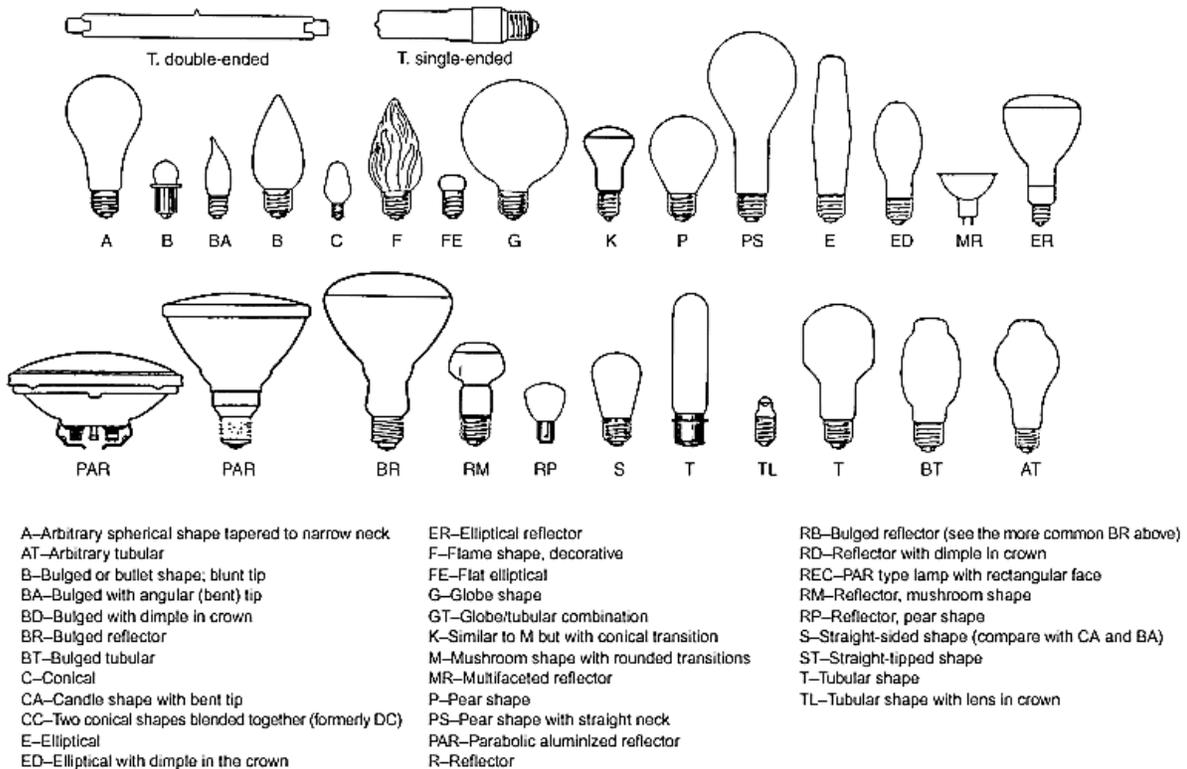
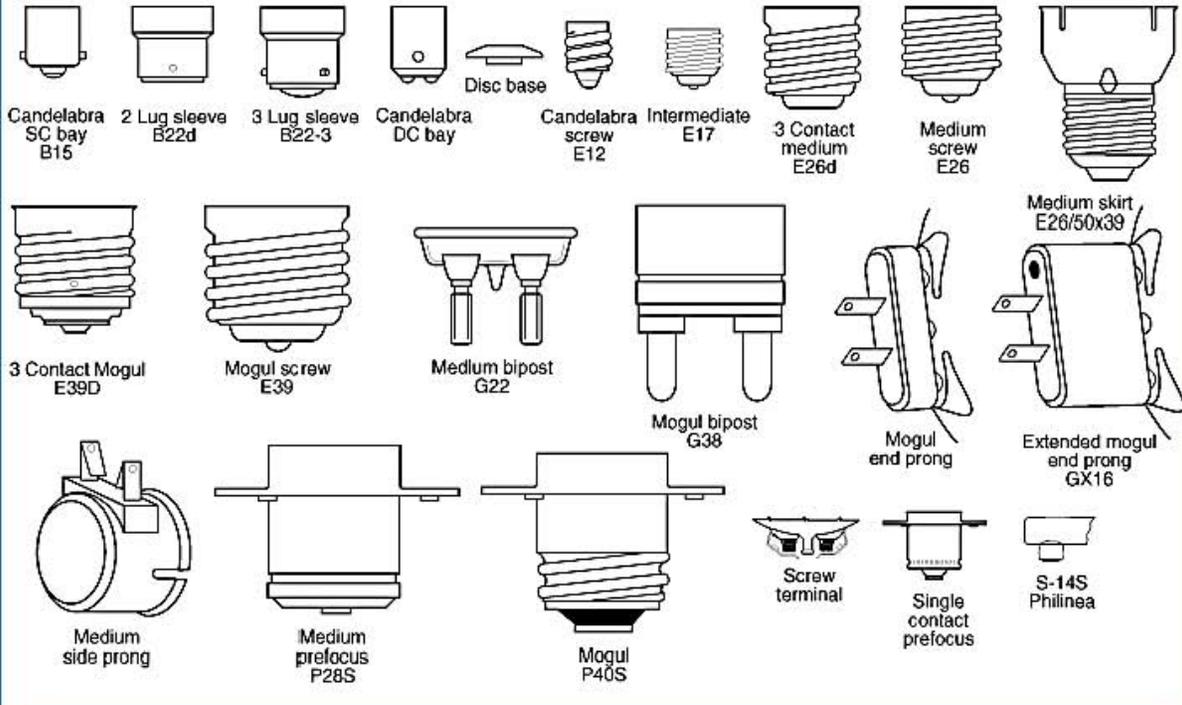


Figura III.4 Tipos de lámparas incandescente y de diodo cuarzo. (I.E.S.N.A.)

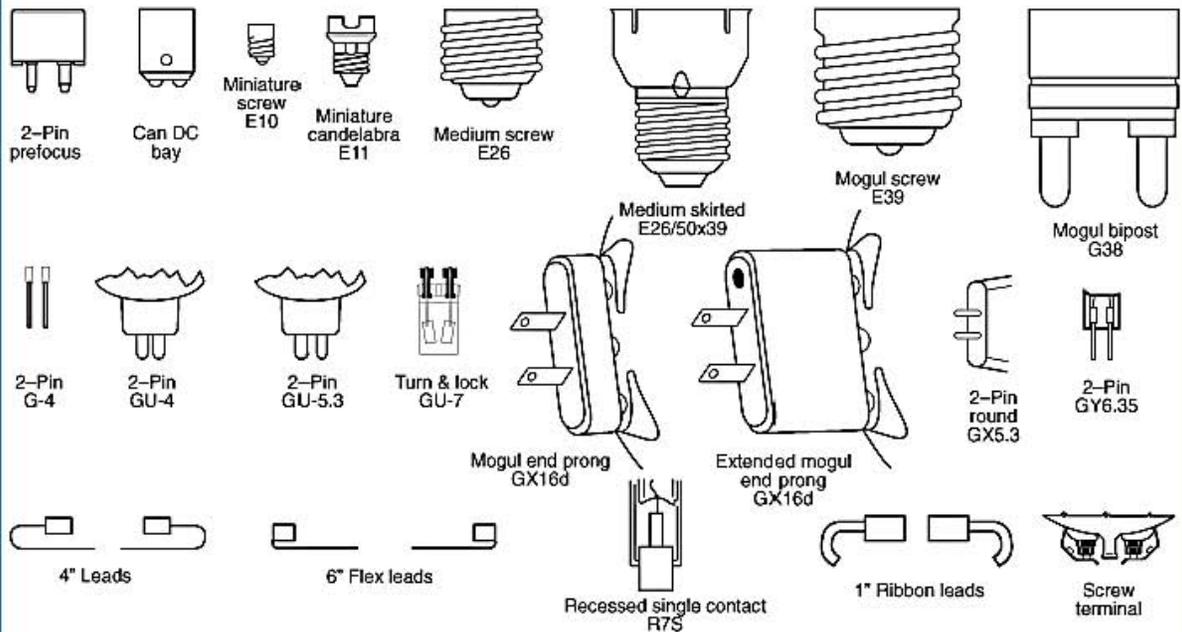
- A.- forma arbitraria
- AT.- forma tubular arbitraria
- B.- embotado o saliente, pequeña saliente
- BA.- embotado, saliente con un pequeño doble en la punta
- BD.- abultado con una pequeña hendidura en la parte superior
- BR.- Reflector abultado
- BT.- Tubular abultado
- C.- cónico
- CA.- forma de vela con un pequeño doble en la punta
- CC.- dos cónicas unidas
- E.- Elíptica
- ED.- Elíptica con una pequeña hendidura en la parte superior
- ER.- Reflector elíptico
- F.- Flama (decorativo)
- FE.- Elíptico y plano en la parte superior
- G.- Globo
- GT.- combinación globo tubular
- K.- similar a M pero con transición cónica
- M.- Hongo con transición redondeada
- MR.- Reflector de múltiples facetas
- P.- Pera
- PS.- Pera con cuello recto
- PAR.- Reflector parabólico aluminizado
- R.- Reflector
- RB.- Reflector abultado (ver BR)
- RD.- Reflector con una pequeña hendidura en la parte superior
- REC-PAR.- tipo de lámpara con cara rectangular
- RM.- Reflector con forma de hongo
- RP.- Reflector con forma de pera
- S.- lado recto pero con la parte superior embotada
- ST.- recto con lados inclinados
- T.- Tubular
- TL.- Tubular con lentes en la parte superior
- T/C.- Tubular en forma circular
- TU.- Tubular en forma de U

# BASES

## INCANDESCENT BASES



## HALOGEN BASES



Common lamp bases (not to scale). ANSI designations are shown, where available.

Figura III.5 Bases para lámparas incandescentes. (I.E.S.N.A.)

### III.4.- LÁMPARAS FLUORESCENTES

El éxito del alumbrado fluorescente ha sido espectacular casi desde su descubrimiento en 1938. Este nuevo tipo de alumbrado no produce luz desde un solo centro o núcleo luminoso, sino que la radia suave y difusamente por toda la extensión de sus tubos sin producir resplandores ni sombras acentuadas. Esta luz más fresca y más eficiente reduce el esfuerzo visual y facilita el ver y trabajar más que cualquier otra antes disponible. La lámpara fluorescente es una fuente que produce luz por medio de una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión.

La radiación de mercurio en estas condiciones no es visible, por lo que se utilizan polvos fluorescentes, los cuales tienen la propiedad de cambiar la longitud de onda ultravioleta del arco a longitudes de onda dentro del espectro visible (luz). 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 frío resaltarán los colores naranja, amarillo y verde y opaca los colores azules y los rojos; una de blanco cálido hará que se vean más vivos los colores rojos y que los azules se vean 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. Cuando se aplica la tensión conveniente, se produce un flujo de electrones que se desplazan a gran velocidad entre los cátodos. La colisión entre estos electrones y los átomos de mercurio que se encuentran en su camino producen un estado de excitación cuyo resultado es la emisión de radiaciones, principalmente en la región ultravioleta del espectro, a 253.7 Nanómetros. Los polvos fluorescentes transforman esta energía ultravioleta en energía visible (luz).

Los cátodos son de hilo de tungsteno doblemente espiralizado (cátodo caliente), y están recubiertos de una materia emisiva (óxido de bario, estroncio y calcio), que cuando se calienta emite electrones. El proceso se llama emisión termoiónica porque los electrones son emitidos más como resultado del calor desarrollado que de la tensión aplicada. Se crea una zona

caliente en el cátodo, en el punto en que el arco salta y se produce un flujo continuo de electrones.

#### III.4.1.- PARTES PRINCIPALES.

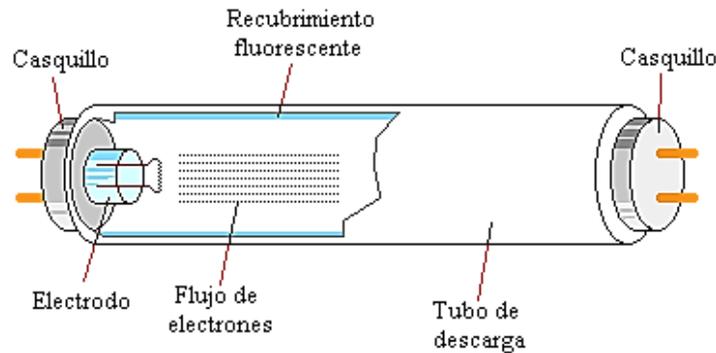


Figura III.6 Lámpara fluorescente (Fluorescente, s.f.)

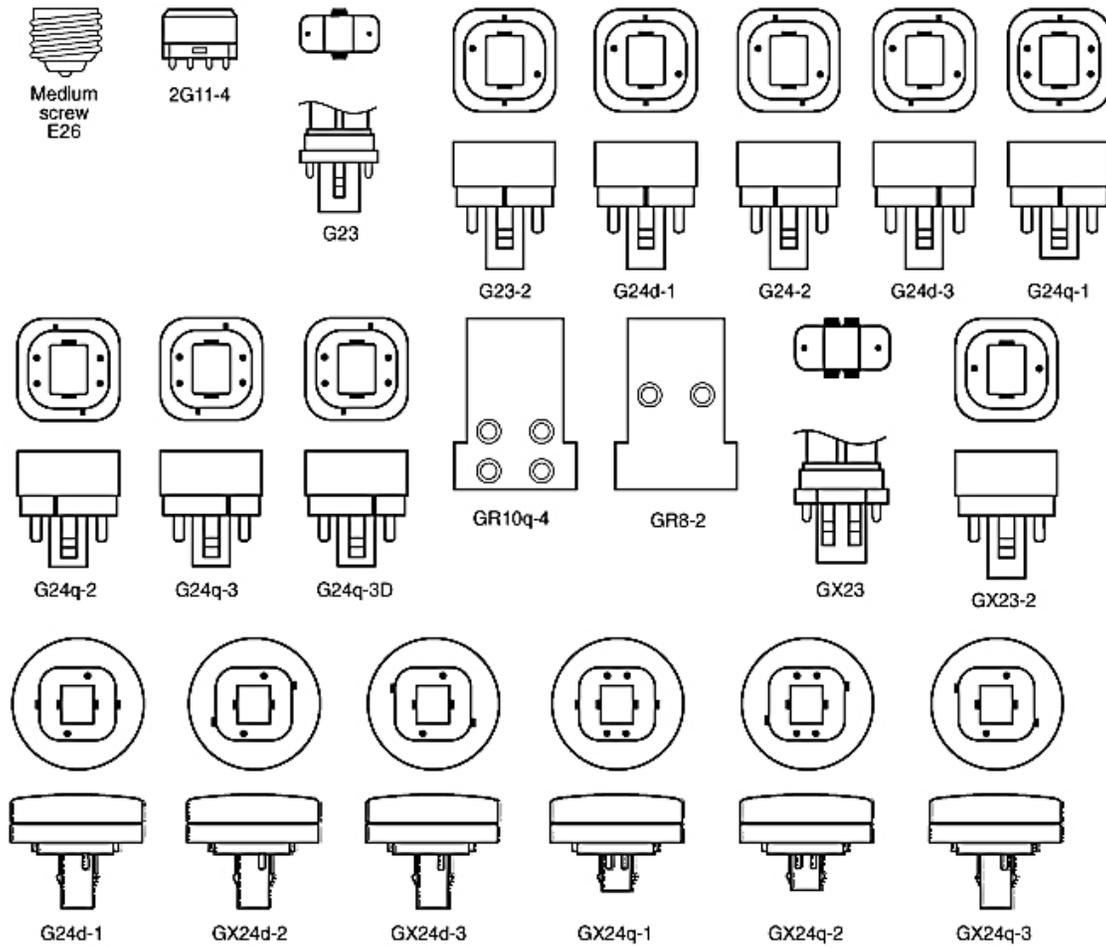
#### III.4.2.- VENTAJAS DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE.

1. Más luz por watt de energía consumida conservando su brillo más tiempo.
2. Dura más de siete veces que una lámpara incandescente de igual potencia.
3. Mayor cantidad de luz visible y menor calor radiante que la lámpara incandescente.
4. Luz cómoda y fresca.
5. Menos resplandor y sombras más suaves.
6. No necesita pantalla por lo general.
7. Mayor variedad de matices cromáticos para fines decorativos.
8. Mayor rendimiento, gran duración y perdurable potencia lumínica comparada con una lámpara incandescente.

#### III.4.3.-DESVENTAJAS DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE.

- 1.- En una gran mayoría de ellas por su tamaño requieren de luminarios grandes para poder redirigir su flujo luminoso.
- 2.- A menor o mayor temperatura ambiente en donde se encuentran localizadas hace que disminuya su emisión luminosa. La temperatura ideal de operación es alrededor de los 30<sup>0</sup>C.

### Bases lámparas fluorescentes compactas



### Bases lámparas fluorescentes

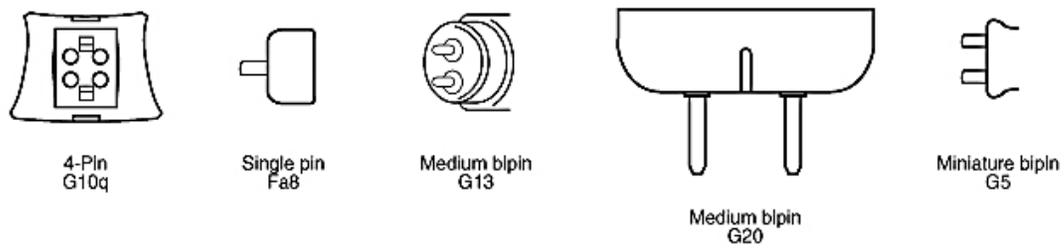


Figura III.7 Bases para lámparas fluorescentes (I.E.S.N.A.)

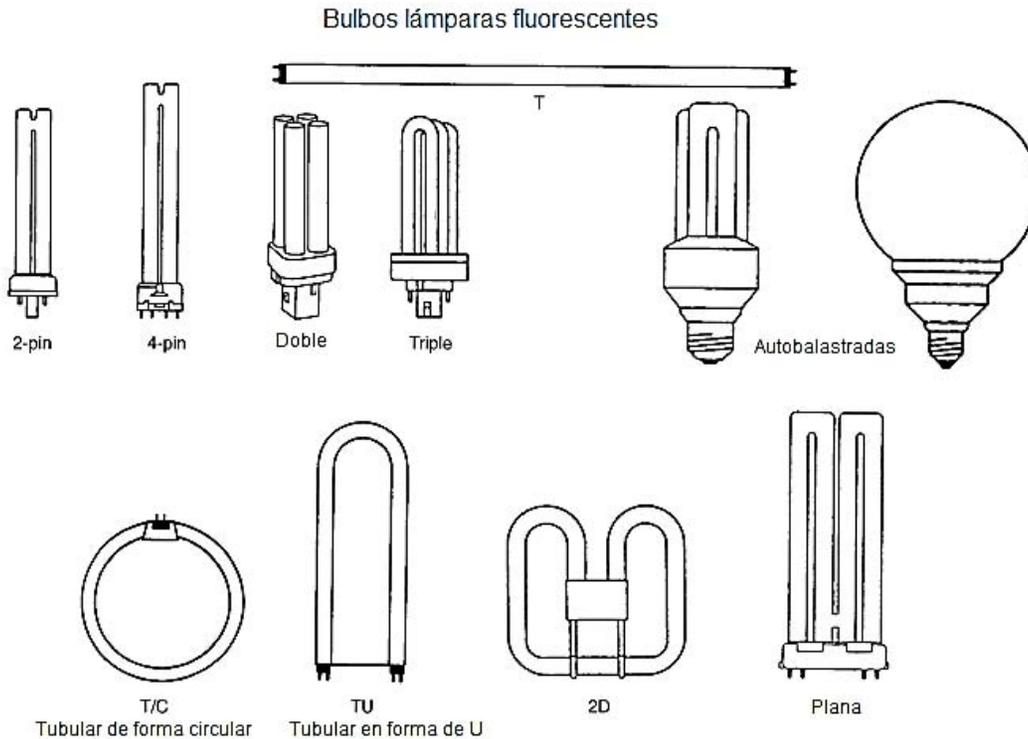


Figura III.8 Tipos de lámparas fluorescentes (I.E.S.N.A.)

**III.4.4.- LÁMPARAS DEL TIPO DE PRECALENTAMIENTO.** Las primeras lámparas empezaron por el año de 1938. Estas funcionan con un arrancador por separado, este suministra durante varios segundos un flujo de corriente a través de los cátodos precalentándolos para emitir electrones que ayuden a producir el arco a un voltaje más bajo.

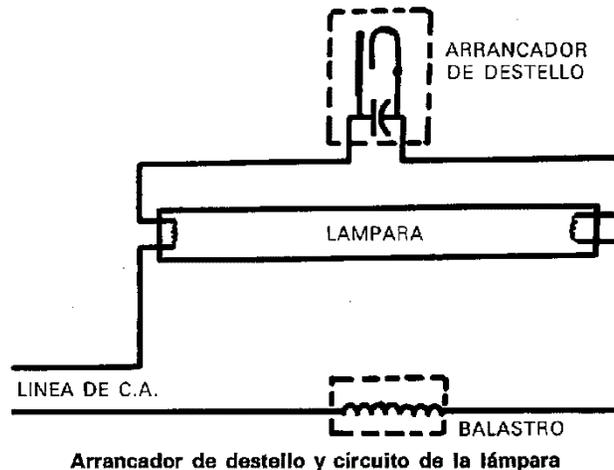


Figura III.9 Pre calentamiento de la lámpara fluorescente (I.E.S.N.A.)

La función del arrancador es la de cerrar el circuito de arranque de una lámpara de precalentamiento mientras el cátodo se calienta y después la de abrir el circuito para hacer arrancar la lámpara. Si el arco no se forma el arrancador continuo en su intento de arrancar la lámpara, si después de varios intentos no logra arrancar la lámpara la desconecta.

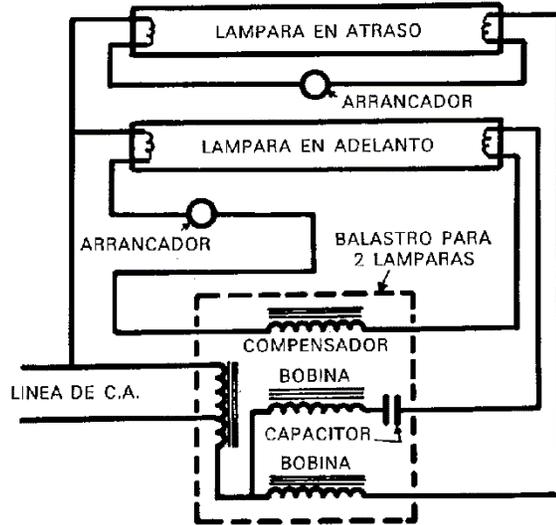


Figura III.10 Circuito de un balastro para dos lámparas de precalentamiento en adelante-atraso. (I.E.S.N.A.)

**III.4.5.- DE ARRANQUE INSTANTÁNEO (SLIMLINE).**- Estas hicieron su aparición en el año de 1944 con el objeto de desaparecer el sistema de precalentamiento. Estas utilizan un balastro que proporciona un voltaje lo suficientemente alto para producir el arco en forma instantánea. Como estas lámparas no necesitan un calentamiento previo, solo requieren bases de una sola espiga a cada extremo de la lámpara

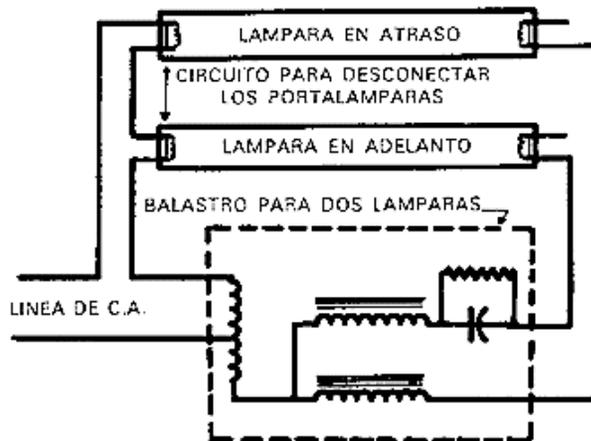


Figura III.11 Circuito de adelanto-atraso para dos lámparas de arranque instantáneo (I.E.S.N.A.)

Las lámparas de arranque instantáneo que tienen base con doble espiga tienen una conexión entre las espigas en cada extremo, produciendo el mismo efecto que una espiga solamente para cada cátodo. Estas lámparas se pueden identificar con las letras **IS** al final de la abreviatura, ejemplo:

F40T12/D/IS

**III.4.6.-DE ARRANQUE RÁPIDO.-** Estas aparecieron en el año de 1952, las cuales arrancan con suavidad y rapidez sin necesidad de arrancadores. Arrancan tan rápido como las de arranque instantáneo. Usan balastos más eficientes y más pequeños que los de arranque instantáneo.

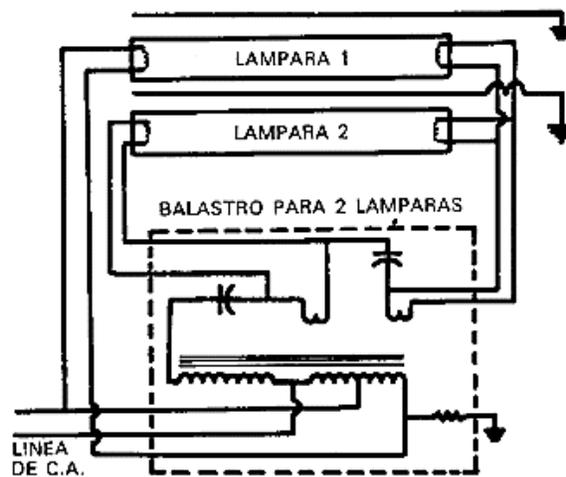
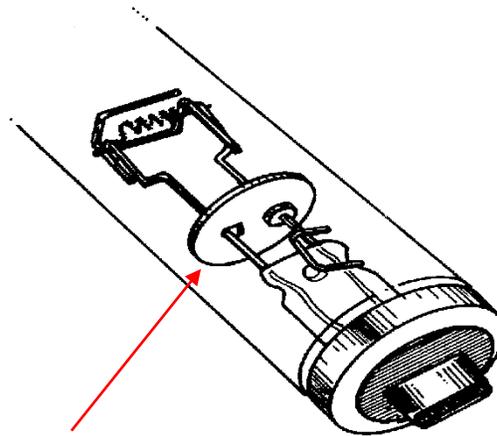


Figura III.12 Circuito de arranque rápido de un reactor de secuencia en serie para dos lámparas (I.E.S.N.A.)

**III.4.7.- LÁMPARAS DE MUY ALTA EMISIÓN Y DE ARRANQUE RÁPIDO (HO Y VHO).-** Trabajan a 1500 mA y aprox. 25 watts por pie de longitud. Por trabajar con corrientes mayores a 1000 mA se crean temperaturas altas que si se dejan sin control que puede hacer que la temperatura de vapor de mercurio se incremente demasiado aumentando la presión lo que ocasionaría una baja eficacia de la lámpara. Para evitar esto se utiliza un blindaje con reflectores metálicos circulares montados entre los electrodos y los extremos de la lámpara. Estos blindajes interrumpen las corrientes de conexión en el gas calentado cerca de los cátodos con el objeto de obtener temperaturas adecuadas en los extremos de las

lámparas detrás de los cátodos. Todas las lámparas de alta emisión (HO) y muy alta emisión (VHO) tienen bases embutidas de doble contacto. Su potencia varía de 110 a 215 watts y su longitud de 1.22m (48") a 2.44m (96")



Centro de control de presión para lámparas de muy alta emisión (VHO)

Figura III.13 Lámpara de sodio alta presión (Sodio, s.f.).

**III.4.8.- LÁMPARAS SIN ELECTRODOS.** Las partes más vulnerables de toda lámpara a descarga son los electrodos. Durante su vida útil, las lámparas reducen y pierden su potencia emisora por el impacto de iones rápidos o por reacciones químicas con vapores energéticos en el tubo de descarga. Los electrodos en las lámparas a descarga de alta presión, producen además una gran cantidad de radiación infrarroja derrochada, la cual disminuye la eficiencia de la lámpara. Las lámparas sin electrodos han empezado a aparecer en el mercado de iluminación debido a los avances en la industria electrónica y a los cambios en las normas de interferencia electromagnética (EMI) ocurridos en los últimos treinta años.

Las lámparas sin electrodos usan un campo electromagnético, en lugar de una corriente eléctrica que pasa a través de los electrodos, para excitar al gas dentro de la bombilla. Las lámparas sin electrodos pueden ser catalogadas de acuerdo al método por el cual producen el campo electromagnético: por descarga inductiva o por descarga de microondas. Las lámparas de descarga inductiva, también conocidas como lámparas de inducción, operan usando el principio de inducción. Estas lámparas también son llamadas lámparas fluorescentes sin electrodos debido a que el campo electromagnético produce luz excitando a los mismos

fósforos encontrados en las lámparas fluorescentes convencionales. Estas lámparas operan de la siguiente manera:

1. El poder de frecuencias de radio abastecidas manda una corriente eléctrica a un arrollamiento inductivo (un alambre que envuelve un núcleo de metal o plástico).
2. La corriente pasa a través del arrollamiento inductivo, generando un campo electromagnético.
3. El campo electromagnético excita el gas de mercurio, causando que el mercurio emita energía ultravioleta.
4. La energía choca contra la capa de fósforo, excitándola dentro de la bombilla de vidrio, transformando la energía ultra violeta en luz visible.

La lámpara de inducción, introduce un concepto totalmente nuevo en la generación de la luz. Basada en el principio de descarga de gas de baja presión, la principal característica del sistema de lámpara nuevo, es que prescinde de la necesidad de los electrodos de originar la ionización del gas. Existen en la actualidad dos sistemas distintos para producir esta nueva ionización del gas sin electrodos.

- a) Lámparas fluorescentes de alta potencia sin electrodos. La descarga en esta lámpara no empieza y acaba en dos electrodos como en una lámpara fluorescente convencional. La forma de anillo cerrado del vidrio de la lámpara permite obtener una descarga sin electrodos, ya que la energía es suministrada desde el exterior por un campo magnético. Dicho campo magnético está producido en dos anillos de ferrita, lo que constituye una importante ventaja para la duración de la lámpara. El sistema consta, además del tubo fluorescente sin electrodos, de un equipo de control electrónico (a una frecuencia de 250kHz aproximadamente) separado de la lámpara, lo que permite conservar la energía óptima de la descarga en la lámpara fluorescente y alcanzar una alta potencia lumínica con una buena eficacia.

Las principales ventajas de esta lámpara son:

- Duración de vida extremadamente larga: 60.000 horas.
- Potencia de lámparas 100 y 150 W.
- Flujo luminoso hasta 12.000 lúmenes.
- Eficacia luminosa de 80 lm/W.
- Bajo perfil geométrico que permite el desarrollo de luminarios planas.
- Luz confortable sin oscilaciones.
- Arranque sin parpadeos ni destellos.

Estas lámparas son especialmente indicadas para aquellas aplicaciones donde las dificultades de sustitución de las lámparas incrementan los costos de mantenimiento excesivamente, como por ejemplo, iluminación de túneles, techos de naves industriales muy altos y de difícil acceso, etc.

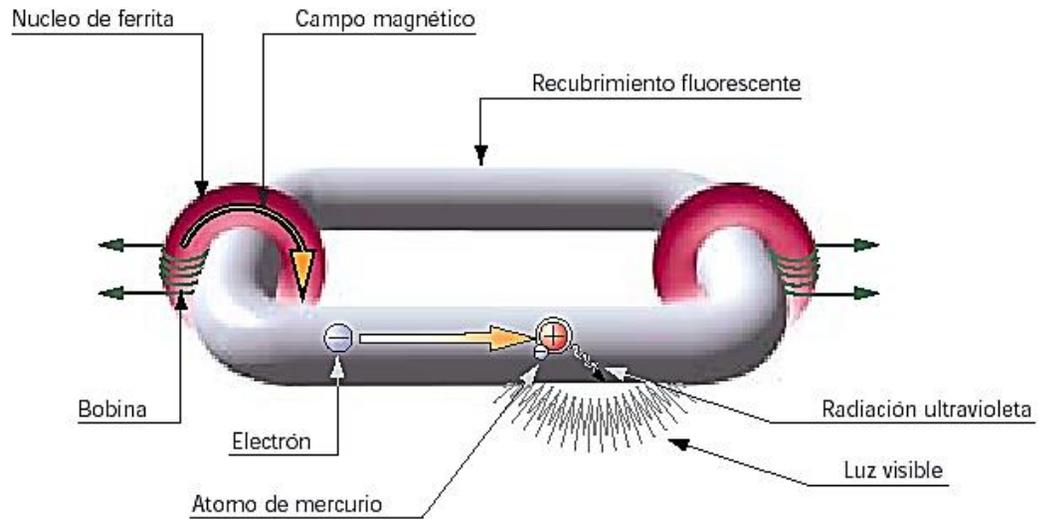


Figura III.14 lámparas de inducción magnética (Magnética, s.f.)

- b) Lámparas de descarga de gas a baja presión por inducción Este tipo de lámpara consta de un recipiente de descarga que contiene el gas a baja presión y un acoplador de potencia (antena). Dicho acoplador de potencia, compuesto por un núcleo cilíndrico de ferrita, crea un campo electromagnético dentro del recipiente de descarga que induce una corriente eléctrica en el gas generando su ionización. La energía suficiente para iniciar y mantener la descarga es suministrada a la antena por un generador de alta frecuencia (2'65 MHz) mediante un cable coaxial de longitud determinada, ya que forma parte del circuito oscilador.

Las principales ventajas de estas lámparas son:

- Duración extremadamente larga: 60.000 horas.
- Potencias de lámparas de 55, 85 y 165 W.
- Flujo luminoso hasta 12.000 lúmenes.
- Eficacia luminosa entre 65 y 81 lm/W.
- Encendido instantáneo libre de parpadeos y efectos estroboscópicos.
- Agradable luz de gran confort visual.

Estas lámparas se utilizan para muchas aplicaciones de alumbrado general y especial, principalmente para la reducción de costos de mantenimiento, como en edificios públicos, alumbrado público exterior, aplicaciones industriales, etc.

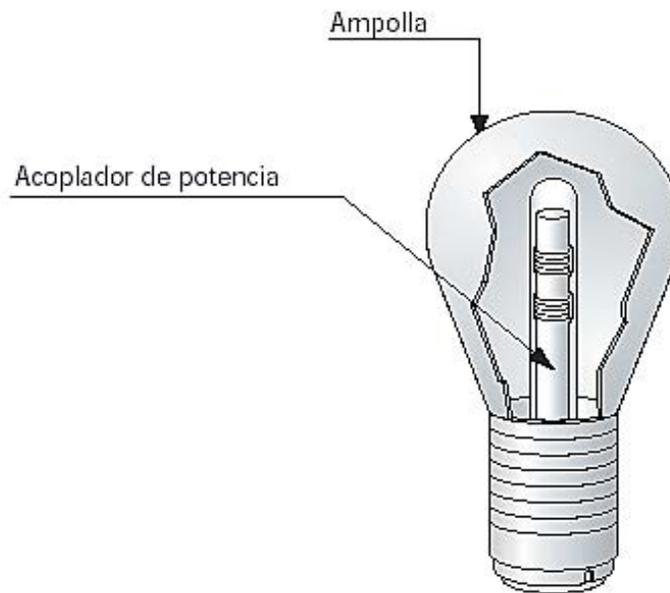


Figura III.15 Lámpara de descarga (descarga, s.f.)

**DATOS DE LÁMPARAS 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	990	7500	47	0.86	Fa8	T-12	55.8	Instantaneo	Electromagnético
21	Lineal	4300	1150	7500	55	0.86	Fa8	T-12	55.8	Instantaneo	Electromagnético
21	Lineal	2900	1100	7500	52	0.86	Fa8	T-12	55.8	Instantaneo	Electromagnético
39	Lineal	6500	2600	9000	67	0.88	Fa8	T-12	117	Instantaneo	Electromagnético
39	Lineal	4300	3100	9000	79	0.88	Fa8	T-12	117	Instantaneo	Electromagnético
39	Lineal	3600	2850	9000	73	0.88	Fa8	T-12	117	Instantaneo	Electromagnético
55	Lineal	6500	3850	12000	70	0.88	Fa8	T-12	182.9	Instantaneo	Electromagnético
55	Lineal	4300	4600	12000	84	0.88	Fa8	T-12	182.9	Instantaneo	Electromagnético
55	Lineal	2900	4500	12000	82	0.88	Fa8	T-12	182.9	Instantaneo	Electromagnético
75	Lineal	6500	5450	12000	73	0.88	Fa8	T-12	243.8	Instantaneo	Electromagnético
75	Lineal	4300	6300	12000	84	0.88	Fa8	T-12	243.8	Instantaneo	Electromagnético
75	Lineal	2900	6165	12000	82	0.88	Fa8	T-12	243.8	Instantaneo	Electromagnético
20	Lineal	2900	1240	12000	62	0.88	G-13	T-12	60.4	Rápido / Precalentamiento	Electromagnético
20	Lineal	4300	1260	12000	63	0.88	G-13	T-12	60.4	Rápido / Precalentamiento	Electromagnético
20	Lineal	6500	1075	12000	54	0.88	G-13	T-12	60.4	Rápido / Precalentamiento	Electromagnético
40	Lineal	2900	3100	20000	78	0.9	G-13	T-12	121.9	Rápido / Precalentamiento	Electromagnético
40	Lineal	4300	3150	20000	79	0.9	G-13	T-12	121.9	Rápido / Precalentamiento	Electromagnético
40	Lineal	6500	2600	20000	65	0.9	G-13	T-12	121.9	Rápido / Precalentamiento	Electromagnético
40	"U"	4300	2900	18000	73	0.86	G-13	T-12	57	Rápido	Electromagnético
110	Lineal	4300	8800	12000	80	0.87	R17-d	T-12	238.8	Rápido HO	Electromagnético
110	Lineal	6000	7800	12000	71	0.87	R17-d	T-12	238.8	Rápido HO	Electromagnético
215	Lineal	4300	14500	10000	67	0.7	R17-d	T-12	238.8	Rápido VHO	Electromagnético
215	Lineal	6000	14000	10000	65	0.7	R17-d	T-12	238.8	Rápido VHO	Electromagnético

DATOS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES T-8

WATTS	TIPO	TEMPERATURA DE COLOR	LUMENES INICIALES	VIDA EN HORAS	EFICACIA LUMENES/W ATT	FACTOR DE DEPRECIACION (L.L.D.)	BASE	BULBO	LONGITUD (cm)	ENCENDIDO	BALASTRO
17	Lineal	3000	1400	20000	82	0.92	G13	T-8	60.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
17	Lineal	3500	1400	20000	82	0.92	G13	T-8	60.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
17	Lineal	4100	1400	20000	82	0.92	G13	T-8	60.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
25	Lineal	3000	2250	20000	90	0.92	G13	T-8	90.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
25	Lineal	3500	2250	20000	90	0.92	G13	T-8	90.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
25	Lineal	4100	2250	20000	90	0.92	G13	T-8	90.8	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lineal	3000	2950	20000	92	0.92	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lineal	3500	2950	20000	92	0.92	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lineal	4100	2950	20000	92	0.92	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lineal	5000	2950	20000	92	0.92	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lineal/Ecológica	3000	3000	24000	94	0.95	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lineal/Ecológica	3500	3000	24000	94	0.95	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lineal/Ecológica	4100	3000	24000	94	0.95	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	Lineal/Ecológica	5000	3000	24000	94	0.95	G13	T-8	121.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
59	Lineal	3000	5900	15000	100	0.92	Fa-8	T-8	243.8	Instantaneo	Electrónico
59	Lineal	3500	5900	15000	100	0.92	Fa-8	T-8	243.8	Instantaneo	Electrónico
59	Lineal	4100	5900	15000	100	0.92	Fa-8	T-8	243.8	Instantaneo	Electrónico
59	Lineal	5000	5900	15000	100	0.92	Fa-8	T-8	243.8	Instantaneo	Electrónico
16	"U" 1 5/8"	3000	1125	20000	70	0.92	G-13	T-8	26.6	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
16	"U" 1 5/8"	3500	1125	20000	70	0.92	G-13	T-8	26.6	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
16	"U" 1 5/8"	4100	1125	20000	70	0.92	G-13	T-8	26.6	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
24	"U" 1 5/8"	3000	1925	20000	80	0.92	G-13	T-8	41.9	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
24	"U" 1 5/8"	3500	1925	20000	80	0.92	G-13	T-8	41.9	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
24	"U" 1 5/8"	4100	1925	20000	80	0.92	G-13	T-8	41.9	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
31	"U" 1 5/8"	3000	2725	20000	80	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
31	"U" 1 5/8"	3500	2725	20000	88	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
31	"U" 1 5/8"	4100	2725	20000	88	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	"U" 6"	3000	2850	20000	89	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	"U" 6"	3500	2850	20000	89	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico
32	"U" 6"	4100	2850	20000	89	0.92	G-13	T-8	57.2	Rápido	Electromagnético/ Electrónico

**DATOS DE LÁMPARAS FLUORESCENTES T-5**

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
24	Linea/HO	3000	2000	16000	83	0.93	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
24	Linea/HO	4000	2000	16000	83	0.93	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
24	Linea/HO	6000	2000	16000	83	0.93	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
39	Linea/HO	3000	3500	16000	90	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
39	Linea/HO	4000	3500	16000	90	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
39	Linea/HO	6000	3500	16000	90	0.93	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
54	Linea/HO	3000	5000	16000	93	0.94	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
54	Linea/HO	4000	5000	16000	93	0.94	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
54	Linea/HO	6000	5000	16000	93	0.94	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
80	Linea/HO	3000	7000	16000	88	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
80	Linea/HO	4000	7000	16000	88	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
80	Linea/HO	6000	7000	16000	88	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
14	Lineal	3000	1350	20000	96	0.90	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
14	Lineal	4000	1350	20000	96	0.90	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
14	Lineal	6000	1350	20000	96	0.90	G-5	T-5	54.9	Rápido	Electrónico
21	Lineal	3000	2100	20000	100	0.90	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
21	Lineal	4000	2100	20000	100	0.90	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
21	Lineal	6000	2100	20000	100	0.90	G-5	T-5	84.9	Rápido	Electrónico
28	Lineal	3000	2900	20000	104	0.93	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
28	Lineal	4000	2900	20000	104	0.93	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
28	Lineal	6000	2900	20000	104	0.93	G-5	T-5	114.9	Rápido	Electrónico
35	Lineal	3000	3650	20000	104	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
35	Lineal	4000	3650	20000	104	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico
35	Lineal	6000	3650	20000	104	0.93	G-5	T-5	144.9	Rápido	Electrónico

### **III.4.9.- LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.**

Las lámparas de vapor de mercurio pertenece a la clasificación conocida con el nombre de lámparas de descarga de alta intensidad lumínica, identificadas en inglés con las letras H.I.D. (High Intensity Discharge). En las lámparas de este tipo, la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o gas bajo presión, en vez de hacerlo a través de un filamento de tungsteno como en la lámpara incandescente. La primera lámpara de vapor de mercurio de uso práctico fue construida por Peter Cooper Hewitt en el año de 1901. Era de forma tubular y medía 1.22 m. (4') de largo.

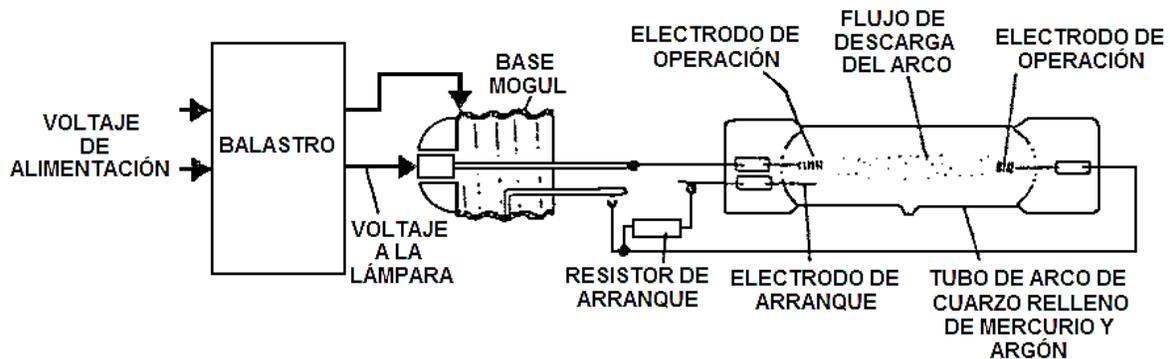
Producía una luz de un color característico verde azulado de gran eficacia, en comparación con las lámparas incandescentes de aquellos días. La primera lámpara de vapor de mercurio de alta presión, similar a las usadas en la actualidad, hizo su aparición en el año de 1934 en la potencia de 400 Watts. La potencia de las lámparas actuales fluctúa entre 40 y 1000 Watts. El circuito eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio típica, se muestra en forma esquemática en la siguiente figura. 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.

Este control de la corriente es necesario debido a que la lámpara de vapor de mercurio, como todas las fuentes de luz de descarga, tiene la característica de "resistencia negativa": Una vez encendida, el arco se desboca tomando excesiva corriente la cual destruiría la lámpara si no se controlara por medio de un balastro. Cuando se conecta el interruptor de la línea de alimentación, el voltaje de arranque del balastro es aplicado a través del espacio existente entre los electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco y también a través del pequeño espacio entre el electrodo de operación y el de arranque. Lo anterior ioniza el gas argón en el espacio existente entre el electrodo de arranque y operación; pero la corriente es limitada a un valor pequeño, debido al resistor de arranque.

Cuando hay suficiente argón ionizado y vapor de mercurio, distribuidos ambos a lo largo del tubo de arco, se establece una descarga entre los electrodos de operación. Esto vaporiza más

mercurio, calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable. Después de formarse el arco principal, el resistor de arranque provoca que el potencial, a través del espacio de encendido, se mantenga muy bajo para mantener esta descarga, estableciéndose, en esta forma, el flujo de descarga entre los electrodos de operación.

Los iones y electrones que componen el flujo de corriente (o "descarga del arco"), se ponen en movimiento a velocidades fantásticas a lo largo del trayecto existente entre los dos electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco. El impacto producido por los electrones y los iones que viajan a enorme velocidad por el gas o vapor circundante, cambian ligeramente su estructura atómica. La luz se produce de la energía emitida por los átomos afectados, a medida que vuelven nuevamente a su estructura normal.



**Figura III.16** Circuito eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio. (Vittorio, 1989)

#### III.4.9.1.-CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA.

En la siguiente figura se muestra las partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio. A pesar que existen muchos tamaños y formas, los tipos más comúnmente usados están contruidos a base de dos bulbos (bombillos), uno exterior, a manera de cubierta, y otro interior, que es el tubo de arco. El tubo de arco, fabricado de cuarzo, contiene el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón. El bulbo exterior llenado comúnmente de nitrógeno, sirve para proteger al tubo de arco contra el deterioro y la corrosión atmosférica. También regula la temperatura de funcionamiento del tubo de arco y actúa como filtro para absorber la radiación ultravioleta.

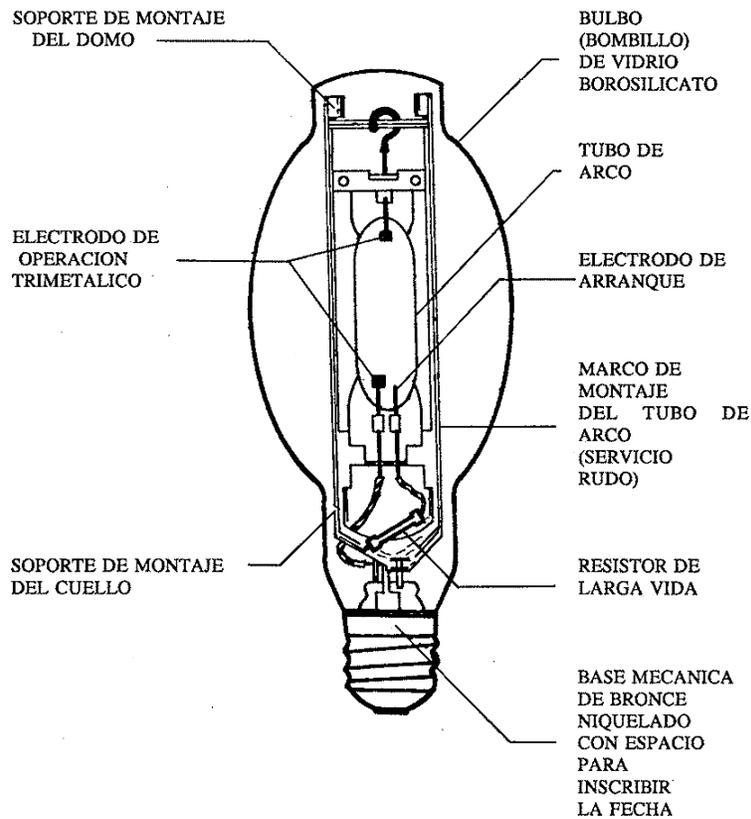


Figura III.17. Partes básicas de la lámpara de Vapor de Mercurio. (I.E.S.N.A.)

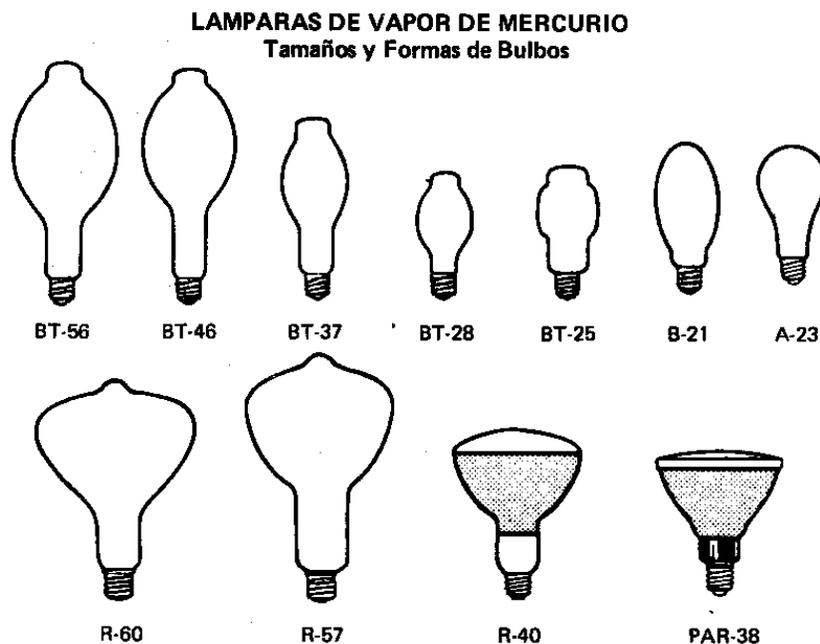


Figura III.18 Tamaños y formas de bulbos de lámparas de vapor de mercurio (I.E.S.N.A.)

### III.4.9.2.-RECOMENDACIONES.

La lámpara de vapor de mercurio debe usarse solamente en luminarios con circuitos equipados apropiadamente. La operación con equipo incompatible, puede causar la destrucción de la lámpara, pudiendo producir daños físicos a personas o al equipo. A pesar de que la lámpara de vapor de mercurio de base media puede usarse en portalámparas ordinarios (base media), nunca deberán instalarse en tales portalámparas sin el balastro adecuado, requerido para la operación de lámparas de vapor de mercurio. Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara. Si el bulbo exterior se rompe, deberá desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición de la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina a los ojos y la piel.

No deberá de someterse el bulbo a ninguna presión, debido a que puede causar su rotura. A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere de una protección externa para la lámpara, con objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar el contacto con el agua durante su funcionamiento.

DATOS DE LÁMPARAS 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	3650	24000	37	0.84	E-40	BF-75	17.20	Universal
125	Blanco de Lujo	3900	6300	24000	50	0.84	E-26	BF-75	17.20	Universal
175	Blanco de Lujo	3900	8600	24000	49	0.90	E-40	ED-28	22.40	Universal
250	Blanco de Lujo	3900	13000	24000	52	0.80	E-40	ED-28	22.40	Universal
400	Blanco de Lujo	3900	23000	24000	58	0.85	E-40	ED-37	27.70	Universal
1000	Blanco de Lujo	3900	57500	24000	58	0.80	E-40	BT-56	39.00	Universal

Figura III.19 Lámparas de vapor de Mercurio (Holophane)

### III.4.9.3.- BALASTROS PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

**Balastro tipo reactor serie.** Es el balastro más sencillo el cual se puede usar cuando el voltaje de línea es mayor que el voltaje de arranque de la lámpara, sin embargo no puede absorber grandes fluctuaciones de voltaje de línea por lo que se recomienda usarse cuando esta fluctuación no rebase 5%.

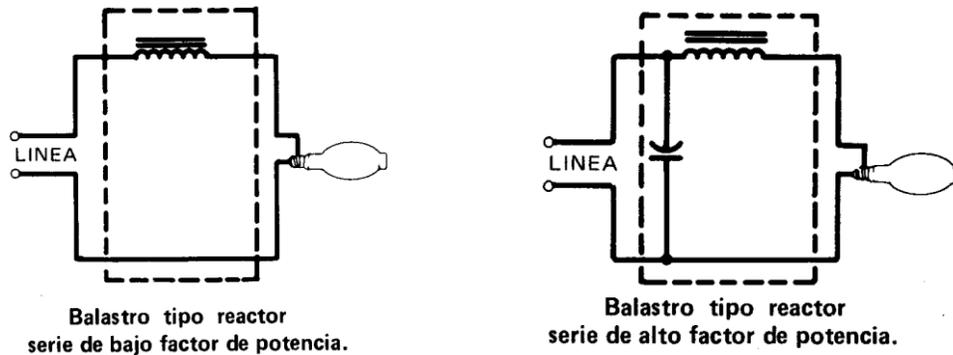


Figura III.20 Balastro de factor de baja y alto factor de potencia (I.E.S.N.A.)

**Balastro tipo autotransformador.** Normalmente se utiliza cuando el voltaje de línea es menor al nominal

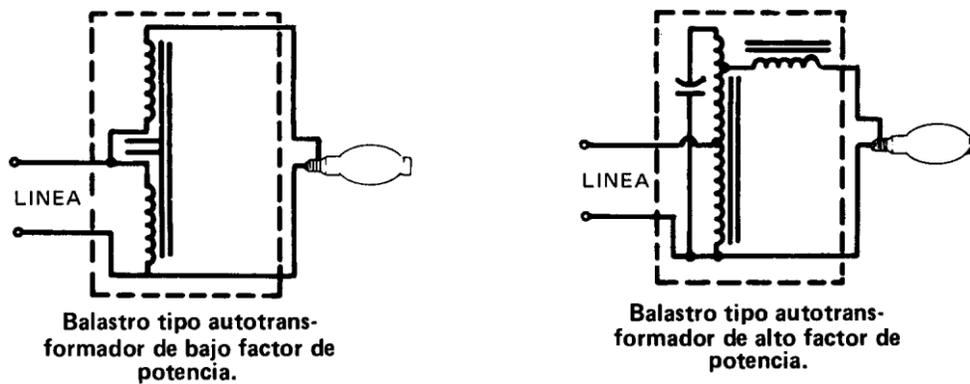


Figura III.21 balastro autorregulado de bajo y alto factor. (I.E.S.N.A.)

**Balastro tipo autotransformador de wattaje constante.** Donde se requiere una emisión lumínica regulada o estabilizada y se tienen voltajes de línea cambiantes.

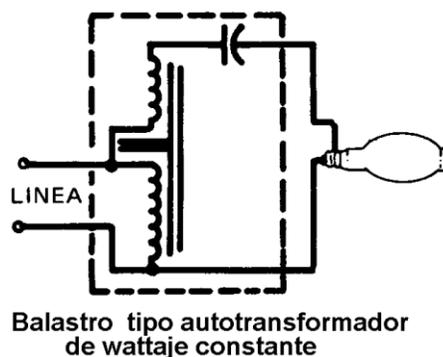


Figura III.22 Balastro autotransformador de wattaje constante. (I.E.S.N.A.)

**Balastro tipo reactor en atraso – adelanto para dos lámparas.** Se usa principalmente para luminarios dobles principalmente con lámparas de 400 watts, Este balastro consiste en dos circuito independientes, donde una lámpara opera con un reactor y la otra con un reactor y un capacitor conectados en serie. Cada lámpara funciona independientemente y continua funcionando aun cuando una falle.

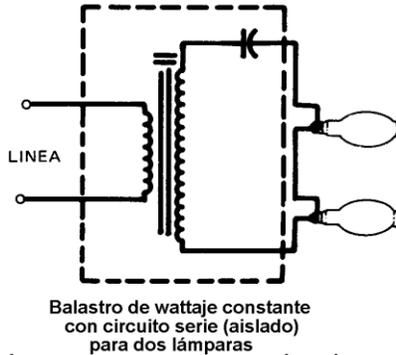


Figura III.23 Balastro constante con circuito serie. (I.E.S.N.A.)

#### III.4.10.- LÁMPARAS DE 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 eficacia, vida razonablemente económica, excepcional rendimiento de color y buen mantenimiento de lúmenes. Físicamente, la lámpara de aditivos metálicos es de tamaño compacto y tiene las mismas dimensiones exteriores correspondientes a una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia. Internamente, difieren considerablemente de estas últimas. La construcción de una lámpara de aditivos metálicos se muestra en la siguiente figura. En la actualidad estas lámparas se encuentran disponibles en potencias de 175 a 1500 watts, en paquetes desde 14,000 a 155,000 lúmenes.

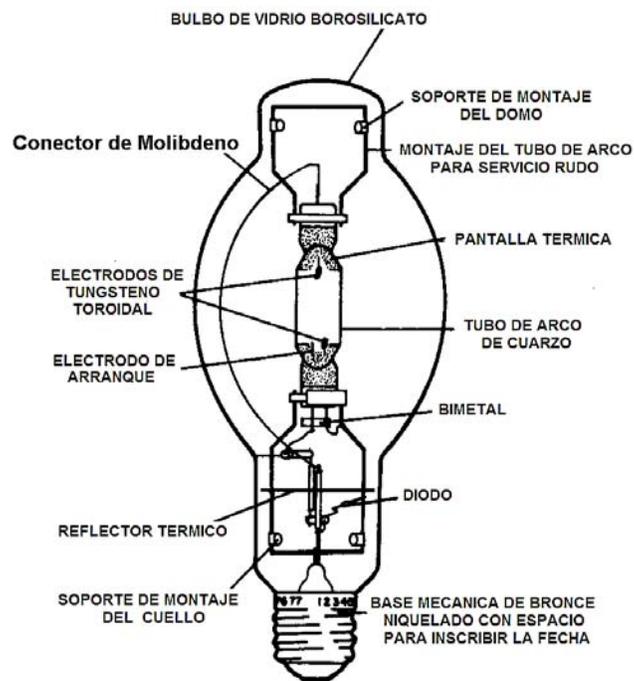
##### III.4.10.1.-CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA

La lámpara de aditivos metálicos tiene un tubo de descarga de cuarzo, ligeramente menor que el correspondiente a una lámpara de vapor de mercurio de la misma potencia. El tubo de arco contiene gas argón y mercurio, más yoduros de torio, sodio y escandio. Estos tres materiales son los responsables del excelente comportamiento de esta extraordinaria fuente luminosa. Los extremos del tubo de descarga tienen una pantalla térmica (revestimiento),

cuya función es controlar la temperatura en estas áreas durante la operación. El control de la temperatura es esencial durante la operación de la lámpara de aditivos metálicos. La lámpara de aditivos metálicos se fabrica con un montaje para tubo de arco en dos secciones.

Esta división es necesaria debido a la alta actividad electroquímica del sistema de aditivos, debido a la cual se requiere el máximo aislamiento de las partes metálicas del tubo de arco. El montaje de tubo de descarga incluye soportes en el cuello y domo, lo que proporciona un montaje muy durable y resistente, adecuado para el servicio rudo y la vibración. El bimetálico debe permanecer cerrado durante la operación de la lámpara, para evitar un corto circuito entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Con esto se evita una caída de tensión entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación, eliminando la falla por electrólisis en el sello del tubo de arco.

Algunas lámparas de aditivos metálicos usan un diodo de estado sólido y un cortocircuito bimetálico. El diodo se encuentra en serie con el cortocircuito bimetálico durante la operación de calentamiento de la lámpara. El bulbo exterior de borosilicato (vidrio duro) protege las partes internas y también absorbe la radiación ultravioleta originada en el arco.



Lámpara de Aditivos Metálicos Base Arriba (BU)

Figura III.24 Lámparas de Aditivos Metálicos Base Arriba (BU) (I.E.S.N.A.)

### **III.4.10.2.-PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN.**

La descarga de la lámpara de aditivos metálicos, difiere en forma significativa del sistema de vapor de mercurio. En una lámpara de vapor de mercurio, todo el material de descarga se encuentra en estado vaporizado, ya que la temperatura de las paredes del tubo de arco es mayor que la temperatura de ebullición del mercurio. Los yoduros aditivos, en el sistema de aditivos metálicos, tienen el punto de ebullición considerablemente más alto que la temperatura de las paredes del tubo de arco; por lo tanto, algunos de los materiales permanecen condensados en estado sólido. Las cantidades de yoduros metálicos vaporizados se rigen por la temperatura del punto más frío de la superficie interior del tubo de arco.

El fenómeno antes descrito, ejerce gran influencia sobre algunas características de las lámparas de aditivos metálicos. La lámpara de aditivos metálicos, hace uso del mismo principio de arranque de las lámparas de vapor de mercurio, pero difieren significativamente en características y requerimientos de arranque. Cuando el voltaje se aplica a la lámpara, se inicia la ionización en el espacio existente entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Debido a la presencia de yoduros metálicos, en el tubo de arco, el voltaje requerido para la ionización es mucho más alto en la lámpara de aditivos metálicos. Cuando existe suficiente ionización se establece un flujo de electrones entre los electrodos principales.

Una vez establecido el arco, la lámpara empieza a calentarse. Conforme la temperatura se va incrementando, los aditivos metálicos van integrándose al flujo del arco, emitiendo su radiación característica. Debido a la naturaleza del sistema de yoduros de aditivos metálicos, las exigencias básicas del balastro son más severas que las requeridas en el balastro usado en lámparas de vapor de mercurio. Cuando la lámpara ha logrado su estabilización y los aditivos metálicos se encuentran en el arco en concentración apropiada, sus efectos se notan claramente. La emisión espectral de la lámpara tiene todas las longitudes de onda a las cuales responde el ojo humano y adicionalmente, mucha de la energía radiada se desplaza a áreas del espectro donde la lámpara de vapor de mercurio es deficiente.

Debido a que todas las longitudes de onda o colores están presentes en el balance aceptable, la apariencia del color de la lámpara es blanca, dando como resultado un excelente

rendimiento cromático. La segunda ventaja de la lámpara de aditivos metálicos, en comparación con la lámpara de vapor de mercurio, es su eficacia substancialmente mayor. En general, sobre la base de lámparas de la misma potencia, la lámpara de aditivos metálicos tiene una eficacia superior entre el 65 y 70%. A pesar de que la lámpara de aditivos metálicos tiene excelente calidad de color para la mayoría de los usos; las necesidades de interiores, tales como en tiendas, supermercados y otras instalaciones comerciales requieren mayor rendimiento de color.

Para estos casos se recomienda otros tipos de lámparas de aditivos metálicos, las cuales tienen un recubrimiento de fósforo, con el cuál se incrementa el porcentaje de rojos, naranja, así como las longitudes de onda de los amarillos en el espectro.

#### **III.4.10.3.-POSICIÓN DE OPERACIÓN**

Las lámparas de aditivos metálicos, en su mayoría se fabrican en dos tipos: "Base Horizontal" (BU-HOR) y "Base abajo" (BD). Para potencias de 250, 400, 1000 y 1500 watts, las lámparas base arriba, están diseñadas para operar en posiciones que varían de base arriba a horizontal; la lámpara base abajo de la posición base abajo hacia arriba, pero sin llegar a la horizontal. La lámpara de 175 watts base arriba y base abajo deberá operarse únicamente en posiciones que estén dentro de los 15 grados de vertical. Los tipos de lámparas base arriba (BU) y base abajo (BD) difieren en la localización del bimetálico y del electrodo de arranque.

Las lámparas de 175 y 250 watts deberán de operarse en luminarios cerrados. Las lámparas de 400 y 1000 watts, cuando operan en posición horizontal o dentro de los 60 grados de la horizontal, deberán instalarse en luminarios cerrados. Así mismo, la lámpara de 1500 watts deberá operarse solamente en luminarios cerrados, independientemente de su posición de operación.

POSICIÓN DE OPERACIÓN DE LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS

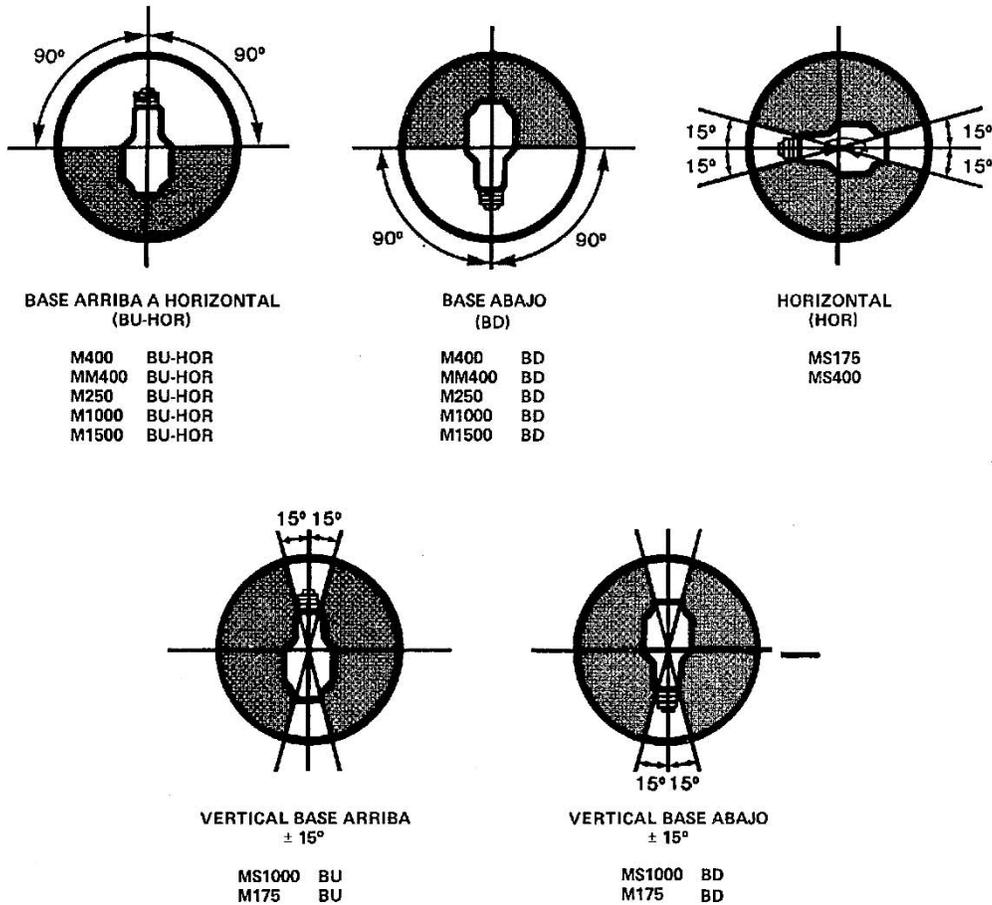


Figura III.25 Posición de Operación de la Lámpara de Aditivos Metálicos (Vittorio, 1989)

III.4.10.4.-EFECTO DE LA POSICIÓN DE OPERACIÓN

Los datos característicos de las lámparas de aditivos metálicos se establecen con la lámpara operada en posición vertical y horizontal; cuando es operada en otra posición diferente a la vertical, los watts y la producción lumínica decrecen ligeramente, así como el mantenimiento de lúmenes y los lúmenes medios a través de las horas de vida. Las posiciones de operación que producen la menor emisión lumínica (y deberán por lo tanto evitarse) son aproximadamente entre 20 - 30 grados de la horizontal (60 - 70 de la vertical). En posiciones de operación diferentes a la vertical, el arco tiende a colocarse en la parte superior, de tal modo que producirá una distribución de temperatura no uniforme en las paredes del tubo de arco, dando como resultado una operación menos eficiente.

#### **III.4.10.5.-PRODUCCIÓN LUMÍNICA Y MANTENIMIENTO.**

El sistema de la lámpara de aditivos metálicos resulta químicamente complejo y requiere de un período de operación para que todos sus componentes se estabilicen. Se requiere de un lapso de funcionamiento de 100 horas para que la lámpara alcance todas sus ventajas que, a la vez, son la base de sus características de comportamiento a través de sus horas de vida. Todas las especificaciones publicadas de las lámparas se basan en mediciones realizadas después de 100 horas. La lámpara de aditivos metálicos cuenta con características excelentes en lo referente al mantenimiento de lúmenes. El decremento en producción lumínica se produce en forma muy gradual, a través de las horas de vida de la lámpara.

Las tres mayores causas de éste decremento en la emisión lumínica son: el deterioro de los electrodos a medida que pasa el tiempo; la pérdida de transmisión del tubo de arco, debido al ennegrecimiento y el cambio en el balance químico de los aditivos metálicos. El mantenimiento de los lúmenes es mejor cuando la lámpara se opera en largos períodos, por arranque; por lo tanto, el mejor mantenimiento de lúmenes se obtiene cuando su operación es de ciclo continuo. El mantenimiento de lúmenes varía de acuerdo con la potencia de la lámpara.

#### **III.4.10.6.-VIDA DE LA LÁMPARA.**

La vida de la lámpara de aditivos metálicos se define como el lapso en horas, en el cual el 50 por ciento de una muestra representativa de la producción llega al final de la vida normal, cuando se opera con un voltaje controlado nominal de alimentación al balastro, en ciclos de 10 horas en posición vertical. El final de su vida nominal, se caracteriza cuando la lámpara falla en el arranque o bien cuando se acerca a su potencia de diseño. Lo anterior es causado por el deterioro de los electrodos de la lámpara a lo largo de las horas de vida. El deterioro de los electrodos es más severo durante el período de arranque. Mientras más largo sea el ciclo de operación, mayor será la vida de la lámpara y mejor el mantenimiento en lúmenes.

#### **III.4.10.7.-RECOMENDACIONES.**

La lámpara de aditivos metálicos debe usarse solamente en luminarios que se encuentren equipados apropiadamente. La operación con equipo inadecuado podría destruir la lámpara, provocando, incluso, heridas al personal o daños en el equipo. La lámpara opera sobre presión y a alta temperatura, pudiendo destruirse cuando se opera horizontalmente o dentro de 60 grados de la posición horizontal. En tal posición la lámpara debe instalarse en luminario cerrado. La lámpara de 250 y 1500 Watts debe usarse en luminarios cerrados para cualquier posición. Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara.

Si el bulbo exterior se rompe, el circuito de la lámpara deberá desconectarse inmediatamente para prevenir la exposición a la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina para los ojos y la piel.

No deberá someterse el bulbo a ninguna presión, debido a que puede causarse su rotura. A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere una protección externa para la lámpara, con objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar su contacto con el agua durante la operación.

#### **III.4.11.- ADITIVOS METÁLICOS PULSE START**

Pulse Start es una lámpara de Aditivos Metálicos que opera con un tubo de descarga mejorado que permite una mayor eficacia 120 LPW contra 90 LPW de una lámpara convencional. Encendido "instantáneo" (2 min) y reencendido rápido (4 min) vs sistemas convencionales (4 min arranque y 15 min reencendido). Utiliza un ignitor de alto voltaje para encender la lámpara. Flujo luminoso superior en más de un 25% contra Aditivos Metálicos estándar. Incremento en la vida en un 50% en las versiones de 175, 250 y 320W. Arranque a bajas temperaturas -40°F Sales metálicas mejoradas que permite una mayor vida. Disponibles en temperatura de color de 3700K y 4100K. IRC = 65

De encendido por pulso de 320 y 400 Watts, ofrecen menor variación de color, menor depreciación lumínica y una larga vida. Su desempeño de calidad permite niveles más altos de iluminación mantenidos y substanciales ahorros de energía. Ofrecen 20 mil horas promedio de vida con bajos costos de mantenimiento. Operan en luminarios abiertos, con un

tiempo de 5 a 7 minutos de reencendido en caliente en comparación de 10 a 12 minutos con las lámparas estándar.

### III.4.12.-LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS PRO-TECH (ENVOLVENTE PROTECTORA DEL TUBO DE ARCO)

Diseñadas para operar en aplicaciones de luminarios abiertos, ya que tienen una cubierta que protege al tubo de arco lo suficientemente resistente para reducir el impulso de los fragmentos de cuarzo que pudieran resultar de una falla, evita las posibles explosiones.

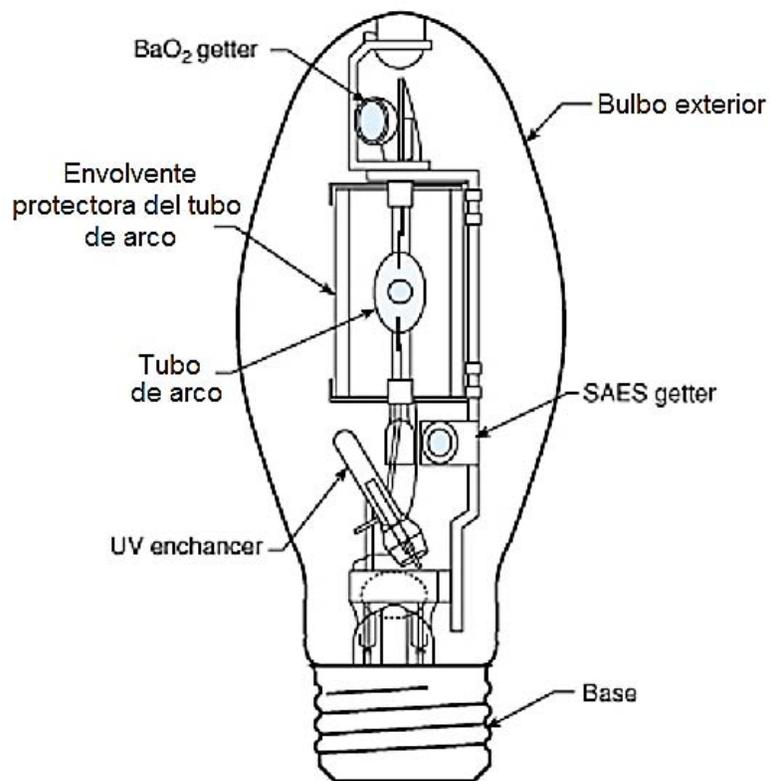


Figura III.26 Lámparas de aditivos metálicos PRO-TECH (metálicos, s.f.)

**DATOS DE LÁMPARAS DE ADITIVOS METALICOS**

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	Clara	4200	4400 V, 12800 H	10000 V, 7500 H	82 V, 73 H	0.80	E-40	BT-28	22.40	Universal
175	Fosforada	3800	4000 V, 12000 H	10000 V, 7500 H	80 V, 69 H	0.80	E-40	BT-28	22.40	Universal
250	Clara	4200	22000 V, 20000 H	10000	88 V, 80 H	0.77	E-40	BT-28	22.40	Universal
250	Fosforada	3800	15000 V, 19500 H	10000	86 V, 78 H	0.77	E-40	BT-28	22.40	Universal
400	Clara	4000	36000 V, 32000 H	20000 V, 15000 H	90 V, 80 H	0.69	E-40	BT-37	27.70	Universal
400	Fosforada	3700	36000 V, 32000 H	20000 V, 15000 H	90 V, 80 H	0.69	E-40	BT-37	27.70	Universal
1000	Clara	4000	110000 V, 107800 H	15000 V, 9000 H	110 V, 108 H	0.80	E-40	BT-56	38.30	Universal
1500	Clara	3700	33000 V, 153000 H	30000 V, 153000 H	109 V, 102 H	0.85	E-40	BT-56	38.30	Base arriba/horizontal

**DATOS DE LÁMPARAS DE ADITIVOS METALICOS CON PROTECCIÓN EN EL QUEMADOR**

70	Clara	3000	5200	5000 V, 10000 H	74	0.75	E-26	ED-17	13.80	Universal
100	Clara	3000	8500	5000 V, 10000 H	85	0.75	E-26	ED-17	13.80	Universal
150	Clara	3000	13300	5000 V, 10000 H	89	0.75	E-26	ED-17	13.80	Universal
250	Clara	4000	23000	10000	92	0.73	E-40OR	BT-28	22.40	Base arriba
400	Clara	3800	38000	10000	95	0.66	E-40	BT-37	27.70	Base arriba

**DATOS DE LÁMPARAS DE SUPER ADITIVOS METALICOS**

250	Clara	4200	23000	10000	92	0.65	E-40-OR	BT-28	22.40	Base horizontal
400	Clara	4200	39000	20000	98	0.64	E-40-OR	BT-37	27.70	Base horizontal
400	Clara	4000	41000	20000	102	0.67	E-40-OR	BT-37	27.70	Base arriba

**DATOS DE LÁMPARAS DE ADITIVOS METALICOS AHORRADA DE ENERGÍA**

360	Clara	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	Fosforada	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

**DATOS DE LÁMPARAS DE ADITIVOS METALICOS COMPACTAS**

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	Clara	4000	4400 V, 12800 H	10000 V, 7500 H	80 V, 73 H	0.75 V, 0.74 H	E-26	ED-17	13.80	Universal
250	Clara	4000	22000 V, 20000 H	10000 V, 7500 H	88 V, 80 H	0.79 V, 0.72 H	E-40	ET-18	24.00	Universal
400	Clara	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	Clara	3800	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

**DATOS DE LÁMPARAS DE ADITIVOS METALICOS PULSE START**

250	Clara	4200	23500	10000	94	0.66	E-40	BT-28	21.10	Base arriba
320	Clara	4500	32000	20000	100	0.66	E-40	BT-28	21.10	Base arriba
320	Fosforada	3900	30000	20000	94	0.66	E-40	BT-28	21.10	Base arriba
400	Clara	4000	42000	20000	105	0.80	E-40	BT-37	29.20	Base arriba
400	Fosforada	3600	42000	20000	105	0.80	E-40	BT-37	29.20	Base arriba

**DATOS DE LÁMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS**

70	Clara	3000	5200	10000	74	0.80	G-12	Tubular	8.40	Universal
150	Clara	3000	13000	10000	87	0.81	G-12	Tubular	8.40	Universal
150	Clara	4300	13000	10000	87	0.81	G-12	Tubular	8.40	Universal
250	Clara	5300	20000	10000	80	0.84	E-40	Tubular	22.50	Universal
400	Clara	5200	32000	10000	80	0.72	E-40	Tubular	28.50	Universal
1000	Clara	6000	80000	2500	80	0.80	E-40	Tubular	34.00	Base horizontal

**DATOS DE LÁMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS CON QUEMADOR CERÁMICO, 1 BASE**

35	Clara	3000	3400	10000	97	0.80	G-12	Tubular	10.00	Universal
70	Clara	3000	6600	10000	94	0.80	G-12	Tubular	10.00	Universal
70	Clara	4200	5800	10000	83	0.80	G-12	Tubular	10.00	Universal
150	Clara	3000	14000	10000	93	0.80	G-12	Tubular	10.50	Universal

**DATOS DE LÁMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS CON QUEMADOR CERÁMICO, 2 BASES**

70	Clara	3000	6300	10000	90	0.91	RX75	Tubular	11.420	Base horizontal
70	Clara	4200	5700	10000	81	0.91	RX7s	Tubular	11.420	Base horizontal
150	Clara	4200	13400	10000	89	0.85	RX75	Tubular	13.200	Base horizontal
150	Clara	3000	13500	10000	90	0.85	RX7s	Tubular	13.200	Base horizontal

**DATOS DE LÁMPARAS DE HALOGENUROS METALICOS 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	Clara	3150	5200	7500 V, 6000 H	74	0.79	E-26	E-17	13.80	Universal
100	Clara	3150	8500	7500 V, 6000 H	85	0.79	E-26	E-17	13.80	Universal

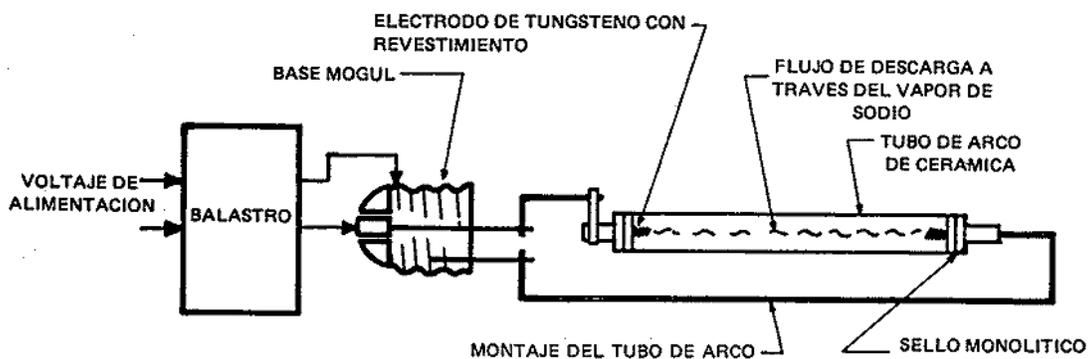
### **III.5.- LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN.**

La lámpara de vapor de sodio es el tipo más eficaz de la familia de las lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.). La luz se produce por el paso de corriente eléctrica a través de vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura. Sus características físicas, eléctricas y fotométricas son diferentes a otros tipos de lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.). Las ventajas de una lámpara con arco de descarga, de vapor de sodio a alta presión, son conocidas desde hace varios años. El desarrollo práctico de una lámpara que tuviera características de larga vida para uso de iluminación general, requirió de descubrimientos sensacionales en el campo de la tecnología de materiales.

El desarrollo de una nueva cerámica, el óxido de aluminio policristalino (polycrystalline aluminum oxide), fue la clave para poder fabricar lámparas de vapor de sodio a alta presión para usos prácticos, este material es extremadamente resistente al ataque del vapor de sodio y puede soportar las altas temperaturas de operación que requiere el logro de una gran eficiencia y adicionalmente, cuenta con características excelentes para la transmisión de luz visible. El principal elemento de radiación en el tubo de arco de la lámpara es el sodio. Sin

embargo, contiene mercurio como gas corrector del color y, adicionalmente, para controlar el voltaje. También existe una pequeña cantidad de xenón, en el tubo de arco, utilizado para iniciar la secuencia de arranque.

Para su ignición, la lámpara requiere voltajes extremadamente altos, debido a la geometría del tubo de arco, el cual deberá ser largo y estrecho, a fin de lograr la máxima eficacia y, además, al hecho de no usar electrodos de arranque sino únicamente gas xenón que facilita la ignición inicial. La función de arranque, se logra por medio de un circuito electrónico (ignitor), que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. El "ignitor" provee un corto pulso de alto voltaje en cada ciclo o mitad del ciclo del voltaje de alimentación. El pulso tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y, de esta forma, iniciar la secuencia de arranque de la lámpara.



**Circuito Eléctrico de la Lámpara de Vapor de Sodio Alta Presión**

Figura III.27 Diagrama esquemático de la lámpara de vapor de sodio. (industriales, s.f.)

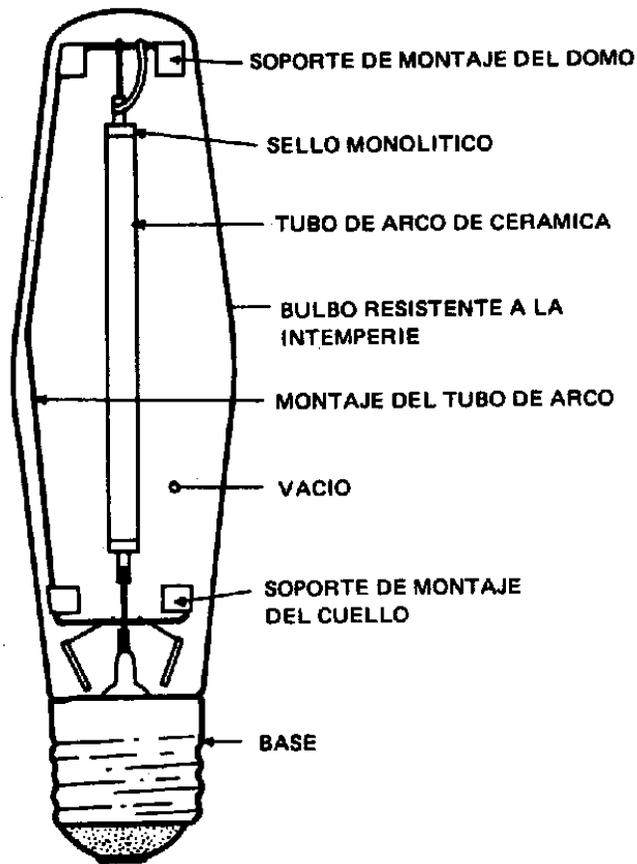
La lámpara de vapor de sodio de alta presión se fabrica con un exceso de sodio, en forma de amalgama con mercurio. Después de un período de operación de la lámpara, parte del vapor de sodio se pierde, en el flujo del arco, a través de varios mecanismos. Debido al cambio de la relación de presiones de sodio y vapor de mercurio, el voltaje de arco se incrementa. Eventualmente, el voltaje de operación de la lámpara se incrementará a un nivel más allá del voltaje que el balastro pueda sostener, cuando esto sucede, la lámpara arrancará, calentándose hasta lograr su completa brillantez y luego se extingue.

Cuando la secuencia de operación se repite regularmente, se dice que esta ciclando. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión presentan la característica de cicleo cuando su vida ha llegado al final. La lámpara de vapor de sodio requiere de un período de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez, un poco menor que el período requerido por una lámpara de aditivos metálicos o de vapor de mercurio. Durante el período de calentamiento existen varios cambios en el color de la luz. Inicialmente existe un débil resplandor azul blanco producido por la ionización de xenón, el cual es rápidamente reemplazado por un brillante color azul, típico de la luz de mercurio.

Con un incremento en la brillantez, se efectúa un cambio al amarillo monocromático, característico del sodio a baja presión. Así, cuando la presión en el tubo de arco se incrementa, la lámpara logra su completa brillantez produciendo una luz blanca dorada. Si existe una interrupción momentánea de energía, el tiempo de reencendido será de aproximadamente un minuto.

### **III.5.1.-CONSTRUCCIÓN DE LA LAMPARA.**

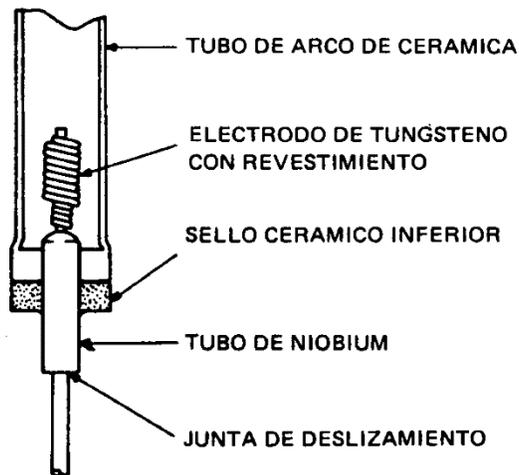
Los componentes básicos de una lámpara de vapor de sodio se muestran en la figura, Al igual que las lámparas de vapor de mercurio y aditivos metálicos, este tipo de lámparas se fabrican con dos envoltentes: Un bulbo exterior "cubierta" y uno interior "tubo de arco". El tubo de arco cerámico contiene los electrodos, amalgama de mercurio sodio y una pequeña cantidad de xenón. El envoltente o bulbo exterior de vidrio, resistente a la intemperie (borosilicato), protege al tubo de arco y, debido a que se encuentra al vacío, reduce las pérdidas de calor por las corrientes de conducción y convección originadas en el tubo de arco, asegurando en esta forma una alta eficacia.



### Componentes Básicos de la lámpara

Figura III.28 Lámpara de Sodio Alta Presión (industriales, s.f.)

El tubo de arco en la lámpara de vapor de sodio es largo y esbelto, se fabrica con cerámica de óxido de aluminio policristalino. La geometría del tubo está determinada por los requerimientos de alta temperatura para vaporizar el sodio. Se requiere que la cerámica resista esas temperaturas. El material del tubo de descarga es translúcido y adecuado para la transmisión y generación de luz en lámparas de alta intensidad de descarga, con una transmitancia de aproximadamente 95 por ciento en las longitudes de onda de luz visible. Debido a que el material no contiene impurezas ni pequeños poros, el material de fabricación del tubo de arco es altamente resistente al efecto corrosivo del sodio a alta temperatura. El sodio a altas temperaturas deteriora al cuarzo o cualquier otro material similar rápidamente.



### Construcción Monolítica

Figura III. 29 Construcción Monolítica (industriales, s.f.)

#### III.5.2.-RECOMENDACIONES.

Las lámparas de vapor de sodio de alta presión deben usarse solamente en luminarios con circuito apropiadamente equipado. La operación con equipo que no es compatible, puede causar la destrucción de la lámpara, pudiendo causar heridas personales o daños al equipo. Se recomienda desconectar el circuito al quitar o colocar una lámpara. Si el bulbo exterior se rompe, deberá desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición de los rayos ultravioleta, que puede ser dañina a los ojos o a la piel. Debido a que el bulbo exterior de la lámpara se encuentra al vacío, puede implotar si se rompe. Por lo tanto no debe someterse el bulbo a ninguna presión.

No debe existir ningún metal en contacto con el bulbo exterior de la lámpara, y debe de estar eléctricamente aislado para evitar la descomposición del vidrio. A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere una protección externa para la lámpara, con el objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar el contacto con el agua durante la operación.



Figura III.30 Formas de bulbos de Sodio Alta Presión (Sodio L. d., s.f.)

### **III.6.- LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO BAJA PRESIÓN.**

En 1932, Philips puso a la vista la primera lámpara de vapor de sodio a baja presión de uso práctico. En aquel tiempo las lámparas producidas eran de 45, 60, 85 y 140 watts; la eficacia de la lámpara de 140 W era de 69 lm/W. Hoy en día esta lámpara se produce en las siguientes potencias 18, 35, 55, 90, 135 y 180 watts; si comparamos la lámpara de 140 W que producía 69 lm/W, con una nueva de 135 W que produce 167 lm/W, observamos que ha habido un gran avance en la elaboración de esta lámpara. La lámpara de vapor de sodio de baja presión está basada en el principio de generación de luz por medio de una descarga eléctrica en un gas, en este caso de vapor de sodio.

Como la presión del vapor de sodio a la temperatura ambiente es muy baja, no permite ninguna descarga, el sodio se encuentra en estado sólido, la lámpara se llena además con mezcla de neón al 99% y argón al 1%, esto es con el fin de poder encender esta lámpara. La descarga eléctrica en esta mezcla genera calor, por lo que el sodio inicialmente sólido se vuelve líquido y se evapora participando en la descarga, cuando la lámpara está suficientemente caliente, cerca de los 260<sup>0</sup> C se observa el color amarillo característico de esta lámpara. 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. La radiación emitida, de color amarillo, está muy próxima al máximo de sensibilidad del ojo humano (555 nm).

Las ventajas que ofrece es que permite una gran comodidad y agudeza visual, además de una buena percepción de contrastes. Por contra, su mono cromatismo hace que la reproducción de colores y el rendimiento en color sean muy malos haciendo imposible distinguir los colores de los objetos. 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. Esto junto a su alta eficacia y las ventajas visuales que ofrece la hacen muy adecuada para usos de alumbrado público, principalmente en zonas de neblina, 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. 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. 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. Temperatura de color: 1800 °K

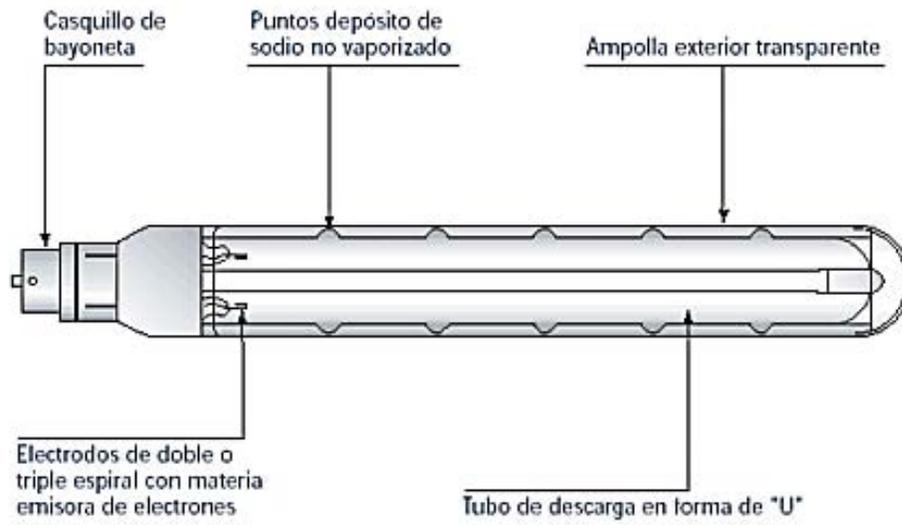
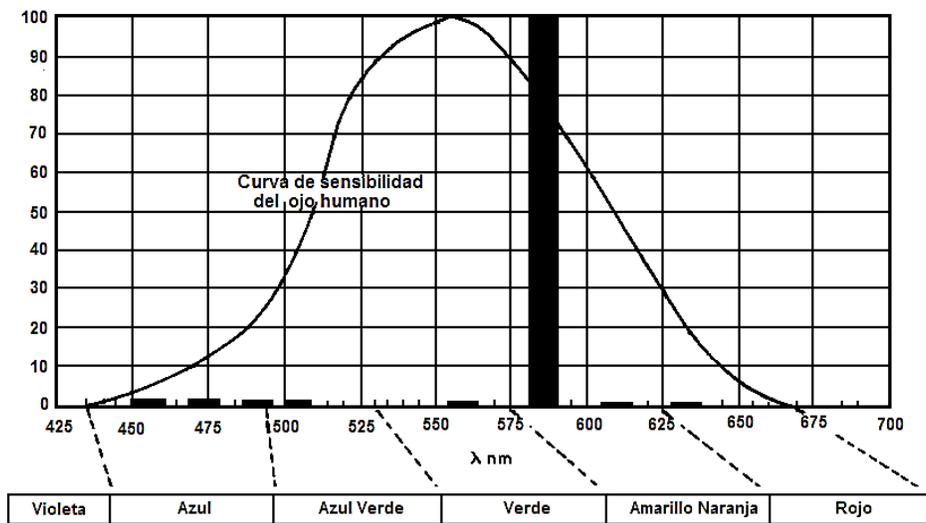


Figura III.31 Lámpara de Sodio Baja presión (Sodio L. d., s.f.)



Distribución de energía luminosa en el espectro visible

Figura III.32 distribución Luminosa de la Lámpara de Sodio Baja Presión (Sodio L. d., s.f.)

**DATOS DE LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO BAJA PRESION**

18	Clara	1800	1800	12000	100	1.00	By22d	T54(T-17)	21.60	Base vertical a base-horizantal
35	Clara	1800	4800	12000	137	1.00	By22d	T54(T-17)	31.00	
55	Clara	1800	8100	12000	147	1.00	By22d	T54(T-17)	42.30	
90	Clara	1800	13500	12000	150	1.00	By22d	T68(T-22)	52.80	Base horizontal
135	Clara	1800	22500	12000	167	1.00	By22d	T68(T-22)	77.50	Base horizontal
180	Clara	1800	33000	12000	183	1.00	By22d	T68(T-22)	112.00	Base horizontal

### III.7.- LÁMPARAS LED (LIGHT EMITTING DIODE)

Este tipo de tecnología en iluminación es relativamente reciente y ha revolucionado la forma de iluminar en interiores como exteriores, además de ser la tecnología más eficiente de todas las fuentes lumínicas con el único detalle del costo inicial de esta. Las lámparas LED forman parte de una tendencia hacia la sustentabilidad la cual consiste en crear productos menos contaminantes, ecológicos, eficientes y accesibles al mercado. Las ventajas de estos es su tiempo de vida útil ya que tienen un tiempo de vida que ronda las 60000 horas, tiene una alta eficiencia lumínica de hasta 90% Lm/WH, baja emisión de calor y un mantenimiento mínimo pues carece de filamentos incandescentes además de ser resistentes a vibraciones y golpes.

La luz blanca que producen los LED, independientemente de la temperatura de color elegida, permite la mejor reproducción cromática actualmente disponible. Colores intensos y claramente diferenciados. La calidad de luz afecta a la precepción que tenemos de cantidad de luz, seguridad y comodidad. Este tipo de lámparas no emite radiaciones infrarrojas ni ultravioletas, conocidos por sus efectos nocivos para la salud. Además son altamente eficaces para iluminar lugares con objetos sensibles a los rayos UV como museos, galerías de arte y exploraciones arqueológicas.



Figura III.33 Lámpara de LED diferentes tipos (LED, s.f.)

## **CAPITULO IV**

### **PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL CÁLCULO DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES.**

La formulación y estructuración de un proyecto es un factor importante para la realización de un proyecto es la planeación, esta debe ir desde definir cuál será el perfil o visión del proyecto, hasta la puesta en marcha del mismo. El propósito es proporcionar una guía que permita tener éxito en la realización del proyecto. La estructura está compuesta por tres etapas: definición del perfil o visión, la factibilidad o anteproyecto y la realización del proyecto. En el perfil o visión debe comprender la idea del proyecto, análisis del entorno y la detección de necesidades. La segunda etapa es de definición conceptual, comprende los diferentes análisis que se deben realizar el estudio técnico.

La tercera parte es la etapa para la realización o ejecución del proyecto, comprende la puesta en marcha que en el caso de los proyectos de iluminación comprenderá la colocación de los luminarios y las pruebas de iluminación como confort visual y niveles de iluminación. Seguir la metodología para la realización de un proyecto, nos ayuda a ser disciplinados en la realización de cada una de las tareas que se requieren para que un proyecto se realice en los tiempos establecidos y al costo planeado. Es necesario tener un programa detallado, el cual deberá considerar cada una de las actividades a realizar llamado plan de contingencia.

El planteamiento y la formulación de un proyecto no garantizan en su totalidad el éxito de este, ya que también entran en juego aspectos imponderables así como factores del entorno actual que cada día están cambiando a nivel global y que afecta los mercados. Existen diversas formas de planear, ejecutar y poner en marcha un proyecto. Los fundamentos y principios críticos que se enlistan a continuación se usan para cualquier proyecto industrial, en este caso se enfocará hacia la iluminación.

#### **IV.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL PARA EL PROYECTO.**

Efectuar una revisión general actual con la finalidad de observar el contexto en el que se encuentra la organización y determinar si el proyecto está de acuerdo con el ambiente que le

rodea, época, situación económica, las necesidades del mercado, estos datos deben quedar claramente asentados en la solicitud.

El anteproyecto es el periodo de preparación, el proyecto crece a partir de una idea y de las necesidades requeridas, hay que realizar un análisis que permita determinar la facilidad y efectividad de los objetivos que se persiguen al realizar el proyecto. Al terminar el análisis, la conclusión determinará si es factible realizar el proyecto, si es así, se recomienda continuar con las etapas de desarrollo del proyecto, de lo contrario es recomendable abortar la idea hasta que exista una condición favorable para su realización o bien buscar propuestas que se apeguen a los objetivos organizacionales y al medio ambiente que le rodea.

## **IV.2. FIJACIÓN DE LOS OBJETIVOS DEL PROYECTO.**

Cualquier proyecto tiene objetivos los cuales deben ser medibles para que al término del mismo se pueda evaluar con respecto a los planteados y así determinar si tuvo éxito o fue un fracaso. Por ello es importante que desde el inicio del proyecto se fijen metas y los resultados a lograr.

### **IV.2.1. DEFINIR LOS OBJETOS QUE DEBERÁN CUMPLIRSE.**

Definido la meta del proyecto, se requerirá trazar la línea de acción a seguir y definir los objetos que deberán cumplirse a medida que avanza el proyecto. Estos serán objetivos intermedios y el cumplimiento de estos servirá para corroborar o asegurar que el proyecto se concluirá en tiempo comprometido. La base para la justificación y aprobación del proyecto es el definir su alcance. Estos objetivos dependerán del tipo de empresas y del sector al que pertenecen.

### **IV.2.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.**

Una manera completa y precisa para definir el alcance del proyecto es la fase de análisis preliminar, en general toda la información relacionada con la factibilidad del proyecto.

Esta recopilación es para darle forma al proyecto y tener una idea clara de cada uno de los componentes y las actividades que deberá realizarse antes de tomar la decisión de realizar el proyecto si es necesario hacer ajustes necesarios por los cambios en el mercado.

#### **IV.2.3. LA BÚSQUEDA DE TECNOLOGÍA LIMPIA Y SEGURA.**

En este punto se refiere a la selección de tecnología, como equipos, condiciones del proceso, reacciones, etc. localización de las áreas de proceso tomando en cuenta riesgos de la industria. Tras el Desarrollo de estrategia después de seleccionar la mejor alternativa, es importante visualizar y trazar las posibles estrategias a seguir durante la ejecución del proyecto. El éxito del proyecto depende en gran medida de las estrategias fijadas en la etapa de planeación, para ello se requiere una visión general de todo el proyecto y el estudio de las diferentes líneas de acción a seguir para alcanzar las metas y objetivos definidos.

#### **IV.2.4. AUTORIZACIÓN.**

Una vez que se realizaron todos los estudios necesarios que justifican el proyecto se debe elaborar el documento que será presentado ante el consejo de administración para asignación de los recursos mediante un documento que debe ser firmado por todos los miembros del consejo administrativo.

#### **IV.2.5. REALIZACIÓN DE LA ORDEN DE TRABAJO.**

Para darle formalidad al trabajo realizado, es necesario generar una orden de trabajo, donde de manera general se explica el alcance del proyecto, la fecha en la que se requiere terminado, la fecha de asignación del trabajo y la generación de un compromiso formal entre el solicitante y el usuario.

#### **IV.2.6. ORGANIZACIÓN.**

Para la realización y ejecución de un proyecto para una empresa ya establecida y formalizada, se debe definir la estructura organizacional, en la que se identifique los roles, responsabilidades y expectativas de cada uno de los miembros que participan en el proyecto.

#### **IV.2.7. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE TAREAS.**

Identifica las tareas indispensables para que el proyecto respaldado por una orden de trabajo se lleve a cabo. Esto permite definir las funciones que se deben cubrir para que el equipo de trabajo se integre en forma óptima.

### **IV.3. PROYECTO DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.**

En un proyecto de iluminación artificial. Se debe tener en cuenta que sea apropiada para una visibilidad adecuada según las tareas a realizar. En procesos industriales también se debe tener en cuenta que la iluminación contribuya a la seguridad para evitar accidentes así como crear condiciones que permitan que las operaciones puedan ser realizadas con poco tiempo de percepción visual. Al diseñar una instalación de luminarios se debe realizar considerando el costo de la inversión inicial, los costos de operación, mantenimiento y las mejoras en las condiciones de trabajo con su incidencia en la productividad.

En cada caso las características de iluminación recomendadas dependen de la tarea visual a desarrollar, las variaciones en contrastes, el tiempo para ver la tarea a realizar y las características o índice de reflexión del ambiente que conforma la zona de la tarea visual. Se diría que mientras aumenta el nivel de iluminación para una tarea determinada, la rapidez visual incrementa, la precisión de la vista. Un sistema de iluminación debe ser diseñado de tal modo que la distribución luminosa sea uniforme sobre el área de trabajo. Se debe tener en cuenta que toda fuente luminosa tiene una depreciación a lo largo de su vida.

Un buen diseño de una instalación de iluminación implica la existencia adecuada de colores, para asegurar la apreciación de relieves sin recurrir a efectos de sombras acentuados, de igual manera la selección de colores claros para revestimientos y terminaciones de cielorraso, muros y equipamientos permitirá tener un óptimo aprovechamiento de la cantidad de luz recibida en el lugar de trabajo, mejorando la difusión de luz y suavizando las sombras, disminuyendo los contrastes excesivos y minimizando el riesgo de deslumbramiento por reflejo. Es necesario tener en cuenta una reproducción de colores correcta por parte de la fuente luminosa artificial.

#### **IV.3.1. ILUMINACIÓN SUPLEMENTARIA.**

Las normas internacionales dan una gran importancia a la iluminación suplementaria, las cuales en varios casos da altos niveles de iluminación para los tipos de tareas. Las unidades para la iluminación suplementaria se dividen en cinco grupos principales, de acuerdo a las características de luminancia de las mismas y su curva de distribución luminosa.

Tipo S-1 Unidades reflectoras concentradas o lentes.

Tipo S-2 Unidad con gran luminancia, fuentes con superficie pequeña, tales como lámparas incandescentes, de forma similar a un reflector difuso de cavidad profunda.

Tipo S-3 Fuente de luminancia moderada, tubos fluorescentes.

Tipo S-4 Fuentes de luminancia uniforme, lámpara fluorescente con panel difusor.

Tipo S-5 Es de tipo similar a la S-4, incluyendo la superposición de un adecuado sistema de vidrio con estrías lineales.

En cualquier caso se debe reunir los requisitos de disipación de calor adecuado para evitar incidencia de calor desarrollado sobre el usuario. La correcta ubicación de la iluminación suplementaria es muy importante para evitar deslumbramiento y otros efectos nocivos para una buena iluminación.

#### **IV.4. DATOS PARA EL CÁLCULO.**

Para el cálculo de iluminación en interiores se debe partir de los siguientes datos:

- I. Objetivos y Especificaciones.
- II. Factores de Depreciación NO Recuperables.
- III. Factores de Depreciación Recuperables.
- IV. Cálculos.

##### **IV.4.1. OBJETIVOS Y ESPECIFICACIONES.**

1. Tarea visual.
2. Calidad Requerida.
3. Cantidad Requerida.
4. Atmósfera del Área.
5. Descripción del Área.
6. Selección del Luminario - Lámpara.

##### **IV.4.1.1. FACTORES DE DEPRECIACIÓN NO RECUPERABLES.**

7. Temperatura Ambiente.
8. Tensión de Alimentación.
9. Factor de Balastro.
10. Depreciación en las Superficies del Luminario.
11. Factor de Extracción Térmica
12. Factor de Operación del equipo
13. Factor Fotométrico Lámpara – Balastro
14. Factor de Posición de la Lámpara

#### **IV.4.1.2. FACTORES RECUPERABLES.**

15. Depreciación por suciedad en las superficies del cuarto.
16. Lámparas Quemadas.
17. Depreciación por Lúmenes de la Lámpara.
18. Factor de Depreciación por Suciedad en el Luminario LDD (Luminaire Dirt Depreciation).

#### **IV.4.1.3. CÁLCULOS.**

19. Factor total de pérdidas de luz o mantenimiento LLF (Light Loss Factor)  
Este factor es el producto de los factores mencionados en los puntos 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13,14, 15, 16,17 y 18, Cálculos. Arreglo o Disposición. Revisión del Proyecto de acuerdo con los Objetivos.

**NOTA:** De todos los factores que conforman el Coeficiente de Mantenimiento o Factor de pérdida de luz mencionados anteriormente, que se encuentran contenidos en el libro IESNA Lighting Handbook; es común que la gente y empresas relacionadas con el cálculo o venta de equipos de Iluminación solo utilicen en sus cálculos los puntos 17 y 18, o sea el factor de depreciación de los lúmenes de la lámpara y el factor de mantenimiento por suciedad acumulada en el luminario. Es muy importante estar muy atento con la aplicación de los valores del Coeficiente de Utilización y el del Factor de mantenimiento.

Se puede jugar a conveniencia de quien hace el proyecto para aumentar o disminuir el nivel de iluminación, para aumentar o disminuir la cantidad de luminarios, solamente variando estos valores, en dos o tres centésimos cada uno de ellos, peor aún si cambiamos un décimo. Todo luminario deberá contar con su tabla de coeficientes de utilización realizada en un laboratorio aprobado.

#### **IV.5.- PROYECTO.**

Lo primero que debemos recabar para elaborar un proyecto de iluminación es:

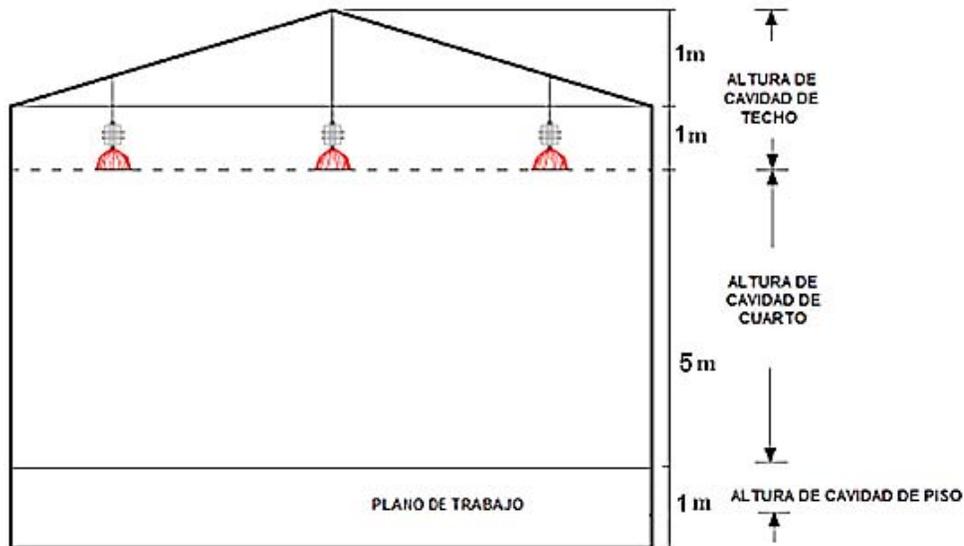
- Nombre de la empresa o compañía
- Ubicación de la obra
- Giro de la compañía
- Planos de Planta y elevación con cotas
- Identificar las áreas a iluminar y la actividad que se va a desarrollar en cada una de ellas
- Si existen áreas clasificadas

- Si existe grúa viajera.
- Si existen racks o estantería, su ubicación, altura, ancho del rack, ancho del pasillo: Acabados de las áreas: Piso, techo y pared, materiales utilizados en la construcción, colores de pintura en esas superficies.
- Ubicación de maquinaria grande que nos pueda causar sombras e interfieran en la distribución del flujo luminoso emitido desde los luminarios.
- Cualquier otra información que permita desarrollar de la mejor manera el cálculo de iluminación.

#### IV.5.1.-PROYECTO DE ILUMINACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL;

Datos del proyecto:

- Trabajo Taller de Maquinado
- Nivel de iluminación recomendado por S.M.I.I. (Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación) = 500 luxes
- Largo = 34 m.
- Ancho = 12 m.
- Altura Total = 8 m.
- Altura de Plano de Trabajo = 1 m.
- Altura de Plano de Trabajo a Luminario = 5 m.
- Reflectancia del piso = 20%
- Reflectancia de la pared = 30%
- Reflectancia del techo lámina de asbesto (90% de la superficie) = 50%
- Reflectancia de la lámina translúcida (10% de la superficie) = 10%
- Tipo de ambiente = Sucio
- Horas de Operación por Año = 16 hrs. diarias X 250 Días= 4,000 hrs./Año
- Lámpara utilizada para este ejemplo = Aditivos Metálicos.



CORTE FRONTAL

Figura IV.1 Corte Frontal del taller de Maquinado

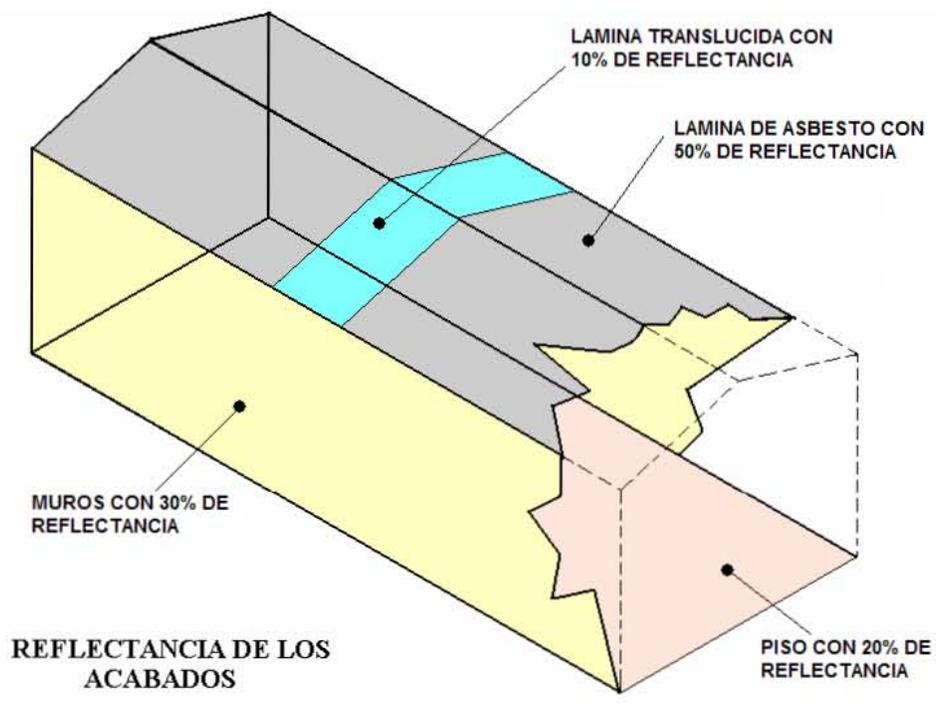
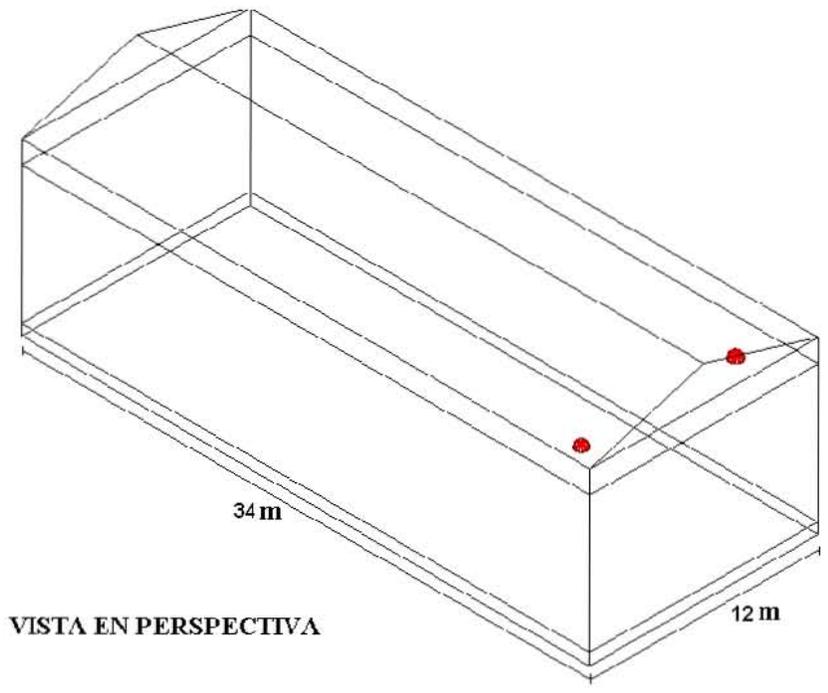


Figura IV.2 Vista en perspectiva con reflectancias.

Una vez establecidos los parámetros mencionados anteriormente procederemos a seleccionar el tipo de luminario(s) a utilizar, para lo cual de una manera práctica y basándonos en el **MÉTODO PUNTO POR PUNTO** debemos de encontrar la curva de distribución más adecuada, que nos de aproximadamente abajo del luminario el nivel de iluminación deseado.

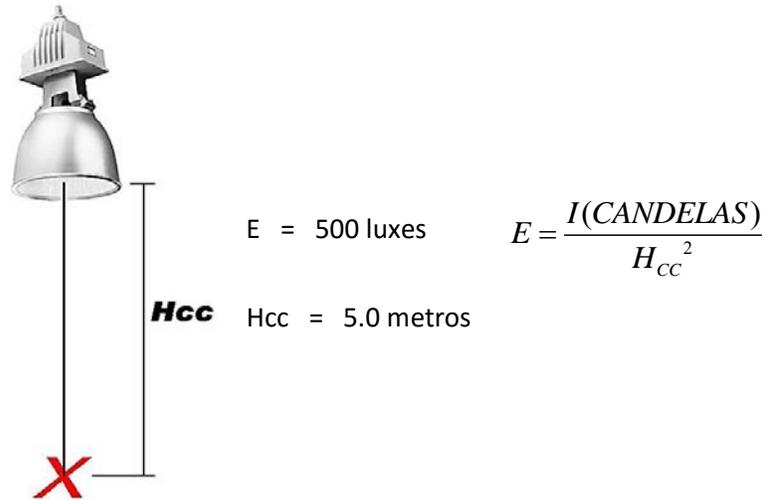


Figura IV.3 Altura de cavidad de cuarto

Falta determinar la intensidad en candelas para obtener el nivel de iluminación deseado, por lo cual:

$$I = E * H^2$$

$$I = 500 * 25 = 12500 \text{ cd.}$$

Con este resultado escogeremos una curva de distribución que tenga un valor igual o lo más cercano a la 12500 Candelas a cero grados.

Para nuestro ejemplo utilizaremos el luminario Holophane, Cat. 712 de 400 Watts de aditivos metálicos, acabado claro, con una emisión luminosa de 36000 lúmenes y número de prueba fotométrica 33832.IES

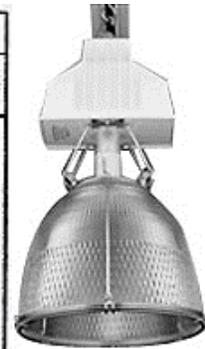
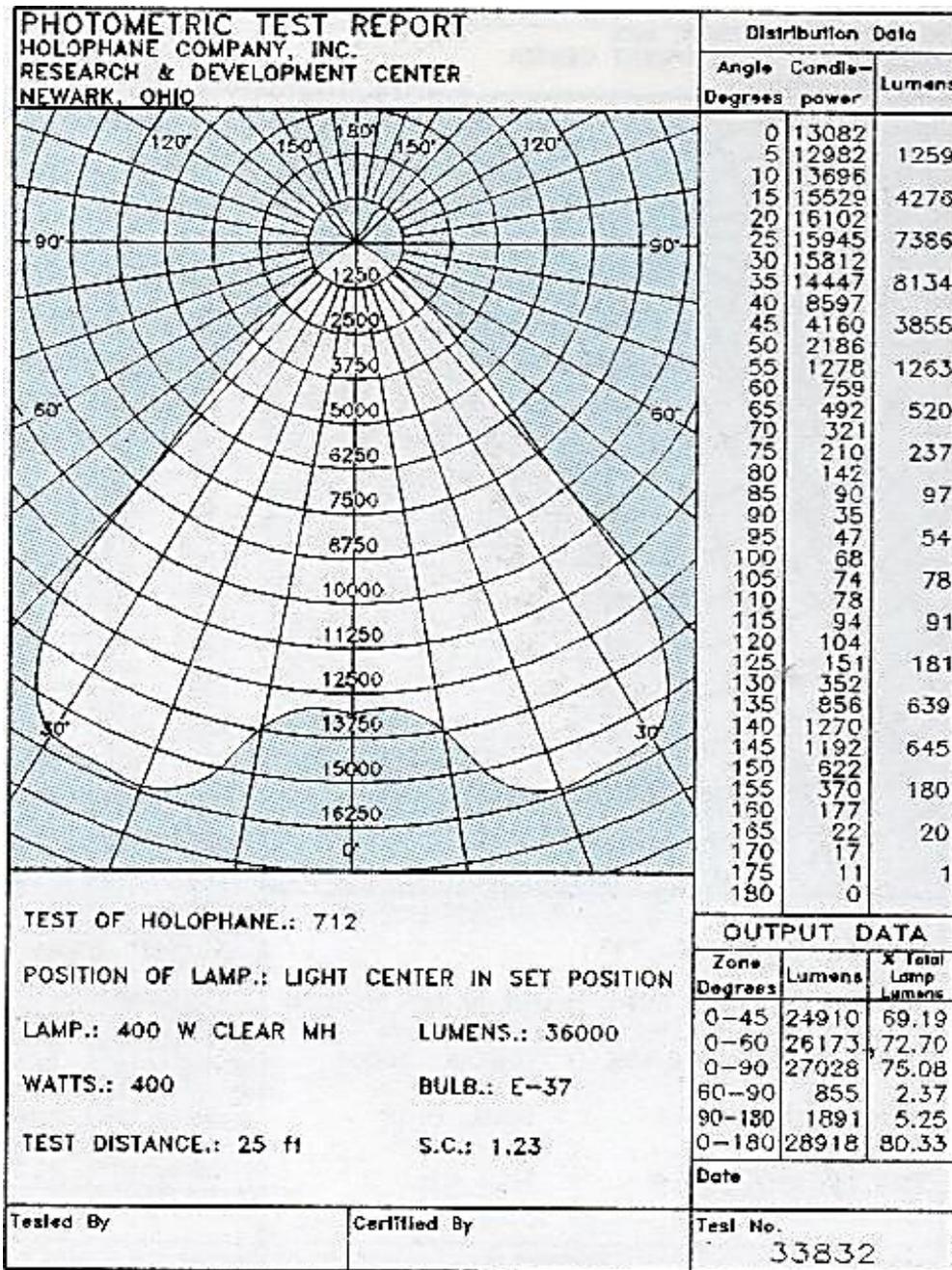


Figura IV.4 Prueba fotométrica de Luminario 712

Si observamos en la curva de distribución seleccionada, la lámpara es de 400 watts de Aditivos Metálicos Clara (Clear) (M.H. en ingles Metal Halide), la cual tiene una emisión luminosa de 36000 lúmenes iniciales. Una vez determinado el tipo de lámpara y luminario, procedemos a realizar nuestros cálculos para determinar la cantidad y localización de luminarios necesarios para obtener el nivel de iluminación deseado

### Método de Lumen

$$N = \frac{(E)(AREA)}{(LUMENES POR LUMINARIO)(C.U.)(F.M.)}$$

Donde:

N = Número de luminarios

E = Nivel de Iluminación en Luxes (Sistema Métrico) o Footcandles (Sistema Ingles)

Área = Metros (Sistema Métrico) o Pies (Sistema Ingles)

Lúmenes por luminario = Suma de los lúmenes iniciales de las lámparas que se encuentran dentro del luminario

C.U. = Coeficiente de Utilización

F.M. = Factor de mantenimiento, en ingles L.L.F. (Light Loss Factor) factor de pérdidas de luz.

Substituyendo valores, tenemos:

$$N = \frac{(500)(408)}{(36000)(C.U.)(F.M.)}$$

Como observamos nos falta determinar el C.U. y el F.M.

Primero encontraremos el valor de C.U.

Pero antes de continuar con nuestro cálculo veremos que existen dos métodos para encontrar el coeficiente de utilización: El primero utilizado por el IESNA y el segundo por el CIE (Europa)

### **Método de Cavidad Zonal. R.C.R. (Room Cavity Ratio)**

$$R.C.T. = \frac{5h_{ct}(Largo + Ancho)}{Area}$$

R.C.T. = Relación de la Cavidad de Techo

$h_{ct}$  = Altura de la Cavidad de Techo

$$R.C.C. = \frac{5h_{cc}(Largo + Ancho)}{Area}$$

R.C.C. = Relación de Cavidad de Cuarto

$h_{cc}$  = Altura de Cavidad de Cuarto

$$R.C.P. = \frac{5h_{cp}(Largo + Ancho)}{Area}$$

R.C.P. = Relación de Cavidad de Piso

$h_{cp}$  = Altura de Cavidad de Piso

### **Método de Índice de Cuarto $I_c$ .**

$$I_c = \frac{Area}{h_{cc}(Largo + Ancho)}$$

Para luminarios semi indirectos e indirectos

$$I_c = \frac{3Area}{2h_{cc}(Largo + Ancho)}$$

Continuando con nuestro proyecto se necesita calcular la reflectancia efectiva en la Cavity de Techo en losas no horizontales, aplicamos la siguiente ecuación:

$$\rho_{cc} = \frac{\rho}{\frac{A_S}{A_0} - \left[ \rho \left( \frac{A_S}{A_0} - 1 \right) \right]}$$

Donde:

$\rho$  = Reflectancia de la superficie de techo

$\rho_{cc}$  = Reflectancia efectiva de cavity de techo

$A_0$  = Área del techo abierto (12x 34 = 408 m<sup>2</sup>)

$A_S$  = Área total de la superficie de la cavity de techo = 425.44 m<sup>2</sup>)

Para poder determinar la reflectancia efectiva de la cavity de techo, es necesario conocer la reflectancia de la superficie total del techo y como esta no es la misma en todas sus partes que lo componen, la determinamos con la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{A_1\rho_1 + A_2\rho_2 + \dots + A_n\rho_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

Donde:

$A_1$  = superficie de techo (lamina de asbesto).

$A_2$  = superficie de techo (lamina translucida).

$A_3$  = superficie de muro a lo largo de la cavity de techo.

$A_4$  = superficie de muro a lo ancho de la cavity de techo.

$A_5$  = superficie de muro a lo ancho de la cavity de techo.

$\rho_1$  = Reflectancia de techo (lamina de asbesto).

$\rho_2$  = Reflectancia de techo (lamina translucida).

$\rho_3$  = Reflectancia de muro de la cavity de techo.

$\rho_4 = \rho_3$

$\rho_5 = \rho_3$

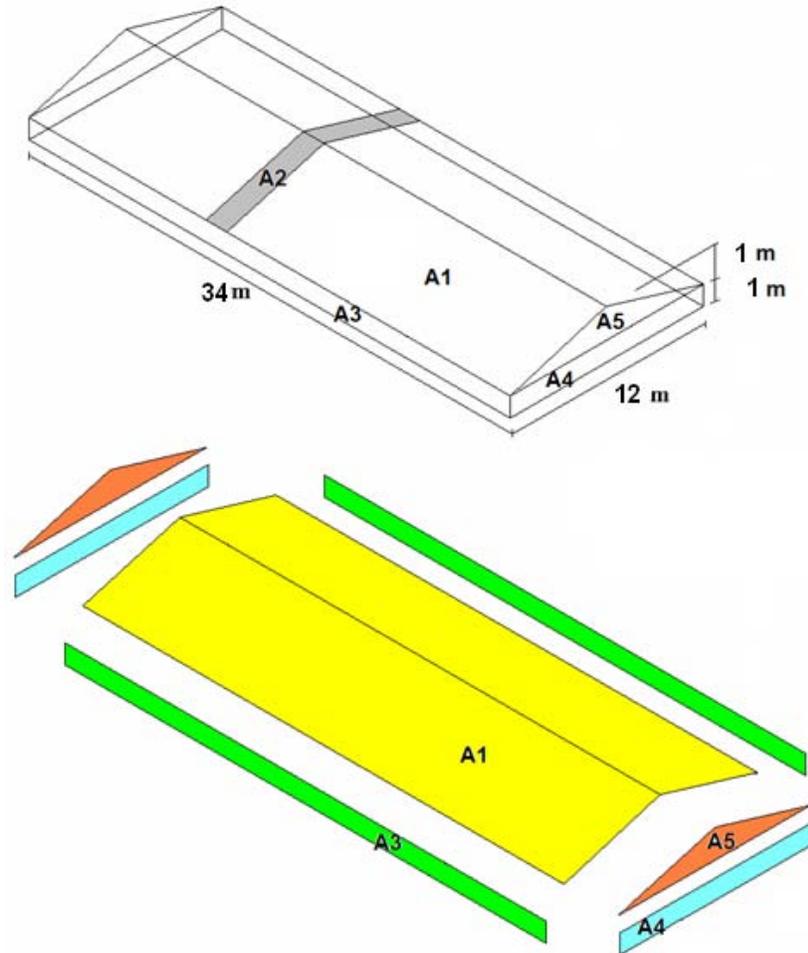


Figura IV.5 Superficie del techo

*Cálculo de la reflectancia de superficie total de techo*

$$\rho = \frac{A_1\rho_1 + A_2\rho_2 + \dots + A_n\rho_n}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}$$

$$A_1\rho_1 = (6.08) * (34) * (2) * (0.90) * (0.50) = 186.05 \text{ (Lamina Asbesto)}$$

$$A_2\rho_2 = (6.08) * (34) * (2) * (0.10) * (0.10) = 4.13 \text{ (Lamina Traslucida)}$$

$$A_3\rho_3 = (1) * (34) * (2) * (0.30) = 20.4 \text{ (Área de Muros Laterales)}$$

$$A_4\rho_4 = (1) * (12) * (2) * (0.30) = 7.2 \text{ (Área Cabeceras Rectángulo)}$$

$$A_5\rho_5 = \left[ \frac{(12*1)}{2} \right] * (2) * (0.30) = 3.6 \text{ (Área Cabeceras Triángulo)}$$

$$\rho = \frac{A_1\rho_1 + A_2\rho_2 + A_3\rho_3 + A_4\rho_4 + A_5\rho_5}{A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5}$$

$$\rho = \frac{186.05 + 4.13 + 20.4 + 7.2 + 3.6}{372.1 + 41.34 + 68 + 24 + 12} = \frac{221.38}{517.44} = 0.4278$$

Regresando nuevamente a nuestra ecuación de reflectancia efectiva del techo substituyendo valores, tenemos:

$$\rho_{cc} = \frac{\rho}{\frac{A_s}{A_o} - \left[ \rho \left( \frac{A_s}{A_o} - 1 \right) \right]}$$

$$\rho_{cc} = \frac{0.4278}{\frac{425.44}{408} - \left[ 0.4278 \left( \frac{425.44}{408} - 1 \right) \right]} = 0.4176$$

*Relación de Cavidad de Piso*  
*Floor Cavity Ratio*

$$R.C.P. = \frac{(5)(h_{cp})(Largo + Ancho)}{\text{Área}}$$

$$R.C.P. = \frac{(5)(1)(34 + 12)}{408} = 0.56$$

$$R.C.P. = 0.56$$

Reflectancia efectiva del piso de la Figura 9-27 Página 9-32 del libro I.E.S. Lighting Handbook Novena Edición de 2000 tenemos:

% REFLECTANCIA DE PISO	20
%REFLECTANCIA DE PARED	30
RELACIÓN CAVIDAD DE PISO	
0.4	19
0.56	18.2
0.6	18

$$Y = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)}$$

$$Y = 19 + (0.56 - .4) \frac{(18 - 19)}{(0.6 - 0.4)} = 18.2$$

Reflectancias efectivas de la cavidad de piso o techo para varias combinaciones de reflectancias

Porcentaje de reflectancia base	30										20										10										
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	
Relación de cavidad																															
0.2	31	31	30	30	29	29	29	28	28	27	21	20	20	20	20	20	19	19	19	17	11	11	11	10	10	10	10	09	09	09	
0.4	31	31	30	30	29	28	28	27	26	25	22	21	20	20	20	19	19	18	18	16	12	11	11	11	11	10	10	10	09	09	08
0.6	32	31	30	29	28	27	26	26	25	23	23	21	21	20	19	19	18	18	17	15	13	13	12	11	11	10	10	10	09	08	08
0.8	32	31	30	29	28	26	25	25	23	22	24	22	21	20	19	19	18	17	16	14	15	14	13	12	11	10	10	10	09	08	07
1.0	33	32	30	29	27	25	24	23	22	20	25	23	22	20	19	18	17	16	15	13	16	14	13	12	12	11	10	09	08	07	
1.2	33	32	30	28	27	25	23	22	21	19	25	23	22	20	19	17	17	16	14	12	17	15	14	13	12	11	10	09	07	06	
1.4	34	32	30	28	26	24	22	21	19	18	26	24	22	20	18	17	16	15	13	12	18	16	14	13	12	11	10	09	07	06	
1.6	34	33	29	27	25	23	22	20	18	17	26	24	22	20	18	17	16	15	13	11	19	17	15	14	12	11	09	08	07	06	
1.8	35	33	29	27	25	23	21	19	17	16	27	25	23	20	18	17	15	14	12	10	19	17	15	14	13	11	09	08	06	05	
2.0	35	33	29	26	24	22	20	18	16	14	28	25	23	20	18	16	15	13	11	09	20	18	16	14	13	11	09	08	06	05	
2.2	36	32	29	26	24	22	19	17	15	13	28	25	23	20	18	16	14	12	10	09	21	19	16	14	13	11	09	07	06	05	
2.4	36	32	29	26	24	22	19	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	12	10	08	22	19	17	15	13	11	09	07	06	05	
2.6	36	32	29	25	23	21	18	16	14	12	29	26	23	20	18	16	14	11	09	08	23	20	17	15	13	11	09	07	06	04	
2.8	37	33	29	25	23	21	17	15	13	11	30	27	23	20	18	15	13	11	09	07	23	20	18	16	13	11	09	07	05	03	
3.0	37	33	29	25	22	20	17	15	12	10	30	27	23	20	17	15	13	11	09	07	24	21	18	16	13	11	09	07	05	03	
3.2	37	33	29	25	22	19	16	14	12	10	31	27	23	20	17	15	12	11	09	06	25	21	18	16	13	11	09	07	05	03	
3.4	37	33	29	25	22	19	16	14	11	09	31	27	23	20	17	15	12	10	08	06	26	22	18	16	13	11	09	07	05	03	
3.6	38	33	29	24	21	18	15	13	10	09	32	27	23	20	17	15	12	10	08	05	26	22	19	16	13	11	09	06	04	03	
3.8	38	33	28	24	21	18	15	13	10	08	32	28	23	20	17	15	12	10	07	05	27	23	19	17	14	11	09	06	04	02	
4.0	38	33	28	24	21	18	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	05	27	23	20	17	14	11	09	06	04	02	
4.2	38	33	28	24	20	17	14	12	09	07	33	28	23	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	09	06	04	02	
4.4	39	33	28	24	20	17	14	11	09	06	34	28	24	20	17	14	11	09	07	04	28	24	20	17	14	11	08	06	04	02	
4.6	39	33	28	24	20	17	13	10	08	06	34	29	24	20	17	14	11	09	07	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	
4.8	39	33	28	24	20	17	13	10	08	05	35	29	24	20	17	13	10	08	06	04	29	25	20	17	14	11	08	06	04	02	
5.0	39	33	28	24	19	16	13	10	08	05	35	29	24	20	16	13	10	08	06	04	30	25	20	17	14	11	08	06	04	02	
6.0	39	33	27	23	18	15	11	09	06	04	36	30	24	20	16	13	10	08	05	02	31	26	21	18	14	11	08	06	03	01	
7.0	40	33	26	22	17	14	10	08	05	03	36	30	24	20	15	12	08	07	04	02	32	27	21	17	13	11	08	06	03	01	
8.0	40	33	26	21	16	13	09	07	04	02	37	30	23	19	15	12	08	06	03	01	33	27	21	17	13	10	07	05	03	01	
9.0	40	33	25	20	15	12	09	07	04	02	37	29	23	19	14	11	08	06	03	01	34	28	21	17	13	10	07	05	02	01	
10.0	40	32	24	19	14	11	08	06	03	01	37	29	22	18	13	10	07	05	03	01	34	28	21	17	12	10	07	05	02	01	

**Reflectancias efectivas de la cavidad de piso o techo para varias combinaciones de reflectancias**

Porcentaje de reflectancia base	60										50										40									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Porcentaje de reflectancia de la pared																														
Relación de cavidad																														
0.2	60	59	59	59	58	57	56	56	55	53	50	50	49	49	48	48	47	46	46	44	40	40	39	39	39	38	38	37	36	36
0.4	60	59	59	58	57	55	54	53	52	50	50	49	48	48	47	46	45	45	44	42	41	40	39	39	38	37	36	35	34	34
0.6	60	58	57	56	56	53	51	51	50	46	50	48	47	46	45	44	43	42	41	38	41	40	39	38	37	36	34	33	32	31
0.8	59	57	56	55	54	51	48	47	46	43	50	48	47	45	44	42	40	39	38	36	41	40	38	37	36	35	33	32	31	29
1.0	59	57	55	53	51	46	45	44	43	41	50	48	46	44	43	41	38	37	36	34	42	40	38	37	35	33	32	31	29	27
1.2	59	56	54	51	49	46	44	42	40	38	50	47	45	43	41	39	36	35	34	29	42	40	38	36	34	32	30	29	27	25
1.4	59	56	53	49	47	44	41	39	38	36	50	47	45	42	40	38	35	34	33	27	42	39	37	35	33	31	29	27	25	23
1.6	59	55	52	48	45	42	39	37	35	33	50	47	44	41	39	36	33	32	30	26	42	39	37	35	32	30	27	25	23	22
1.8	58	55	51	47	44	40	37	35	33	31	50	46	43	40	38	35	31	30	28	25	42	39	36	34	31	29	26	24	22	21
2.0	58	54	50	46	43	39	35	33	31	29	50	46	43	40	37	34	30	28	26	24	42	39	36	34	31	28	25	23	21	19
2.2	58	53	49	45	42	37	34	31	29	28	50	46	42	38	36	33	29	27	24	22	42	39	36	33	30	27	24	22	19	18
2.4	58	53	48	44	41	36	32	30	27	26	50	46	42	37	35	31	27	25	23	21	43	39	35	33	29	26	24	21	18	17
2.6	58	53	48	43	39	35	31	28	26	24	50	46	41	37	34	30	26	23	21	20	43	39	35	32	29	26	23	20	17	15
2.8	58	53	47	43	38	34	29	27	24	22	50	46	41	36	33	29	25	22	20	19	43	39	35	32	28	25	22	19	16	14
3.0	57	52	46	42	37	32	28	25	23	20	50	45	40	36	32	28	24	21	19	17	43	39	35	31	27	24	21	18	16	13
3.2	57	51	45	41	36	31	27	23	22	18	50	44	39	35	31	27	23	20	18	16	43	39	35	31	27	23	20	17	15	13
3.4	57	51	45	40	35	30	26	23	20	17	50	44	39	35	30	26	22	19	17	15	43	39	34	30	26	23	20	17	14	12
3.6	57	50	44	39	34	29	25	22	19	16	50	44	39	34	29	25	21	18	16	14	44	39	34	30	26	22	19	16	14	11
3.8	57	50	43	38	33	29	24	21	19	15	50	44	38	34	29	25	21	17	15	13	44	38	33	29	25	22	18	16	13	10
4.0	57	49	42	37	32	28	23	20	18	14	50	44	38	33	28	24	20	17	15	12	44	38	33	29	25	21	18	15	12	10
4.2	56	49	42	37	32	27	22	19	17	14	50	43	37	32	28	24	20	17	14	12	44	38	33	29	24	21	17	15	12	10
4.4	56	49	42	36	31	27	22	19	16	13	50	43	37	32	27	23	19	16	13	11	44	38	33	28	24	20	17	14	11	09
4.6	56	49	41	35	30	26	21	18	16	13	50	43	36	31	26	22	18	15	13	10	44	38	32	28	23	19	16	14	11	08
4.8	56	48	41	34	29	25	21	18	15	12	50	43	36	31	26	22	18	15	12	09	44	38	32	27	22	19	16	13	10	08
5.0	56	48	40	34	28	24	20	17	14	11	50	42	35	30	25	21	17	14	12	09	45	38	31	27	22	19	15	13	10	07
6.0	55	45	37	31	25	21	17	14	11	07	50	42	34	29	23	19	15	13	10	06	44	37	30	25	20	17	13	11	08	05
7.0	54	43	35	30	24	20	15	12	09	05	49	41	32	27	21	18	14	11	08	05	44	36	29	24	19	16	12	10	07	04
8.0	53	42	33	28	22	18	14	11	08	04	49	40	30	25	19	16	12	10	07	03	44	35	28	23	18	15	11	09	06	03
9.0	52	40	31	26	20	16	12	10	07	03	48	39	29	24	18	15	11	09	07	03	44	35	26	21	16	13	10	08	05	02
10.0	51	39	29	24	18	15	11	09	07	02	47	37	27	22	17	14	10	08	06	02	43	34	25	20	15	12	08	07	05	02

**Reflectancias efectivas de la cavidad de piso o techo para varias combinaciones de reflectancias**

Porcentaje de reflectancia base	90										80										70									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Porcentaje de reflectancia de la pared																														
Relación de cavidad																														
0.2	89	88	88	87	86	85	85	84	84	82	79	78	78	77	77	76	76	75	74	72	70	69	68	68	67	67	66	66	65	64
0.4	88	87	86	85	84	83	81	80	79	76	79	77	76	75	74	73	72	71	70	68	69	68	67	66	65	64	63	62	61	58
0.6	87	86	84	82	80	79	77	76	74	73	78	76	75	73	71	70	68	66	65	63	69	67	65	64	63	61	59	58	57	54
0.8	87	85	82	80	77	75	73	71	69	67	78	75	73	71	69	67	65	63	61	57	68	66	64	62	60	58	56	55	53	50
1.0	86	83	80	77	75	72	69	66	64	62	77	74	72	69	67	65	62	60	57	55	68	65	62	60	58	55	53	52	50	47
1.2	85	82	78	75	72	69	66	63	60	57	76	73	70	67	64	61	58	55	53	51	67	64	61	59	57	54	50	48	46	44
1.4	85	80	77	73	69	65	62	59	57	52	76	72	68	65	62	59	55	53	50	48	67	63	60	58	55	51	47	45	44	41
1.6	84	79	75	71	67	63	59	56	53	50	75	71	67	63	60	57	53	50	47	44	67	62	59	56	53	47	45	43	41	38
1.8	83	78	73	69	64	60	56	53	50	48	75	70	66	62	58	54	50	47	44	41	66	61	58	54	51	46	42	40	38	35
2.0	83	77	72	67	62	56	53	50	47	43	74	69	64	60	56	52	48	45	41	38	66	60	56	52	49	45	40	38	36	33
2.2	82	76	70	65	59	54	50	47	44	40	74	68	63	58	54	49	45	42	38	35	66	60	55	51	48	43	38	36	34	32
2.4	82	75	69	64	58	53	48	45	41	37	73	67	61	56	52	47	43	40	36	33	65	60	54	50	46	41	37	35	32	30
2.6	81	74	67	62	56	51	46	42	38	35	73	66	60	55	50	45	41	38	34	31	65	59	54	49	45	40	35	33	30	28
2.8	81	73	66	60	54	49	44	40	36	34	73	65	59	53	48	43	39	36	32	29	65	59	53	48	43	38	33	30	28	26
3.0	80	72	64	58	52	47	42	38	34	30	72	65	58	52	47	42	37	34	30	27	64	58	52	47	42	37	32	29	27	24
3.2	79	71	63	56	50	45	40	36	32	28	72	65	57	51	45	40	35	33	28	25	64	58	51	46	40	36	31	28	25	23
3.4	79	70	62	54	48	43	38	34	30	27	71	64	56	49	44	39	34	32	27	24	64	57	50	45	39	35	29	27	24	22
3.6	78	69	61	53	47	42	36	32	28	25	71	63	54	48	43	38	32	30	25	23	63	56	49	44	38	33	28	25	22	20
3.8	78	69	60	51	45	40	35	31	27	23	70	62	53	47	41	36	31	28	24	22	63	56	49	43	37	32	27	24	21	19
4.0	77	69	58	51	44	39	33	29	25	22	70	61	53	46	40	35	30	26	22	20	63	55	48	42	36	31	26	23	20	17
4.2	77	62	57	50	43	37	32	28	24	21	69	60	52	45	39	34	29	25	21	18	62	55	47	41	35	30	25	22	19	16
4.4	76	61	56	49	42	36	31	27	23	20	69	60	51	44	38	33														

**Reflectancias efectivas de la cavidad de  
piso o techo para varias combinaciones  
de reflectancias**

Porcentaje de reflectancia base	0									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Porcentaje de reflectancia de la pared										
Relación de cavidad										
0.2	02	02	02	01	01	01	01	0	0	0
0.4	04	03	03	02	02	02	01	01	0	0
0.6	05	05	04	03	03	02	02	01	01	0
0.8	07	06	05	04	04	03	02	02	01	0
1.0	08	07	06	05	04	03	02	02	01	0
1.2	10	08	07	06	05	04	03	02	01	0
1.4	11	09	08	07	06	04	03	02	01	0
1.6	12	10	09	07	06	05	03	02	01	0
1.8	13	11	09	08	07	05	04	03	01	0
2.0	14	12	10	09	07	05	04	03	01	0
2.2	15	13	11	09	07	06	04	03	01	0
2.4	16	13	11	09	08	06	04	03	01	0
2.6	17	14	12	10	08	06	05	03	02	0
2.8	17	15	13	10	08	07	05	03	02	0
3.0	18	16	13	11	09	07	05	03	02	0
3.2	19	16	14	11	09	07	05	03	02	0
3.4	20	17	14	12	09	07	05	03	02	0
3.6	20	17	15	12	10	08	05	04	02	0
3.8	21	18	15	12	10	08	05	04	02	0
4.0	22	18	15	13	10	08	05	04	02	0
4.2	22	19	16	13	10	08	06	04	02	0
4.4	23	19	16	13	10	08	06	04	02	0
4.6	23	20	17	13	11	08	06	04	02	0
4.8	24	20	17	14	11	08	06	04	02	0
5.0	25	21	17	14	11	08	06	04	02	0
6.0	27	23	18	15	12	09	06	04	02	0
7.0	28	24	19	15	12	09	06	04	02	0
8.0	30	25	20	15	12	09	06	04	02	0
9.0	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0
10.0	31	25	20	15	12	09	06	04	02	0

**Relación de Cavidad de Cuarto  
Room Cavity Ratio (R.C.R.)**

$$R.C.R. = \frac{(5)(h_{cc})(Largo + Ancho)}{\text{Área}}$$

$$R.C.R. = \frac{(5)(5)(34 + 12)}{408} = 2.82$$

$$R.C.R. = 2.82$$

Con los siguientes datos:

$\rho_{CC}$  = Reflectancia efectiva del techo = 41.76%

$\rho_W$  = Reflectancia de la pared = 30.00%

$\rho_{FC}$  = Reflectancia efectiva del piso = 18.2%

R.C.R. = Relación de cavidad de cuarto = 2.82

Nos referimos a la tabla de coeficientes de utilización del luminario

Coeficientes de Utilización del luminario Prismpack

Cat. 712, 400 w M.H. Clear, Test 33832.IES

Piso	20%						0%
Techo	70%			30%			0%
Pared	50%	30%	20%	50%	30%	20%	0%
R.C.R.	Coeficiente de Utilización						
0	0.91	0.91	0.91	0.81	0.81	0.81	0.75
1	0.84	0.82	0.80	0.76	0.74	0.73	0.68
2	0.76	0.73	0.70	0.70	0.67	0.65	0.61
3	0.70	0.65	0.62	0.64	0.61	0.58	0.55
4	0.64	0.59	0.55	0.59	0.56	0.53	0.50
5	0.59	0.53	0.49	0.54	0.51	0.48	0.45
6	0.54	0.49	0.45	0.50	0.46	0.43	0.41
7	0.50	0.44	0.40	0.47	0.42	0.39	0.37
8	0.46	0.41	0.37	0.43	0.39	0.36	0.34
9	0.43	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33	0.31
10	0.40	0.34	0.31	0.38	0.33	0.30	0.29

$$Y = 0.73 + (2.82 - 2) \frac{(0.65 - 0.73)}{(3 - 2)} = 0.66$$

$$Y = 0.51 + (2.82 - 2) \frac{(0.46 - 0.51)}{(3 - 2)} = 0.47$$

Reflectancia de Piso	20%	20%	20%
Reflectancia de Techo	70%	41.76%	30%
Reflectancia de Pared	30%	30%	30%
R.C.R.			
2.0	0.73		0.51
2.82	0.66	.526	0.47
3.0	0.65		0.46

Como se notara el valor del C.U. (0.526), es para una reflectancia de piso igual a 20% y la calculada es de 18% por lo que tendremos que recurrir a la Figura 9-29, Página. 9-45 del IES Lighting Handbook Novena Edición de 2000, para encontrar el factor por el cual debemos afectar el C.U. obtenido anteriormente y así obtener el valor del C.U. definitivo.

$\rho_{cc}$	50%	41.76%	30%
$\rho_w$	30%	30%	30%
R.C.R.			
2.0	0.968		0.980
2.82	0.973	0.977	0.982
3.0	0.975		0.983

**Factores de multiplicación para reflectancias efectivas de la cavidad de piso diferentes a 20% (0.2)**

Porcentaje de reflectancia de la cavidad de techo	80				70				50			30			10		
Porcentaje de reflectancia de la pared $P_w$	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10

Para 30% de Reflectancia efectiva de la cavidad de piso (20% = 1.00)

Relación de cavidad de Cuarto (RCR)																	
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002

Para 10% de Reflectancia efectiva de la cavidad de piso (20% = 1.00)

1	0.923	0.929	0.935	0.940	0.933	0.939	0.943	0.948	0.956	0.960	0.963	0.973	0.976	0.979	0.989	0.991	0.993
2	0.931	0.942	0.950	0.958	0.940	0.949	0.957	0.963	0.962	0.968	0.974	0.976	0.980	0.985	0.988	0.991	0.995
3	0.939	0.951	0.961	0.969	0.945	0.957	0.966	0.973	0.967	0.975	0.981	0.978	0.983	0.988	0.988	0.992	0.996
4	0.944	0.958	0.969	0.978	0.950	0.963	0.973	0.980	0.972	0.980	0.986	0.980	0.986	0.991	0.987	0.992	0.996
5	0.949	0.964	0.976	0.983	0.954	0.968	0.978	0.985	0.975	0.983	0.989	0.981	0.988	0.993	0.987	0.992	0.997
6	0.953	0.969	0.980	0.986	0.958	0.972	0.982	0.989	0.977	0.985	0.992	0.982	0.989	0.995	0.987	0.993	0.997
7	0.957	0.973	0.983	0.991	0.961	0.975	0.985	0.991	0.979	0.987	0.994	0.983	0.990	0.996	0.987	0.993	0.998
8	0.960	0.976	0.986	0.993	0.963	0.977	0.987	0.993	0.981	0.988	0.995	0.984	0.991	0.997	0.987	0.994	0.998
9	0.963	0.978	0.987	0.994	0.965	0.979	0.989	0.994	0.983	0.990	0.996	0.985	0.992	0.998	0.988	0.994	0.999
10	0.965	0.980	0.989	0.995	0.967	0.981	0.990	0.995	0.984	0.991	0.997	0.986	0.993	0.998	0.988	0.994	0.999

Para 0% de Reflectancia efectiva de la cavidad de piso (20% = 1.00)

1	0.859	0.870	0.879	0.886	0.873	0.884	0.893	0.901	0.916	0.923	0.929	0.948	0.954	0.960	0.979	0.983	0.987
2	0.871	0.887	0.903	0.919	0.886	0.902	0.916	0.928	0.926	0.938	0.949	0.954	0.963	0.971	0.978	0.983	0.991
3	0.882	0.904	0.915	0.942	0.898	0.918	0.934	0.947	0.936	0.950	0.964	0.958	0.969	0.979	0.976	0.984	0.993
4	0.893	0.919	0.941	0.958	0.908	0.930	0.948	0.961	0.945	0.961	0.974	0.961	0.974	0.984	0.975	0.985	0.994
5	0.903	0.931	0.953	0.969	0.914	0.939	0.958	0.970	0.951	0.967	0.980	0.964	0.977	0.988	0.975	0.985	0.995
6	0.911	0.940	0.961	0.976	0.920	0.945	0.965	0.977	0.955	0.972	0.985	0.966	0.979	0.991	0.975	0.986	0.996
7	0.917	0.947	0.967	0.981	0.924	0.950	0.970	0.982	0.959	0.975	0.988	0.968	0.981	0.993	0.975	0.987	0.997
8	0.922	0.953	0.971	0.985	0.929	0.955	0.975	0.986	0.963	0.978	0.991	0.970	0.983	0.995	0.976	0.988	0.998
9	0.928	0.958	0.975	0.988	0.933	0.959	0.980	0.989	0.966	0.980	0.993	0.971	0.985	0.996	0.976	0.988	0.998
10	0.933	0.962	0.979	0.991	0.937	0.963	0.983	0.992	0.969	0.982	0.995	0.973	0.987	0.997	0.977	0.989	0.999

El valor del Coeficiente de Utilización final será:

$$C.U. \text{ FINAL} = (0.977)(0.526)=0.51$$

$$C.U. = 0.51$$

Substituyendo valores en la ecuación del método de lumen, tenemos:

$$N = \frac{(500)(408)}{(36000)(0.51)(F.M.)}$$

Ahora solo nos falta determinar el F.M.

## Factores de Pérdida de Luz

### Factores no recuperables

1. Variación de Tensión.
2. Factor de Extracción Térmica.
3. Factor de Operación del Equipo
4. Factor Fotométrico Lámpara-Balastro
5. Factor de Posición o Inclinación de la Lámpara.
6. Temperatura Ambiente.
7. Depreciación por Deterioro de las Superficies del Luminario.
8. Factor de Balastro.

### Factores recuperables

9. Suciedad Acumulada en las Superficies del Local.
10. Lámparas Fundidas.
11. Depreciación de los lúmenes de las lámparas (Lamp Lumen Depreciation, L.L.D.).
12. Suciedad Acumulada en los Luminarios (Luminaire Dirt Depreciation, L.D.D.).

## Determinación de los factores no recuperables

### Variación de Tensión.

Tomaremos una variación de -5% por lo cual

$$V.T. = 0.97$$

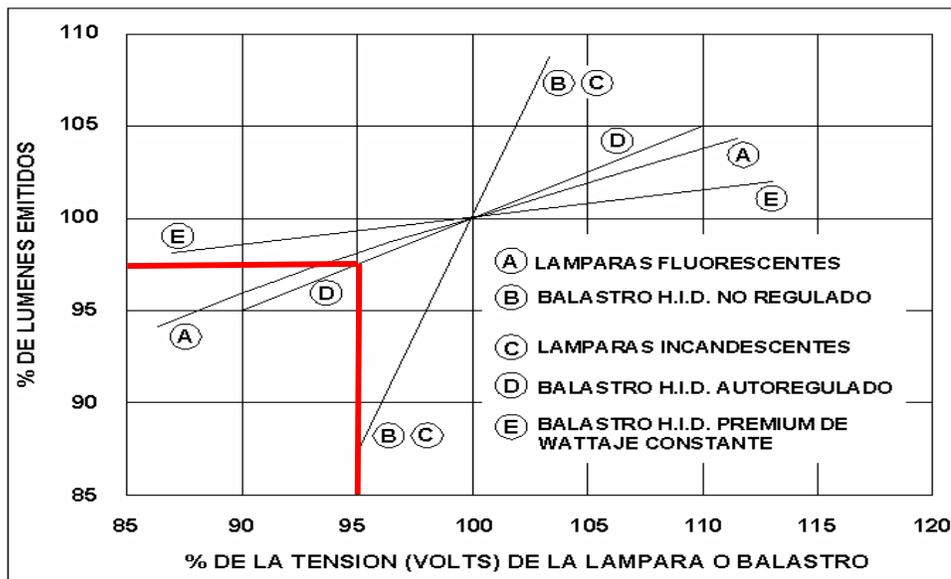


Figura IV.6 Variación de tensión

## Temperatura ambiente

La temperatura ambiente para este tipo de lámpara no nos afecta en este caso, por lo cual

$$T_a = 1$$

La temperatura ambiente no afecta a las lámparas de descarga debido al bulbo exterior que aísla al tubo de descarga. Las lámparas que sí se ven afectadas por la variación de temperatura son las fluorescentes

### Cambio en el rendimiento lumínico de las lámparas fluorescentes desnudas ocasionado por la temperatura ambiente que las rodea

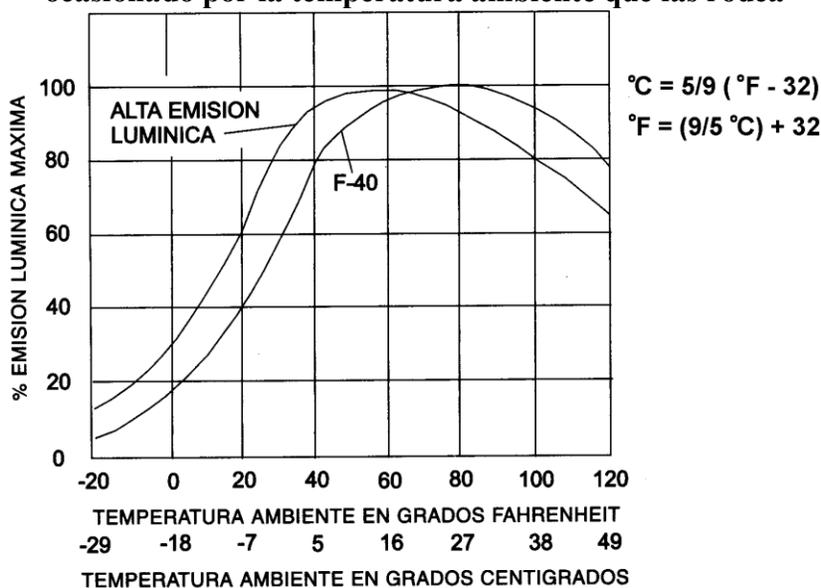


Figura IV.7 Rendimiento lumínico por temperatura ambiente

## Factor de Balastro

Este factor deberá ser proporcionado por el fabricante de balastos. Se determina en un laboratorio y es el cociente de los lúmenes de una lámpara (Depende de la potencia y tipo de lámpara seleccionada) la cual será conectada primero con un balastro patrón o de referencia y después con balastro comercial (estos balastos deberán ser los adecuados para operar la lámpara)

$$\text{Factor del Balastro} = \frac{\text{Lúmenes de la Lámpara con Balastro Comercial}}{\text{Lúmenes de la Lámpara con Balastro Patrón}}$$

Para nuestro caso F.B. = 0.97

### **Depreciación por Deterioro en las Superficies del Luminario**

Nota: No existe información al respecto por lo que se considera unitario.

$$\text{DDSL} = 1$$

### **Factor de Extracción Térmica.**

Sólo aplica en luminarios fluorescentes con aire acondicionado integrado al gabinete.

$$\text{FET} = 1$$

### **Factor de Operación del Equipo**

Sólo aplica en luminarios para exteriores y se refiere a la operación del conjunto

Luminario- Lámpara- Balastro.

$$\text{FOE} = 1$$

### **Factor Fotométrico Lámpara - Balastro**

Sólo aplica en luminarios fluorescentes y este factor se refiere a la diferencia de temperatura que se puede presentar en una prueba fotométrica en el laboratorio, ya que la temperatura estándar de prueba es de 25° C, esta diferencia de temperatura se debe al uso de equipo diferente al que se utilizó durante la prueba (balastro y lámpara).

$$\text{FFLB} = 1$$

### **Factor de Posición o Inclinación de la Lámpara**

Es la diferencia de la emisión del flujo luminoso de una lámpara HID desde una posición vertical hasta una posición horizontal. Esto afecta principalmente a las lámparas de aditivos metálicos, las lámparas de vapor de mercurio son bastantes estables en su emisión luminosa sin importar su inclinación.

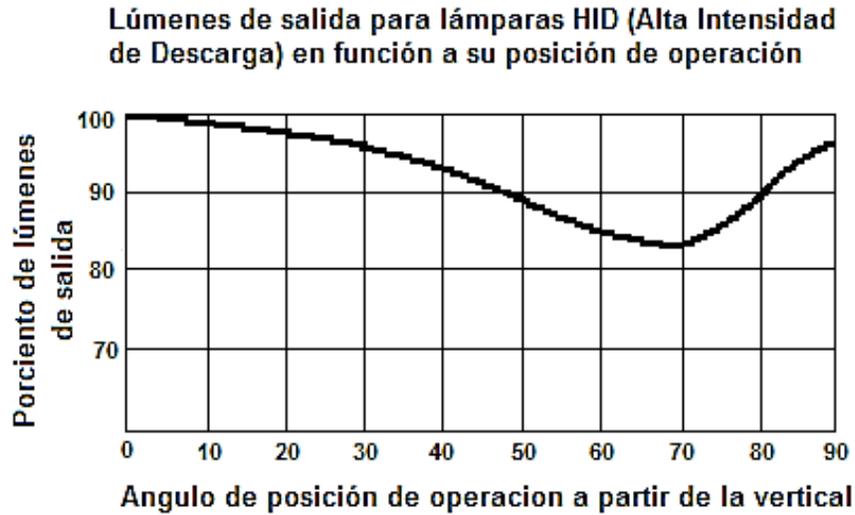


Figura IV.8 Gráfica de Lúmenes de salida para lámparas HID en función de ángulo de posición

Porcentaje de Lúmenes de Salida  
Para Lámparas HID en Función de su Posición de Operación

Ángulo	% de Lúmenes de salida
0 <sup>0</sup> (Vertical)	100
10 <sup>0</sup>	98
20 <sup>0</sup>	97
30 <sup>0</sup>	96
40 <sup>0</sup>	93
50 <sup>0</sup>	87
60 <sup>0</sup>	84
70 <sup>0</sup>	82
80 <sup>0</sup>	89
90 <sup>0</sup>	95

Para nuestro ejemplo la lámpara tiene una posición vertical (0°), por lo que le corresponde según la tabla anterior un valor de 100% de lúmenes de salida entonces tenemos que: FPIL=1

## Determinación de los Factores Recuperables

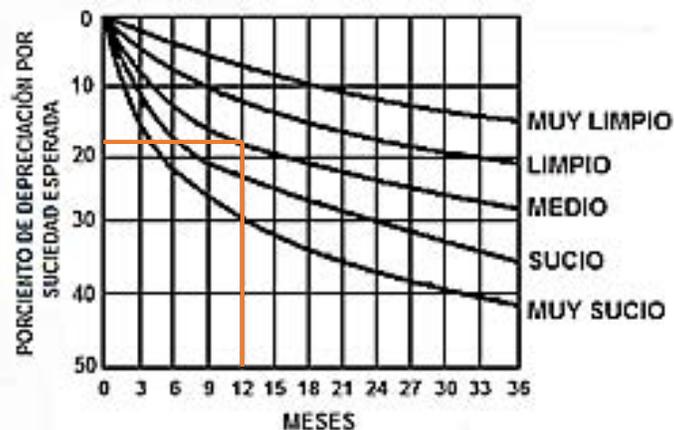
### Suciedad Acumulada en las Superficies del Local

$$\text{SASL} = 0.9502$$

Tabla de las condiciones de suciedad ambiental de la que pueden encontrarse rodeados los luminarios y que también afecta las superficies del local.

	MUY LIMPIO	LIMPIO	MEDIO	SUCIO	MUY SUCIO
<b>SUCIEDAD GENERADA</b>	Ninguna	Muy poca	Notoria pero no pesada	Se acumula con rapidez	Acumulación constante
<b>SUCIEDAD AMBIENTE</b>	Ninguna o no se le permite entrar	Alguna (casi no entra nada)	Algo alcanza a entrar en el área	Grandes cantidades	Existe en todo
<b>REMOCIÓN O FILTRACIÓN</b>	Excelente	Mejor que el promedio	Más bajo que el promedio	Solo ventiladores si es que hay	Ninguna
<b>ADHESIÓN</b>	Ninguna	Ligera	Suficiente para que sea visible después de algunos meses	Alta probablemente causado por aceites, humedad o estática	Alta
<b>EJEMPLOS</b>	Oficinas de alta categoría, alejadas de las zonas de producción, laboratorios quirófanos salas de computo	Oficinas en edificios viejos o cercanas a zonas de producción ensamble sencillo inspección salas generales	Oficinas de maquinado y molinos, procesamiento de papel y maquinado ligero	Tratamiento técnico, impresión a alta velocidad, procesamiento de hules, fundición, túneles de minas	Similar a sucio, pero los luminarios se encuentran inmediatamente al lado de la fuente de contaminación

#### DEPRECIACIÓN POR SUCIEDAD EN LAS SUPERFICIES DEL CUARTO



		TIPO DE DISTRIBUCIÓN DEL LUMINARIO																			
		DIRECTO				SEMI.DIRECTO				DIRECTO INDIRECTO				SEMI.INDIRECTO				INDIRECTO			
Porcentaje de depreciación por suciedad esperada		10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40	10	20	30	40
Relación de cavidad de cuarto (R.C.R.)																					
1		0.98	0.96	0.94	0.92	0.97	0.92	0.89	0.84	0.94	0.87	0.80	0.76	0.94	0.87	0.80	0.73	0.90	0.80	0.70	0.60
2		0.98	0.96	0.94	0.92	0.96	0.92	0.88	0.83	0.94	0.87	0.80	0.75	0.94	0.87	0.79	0.72	0.90	0.80	0.69	0.59
3		0.98	0.95	0.93	0.90	0.96	0.91	0.87	0.82	0.94	0.86	0.79	0.74	0.94	0.86	0.78	0.71	0.90	0.79	0.68	0.58
4		0.97	0.95	0.92	0.90	0.95	0.90	0.85	0.80	0.94	0.86	0.79	0.73	0.94	0.86	0.78	0.70	0.89	0.78	0.67	0.56
5		0.97	0.94	0.91	0.89	0.94	0.90	0.84	0.79	0.93	0.86	0.78	0.72	0.93	0.86	0.77	0.69	0.89	0.78	0.66	0.55
6		0.97	0.94	0.91	0.88	0.94	0.89	0.83	0.78	0.93	0.85	0.78	0.71	0.93	0.85	0.76	0.68	0.89	0.77	0.66	0.54
7		0.97	0.94	0.90	0.87	0.93	0.88	0.82	0.77	0.93	0.84	0.77	0.70	0.93	0.84	0.76	0.68	0.89	0.76	0.65	0.53
8		0.96	0.93	0.89	0.86	0.93	0.87	0.81	0.75	0.93	0.84	0.76	0.69	0.93	0.84	0.76	0.68	0.88	0.76	0.64	0.52
9		0.96	0.92	0.88	0.85	0.93	0.87	0.80	0.74	0.93	0.84	0.76	0.68	0.93	0.84	0.75	0.67	0.88	0.75	0.63	0.51
10		0.96	0.92	0.87	0.83	0.93	0.86	0.79	0.72	0.93	0.84	0.75	0.67	0.92	0.83	0.75	0.67	0.88	0.75	0.62	0.50

Figura IV.9 Gráfica de depreciación por suciedad en superficies del cuarto

### Lámparas Fundidas

Este factor se toma entre 0.95 y 1.0, Tomaremos 0.95

### Depreciación de los Lúmenes de la Lámpara (L.L.D.) Lamp Lumen Depreciation.

Este dato lo obtenemos de los fabricantes de lámparas o del IESNA.

$$L.L.D. = 0.80$$

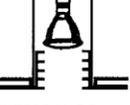
(También puede consultar el capítulo de lámparas de este manual y en las tablas aparecen valores de L.L.D. obtenidos de los fabricantes de lámparas).

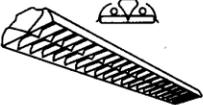
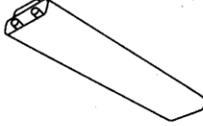
### Depreciación por Suciedad Acumulada en los Luminarios este dato nos lo proporciona el fabricante de luminarios o lo obtenemos del IESNA Lighting Handbook.

Tipo Nema III, Ambiente Sucio = 0.83

### CATEGORÍAS DE MANTENIMIENTO DE LUMINARIOS

CATEGORÍA DE MANTENIMIENTO	ENVOLVENTE SUPERIOR	ENVOLVENTE INFERIOR
I	1) Ninguna	1) Ninguna
II	1) Ninguna 2) Transparente con 15% o más de componente de luz hacia arriba a través de aberturas 3) Translucido con 15% o más de componente de luz hacia arriba a través de aberturas. 4) Opaco con un 15% más de componente de luz hacia arriba a través de aberturas.	1) Ninguna 2) Louvers o baffles (rejillas o deflectores)
III	1) Transparente con menos de 15% de componente de luz hacia arriba a través de aberturas 2) Translucido con menos de 15% de componente de luz hacia arriba a través de aberturas 3) Opaco con 15% de componente de luz hacia arriba a través de aberturas.	1) Ninguna 2) Louvers o baffles (rejillas o deflectores)
IV	1) Transparente sin aberturas 2) Translucido sin aberturas 3) Opaco sin aberturas	1) Ninguna 2) Louvers (rejillas)
V	1) Transparente sin aberturas 2) Translucido sin aberturas 3) Opaco sin aberturas	1) Transparente sin aberturas 2) Translucido sin aberturas
VI	1) Ninguno 2) Transparente sin aberturas 3) Translucido sin aberturas 4) Opaco sin aberturas	1) Transparente sin aberturas 2) Translucido sin aberturas 3) Opaco sin aberturas

LUMINARIO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES		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	V	1.5 35% 45%	 GABINETE CUADRADO CON CONTROLANTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION MEDIA	V	1.0 0% 54% 54%	 UNIDAD TOTALMENTE CERRADA	V	1.4 0% 71%
 REFLECTOR ESMALTADO TIPO RLM	IV	1.3 0% 83%	 BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARAS PAR-100 Y LAMPARA FLUORESCENTE AHORRADORA DE ENERGIA.	IV	0.5 0% 88%	 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO (EFECTO CHIMENEA).	III	1.5 % 77%
 (CUBIC) UNIDAD CON ENVOLVENTE CUADRADO PRISMATICO	V	1.3 18% 60%	 BOTE INTEGRAL DE 140 mm. DE Ø PARA LAMPARA PAR-75	IV	0.5 0% 83%	 UNIDAD TIPO INDUSTRIAL CON REFLECTOR PRISMATICO CERRADA. POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO	V	1.8 0% 45% 88%
 LAMPARA R-40 EN BOTE INTEGRAL	IV	0.8 0% 100%	 GABINETE CUADRADO CON CONTROLANTE PARA CURVA DE DISTRIBUCION ABIERTA	V	1.4 0% 53%	 UNIDAD CERRADA POR MEDIO DE REFRACTOR PRISMATICO	V	1.9 3% 88%
 LAMPARA R-40 CON REFLECTOR ESPECULAR ANODIZADO: CUTOFF A 45°	IV	0.7 0% 85%	 GABINETE CUADRADO CON GABINETE DIFUSO	V	1.3 1% 50%	 UNIDAD DE EMPOTRAR CON REFLECTOR PRISMATICO VENTILADO	IV.	1.7 0% 56%
 PIN HOLE DE 22° DE ABERTURA	IV	0.7 0% 43%	 (MERCULUME) UNIDAD CON LAMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA CON REFRACTOR INTERNO DE CRISTAL PRISMATICO Y CONTROLANTE DE ACRILICO PRISMATICO EXTERIOR	V	1.3 0% 66%	 UNIDAD FLUORESCENTE TIPO INDUSTRIAL	II	1.3 22% 65%

LUMINARO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES	
	CAT	ESP. MAX.
 CANALES PARA 1 O 2 LAMPARAS FLUORESCENTES	I	1.6/1.2 20.5% ▲ 68% ▼
 UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 30 x 30	II	1.0 23.5% ▲ 57% ▼
 UNIDAD FLUORESCENTE CON REJILLA DE 45 x 45	IV	1.0 6% ▲ 46% ▼
 UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES CON CONTROLANTE PRISMATICO ENVOLVENTE	V	1.5/1.2 11.5% ▲ 58.5% ▼
 UNIDAD PARA 2 LAMPARAS FLUORESCENTES	V	1.3 8% ▲ 37.5% ▼

LUMINARO TIPICO	CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES		CURVA DE DIST. Y % DE LUMENES		
	CAT	ESP. MAX.			
 CANALES PARA 2 O 4 LAMPARAS FLUORESCENTES TIPO EMPOTRAR O SOBREPONER CON CONTROLANTE DE ACRILICO PRISMATICO	V	1.4/1.2 0% ▲ 63% ▼ 60°	 CANALES PARA 4 LAMPARAS FLUORESCENTES CON LOUVER DE PLASTICO DE 45°	V	1.0 0% ▲ 50% ▼
 CANALES PARA 4 LAMPARAS FLUORESCENTES CON DIFUSOR PLANO OPALINO	V	1.2 0% ▲ 57.5% ▼			
 CANALES PARA 4 LAMPARAS FLUORESCENTES CON REFRACTOR PRISMATICO DE BAJA LUMINANCIA	V	1.4/1.3 0% ▲ 65.5% ▼ 60°			

Figura IV.10 Categorías de L.D.D según tipo de luminario.

### CURVAS DE DEGRADACION POR SUCIEDAD EN EL LUMINARIO

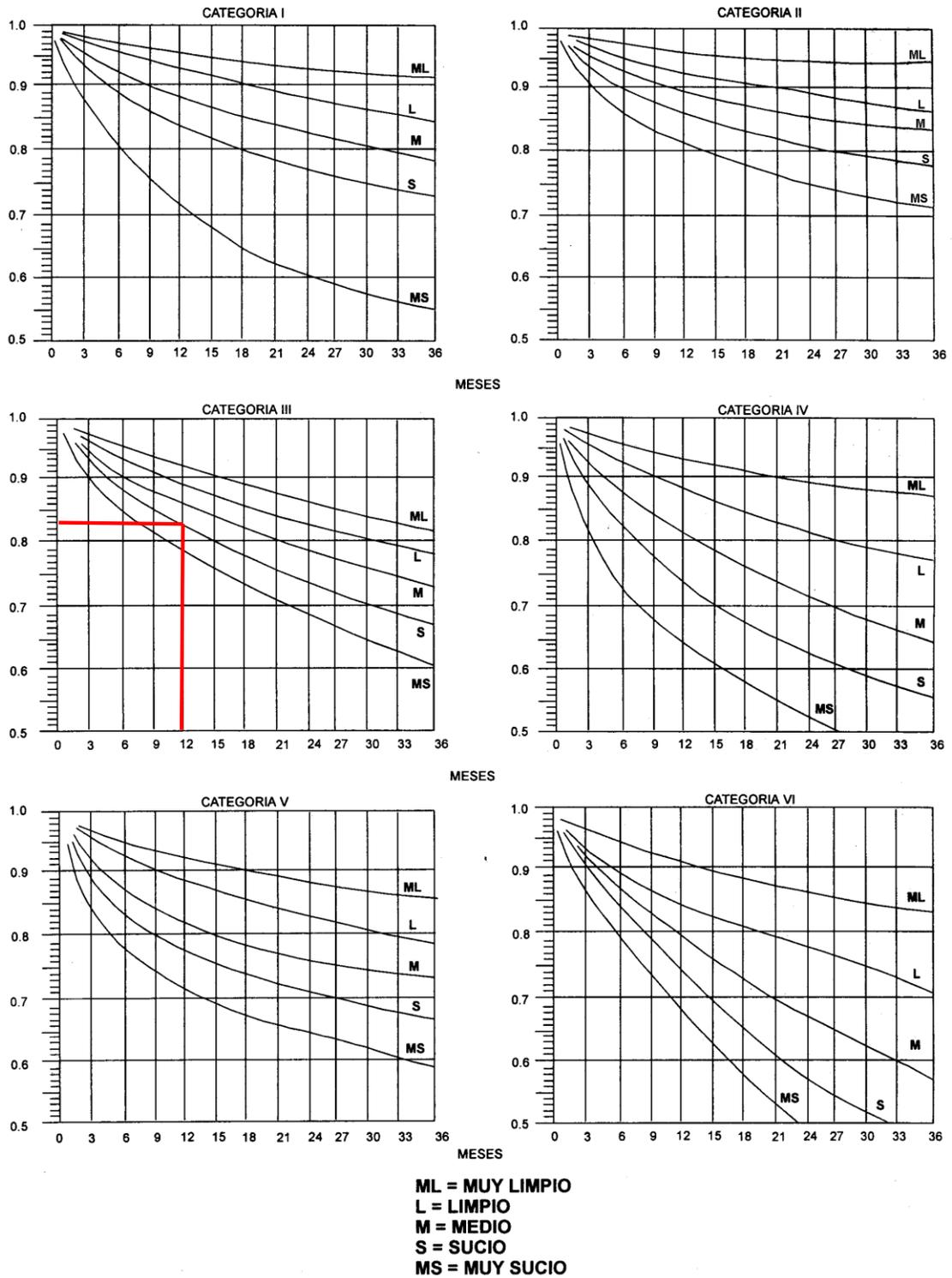


Figura IV.11 Gráfica de depreciación por Suciedad Acumulada en función del tiempo según categoría

Substituyendo valores tenemos:

$$F.M. = (VT) (Ta)(Fb)(DDSL)(FET)(FOE) (FFLB)(FPIL)(SASL)(LF)(LLD)(LDD) =$$

$$F.M. = (0.97) (1)(0.97)(1)(1)(1) (1)(1)(0.9502)(0.95)(0.80)(0.83) =$$

$$F.M. = 0.564$$

Substituyendo en la ecuación del Método de Lumen tenemos:

$$N = \frac{(500)(408)}{(36000)(0.51)(0.564)} = 19.7 \approx 20$$

$$N = 21 \text{ LUMINARIOS}$$

(Dado el acomodo de filas y columnas)

Ahora procederemos a la localización de los luminarios, por lo cual debemos conocer cuál es el espaciamiento máximo entre centros de luminarios.

De la hoja descriptiva obtenemos el factor de espaciamiento máximo (Spacing Center) el cual es 1.25

Entonces el espaciamiento máximo será:

$$S_{MAX} = (FACTOR DE ESPACIAMIENTO) * H_{CC}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$S_{MAX} = (1.25) * (5) = 6.25$$

$$S_{MAX} = 6.25$$

Se debe de tener mucho cuidado con el espaciamiento máximo ya que de rebasarlo demasiado ocasiona zonas de penumbra y por lo tanto que la uniformidad de iluminación se vea afectada.

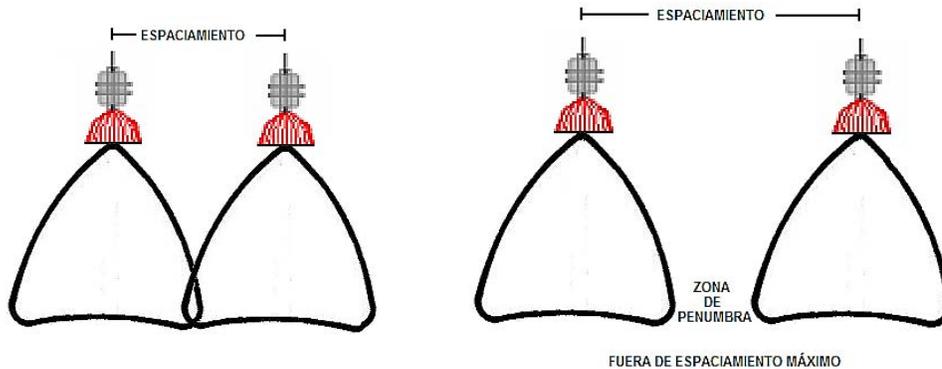


Figura IV.12 Espaciamiento correcto para evitar penumbra

Ahora determinaremos el espaciamiento real para una distribución uniforme de luminarios con la siguiente ecuación:

$$S_{REAL} = \sqrt{\frac{\text{ÁREA}}{\text{No. DE LUMINARIOS CALCULADOS}}}$$

$$S_{REAL} = \sqrt{\frac{408}{19.7}} = 4.55$$

**Nota:** el espaciamiento real debe ser igual o menor a él espaciamiento máximo.

### Acomodo de Luminarios

Ahora tenemos que distribuir los luminarios en el interior del local, para determinar cuántas columnas de luminarios son, dividimos el espaciamiento real entre el ancho del local teniendo que:

$$COLUMNAS (X) = \frac{ANCHO DEL LOCAL}{S_{REAL}}$$

Y para determinar cuántas filas de luminarios son, dividimos el espaciamiento real entre el largo del local teniendo que:

$$FILAS (Y) = \frac{LARGO DEL LOCAL}{S_{REAL}}$$

Substituyendo valores tenemos:

$$COLUMNAS (X) = \frac{12}{4.55} = 2.63 \approx 3$$

$$FILAS (Y) = \frac{34}{4.55} = 7.47 \approx 7$$

Conociendo el número de filas y columnas, ajustamos el espaciamiento entre luminarios cuidando de no exceder el espaciamiento máximo. La distancia de la pared al luminario, tanto en (x) como en (y), debe ser la mitad de los espaciamientos determinados anteriormente.

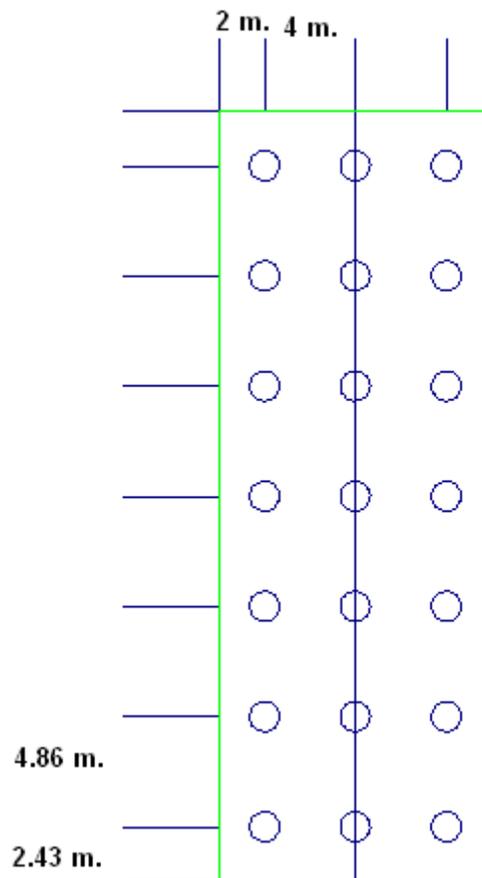


Figura IV.13 Espaciamiento entre luminarios en horizontal y vertical

## Método Punto por Punto

Este método es complementario del método de lumen y lo utilizamos para comprobar si se está cumpliendo con el nivel de iluminación recomendado. Este método llamado también “Ley de la Inversa del Cuadrado de la Distancia”.

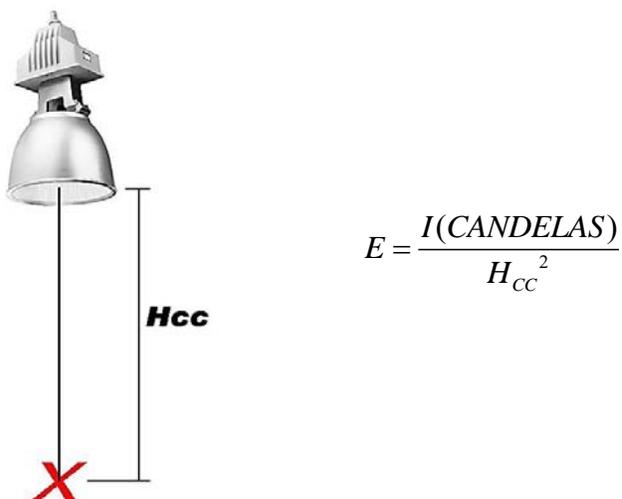


Figura IV.14 Altura de cavidad de cuarto

En el caso anterior, el área a analizar se encontraba exactamente bajo el luminario perpendicular a la dirección de los rayos luminosos, pero cuando esta área horizontal forma un determinado ángulo  $\theta$ , habrá que multiplicarla por el coseno del ángulo, como se muestra a continuación:

### Método Punto por Punto en Superficies Horizontales

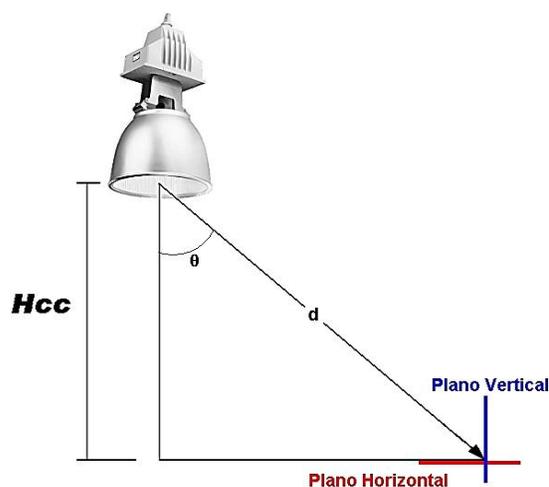


Figura IV.15 Método punto por punto en un punto a determinada distancia

$$E_H = \frac{I \cos \phi}{d^2} \quad \dots (1)$$

Obteniendo el coseno del ángulo

$$\cos \phi = \frac{H_{cc}}{d} \quad \dots (2)$$

Despejando **d** de (2)

$$d = \frac{H_{cc}}{\cos \phi} \quad \dots (3)$$

Elevando (3) al cuadrado

$$d^2 = \frac{H^2}{\cos^2 \phi} \quad \dots (4)$$

Sustituyendo (4) en (1)

$$E_H = \frac{I \cos \phi}{\frac{H_{cc}^2}{\cos^2 \phi}} = \frac{I \cos \phi \cos^2 \phi}{H_{cc}^2}$$

$$E_H = \frac{I \cos^3 \phi}{H_{cc}^2}$$

Donde:

$E_H$  = Nivel de iluminación en luxes sobre el plano horizontal.

$I$  = Potencia en candelas en el ángulo  $\phi$

$H_{cc}$  = Altura del luminario al plano de trabajo en metros.

### **Método Punto por Punto en Superficies Verticales**

$$E_V = \frac{I \sin \phi}{d^2} \quad \dots (1)$$

$$E_V = \frac{I \sin \phi \cos^2 \phi}{H_{cc}^2} \quad \dots (2)$$

## COMPROBACIÓN DEL EJEMPLO POR ESTE MÉTODO

Para facilitar este cálculo se recomienda (mas no es imprescindible) trazar una cuadrícula sobre nuestra área, que se dibuje a escala y que coincida con el centro de los luminarios.

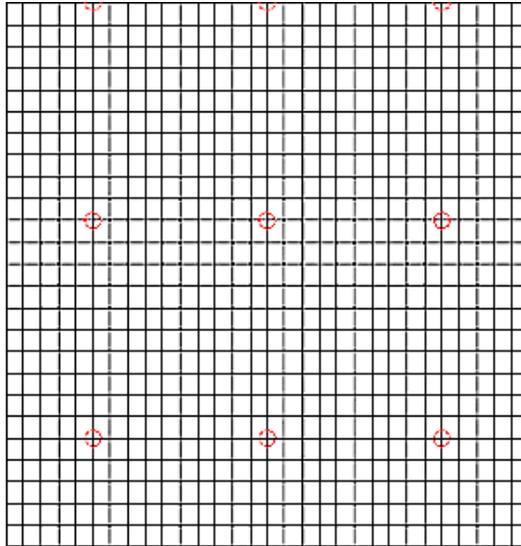


Figura IV.16 Ubicación de los luminarios

Primero tenemos que identificar los luminarios y los puntos de análisis, para este ejemplo solo tomaremos 3 puntos (a, b, c).

Empezaremos nuestro cálculo con el luminario 1

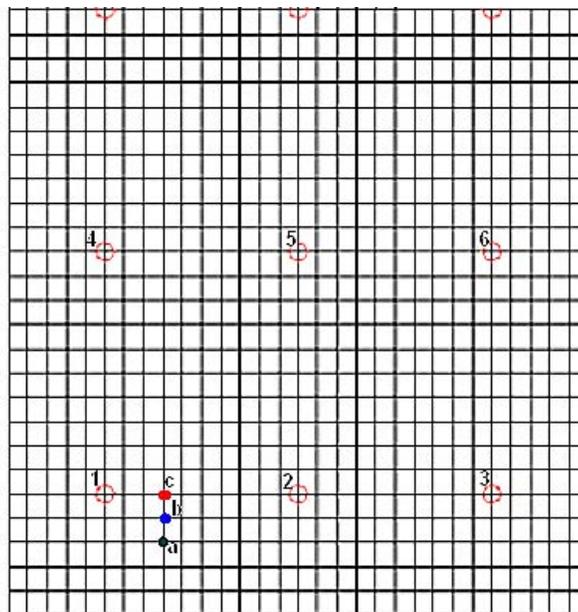


Figura IV.17 Puntos a determinar su intensidad luminosa

$$E_H = \frac{I \cos^3 \theta}{H_{cc}^2}$$

Punto "a"

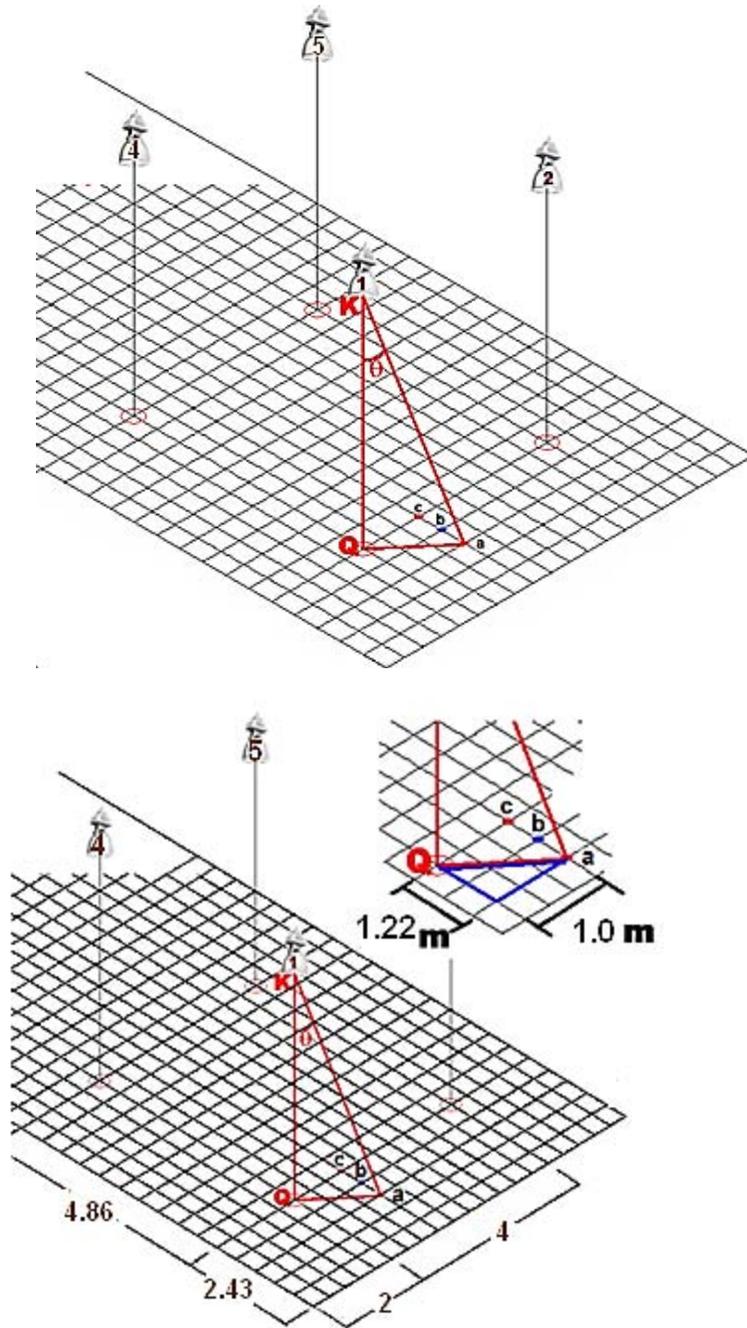


Figura IV.18 Determinación de distancia de puntos a luminario

$$Q_a = \sqrt{1^2 + 1.22^2} = 1.58$$

Conocida esta distancia podemos obtener el ángulo  $\theta$  con la siguiente ecuación:

$$\phi = \text{tang}^{-1} \frac{Q_a}{H_{cc}}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$\phi = \text{tang}^{-1} \frac{1.58}{5} = 17.54 \approx 18^\circ$$

Obtenido este ángulo tenemos ahora que ir a nuestra curva fotométrica y buscar la intensidad en candelas en esa dirección de  $18^\circ$

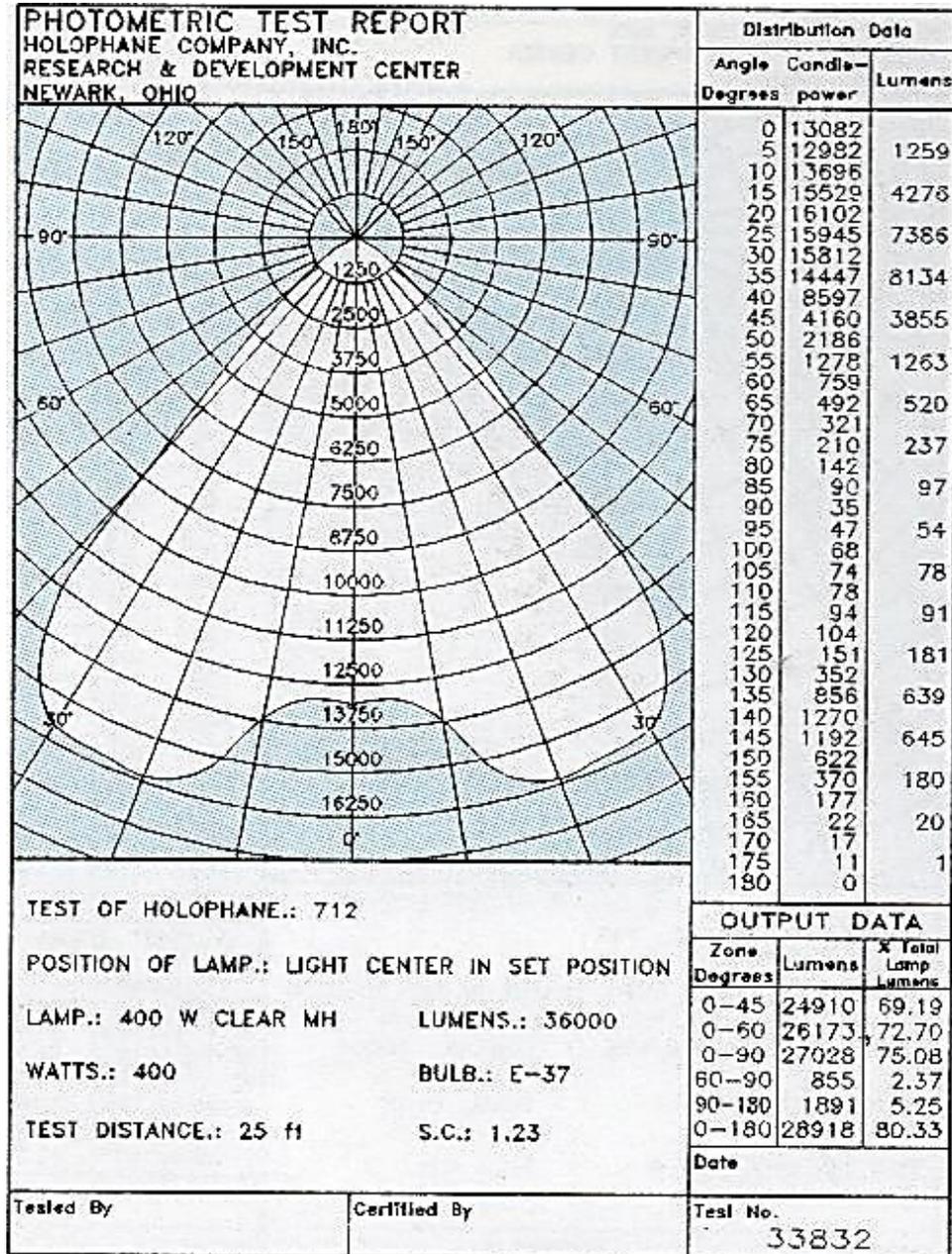


Figura IV.19 Prueba fotométrica de Luminario 712

Como se puede observar no tenemos la intensidad a 18° así que es necesario interpolar entre 15° y 20° para obtener este valor tenemos que:

Ángulo	Candelas
15	15529
18	15873.4
20	16103

Con la intensidad en candelas a 18°, procedemos sustituir valores en la ecuación:

$$E_H = \frac{(15873.4)\cos^3(18^\circ)}{(5)^2} = 546.14 \text{ Luxes}$$

Este es el Nivel de Iluminación que aporta el luminario 1 al punto “a”

Con el mismo luminario 1 en el punto “b”

$$Q_b = \sqrt{1^2 + 0.61^2} = 1.17$$

$$\phi = \text{tang}^{-1} \frac{1.17}{5} = 13.17 \approx 13$$

Ángulo	Candelas
10	13696
13	14795.8
15	15529

$$E = \frac{I_{13} \cos^3 13^\circ}{H_{CC}} = \frac{(14795.8)\cos^3 13^\circ}{(5)^2} = 547 \text{ Luxes}$$

Con el luminario 1 en el punto “c”

$$Q_c = 1$$

$$\phi = \text{tang}^{-1} \frac{Q_c}{H_{cc}} = \frac{1}{5} = 11.3^\circ \approx 11$$

Ángulo	Candelas
10	13696
11	14062.6
15	15529

$$E = \frac{I_{11} \text{Cos}^3 11^\circ}{H_{cc}} = \frac{(14062.6)\text{Cos}^3 11^\circ}{(5)^2} = 532 \text{ Luxes}$$

De manera similar se procede en el cálculo de los demás puntos para cada luminario, resumiendo estos datos tenemos:

**Valores en Luxes Iniciales**

Luminario Punto	1	2	3	4	5	6	Total
a	546	354	9.6	20	11.8	2.7	944.1
b	547	391	9.6	35.6	25.7	3.2	1012.1
c	532	391	11.8	164.5	29.1	3.8	1132.2
Total	1625	1136	31	220.1	66.6	9.7	3088.4
<b>Eprom</b>	<b>541.66</b>	<b>378.66</b>	<b>10.33</b>	<b>73.36</b>	<b>22.2</b>	<b>3.23</b>	

$$E \text{ promedio} = 1625 / 3 = 541.66 \text{ Luxes Iniciales}$$

Para este cálculo solo se trataron los puntos (a, b y c), lo ideal es calcular una mayor cantidad de puntos para obtener un valor promedio de iluminación lo más real posible.

Como se mencionó anteriormente los valores obtenidos están dados en luxes promedio iniciales (como si se tratara de una instalación nueva), para obtenerlos mantenidos es necesario afectarlo por el factor de mantenimiento.

E promedio mantenido = E promedio inicial x F.M.

E = ( ) (0.564) = Luxes Promedio Mantenidos

$$E \text{ promedio inicial} = \frac{\text{Nolum} * \text{lumenes} \text{lu min ario} * C.U. * F.M}{\text{Area}}$$

Cuando F.M. = 1

$$E \text{ promedio inicial} = \frac{21 * 36000 * .51 * 1}{408} = 945$$

$$\text{Luxes Promedio Mantenidos} = (945) * (0.564) = 533 \text{ luxes}$$

Dada lá intensidad luminosa de 533 luxes, esta se manteie por encima de lá intensidad recomendada por lá S.M.I.I.

## CAPITULO V

### V.1 INTRODUCCIÓN PARA EL USO DE AUTOCAD PARA ASISTIR EL DISEÑO DE UNA ESTANCIA.

Antes de empezar con el uso de visual se hará una introducción para hacer el desarrollo del diseño de la habitación a partir de AutoCAD e importándolo a Visual; esta herramienta es muy eficaz para hacer un diseño muy parecido al real, además de agilizar el trabajo pues visual tiene pocas herramientas para diseñar distintos objetos o estancias más complejas.

Ya que esta tesis no está dirigida al diseño asistido por computadora se omitirán los pasos para el diseño en AutoCAD, centrándose únicamente al diseño terminado y la importación al software visual.

Se utiliza el diseño para una oficina, de esta manera se tiene una oficina de 8m por 15m con una altura de 3m, dada la situación esta oficina está destinada para la documentación, la cual tiene tres escritorios con sus respectivas computadoras, un librero, un sillón para visitas y una mesa para visitas.

El diseño queda tal como se muestra en la figura de abajo:

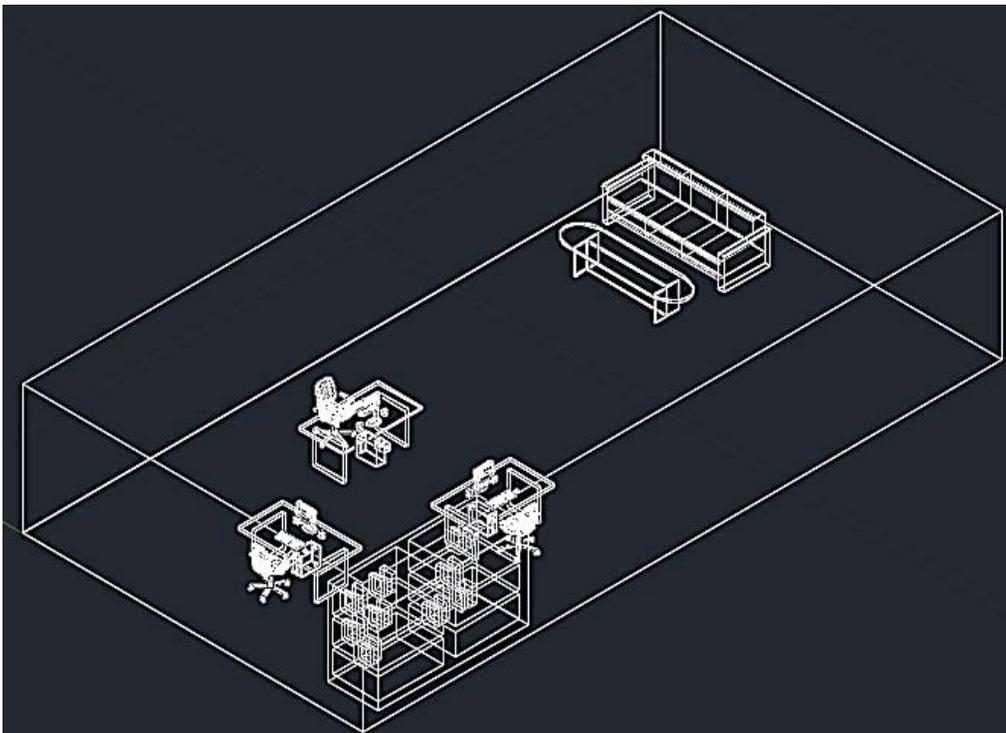


Figura V.1 Diseño en AutoCAD

Ya teniendo el diseño completo de la estancia a iluminar es necesario explotar todo el diseño para que al importar no haya fallas, después de esto se procede a importar a Visual 2.2; para importar el archivo es necesario guardarlo en formato .dxf preferentemente el tipo AutoCAD 2000 como se muestra en la figura de abajo

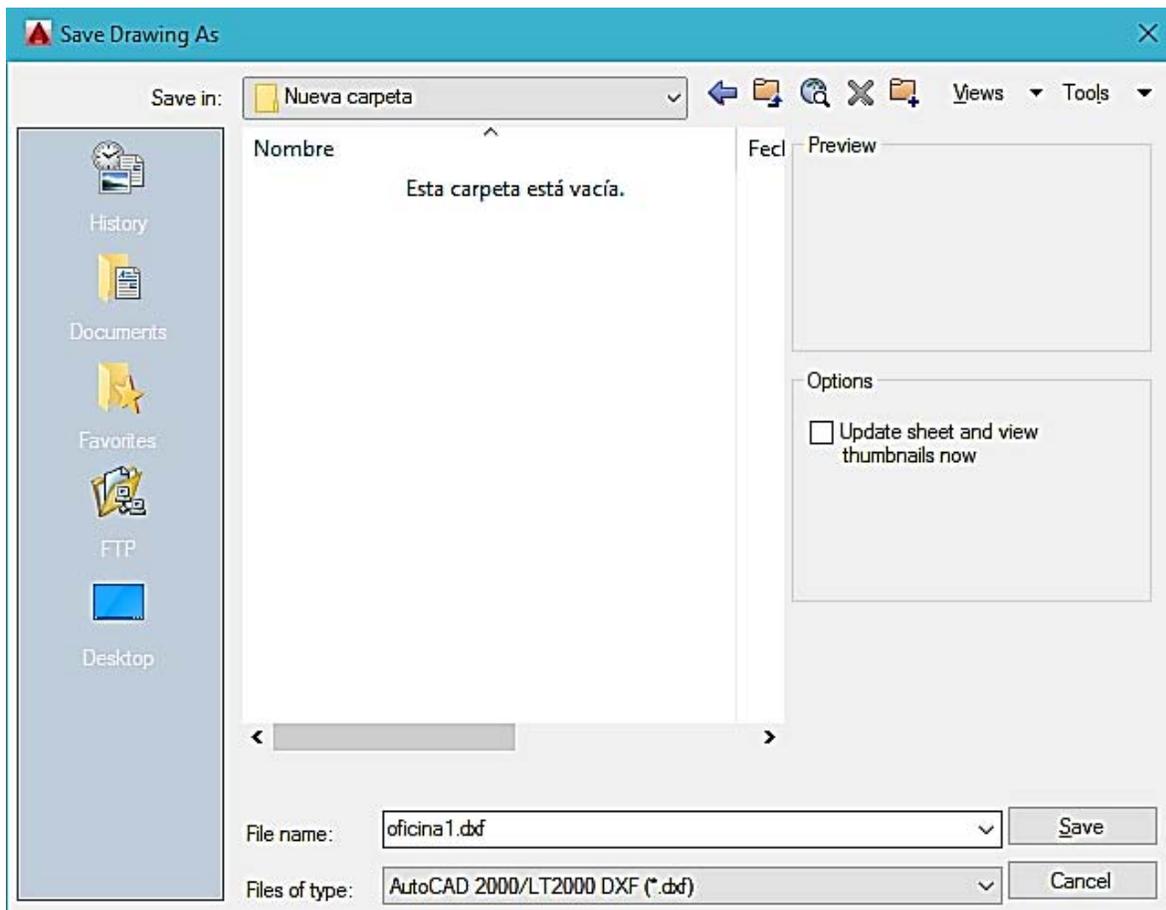


Figura V.2 Guardado de archivo

Esto es necesario para poder importar los datos a Visual pues formatos más recientes son incompatibles; hecho esto se procede a abrir Visual 2.2 profesional con un archivo nuevo de interiores, se abre la pestaña archivo y se selecciona donde dice importar

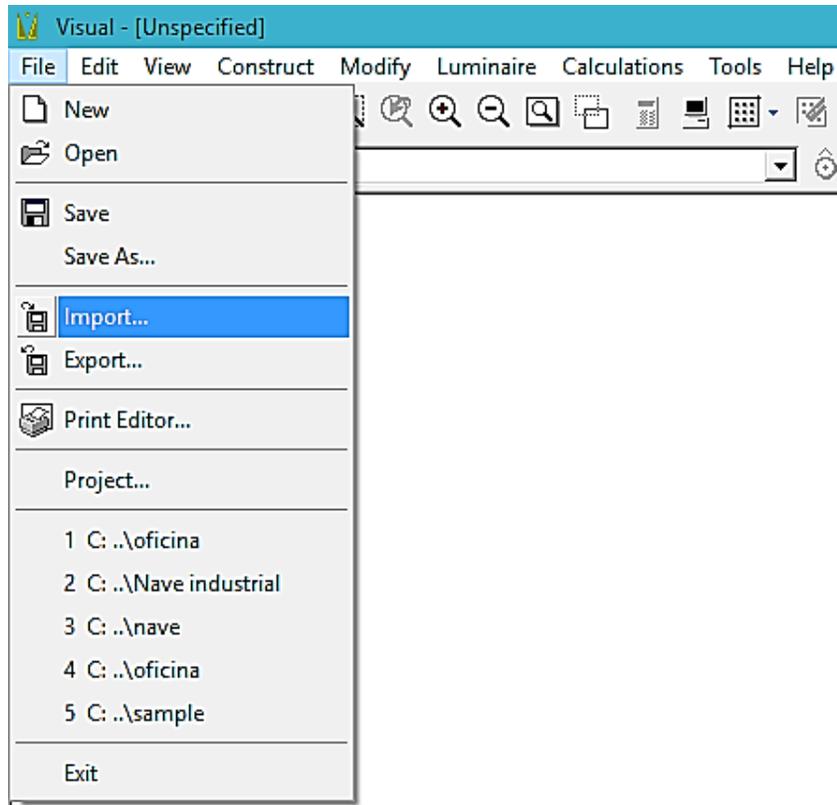


Figura V.3 Importación del Archivo

Al final se busca el archivo guardado con la extensión .dxf y se selecciona importar

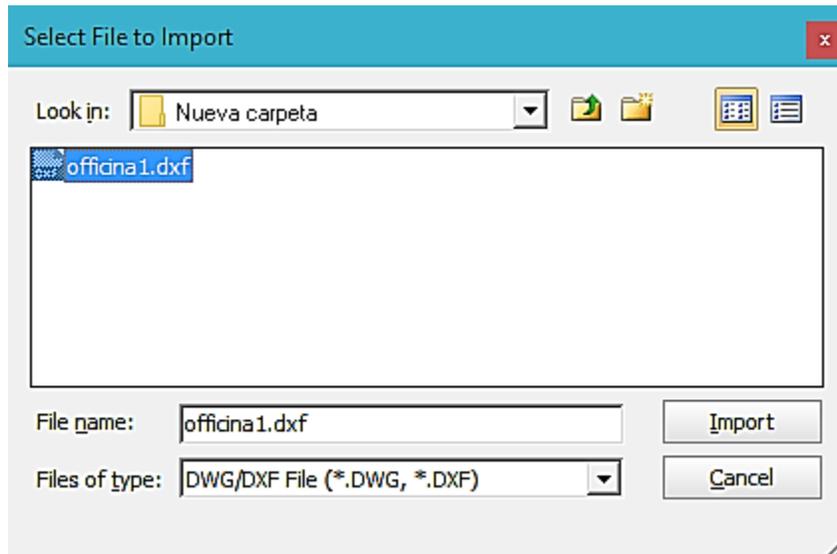


Figura V.4 Selección del Archivo

Esperar al programa a que cargue el archivo y al final se muestra el archivo importado

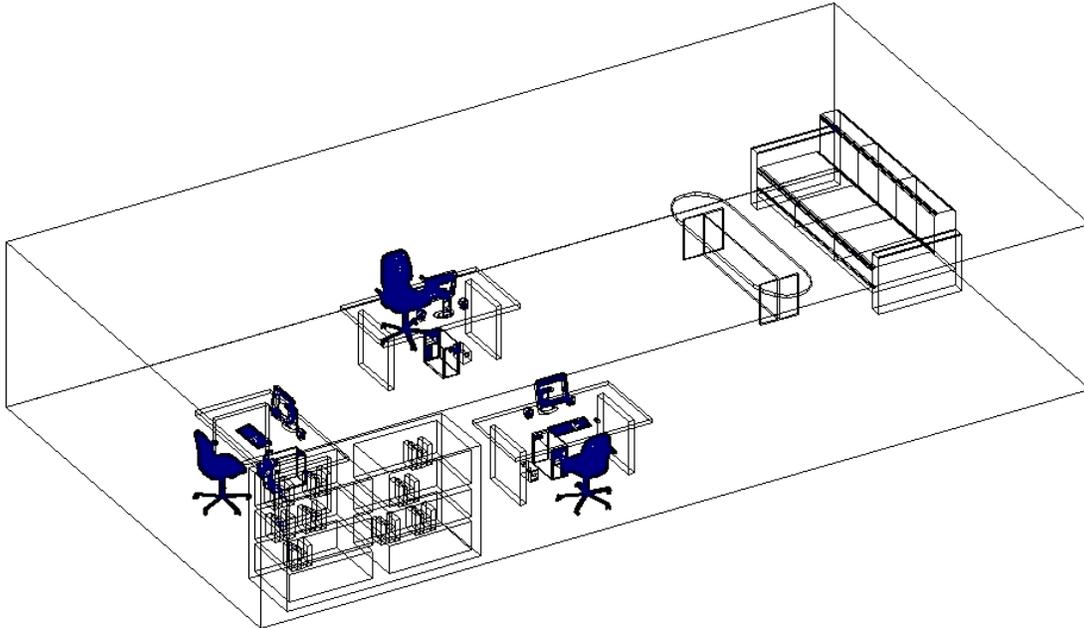


Figura V.5 Diseño importado a Visual

Ya teniendo el archivo importado se pueden hacer modificaciones en el diseño para volver solidos las paredes, el techo y el piso y la colocación de los luminarios.

## V.2 USO BÁSICO DE LAS HERRAMIENTAS PARA VISUAL 2.2 BASIC



Figura V.6 Partes básicas de Visual

La imagen que se muestra arriba corresponde a la pantalla general de Visual Básico

Barra de menús: Esta barra te muestra diferentes los diferentes menús para la edición y guardado de los archivos.

-Menú de archivo: este menú permite abrir, cambiar o guardar archivos de visual

-Menú de edición: te permite rehacer o deshacer lo que se ha realizado

-Menú de Vista: te permite ampliar o reducir una imagen, también se puede hacer una reducción específica

-Menú de Construir: te permite copiar las figuras en tu archivo

-Menú de Modificar: te permite borrar y mover las figuras en tu archivo

-Menú de Herramientas: Te permite usar el método de Lumen y entrar a la pestaña opciones

- Opciones: esta pestaña se desglosa en 5 partes

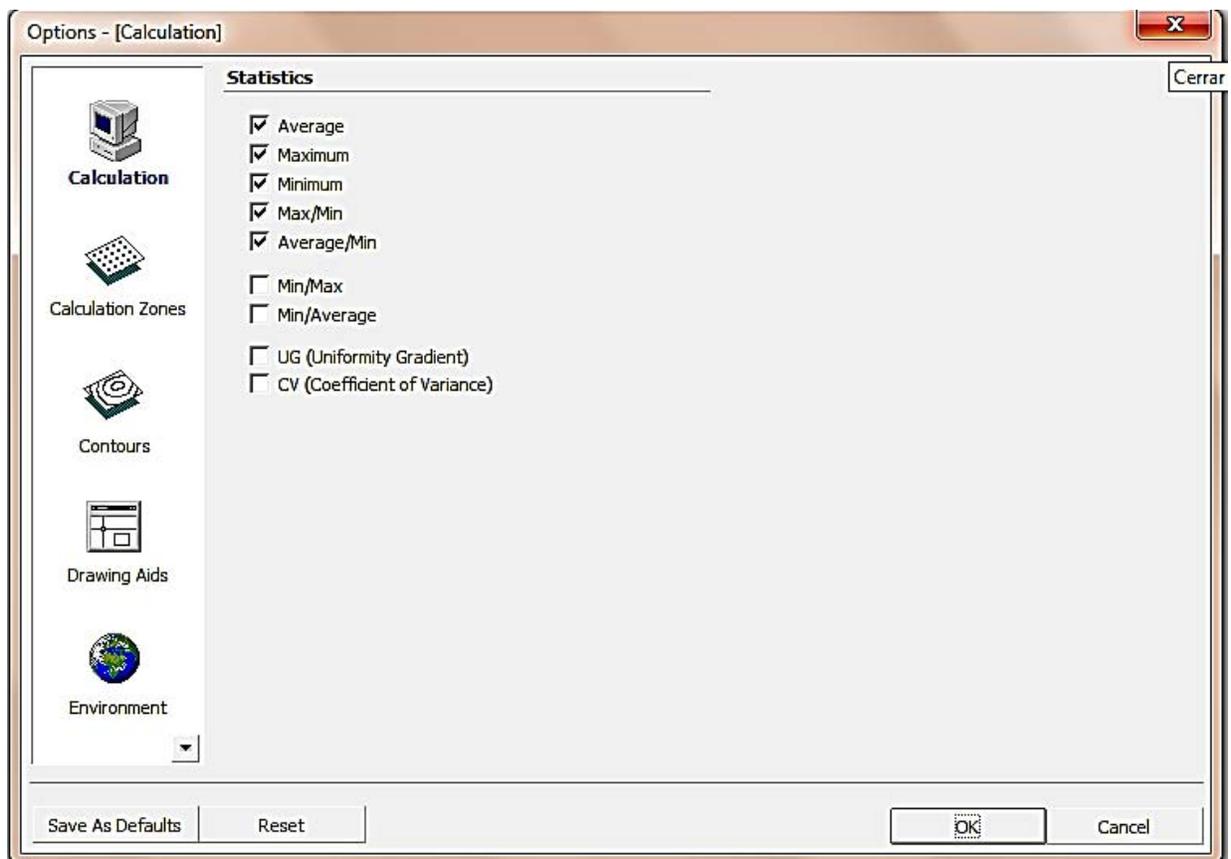


Figura V.7 Sección opciones con pestaña cálculos

- Calculation:
  - Los primeros 5 recuadros se mantiene activos para seguir con lo establecido por el IESNA
    - Average
    - Maximum
    - Minimum
    - Max/Min
    - Average/Min
  - Los recuadros 6 y 7 son según el CIE de Europa
    - Min/Max
    - Min/Average
  - Los recuadros 8 y 9 son usados en casos escasos de exteriores.
    - UG (Uniformity Gradient)
    - CV (Coeficient of Gradient)

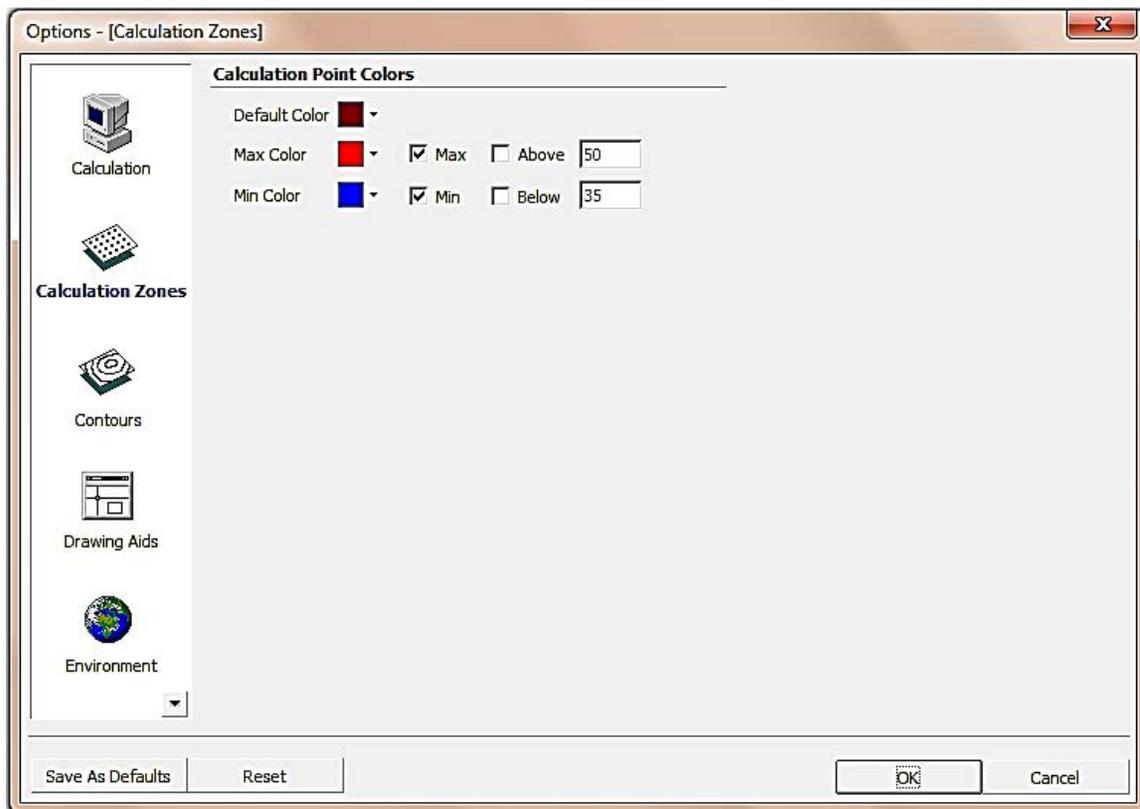


Figura V.8 Sección opciones con pestaña zona de cálculos

➤ Calculation Zones:

○ **Calculation point colors**

**Default color.** De manera particular se pueden cambiar los colores para los valores de los cálculos

**Max color.** De manera particular se pueden cambiar los colores para el valor máximo de los cálculos

**Min color.** De manera particular se pueden cambiar los colores para el valor mínimo de los cálculos

**Above.** (este se activa cuando los cálculos ya se conocen) este se activa y de manera particular se cambia el color; se da un valor menor que el máximo de luxes y a partir de ahí al máximo tendrán el color que se seleccionó

**Below.** (Este se activa cuando los cálculos ya se conocen) este se activa y a gusto del usuario se cambia de color; se da un valor de luxes mayor que el mínimo y a partir de ahí al mínimo tendrá el color que se seleccionó.

Los valores intermedios mantendrán el color que se tienen por default o dados por el usuario

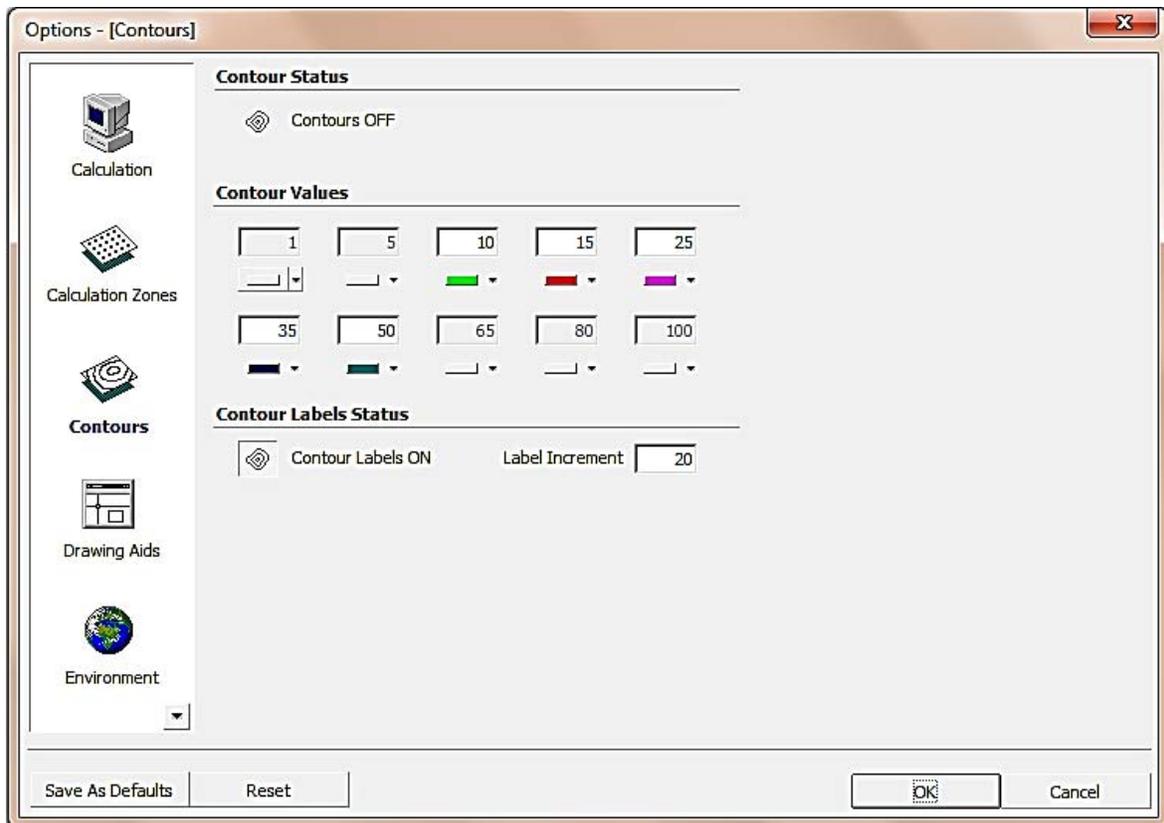


Figura V.9 Sección opciones con pestaña contornos

➤ Contours:

○ Contours Status

Esta casilla se puede activar de inmediato pero es recomendable activarla ya estando avanzado en el diseño, dando la facilidad de activarla desde el menú principal de Visual.

○ Contour Values

Estas casillas habilitan las curvas isolux o isofootcandle, al dar un valor en ellas y cambiando los colores para definir cada una de ellas, además de activarlas o desactivarlas dando un clic en el recuadro que está al lado de la flecha para modificar el color (hay que recordar que se necesita haber realizado los cálculos para conocer el valor máximo y mínimo de luxes o footcandles).

- **Contour Labels Status**

**Contour Labels ON** . Al activarlo se puede ver los valores de luxes o footcandles en las curvas de isolux o isofootcandle

**Label Increment.** Esta casilla se encuentra a un costado de la anterior y se puede modificar para cambiar la distancia en metros o pies y será la distancia en la que se estará dando los valores de los luxes o footcandles en las curvas isolux o isofootcandle.

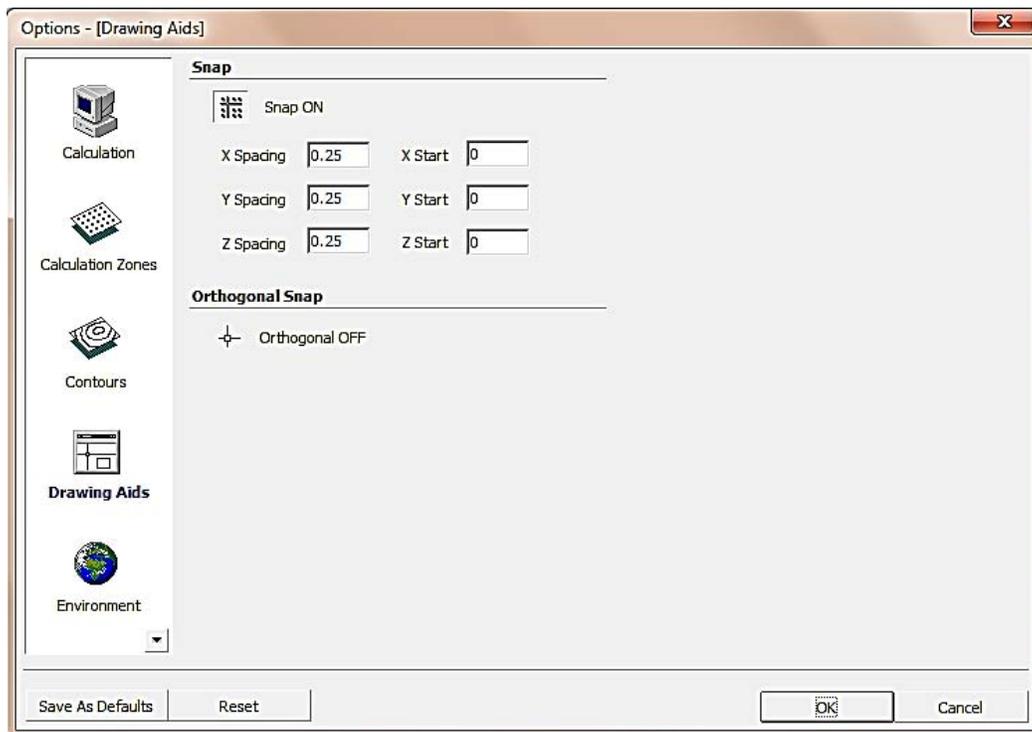


Figura V.10 Sección opciones con pestaña ayudas de dibujo

- **Drawing Aids:**

- **Snap.** Al activar esta casilla se puede mover el cursor por distancias definidas por brincos de forma vectorial en X, Y y Z y se puede

modificar la distancia en cada vector que esta dado en metros o pies; es recomendable mantenerlo desactivado

- **Orthogonal Snap.** El cursor solo puede moverse de manera vertical u horizontal, si se dibuja solo se podrá dibujar en manera vertical u horizontal solamente; es recomendable mantenerlo desactivado

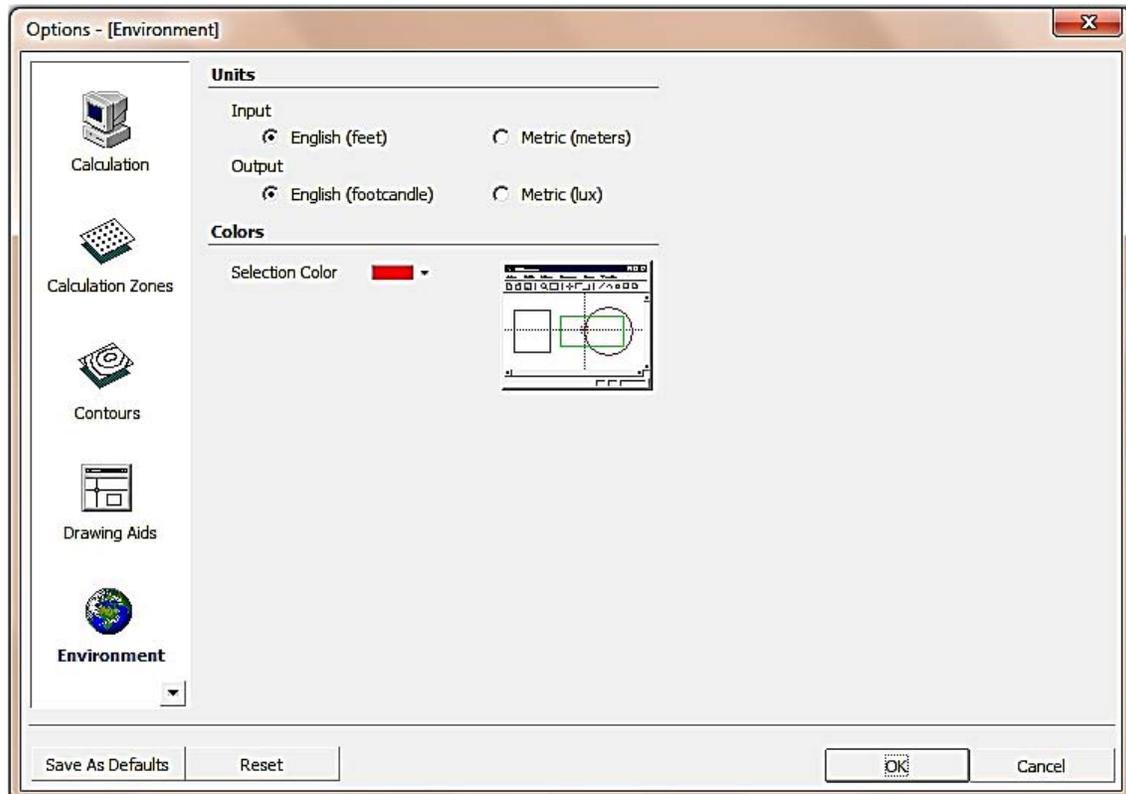


Figura V.11 Sección opciones con pestaña ambiente

➤ **Environment:**

- **Units.** Esta sección es para usar los datos de entrada y/o salida en sistema internacional métrico (m y lux) o en sistema inglés (pie(ft) y Footcandles)
- **Colors.** Se usa para cambiar de color en las figuras

**Selection Color,** cuando seleccionamos algún objeto este cambiará a color rojo.

-Menú de Ayuda: este menú está dedicado a buscar ayuda en manuales o vía internet por soporte técnico, registraci3n de licencia vía internet, actualizaciones e informaci3n acerca de Visual (2.2)

## V.2.1 DISEÑO BÁSICO EN VISUAL 2.2 BÁSIC

Método del Lumen

En este medio solo se pueden crear diseños en 3D rectangulares, sin posibilidad de hacer diseños complejos

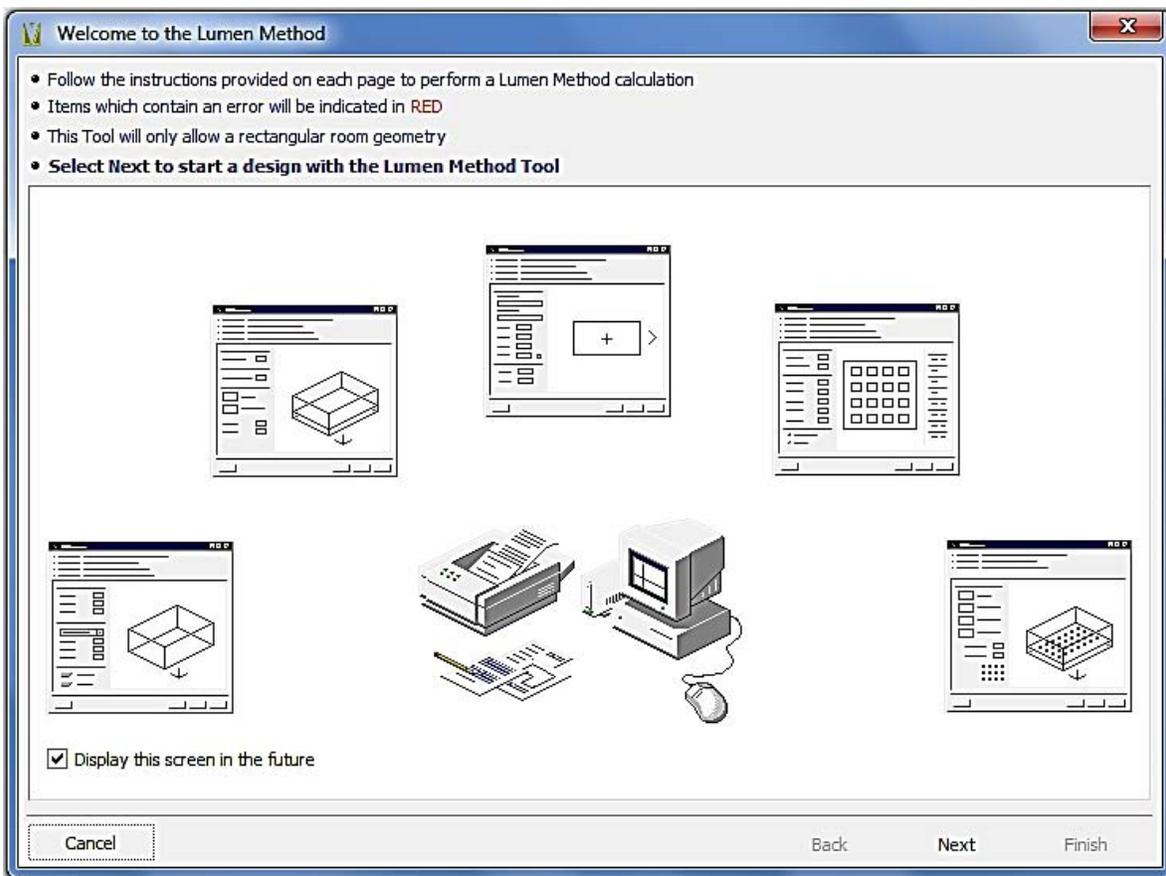


Figura V.12 Diseño básico en Visual

Imagen de entrada en Visual Básico, dando las indicaciones básicas, entre ellas el método a usar que es el método del lumen

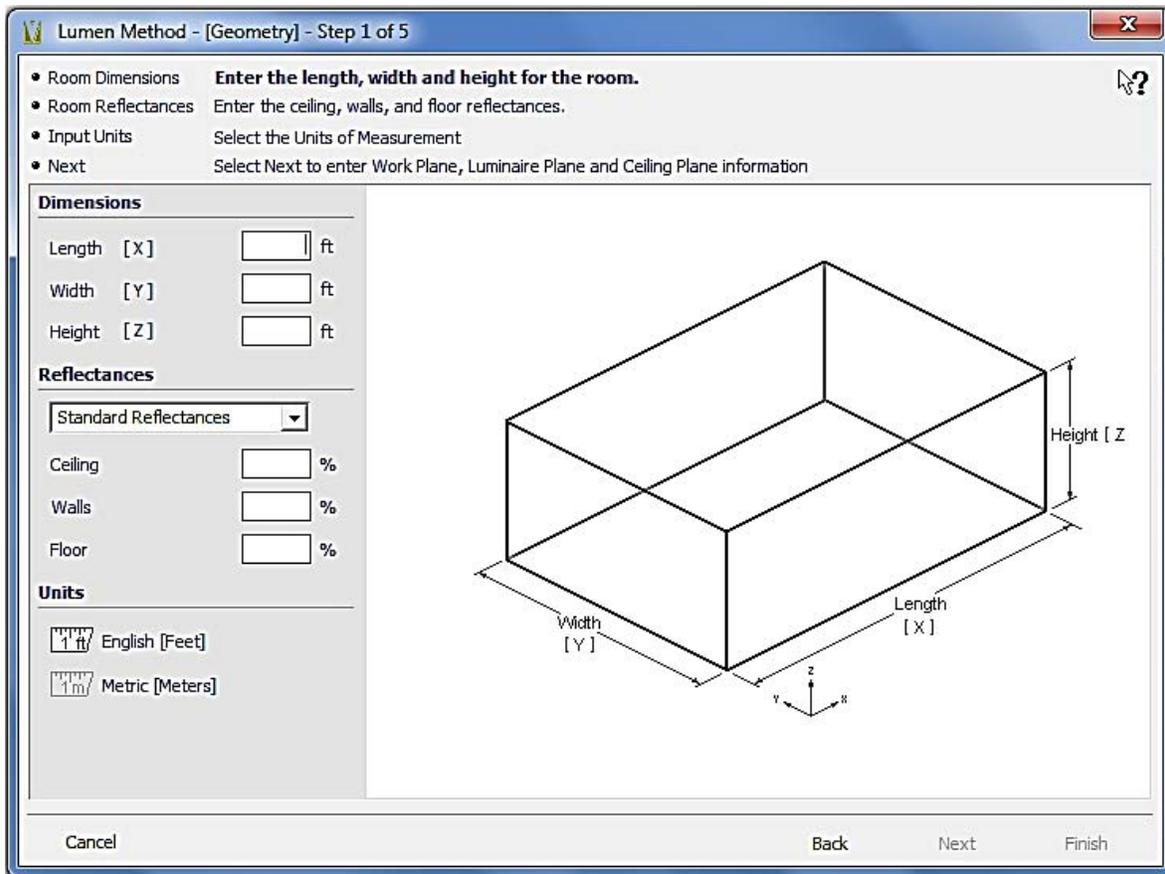


Figura V.13 Diseño de Cuarto

En la ventana de método del lumen paso 1 (Fig. V.13) permite especificar las medidas del cuarto, haciendo cambios de sistema inglés (ft) a sistema internacional (m), cambiar las reflectancias en techo (ceiling), paredes (walls) y piso (floor), dando las formas comerciales, industriales y de industria pesada o de manera particular cambiar las reflectancias a gusto del usuario. En el ejemplo se usarán  $x=40$   $y=20$  y  $z=4$  con reflectancias estándar (80, 50, 20) y sistema métrico

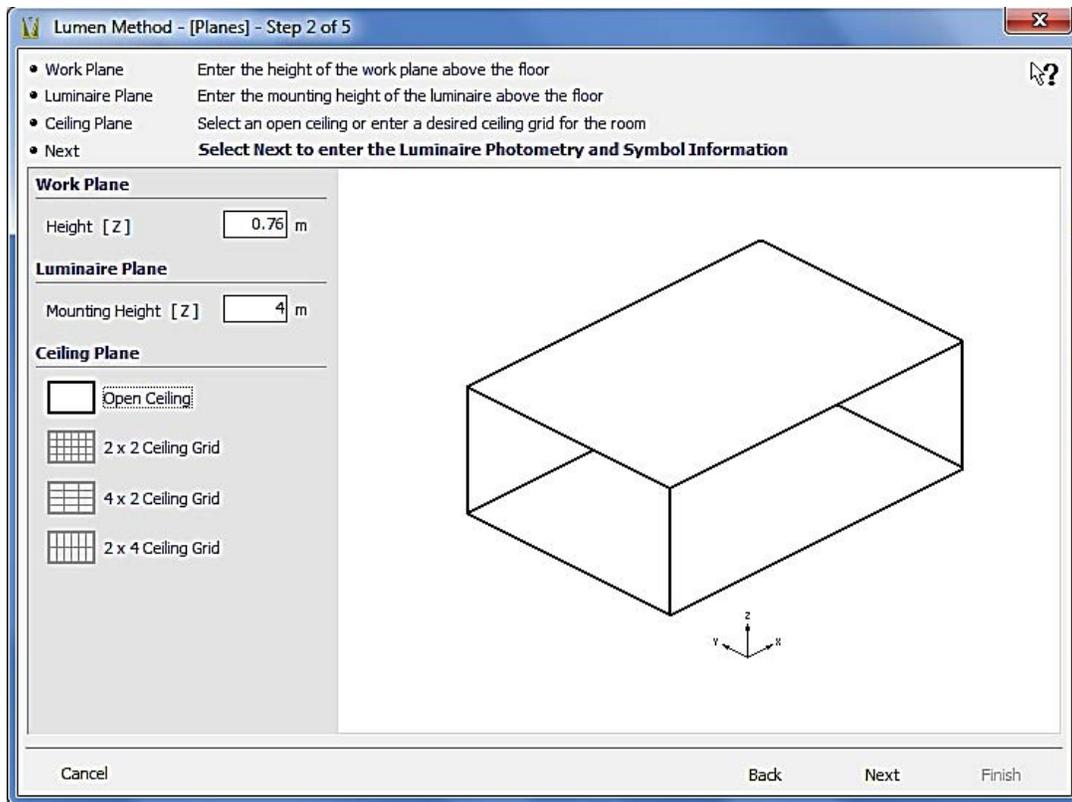


Figura V.14 Altura del plano de trabajo

En la ventana de método del lumen paso 2 (Fig. V.14) permite cambiar la altura del plano de trabajo, dando una altura prefija o cambiarla; la altura del luminario en el plano y el plano de encasillado en abierto, 2x2, 4x4 y 2x4. En el ejemplo se usará la altura prefija del plano de trabajo y sin celdas

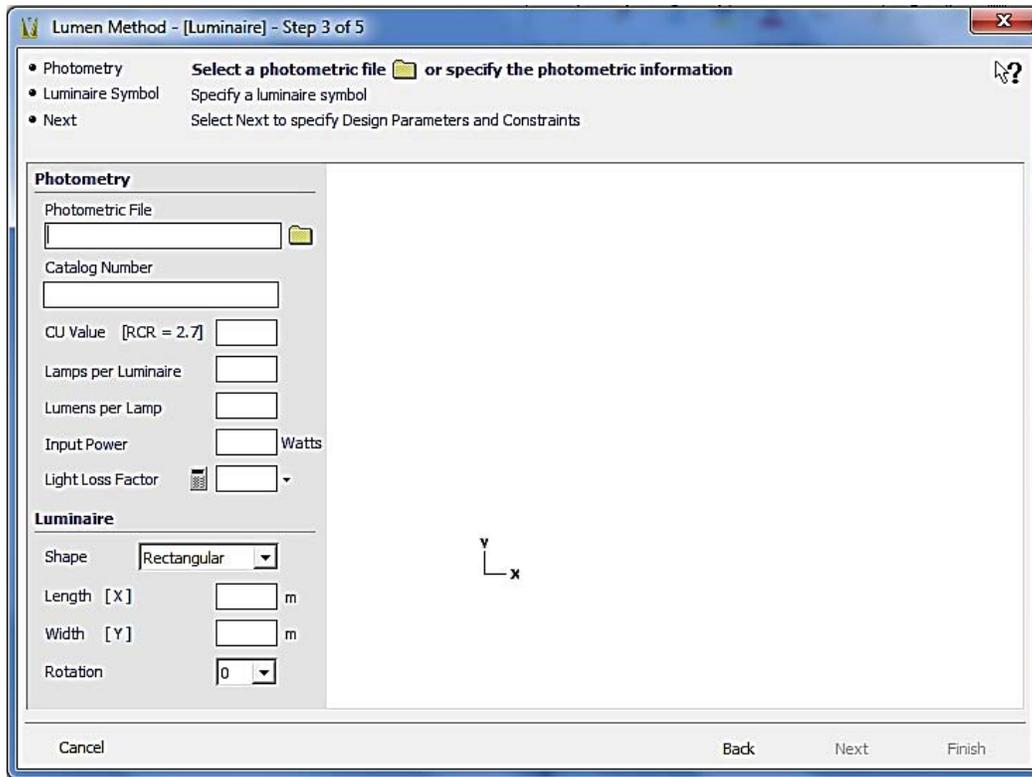


Figura V.15 Selección de luminario

En la ventana 3 (Fig. V.15) tiene una pestaña donde muestra los archivos de fotometría, el coeficiente de utilización, la cantidad de lámparas por luminario, los lúmenes por lámpara, el poder de consumo en Watts y el factor de pérdida de luz; también se tiene una pestaña donde se puede modificar la forma del luminario, la longitud y anchura de esta así como su rotación. En el ejemplo se usará un luminario primspack catalogo 712 a 400 watts 36000 lúmenes con un LLF de 0.86, forma circular y una rotación de 0° (hay que recordar que este luminario viene del catálogo Holophane México, el cual no se encuentra por default en el programa\*)

Lumen Method - [Preliminary Design] - Step 4 of 5

- Design Parameters **Enter any desired Design Parameter (value may be modified to provide an optimal design)**
- Design Constraints Enter any desired Design Constraints (values will not change in final design)
- Illuminance Units Select either footcandles or lux for the illuminance units
- Next Select Next to specify a Calculation Zone or Finish to export this design to Visual

**Design Parameters**

Illuminance  fc

Number Luminaires

Power Density  W/m<sup>2</sup>

**Design Constraints**

Number Columns [X]

Number Rows [Y]

Column Spacing  m

Row Spacing  m

Column Start  m

Row Start  m

**Illuminance Units**

Footcandles

Lux

Figura V.16 Parámetros

En la ventana 4 (Fig. V.16) viene los parámetros de diseño, dado por la iluminación, número de luminarios y la densidad energética, las restricciones de diseño dado por la cantidad de columnas y filas así como el espaciamiento entre ellas y por último las unidades de iluminación dadas por footcandles o luxes; en el ejemplo se utilizará según la norma oficial mexicana para oficinas una iluminación de 300 luxes, dando como resultado 10 luminarios, 5 columnas y 2 filas (esta sección se puede cambiar según las necesidades del usuario sin embargo en este caso se tomará a partir de la N.O.M. 025)

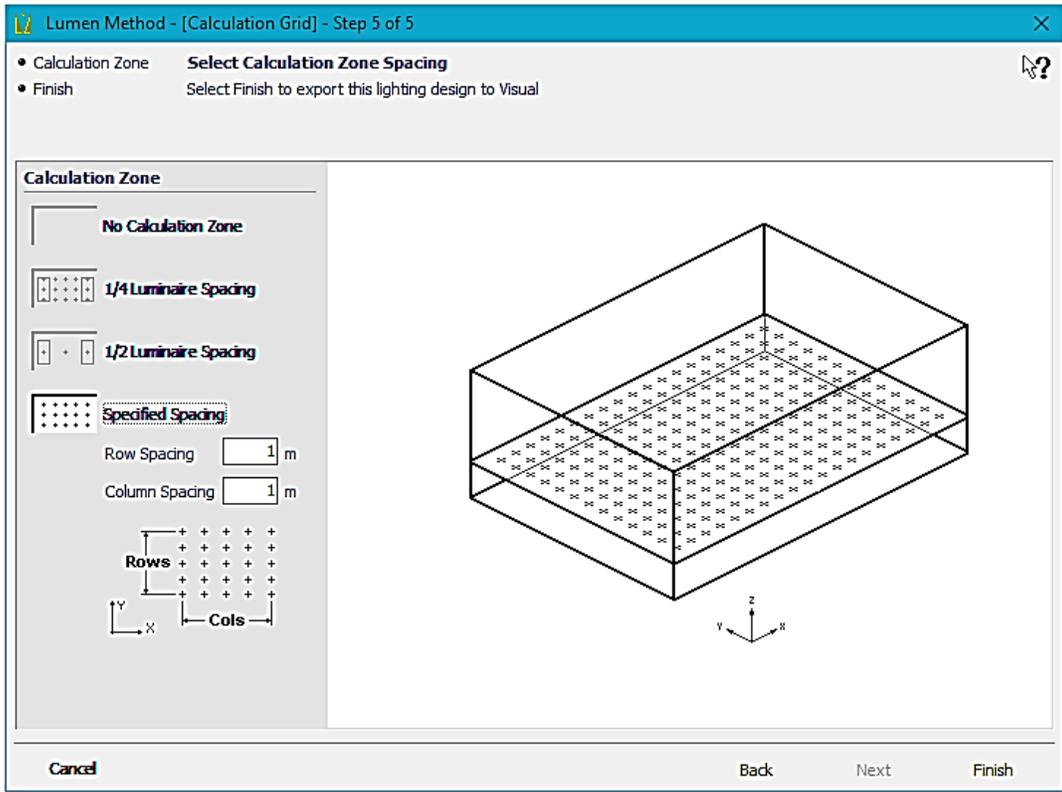


Figura V.17 Fijación de Zonas de cálculo

En el paso 5 permite utilizar la zona de calculación o no usarla, da la posibilidad de escoger predefinido el espaciamiento o de especificar el espaciamiento; en el ejemplo se usará un espaciamiento de 1m

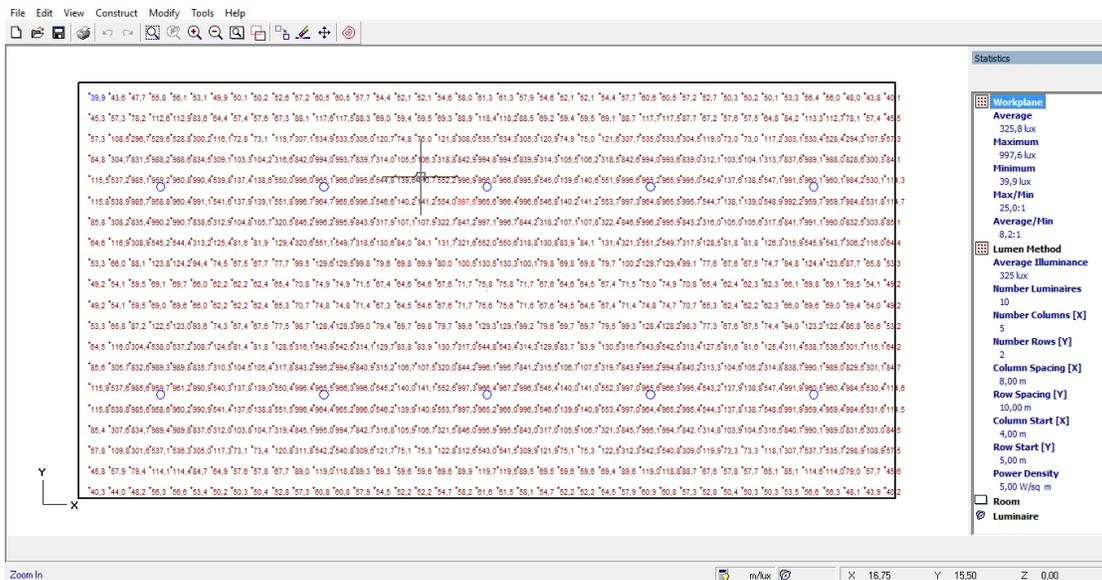


Figura V.18 Zonas de cálculo

Al final queda la intensidad luminosa específica de cada espacio de 1m como en la imagen de arriba



Dando una iluminación promedio de 325.8 lux, máxima de 997.6 lux, un mínimo de 39.9 lux; respetando la N.O.M. 025

Figura V.19 Estadísticas

### V.3 USO BÁSICO DE LAS HERRAMIENTAS PARA VISUAL 2.2 PROFESSIONAL

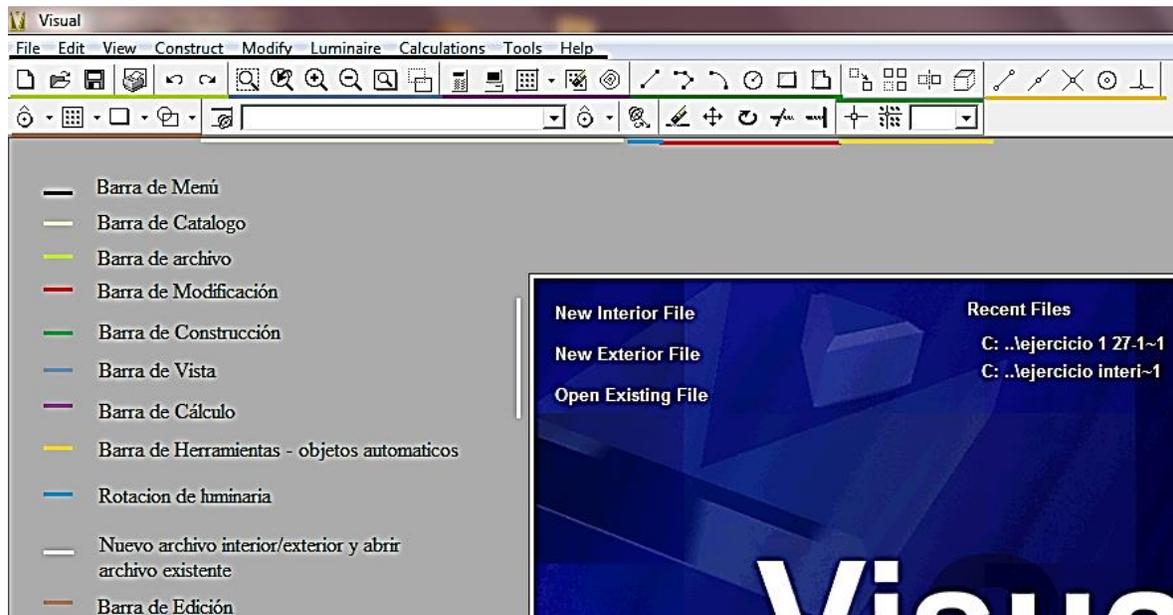


Figura V.20 Partes básicas Visual Profesional

La imagen de arriba corresponde a la pantalla de inicio de visual Profesional

Según se abra un archivo nuevo o uno ya existente para interiores y/o exteriores se visualizará la pantalla principal de Visual Profesional

Barra de Menú: esta barra contiene diferentes menús para creación y edición en el archivo; las barras debajo de la barra de menú son para acceso rápido ya que contienen las mismas propiedades de edición que hay en los menús

-Menú de Archivo: este menú es para crear, abrir y guardar archivos de visual

-Menú de Edición: te permite rehacer o deshacer a conveniencia

-Menú de Vista: Este menú te permite acercar o alejar la vista del objeto, además de permitir vista isométrica y rotación en 3D

-Menú de Construcción: te permite crear objeto a base de líneas, círculos y polígonos, además de la opción de espejo, copiar mover en forma vectorial y extrudir.

-Menú de Modificación: Este menú permite borrar, mover, rotar, extender, cortar o escalar

-Menú de luminario: permite colocar luminarios, según el catálogo con el que se cuente, determinando tipo de luminario y ángulo; se mostrará una tabla la cual dice las especificaciones de los luminarios que se vayan a usar

Symbol	Label	Catalog Number	Description	Lamp	File	Lamp Lumens	LLF	Watts	Template

Figura V.21 Catalogo de Luminarios

En esta tabla se pueden colocar nuevos luminarios del catálogo, copiarlas y eliminarlas, de esta forma presionando la pestaña de nuevo se abre una ventana donde muestra los catálogos disponibles

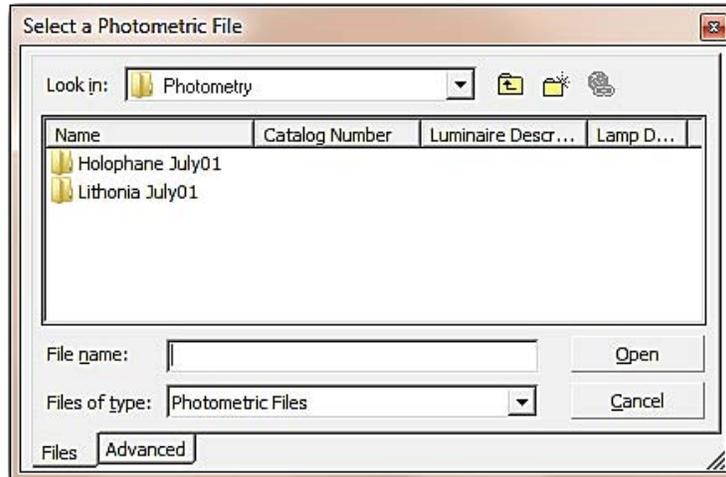


Figura V.22 Búsqueda de luminarios

Al seleccionar un luminario aparecerá de esta forma en la tabla

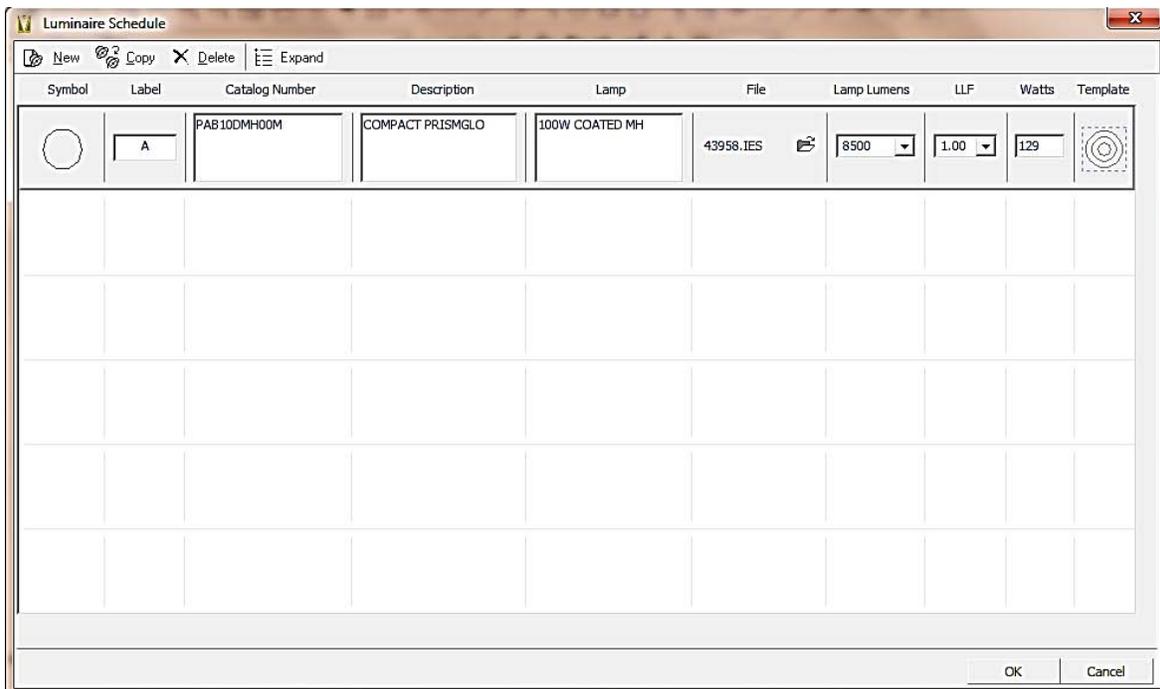


Figura V.23 Catalogo de luminarios con luminario seleccionado

Esta imagen muestra el número, descripción, tipo de lámpara, cantidad de lúmenes emitidos, energía utilizada en watts, la forma del luminario y el factor de depreciación de luz

-Menú de Calculaciones: Este menú muestra lo que es la calculación de los la cantidad de lúmenes en las áreas donde llega la luz, así como una auto calculación, la calculación por zonas, tanto rectangulares como de forma irregular, el mostrar las estadísticas del cálculo en las zonas y mostrar los contornos

-Menú Herramientas

Este menú te muestra el cálculo por método del lumen, acotar distancias y radios, convertir varias figuras unidas a un solo solido o viceversa, automáticamente tomar centros o esquinas en líneas y círculos y las opciones de iluminación.

Opciones: esta pestaña abre una ventana que se desglosa en 5 partes diferentes

(Nota: se tiene las opciones que se vieron en Visual Basico pero con la diferencia de que cada opcion tiene mayor alternativas )

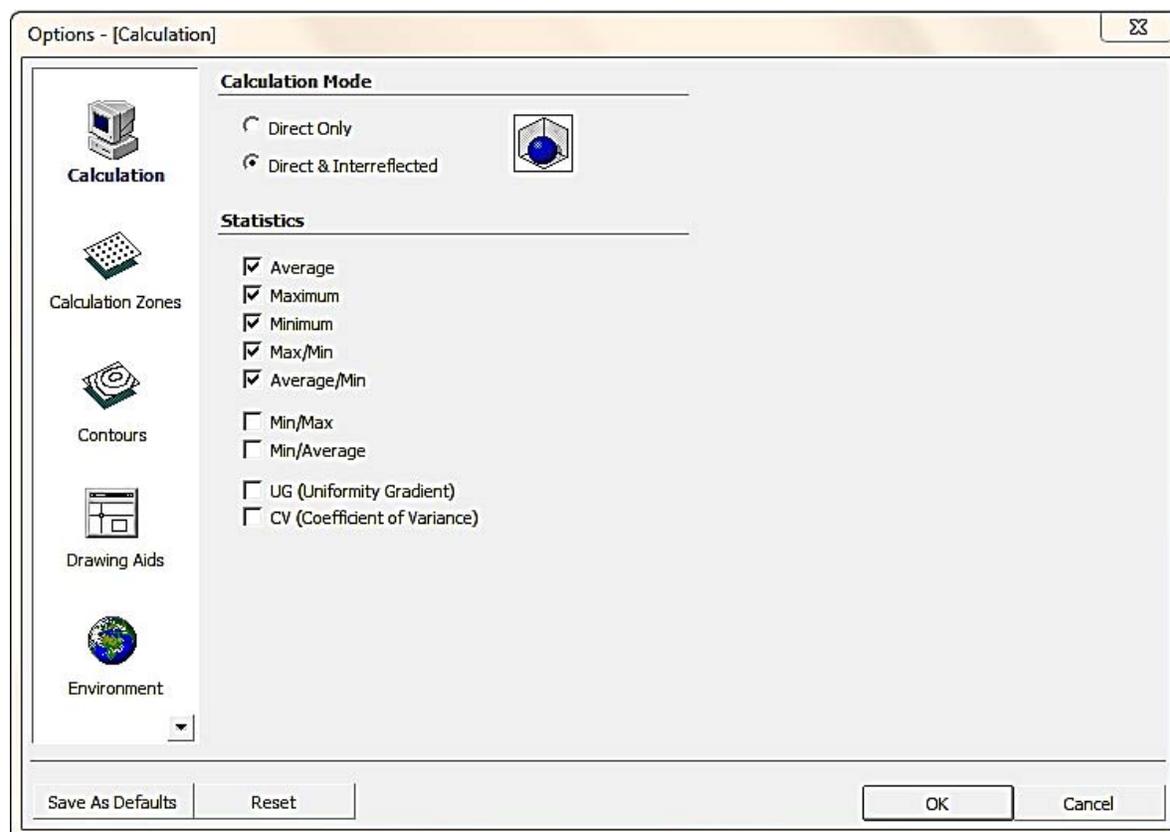


Figura V.24 Sección opciones con pestaña calculo

➤ Calculation:

○ **Calculation mode:**

**Direct only**, es la emisión de luxes o footcandles del luminario en el lugar analizado

**Direct & interreflected**, es la emisión de luxes o footcandles del luminario sumando lo reflectante de las superficies en el lugar donde está ubicado el luminario

○ **Statistics**

Los primeros 5 recuadros se mantienen activos para seguir con lo establecido por el IESNA

Average

Maximum

Minimum

Max/Min

Average/Min

Los recuadros 6 y 7 son según el CIE de Europa

Min/Max

Min/Average

Los recuadros 8 y 9 son usados en casos específicos de exteriores.

UG (Uniformity Gradient)

CV (Coefficient of Gradient)

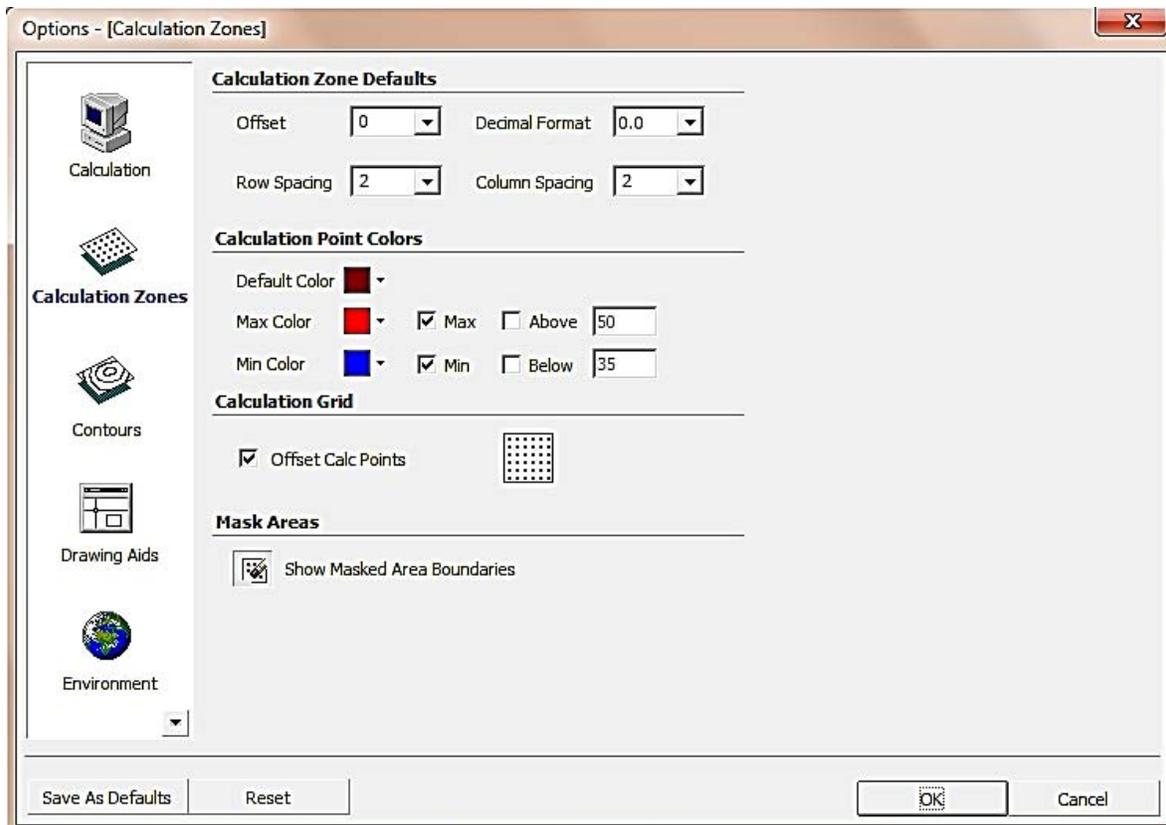


Figura V.25 Sección opciones con pestaña zonas de cálculo

➤ Calculation Zones:

- Calculations zone defaults

**Offset** es la separación vertical de la zona de cálculo

**Decimal format** es la cantidad de decimales requeridos en los resultados

**Row spacing** es el espaciamiento entre las filas de puntos de análisis

**Column spacing** es el espaciamiento entre columnas de puntos de análisis

- **Calculation point colors**

**Default color.** De manera particular se pueden cambiar los colores para los valores de los cálculos

**Max color.** De manera particular se pueden cambiar los colores para el valor máximo de los cálculos

**Min color.** De manera particular se pueden cambiar los colores para el valor mínimo de los cálculos

**Above.** (Este se activa cuando los cálculos ya se conocen) este se activa y de manera particular se cambia el color; se da un valor menor que el máximo de luxes y a partir de ahí al máximo tendrán el color que se seleccionó

**Below.** (Este se activa cuando los cálculos ya se conocen) este se activa y a gusto del usuario se cambia de color; se da un valor de luxes mayor que el mínimo y a partir de ahí al mínimo tendrá el color que se seleccionó.

Los valores intermedios mantendrán el color que se tienen por default o dados por el usuario

- **Calculation grid**

**Offset calc points** Esta opción genera un offset en los puntos de área a analizar, pues al no activarla incluye el perímetro de la superficie

- **Mask Areas**

**Show Masked Area Boundaries** Esta función remarca en línea punteada el área seleccionada para un manejo más sencillo

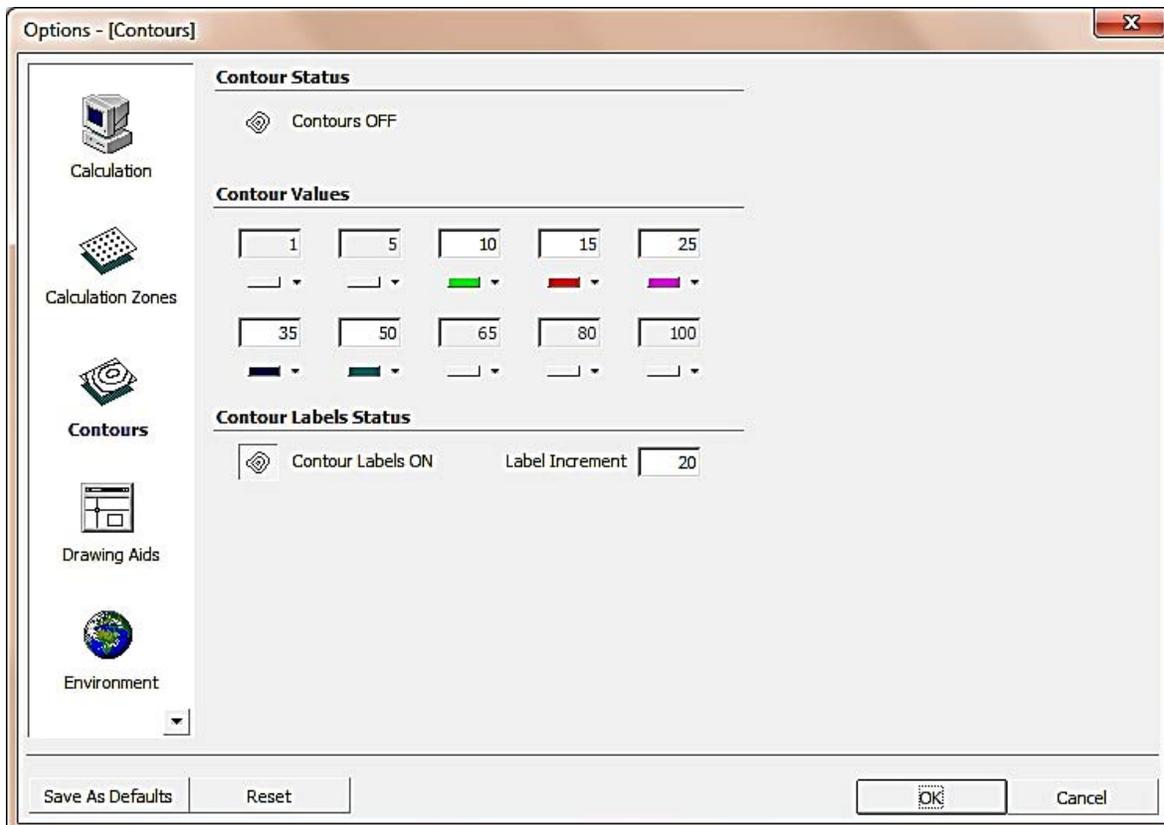


Figura V.26 Sección opciones con pestaña contornos

➤ Contours:

○ Contours Status

Esta casilla se puede activar de inmediato pero es recomendable activarla ya estando avanzado en el diseño, dando la facilidad de activarla desde el menú principal de Visual.

○ Contour Values

Estas casillas habilitan las curvas isolux o isofotcandle, al dar un valor en ellas y cambiando los colores para definir cada una de ellas, además de activarlas o desactivarlas dando un clic en el recuadro que está al lado de las flechas para modificar el color (hay que recordar que se necesita haber realizado los cálculos para conocer el valor máximo y mínimo de luxes o footcandles).

- **Contour Labels Status**

**Contour Labels ON.** Al activarlo se puede ver los valores de luxes o footcandles en las curvas de isolux o isofootcandle

**Label Increment.** Esta casilla se encuentra a un costado de la anterior y se puede modificar para cambiar la distancia en metros o pies y será la distancia en la que se estará dando los valores de los luxes o footcandles en las curvas isolux o isofootcandle.

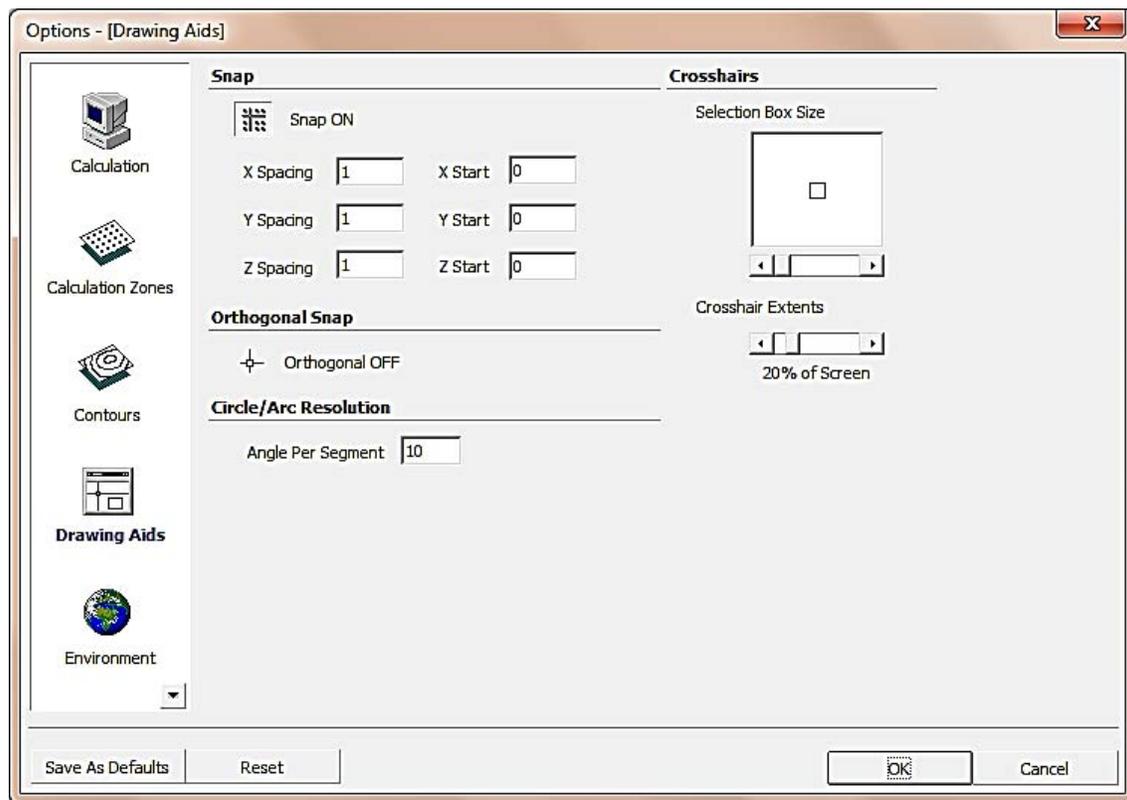


Figura V.27 Sección opciones con pestaña ayudas de dibujo

- **Drawing Aids:**

- **Snap.** Al activar esta casilla se puede mover el cursor por distancias definidas por brincos de forma vectorial en X, Y y Z y se puede modificar la distancia en cada vector que esta dado en metros o pies; es recomendable mantenerlo desactivado

- **Orthogonal Snap.** El cursor solo puede moverse de manera vertical u horizontal, si se dibuja solo se podrá dibujar en manera vertical u horizontal solamente; es recomendable mantenerlo desactivado
- **Circle/Arc Resolution**  
**Angle per segment** al aumentar el ángulo la precisión de arco o círculo bajará pero al aumentarlo requerirá una memoria mayor
- **Crosshairs.**  
**Selection Box Size** aumenta o reduce el área para el borrador, al aumentar la precisión disminuye y puede borrar líneas que no se querían borrar  
**Crosshair Extents.** Estas líneas cruzan el cuadro anterior, las líneas no afectan pero al aumentar cruzarán por toda la pantalla

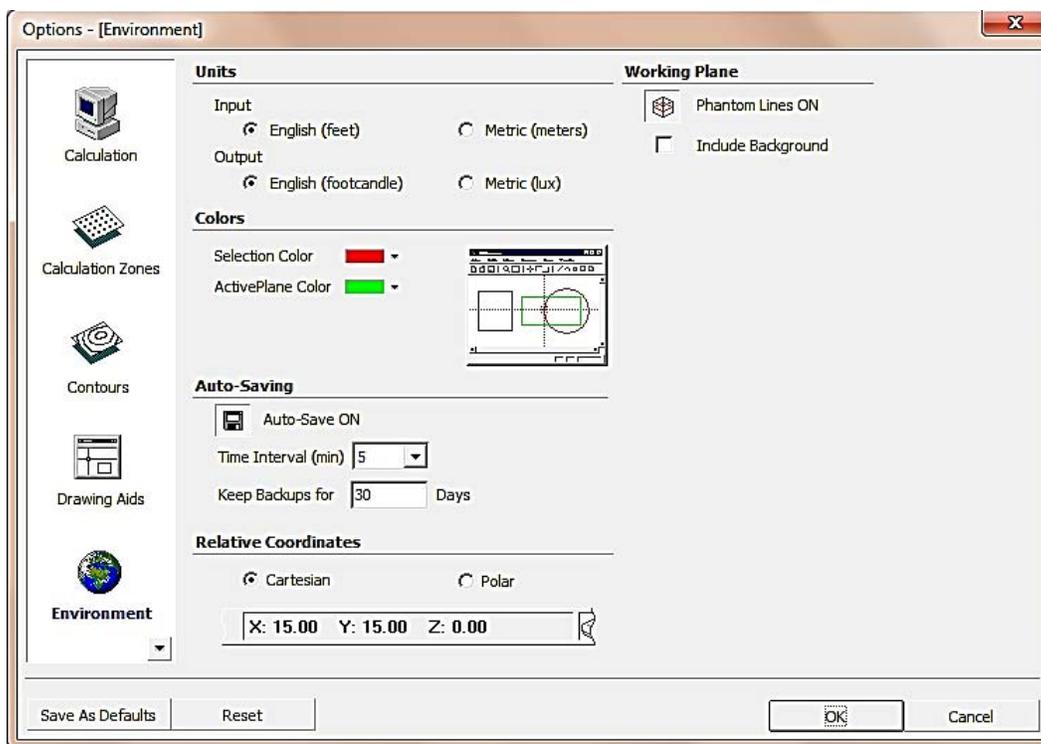


Figura V.28 Sección opciones con pestaña ambiente

- **Environment:**
  - **Units.** Esta sección es para usar los datos de entrada y/o salida en sistema internacional métrico (m y lux) o en sistema inglés (pie(ft) y Footcandles)

- **Colors.** Se usa para cambiar de color en las figuras

**Selection Color,** cuando seleccionamos algún objeto este cambiará a color rojo.

**Active Plane Color.** Al seleccionar un objeto solido encima de una de las superficies cambiará a color verde

- **Auto – Saving.** Permite la recuperación de archivos si por alguna razón el equipo se apaga.

**Time Interval (min).** Permite definir el tiempo para que el archivo se auto-guarde periódicamente.

**Keep backups for.** Esta opción define cuanto tiempo mantendrá guardado un archivo recuperado antes de desecharlo definitivamente.

- **Relative Coordinates.** Permite cambiar las coordenadas entre cartesianas y polares.

- **Working Plane.**

**Phantom Lines** ayuda a hacer apuntes, es recomendable dejarlo activado.

**Include background.** Es recomendable mantenerlo activado.

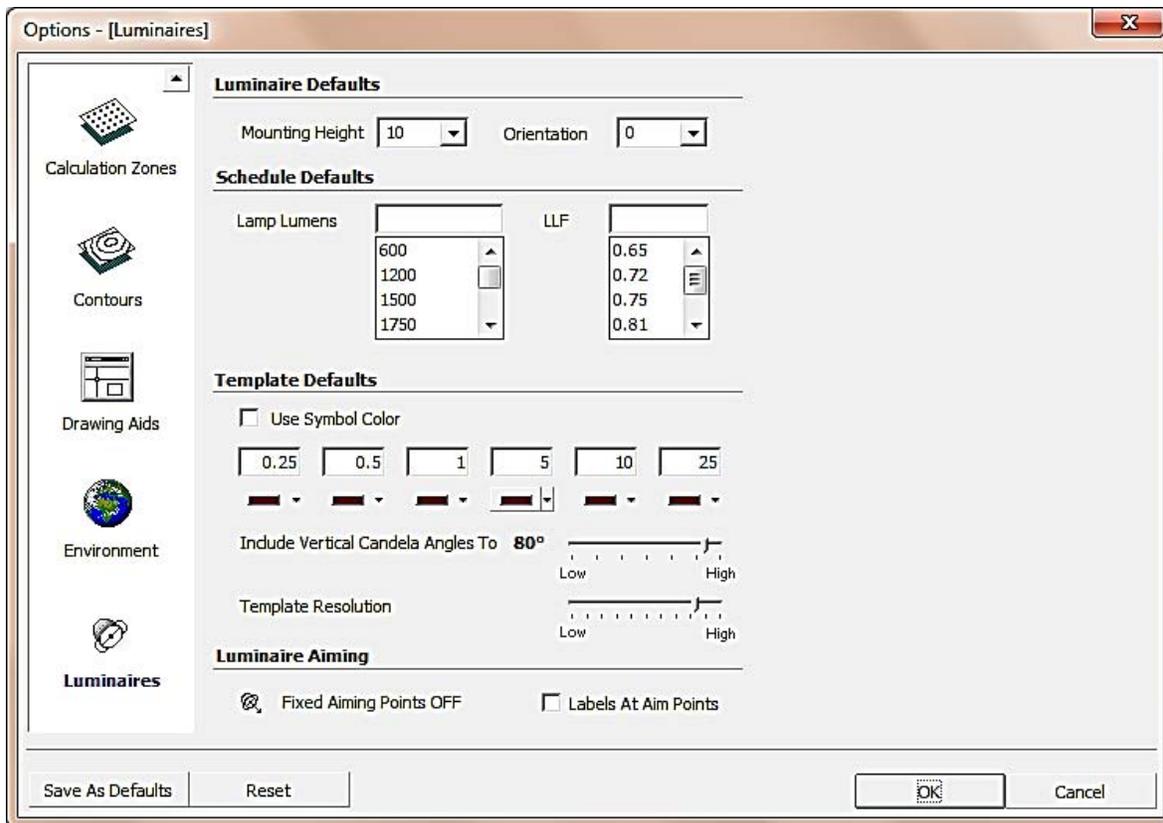


Figura V.29 Sección opciones con pestaña luminarios

➤ Luminaires:

○ **Luminaire Defaults.**

**Mounting Height.** Define la altura predefinida del luminario, al dejarlo con un valor diferente a cero aumentará la altura que uno de previamente

**Orientation.** Define la orientación donde apunta el luminario, es recomendable mantenerlo en cero

○ **Schedule Defaults.** Indica el valor de los lúmenes en el luminario y el factor de pérdida, es recomendable dejarlo por default

○ **Template Defaults.** Es preferible mantener estos valores por default sin embargo se pueden cambiar al seleccionar un luminario en template

**Include Vertical Candela Angles to.** Esta opción permite crear curvas isolux a un máximo de 80

**Template Resolution.** Cambia la resolución de las curvas isolux o isofootcandle; a mayor mejor.

- **Luminaire Aiming.**

**Fixed Aiming Points.** Esta opción permite que todas los luminarios apunten a la misma dirección, sin embargo puede cambiar la orientación (orient) y la inclinación (tilt) así que es preferible mantenerlo apagado.

**Labels at Aim Points.** Son etiquetas de apunte en los luminarios.

-Menú de Ayuda: este menú está dedicado a buscar ayuda en manuales o vía internet por soporte técnico, registración de licencia vía internet, actualizaciones e información acerca de Visual (2.2)

### V.3.1 DISEÑO BÁSICO EN VISUAL 2.2 PROFESSIONAL

En visual profesional se pueden crear entornos 3D complejos, con un ambiente muy parecido a AutoCAD; en el ejemplo se diseñará una figura irregular para mostrar la complejidad del entorno.

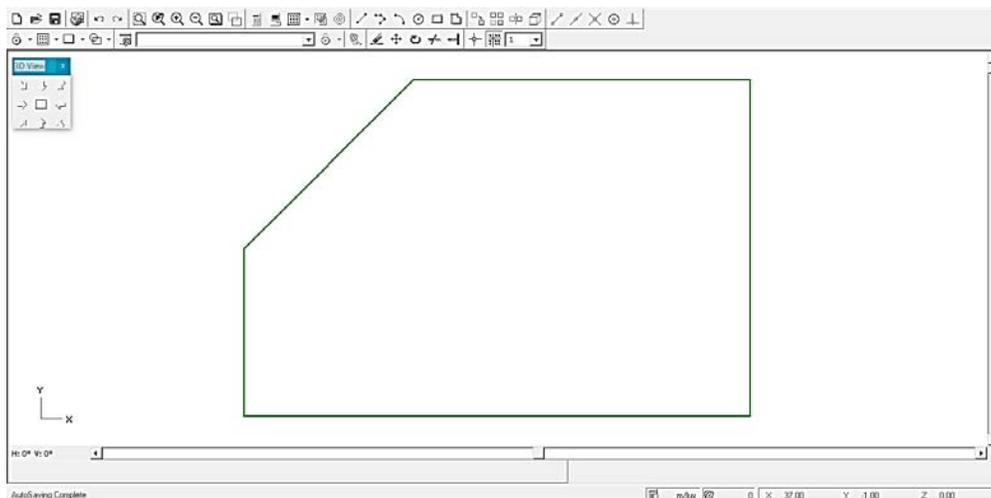


Figura V.30 Figura irregular

Las medidas de esta figura están definidos por los puntos  $[(0\ 0\ 0), (30\ 0\ 0), (30\ 20\ 0), (10\ 20\ 0), (0\ 10\ 0)]$  como se muestra arriba, se utiliza el icono de extrude con una altura de 4m.

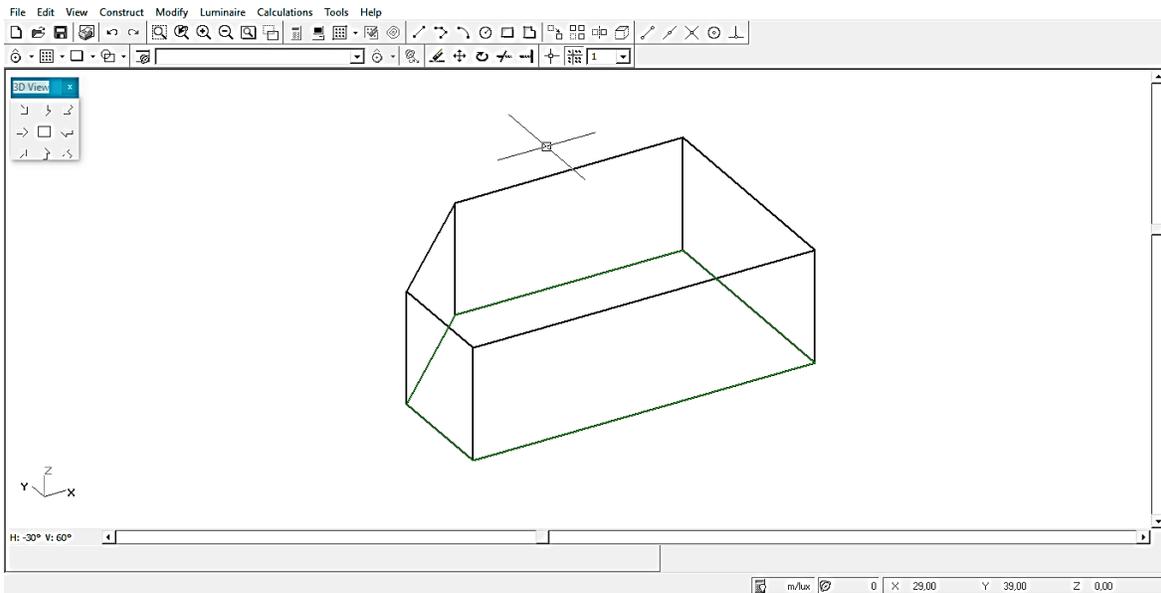


Figura V.31 Figura Extruida

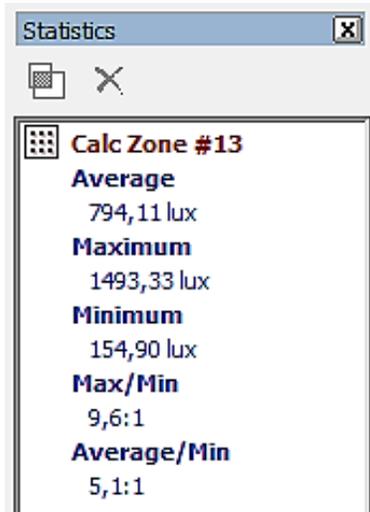
En la imagen de arriba se muestra una imagen de la estructura resultante, en este caso la estructura será un centro de reparación de automóviles.

Para este caso en particular se toma directamente de la IESNA los requisitos para la iluminación en parte tomado del Lighting Handbook tabla 30.2 pagina 30.10 parte de Maintenance and machine repairs, en la nom 025 de la norma mexicana para la correcta iluminación para los sitios de trabajo y en la tabla de la IESNA dentro del programa VISUAL 2.2; los requisitos recomendados para un centro de reparación de automóviles es de 807 luxes en la IESNA y en la NOM 025 de 750 luxes (al ser muy genérica se puede dar una tolerancia superior pero al tener los requisitos de la IESNA se tiene una mayor fiabilidad)

Para esta actividad se usará el luminario Refractogrid 8224-440 con 14000 lúmenes y 440W



Para saber que se cumple con los requisitos tanto de la IESNA, de la NOM 025 y de la S.M.I.I. Se usa el icono de calculate mostrando una pequeña tabla al costado derecho como la siguiente



En esta tabla nos da a partir de la zona de cálculo la cantidad promedio de luxes, la cantidad máxima y la mínima.

Figura 5.34 Estadísticas

## V.4 PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA MAQUINADO USANDO

### VISUAL 2.2.

En esta sección se hará una estructura interior, una nave industrial para maquinado que previamente en el capítulo IV se ejemplifica.

Para ello también se tomará en cuenta los pasos a seguir para el diseño de un sistema de iluminación.

#### Proyecto de iluminación en una nave industrial

Este proyecto es el mismo que se desarrolla en el capítulo IV usando el software Visual 2.2 y el diseño realizado en AutoCAD.

Este proyecto a desarrollar toma dimensiones no reales, sin embargo a base de este se puede hacer cambios en dimensiones para adecuarlo a una estructura real.

La actividad principal en esta nave es el maquinado. La Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación (S.M.I.I.), recomienda para este tipo de actividades un nivel de iluminación de 500 luxes.

En referencia al nivel de degradación del luminario por suciedad; esta área se puede considerar como un ambiente sucio.

El piso es Loseta cuadrada, las paredes son de block con aplanado de yeso. El techo es de lámina de asbesto. Los luminarios van a 2m por debajo de la máxima altura del recinto.

De entrada se desarrollará utilizando el Software Visual, con el fin de utilizar las herramientas electrónicas con que cuenta el ingeniero para el desarrollo de proyectos de iluminación de una forma más rápida y precisa.

#### DATOS DEL PROYECTO.

Nivel de iluminación del luminario sin salir del rango de norma = 500 luxes.

#### DIMENSIONES DE LA ESTRUCTURA.

Largo = 34m

Ancho = 12m

Altura total = 8m

Altura del plano de trabajo = 1m

Altura del plano de trabajo a luminario = 5m

Área = 408 m<sup>2</sup>

#### REFLECTANCIAS.

Reflectancia de piso: 20%

Reflectancia de pared: 30%

Reflectancia de techo: 50% asbesto

Estructura:

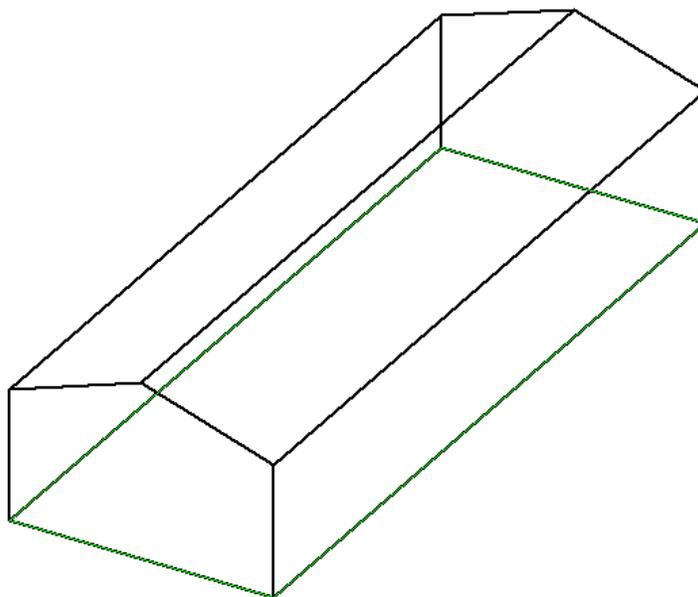


Figura V.35 Diseño de nave industrial

En base a esta estructura y tomando en cuenta los datos dados en el ejercicio de nave industrial en el capítulo anterior es necesario colocar 21 luminarios del tipo Prismapack V catalogo 712 con 36000 lúmenes como la figura abajo con un Factor de Mantenimiento de .564

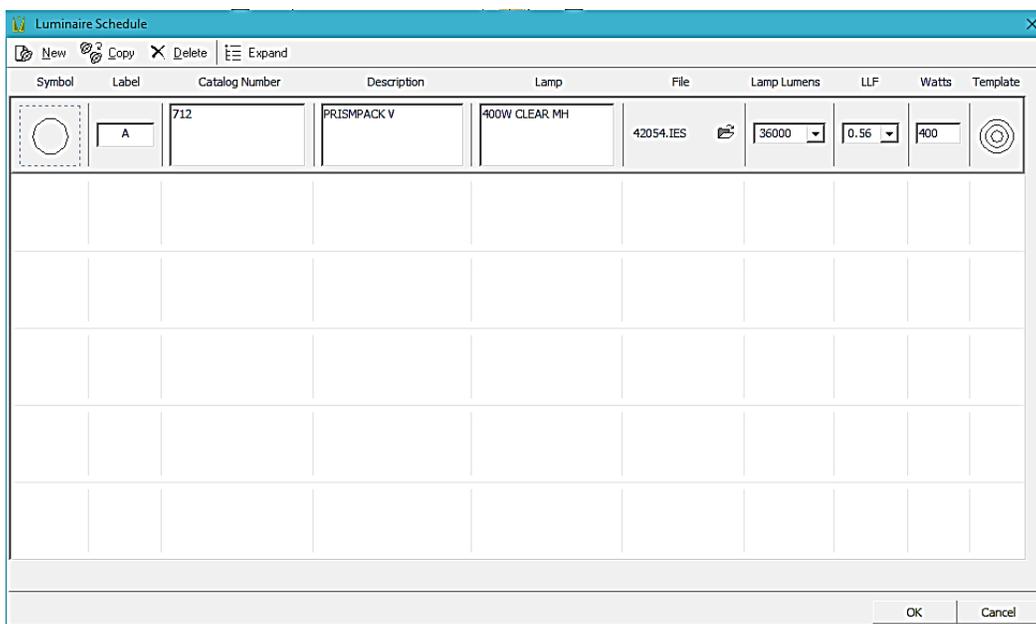


Figura V.36 Modificación de FM dentro del catálogo de luminarios

La colocación de los luminarios debe ser simétricos y con una orientación de 0°, después de la colocación es necesario saber si los niveles de iluminación son los necesarios; para esto es necesario colocar una zona de cálculo a una altura de 1m pues es la altura de plano de trabajo.

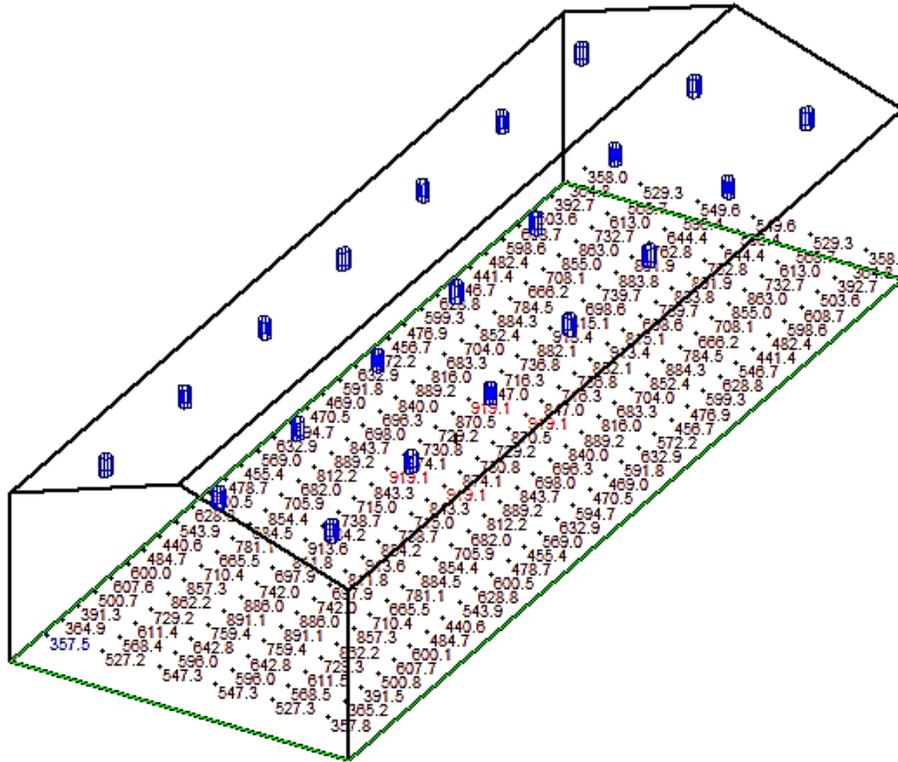


Figura V.37 Zona de cálculo en nave industrial

Ya que se tiene la zona de trabajo es necesario calcular la iluminancia promedio, la mínima y la máxima, se necesita abrir la pestaña calcular y seleccionar calcular, esto abre una ventana a un costado del diseño donde se muestran diferentes parámetros como se muestra a continuación.



En esta figura muestra la iluminancia promedio la cual es de 547.2 luxes en el programa y de 533 luxes en los cálculos hechos a mano, la diferencia mínima muestra que los resultados son confiables.

Figura V.38 Estadísticas

## Conclusiones.

La iluminación artificial es un factor indispensable para el humano ya que sin ella no se podrían desarrollar actividades en horas que no haya una iluminación natural, en especial la que brinda el sol, además de facilitar la visibilidad en lugares con muy poca o nula iluminación natural.

Hoy en día la iluminación artificial es producida casi exclusivamente por la energía eléctrica; ha ido evolucionando para mejorar la eficiencia de luminancia con respecto al consumo y tiempo de vida de las lámparas.

Esta evolución se ha dado gracias a la intensa investigación para el aprovechamiento de la iluminación artificial, por lo que hoy es todo un campo de la ingeniería y por esto mismo tiene un desarrollo en vastas áreas.

Para hacer un proyecto de iluminación son necesarias múltiples herramientas para desarrollar el proyecto de manera correcta, pues no se trata sólo de colocar lámparas y encenderlas, todo lleva una metodología que se ha desarrollado por décadas y que es necesaria para un ingeniero; esta metodología es específica para el área en que se desarrolla el proyecto, ya que no es lo mismo iluminar un túnel que una carretera, una oficina que un auditorio. El cálculo de la iluminación es un factor muy importante pues aún con las tecnologías que facilitan el trabajo para un ingeniero, no se puede estar 100% seguro solo con estos beneficios, ya que el cálculo matemático nos asegura en su totalidad si los datos obtenidos son fiables o no, dando como resultado la obtención de un ahorro en la economía y en el sistema energético.

El objetivo de cualquier proyecto de iluminación y del mismo ingeniero es el mayor aprovechamiento de la iluminación, al haber una gran variedad de lámparas y luminarios que siendo utilizadas de la mejor manera, brindarán una correcta iluminación al igual que el menor consumo posible de las mismas, está por demás decir que esto aunado a un aprovechamiento de la luz natural, disminuirá el consumo así como reducirá los gastos eléctricos generados.

## ANEXO A.- TERMINOLOGÍA

**ABSORCIÓN.-** Es la particularidad que tienen los materiales de transformar parcial o totalmente la energía luminosa que incide sobre ellos en otra forma de energía.

**ACOMODACIÓN.-** Proceso por el cual el ojo cambia de foco, al variar la distancia del objeto observado.

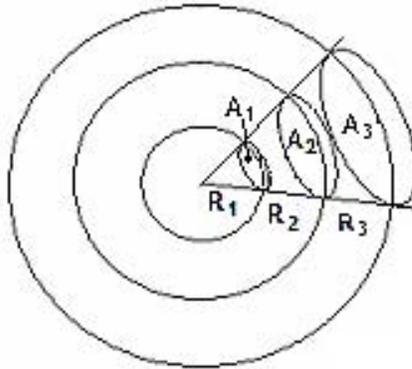
**ADAPTACIÓN.-** Proceso por el cual el sistema visual se acostumbra a una menor o mayor cantidad de luz, o a luz de color diferente. Ello resulta en un cambio de la sensibilidad del ojo a la luz.

**ALTURA DE MONTAJE.-** Distancia desde la parte inferior del luminario al suelo o al plano de trabajo.

**ÁNGSTROM.-** Unidad de longitud de onda =  $10^{-10}$ m.

**ANGULO SÓLIDO.-** Es el cociente constante entre las áreas de la intersección de una secuencia cualquiera de esferas con un cono y el cuadrado de los radios de las esferas

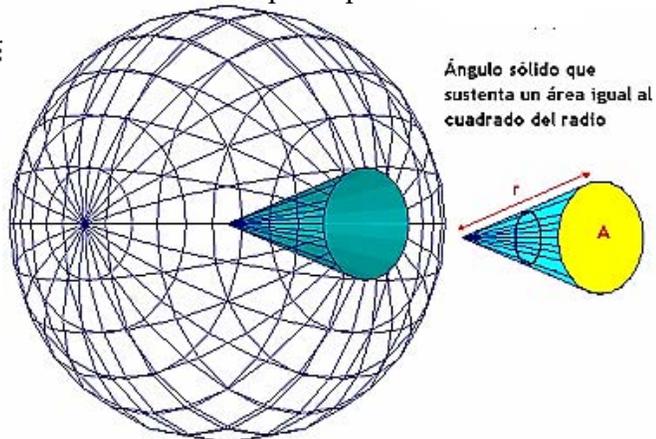
$$A_1 / R_1^2 = A_2 / R_2^2 = A_3 / R_3^2$$



o de otra manera, al área de la superficie de la esfera interceptada por el cono se la conoce por ángulo sólido y su valor es:  $\omega = \frac{S}{r^2}$

Su unidad es el estereorradián (sr)

**Estereorradián**



**American National Standards Institute (ANSI)-** Instituto nacional americano de estándares

**BALASTRO.-** Dispositivo electromagnético o electrónico usado para operar lámparas eléctricas de descarga. Sirve para proporcionar a éstas las condiciones de operación necesarias como son: tensión, corriente y forma de onda. Pieza auxiliar del equipo, necesaria para encender y controlar correctamente el flujo de corriente a las fuentes de luz por descarga de gas, como las lámparas fluorescentes y las de descarga de alta intensidad.

**BALASTRO FACTOR DE.-** 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.

**BRILLANTEZ o LUMINANCIA.-** Es la relación entre la intensidad luminosa (I) en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

**BOLARDO (BOLLARD).-** Poste corto y grueso con una luz en la parte superior, utilizado para iluminación de terrenos y senderos exteriores.

**CANDELA (cd).-** Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática ( $540 \times 10^9 \text{ Hz} = 555 \text{ nanómetros}$ ) y de la cual, la intensidad radiante en esa dirección es de  $1/683 \text{ watts/steradian}$ . Hasta 1948 se le llamo bujía.

**CAVIDAD DE TECHO.-** La cavidad formada por el techo, el plano de luminario y las superficies de las paredes entre estos dos planos.

**CAVIDAD DE CUARTO.-** Cavidad formada por el plano de luminarios, 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 de estos dos planos.

**COMPONENTE INDIRECTA.-** Porción de flujo luminoso que llega al plano de trabajo después de ser reflejado por las superficies del cuarto.

**COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN.-** Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) que emite un luminario y que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso inicial emitido por las lámparas contenidas dentro del luminario.

**COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN DEL HAZ.-** Relación entre el flujo luminoso (lúmenes) que cae sobre un área específica directamente de un reflector o proyector y el flujo luminoso total (lúmenes).

**CUERPO NEGRO.-** Objeto que absorbe toda la radiación electromagnética que incide en él y que emite la misma cantidad de energía que absorbe por unidad de tiempo. Su emisión depende exclusivamente de la temperatura.

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

**CURVAS ISOCANDELAS.-** Es la mejor representación de las variaciones luminosas de un haz irregular. Las curvas representadas unen puntos de igual potencia luminosa y estos son el resultado de un gran número de lecturas de intensidad luminosa en diferentes puntos.

**CURVAS ISOFOOTCANDLE o ISOPIECANDELA.-** Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (en pie candelas) sobre un plano de trabajo.

**CURVAS ISOLUX.-** Es un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (luxes) sobre un plano de trabajo.

**EFICACIA LUMINOSA (DE UNA LAMPARA).-** Relación de flujo luminoso total emitido en lúmenes por la lámpara entre la potencia eléctrica consumida por la misma, su unidad esta dada en: lúmenes / watt.

**EFICIENCIA DE UN LUMINARIO.-** Relación del flujo luminoso emitido por un luminario con aquel que produce la lámpara desnuda usada en su interior.

**EMERGENCIA, ILUMINACIÓN DE.-** Iluminación diseñada para proporcionar iluminación para seguridad y salvaguarda en caso de falla en el suministro normal de energía.

**ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.-** Es el conjunto de ondas electromagnéticas. Van desde las de menor longitud de onda y por lo tanto mayor frecuencia y energía, como son los rayos cósmicos, rayos gamma, y rayos X, pasando por la luz ultravioleta, visible (que en realidad ocupa una estrecha franja del espectro electromagnético), infrarroja, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda y menor energía como son las ondas de radio. En cualquier caso, cada una de las categorías es de ondas de variación de campo electromagnético.

## **Luminancia**

La luminancia, frecuentemente llamada “brillantez”, es el nombre dado a lo que vemos. La “brillantez” es una sensación subjetiva que varía de muy tenue u oscuro a muy brillante. De una forma objetiva, se refiere a ella como la intensidad en una dirección dada dividida por un área proyectada tal como la ve un observador. Se hace referencia a la luminancia de dos maneras, ya sea relacionada a un luminario o a una superficie.

La luminancia directa o brillantez de los luminarios a varios ángulos de visión es un factor primordial en la evaluación de confort visual de una instalación que use estos luminarios. En general, es deseable minimizar la brillantez de luminarios con la altura de montaje, en los ángulos verticales de 60° a 90°. Cuando la intensidad está en candelas, y el área proyectada está en metros, la unidad de luminancia es: candelas sobre metro cuadrado (cd/m<sup>2</sup>)

## **Exitancia (M)**

La irradiación saliente de una superficie se denomina “Exitancia”; la Exitancia también fue conocida como emitancia, sin embargo hoy en día este término se aplica a la emisividad, que es la propiedad de la superficie del elemento emisor. La Exitancia se pueden medir como se muestra a continuación donde:

Exitancia = iluminancia X factor de reflexión

$$M = E * p$$

Donde:

E= Iluminancia en footcandles o Luxes

P= es el factor de reflexión de la superficie expresado como la fracción de luz reflejada sobre la luz incidente

M= es la Exitancia resultante en footcandles o luxes

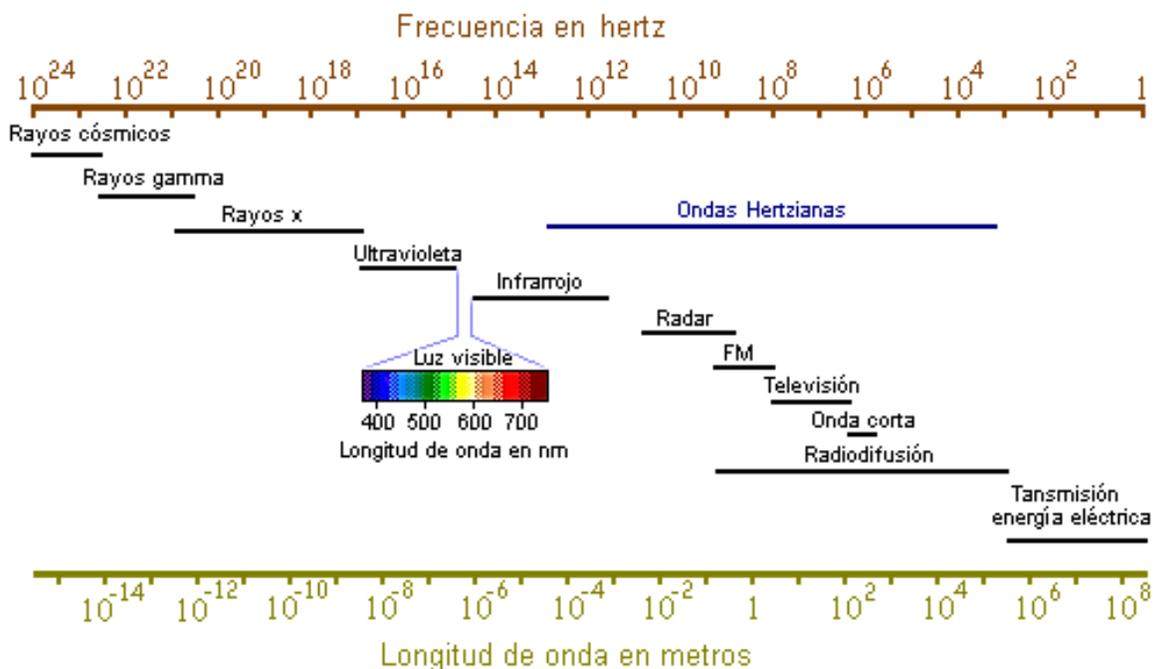
Sistema Internacional de Unidades y Sistema Inglés

Mientras que en la mayor parte del mundo se utiliza el SIU en países como Inglaterra o Estados Unidos utilizan sus propias unidades, esto también afecta a la iluminancia y luminancia. La Iluminancia (E) se establece en lux en el sistema métrico (SIU)

$$1 \text{ fc} = 10.76 \text{ luxes.}$$

Luminancia (L) se establece en nits en el sistema métrico (SIU)

Espectro electromagnético	
Denominación	Longitud de Onda
Rayos Gamma	0,00000007 a 0,001 Å
Rayos X	0,001 a 100 Å
Luz Ultravioleta	100 a 3.900 Å
Luz Visible	3.900 a 7.500 Å
Luz Infrarroja (fotográfica)	7.500 a 15.000 Å
Infrarrojo Cercano	15.000 a 200.000 Å
Infrarrojo Lejano	0,002 a 0,1 cm.
Microondas (ondas de radar)	0,1 a 250 cm.
Frecuencias Elevadas (televisión)	2,5 a 15 m.
Onda corta de radio.	15 a 180 m.
Banda de control aeronáutico	750 a 1.500 m
Onda larga de radio	1.500 m en adelante



**EXPLOSIÓN, LUMINARIO A PRUEBA DE.** Luminario completamente cerrado y capaz de resistir una explosión de un gas específico o vapor dentro de él y prevenir la ignición de gases o vapores alrededor de este.

**FACTOR DE LÁMPARAS QUEMADAS.-** Pérdida fraccional de luminancia debido a lámparas fundidas después de que han funcionado por largos períodos.

**FACTOR DE DEPRECIACIÓN DE LOS LÚMENES DE LA LÁMPARA (LLD).-** 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 cálculo de luminancia promedio mantenida para un periodo dado de tiempo. En él se toma en cuenta la variación de temperatura, tensión, acumulación de suciedad en las superficies del cuarto y del luminario, depreciación de la lámpara, periodos de mantenimiento y condiciones atmosféricas.

**FLUJO LUMINOSO (lumen).-** Cantidad de luz comprendida en un ángulo sólido, emitido por una fuente luminosa de una candela (cd) colocada en el centro de una esfera unitaria.

**FOOTCANDLE 1 lumen. /pie<sup>2</sup> ; (Fc).-** Unidad de nivel luminoso. 1Fc = 10.76 Luxes

**FOOTLAMBERT.-** Unidad de luminancia igual a 1/  $\pi$  candelas por pie<sup>2</sup> (este termino es obsoleto)

**FUENTE LUMINOSA.-** Es toda materia, objeto o dispositivo en que parte de la energía radiante que emite cae dentro de los límites visibles del espectro electromagnético.

**HID.-** (High Intensity Discharge). Lámpara de descarga de alta intensidad.

**ILUMINACIÓN GENERAL.-** Iluminación diseñada para proporcionar un nivel de iluminación substancialmente uniforme sobre una superficie.

**IGNITOR.-** Módulo o dispositivo electrónico utilizado para encender una lámpara de descarga, normalmente mediante un sobrevoltaje alto.

**ILUMINANCIA.-** La Iluminancia o nivel de iluminación es la cantidad de flujo luminoso incidente sobre una superficie. Su unidad en el S.I. es el Lux y en sistema inglés el Footcandles.

**ÍNDICE DE RENDIMIENTO CROMÁTICO (I.R.C).-** Método que indica la capacidad de una lámpara para reproducir fielmente el “color verdadero”, a través de una escala de 0 a

100. El cero implica distorsión total y el 100 ningún cambio de color. Malo = 70-80; bueno = 80-90 y excelente = 90-100

**LUMINANCIA.-** La luminancia es la intensidad aparente de la luz proveniente o reflejada por un objeto o punto. Es cuantificada con candelas por metro o pie cuadrado.

**LÁMPARA.-** Dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía luminosa.

**LENTE.-** Elemento de vidrio o plástico usado en LUMINARIOS para cambiar la dirección y controlar la distribución de los rayos luminosos.

**LOUVER.-** Serie de elementos opacos o translúcidos para ocultar una fuente luminosa de la visión a ciertos ángulos o para absorber la luz indeseable. Estos elementos opacos o translúcidos generalmente son arreglados en forma geométrica.

**LUMEN (lm).-** Unidad de flujo luminoso.

**LUMINARIO.-** Aparato eléctrico que se utiliza para controlar y dirigir el flujo luminoso generado por una o más lámparas.

**LUX (lm/m<sup>2</sup>).-** Unidad de nivel luminoso. (Sistema métrico)

**LUZ.-** Radiación electromagnética capaz de producir la sensación de la visión y que se encuentra ubicada dentro del espectro electromagnético entre el ultravioleta y el infrarrojo.

**NANÓMETRO.-** Unidad de longitud de onda igual a  $10^{-9}$  metros.

**NEMA.-** National Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional de manufactureros eléctricos)

**NIT.-** Unidad de brillantez (luminancia) igual a una candela/ m<sup>2</sup>, (sistema internacional)

**NIVEL LUMINOSO o ILUMINANCIA.-** Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Se mide en luxes o footcandles.

**POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO O ENCENDIDO DE LAS LÁMPARAS.-** Las lámparas de mercurio y sodio a alta presión pueden utilizarse en cualquier posición de encendido sin perder su rendimiento nominal especificado. Sin embargo, las lámparas de haluro metálico y sodio a baja presión están optimizadas para su funcionamiento en posiciones de encendido determinadas, o podrían restringirse a ciertas posiciones por motivos de seguridad.

U	=	Posición de encendido universal
HBU	=	Horizontal -15° con la base hacia arriba
HBD	=	Horizontal +15° con la base hacia abajo
HOR	=	Horizontal ±15°
H45	=	Horizontal a -45°
VBU	=	Vertical con la base hacia arriba ±15°
VBD	=	Vertical con la base hacia abajo ±15°

Si no se indica ninguna posición especial de encendido, es universal.

**RADIACIÓN ULTRAVIOLETA.-** Radiación invisible comprendida entre los 400 y los 14 nm. Distinguimos en esta región del espectro, los U.V. cercanos, medios y lejanos, a medida que la longitud de onda disminuye, hasta superponerse con un sector de los rayos X.

Debido a la atmósfera terrestre y a la presencia del Ozono, sólo pueden llegar a la superficie, las radiaciones cuya longitud de onda sea superior a los 300 nm.

Los ultravioletas solares han sido clasificados en:

U.V. A o cercanos = 320-400 nm.

U.V. B o medios = 290-320 nm.

U.V. C o lejanos = menos de 290 nm.

- Producción de ozono - 180-220 nm.
- Bactericida (germicida) - 220-300
- La que produce eritema(enrojecimiento de la piel) - 280-320
- Luz "negra" - 320-400

La International Commission on Illumination (CIE) (Comisión internacional de iluminación) clasifica la banda de radiación UV en: UV-A (315-400 nm); UV-B (280-315 nm) y UV-C (100-280 nm).

La energía radiante de corta longitud de onda como el azul y el violeta de la región visible, y los U.V. cercanos, inducen el inicio de reacciones fotoquímicas, degradando los materiales orgánicos (decoloración, fragilidad, oxidación, etc.) . Las reacciones se producen gradualmente porque la radiación dañina actúa por acumulación, en cuanto es absorbida por la materia en “paquetes” o unidades de energía denominados cuantos. Su eliminación es de particular importancia para la conservación de obras de museo, ya que todas las fuentes de iluminación artificial emiten radiaciones ultravioletas en distintas proporciones. El efecto destructivo de las radiaciones U.V. es comparativamente mucho mayor que el que pueden producir las ondas visibles e infrarrojas (invisibles). Esta característica es atribuida a su alta frecuencia, que aumenta su capacidad de romper las ligaduras entre las moléculas.

**REFLECTOR (O FILTRO) DICROICO.-** Reflector (o filtro) que refleja una región del espectro y permite pasar las demás. Una lámpara reflectora con un reflector dicroico tendrá un haz lumínico "frío", es decir, la mayor parte del calor se ha eliminado del haz haciéndolo pasar por el reflector mientras se refleja la luz.

**REFLEJO.-** Molestia visual causada por un brillo excesivo; se denomina resplandor molesto. Si la realización de tareas se ve afectada, se llama resplandor incapacitante. El resplandor puede ser directo o indirecto (reflejado)

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

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

**TAMAÑO DE LA BOMBILLA.-** Forma de la bombilla seguida de su tamaño (diámetro máximo de la bombilla expresado en octavos de una pulgada). En el caso de lámparas fluorescentes compactas, se usa "S", "D", "T" y "Q" para indicar los tamaños: Sencillo, doble, triple y cuádruple. El código también incluye una referencia, como T4, que representa el tamaño del tubo. Los faros rectangulares están designados como "rectos" y el número de milímetros en horizontal

**TEMPERATURA DE COLOR.-** Se mide en Kelvin según una norma internacional, que coloca la luz del día teóricamente perfecta en unos 5500 K. Un día nublado eleva esa temperatura hacia el color azul hasta unos 12000 K

**TRI-FÓSFORO.-** Combinación de 3 clases de Fósforo para la fabricación de tubos fluorescentes

**T-12, T-8, T-5.-** Designación del diámetro de una bombilla de forma tubular en octavos de pulgada; T-12 es 12 octavos de una pulgada, o 1 ½ pulgadas; T-8 es 1 pulgada y T-5 es 5 octavos de pulgada

**UNDERWRITERS LABORATORIES (UL).-** Organización privada que prueba y clasifica equipo eléctrico (y otros) en cuanto a seguridad eléctrica y contra incendios, según normas propias y otras reconocidas. Una clasificación de UL no es una indicación del rendimiento general. Las lámparas no tienen clasificación UL, excepto los conjuntos de lámparas fluorescentes compactas con bases de rosca y balastos integrados

**INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION.-** Comisión internacional de iluminación abreviada como CIE de su Comisión francesa Internationale de l'Eclairage, es una organización dedicada a la cooperación y al intercambio de la información internacional entre sus países de miembros en todas las materias referentes a la ciencia y al arte de la iluminación.

El CIE es una organización autónoma, técnica, científica y cultural, no lucrativa. Ha crecido fuera de los intereses de los individuos que trabajaban en la iluminación

Desde su inicio hace 90 años, el CIE se ha convertido en una organización profesional y se ha aceptado como la mejor autoridad en el tema y es reconocida por la ISO como cuerpo de estandarización internacional

Sus comités están conformados por siete divisiones.

División 1: Visión y color

División 2: Medición de la luz y de la radiación:

División 3: Diseño del ambiente y de la iluminación

División 4: Iluminación y señalización para el transporte

División 5: Iluminación exterior y otras aplicaciones

División 6: Fotobiología y fotoquímica

División 7: Tecnología de la imagen

OFICINA CENTRAL DEL CIE

Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, Austria

tel: + 43 1 - 714 31 87 0

fax: + 43 1 - 714 31 87 18

Email: [ciecb@ping.at](mailto:ciecb@ping.at)

<http://www.cie.co.at/index.html>

**IESNA.-** Illuminating Engineering Society of North America (Sociedad de ingeniería de iluminación de norte América). Es la autoridad técnica reconocida en la iluminación. Por más de 100 años, su objetivo ha sido comunicar la información sobre todos los aspectos de la buena práctica de la iluminación a sus miembros, a la comunidad de la iluminación, y a los consumidores, con una variedad de programas, publicaciones, y servicios.

Al igual que el CIE está conformada por comités

120 Wall Street, Floor 17

New York, NY 10005

212-248-5000

fax: 212-248-5017/18

email: [iesna@iesna.org](mailto:iesna@iesna.org)

<http://www.iesna.org/>

## **ANEXO B.- NIVELES DE ILUMINACIÓN**

### **SELECCIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN.**

#### **INTRODUCCIÓN.**

El siguiente procedimiento es un método aceptado por la I.E.S.N.A. “Illuminating Engineering Society of North América”, para determinar el nivel de iluminación que se requiere para desarrollar una actividad específica. Se considera los factores que contribuyen a la mejor capacidad de visión para el trabajo. Proporciona datos del nivel de iluminación para una actividad específica, a su vez, define el nivel de iluminación dentro de un rango, usando varios factores, los cuales, han sido determinados a través de la búsqueda de las necesidades para desarrollar una actividad.

#### **CONSIDÉRENSE LAS SIGUIENTES CONDICIONES:**

1. La actividad o trabajo que se desarrolla.
2. Los detalles del objeto.
3. La edad del observador.
4. La velocidad y/o precisión del observador.
5. La reflectancia del piso.

Estas condiciones permiten al diseñador aplicar su propio criterio de las condiciones que le rodean para seleccionar el nivel de iluminación apropiado.

PASO No. 1.- Determinar el tipo de actividad para seleccionar el nivel de iluminación.

PASO No. 2.- Seleccionar la categoría de iluminación apropiada, por uno de los siguientes métodos:

- A)** Cuando el trabajo visual está definido por un área típica, escoger la categoría de iluminación apropiada de la tabla siguiente:

**TABLA E**  
**Comercial, Institucional, y Congresos Públicos en Locales Cerrados**

TIPO DE ACTIVIDAD	NIVEL DE ILUMINACIÓN (LUXES) o CATEGORÍA
<b>AUDITORIOS</b>	
congresos	C
Actividades sociales	B
<b>BANCOS</b>	
Lobby General	C
Área de máquinas de oficina y contabilidad	D
Área de cajas	E
<b>SALA DE CONFERENCIAS</b>	
Área de conferencista visión crítica( se refiere a trabajos individuales)	D
Corredores	C
<b>ÁREA DE DIBUJO</b>	
Trazos hechos en papel brillante o piel pulida (alto contraste)	E
Bajo contraste	F
Impresión en color azul	E
Sala de exhibición	C
<b>LIBRERÍAS</b>	
Anaqueles de libros activos	D
Áreas audio-visuales	D
<b>ÁREAS DE MERCADOTECNIA</b>	
Circulación:	
Actividad alta	300
Actividad media	200
Actividad baja	100
<b>ÁREA DE ACTIVIDADES COMERCIALES</b>	
Actividad alta	1150
Actividad media	1000
Actividad baja	300

**B)** Si en específico, la actividad visual no puede ser establecida por la categoría de iluminación, se puede determinar por el trabajo genérico del listado de la tabla C

**TABLA C**

TIPO DE ACTIVIDAD	CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN	RANGOS DE ILUMINACIÓN		REFERENCIA DEL PLANO DE TRABAJO
		LUXES	FOOTCANDLES	
Áreas públicas con alrededores oscuros	A	20 – 30 -50	2 – 3 – 5	
Áreas de orientación para visitantes de corto tiempo	B	50 – 75 – 100	5 – 7.5 – 10	Iluminación general a través de las áreas
Áreas de trabajo en donde las tareas visuales se realizan ocasionalmente	C	100 – 150 – 200	10 – 15 – 20	
Realización de tareas visuales de alto contraste o tamaño grande	D	200 – 300 – 500	20 – 30 – 50	
Realización de tareas visuales de mediano contraste o pequeño tamaño	E	500 750 – 1000	50 – 75 – 100	Iluminación en la zona de actividad
Realización de tareas visuales de bajo contraste o muy pequeño tamaño	F	1000 – 1500 – 2000	100 – 150 – 200	
Realización de tareas visuales de bajo contraste o muy pequeño tamaño, por un periodo prolongado	G	2000 – 3000 - 5000	200 – 300 - 500	Iluminación en la zona de actividad, obtenida mediante una combinación de una iluminación general y localizada (Iluminación suplementaria)
Ejecución de tareas visuales exactas y muy prolongadas.	H	5000 – 7500 - 10000	500 – 750 - 1000	Iluminación sobre el área de trabajo obtenida por una combinación general y localizada (iluminación suplementaria).
Ejecución de tareas muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	I	10000 – 15000 - 20000	1000 – 1500 - 2000	

<b>B ILUMINACIÓN EN LA ZONA DE ACTIVIDAD</b>						
FACTORES IMPORTANTES			CATEGORÍA DE LA ACTIVIDAD			
Promedio de edad de los trabajadores	Velocidad necesaria y/o precisión	Reflectancia del piso en la zona de actividad	D	E	F	G
Abajo de 40	No es importante	Arriba de 70	200	500	1000	2000
		30-70	200	500	1000	2000
		Abajo de 30	300	750	1500	3000
	Importante	Arriba de 70	200	500	1000	2000
		30-70	300	750	1500	3000
		Abajo de 30	300	750	1500	3000
	critica	Arriba de 70	300	750	1500	3000
		30-70	300	750	1500	3000
		Abajo de 30	300	750	1500	3000
40-55	No es importante	Arriba de 70	200	500	1000	2000
		30-70	300	750	1500	3000
		Abajo de 30	300	750	1500	3000
	importante	Arriba de 70	300	750	1500	3000
		30-70	300	750	1500	3000
		Abajo de 30	300	750	1500	3000
	critica	Arriba de 70	300	750	1500	3000
		30-70	300	750	1500	3000
		Abajo de 30	500	1000	2000	5000
Arriba de 55	No es importante	Arriba de 70	300	750	1500	3000
		30-70	300	750	1500	3000
		Abajo de 30	300	750	1500	3000
	importante	Arriba de 70	300	750	1500	3000
		30-70	300	750	1500	3000
		Abajo de 30	500	1000	2000	5000
	critica	Arriba de 70	300	750	1500	3000
		30-70	500	1000	2000	5000
		Abajo de 30	500	1000	2000	5000

Los niveles anteriores deben ser utilizados como una guía para el Ingeniero de Iluminación o para las firmas de Ingeniería que hacen proyectos e instalaciones Eléctricas, sin embargo, se recomienda no apegarse estrictamente a ellos, ya que al hacer la instalación del equipo puede existir un mayor o menor nivel de iluminación dependiendo del criterio que se aplique al realizar el proyecto.

### PASO 3

Establecer el valor deseado de iluminación. Una vez que se ha escogido la categoría de iluminación, el nivel de iluminación se puede determinar dentro de un rango. Estos niveles están establecidos en la siguiente tabla:

<b>ILUMINACIÓN GENERAL</b>				
<b>FACTORES IMPORTANTES</b>		<b>CATEGORÍA DE ILUMINACIÓN</b>		
Promedio de edades de los ocupantes	Promedio de reflectancia en la superficie del cuarto	A	B	C
Debajo de 40	Arriba de 70	20	50	100
	30-70	20	50	100
	Abajo de 30	20	50	100
40-55	Arriba de 70	20	50	100
	30-70	30	70	150
	Abajo de 30	50	100	200
Arriba de 55	Arriba de 70	30	70	150
	30-70	50	100	200
	Abajo de 30	50	100	200

**T A B L A D**

Valores de iluminación mantenidos en luxes, para una combinación de categorías de iluminación, características de cuarto y actividades.

TABLA DE NIVELES Y/O CATEGORÍAS DE ILUMINACIÓN

OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PÚBLICOS	
TIPO DE ACTIVIDAD	CATEGORÍA O NIVEL DE ILUMINACIÓN EN (LUXES)
<b>OFICINAS</b>	
Oficinas Generales (Ver lectura)	C
Privados, Vestíbulos y Áreas de recepción	C
<b>CONTROL DE CALIDAD E IMPRESIÓN</b>	
Xerografía, Mimeografía	D
C R T Pantallas	B
Lápices No.3 y líneas suaves	E
Lápices No.4 y líneas fuertes	F
Bolígrafo	D
8 y 10 Tipo de puntos	D
Revista Brillante	D
Nuevas Impresiones	D
<b>ESCUELAS</b>	
Salón de Clases ( Ver lectura )	E
Laboratorios Científicos	E
Talleres, grupo industrial	E
Escaleras	C

**2.- ÁREAS INDUSTRIALES INTERIORES.**

TIPO DE ACTIVIDAD	CATEGORÍA O NIVEL DE ILUMINACIÓN EN (LUXES)
<b>MANTENIMIENTO DE AVIONES:</b>	
General	750
Instrumentos, Radio y Sistema Eléctrico	1500
Tapizado	1000
Inspección de partes	1000
Taller de pintura	1000
<b>FABRICACIÓN DE AVIONES:</b>	
Trabajo Pesado de Banco	500
Taladros, Remachadoras	
Roscadora, Cerrojos	750
Trabajo Mediano de Banco	1000
Ensamble Final	1000
<b>ENSAMBLE:</b>	
Simple	D
Moderadamente Difícil	D
Difícil	F
Muy Difícil	G
<b>FABRICACIÓN DE AUTOMÓVILES:</b>	
Ensamblado de Carrocería	500
Ensamble y Componentes del	
Cuerpo del Chasis	1000
Ensamble Final	2000
<b>PANADERÍAS - GENERAL</b>	
	D
<b>CERVECERÍAS</b>	
	D
<b>ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE CONSERVAS:</b>	
Banda continua en la elaboración de conservas	E
Llenado de conservas	E

Empaque a mano	D
Inspección	F
<b>PRODUCTOS DE TELA</b>	
Corte y costura	G
Planchado	F
Pasillos	B
<b>MANUFACTURA DE EQUIPO ELÉCTRICO:</b>	
Impregnación	D
Aislados: Enrollado de bobinas	E
<b>ESTACIONES INTERIORES GENERADORAS DE ELECTRICIDAD</b>	
Plataformas de escaleras	B
Plataformas del quemador	D
Sistema para manejar el carbón	B
Pulverizador de carbón	C
Condensadores, Evaporadores de piso y Calentadores de piso	B
<b>SALAS DE CONTROL</b>	D
Tableros de control principal	D
Tableros de control auxiliar	D
Estación de operadores	E
Túneles o Galerías y tuberías eléctricas	B
Edificios de turbinas y Pisos de operación	D
Abajo del piso de operación	C
Área de tratamiento de agua	D
<b>MOLINOS DE HARINA:</b>	
Tamboleo, Molido y Purificación	E
Empaquetado	D
Control de producción	F
<b>TALLERES DE FORJA</b>	E
<b>FUNDICIÓN:</b>	
Horno	D
Fabricación de corazones - finos	F
Fabricación de corazones - medianos	E
Inspección fina	G
Inspección mediana	F
Vaciado	E
<b>HANGARES)</b>	
Simple	D
Moderadamente difícil	E
Difícil	F
Muy difícil	G
<b>FABRICACIÓN DE HIERRO Y ACERO</b>	
<b>HORNO DE HOGAR Y ABIERTO</b>	
Patio de materia prima	100
Horno de piso	200
Trompo caliente	300
Corte en tiras al descubierto	200
<b>TALLER DE LAMINACIÓN:</b>	
Desbastador, Placas, Soleras calientes, Lamina caliente	300
Faja de carbón, Plancha de tubos, Varilla, Tubos, Estirado de alambre	500
<b>TALLER DE PLACAS Y HOJALATA:</b>	
Hojalata y Galvanizada	500
<b>INSPECCIÓN:</b>	

Placas negras, Lingotes y Cincelador de lingotes	1000
<b>TALLER DE MAQUINADO:</b>	
Trabajo de banco áspero o Trabajo de maquinado	D
Trabajo de banco mediano o trabajo de maquinado, Maquinado ordinario automático de afilado áspero, Pulido mediano.	E
Trabajo de banco fino o trabajo de maquinado fino- Automático, pulido mediano y pulido mediano fino.	G
<b>MANEJO DE MATERIALES:</b>	
Engrapado, empaquetado y lavado	D
Clasificación	D
Cargamento dentro del camión y carga de camiones	C
<b>PLANTAS DE ENERGÍA NUCLEAR</b>	
Edificio auxiliar, áreas de acceso no controlables	C
Áreas y salas de acceso de control considerables	E
Laboratorios	E
<b>OFICINAS DE SALUD FÍSICA</b>	F
Sala de ayuda médica	F
Lavado caliente	F
Sala de almacenamiento	C
Ingeniería de seguridad y equipo de fotografía	D
<b>EDIFICIO GENERADOR DE ACEITE PESADO</b>	D
<b>EDIFICIO PARA MANEJO DE COMBUSTIBLE:</b>	
Sala de operación	D
Sala de operación baja	C
<b>ESTACIÓN DE GASOLINA</b>	C
Estación de tratamiento de desperdicios	D
<b>ESTACIÓN NUCLEAR:</b>	
Sala de operación	D
Sala de operación baja	C
<b>FABRICACIÓN DE PAPEL:</b>	
Batidores, molinos y satinado	D
Terminación, cortadora, ajustadora y fabricación de papel	E
Contabilidad a mano, humedad final del papel	E
Fabricación del papel molido inspección del papel y laboratorio	F
<b>PLANTAS QUÍMICAS Y PETROLERAS</b>	
<b>CARGA, DESCARGA Y CASA DE BOMBAS DE AGUA REFRIGERANTE</b>	
Áreas de bombas	50
Área de control general	150
Tablero de control	200
<b>AIRE, CALDERA Y COMPRESORES</b>	
Equipo interior	200
Equipo exterior	50
<b>ÁREA DE TANQUES</b>	
(Cuándo se requiere iluminación):	
Área sencilla	10
Área múltiple	5
<b>REJILLA DE CARGAMENTO:</b>	
Área general	50
Tanques de carros	100
Tanques de camión lugar de carga	100
<b>SUSTANCIAS ELÉCTRICAS Y PATIO DE MANIOBRAS</b>	
Patio de maniobras exteriores	20
Sustancias generales exteriores	20

<b>FOTOGRAFADO:</b>	
Gravado, escenificación y bloqueo	D
Ultimo retoque, última prueba, colocación de tinta en la mascara	E
<b>TALLER DE FABRICACIÓN DE HULE:</b>	
General	500
Molinos, plastificación, horno de humo negro	300
Inspección	2000
<b>FABRICACIÓN DE NEUMÁTICOS:</b>	
Horno de humo negro	300
Satinadora general	300
Edificio de neumáticos general	500
En la maquinaria	1500
Vulcanizado general en los moldes	750
Inspección general	1000
<b>ASERRADEROS:</b>	
Corteza secundaria del tronco	B
Sierra de corte (áreas de corte a la vista para aserradero)	E
Sierra de corte exterior	B
Máquina alimentadora para cortar desperdicios, recortes	B
Molino mayor de piso (iluminación básica)	A
Maderas clasificadas	D
Maderas finas clasificadas	F
Madera seca para almacén	C
<b>TRABAJOS EN LÁMINA METÁLICA</b>	
Misceláneas, maquinaria y trabajos ordinarios de banco	E
<b>ÁREAS DE ALMACENAMIENTO</b>	
Inactivo	B
Activo	
Tamaño grande, áspero	C
Tamaño pequeño	F
<b>FABRICA DE TEJIDOS</b>	
Cepo teñido, tintes	D
Clasificación y rango	E
Residuos abierto, cardas extracción y combinación	D
Producción y fabricación	F
Terminación, preparación y fabricación	D
Terminado	E
Inspección	G
<b>FABRICACIÓN DE TABACO:</b>	
Secado y desojado	D
Clasificación y rango	F
Baños y área de lavado	C

### Otras recomendaciones de Niveles de Iluminación

#### HABITACIONES

<b>Viviendas, habitaciones:</b>	
Cuartos de baño	100
Espejos	500
Dormitorios	100
Camas y espejos	500
Cocinas	200
Cuartos de niños	200
<b>Cuartos de estar:</b>	

General	200
Lectura intermitente	300
Lectura prolongada	500
Recibidor	200
Escaleras	50
Ascensores	100
<b>Estudios:</b>	
Salas de piano	500
Costura	200
Bancos de trabajo	400
Mesas de juegos	150
Tablas de planchar	400
Tocadores	200
<b><u>ESPECTACULOS</u></b>	
<b>Salas de espectáculos:</b>	
Vestíbulos	100
Salón de descanso	150
<b>Anfiteatros (Teatros, salas de conciertos):</b>	
Durante entreactos	150
Durante audición	especial
Orquestas (sobre atriles)	500
Salas de cine (entreactos)	150
Salas de fiesta, salas de baile	150
<b><u>DEPORTES</u></b>	
<b>Billares:</b>	
Alumbrado general	70
Mesas	500
Boliche	150
Gimnasios	300
Patinaje	150
<b>Tenis cubierto:</b>	
Entrenamientos	150
Competencia	300
<b>Baloncesto:</b>	
Entrenamiento	200
Competencia	500
Minigolf	150
<b>Ping-pong:</b>	
Entrenamiento	200
Competencia	500
Velódromos (sobre pista)	200
<b>Pelota vasca:</b>	
Entrenamiento	150
Competencia	300
<b>Fútbol salón:</b>	
Entrenamiento	100
Competencia	300
<b>Piscinas:</b>	
Alumbrado sobre piscina	150
Salas de duchas y vestuarios	70
Salas de armas y boxeo	300
<b>Rings de boxeo:</b>	
Entrenamientos	400
Competencia	3000
<b><u>OFICINAS</u></b>	
<b>Oficinas y administraciones:</b>	

Teneduría de libros, ficheros y archivadores	500
Mecanografía, contabilidad	600
Trabajos de oficina varios	300
<b>Salas de dibujo:</b>	
Alumbrado general	300
Mesas	1000
Oficinas de información	400
Archivos	150
<b><u>ESTABLECIMIENTOS PÚBLICOS</u></b>	
<b>Iglesias:</b>	
Auditorios	100
Aulas dominicales	200
Púlpito (iluminación suplementaria)	200
<b>Vidrieras artísticas:</b>	
Color claro	200
Color medio	1000
Color oscuro	2000
Altars, santuarios, coros	100
Naves	70
<b>Bibliotecas:</b>	
Abiertas al público	300
Cerradas al público	100
Salas de libros	200
Salas de lectura	200
Mesas de lectura	500
Reparación de libros y encuadernación	300
Catalogación	300
Archivo de tarjetas	300
Pupitres para la comprobación entradas y salidas	300
<b>Museos:</b>	
General	100
Objetos especiales	500
<b>Teatros y cines:</b>	
Auditorios	
Durante el intermedio	50
Durante el espectáculo	1
Salones	50
Vestíbulo	200
<b>Establecimientos de enseñanza:</b>	
Salas de conferencias y reuniones	500
Gimnasios	300
Vestuarios	100
Salas de clase y laboratorios	500
Dibujo de arte, industrial y costura	700
Alumbrado localizado	1000
Pizarras	500
<b>Hospitales y clínicas:</b>	
<b>Salas de emergencia:</b>	
General	500
Local	2000
Sala de examen	500
<b>Laboratorios:</b>	
Trabajos de precisión	1000
Sala general	300
Mesas de trabajo	500
<b>Depósito de cadáveres y sala de autopsia:</b>	

Sala de autopsia	300
Mesa de autopsia	2000
Depósito de cadáveres general	200
<b>Estación de niñeras:</b>	
General	200
Pupitre y tablas	300
<b>Salas de crianza:</b>	
General	200
Examen y tratamiento	500
<b>Obstetricia:</b>	
Sala de alumbramiento	500
Mesa de alumbramiento	2000
<b>Farmacia:</b>	
General	300
Mesa de trabajo	500
<b>Salas privadas y de guardia.</b>	
General	100
Lectura	250
Salas de limpieza	200
Solariums	300
Esterilización, central	300
<b>Quirófano:</b>	
General	500
Mesa de operaciones	18000
<b>Terapia:</b>	
Física	150
Ocupacional	300
<b>Sala de tratamiento:</b>	
General	300
Mesa de reconocimiento	500
<b>Rayos X:</b>	
Radiografía y fluoroscopia	100
Cuarto oscuro	100
Sala de espera	100
Camas	100
<b>Habitaciones particulares y salas:</b>	
Alumbrado general	50
Alumbrado de noche	10
Sobre cama examen y lectura	200
Gabinetes dentales (sillón)	700
<b>Grandes almacenes:</b>	
Alumbrado general	500
Alumbrado sobre mostradores	700
Presentaciones especiales y vitrinas interiores	1000
Estantes de mercancías	100
Escaparates sobre calle comercial	4000
Escaparates sobre calle no comercial	1000
<b>Tiendas:</b>	
Alumbrado general	300
Sobre los mostradores	500
Escaparates	1000
Peluquerías y salones de belleza	500
<b>Bancos:</b>	
Vestíbulo	200
Cajas y oficinas	500
<b>Salas de clubs y residencias:</b>	

Salas de estar y lectura	300
Auditorios	200
<b><u>HOTELES</u></b>	
Cocinas	200
Dormitorios:	
Alumbrado general	200
Camas y espejos	500
Comedores, salas de restaurantes, salas de café	300
Salones de hotel	300
Salas de correspondencia:	
Alumbrado general	100
Mesas de escribir, alumbrado localizado	500
<b><u>LOCALES INDUSTRIALES</u></b>	
<b>Industrias alimenticias</b>	
<b>Rastros:</b>	
Alumbrado general	100
Estancias de animales	50
Desolladeros	300
Despacho de carne	600
<b>Frigoríficos:</b>	
Cámara frigorífica	50
Salas de máquinas	200
<b>Preparación de carne:</b>	
Lavado, escaldado, cabezas y patas	100
Depilación, comprobación del depilado	300
Cocción, mezclado y amasado	200
Trinchado, deshuesado, escogido	300
Preparación de pastas, llenado de latas	200
Engatillado, cerrado de cajas	500
Esterilización	500
Preparación de jamones	300
<b>Preparación de pescado:</b>	
Pesado, lavado, esterilización, almacenaje	200
Secado, preparación	300
Cocción	150
Puesta en latas, cerrado de las mismas	500
Tratamiento de subproductos	200
<b>Preparación de legumbres:</b>	
Peso, desgranamiento	200
Escogido sobre cintas transportadoras	300
Cribas	150
Blanqueo	150
Puesta en latas	500
<b>Fábricas de harina:</b>	
<b>Almacenaje de granos:</b>	
Depósitos, alumbrado general	100
Silos	100
Molienda	150
Ensacado	200
Laboratorio	500
<b>Panaderías industriales:</b>	
Almacenaje de harinas	100
Amasado (sobre las artesas)	300
Formación de la masa	200
<b>Cocción:</b>	
Delante de los hornos	300

Alumbrado general	100
Hornos de pan, manutención de combustible y cenizas	100
<b>Fábricas de galletas:</b>	
Almacenaje	100
Preparación de la pasta	300
Barquillos: máquinas de dosificar, cocer, secar, etc,	300
Otras operaciones	200
<b>Bizcochos secos:</b>	
Alumbrado general	150
Salida del horno	500
Empaquetado	300
Almacenaje	150
<b>Pastas alimenticias:</b>	
Almacenaje	100
<b>Fabricación de pastas:</b>	
Alumbrado general	200
Aparatos para mezclar, amasar e hilado	300
<b>Máquinas combinadas:</b>	
Lugar del amasado	300
Secado	150
Empaquetado	200
<b>Tostado de café:</b>	
Almacenaje	100
Tostado	150
<b>Empaquetado:</b>	
Alumbrado general	100
Alumbrado localizado	300
Máquinas automáticas	300
<b>Chocolaterías:</b>	
Preparación del chocolate en bruto:	
Alumbrado general	150
Sobre las bandas	500
Preparación del cacao en polvo	150
<b>Acondicionamiento:</b>	
Chocolate y cacao en polvo	200
Chocolates diversos: general	150
Alumbrado localizado	500
<b>Lecherías:</b>	
Hervidores	100
Almacenado de botellas	100
Selección de botellas	500
Lavado de botellas	3000
Lavado de latas	200
Equipo de refrigeración	200
Llenado e inspección	500
Calibradores	300
Laboratorios	500
Plataforma de carga	100
Paneles de medidores	300
Pasteurizadores	200
Sala de recepción	200
Escalas	300
Separadores	200
Almacenaje refrigerado	100
<b>Tanques:</b>	
Interiores claros	100

Interiores oscuros	1000
Termómetros	300
Cubas	500
Sala de pesado	100
<b>Mantequerías:</b>	
Descremado y acondicionamiento	200
Batido	300
Purificación	200
<b>Cámaras frigoríficas:</b>	
Alumbrado general	50
Sala de máquinas	200
<b>Bodegas:</b>	
Muelle de embarque, bodegas	100
Indicador de nivel, sobre el plano de lectura	300
Sala de máquinas	200
Recepción de botellas vacías	200
Limpieza de botellas	300
Llenado de botellas	300
Embalaje de botellas en cajas	150
<b>Cervecerías</b>	
<b>Preparación de la malta:</b>	
Sobre las cubas	100
Torrefacción, trituración	150
Ensacado	150
Fabricación de la cerveza	300
Fermentación	200
Tanque	100
Filtrado	200
<b>Llenado de barril:</b>	
Alrededor de las máquinas	150
Llenado	200
Llenado de botellas	300
Limpieza de botellas	300
Embalaje de las botellas en cajas	150
<b>Azucareras:</b>	
Silos de remolacha	70
Lavaderos	150
Corte de raíces	200
<b>Preparación del azúcar:</b>	
Alumbrado general	150
Turbinas de mezclado	300
Almacenes de azúcar	100
Ensacado	200
Calderas, alumbrado particular, manómetros y niveles:	500
Sala de máquinas	300
Cuadros de distribución y laboratorios	500
<b>Imprenta y Artes Gráficas</b>	
<b>Tipografía y litografía:</b>	
<b>Sección de cajas:</b>	
Alumbrado general	300
Sobre las cajas (pupitres de composición)	1000
Sobre las máquinas de cortar lino y nivelar grabados	1000
Sobre la prensa de prueba	300
Sobre el pupitre de correctores	700
<b>Máquinas de composición mecánica:</b>	
Sobre el teclado y composición	500

<b>Sección de máquinas:</b>	
Alumbrado general	300
Mesas de imposición	700
Mesas de arreglo	1000
Mármoles para batir tintas	1000
<b>Máquinas:</b>	
Sobre la entrada de las hojas	200
Sobre la salida de las hojas	500
Sobre el carro (alumbrado localizado)	500
Tinteros y cilindros	200
Guillotinas	500
<b>Fotografado y fotocromo:</b>	
Alumbrado general	300
Pupitres de retocadores	1000
Prensa de pruebas	700
Mesa de montaje	especial
Mesa de insolación	especial
<b>Encuadernación:</b>	
Alumbrado general	200
<b>Máquinas de plegar:</b>	
Sobre la entrada	200
Sobre la salida	200
Máquinas de hacer tapas	300
Máquinas de coser	300
Mesas de alzado	200
Guillotinas y apisonadoras	500
<b>Vidrierías</b>	
<b>Plantas en general</b>	
<b>Composición:</b>	
Alumbrado general	150
Alumbrado localizado sobre aparatos de pesar	300
Vestíbulos y salidas	200
<b>Hornos</b>	300
<b>Embalaje:</b>	
Alumbrado general	150
Alumbrado localizado	300
Arcos y salidas	300
<b>Vidrio plano:</b>	
<b>Cristalería: Bruñido, pulido:</b>	
Alumbrado general	150
Alumbrado sobre maquinaria	especial
Apreciación y corte	especial
<b>Cristal de ventana:</b>	
<b>Máquina automática:</b>	
Sobre el cajón	150
Apreciación y corte	especial
<b>Vaciado mecánico del cristal:</b>	
Máquina automática	especial
<b>Comprobación:</b>	
Alumbrado general	300
Alumbrado localizado	700
Tallado fino, decoración, esmerilado y grabado	500
Biselado	500
Tallado normal, pulimentado a rueda	200
Plateado	300
<b>Industrias textiles:</b>	

**Industrias del algodón:****Hilatura:**

Almacenaje del algodón en bruto 100

**Preparación:**

Mezcla 150

Vareado 150

Cardado 200

Estirado 200

Bancos de peinado 300

Hilado: Bastidor de hilar 500

**Tejeduría:****Preparación:**

Bobinado 300

Urdidora; Plegador 300

Rastrillo 150

Apresto: alumbrado general 150

Plegador de alimentación, plegador definitivo 300

**Montaje del bastidor:**

Pasado de hilos: Alumbrado general 150

(Recogida) Alumbrado localizado 1000

Nudos automáticos: Alumbrado general 150

Alumbrado localizado 500

Trabajo sobre el bastidor 500

Examen de los tejidos (localizado) 1000

Locales de almacenaje de los tejidos 150

**Industria de la lana:****Preparación de las fibras:**

Escogido de la lana 500

Desengrase de la lana y lavado 150

Vareado 150

Cardado 300

Peinado 500

**Hilatura:**

Bancos de estirado 200

Bastidores devanadores 500

Bastidores de hilo continuo 500

Preparación de la lana, canillaje 500

**Preparación de la cadena:**

Bobinado 500

Urdidora, plegador 500

Rastrillo 300

**Aprestos:**

Alumbrado general 700

Comprobación de la salida de la máquina 700

**Tejeduría:****Bastidores de tejer:**

Alumbrado general 150

Alumbrado localizado 700

Desmontaje: Alumbrado localizado 1000

Despuntado 1000

**Industria de la seda natural:****Hilatura:**

Escaldadura, vareado, trabajo de la seda 200

Torcedura y apresto de la seda natural cruda 300

**Tejeduría:****Preparación:**

Bobinado	450
Urdidora; Plegador	450
Rastrillo	250
Apresto: alumbrado general	250
Plegador de alimentación, plegador definitivo	450
<b>Montaje del bastidor:</b>	
Pasado de hilos: Alumbrado general	250
(Recogida) Alumbrado localizado	1500
Nudos automáticos: Alumbrado general	250
Alumbrado localizado	700
Trabajo sobre el bastidor	700
Examen de los tejidos (localizado)	1500
Locales de almacenaje de los tejidos	250
<b>Textiles artificiales:</b>	
Producción de la materia a hilar (ciclo químico)	150
Sulfuración	300
<b>Terminación de la materia a hilar (ciclo textil):</b>	
Bastidor de hilar paralelo	200
Batidor de hilar centrífugo	500
Retorcido	300
Blanqueo	150
Escogido de las fibras	300
<b>Hilatura:</b>	
Bastidores devanadores	700
Bastidores de hilo continuo	700
Preparación de la fibra, canillaje	700
<b>Preparación de la cadena:</b>	
Bobinado	700 •
Urdidora, plegador	700
Rastrillo	450
<b>Aprestos:</b>	
Alumbrado general	1000
Comprobación de la salida de la máquina	1000
<b>Tejeduría:</b>	
<b>Preparación:</b>	
Bobinado	450
Urdidora; Plegador	450
Rastrillo	250
Apresto: alumbrado general	250
Plegador de alimentación, plegador definitivo	450
<b>Montaje del bastidor:</b>	
Pasado de hilos: Alumbrado general	250
(Recogida) Alumbrado localizado	1500
Nudos automáticos: Alumbrado general	250
Alumbrado localizado	700
Trabajo sobre el bastidor	700
Examen de los tejidos (localizado)	1500
Locales de almacenaje de los tejidos	250
<b>Blanqueado, tintura, impresión, aprestos:</b>	
<b>Blanqueado se los tejidos:</b>	
Prueba del tinte y clorado	150
Examen	500
Torcedura de las madejas	150
<b>Tejido:</b>	
Máquinas	200
Muestrario y examen	700

Impresión	500
Comparación de los colores	1000
<b>Aprestos:</b>	
Preparación	150
Examen a la entrada y salida de las máquinas	500
Mesas de comprobaciones finales, doblado	500
<b>Confección:</b>	
Almacenes de recepción y control de los tejidos	500
Talleres de corte	500
<b>Talleres de conjunto:</b>	
Arreglo, preparación, etc.	500
Pespunteado, alumbrado localizado	1000
Prensa de vapor	300
Control final	700
Almacenes de expedición	150
<b>Industrias químicas:</b>	
<b>Fábricas de productos químicos:</b>	
Alumbrado de circulación	200
Alumbrado de instrumentos	200
Sobre mesas y pupitres	300
Sobre escaleras y pasarelas	200
Delante de aparatos, tales como molinos y mezcladores	300
<b>Laboratorios, salas de ensayo y controles:</b>	
Alumbrado general	300
Sobre el plano de la mesa	300
Sobre aparatos de medida	500
<b>Caucho:</b>	
Molido, mezclado, triturado	300
<b>Tabacos:</b>	
Desmuestre	300
Picadura	200
Tostado	200
<b>Fabricación de jabón:</b>	
Edificios de alambiques	100
Cortado, escamas y polvo de jabón	100
Estampado, envuelta y empaquetado	200
<b>Almacenes, salas de embalaje:</b>	
Almacenado de grandes objetos	100
Almacenado de piezas pequeñas	200
Embalaje, expedición	200
Acondicionamiento	300
<b>Fábricas de explosivos:</b>	
Hornos manuales, tanques de ebullición, secadores	50
Cristalizadores fijos y de gravedad	50
Hornos mecánicos, generadores y alambiques	100
Secadores mecánicos, evaporadores, cristalizadores	100
Tanques de cocido, extractores, filtros, nitradores	200
<b>Trabajos químicos:</b>	
Hornos manuales, tanques de hervido	100
Secadores estacionarios, cristalizadores estacionarios	100
Hornos mecánicos, generadores y alambiques	150
Secadores mecánicos, evaporadores, filtración	150
Cristalizadores mecánicos, blanqueo	150
Tanques de cocción, extractores, filtros	200
Nitradores, células electrolíticas	200
<b>Productos arcillosos y cementos:</b>	

Molido, prensas de filtrado, salas de horno	100
Moldeo, prensado, lavado y ajuste	200
Cobreado, vitrificado y esmaltado	300
<b>Industrias metalúrgicas:</b>	
<b>Mecánica en general:</b>	
Almacenaje de materias primas	100
<b>Puestos de control (según las dimensiones de detalles)</b>	
Minúsculo	3000
Muy fino	1500
Fino	1000
Bastante fino	500
Mediano	300
<b>Talleres de montaje:</b>	
Piezas muy pequeñas	1500
Piezas pequeñas	1000
Piezas medianas	300
Piezas grandes	200
<b>Almacenes de piezas desengrasadas y productos finos:</b>	
Alumbrado general	200
Alumbrado localizado (Ventanillas, armarios, mesas)	500
Trabajos de metales en hojas: Trabajos en banco	300
<b>Máquinas herramientas y bancos:</b>	
Alumbrado general	300
Trabajos muy delicados o de precisión	1500
Trabajo en pequeñas piezas, rectificación, reglaje	700
Trabajo de piezas medianas en banco o en máquina	500
<b>Soldadura:</b>	
Soldadura de trabajos muy finos (electrónica)	700
Soldadura de trabajos finos	500
Soldadura por contacto de piezas medianas	300
Soldadura por contacto de piezas grandes	200
Soldadura al soplete	150
<b>Tratamiento superficial de los metales:</b>	
Tratamiento electrolítico, niquelado, cromado	200
Avivado (alumbrado especial)	300
Pulimentado ordinario	200
<b>Fundiciones:</b>	
Depósitos y almacenes	150
<b>Almacén de arena:</b>	
Manipulaciones manuales	150
Manipulaciones automáticas	150
<b>Talleres de moldeo y cajas de machos:</b>	
Fino	300
Grueso	150
Alumbrado localizado de zonas profundas	especial
Placas modelos	300
Cubilote: Pesada de las cargas (sin deslumbramiento)	200
Plataforma delante de horno, nave de colada	150
<b>Taller de moldeo:</b>	
Alumbrado general	150
Alumbrado localizado en los moldes	700
Desmoldeo y desarenado	150
Rebarbado	300
<b>Forjas y fundiciones de acero:</b>	
Almacenaje del mineral y el carbón	150
Carga de altos hornos	especial

Naves de colada	150
Naves de convertidores	150
Talleres de fabricación, martillo-pilón, laminadores	150
Forjas	150
Laminado y cizallado, laminado en frío	300
Laminado y cizallado de piezas grandes	150
Fosas de temple, laminado en caliente	100
<b>Almacenaje de productos finos:</b>	
Almacén de chapa	150
Electrometalurgia	150
<b>Construcción de automóviles:</b>	
<b>Carrocería:</b>	
<b>Talleres de carpintería y ebanistería:</b>	
Alumbrado general	300
Alumbrado localizado en sierras de cinta y tornos	especial
<b>Chapistería:</b>	
Alumbrado general	300
Prensas de embutir, interior de carrocerías	especial
<b>Pintura:</b>	
Preparación de las chapas	500
Pintura a pistola, pulimentado a mano	500
Preparación, dosificación y mezcla de colores	2000
Cabina de pulverización (sobre el plano)	1000
<b>Guarnecido:</b>	
Talleres de los tapiceros	300
<b>Nave de guarnecido de las carrocerías:</b>	
Alumbrado general	300
Alumbrado localizado en el interior de la carrocería	especial
Taller de cristalería	200
Pulido de pinturas, decoración, acabado	500
Garajes de coches antes de la entrega	100
<b>Construcciones aeronáuticas:</b>	
<b>Construcción en madera:</b>	
<b>Taller de carpintería:</b>	
Alumbrado general	300
Alumbrado localizado, sierras de cinta y tornos	especial
<b>Taller de montaje del fuselaje:</b>	
Alumbrado general	300
Mesa de control	500
<b>Taller de montaje en cadena:</b>	
Alumbrado general	300
Montaje en el interior de la carlinga	especial
Trabajos sobre plano	especial
Taller de pintura	500
Chapas (tapacubos de hélices, cubiertas)	300
<b>Construcciones metálicas:</b>	
Taller de chapistería	300
Taller de preparación de las piezas primarias	200
Taller de montaje de los planos	300
<b>Taller de montaje del fuselaje:</b>	
Alumbrado general	300
Interior de los fuselajes	especial
<b>Taller de montaje en cadena:</b>	
Alumbrado general	300
Trabajo debajo de los planos	especial
<b>Calderería:</b>	

Naves de los hornos de recocido para piezas grandes	150
Alumbrado localizado de las formas profundas	especial
<b>Centrales eléctricas:</b>	
Aparatos auxiliares, disyuntores	150
Transformadores, salas de acumuladores	150
Generadores, máquinas de vapor, ventiladores	300
<b>Cuadros de distribución y de aparatos:</b>	
Sobre el plano de lectura	500
<b>Industrias diversas:</b>	
<b>Armerías:</b>	
Taladrado	100
Exposiciones	300
<b>Envasado de conservas:</b>	
<b>Recepción:</b>	
Selección de las materias primas	200
Tomates	1000
Selección de colores (sala de corte)	1000
<b>Preparación:</b>	
<b>Selección preliminar:</b>	
Albaricoques y melocotones	500
Tomates	1000
Aceitunas	1250
Cortado y deshuesado	350
Selección final	1000
<b>Enlatado:</b>	
Embasado por cinta continua	1000
Enlatado por inmersión	1000
Enlatado a mano	200
Aceitunas	500
Examen de las muestras enlatadas	1500
<b>Manejo de los recipientes:</b>	
Inspección	1500
Cierre	100
Colocación de etiquetas	200
Almacén	50
<b>Industrias del lavado y planchado:</b>	
Comprobación y selección	200
Lavado en seco, húmedo y vaporización	100
Inspección y limpieza de manchas	2000
<b>Planchado:</b>	
Mecánico	300
Manual	500
Recepción y distribución	100
Reparación y reforma	2000
<b>Plantas de destilación y lavado de carbones:</b>	
Rotura, cribado y lavado	100
Recogida	3000
<b>Salas de control:</b>	
<b>Cara vertical de los paneles de conmutadores:</b>	
<b>Simplex o sección de operador de doble cara:</b>	
Gran sala de control centralizada a 1,7 m del suelo	500
Salas de control ordinarias a 1,7 m del suelo	300
Sección de cara doble lejos del operador	250
Paneles de banco (nivel horizontal)	300
Área interior de los paneles de conmutación duplex	50
Parte trasera de todos los paneles de conmutación	100

Alumbrado de emergencia	30
<b>Fabricación de material eléctrico:</b>	
Impregnado	300
Aislado y arrollado de las bobinas	1000
Ensayo	500
<b>Montaje:</b>	
Basto	200
Medio	500
Fino	1000
Extra fino	3000
<b>Manufacturas del cuero:</b>	
Calderas	50
Lavado, curtido y estirado	100
Cortado, descarnado e hinchado	200
Acabado y acoplamiento	300
<b>Trabajo del cuero:</b>	
<b>Planchado, arrollado y lustrado:</b>	
Claro	300
Medio	500
Oscuro	1000
<b>Clasificación, emparejado, cortado, montado y cosido:</b>	
Claro	300
Medio	1000
Oscuro	2000
<b>Fábricas de pinturas:</b>	
General	200
Comparación de las mezclas con las muestras	1000
<b>Talleres de pintado:</b>	
Inmersión, rociado, flameado, borrado	200
Pintado manual ordinario y acabado artístico	200
Pintado manual fino y acabado	500
Pintado manual extrafino y acabado	1000
<b>Manufactura del papel:</b>	
Batidores, triturado, calandrado	100
Acabado, cortado, ajustado	300
Máquinas de fabricación del papel	300
Extremo húmedo de la máquina de fabricación de papel	300
Cortado manual	300
Máquina de arrollar papel	500
Inspección y laboratorios	500
Segundo arrollado	1000
Almacenaje	50
<b>Géneros de goma (mecánicos):</b>	
<b>Preparación de existencias:</b>	
Plastificación, triturado y Branbury	200
Calandrado	300
<b>Preparación del producto:</b>	
Corte de suministro y estirado de mangueras	300
Productos extrusionados	300
Productos moldeados y curados	500
Inspección	1000
Envasado	200
Almacén	50
<b>Fabricación de neumáticos y tubos de goma:</b>	
<b>Preparación de suministros:</b>	
Plastificación, triturado y Branbury	200

Calandrado	300
<b>Preparación del producto:</b>	
Corte de suministros y formación de cuentas	300
Máquinas de formación de tubos	200
<b>Fabricación de neumáticos:</b>	
Neumáticos sólidos	200
Neumáticos hinchables	500
<b>Departamento de curado:</b>	
Cámara y recubrimiento	500
<b>Inspección final:</b>	
Cámara	500
Recubrimiento	1000
Envoltura	200
Almacén	50
<b>Confección de calzado (cuero):</b>	
<b>Cortado y punteado:</b>	
Mesas de corte	200
<b>Marcado, perforación de ojetes, rascado:</b>	
Materiales claros	200
Materiales oscuros	1000
Selección, empalado y contado	200
<b>Punteado:</b>	
Materiales claros	300
Materiales oscuros	2000
<b>Confección de calzado (Goma):</b>	
Lavado, recubrimiento, mezcla en el molino	100
Barnizado, vulcanizado, calandrado	300
Cortado de la parte superior y de la suela	300
Cilindrado de las suelas, revestimiento	500
Fabricación y procesos de acabado	500
<b>Trabajo de la madera:</b>	
Serrado basto y trabajo de banco	300
Encolado, cepillado, enarenado grueso	500
Trabajo mecánico y de banco de calidad media	500
Trabajo fino mecánico y de banco, acabado	1000
Encolado, revestido, fabricación de barriles	500
Enarenado fino	1000
<b><u>EDIFICIOS AGRICOLAS</u></b>	
Hangares	50
Bodegas	50
Lecheras	50
Nave de preparación de los alimentos del ganado	100
Lavaderos	100
<b>Cuadras:</b>	
Circulación	50
Tráfico	100
Caballerizas, porquerizas y majadas	50
<b>Granjas, graneros, hangares para recolección:</b>	
Alumbrado general	50
Aventar	100
<b>Garajes, cocheras para carros:</b>	
Alumbrado general	50
Reparaciones	200
Gallineros y conejeras	50
<b><u>TRANSPORTE</u></b>	
<b>Estaciones de ferrocarril:</b>	

Salas de espera	100
Anden, vías	50
<b>Venta de billetes:</b>	
Alumbrado general	150
Sobre casilleros distribuidores y taquillas	500
Salas de equipajes	150
Depósitos de máquinas	50
<b>Garajes de automóviles:</b>	
Lavado, engrase, cuidado en general	150
Reparaciones	300
<b>Estaciones de servicio:</b>	
Patios y accesos	200
Surtidores	300
Lavado y reparaciones	300
<b>Hangares de aviones:</b>	
Alumbrado general	300
Entretenimiento y reparaciones	500
<b>Muelles marítimos:</b>	
Viajeros	100
Mercancías	70
<b>Vehículos:</b>	
Aeroplanos	300
Matrículas de automóviles	5
Autobuses	300
<b>Coches de ferrocarril para pasajeros:</b>	
Lectura y escritura	400
Comedor	150
Áreas sociales	150
Bar	100
Estribos y vestíbulos	100
Espejos	50
<b>Coches de ferrocarril para correo:</b>	
Soportes de los sacos de correspondencia	300
Almacenaje de correspondencia	50

## NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

### **Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.**

JAVIER LOZANO ALARCON, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3o., fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 46, 47 fracción IV, 51 cuarto párrafo y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 4o., del 95 al 98 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; 3, 5 y 19 del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

#### CONSIDERANDO

Que con fecha 27 de septiembre de 2005, en cumplimiento de lo previsto por el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo, el Anteproyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana y que el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación;

Que con objeto de cumplir con lo dispuesto en los artículos 69-E y 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, el Anteproyecto correspondiente fue sometido a la consideración de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, la que dictaminó favorablemente en relación al mismo;

Que con fecha 5 de junio de 2008, en cumplimiento del Acuerdo por el que se establecen la organización y Reglas de Operación del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo, y de lo previsto por el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, para quedar como PROY-NOM-025-STPS-2005, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, a efecto de que, dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité;

Que habiendo recibido comentarios de diez promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta dependencia las respuestas respectivas en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 2008, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que derivado de la incorporación de los comentarios presentados al Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, para quedar como PROY-NOM-025-STPS-2005, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, así como de la revisión final del propio proyecto, se realizaron diversas modificaciones con el propósito de dar claridad, congruencia y certeza jurídica en cuanto a las disposiciones que aplican en los centros de trabajo, y

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACION EN LOS CENTROS DE TRABAJO

INDICE

Objetivo

Campo de aplicación

Referencias

Definiciones

Obligaciones del patrón

Obligaciones de los trabajadores

Niveles de iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo

Reconocimiento de las condiciones de iluminación

Evaluación de los niveles de iluminación

Control

Mantenimiento

Reporte del estudio  
Unidades de Verificación y Laboratorios de Prueba  
Procedimiento para la evaluación de la conformidad  
Apéndice A, Evaluación de los niveles de iluminación  
Apéndice B, Evaluación del factor de reflexión  
Vigilancia  
Bibliografía  
Concordancia con normas internacionales

Guía de referencia "I", Métodos para evaluar los niveles de iluminación

### **1. Objetivo**

Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

### **2. Campo de aplicación**

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

### **3. Referencias**

Para la correcta interpretación de esta Norma, debe consultarse la siguiente norma oficial mexicana vigente o la que la sustituya:

NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida.

### **4. Definiciones**

Para efectos de esta Norma, se establecen las definiciones siguientes:

**4.1. Área de trabajo:** es el lugar del centro de trabajo donde normalmente un trabajador desarrolla sus actividades.

**4.2. Autoridad del trabajo, autoridad laboral:** las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.

**4.3. Brillo:** es la intensidad luminosa que una superficie proyecta en una dirección dada, por unidad de área. Se recomienda que la relación de brillos en áreas industriales no sea mayor de 3:1 en el puesto de trabajo y en cualquier parte del campo visual no mayor de 10:1.

**4.4. Centro de trabajo:** todos aquellos lugares tales como edificios, locales, instalaciones y áreas, en los que se realicen actividades de producción, comercialización, transporte y almacenamiento o prestación de servicios, o en el que laboren personas que estén sujetas a una relación de trabajo.

**4.5. Condición crítica de iluminación:** deficiencia de iluminación en el sitio de trabajo o niveles muy altos que bien pueden requerir un esfuerzo visual adicional del trabajador o provocarle deslumbramiento.

**4.6. Deslumbramiento:** es cualquier brillo que produce molestia y que provoca interferencia a la visión o fatiga visual.

**4.7. Iluminación complementaria:** es aquella proporcionada por un alumbrado adicional al considerado en la iluminación general, para aumentar el nivel de iluminación en un área determinada o plano de trabajo.

**4.8. Iluminación especial:** es la cantidad de luz específica requerida para la actividad que conforme a la naturaleza de la misma tenga una exigencia visual elevada mayor de 1000 luxes o menor de 100 luxes, para la velocidad de funcionamiento del ojo (tamaño, distancia y colores de la tarea visual) y la exactitud con que se lleva a cabo la actividad.

**4.9. Iluminación; iluminancia:** es la relación de flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, expresada en luxes.

**4.10. Iluminación localizada:** es aquella proporcionada por un alumbrado diseñado sólo para proporcionar iluminación en un plano de trabajo.

**4.11. Luminaria; luminario:** equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas, que incluye todos los accesorios necesarios para fijar, proteger y operar esas lámparas, y los necesarios para conectarse al circuito de utilización eléctrica.

**4.12. Luxómetro; Medidor de iluminancia:** es un instrumento diseñado y utilizado para medir niveles de iluminación o iluminancia, en luxes.

**4.13. Nivel de iluminación:** cantidad de flujo luminoso por unidad de área medido en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresada en luxes.

**4.14. Plano de trabajo:** es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual generalmente los trabajadores desarrollan su trabajo, con niveles de iluminación específicos.

**4.15. Puntos focales de las luminarias:** es la proyección vertical de la lámpara al plano o área de trabajo con inclinación de 0°, que contiene la dirección del haz de luz.

**4.16. Reflexión:** es la luz que incide en un cuerpo y es proyectada o reflejada por su superficie con el mismo ángulo con el que incidió.

**4.14. Sistema de iluminación:** es el conjunto de luminarias de un área o plano de trabajo, distribuidas de tal manera que proporcionen un nivel de iluminación específico para la realización de las actividades.

**4.15. Tarea visual:** actividad que se desarrolla con determinadas condiciones de iluminación.

#### **5. Obligaciones del patrón**

**5.1.** Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar o poseer.

**5.2.** Contar con los niveles de iluminación en las áreas de trabajo o en las tareas visuales de acuerdo con la Tabla 1 del Capítulo 7.

**5.3.** Efectuar el reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas y puestos de trabajo, según lo establecido en el Capítulo 8.

**5.4.** Contar con el informe de resultados de la evaluación de los niveles de iluminación de las áreas, actividades o puestos de trabajo que cumpla con en los apartados 5.2 y 10.4 de la presente Norma, y conservarlo mientras se mantengan las condiciones que dieron origen a ese resultado.

**5.5.** Realizar la evaluación de los niveles de iluminación de acuerdo con lo establecido en los capítulos 8 y 9.

**5.6.** Llevar a cabo el control de los niveles de iluminación, según lo establecido en el Capítulo 10.

**5.7.** Contar con un reporte del estudio elaborado para las condiciones de iluminación del centro de trabajo, según lo establecido en el Capítulo 12.

**5.8.** Informar a todos los trabajadores, sobre los riesgos que puede provocar un deslumbramiento o un nivel deficiente de iluminación en sus áreas o puestos de trabajo.

**5.9.** Practicar exámenes con periodicidad anual de agudeza visual, campimetría y de percepción de colores a los trabajadores que desarrollen sus actividades en áreas del centro de trabajo que cuenten con iluminación especial.

**5.10.** Elaborar y ejecutar un programa de mantenimiento para las luminarias del centro de trabajo, incluyendo los sistemas de iluminación de emergencia, según lo establecido en el Capítulo 11.

**5.11.** Instalar sistemas de iluminación eléctrica de emergencia, en aquellas áreas del centro de trabajo donde la interrupción de la fuente de luz artificial represente un riesgo en la tarea visual del puesto de trabajo, o en las áreas consideradas como ruta de evacuación que lo requieran.

#### **6. Obligaciones de los trabajadores**

**6.1.** Informar al patrón sobre las condiciones inseguras, derivadas de las condiciones de iluminación en su área o puesto de trabajo.

**6.2.** Utilizar los sistemas de iluminación de acuerdo a las instrucciones del patrón.

**6.3.** Colaborar en las evaluaciones de los niveles de las áreas o puestos de trabajo y observar las medidas de control implementadas por el patrón.

**6.4.** Someterse a los exámenes de la vista que indique el patrón.

#### **7. Niveles de Iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo**

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
**Niveles de Iluminación**

<b>Tarea Visual del Puesto de Trabajo</b>	<b>Area de Trabajo</b>	<b>Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)</b>
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20

En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales:	2,000

	e bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; exactas y muy prolongadas, y muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	
--	---	--

## 8. Reconocimiento de las condiciones de iluminación

**8.1.** El propósito del reconocimiento es identificar aquellas áreas del centro de trabajo y las tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo, asimismo, identificar aquellas donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento.

Para lo anterior, se debe realizar un recorrido por todas las áreas del centro de trabajo donde los trabajadores realizan sus tareas visuales, y considerar, en su caso, los reportes de los trabajadores, así como recabar la información técnica.

**8.2.** Para determinar las áreas y tareas visuales de los puestos de trabajo debe recabarse y registrarse la información del reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas de trabajo, así como de las áreas donde exista una iluminación deficiente o se presente deslumbramiento y, posteriormente, conforme se modifiquen las características de las luminarias o las condiciones de iluminación del área de trabajo, con los datos siguientes:

Distribución de las áreas de trabajo, del sistema de iluminación (número y distribución de luminarias), de la maquinaria y del equipo de trabajo;

Potencia de las lámparas;

Descripción del área iluminada: colores y tipo de superficies del local o edificio;

Descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo, de acuerdo con la Tabla 1 del Capítulo 7;

Descripción de los puestos de trabajo que requieren iluminación localizada, y

La información sobre la percepción de las condiciones de iluminación por parte del trabajador al patrón.

## 9. Evaluación de los niveles de iluminación

**9.1.** A partir de los registros del reconocimiento, se debe realizar la evaluación de los niveles de iluminación en las áreas o puestos de trabajo de acuerdo con lo establecido en el Apéndice A.

**9.1.1.** Determinar el factor de reflexión en el plano de trabajo y paredes que por su cercanía al trabajador afecten las condiciones de iluminación, según lo establecido en el Apéndice B, y compararlo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la Tabla 2.

**Tabla 2**  
**Niveles Máximos Permisibles del Factor de Reflexión**

Concepto	Niveles Máximos Permisibles de Reflexión, Kf
Paredes	60%
Plano de trabajo	50%

Nota: Se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de la reflexión (Kf) supere los valores establecidos en la Tabla 2.

**9.1.2.** La evaluación de los niveles de iluminación debe realizarse en una jornada laboral bajo condiciones normales de operación, se puede hacer por áreas de trabajo, puestos de trabajo o una combinación de los mismos.

## 10. Control

**10.1.** Si en el resultado de la evaluación de los niveles de iluminación se detectaron áreas o puestos de trabajo que deslumbren al trabajador, se deben aplicar medidas de control para evitar que el deslumbramiento lo afecte.

**10.2.** Si en el resultado de la medición se observa que los niveles de iluminación en las áreas de trabajo o las tareas visuales están por debajo de los niveles indicados en la Tabla 1 del Capítulo 7 o que los factores de reflexión estén por encima de lo establecido en la Tabla 2 del Capítulo 9, se deben adoptar las medidas de control necesarias, entre otras, dar mantenimiento a las luminarias, modificar el sistema de iluminación o su distribución y/o instalar iluminación complementaria o localizada. Para esta última medida de control, en donde se requiera una mayor iluminación, se deben considerar los siguientes aspectos:

Evitar el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador;

Seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores;

Evitar bloquear la iluminación durante la realización de la actividad, y  
Evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación.

**10.3.** Se debe elaborar y cumplir un programa de medidas de control a desarrollar, considerando al menos las previstas en 10.2.

**10.4.** Una vez que se han realizado las medidas de control, se tiene que realizar una evaluación para verificar que las nuevas condiciones de iluminación cumplen con lo establecido en la presente Norma.

### **11. Mantenimiento**

En el mantenimiento de las luminarias se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

La limpieza de las luminarias;

La ventilación de las luminarias;

El reemplazo de las luminarias cuando dejen de funcionar, o después de transcurrido el número predeterminado de horas de funcionamiento establecido por el fabricante;

Los elementos que eviten el deslumbramiento directo y por reflexión, así como el efecto estroboscópico, y

Los elementos de preencendido o de calentamiento.

### **12. Reporte del estudio**

**12.1.** Se debe elaborar y mantener un reporte que contenga la información recabada en el reconocimiento, los documentos que lo complementen y los datos obtenidos durante la evaluación, con al menos la información siguiente:

El informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación de los niveles de iluminación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo;

La distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición;

Los resultados de la evaluación de los niveles de iluminación indicando su incertidumbre;

La comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en las Tablas 1 y 2 de los Capítulos 7 y 9, respectivamente;

La hora en que se efectuaron las mediciones;

El programa de mantenimiento;

La copia del documento que avale la calibración del luxómetro expedida por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y que cumpla con las disposiciones estipuladas en esta Norma;

La conclusión técnica del estudio;

Las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación;

Nombre y firma del responsable del estudio, y

Los resultados de las evaluaciones hasta cumplir con lo establecido en las Tablas 1 y 2 de los Capítulos 7 y 9, respectivamente.

### **13. Unidades de Verificación y Laboratorios de Prueba**

**13.1.** El patrón tendrá la opción de contratar una unidad de verificación o un laboratorio de pruebas, acreditados y aprobados, en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y su Reglamento, para verificar el grado de cumplimiento con la presente Norma.

**13.2.** Unidades de verificación y laboratorios de pruebas contratados a petición de parte deben verificar el grado de cumplimiento de acuerdo con lo establecido en el procedimiento para la evaluación de la conformidad.

**13.3.** La vigencia del dictamen de verificación cuando éste sea favorable, será de dos años, y el informe de resultados será válido y se conservará siempre y cuando, se mantengan las condiciones que dieron origen al resultado de la evaluación.

**13.4.** Los laboratorios de pruebas sólo podrán evaluar lo establecido en los Capítulos 8 y 9 de la presente Norma.

**13.5.** Las unidades de verificación deben entregar al patrón el dictamen de verificación favorable cuando se hayan cubierto los requerimientos de la presente Norma Oficial Mexicana.

### **14. Procedimiento para la evaluación de la conformidad**

**14.1.** Generalidades.

**14.2.** Este procedimiento para la evaluación de la conformidad aplica en las visitas de inspección desarrolladas por la autoridad laboral, y en las visitas de verificación que realicen las unidades de verificación.

**14.3.** Para obtener el directorio vigente de las unidades de verificación que están aprobadas ante la dependencia y pueden extender el dictamen de conformidad con esta Norma Oficial Mexicana,

podrán ingresar a la página de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, vía Internet en la dirección: [www.stps.gob.mx](http://www.stps.gob.mx).

**14.1.1.** El interesado que obtuvo la evaluación de la conformidad con la presente Norma a través de una unidad de verificación, debe conservar el dictamen de verificación y tenerlo a la disposición de la autoridad del trabajo cuando ésta lo solicite de acuerdo a lo establecido en el apartado 13.5.

**14.1.2.** Los aspectos a verificar durante la evaluación de la conformidad que son aplicables mediante la constatación física o documental, o a través de entrevista, son:

Disposición	Comprobación	Criterios de aceptación	Observaciones
5.2.	Física	El patrón cumple cuando derivado de un recorrido por el centro de trabajo, se comprueba que para las tareas por puesto o área de trabajo, los niveles de iluminación corresponden a los de la Tabla 1 del Capítulo 7.	La evidencia es la evaluación de la iluminación de las tareas visuales del puesto de trabajo o áreas de trabajo comparadas con la Tabla 1 del Capítulo 7.
5.3.	Documental	El patrón cumple cuando: presenta el registro de la información recopilada en el reconocimiento de las áreas y puestos de trabajo. El registro contiene al menos la siguiente información técnica y administrativa que haya servido al patrón para seleccionar las áreas y puestos de trabajo evaluadas: Distribución de las áreas de trabajo, del sistema de iluminación (número y distribución de luminarias), así como de la maquinaria y equipo; Potencia de las lámparas; Descripción del área iluminada: colores y tipo de superficies del local o edificio; Descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo de acuerdo con la Tabla 1 del Capítulo 7, y Descripción de los puestos de trabajo que requieren iluminación localizada.	El reconocimiento aplica para aquellas áreas o tareas visuales que de acuerdo a la Tabla 1 del Capítulo 7. El requerimiento podrá ser realizado por un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado.
5.4. y 5.5.	Documental	El patrón cumple cuando: presenta las evidencias de la evaluación de los niveles de iluminación de las áreas y puestos de trabajo, y la evaluación se realizó de acuerdo a los Capítulos 8 y 9, así como con el apartado 10.4	La evaluación aplica para aquellas áreas o tareas visuales que de acuerdo a la Tabla 1 del Capítulo 7. El documento que se puede presentar es el mismo que se genera al cumplir el Capítulo 12 (reporte del estudio).

5.6.	Documental	<p>El patrón cumple cuando:</p> <p>derivado de la evaluación no se identificaron deficiencias o excesos de iluminación en las áreas o puestos de trabajo, por lo que no se aplicaron medidas de control.</p> <p>derivado de la evaluación se identificaron deficiencias o excesos de iluminación en las áreas o puestos de trabajo, se aplicaron las siguientes medidas de control:</p> <p>Proporcionó mantenimiento a las luminarias;</p> <p>Modificó el sistema de iluminación o su distribución;</p> <p>En su caso, instaló la iluminación complementaria o localizada, y</p> <p>Derivado del criterio anterior presenta evidencias de una nueva evaluación donde se constata que las nuevas condiciones de iluminación cumplen con lo establecido en la presente Norma.</p>	<p>Los aspectos a considerar para las medidas de control, pueden ser:</p> <p>Evitar el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador;</p> <p>Seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores;</p> <p>Evitar bloquear la iluminación durante la realización de la actividad, y</p> <p>Evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación.</p> <p>Los dos últimos criterios de aceptación sólo aplicarán cuando el patrón determine que requiere de iluminación complementaria o localizadas</p>
------	------------	---	--

5.7.	Documental	<p>El patrón cumple cuando presenta el reporte del estudio, con al menos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Informe descriptivo de las condiciones normales de operación, en las cuales se realizó la evaluación de los niveles de iluminación, incluyendo las descripciones del proceso, instalaciones, puestos de trabajo y el número de trabajadores expuestos por área y puesto de trabajo;</li> <li>La distribución del área evaluada, en el que se indique la ubicación de los puntos de medición;</li> <li>Los resultados de la evaluación de los niveles de iluminación indicando su incertidumbre;</li> <li>La comparación e interpretación de los resultados obtenidos, contra lo establecido en las Tablas 1 y 2 de los Capítulos 7 y 9 respectivamente;</li> <li>La hora en que se efectuaron las mediciones;</li> <li>El programa de mantenimiento;</li> <li>Una copia del documento que avale la calibración del luxómetro expedida por un laboratorio acreditado y aprobado conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y que cumpla con las disposiciones estipuladas en esta Norma;</li> <li>La conclusión técnica del estudio;</li> <li>Las medidas de control a desarrollar y el programa de implantación;</li> <li>El nombre y firma del responsable del estudio;</li> <li>Los resultados de las evaluaciones hasta cumplir con lo establecido en las Tablas 1 y 2 de los Capítulos 7 y 9, respectivamente.</li> </ul>	El estudio podrá ser realizado por un laboratorio de pruebas acreditado y aprobado.
5.8.	Documental o Entrevista	<p>El patrón cumple cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Exhibe las evidencias con los elementos y/o mecanismos de difusión para dar a conocer los riesgos a los trabajadores de las áreas o puestos de trabajo con iluminación deficiente, excesiva o que provoque deslumbramiento, o</li> <li>Realizar la(s) entrevista(s) al personal del centro de trabajo involucrado en las áreas o puestos de trabajo, se constata que identifican los riesgos relacionados con iluminación deficiente, excesiva o que provoque deslumbramiento.</li> </ul>	La iluminación permite un desarrollo eficiente y confortable en las tareas visuales es un auxilio para el trabajo seguro y apoya en las acciones de emergencia (evacuación).

5.9.	Documental	El patrón cumple cuando presenta los exámenes médicos visuales realizados a los trabajadores para agudeza visual, campimetría y de percepción de colores, con una periodicidad anual.	Esta disposición aplica para los casos en que los trabajadores desarrollen sus actividades en zonas identificadas como de alto riesgo, cuyas actividades tengan una exigencia visual elevada. El médico puede ser interno o externo como lo establece la NOM-030-STPS-2006.
5.10.	Documental	El patrón cumple cuando presenta un programa de mantenimiento que contenga al menos: La limpieza de las luminarias; La ventilación de las luminarias; El reemplazo de las luminarias cuando dejen de funcionar, o después de transcurrido el número predeterminado de horas de funcionamiento establecido por el fabricante; Los elementos que eviten el deslumbramiento directo y por reflexión, así como el efecto estroboscópico, y Los elementos de preencendido o de calentamiento.	
5.11.	Física	El patrón cumple cuando, derivado de un recorrido por las instalaciones del centro de trabajo, identifica que existen los sistemas de iluminación de emergencia y éstos están funcionando.	Las lámparas de emergencia pueden estar colocadas en donde la interrupción de la fuente de luz artificial represente un riesgo en la tarea visual del puesto de trabajo o en las áreas consideradas como ruta de evacuación.

**Nota:** Las evidencias documentales se pueden presentar por escrito o, en medios magnéticos o electrónicos.

**14.1.3.** Las unidades de verificación no deben realizar las siguientes actividades para la empresa evaluada:

Diagnóstico, análisis de riesgos, programas o procedimientos, y  
Proporcionar capacitación a los trabajadores.

#### **APENDICE A EVALUACION DE LOS NIVELES DE ILUMINACION**

##### **A.1. Objetivo**

Evaluar los niveles de iluminación en las áreas y puestos de trabajo seleccionados.

##### **A.2. Metodología**

De acuerdo con la información obtenida durante el reconocimiento, se establecerá la ubicación de los puntos de medición de las áreas de trabajo seleccionadas, donde se evaluarán los niveles de iluminación.

**A.2.1.** Cuando se utilice iluminación artificial, antes de realizar las mediciones, se debe de cumplir con lo siguiente:

Encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo de luz se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas. Cuando las lámparas fluorescentes se encuentren montadas en luminarias cerradas, el periodo de estabilización puede ser mayor;

En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición, y

Los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.

**A.2.2.** Cuando se utilice exclusivamente iluminación natural, se debe realizar al menos las mediciones en cada área o puesto de trabajo de acuerdo con lo siguiente:

Cuando no influye la luz natural en la instalación ni el régimen de trabajo de la instalación, se deberá efectuar una medición en horario indistinto en cada puesto o zona determinada, independientemente de los horarios de trabajo en el sitio;

Cuando sí influye la luz natural en la instalación, el turno en horario diurno (sin periodo de oscuridad en el turno o turnos) y turnos en horario diurno y nocturnos (con periodo de oscuridad en el turno o turnos), deberán efectuarse 3 mediciones en cada punto o zona determinada distribuidas en un turno de trabajo que pueda presentar las condiciones críticas de iluminación de acuerdo a lo siguiente:

Una lectura tomada aproximadamente en la primera hora del turno;

Una lectura tomada aproximadamente a la mitad del turno, y

Una lectura tomada aproximadamente en la última hora del turno.

Cuando sí influye la luz natural en la instalación y se presentan condiciones críticas, efectuar una medición en cada punto o zona determinada en el horario que presente tales condiciones críticas de iluminación.

**A.2.3.** Ubicación de los puntos de medición.

Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo, de tal manera que describan el entorno ambiental de la iluminación de una forma confiable, considerando: el proceso de producción, la clasificación de las áreas y puestos de trabajo, el nivel de iluminación requerido en base a la Tabla 1 del Capítulo 7, la ubicación de las luminarias respecto a los planos de trabajo, el cálculo del índice de áreas correspondiente a cada una de las áreas, la posición de la maquinaria y equipo, así como los riesgos informados a los trabajadores.

**A.2.3.1.** Las áreas de trabajo se deben dividir en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo establecido en la columna A (número mínimo de zonas a evaluar) de la Tabla A1, y realizar la medición en el lugar donde haya mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de cada una de estas zonas; en caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, se debe considerar el número de zonas de evaluación de acuerdo a lo establecido en la columna B (número mínimo de zonas a considerar por la limitación) de la Tabla A1. En caso de coincidir nuevamente el centro geométrico de cada zona de evaluación con la ubicación del punto focal de la luminaria, se debe mantener el número de zonas previamente definido.

**Tabla A1**  
**Relación entre el Índice de Área y el número de Zonas de Medición**

<b>Índice de área</b>	<b>A) Número mínimo de zonas a evaluar</b>	<b>B) Número de zonas a considerar por la limitación</b>
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$3 \leq IC$	25	30

El valor del índice de área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación siguiente:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)}$$

Donde:

IC = índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

En donde x es el valor de índice de área (IA) del lugar, redondeado al entero superior, excepto que para valores iguales o mayores a 3 el valor de x es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

En pasillos o escaleras, el plano de trabajo por evaluar debe ser un plano horizontal a 75 cm ± 10 cm, sobre el nivel del piso, realizando mediciones en los puntos medios entre luminarias contiguas.

**A.2.4.** En el puesto de trabajo se debe realizar al menos una medición en cada plano de trabajo, colocando el luxómetro tan cerca como sea posible del plano de trabajo y tomando precauciones para no proyectar sombras ni reflejar luz adicional sobre el luxómetro.

### **A.3. Instrumentación**

**A.3.1.** Se debe usar un luxómetro que cuente con:

Detector para medir iluminación;

Corrección cosenoidal;

Corrección de color, detector con una desviación máxima de ± 5% respecto a la respuesta espectral fotópica, y

Exactitud de ± 5% (considerando la incertidumbre por calibración).

**A.3.2.** Se debe verificar el luxómetro antes y después de iniciar una evaluación conforme lo establezca el fabricante y evitar bloquear la iluminación durante la realización de la evaluación.

**A.3.3.** El luxómetro deberá contar con el certificado de calibración de acuerdo a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Las lecturas serán válidas mientras los resultados obtenidos en el luxómetro no cambien de acuerdo con los requisitos establecidos en los párrafos siguientes:

**A.3.3.1.** Debe asegurarse que se cumpla con el inciso d) de la sección A.3.1., ya que la calibración no implica el ajuste del instrumento y por tanto, por sí sola, no garantiza que se realicen las mediciones con la exactitud requerida. Debido a lo anterior se deberá verificar y registrar en el informe el error que comete el instrumento y aplicar el factor de corrección si es necesario, además de corregir los resultados de la medición.

**A.3.3.2** Cuando el luxómetro tenga variaciones en la coincidencia de sus lecturas se debe someter para su certificación al laboratorio.

La forma de respaldar la veracidad del luxómetro será a través del registro de mediciones realizadas midiendo los niveles de iluminación que produce una lámpara incandescente, que únicamente será utilizada para este fin, a distancias conocidas. Las lecturas obtenidas durante la verificación deberán coincidir con las lecturas de referencia que deberán haber sido obtenidas al momento de que se recibió el luxómetro después de su certificación, una vez que se haya aplicado el factor de corrección reportado en el certificado.

**A.3.3.3.** El reporte de verificación debe contener la fecha de su realización, la intensidad de corriente a la que se operó la lámpara incandescente, las condiciones ambientales al momento de la verificación, las distancias a las cuales se midieron los niveles de iluminación y los valores de iluminancia indicados por el instrumento para cada distancia.

**A.3.3.4.** En caso de que el luxómetro haya sufrido una caída, se le dio uso rudo o estuvo expuesto a condiciones extremas de temperatura y humedad, se debe someter a una nueva verificación y elaborar el reporte de verificación.

## **APENDICE B EVALUACION DEL FACTOR DE REFLEXION**

### **B.1 Objetivo**

Evaluar el factor de reflexión de las superficies en áreas y puestos de trabajo seleccionados.

### **B.2 Metodología**

Los puntos de medición deben ser los mismos que se establecen en el Apéndice A.

#### **B.2.1 Cálculo del factor de reflexión de las superficies:**

Se efectúa una primera medición (E1), con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie, a una distancia de 10 cm ± 2 cm, hasta que la lectura permanezca constante;

La segunda medición (E2), se realiza con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie, con el fin de medir la luz incidente, y

El factor de reflexión de la superficie (K<sub>f</sub>) se determina con la ecuación siguiente:

$$K_f = \frac{E_1}{E_2} (100)$$

## **15. Vigilancia**

La vigilancia en el cumplimiento de la presente Norma, corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

## **16. Bibliografía**

**16.1.** Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992, México.

**16.2.** Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 21 de enero de 1997, México.

**16.3.** Conocimientos Básicos de Higiene y Seguridad en el Trabajo, Ruiz Iturregui, José Ma., Editorial Deusto, 1978, Madrid, España.

**16.4.** Encyclopedia of Occupational Health and Safety, International Labour Office, Geneva. Third Edition 1983, Fourth Impresion, 1991.

**16.5.** Física General, Zemanski, Mark W., Sears, Francis W. Editorial Aguilar, 1966, México.

**16.6.** Guide on Interior Lighting, 2o. Edition, International Commission on Illumination. CIE 29.2 86, 1998, Vienna, Austria.

**16.7.** I.E.S. Lighting Handbook. 1995, Illuminating Engineering, Society, USA.

**16.8.** Iluminación Interna, Vittorio Re. Editorial Marcombo, S.A., 1979, Barcelona, España.

**16.9.** Luminotecnia, Enciclopedia CEAC de Electricidad. Dr. Ramírez V., José, Editorial CEAC, S.A., 1972, México.

**16.10.** Manual de Ingeniería, Perry, J.H.; Perry, R.H. Editorial Labor, S.A., 1966, Madrid, España.

**16.11.** Manual del Alumbrado, Westinghouse. Editorial Dossat, S.A., 1985, Madrid, España.

**16.12** Principios de Iluminación y Niveles de Iluminación en México. Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación, Asociación Civil. Revista Ingeniería de Iluminación, mayo-junio 1967, México.

**16.13.** The Industrial Environment. Its Evaluation & Control. U.S. Department of Health, Education, and Welfare Public Health Service; Center for Disease Control; National Institute for Occupational Safety and Health, 1973, USA.

**16.14.** Iluminación interna, el instalador cualificado, Vottirio Re, Editorial Marcombo, Boixareu Editores 1979, Barcelona, España.

**16.15.** Técnicas de iluminación en fotografía y cinematografía, Bernal Francisco, Omega, 2003 Barcelona.

#### **17. Concordancia con normas internacionales**

Esta Norma no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración.

#### **TRANSITORIOS**

**Primero.** La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los dos meses posteriores a su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

**Segundo.** Durante el lapso señalado en el artículo anterior, los patrones cumplirán con la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, y en su caso, realizarán las adaptaciones para observar las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana y, en este último caso, las autoridades del trabajo proporcionarán a petición de los patrones interesados, asesoría y orientación para instrumentar su cumplimiento, sin que los patrones se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento de la Norma vigente.

**Tercero.** Con la entrada en vigor de la presente Norma se cancela la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 23 de diciembre de 1999.

Dado en la Ciudad de México, a los veintinueve días del mes de diciembre de dos mil ocho.- El Secretario del Trabajo y Previsión Social, **Javier Lozano Alarcón**.- Rúbrica.

#### **GUÍA DE REFERENCIA "I"**

##### **MÉTODOS PARA EVALUAR LOS NIVELES DE ILUMINACION**

El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de la Norma y no es de cumplimiento obligatorio.

##### **MÉTODO IES**

Se utiliza para evaluar el nivel de iluminación promedio en el área de trabajo, con base en la geometría del área y la disposición de las luminarias, cuando:

El área sea regular y las luminarias se hallen simétricamente espaciadas en dos o más filas.

El área sea regular con una luminaria colocada simétricamente.

El área sea regular con una fila de luminarias.

El área sea regular con una o más lámparas continuas.

El área es regular con una fila de luminarias continuas.

El área es regular con techo luminoso.

Con este método, las mediciones se toman en unos pocos puntos del lugar de trabajo considerado representativo de las mediciones que podrían llevarse a cabo en otros puntos de igual condición, con base en la regularidad del área del lugar y la simetría en la distribución de las luminarias.

### METODO DE LA CONSTANTE DEL SALON

Se utiliza para evaluar el nivel de iluminación promedio en el lugar de trabajo a partir de cierto número de mediciones y puntos de medición en función de la constante del salón, K, que viene dada por donde L es el largo del salón, A el ancho y h la altura de las luminarias sobre el plano útil.

$$K = (A * L) / [h (A + L)]$$

Constante del Salón	No. Mínimo de Puntos de Medición
< 1	4
1 y < 2	9
2 y < 3	16
3	25

### DETERMINACION DE LA ILUMINACION PROMEDIO (Ep):

Cuando se realizan mediciones con el propósito de verificar los valores correspondientes a una instalación nueva, se deben tomar las precauciones necesarias para que las evaluaciones se lleven a cabo en condiciones apropiadas (tensión nominal de alimentación, temperatura ambiente, elección de lámparas, etc.) o para que las lecturas del medidor de iluminancia se corrijan teniendo en cuenta estas condiciones.

El cálculo del nivel promedio de iluminación para el método de la constante del salón, se realiza con la siguiente expresión:

$$E_p = 1/N (E_i)$$

Donde:

Ep = Nivel promedio en lux.

Ei = Nivel de iluminación Medido en lux en cada punto.

N = Número de medidas realizadas.

Método de evaluación en plano de trabajo: aplicable a tareas específicas, en especial aquellas que requieren niveles mayores de iluminación por la dificultad del tamaño, contraste y tiempo de la tarea.

**DOF: 30/12/2008**

## Bibliografía

- Campero, N. B. (s.f.). *Instalaciones Eléctricas (conceptos básicos y diseño)*. Alfaomega.
- Carreón, J. C. (2004). *Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría*. LIMUSA.
- Dr. Ignacio Almaraz Rodríguez, D. D. (2012). *Formulación y evaluación de proyectos de inversión*. Probooks.
- Fetters, J. L. (2009). *Applied Illumination Engineering*. CRC Press.
- Frier, J. P. (s.f.). *Sistemas de Iluminación Industriales*. Limusa.
- Helms, R. N. (1980). *Illumination Engineering for Energy Efficient Luminous Environments*. Prentice-Hall.
- <http://astrojem.com>. (s.f.). Obtenido de [https://www.google.com.mx/search?biw=1366&bih=634&noj=1&tbm=isch&sa=1&q=espectro+electromagnetico+de+la+luz+visible&oq=espectro+electromagnetico+de+luz+&gs\\_l=img.3.0.0i8i30l3.59165.60914.0.62087.8.8.0.0.0.161.705.6j1.7.0...0...1c.1.64.img..1.7.70.0.eDQ](https://www.google.com.mx/search?biw=1366&bih=634&noj=1&tbm=isch&sa=1&q=espectro+electromagnetico+de+la+luz+visible&oq=espectro+electromagnetico+de+luz+&gs_l=img.3.0.0i8i30l3.59165.60914.0.62087.8.8.0.0.0.161.705.6j1.7.0...0...1c.1.64.img..1.7.70.0.eDQ)
- <http://elcomercio.pe>. (s.f.). Obtenido de <http://elcomercio.pe>: [http://elcomercio.pe/ciencias/planeta/california-le-dice-adios-focos-incandescentes-noticia-703301?ref=flujo\\_tags\\_241031&ft=nota\\_7&e=titulo](http://elcomercio.pe/ciencias/planeta/california-le-dice-adios-focos-incandescentes-noticia-703301?ref=flujo_tags_241031&ft=nota_7&e=titulo)
- <http://elcuerpodehumano.blogspot.mx>. (s.f.). Obtenido de <http://elcuerpodehumano.blogspot.mx>: <http://elcuerpodehumano.blogspot.mx/2012/06/dibujo-del-ojo-humano-y-sus-partes.html>
- <http://es.dreamstime.com>. (s.f.). Obtenido de <http://es.dreamstime.com/>: <http://es.dreamstime.com/stock-de-ilustraci%C3%B3n-nuevo-tipo-de-bulbos-del-led-evoluci%C3%B3n-de-la-protecci%C3%B3n-del-medio-ambiente-de-la-iluminaci%C3%B3n-ahorro-de-energ%C3%ADa-y-image47541919>
- <http://mis-bombillas.com>. (s.f.). Obtenido de <http://mis-bombillas.com>: [http://mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Thorn-Emi\\_MBU\\_125W.htm](http://mis-bombillas.com/Mis-Bombi-Web/Thorn-Emi_MBU_125W.htm)
- <http://nikypaz.blogspot.mx>. (s.f.). Obtenido de <http://nikypaz.blogspot.mx>: <http://nikypaz.blogspot.mx/2009/04/esferas-con-luz-y-sombra.html>
- <http://plantate.com.uy>. (s.f.). Obtenido de <http://plantate.com.uy>: <http://plantate.com.uy/index.php?route=product/category&path=59>
- <http://www.insht.es>. (s.f.). Obtenido de <http://www.insht.es>: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias\\_Ev\\_Riesgos/ComprobacionErgonomica/Iluminacion/78.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/Guias_Ev_Riesgos/ComprobacionErgonomica/Iluminacion/78.pdf)
- <http://www.osram.es>. (s.f.). Obtenido de <http://www.osram.es>: [http://www.osram.es/osram\\_es/noticias-y-conocimiento/lamparas-fluorescentes-compactas/index.jsp](http://www.osram.es/osram_es/noticias-y-conocimiento/lamparas-fluorescentes-compactas/index.jsp)
- <http://www.solmad.com>. (s.f.). Obtenido de <http://www.solmad.com>: [http://www.solmad.com/?page\\_id=875](http://www.solmad.com/?page_id=875)
- <http://www.solmad.com/>. (s.f.). Obtenido de <http://www.solmad.com>: [http://www.solmad.com/?page\\_id=875](http://www.solmad.com/?page_id=875)
- <https://portal.ins-cr.com>. (s.f.). Obtenido de <https://portal.ins-cr.com>: [https://portal.ins-cr.com/NR/rdonlyres/4C61D4EA-159E-4E68-A111-6D2BAECB2F40/5343/1007802\\_FolletoManualPantallas\\_WEB.pdf](https://portal.ins-cr.com/NR/rdonlyres/4C61D4EA-159E-4E68-A111-6D2BAECB2F40/5343/1007802_FolletoManualPantallas_WEB.pdf)
- I.E.S.N.A. (2011). *Lighting Handbook* (10 ed.). IES.
- JOHNSON, J. D. (1998). *FISICA*. MEXICO: LIMUSA.
- Lesur, L. (2009). *Manual de Iluminación* (1 ed.). Trillas.

Re, V. (1989). *Iluminación Interna*. MARCOMBO.  
S.A., H. (2000). *Catalogo Comercial*.  
Viloria, J. R. (2007). *Alumbrado Eléctrico y sus Instalaciones*. Creaciones Copyright.  
Westinghouse. (1972). *Manual de alumbrado*. Madrid: DOSSAT S.A.  
Westinghouse. (2000). *Manual de Alumbrado*. Dossat 2000.