



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico del Istmo

TEMA:

**“SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA ALMACENES COMERCIALES:
ANÁLISIS Y DISEÑO.”**

**TESIS PROFESIONAL
TITULACIÓN INTEGRAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO**

PRESENTA:

HIRAM JOVANNI OROZCO MORALES

HCA. CD. DE JUCHITÁN DE ZARAGOZA, OAXACA. MARZO DEL 2019



Carretera Panamericana Km. 821, C.P. 70000, Hca.Cd. de Juchitán de Zaragoza, Oax.
Conmutador: (971) 7111042, 71 12559, Fax ext. 101
www.itistmo.edu.mx e-mail: dirección@itistmo.edu.mx dir_itistmo@dggest.gob.mx





SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO
Instituto Tecnológico del Istmo

Heroica Ciudad de Juchitán de Zaragoza, Oax. **11 – Diciembre – 2018**

**DEPTO.: DIV. DE ESTUDIOS
PROFESIONALES.
No. DE OFICIO DEP-45/18**

ASUNTO: Se autoriza Impresión de
Trabajo Profesional.

C. HIRAM JOVANNI OROZCO MORALES
PASANTE DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA
P R E S E N T E.

De acuerdo con el reglamento de Titulación y habiendo cumplido con todos los requisitos e indicaciones que la Comisión Revisora le hizo con respecto a su Trabajo Profesional, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le autoriza la impresión del mismo, cuyo tema es: **SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PARA ALMACENES COMERCIALES: ANALISIS Y DISEÑO.**

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

“Por una tecnología propia como principio de libertad”

Roberto Ángeles Castillejos
**LIC. ROBERTO ÁNGELES CASTILLEJOS
JEFE DE LA DIV. DE ESTS. PROFESIONALES**



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO
del Istmo
DIV. DE ESTS. PROFESIONALES
JUCHITÁN, OAX.

C.c.p. Coordinación de Titulación

RAC/MCLP/cgb



Carretera Panamericana Km. 821, C.P. 70000, Hca. Cd. de Juchitán de Zaragoza, Oax.
Conmut. (971) 71-11042, 71-12559, Fax (ext.) 101
www.itistmo.edu.mx





Instituto Tecnológico Del Istmo
"Por una tecnología propia como principio de libertad"

Liberación de Proyecto para la Titulación Integral

Código:
FR-ITISTMO-7.5.1-
08-06
Versión:
Rev. 1

Lugar y fecha: Juchitán de Zaragoza Oax. A 11 de dic. Del 2018

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. Lic. Roberto Ángeles Castillejos.
Jefe(a) de la División de Estudios Profesionales
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre del estudiante y/o egresado:	Hiram Jovanni Orozco morales
Carrera:	Ingeniería eléctrica
No. de control:	10190581
Nombre del proyecto:	Sistemas de iluminación para almacenes comerciales: análisis y diseño.
Producto:	Tesis profesional

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Ing. Jesús Jiménez Gtz.

Nombre y firma del (de la) Jefe(a) de Departamento Académico

SECRETARIA DE EDUCACION PUBLICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO del Istmo
JUCHITÁN OAX
Depto. de Ing. Eléctrica

Ing. Efraín de la Cruz Sánchez	Ing. Jorge Peralta Orozco	Dr. Isidro Castillo Toledo
Nombre y firma del asesor	Nombre y firma del revisor*	Nombre y firma del revisor*

* Solo aplica para el caso de tesis o tesina

c.c.p.- Expediente.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primeramente a Dios por permitirme este momento tan significativo para mí, es una meta más que he alcanzado en mi vida y por darme la oportunidad de tener a las personas más importantes en mi vida. por el apoyo incondicional y moral de cada uno de ellos. Sin todos ustedes yo habría tomado otro rumbo en mi vida.

Agradezco a mis padres:

Sr. Aquiles Orozco Altamirano

Sra. María Luisa Morales Matus

Por las enseñanzas y consejos de cada uno de ellos, entendí que sin sacrificios no hay recompensa, y que las cosas uno mismo tiene que ganárselas. Ellos siempre fueron, son y serán el motor en mi vida. Muchísimas gracias.

Agradezco a mis hermanos:

Aquiles y Norma Dalila.

Quienes, con su orgullo hacia mí, me ayudaron a llenarme de energía y no permitir que decayera en ningún momento de mi vida y fueron una pieza clave para el desarrollo de este trabajo.

Agradezco al Ing. Luis Ángel Uicab gracias por sus palabras y sus consejo, me fueron de gran utilidad y el apoyo incondicional para conmigo, gracias.

CONTENIDO

	Pág.
ACRÓNIMOS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	1
LISTA DE TABLAS.....	2
RESUMEN.....	3

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Sistema eléctrico de potencia.....	4
1.2 Objetivo del trabajo.....	7
1.3 Estructura del trabajo.....	8

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE ALUMBRADO

2.1 Introducción al diseño de un sistema de iluminación.....	9
2.2 Clasificación de las luminarias.....	10
2.2.1 Luminaria indirecta.....	10
2.2.2 Luminaria semi-indirecta.....	11
2.2.3 Luminaria general difusa (directa-indirecta).....	11
2.2.4 Luminaria semi-directa.....	12
2.2.5 Luminaria directa.....	12
2.3 Métodos de alumbrado.....	13
2.3.1 Alumbrado general.....	13
2.3.2 Alumbrado general localizado.....	14
2.3.3 Alumbrado suplementario.....	15
2.4 Métodos de cálculo.....	15
2.4.1 Método de los lúmenes.....	16
2.4.1.1 Determinación del nivel luminoso requerido.....	17
2.4.1.2 Determinación del coeficiente de utilización.....	27
2.4.1.3 Determinación del factor de conservación o pérdidas de luz.....	40
2.4.1.4 Cálculo del número de lámparas y luminarias requeridas.....	43
2.4.1.5 Fijación del emplazamiento de las luminarias.....	44

CAPÍTULO III

ELEMENTOS PARA EL PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

3.1 Introducción.....	46
3.2 Tipos de sistemas eléctricos de distribución.....	47
3.2.1 Sistema monofásico (1 ϕ – 2H).....	47
3.2.2 Sistema monofásico a tres hilos (2 ϕ – 3H).....	49
3.2.3 Sistema trifásico (3 ϕ – 3H).....	50
3.2.4 Sistema trifásico a cuatro hilos (3 ϕ – 4H).....	52
3.3 Circuitos derivados para alumbrado.....	53
3.4 Porcentaje de desbalanceo entre fases.....	55
3.5 Localización del centro de carga.....	55
3.6 Conductores eléctricos.....	56
3.7 Canalizaciones eléctricas.....	64

CAPÍTULO IV

EJEMPLO DE APLICACIÓN

4.1 Diseño de iluminación para un almacén comercial.....	68
CONCLUSIONES.....	88
REFERENCIAS.....	89

ACRÓNIMOS

A.W.G.	Américan Wire Gage
C.B.M	Certified Ballast Manufactures
R.C.L	Relación de la Cavidad del Local
C.U	Coeficiente de Utilización
S.E.P	Sistema Eléctrico de Potencia
M.C.M	Mil Circular Mil
C.A	Corriente Alterna
R.C	Relación de la Cavidad
H.C.T	Altura de la Cavidad del Techo
H.P.T	Altura del Plano de Trabajo
H.T	Altura total
F.D	Factor de Demanda

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Sistema eléctrico de potencia.....	6
Figura 2.1	Luminaria indirecta.....	10
Figura 2.2	Luminaria semi-indirecta.....	11
Figura 2.3	Luminaria general difusa.....	11
Figura 2.4	Luminaria directa-indirecta.....	12
Figura 2.5	Luminaria semi-directa.....	12
Figura 2.6	Luminaria directa.....	13
Figura 2.7	Alumbrado general.....	13
Figura 2.8	Alumbrado general localizado.....	15
Figura 2.9	Alumbrado suplementario.....	15
Figura 2.10	Plano de montaje de las luminarias.....	38
Figura 2.11	Factor de degradación por suciedad en la luminaria.....	43
Figura 2.12	Distribución típica de luminarias en un local.....	44
Figura 3.1	Sistema monofásico ($1\phi - 2H$).....	47
Figura 3.2	Sistema monofásico a tres hilos ($2\phi - 3H$).....	49
Figura 3.3	Sistema trifásico ($3\phi - 3H$).....	50
Figura 3.4	Sistema trifásico a cuatro hilos ($3\phi - 4H$).....	52
Figura 3.5	Localización del centro de carga.....	56
Figura 3.6	Calibres de conductores desnudos designación A.W.G.....	57
Figura 3.7	Aplicación de ductos eléctricos.....	66
Figura 3.8	Arreglo de cables en charolas.....	67
Figura 4.1	Dimensiones del almacén.....	68
Figura 4.2	Emplazamiento de las luminarias.....	74
Figura 4.3	Balanceo entre líneas.....	75
Figura 4.4	Ubicación del centro de carga.....	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Alumbrado general de interiores.....	17
Tabla 2.2	Poder reflectante de algunos colores y materiales.....	28
Tabla 2.3	Relación Gaysunas.....	29
Tabla 2.4	Coefficiente de utilización.....	30
Tabla 2.5	Reflectancia efectiva de la cavidad del techo o piso.....	39
Tabla 2.6	Pérdidas aproximadas de las reactancias.....	40
Tabla 2.7	Degradación luminosa en lámparas fluorescentes.....	42
Tabla 3.1	Capacidades de los interruptores termomagnéticos.....	54
Tabla 3.2	Sección transversal de los conductores eléctricos.....	58
Tabla 3.3	Resistencia y reactancia de conductores.....	60
Tabla 3.4	Capacidad de corriente en conductores aislados.....	61
Tabla 3.5	Por ciento de caída de tensión en circuitos.....	61
Tabla 3.6	Número máximo de conductores que pueden alojarse en un tubo conduit.....	63
Tabla 3.7	Áreas interiores en mm ² de tubos conduit y ductos cuadrados.....	65
Tabla 3.8	Sostén de conductores en ductos verticales.....	67

RESUMEN

Este trabajo ha sido desarrollado con el objetivo de dar a conocer el procedimiento que se debe tener para diseñar un sistema de iluminación, adecuado a la zona de trabajo en donde se emplean, considerando en todo momento las dimensiones del local, el tipo de trabajo a realizar y las cantidades de luxes necesarias, así también el grado de suciedad y el tipo de luminaria a utilizar. De misma manera se hacen los siguientes estudios y levantamientos del área a trabajar para así poder ejercer el trabajo conforme a sus condiciones y posibles riesgos.

Así también se hace un estudio del comportamiento de cada uno de los sistemas de distribución, conductores y canalizaciones, considerando en todo momento el reglamento de instalaciones eléctricas. Todo regido bajo normas de trabajo conforme lo estipula la ley.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El objetivo básico de un sistema eléctrico de potencia es el de proporcionar la energía necesaria para el desarrollo de un país, objetivo que es crítico en países en vías de desarrollo. Para alcanzar este objetivo, es necesario generar, transmitir y distribuir la energía eléctrica desde los centros de generación, ubicados en base a la disponibilidad de fuentes primarias de energía, como son el gas, el carbón, el agua, el viento, el sol o la energía nuclear, hasta los centros de consumo, considerando en todo momento restricciones económicas, de seguridad, de confiabilidad y de calidad del servicio.

1.1 SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA.

Un sistema eléctrico de potencia (SEP), es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas entre sí y de sistemas de distribución esenciales para el consumo de energía eléctrica. El sistema eléctrico de potencia está formado por tres partes principales: generación, transmisión y distribución; siendo [1]:

La generación donde se produce la energía eléctrica, por medio de centrales generadoras, las que representan el centro de producción y dependiendo de la fuente primaria de energía, se clasifican en:

- Centrales hidroeléctricas
- Centrales termoeléctricas
- Centrales geotermoeléctricas
- Centrales nucleoeeléctricas
- Centrales de ciclo combinado
- Centrales de turbo-gas
- Centrales eólicas
- Centrales solares

Las centrales generadoras se construyen de tal forma, que por las características del terreno se adaptan para su mejor funcionamiento, rendimiento y rentabilidad. En régimen normal, todas las unidades generadoras del sistema se encuentran en sincronismo, es decir, mantienen ángulos de cargas constantes. En este régimen, la frecuencia debe ser nominal (60 Hz.) o muy cercana a ésta. Los voltajes de generación varían de 2.4 a 24 Kv., dependiendo del tipo de central.

Las características de las centrales eléctricas se relacionan con la subestación y la línea de transmisión en función de la potencia, la distancia a que se transmite la energía y el área por servir.

Las líneas de transmisión son los elementos encargados de transmitir la energía eléctrica, desde los centros de generación a los centros de consumo, a través de distintas etapas de transformación de voltaje; las cuales también se interconectan con los SEP. Los voltajes de transmisión utilizados en este país son: 115, 230 y 400 Kv.

Una de las formas de clasificar las líneas de transmisión, es de acuerdo a su longitud, siendo:

- Línea corta de menos de 80 Km.
- Línea media de entre 80 y 240 Km.
- Línea larga de 240 Km y más [2].

Las subestaciones eléctricas en función a su diseño son las encargadas de interconectar las líneas de transmisión de distintas centrales generadoras transformando los niveles de voltaje, para su transmisión o consumo.

Las subestaciones eléctricas por su tipo de servicio se clasifican en:

- Subestaciones elevadoras
- Subestaciones reductoras
- Subestaciones compensadoras
- Subestación de maniobra o switcheo
- Subestación principal del sistema de distribución
- Subestación de distribución
- Subestaciones rectificadoras
- Subestaciones inversoras

Sin duda la denominación de una subestación como elevadora o distribución es independiente de las tensiones involucradas y está determinada por el fin a que se destinó. El objetivo a cumplir por una subestación es determinante en su ubicación física. Para esto las subestaciones elevadoras están ubicadas lejos de los centros urbanos, esto facilita, el acceso de líneas de alta tensión y la localización de terrenos lo suficientemente grandes para albergar en forma segura los delicados equipos para el manejo de alta tensión.

Por otra parte, las subestaciones de distribución deben construirse en función del crecimiento de la carga, es decir, deben estar ubicadas en los centros de carga de áreas urbanizadas para, de esta forma, asegurar la calidad y continuidad del servicio interconectándose a los sistemas de distribución para proporcionar energía eléctrica de manera constante al usuario.

Los sistemas de distribución son aquellos que llevan la potencia eléctrica hasta el consumidor. En la mayoría de los casos los sistemas de distribución operan con tensiones de 33 Kv ó menores, siendo así como en la república mexicana se tienen tensiones de 34.5 Kv y menores para el nivel de distribución. Para fines de normalización las redes de distribución se pueden clasificar en dos categorías en base a su tensión de operación.

- Las redes que operan de 0 a 1000 volts.
- Las redes que operan desde 1000 hasta 34,500 volts.

En México los circuitos de distribución secundarios son por lo general trifásicos de cuatro hilos de 115 a 127 volts de línea a neutro y 200 a 220 volts entre líneas [3].

Estos niveles de voltaje son los que se le proporciona a los usuarios, en los distintos tipos de instalaciones eléctricas como puede ser: casa-habitación, residenciales, comerciales e industriales.

En una instalación eléctrica comercial lo primero que se requiere es un sistema de iluminación adecuada para el tipo de actividad a realizar, así también el uso eficiente de la energía eléctrica.

En proyecto de iluminación lo primero que se requiere es entender los principios fundamentales de la iluminación, los niveles luminosos recomendables y los métodos para el cálculo.

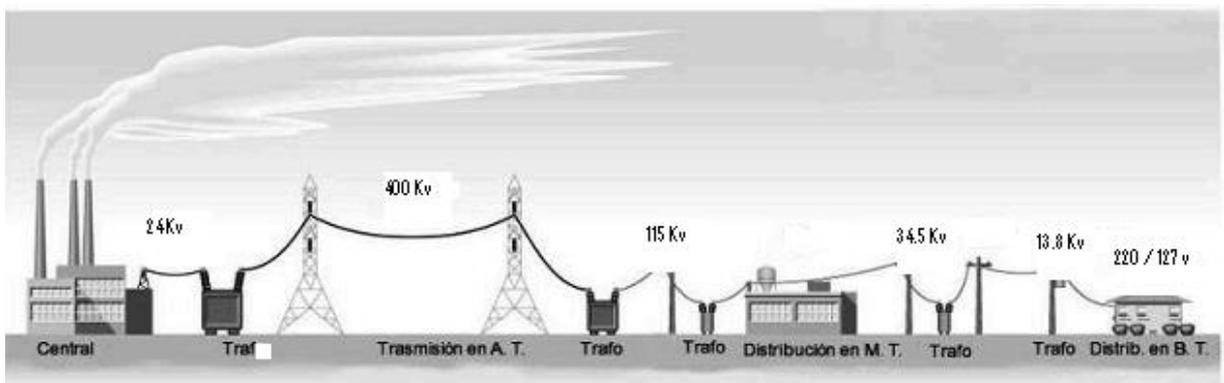


Figura 1.1 Sistema eléctrico de potencia.

1.2 OBJETIVO DEL TRABAJO.

El proyecto de la iluminación tiene como primer objetivo, entender y comprender qué es la iluminación, que es el alumbrado de calidad y cada uno de los conceptos que se maneja en la iluminación, ya que son las bases teóricas las que permiten la realización de un proyecto.

Y como segundo objetivo, y quizás el más importante, es el de iluminar un área cualquiera, desde una casa habitación, hasta grandes tiendas departamentales, plazas comerciales, hospitales, restaurantes, bancos, hangares, etc, tomando en cuenta todos los conceptos teóricos fundamentales.

1.3 ESTRUCTURA DEL TRABAJO.

El presente trabajo se encuentra estructurado en cuatro capítulos, en el cual se describen los pasos para el diseño de un sistema de iluminación adecuado, dependiendo del trabajo a realizar.

En el capítulo II se describen los tipos de luminarias y el tipo de lugar donde pueden ser empleadas, así también se muestran los diferentes tipos de sistemas de alumbrado y el método de cálculo que se utiliza para determinar el número de luminarias requeridas en el área de trabajo considerando el nivel luminoso.

En el capítulo III se hace un análisis de los sistemas eléctricos de distribución, la potencia total que soporta cada uno de ellos, así también se describe el método para realizar el cálculo de conductores por su capacidad de corriente y por caída de tensión, de igual manera se describe los tipos de canalizaciones en donde pueden ir alojados estos conductores.

El capítulo IV consta de un ejemplo en el cual se realiza el diseño de un sistema de iluminación, tomando en cuenta todos conceptos fundamentales para la realización de este ejemplo.

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE ALUMBRADO

El proyecto de iluminación que a continuación se presenta tiene como objetivo principal la demostración de los conceptos fundamentales teóricos para la realización de un buen diseño de iluminación.

El proyecto presenta todos los cálculos posibles para determinar una buena iluminación en un área cualquiera, también se presentan todos los datos en tablas, gráficas, etc. Es importante mencionar que para el tipo de lámparas empleadas se deben de considerar el tipo y el código. La verdad es que el proyectista considera el tipo y el código que quiera, por supuesto que deberá de ser la más apropiada para el local.

Es obvio que sin la exigencia básica de una iluminación adecuada, es decir, sin un nivel de iluminación suficiente, no se puede llevar a cabo ninguna tarea visual de un modo correcto, rápido, seguro y fácil.

2.1 INTRODUCCIÓN AL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

Al proyectar un sistema de alumbrado, lo primero que se requiere es elegir un equipo que proporcione el máximo confort visual y el más alto rendimiento compatibles con las limitaciones impuestas al proyectista. Por ejemplo, muchos tipos de luminaria no son en absoluto recomendables en zonas donde exista mucha suciedad pegadiza. Los factores de conservación o de pérdida de luz tienen una influencia mayor al elegir el equipo, y se consideran detalladamente en el proceso de cálculo [5].

El factor económico interviene siempre, y puede obligar a adoptar una combinación de alumbrado general y alumbrado general localizado. El alumbrado general localizado viene con frecuencia impuesto por razones económicas. Sin embargo, en otras áreas estos sistemas de alumbrado se pueden elegir para que las luminarias puedan emplazarse de forma que se reduzcan el deslumbramiento directo o reflejado o las sombras indeseables. Es necesario un completo análisis de la tarea visual, incluyendo las consideraciones relativas al tamaño, reflectancia, características especulares y contraste con el fondo.

Una vez determinadas las luminarias que se van a utilizar y el nivel de iluminación requerido, es posible calcular el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación. En el caso de los alumbrados locales y generales localizados, es preciso evaluar la iluminación en el punto de localización de la tarea visual propiamente dicha, puesto que la iluminación media de todo el local es menos significativa. Este procedimiento se prefiere también para el alumbrado general. La industria del alumbrado especifica que los niveles mínimos de iluminación recomendados para los distintos cometidos visuales se aplican al sitio mismo de dichos cometidos. Esto requeriría el empleo del método punto por punto. No obstante, debido a la facilidad de aplicación del método de los lúmenes, este último método que proporciona la iluminación media de un local, es el que suele emplearse para las áreas más amplias en las que la iluminación es sensiblemente uniforme.

2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS LUMINARIAS.

La selección de las luminarias es uno de los aspectos más importantes del proyecto. El tipo más conveniente se determina sobre la base de consideraciones técnicas, estéticas y por supuesto económicas. Aunque siempre deben de considerarse los tres factores, hay que establecer prioridades en función de los requerimientos del diseño [4].

El mercado ofrece una amplia variedad de luminarias que permiten satisfacer, prácticamente, cualquier tipo de demanda. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las luminarias se diseñan para funcionar con determinados tipos de lámparas; esto significa que una vez definido el tipo de fuente, el universo de artefactos disponibles se reduce. Lo mismo ocurre con las lámparas si primero se define el tipo de luminaria. De manera que la elección debe hacerse en forma conjunta.

Una iluminación de buena calidad y adecuada cantidad puede obtenerse con cualquiera de los diferentes tipos de luminarias, clasificadas con arreglo a la distribución vertical de luz. La selección del tipo más idóneo para cualquier aplicación particular depende en parte de las características físicas de la habitación, del tipo de trabajo a realizar y de las condiciones de mantenimiento que se desean conseguir. Las luminarias se clasifican de la siguiente manera:

2.2.1 Luminaria indirecta [5].

El 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo en ángulos por encima de la horizontal prácticamente, toda la luz efectiva en el plano de trabajo se refleja hacia abajo por el techo y en menor medida por las paredes puesto que el techo es en realidad la fuente de luz, la iluminación producida es bastante difusa.

Aunque el alumbrado indirecto no es tan eficiente como algunos de los otros sistemas en términos puramente cuantitativos, su distribución uniforme, ausencia de sombras y de brillo reflejado lo hacen frecuentemente el más recomendable para oficinas, escuela y otras aplicaciones similares.

Como los acabados de la habitación juegan un papel tan importante que tengan un color tan claro como sea posible y se mantengan en buenas condiciones. El techo deberá tener un acabado mate, si se quiere evitar la imagen reflejada de la fuente de luz. Por cuestión de comodidad la luminancia del techo ha de estar comprendida entre los límites prescritos.

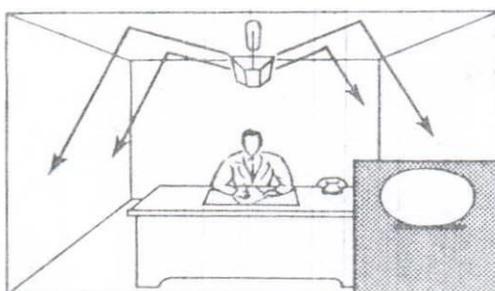


Figura 2.1 Luminaria indirecta

2.2.2 Luminaria semi-indirecta [5].

Del 60 al 90% de la intensidad de luz de la luminaria se dirige hacia el techo, en ángulos por encima de la horizontal, mientras el resto se dirige hacia abajo. El alumbrado semi-indirecto tiene la mayoría de las ventajas del indirecto, pero es un poco más eficiente y se prefiere a veces para lograr una mejor relación de brillo entre el techo y la luminaria en instalaciones de alto nivel luminoso. El medio difusor empleado en estas luminarias es vidrio o plástico, de densidad más baja que la de los empleados en los equipos indirectos.

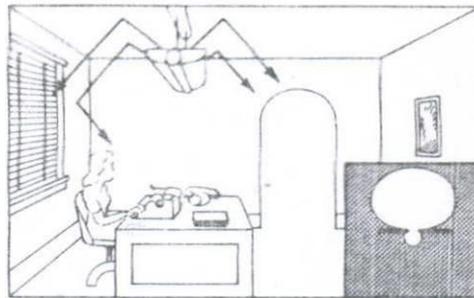


Figura 2.2 Luminaria semi-indirecta

2.2.3 Luminaria general difusa (directa-indirecta) [5].

Del 40 al 60% de la luz se dirige hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal. La mayor parte de la iluminación existente en el plano de trabajo es resultado de la luz que procede directamente de la luminaria, pero hay una porción importante de luz dirigida al techo y a las paredes laterales.

Cuando estas son de color claro, la luz dirigida hacia arriba proporciona un fondo más claro contra el que resalta la luminaria, suministrando una importante componente indirecta que favorece sensiblemente el carácter difuso de la iluminación. La diferencia entre las clasificaciones general difusa y directa-indirecta estriba en la cantidad de luz producida en dirección horizontal.

Como ejemplo del tipo general difusa tenemos el globo envolvente que distribuye luz casi uniformemente en todas las direcciones, mientras que la luminaria directa-indirecta produce muy poca luz en dirección horizontal, debido a la mayor opacidad de sus paneles laterales. Estas luminarias suelen utilizar en la parte inferior vidrio, plástico o rejillas para proteger a las lámparas.

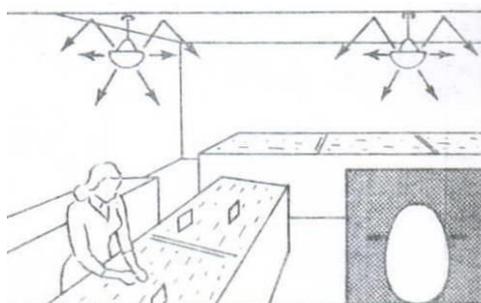


Figura 2.3 Luminaria general difusa.

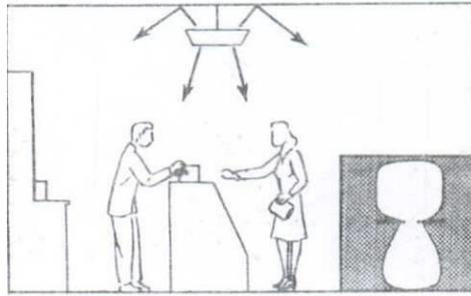


Figura 2.4 Luminaria directa-indirecta.

2.2.4 Luminaria semi-directa [5].

Del 60 al 90% de la luz se dirige hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal. En esencia, el nivel de iluminación eficaz que este sistema proporciona en el plano de trabajo normal es resultado de la luz que viene directamente de la luminaria. La porción de luz dirigida hacia el techo produce una relativamente pequeña componente indirecta, y su mayor valor se debe a que hace más brillante a la zona del techo que rodea a la luminaria, resultando de ello una disminución del contraste de brillo.

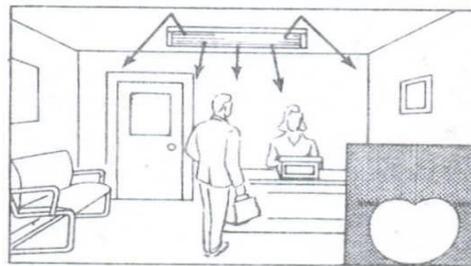


Figura 2.5 Luminaria semi-directa.

2.2.5 Luminaria directa [5].

Entre el 90 y el 100 % de la luz se dirige hacia abajo, en ángulos por debajo de la horizontal. Un sistema de alumbrado directo es un eficaz productor de luz en la zona usual del trabajo. Sin embargo, esta eficacia se consigue frecuentemente a expensas de factores de calidad tales como sombras y deslumbramientos directos o reflejados. Las sombras, por ejemplo, pueden causar molestias a no ser que las luminarias sean de gran área o estén muy cerca unas de otras.

El brillo directo y el reflejado pueden ser satisfactorios a causa de la alta diferencia de luminancia entre la fuente (luminaria o lámpara de exposición) y el techo y partes altas de las paredes, más oscuras. Un techo iluminado de pared a pared es una forma de luminaria de alumbrado directo.

La luz procedente de lámparas o luminarias montadas en cavidades del techo se dirige hacia abajo a través de rejillas o difusores traslúcidos o materiales refractantes. Cuando las lámparas están ocultas, las características de iluminación pueden ser similares a las obtenidas mediante un sistema de luminarias indirectas. El brillo reflejado puede ser un problema si las luminarias visibles desde abajo, como las fuentes de luz con rejilla celular,

están suficientemente altas como para producir reflexiones enojosas en las superficies especulares del plano de trabajo.

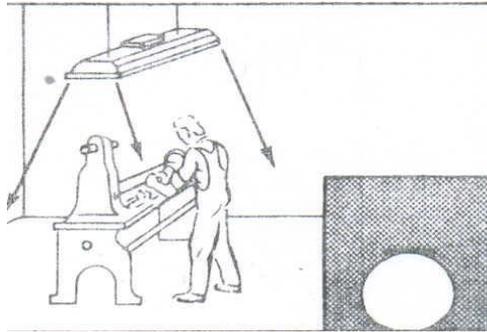


Figura 2.6 Luminaria directa

2.3 MÉTODOS DE ALUMBRADO.

La iluminación producida por cada uno de los cinco tipos de luminarias puede clasificarse con la relación a la distribución de la luz sobre la zona a iluminar.

La clasificación del alumbrado general, general localizado o suplementario, depende del emplazamiento de los equipos y sus características de distribución [4].

2.3.1 Alumbrado general [5].

Se llama así a una disposición de las luminarias que proporcionen un nivel razonablemente uniforme de iluminación un área interior. Las dimensiones físicas de la habitación, las características de distribución de la luminaria, el nivel previsto de iluminación y el aspecto de la instalación, son factores que determinan el emplazamiento de los equipos.

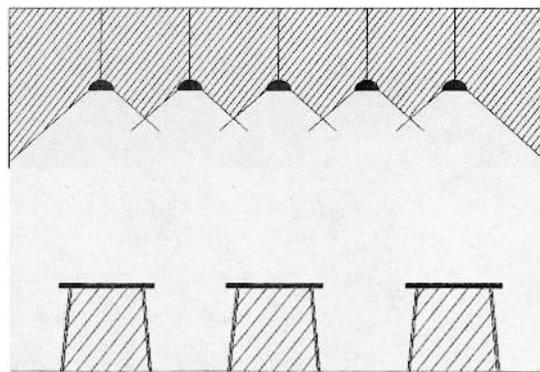


Figura 2.7 Alumbrado general.

La distribución más uniforme se obtiene mediante, la colocación simétrica de las luminarias necesarias para producir la luz deseada, se deberá estudiar una colocación aproximada de las lámparas, ajustándolas de forma que el número total de ellas sea divisible por el número de filas.

La distancia exacta entre lámparas se determina dividiendo la longitud de la habitación por el número de luminarias de una fila, dando una tolerancia de alrededor de un tercio de dicha distancia entre la pared y la primera unidad. De manera similar, la distancia entre filas es la anchura de la habitación dividida por el número de filas, dejándose un tercio de esta distancia entre la pared y la primera fila. En techos altos de zonas industriales, esta distancia puede ser un $\frac{1}{2}$ del espacio entre luminarias. Con techos bajos deberá ser generalmente de 75 a 90 cm.

Para una distribución uniforme de la iluminación, con la mayor parte de los tipos de luminarias esas dos dimensiones deberán ser aproximadamente iguales. En algunos casos como cuando se usan lámparas fluorescentes para obtener niveles de iluminación relativamente altos, el aspecto general y la fácil instalación de los conductores recomiendan el uso de hileras continuas de luminarias, solamente separadas lo suficiente como para cumplir los requisitos de una buena distribución. La relación entre la separación y la altura de montaje debe estar dentro de los límites establecidos por las características de distribución de la luminaria.

Especialmente, en el uso de fuentes de elevada potencia hay que tener gran cuidado en la selección de la capacidad luminosa, ya que las relaciones entre separación y altura de montaje imponen con frecuencia el uso de luminarias más pequeñas de las que a primera vista podrían parecer adecuadas. Cuanto más ancha sea la distribución de las luminarias, mayor podrá ser la distancia entre ellas. Por esta razón las indirectas, que utilizan el techo como fuente de luz, pueden mantenerse más separadas que las directas.

Las características constructivas de una zona influyen frecuentemente sobre la colocación de las luminarias. En los casos en que los techos estén divididos en zonas, por vigas o cerchas, se requiere generalmente la instalación simétrica de las luminarias en cada zona o par de zonas.

2.3.2 Alumbrado general localizado [5].

Este tipo de alumbrado consiste en colocar los equipos de alumbrado general en zonas especiales de trabajo donde se necesitan altas intensidades, bastando con la luz emitida por dichas luminarias para iluminar las áreas contiguas. Las luminarias del tipo directo, semi-directo son las que más se utilizan, por ser absolutamente necesario disponer de una notable componente directa siempre que se trata de concentrar la mayor parte de luz sobre una zona restringida debajo de la luminaria.

Este método de colocar las luces puede utilizarse ventajosamente en la iluminación de los puntos de trabajo de las grandes máquinas, los mostradores comerciales y los bancos de trabajo de las fábricas.

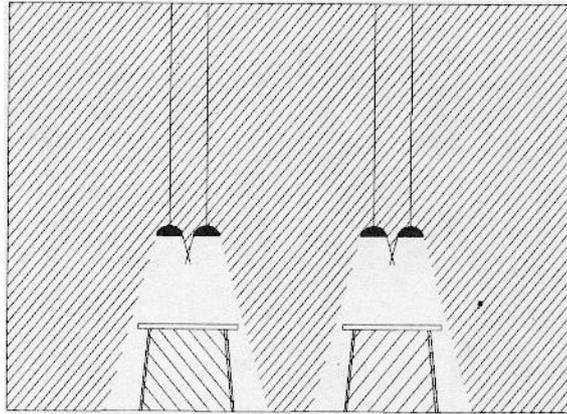


Figura 2.8 Alumbrado general localizado.

2.3.3 Alumbrado suplementario [5].

El alumbrado suplementario proporciona una intensidad relativamente alta en puntos específicos de trabajo, mediante un equipo de alumbrado directo combinado con la iluminación general o localizada.

Con frecuencia es necesario cuando se trata de tareas visuales especiales y cuando no se puede proporcionar mayor intensidad por ninguno de los otros métodos, como asimismo, cuando se requiere luz de calidad direccional para ciertas operaciones de inspección.

El equipo utilizado para esta finalidad varía en la curva de distribución según el área a cubrir, la distancia del equipo al punto de trabajo y el nivel luminoso requerido. Se debe tener siempre gran cuidado de mantener una relación razonable entre las intensidades del alumbrado general y del suplementario, ya que una excesiva relación de brillos entre el punto de trabajo y los alrededores crea condiciones desagradables para la visión.

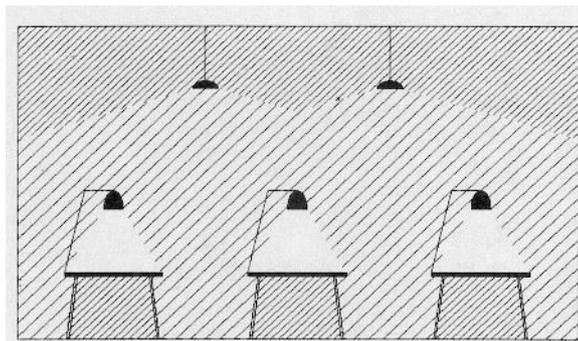


Figura 2.9 Alumbrado suplementario.

2.4 MÉTODOS DE CÁLCULO.

El cálculo de la iluminación de interiores comprende la determinación del flujo luminoso total que incide sobre un punto o una superficie. Este flujo luminoso es posible determinarlo por algunos métodos de cálculo como son el método de los lúmenes y el método de punto por punto.

El método de punto por punto consta de dos componentes, una es la componente de iluminación directa, producida por el flujo que va directamente desde las luminarias a la zona de trabajo y la componente de iluminación reflejada debida al flujo reflejado desde las superficies del local hacia la zona de trabajo.

El método de los lúmenes, es uno de los métodos más usuales aplicados debido a la facilidad de aplicación del método, este último método proporciona la iluminación media de un local, es el que suele emplearse para las áreas más amplias en las que la iluminación es sensiblemente uniforme, en el cual, interviene el factor de conservación o pérdidas de luz que se considera detalladamente en el proceso de cálculo [4].

En este proyecto de iluminación para interiores se hablara del método de los lúmenes, que es uno de los métodos más fácil de comprender y desarrollar así también es uno de los métodos que proporcionan un buen sistema de iluminación requerido por el proyectista y es uno de los más usuales para los distintos tipos de almacenes, bodegas, bancos, escuelas, etc.

2.4.1 Método de los lúmenes [5].

Una buena iluminación es importante para facilitar el rendimiento en una tarea visual y crear un entorno visual adecuado, garantizando la seguridad de los individuos y la de los establecimientos, lo cual tiene su importancia en nuestra sociedad como una forma más de prevención de riesgos laborales.

Para conseguir una buena iluminación del área de trabajo es necesario tener en cuenta una serie de criterios básicos referentes a la disposición de la luz, las condiciones del alumbrado, la superficie a iluminar, etc.

Este método está basado en la definición del lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado y por lo tanto:

$$\text{Número de lux} = \frac{\text{lúmenes incidentes sobre una superficie}}{\text{área en metros cuadrados}} \quad (2.1)$$

Conociendo la emisión luminosa inicial de cada lámpara (dato suministrado por el fabricante), el número de éstas instalado en la zona y el área de ésta en metros cuadrados, pueden calcularse los lúmenes por metro cuadrado generados inicialmente en una determinada área. Este valor, sin embargo, difiere del número de lux en dicha área, ya que algunos lúmenes son absorbidos por la luminaria, y también debido a otros factores tales como la suciedad de la luminaria, la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas, etc.

Estos factores, entre otros, se toman en consideración en la fórmula del método de los lúmenes:

$$\text{Nivel en lux} = \frac{\text{lámparas por luminaria} \times \text{lúmenes por lámpara} \times \text{coeficiente de utilización} \times \text{factor de conservación o de pérdidas}}{\text{área por luminaria}} \quad (2.2)$$

Para poder emplear el método de los lúmenes han de considerarse cinco puntos fundamentales:

2.4.1.1 Determinación del nivel de iluminación requerido.

El nivel de iluminación es sólo una de las características de las instalaciones luminosas; muchas otras importantes consideraciones entran en el juego en el proyecto de un ambiente visual completamente satisfactorio. Sin embargo es obvio que sin un nivel de iluminación suficiente, no se puede llevar a cabo ninguna tarea visual de un modo correcto, rápido, segura y fácil.

Otros factores tales como el tiempo en que el trabajo va a realizarse, las condiciones de los alrededores y el estado fisiológico de los ojos que han de hacer el trabajo tienen también importancia.

La tabla 2.1 de niveles luminosos está dividida en dos partes: alumbrado general de interiores y alumbrado de interiores industriales. La iluminación especificada es la correspondiente al plano de trabajo sea este horizontal, vertical u oblicuo. Donde no exista un área de trabajo definida, se supone que la iluminación se mide en un plano horizontal a 75 centímetros sobre el nivel del suelo.

Los valores dados no deben tomarse como los iniciales que deban proporcionar una nueva instalación, sino que se trata del nivel luminoso recomendado para cualquier punto en la zona de trabajo y en cualquier momento.

Esto quiere decir que la instalación debe proyectarse de tal forma que la suciedad de las luminarias, lámparas, paredes y techos, ni la disminución normal de la emisión luminosa de las propias lámparas hagan descender la iluminación en ningún momento por debajo del nivel recomendado.

Tabla 2.1
Alumbrado general de interiores.

	Niveles recomendados (mínimos en cualquier momento) en LUX
Auditorios	
Asambleas.....	150
Exposiciones.....	300
Bancos	
Vestíbulos	
General.....	500
Zonas de trabajo.....	700
Cajas, registros, claves.....	1.500
Correos	
Vestíbulo, sobre las mesas.....	300
Clasificación, envío, etc.....	1.000
Despachos, terminales y estaciones	
Salas de espera, de descanso y de fumadores.....	300
Oficina de billetes; general, ventanilla y mostradores.....	1.000
Facturación de equipajes.....	500
Andenes y almacenes.....	200
Lavabos y servicios.....	300
Edificios municipales: Bomberos y Policía	

Policía:		
Ficheros de identificación.....	1.500	
Celdas y salas de interrogatorios.....	300	
Bomberos:		
Dormitorios.....	200	
Aparcamiento de coches y sala de recreo.....	300	
Escuelas		
Lectura de textos impresos.....	300	
Lectura de textos a lápiz.....	700	
Lectura de textos en papel de copia:		
Buenas.....	300	
Malas.....	1.000	
Salas de dibujo y bancos de trabajo.....	1.000	
Pizarras.....	1.500	
Costura.....	1.500	
Galerías de arte		
General.....	300	
Sobre pinturas (suplementario).....	300	(1)
Sobre esculturas y otras exposiciones.....	1.000	(2)
Hospitales		
Cuartos de anestesia y preparación.....	300	
Autopsia y deposito de cadáveres.....	1.000	
Sala de autopsias.....	1.000	
Mesa de autopsias.....	10.000	
Depósito general.....	200	
Central esterilizadora:		
General.....	300	
Afilado de agujas.....	1.500	
Departamento odontológico:		
General.....	700	
Vitrina de instrumental.....	1.500	
Sillón dental.....	10.000	
Laboratorio, banco.....	1.000	
Sala de recuperación.....	50	
Sala de urgencia:		
General.....	1.000	
Local.....	20.000	
Sala de reconocimiento y tratamiento:		
General.....	500	
Mesa de reconocimiento.....	1.000	
Salidas (nivel luminoso en el suelo).....	50	
Ojos, nariz, oídos y garganta:		
Sala oscura (variable).....	0 - 100	
Sala de reconocimiento de ojos, oídos, nariz y garganta.....	500	
Sala de fracturas:		
General.....	500	
Mesa de operaciones.....	2.000	
Laboratorios:		
General.....	500	
Trabajos delicados.....	1.000	
Bibliotecas.....	700	
Sala de armarios.....	200	
Vestíbulos y pasillos (los vestíbulos, de día 50).....	300	
Archivo de protocolos médicos.....	1.000	
Sala de enfermeras:		
General – día.....	700	
General – noche.....	300	
Pupitres y diagramas.....	500	
Despachos de medicinas.....	1.000	
Habitaciones de trabajo de las enfermeras.....	300	

Casas – cunas:		
General.....	300	
Mesa de reconocimiento.....	1.000	
Pediatría y sala de juegos	300	
Obstetricia:		
Salas de esterilización.....	300	
Salas de consultas.....	200	
Sala de partos, general.....	1.000	
Mesa de partos.....	25.000	
Farmacias:		
General.....	500	
Mesa de trabajo.....	1.000	
Almacén de productos.....	300	
Habitaciones y salas privadas:		
General.....	100	
Lectura.....	300	
Locales para pacientes mentales.....	100	
Trabajos con radioisótopos:		
Laboratorio radioquímica.....	300	
Sala de medidas.....	200	
Mesa de reconocimiento.....	500	
Solariums.....	200	
Almacenes, central:		
General.....	300	
Oficinas.....	700	
Cirugía:		
Sala de instrumental y esterilización.....	300	
Sala de limpieza (instrumentos).....	1.000	
Sala de operaciones, general.....	1.000	
Mesa de operaciones.....	25.000	
Sala de recuperación.....	300	
Terapia:		
Física.....	200	
Aplicada.....	300	
Lavabos.....	300	
Sala de servicios.....	200	
Salas de espera:		
General.....	200	
Lecturas.....	300	
Rayos X:		
Radiografías, fluoroscopias y cámara oscura.....	100	
Radioterapia profunda y superficial.....	100	
Sala de revelado.....	300	
Archivos, películas reveladas.....	300	
Almacén, películas sin revelar.....	100	
Hoteles		
Bares y cafeterías (ver Restaurantes)		
Cuartos de baño:		
General.....	100	
En el espejo.....	300	(3)
Dormitorios:		
General.....	100	
Tocador.....	300	(3)
Lectura y escritura a tinta.....	300	
Comedores (ver restaurantes)		
Vestíbulo.....	300	
Recepción.....	500	
Lavandería:		
Lavado.....	300	
Planchado.....	500	

Planchado mecánico.....	700	
Lencería y ropa blanca:		
General.....	200	
Costura.....	1.000	
Vestíbulo:		
General.....	100	
Zonas de lectura y trabajo.....	300	
Marquesina:		
Alrededores oscuros.....	300	
Alrededores claros.....	500	
Museos (ver Galerías de Arte)		
Oficinas		
Lectura de textos con mucho contraste y bien impresos; tareas y zonas que no exigen una atención exagerada o prolongada tales como lavabos, archivos no necesitados a diario, salones de conferencias, salas de visitas, etc.....	300	
Lectura o transcripción de manuscritos a tinta o lápiz tinta, sobre buen papel; archivos usados con frecuencia.....	700	
Trabajo normal de oficina; lecturas de buenas reproducciones; lecturas o transcripciones de escritura a mano con lápiz duro o sobre mal papel; archivos de uso continuo; clasificación de correspondencia; índice de asuntos.....	1.000	
Contabilidad, intersección, distribución en tablas, teneduría de libros, máquinas calculadoras, lectura de malas reproducciones, dibujo a mano alzada.....	1.500	
Cartografía, estudios, dibujo detallado.....	2.000	
Corredores, ascensores, escaleras y escaleras mecánicas.....	200	(4)
Residencias		
Tareas visuales concretas:		
Juegos de mesa.....	300	
Cocinas:		
Fregaderos.....	700	
Hornillos y superficie de trabajo.....	500	
Lavadoras, cesto de ropa, plancha y tablas de planchar.....	500	
Salones de lectura, escritura y estudio:		
Libros, revistas y periódicos.....	300	
Escritura a mano, reproducciones, copias malas.....	700	
Pupitres de estudio.....	700	
Lectura de partituras musicales:		
Partituras simples.....	300	
Partituras completas.....	700	(5)
Costuras:		
Trabajos ocasionales, telas bastas, puntadas largas, altos contrastes en telas.....	300	
Trabajos ocasionales, telas finas.....	500	
Trabajo continuo, telas ligeras o medias.....	1.000	
Telas oscuras, detalles finos, bajo contraste.....	2.000	
Tocadores, maquillajes, afeitados: sobre los espejos y rostros.....	500	
Taller, bancos de trabajo.....	700	
Alumbrado general:		
Vestíbulos, halls, escaleras, descansillos.....	100	
Cuartos de estar, comedores, dormitorios, bibliotecas y salas de juego.....	100	
Cocina, lavadora, cuartos de baño.....	300	
Restaurantes, cafeterías y bares		
Comedores:		
De tipo íntimo:		
Con alrededores oscuros.....	30	
Con alrededores claros.....	100	
Para limpieza.....	200	

De tipo general:	
Con alrededores oscuros.....	150
Con alrededores claros.....	300
De autoservicio:	
Alrededores normales.....	500
Alrededores muy iluminados.....	1.000
Cajas.....	500
Escaparates de alimentos dos veces el nivel general, pero no menos de.....	500
Cocinas:	
Inspección, verificación, precios.....	700
Otras zonas.....	300
Tiendas	
Escaparates:	
Alumbrado de día:	
General.....	2.000
Detalles.....	10.000
Alumbrado de noche:	
Distritos poco concurridos o pequeñas ciudades:	
General.....	1.000
Detalle.....	5.000
Distritos principales de alta competencia:	
General.....	2.000
Detalles.....	10.000
Interiores de las tiendas:	
Zonas de circulación.....	300
Zonas de estanterías y almacenamiento de productos:	
Servicio normal.....	1.000
Autoservicio.....	2.000
Vitrinas y estanterías:	
Servicio normal.....	2.000
Autoservicio.....	5.000
Exposición de detalles:	
Servicio normal.....	5.000
Autoservicio.....	10.000
Almacenes y bodegas	
Con poca actividad.....	50
Activos:	
Embalaje basto.....	100
Embalaje medio.....	200
Embalaje fino.....	500
Automóviles (Fábricas de)	
Ajuste del bastidor.....	500
Cadena de montaje del chasis.....	1.000
Montaje final e inspección.....	2.000
Fabricación de la carrocería:	
Partes.....	700
Acabado e inspección.....	2.000
Aviación. Hangares: Servicio de reparación únicamente.....	1.000
Aviones. Fábrica	
Naves:	
Producción.....	1.000
Inspección.....	2.000
Fabricación de piezas:	
Taladrado, remachado, fijación de tornillos.....	700
Cabinas de pinturas.....	1.000
Preparación de planchas de aluminio y trabajos de plantillas, conformación y pulido de fuselajes, sección de	

alas y carcasas de motores	1.000
Montajes secundarios; trenes de aterrizaje, fuselaje, secciones de alas, carcasas y otras unidades grandes.....	1.000
Montaje final e inspección.....	1.000
Reparación de maquinas herramientas.....	1.000
Azúcar. Refinerías	
Dosificación.....	500
Inspección del color.....	2.000
Carbón, volquetes y lavaderos	
Triturado y lavaderos.....	100
Selección.....	3.000
Cementos y derivados de la arcilla	
Molienda, prensas de filtro, salas de hornos.....	300
Moldeado, prensado, lavado.....	300
Color y vidriado, trabajo basto; esmaltado.....	1.000
Color y vidriado, trabajo fino.....	3.000
Centrales eléctricas y subestaciones interiores	
Auxiliares, salas de baterías, bombas de alimentación de calderas, cisternas y compresores y cuadros de instrumentos.....	200
Plataforma de calderas, plantas de cables y zonas de circulación o de bombas.....	100
Plataforma de quemadores.....	200
Condensadores; desgasificadores, evaporadores y calentadores.....	100
Salas de control:	
Paneles de cuatros de distribución:	
Tipo A. -Salas de control centralizado a un nivel de 1,70 metros sobre el suelo.....	500
Tipo B.-Control normal a 1,70 metros sobre el suelo.....	300
Secciones de doble frente de espaldas al operador.....	300
Pupitres de trabajo (nivel horizontal).....	500
Zonas interiores de los cuadros de doble frente.....	100
Parte trasera de los paneles (vertical).....	100
Alumbrado de emergencia para todas las áreas.....	30
Laboratorio de química.....	500
Casetas de filtros, aparatos de control y fuerza y equipos telefónicos	200
Túneles o galerías, tuberías.....	100
Zona de turbinas bajo el pavimento.....	200
Sala de máquinas.....	300
Conservas (Fábrica de)	
Clasificación inicial de materias crudas.....	500
Tomates.....	1.000
Selección de color (salas de corte).....	2.000
Preparación:	
Selección preliminar:	
Albaricoques y melocotones.....	500
Tomates.....	1.000
Aceitunas.....	1.500
Corté y selección final.....	1.000
Enlatado:	
Enlatado continuo en cadena.....	1.000
Empaquetado a mano.....	500
Aceitunas.....	1.000
Examen de envasados.....	2.000
Corte y confección	
Inspección del paño.....	20.000
Corte y planchado.....	3.000
Cosido.....	5.000
Dulces (Fabricación de)	
Departamento de chocolates:	

Pelado, aventado, extracción de grasa, triturado y refinado, alimentación.....	500
Limpieza y selección del grano, inmersión, empaquetado, envoltura.....	500
Molienda.....	1.000
Fabricación de la crema; mezcla, cocido y moldeado.....	500
Gotas de goma y formas gelatinosas.....	500
Decorado a mano.....	1.000
Departamento de caramelos:	
Mezcla, cocción, moldes.....	500
Corte y selección.....	1.000
Fabricación y empaquetado de merengues.....	1.000
Electricidad, Fabricación de equipos	
Impregnación.....	500
Aislamiento; devanado de bobinas.....	1.000
Ensayos.....	1.000
Encuadernación de libros	
Plegado, apilado, encolado, etc.....	700
Cortado, punzado, cosido.....	700
Repujado e inspección.....	2.000
Forja – Talleres.....	500
Fundiciones	
Templado, limpiado, batido.....	300
Moldeo, trabajo medio.....	500
Moldeo, trabajo fino.....	1.000
Desbastado y cepillado.....	1.000
Inspección media.....	1.000
Inspección fina.....	5.000
Moldes grandes; relleno y vaciado.....	500
Moldes medianos.....	1.000
Cúpula (horno).....	200
Galvanizado.....	300
Garages: Automóviles y camiones	
Garages de servicio:	
Reparaciones.....	1.000
Zonas de tráfico activo.....	200
Garages de aparcamiento:	
Entrada.....	500
Pistas y rampas.....	100
Aparcamiento.....	56
Goma. Mecanizado de artículos	
Preparación de la materia prima:	
Alambrado, emplastecido y fresado.....	300
Preparación del tejido; corte y telares.....	500
Moldeo y selección de productos, calibrado.....	500
Inspección.....	2.00
Guantes (Fábricas de)	
Prensado y corte.....	3.000
Máquinas de hacer punto y selección.....	1.000
Cosido e inspección.....	5.000
Harina. Fábricas	
Molienda, cernido, refinado.....	500
Empaquetado.....	300
Control de productos.....	1.000
Cribas, limpiadoras, ascensores para el personal, pasillo, control de recipientes.....	300
Hierro y acero (Industria del)	
Solera:	
Piso de carga.....	200
Vagonetas de colada:	

Pozos de escoria.....	200
Plataformas de control.....	300
Zona superior.....	300
Pasarelas elevadas de inspección.....	100
Mezcladores.....	300
Calcinados y rotura a fondos de cuchara.....	100
Trenes de laminación:	
Lingotes, planchas, barras calientes y láminas calientes.....	300
Planchas frías, chapas.....	300
Tubos, carras, varillas redondas y alambres.....	500
Estampado hojalata; estañado, galvanizado, laminado de flejes en frío.....	500
Salas de máquinas y motores.....	300
Inspección:	
Chapa negra, techo. Corte de palanquilla.....	1.000
Hojalata y otras superficies brillantes.....	2.000
Imprentas	
Fundición de tipos:	
Máquinas y moldes de mano, fundición de conjuntos, clasificación.....	500
Fabricación de matrices, rectificado de tipos.....	1.000
Plantas de impresión:	
Inspección de color y valoración.....	2.000
Composición a máquina, salas de composición.....	1.000
Prensas.....	700
Revisión de planchas y lectura de pruebas.....	1.500
Electrotipia:	
Moldes, acabado, nivelación de moldes, recorrido y rectificación.....	1.000
Montura de planchas, estañado, electro plateado, limpiado..	500
Fotograbado:	
Grabado de aguafuerte, planchas.....	500
Manipulación, acabado, lectura de pruebas, entintado y enmascarado.....	1.000
Inspección	
Normal.....	500
Difícil.....	1.000
Altamente difícil.....	2.000
Muy difícil.....	5.000
De la máxima dificultad.....	10.000
Lavanderías	
Lavado.....	300
Planchado, pasaje, clasificación y marcado.....	500
Acabado a máquina y con plancha, clasificación.....	700
Planchado fino a mano.....	1.000
Madera	
Aserrados bastos y de banco.....	300
Medidas, cepillado, lijado basto, trabajos medios de banco y máquina, encolado, barnizado y tonelería.....	500
Trabajos finos de banco y máquina, pulido fino, acabado.....	1.000
Manipulación de materiales	
Embalaje, empaquetado y etiquetado.....	500
Clasificación y distribución.....	300
Carga y colocación en camiones.....	200
Interior de camiones y vehículos de transporte.....	100
Montaje	
Basto de visión fácil.....	300
Basto de visión difícil.....	500
Medio.....	1.000
Ajuste fino.....	5.000

Ajuste muy fino.....	10.000	
Neumáticos y tubos de goma (Fabricación de)		
Preparación de la materia prima:		
Alambrado, emplastecido y fresado.....	300	
Preparación de productos corte, construcción de bordes.....	500	
Máquinas de hacer tubos.....	500	
Fábricas de neumáticos:		
Neumáticos macizos.....	300	
Neumáticos con aire.....	500	
Departamento de revisiones; revisiones de tubos y neumáticos.....	700	
Inspección final: tubos, neumáticos.....	2.000	
Papel. Fabricación – Área general.....	500	
Papel. Fabricación		
Triturado, molido y prensado.....	300	
Acabado, corte, igualación y máquinas de hacer papel.....	500	
Corte a mano, máquinas de humedecer el papel.....	700	
Rollos de papel, inspecciones y laboratorios.....	1.000	
Rebobinado.....	1.500	
Piedras. Triturado y cribado		
Correas transportadoras, espacios para canalizaciones, cámaras de salida en el interior de tolvas.....	100	
Salas de primera trituración, trituradoras auxiliares bajo las tolvas...	100	
Cribas.....	200	
Piel (industrias de la)		
Limpieza, curtido y estirado.....	300	
Cortado, descarnado y relleno.....	500	
Acabado y cosido.....	1.000	
Piel (Trabajos de la)		
Prensado, enrollado y satinado.....	2.000	
Clasificación, corte, acoplamiento y cosido.....	3.000	
Pinturas. Fabricación		
General.....	300	
Mezclas de comparación y normales.....	2.000	
Pintura. Talleres		
Par inmersión, a pistola, a mano, al fuego, pintura ordinaria a mano y técnica de acabado.....	500	
Trabajos finos de pintura a mano y acabado.....	1.000	
Trabajos extrafinos de pintura a mano y acabado (carrocerías de automóviles, pianos, etc.).....	3.000	
Plancha metálica. Trabajo		
Prensado, corte, estampado, taladrado, máquinas diversas, trabajo medio de banco.....	500	
Inspección de estañado, galvanizado, trazado.....	2.000	(6)
Productos lácteos: Industrias de la leche		
Sala de hervido y almacén de botellas.....	300	
Clasificación de botellas.....	500	
Lavado de botellas.....		(6)
Lavado de bidones y equipos de frío.....	300	
Llenado: inspección.....	1.000	
Indicadores, paneles y termómetros (en la parte vista).....	500	
Laboratorios.....	1.000	
Pasteurizadores, separadores y refrigeradores.....	300	
Tanques, depósitos:		
Interiores claros.....	200	
Interiores oscuros.....	1.000	
Pulido y bruñido.....	1.000	
Química (Trabajos)		
Desecadores, hornos, alambiques, evaporadores, filtros, blanqueadores.....	300	
Tanques, cristalizadores, extractores, coladores.....	300	

Servicios	
Escaleras, corredores, ascensores.....	200
Lavabos.....	300
Soldadura	
Iluminación general.....	500
Soldadura de arco manual de precisión.....	10.000
Sombreros (Fábrica de)	
Tinta, enderezado, acordonado, limpieza y refinado.....	1.000
Conformación, dimensionado, perforado, bordeado, acabado y planchado.....	2.000
Cosido.....	5.000
Tabacos	
Secado, limpieza general.....	300
Clasificación y apartado.....	2.000
Tahonas	
Local de mezcla.....	500
Estanterías (iluminación vertical).....	300
Local de mezcla.....	500
Estanterías (iluminación vertical).....	300
Interior del horno (mezcladores; verticales).....	500
Local de fermentación.....	300
Locales restantes:	
Pan.....	300
Dulces y productos de confiterías.....	500
Horno, pruebas y empaquetado.....	300
Rellenado y otros ingredientes.....	500
Adornos y congelación:	
Mecánico.....	500
A mano.....	1.000
Talleres mecánicos	
Trabajos bastos de banco y máquina.....	500
Trabajos medios de banco y máquina, máquinas automáticas ordinarias, cepillado basto, pulido y bruñido medio.....	1.000
Trabajo fino de banco y máquina, máquinas automáticas de precisión, cepillado medio, pulido y bruñido fino.....	5.000
Trabajos de banco y máquina muy finos, cepillado fino.....	10.000
Textiles (Fábricas) Algodón	
Abrir, mezclar y picar.....	300
Cardar, estirar, torcer, encanillar, hilar, urdir.....	500
Confección de piezas de tela:	
Artículos grises.....	500
Mezclilla.....	1.500
Inspección:	
Artículos grises (girado a mano).....	1.000
Mezclilla (movimiento rápido).....	5.000
Estirado automático.....	1.500
Hilado a mano.....	2.000
Tejido.....	1.000
Textiles (Fábricas). Seda y tejidos sintéticos	
Fabricación: empapado, coloreado y acondicionamiento o colocación de líneas.....	300
Devanado, trenzado, rebobinado, encarrillado y enderezado:	
Hebras claras.....	500
Hebras oscuras.....	2.000
Sala de telares (en sus diversas modalidades).....	1.000
Hilados en peines o sobre alambre en los telares.....	2.000
Tejido.....	1.000
Textiles (Fábricas). Lana y estambre	
Calcificación.....	1.000
Hilado (en bastidor o a máquina): blanco.....	500

Hilado (en bastidor o a máquina): coloreado.....	1.000
Trenzado blanco.....	500
Urdido en peine: blanco.....	1.000
Urdido: coloreado.....	1.000
Urdido en peine: coloreado.....	3.000
Trenzado: blanco.....	300
Trenzado: coloreado.....	500
Tejido: blanco.....	1.000
Tejido: coloreado.....	2.000
Locales para géneros grises:	
Borra.....	1.500
Hilos.....	3.000
Telas.....	700
Tintorerías. Planchado y limpiado	
Reconocimiento y clasificación.....	500
Limpieza en seco, húmeda y al vapor.....	500
Inspección y localización de manchas.....	5.000
Planchado a mano y a máquina.....	1.500
Reparaciones y modificaciones.....	2.000
Acabado húmedo, complementado, pegado, tratado y secado.....	500
Tintes.....	1.000
Acabado en seco:	
Preparación, acondicionamiento, prensado y tejido.....	700
Corte.....	1.000
Inspección.....	20.000
Vidrio (Trabajos de)	
Sala de mezclas y horno, hornos de prensado, máquinas sopladoras de vidrio.....	300
Molienda, corte de vidrio a medida, esmerilado.....	500
Molienda fina, pulido y biselado.....	1.000
Inspección, grabado y decorado.....	2.000
Zapatería. Trabajo en material	
Mesas de corte, mercado, ojales, raspado, clasificación y cosido de materiales oscuros.....	3.000
Fabricación y acabado, lavado, revestimiento, barnizado, vulcanizado, corte de las suelas y palas, repujado, forrado, laminado, limpiado, teñido, alisado, pulido y estampado.....	2.000
Zapatería. Trabajo en goma	
Lavado, bañado, mezcla y preparación del corcho.....	300
Barnizado, vulcanizado, satinado y corte de suelas.....	500
Laminado de suelas, forrado, proceso de fabricación y acabado.....	1.000

- (1) Los cuadros oscuros con detalles delicados deberán tener de 2 a 3 veces este nivel.
- (2) En algunos casos es necesaria más iluminación para apreciar toda la belleza de la escultura.
- (3) Para un examen minucioso, 500 lux.
- (4) O no menos de 1/5 del nivel luminoso de las zonas inmediatas.
- (5) Cuando las partituras son de tamaño inferior a las normales y hay anotaciones sobre las líneas se necesitan 1.500 lux o más.
- (6) Alumbrado especial con fuentes de suficiente campo para cubrir la superficie a Inspeccionar, y de brillo lo suficientemente bajo para proporcionar unas condiciones de contraste favorables.

2.4.1.2 Determinación del coeficiente de utilización.

El coeficiente de utilización es la relación entre los lúmenes que alcanzan el plano de trabajo (ordinariamente se toma como tal un plano horizontal a 75 centímetros sobre el nivel del suelo) y los lúmenes totales generados por la lámpara. Es un factor que tiene en cuenta la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones del local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo.

Tabla 2.2
Poder reflectante de algunos colores y materiales.

Color	%Reflectancia.	Material	%Reflectancia.
Blanco	70-75	Revoque claro	35-55
Crema claro	70-80	Revoque oscuro	20-30
Amarillo claro	50-70	Hormigón claro	30-50
Verde claro	45-70	Hormigón	15-25
Gris claro	45-70	oscuro Ladrillo	30-40
Celeste claro	50-70	claro Ladrillo	15-25
Rosa claro	45-70	oscuro Mármol	60-70
Marrón claro	30-50	blanco Granito	15-25
Negro	4-6	Madera clara	30-50
Gris oscuro	10-20	Madera oscura	10-25
Amarillo oscuro	40-50	Vidrio plateado	80-90
Verde oscuro	10-20	Aluminio mate	55-60
Azul oscuro	10-20	Aluminio pulido	80-90
Rojo oscuro	10-20	Acero pulido	55-65
Azul claro	60 -70	Esmalte blanco	80-89

A causa de las múltiples reflexiones que tienen lugar dentro de un local, una parte de lux pasa hacia abajo á través del plano imaginario de trabajo más de una vez, por lo que en algunas circunstancias el coeficiente de utilización puede sobrepasar la unidad.

En general, cuanto más alto y estrecho sea el local, mayor será la proporción de luz absorbida por las paredes y más bajo el coeficiente de utilización. Los locales se clasifican de acuerdo con su forma en diez grupos, identificados por el valor de su relación de la cavidad del local.

La relación de la cavidad del local (RCL) puede calcularse como sigue:

$$\textit{Relación de la cavidad del local} = \frac{5H (\textit{longitud} + \textit{anchura})}{\textit{longitud} \times \textit{anchura}} \quad (2.3)$$

Donde **H** es la altura de la cavidad.

Una fórmula más conveniente es:

$$\textit{Relación de la cavidad del local} = \frac{10H}{\textit{ancho}} \times \textit{relación Gaysunas} \quad (2.4)$$

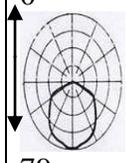
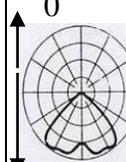
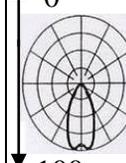
La relación Gaysunas refleja la influencia de la longitud del local y varía con la relación entre la longitud y la anchura

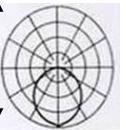
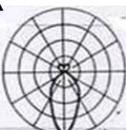
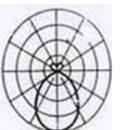
Tabla 2.3
Relación Gaysunas

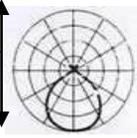
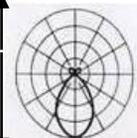
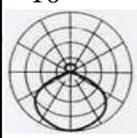
LONGITUD DEL LOCAL	RELACIÓN
ANCHURA DEL LOCAL	GAYSUNAS
1,0	1,0
1,25	9/10
1,5	5/6
2,0	3/4
2,5	7/10
3,0	2/3
4	5/8
5	6/10
Infinito	1/2

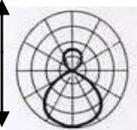
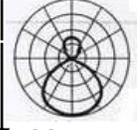
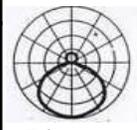
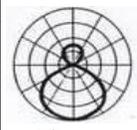
Los datos técnicos para distintas luminarias vienen dados en las tablas siguientes de coeficientes de utilización. Cuando se trabaje con luminarias no incluidas en las tablas, el coeficiente de utilización deberá tomarse de la tabla de otra luminaria de eficacia y curva de distribución similares.

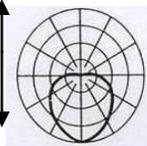
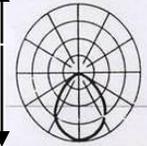
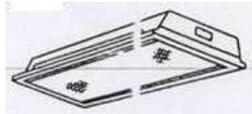
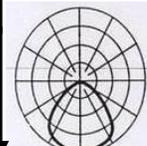
Tabla 2.4
Coefficiente de utilización.

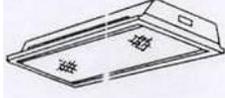
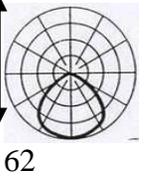
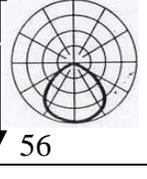
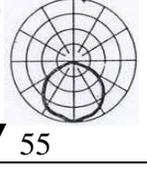
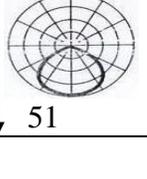
COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN													
LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN	SEPARACION NO SUPERIOR A	REFLECTANCIAS										
			CAVIDAD DEL TECHO	80%			50%			10%			0%
			PAREDES	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
			RCL	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN									
CATEGORIA III  Reflector de cúpula ventilado	 0 79	1,3 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,50	8,20	7,90	7,90	7,70	7,50	7,80	7,20	7,10	6,90
			2	7,40	6,90	6,50	7,00	6,60	6,20	6,50	6,20	5,90	5,80
			3	6,50	6,00	5,40	6,20	5,70	5,30	5,70	5,40	5,10	4,30
			4	5,80	5,10	4,60	5,50	4,90	4,50	5,10	4,70	4,40	4,20
			5	5,00	4,40	3,80	4,70	4,20	3,70	4,50	4,00	3,60	3,50
			6	4,40	3,60	3,30	4,30	3,60	3,20	4,00	3,50	3,20	3,00
			7	4,00	3,30	2,80	3,80	3,30	2,80	3,60	3,20	2,70	2,50
			8	3,60	2,50	2,40	3,40	2,60	2,40	3,20	2,70	2,30	2,20
			9	3,30	2,50	2,00	3,10	2,50	2,00	2,90	2,48	2,30	1,80
			10	2,90	2,20	1,80	2,60	2,20	1,80	2,60	2,10	1,80	1,70
			CATEGORIA I  Lámpara reflectora de filamento r-52 haz ancho,500 y 750 w.	 0 100	1,5 X ALTURA DE MONTAJE	1	10,80	10,50	10,20	10,10	9,90	9,70	9,40
2	9,80	9,30				8,90	9,30	8,90	8,60	8,80	8,50	8,20	8,00
3	8,90	8,30				7,80	8,50	8,00	7,60	8,00	7,60	7,30	7,20
4	8,10	7,40				6,60	7,70	7,20	6,70	7,30	6,90	6,30	6,40
5	7,30	6,60				6,00	7,00	6,40	5,90	5,60	6,20	5,80	5,60
6	6,70	5,90				5,30	6,40	5,80	5,20	6,10	5,60	5,20	5,00
7	6,00	5,20				4,70	5,60	5,10	4,60	5,50	5,00	4,60	4,50
8	5,40	4,60				4,00	5,20	4,50	4,00	4,90	4,40	4,00	3,80
9	4,80	4,00				3,50	4,60	3,90	3,50	4,40	3,80	3,40	3,30
10	4,30	3,60				3,00	4,20	3,50	3,00	4,00	3,40	3,00	2,60
CATEGORIA I  Lámpara reflectora de filamento r-57 haz estrecho 500 y 750 w	 0 100	1,6 X ALTURA DE MONTAJE				1	11,00	10,80	10,30	10,40	10,20	10,00	9,70
			2	10,20	9,80	9,40	9,70	9,40	9,10	9,30	8,90	8,90	8,60
			3	9,50	9,00	8,50	9,10	8,70	8,30	8,60	8,30	8,30	7,90
			4	8,80	8,20	7,80	8,50	8,00	7,50	8,10	7,70	7,70	7,30
			5	8,20	7,60	7,10	7,80	7,40	7,00	7,60	7,20	7,20	6,70
			6	7,70	7,00	6,60	7,40	6,90	6,50	7,20	6,80	6,80	6,20
			7	7,20	6,50	6,10	6,90	6,40	6,00	6,70	6,30	6,30	5,80
			8	6,60	6,00	5,60	6,50	5,90	5,50	6,30	5,80	5,80	5,40
			9	6,20	5,80	5,10	5,00	5,50	5,10	5,90	5,40	5,40	4,90
			10	5,80	5,10	4,70	5,60	5,10	4,70	5,50	5,00	5,00	4,50

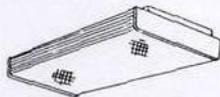
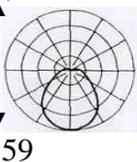
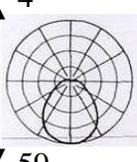
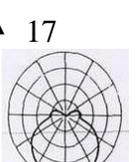
COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN													
LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN	SEPARACION NO SUPERIOR A	REFLECTANCIAS										
			CAVIDAD DEL TECHO	80%			50%			10%			0%
				PAREDES	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
RCL COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN													
CATEGORIA III  Ventilada de porcelana esmaltada bajas alturas. Lámpara de vapor revestida de fosforo 400 watts	 0 76	1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,10	7,80	7,60	7,60	7,40	7,20	7,10	6,90	6,80	6,70
			2	7,30	6,90	6,50	6,90	6,60	6,30	6,40	6,20	6,00	5,90
			3	6,50	6,00	5,60	6,20	5,80	5,50	5,80	5,50	5,30	5,10
			4	5,90	5,30	4,90	5,60	5,20	4,80	5,30	5,00	4,70	4,50
			5	5,30	4,70	4,30	5,20	4,60	4,20	4,80	4,40	4,10	4,00
			6	4,80	4,20	3,80	4,60	4,20	3,70	4,40	4,00	3,70	3,50
			7	3,90	3,30	2,50	4,10	3,60	3,20	3,90	3,60	3,20	3,10
			8	3,60	3,00	2,60	3,80	3,20	2,80	3,60	3,20	2,80	2,70
			9	3,20	2,70	2,30	3,40	2,90	2,50	3,30	2,80	2,50	2,40
			10				3,10	2,90	2,30	3,00	2,50	2,20	2,10
CATEGORIA III  Ventilada de aluminio 450 mm. Para grandes alturas. Haz concentrado. Lámpara clara de vapor de 400 watts	 9 77	7 X ALTURA DE MONTAJE	1	9,30	9,00	8,80	8,50	8,30	8,20	7,60	7,50	7,40	7,20
			2	8,60	8,20	7,90	7,90	7,70	7,40	7,20	7,00	6,90	6,70
			3	7,90	7,50	7,10	7,40	7,00	6,80	6,80	6,50	6,40	6,20
			4	7,40	6,90	6,50	6,90	6,50	6,20	6,40	6,10	5,90	5,70
			5	6,80	6,30	5,90	6,40	6,00	5,70	6,00	5,70	5,40	5,30
			6	6,30	5,80	5,40	6,00	5,60	5,20	5,60	5,30	5,00	4,90
			7	5,90	5,30	4,90	5,60	5,10	4,80	5,20	4,90	4,60	4,50
			8	5,50	4,90	4,50	5,20	4,70	4,40	4,90	4,50	4,30	4,10
			9	5,00	4,50	4,10	4,80	4,30	4,00	4,30	4,20	3,90	3,80
			10	4,70	4,10	3,80	4,50	4,00	3,70	4,20	3,80	3,50	3,50
CATEGORIA III  Ventilada de aluminio 450 mm. Para grandes alturas. Haz medio. Lámpara de vapor revestida de 400 watts	 10 74	1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,40	8,60	8,40	8,00	7,90	7,70	7,10	7,00	6,80	6,70
			2	8,10	8,60	8,40	7,50	7,20	7,00	6,70	6,50	6,40	6,20
			3	7,40	7,70	7,40	6,90	6,50	6,20	6,20	6,00	5,80	5,60
			4	6,80	6,30	5,90	6,40	6,00	5,70	5,80	5,50	5,30	5,10
			5	6,30	5,70	5,30	5,90	5,50	5,10	5,40	5,10	4,90	4,70
			6	5,80	5,20	4,80	5,40	5,00	4,60	5,00	4,70	4,40	4,30
			7	5,30	4,70	4,30	5,00	4,50	4,20	4,60	4,30	4,00	3,90
			8	4,80	4,30	3,90	4,60	4,10	3,80	4,20	3,90	3,60	3,50
			9	4,40	3,90	3,50	4,20	3,70	3,40	3,90	3,50	3,30	3,10
			10	4,10	3,50	3,10	3,90	3,40	3,00	3,60	3,20	3,50	2,80
CATEGORIA III  Ventilada de porcelana esmaltada 625 mm. Lámpara de vapor revestida de fosforo de 1000 watts	 11 73	1,3 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,50	8,30	8,00	7,80	7,60	7,30	6,80	6,70	6,50	6,30
			2	7,70	7,20	6,80	7,00	6,60	6,30	6,10	5,90	5,70	5,50
			3	6,80	6,20	5,70	6,20	5,80	5,40	5,50	5,20	4,90	4,70
			4	6,10	5,50	4,90	5,60	5,10	4,70	5,00	4,60	4,30	4,10
			5	5,50	4,80	4,20	5,00	4,50	4,10	4,50	4,10	3,80	3,60
			6	4,90	4,20	3,70	4,50	3,90	3,50	4,00	3,60	3,30	3,10
			7	4,30	3,60	3,10	4,00	3,40	3,00	3,60	3,10	2,80	2,60
			8	3,90	3,20	2,80	3,60	3,00	2,60	3,20	2,80	2,50	2,30
			9	3,50	2,80	2,40	3,30	2,70	2,30	2,90	2,50	2,20	2,00
			10	3,20	2,50	2,10	2,90	2,40	2,00	2,60	2,20	1,90	1,70

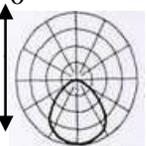
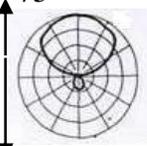
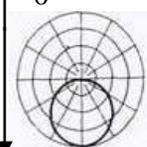
COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN													
LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN	SEPARACION NO SUPERIOR A	REFLECTANCIAS										
			CAVIDAD DEL TECHO	80%			50%			10%			0%
			PAREDES	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
			RCL	COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN									
CATEGORIA III  Ventila de aluminio 675 mm. Grandes alturas. Haz medio. Lámpara de vapor revestida de fosforo, 1000 watts.	 7 79	1,0 X ALTURA DE MONTAJE	1	9,10	8,80	8,60	8,40	8,20	8,00	7,50	7,40	7,30	7,10
			2	8,30	7,80	7,50	7,70	7,30	7,10	7,00	6,70	6,60	6,40
			3	7,50	6,90	6,50	7,00	6,50	6,20	6,40	6,10	5,80	5,60
			4	6,80	6,20	5,70	6,30	5,80	5,50	5,80	5,50	5,20	5,00
			5	6,10	5,50	5,00	5,70	5,20	4,80	5,30	4,90	4,60	4,40
			6	5,50	4,90	4,40	5,20	4,70	4,30	4,80	4,40	4,10	3,90
			7	5,00	4,30	3,80	4,70	4,10	3,70	4,30	3,90	3,60	3,40
			8	4,50	3,90	3,40	4,30	3,70	3,30	3,90	3,50	3,20	3,00
			9	4,10	3,40	3,00	3,90	3,30	2,90	3,60	3,20	2,80	2,70
			10	3,70	3,10	2,70	3,50	3,00	2,60	3,30	2,80	2,50	2,40
			CATEGORIA III  Ventila de aluminio 675 mm. Lámpara de vapor revestida de fosforo, 1000 watts.	 12 73	1,3 X ALTURA DE MONTAJE	1	9,00	8,80	8,60	8,10	8,00	7,80	7,10
2	8,30	7,90				7,60	7,60	7,30	7,10	6,70	6,60	6,40	6,20
3	7,70	7,20				6,80	7,00	6,70	6,40	6,30	6,10	5,90	5,70
4	7,20	6,60				6,20	6,60	6,20	5,90	5,90	5,70	5,50	5,30
5	6,50	6,00				5,60	6,10	5,70	5,30	5,50	5,20	5,00	4,80
6	6,00	5,50				5,00	5,60	5,20	4,80	5,20	4,80	4,60	4,40
7	5,50	5,00				4,60	5,20	4,70	4,40	4,80	4,40	4,20	4,00
8	5,10	4,50				4,10	4,80	4,30	4,00	4,40	4,10	3,80	3,70
9	4,70	4,10				3,80	4,40	4,00	3,70	4,10	3,80	3,50	3,40
10	4,40	3,80				3,40	4,10	3,70	3,30	3,80	3,50	3,20	3,10
CATEGORIA III  2 – lámparas T 12 – cualquier carga. Para lámparas T10 - C.U x 1,02	 10 75	1,3 X ALTURA DE MONTAJE				1	8,80	8,40	8,10	7,90	7,70	7,40	6,90
			2	7,70	7,10	6,60	7,00	6,50	6,20	6,10	5,90	5,60	5,40
			3	6,80	6,10	5,60	6,10	5,60	5,20	5,40	5,10	4,80	4,60
			4	6,40	5,20	4,70	5,40	4,90	4,40	4,80	4,40	4,10	3,90
			5	5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,70	4,30	3,80	3,50	3,30
			6	4,70	3,90	3,40	4,30	3,70	3,20	3,80	3,40	3,00	2,80
			7	4,20	3,40	2,90	3,80	3,20	2,80	3,40	3,00	2,60	2,40
			8	3,70	3,00	2,50	3,40	2,80	2,40	3,10	2,60	2,20	2,10
			9	3,30	2,60	2,10	3,10	2,50	2,10	2,80	2,30	1,90	1,80
			10	3,00	2,30	1,90	2,80	2,20	1,80	2,50	2,00	1,70	1,50

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN														
LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN	SEPARACION NO SUPERIOR A	REFLECTANCIAS											
			CAVIDAD DEL TECHO	80%			50%			10%			0%	
			PAREDES	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%	
RCL COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN														
CATEGORIA III  2 – lámparas T 12 – cualquier carga. Para lámparas T10 - C.U x 1,02		1,3 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,80	8,50	8,10	7,70	7,50	7,30	6,50	6,40	6,20	6,90	
			2	7,70	7,10	6,70	6,80	6,40	6,00	5,70	5,50	5,30	6,00	
			3	6,80	6,10	5,60	6,00	5,50	5,10	5,10	4,80	4,50	4,20	5,30
			4	6,00	5,30	4,70	5,30	4,80	4,30	4,50	4,20	3,80	3,60	4,70
			5	5,30	4,50	4,00	4,70	4,10	3,60	4,00	3,60	3,30	3,00	4,00
			6	4,70	3,90	3,40	4,20	3,60	3,10	3,60	3,10	2,80	2,60	3,60
			7	4,20	3,40	2,90	3,80	3,10	2,70	3,20	2,80	2,40	2,20	3,00
			8	3,80	3,00	2,50	3,40	2,80	2,30	2,90	2,40	2,10	1,90	2,70
			9	3,40	2,60	2,20	3,00	2,40	2,00	2,60	2,10	1,80	1,60	2,40
			10	3,10	2,40	1,90	2,60	2,20	1,80	2,40	1,90	1,60	1,40	2,10
CATEGORIA II  2 – lámparas T 12 – cualquier carga. Protección central. Para lámparas T10 - C.U x 1,02		1,3 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,40	8,10	7,80	7,40	7,20	7,00	6,10	6,00	5,90	5,60	
			2	7,50	7,00	6,50	6,60	6,20	5,90	5,50	5,30	5,10	4,80	5,30
			3	6,60	6,00	5,60	5,90	5,40	5,10	4,90	4,70	4,40	4,20	4,70
			4	5,90	5,20	4,70	5,20	4,70	4,30	4,40	4,10	3,80	3,60	4,30
			5	5,20	4,50	4,00	4,60	4,10	3,70	3,90	3,60	3,30	3,10	3,90
			6	4,70	4,00	3,50	4,20	3,60	3,20	3,60	3,20	2,90	2,70	3,40
			7	4,20	3,50	3,00	3,70	3,20	2,80	3,20	2,80	2,50	2,30	3,00
			8	3,80	3,10	2,60	3,40	2,80	2,40	2,90	2,50	2,20	2,00	2,70
			9	3,40	2,70	2,20	3,00	2,50	2,10	2,60	2,20	1,90	1,70	2,40
			10	3,10	2,40	2,00	2,70	2,20	1,80	2,30	1,90	1,70	1,50	2,10
CATEGORIA III  2 – lámparas T 12 – 430 - 800 mA. Para lámparas T10 - C.U x 1,02		1,3 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,60	8,30	8,00	7,80	7,60	7,30	6,90	6,70	6,60	6,40	
			2	7,50	7,00	6,60	6,90	6,50	6,10	6,10	5,80	5,60	5,40	6,10
			3	6,70	6,00	5,50	6,10	5,60	5,20	5,40	5,10	4,80	4,60	5,30
			4	3,90	5,20	4,70	5,40	4,90	4,40	4,80	4,50	4,10	3,90	4,60
			5	5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,80	4,30	3,90	3,50	3,30	4,00
			6	4,60	3,90	3,40	4,30	3,70	3,20	3,80	3,40	3,00	2,80	3,50
			7	4,10	3,40	2,90	3,80	3,20	2,80	3,40	3,00	2,60	2,50	3,20
			8	3,70	3,00	2,50	3,40	2,80	2,40	3,10	2,60	2,30	2,10	2,80
			9	3,30	2,60	2,20	3,10	2,50	2,10	2,80	2,30	2,00	1,80	2,50
			10	3,00	2,30	1,90	2,80	2,20	1,80	2,50	2,10	1,70	1,60	2,20
CATEGORIA II  3 lámparas T 12 – 430 -800 mA. Para lámparas T10 - C.U x 1,02		1,3 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,50	8,20	7,90	7,60	7,30	7,10	6,80	6,70	6,50	6,30	
			2	7,50	7,00	6,50	6,70	6,30	5,90	6,10	5,90	5,70	5,50	6,20
			3	6,60	6,00	5,50	5,90	5,40	5,00	5,50	5,20	4,90	4,70	5,40
			4	5,90	5,20	4,60	5,20	4,70	4,30	5,00	4,60	4,30	4,10	4,80
			5	5,10	4,40	3,90	4,60	4,00	3,60	4,50	4,10	3,80	3,60	4,30
			6	4,60	3,90	3,30	4,10	3,50	3,10	4,00	3,60	3,30	3,10	3,80
			7	4,10	3,40	2,90	3,70	3,20	2,70	3,60	3,10	2,80	2,60	3,30
			8	3,70	3,00	2,50	3,30	2,70	2,30	3,20	2,80	2,50	2,30	3,00
			9	3,30	2,60	2,10	3,00	2,40	2,00	2,90	2,50	2,20	2,00	2,70
			10	3,00	2,30	1,90	2,70	2,10	1,70	2,60	2,20	1,90	1,70	2,40

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN													
LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN	SEPARACION NO SUPERIOR A	REFLECTANCIAS										
			CAVIDAD DEL TECHO	80%			50%			10%			0%
			PAREDES	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
RCL COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN													
CATEGORIA III  2 lámparas T 12 – 430 mA. para 800 mA, C.U x 0,96	 12 60	1,5 X ALTURA DE MONTAJE	1	7,00	6,60	6,30	6,20	5,90	5,70	5,20	5,10	4,90	4,70
			2	6,00	5,40	5,00	5,30	4,90	4,60	4,50	4,20	4,00	3,70
			3	5,20	4,60	4,10	4,60	4,10	3,80	3,90	5,60	3,30	3,10
			4	4,60	3,90	3,40	4,10	3,60	3,20	3,50	3,10	2,80	2,60
			5	4,00	3,30	2,80	3,60	3,00	2,60	3,10	2,70	2,40	2,20
			6	3,60	2,90	2,40	3,20	2,60	2,20	2,70	2,30	2,00	1,80
			7	3,20	2,50	2,10	2,90	2,30	1,90	2,50	2,10	1,70	1,60
			8	2,90	2,20	1,80	2,60	2,00	1,70	2,20	1,80	1,50	1,30
			9	2,60	1,90	1,50	2,30	1,80	1,40	2,00	1,60	1,30	1,10
			10	2,30	1,70	1,30	2,10	1,60	1,20	1,80	1,40	1,10	1,00
			CATEGORIA III  2 lámparas T 12 430 mA. Lente prismática 30 cm. Ancha. Para lámpara T 10, C.U x 1,02	 0 59	1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	6,30	6,10	5,90	5,90	5,80	5,60	5,50
2	5,70	5,40				5,10	5,40	5,10	4,90	5,00	4,90	4,70	4,60
3	5,10	4,80				4,40	4,90	4,60	4,30	4,60	4,40	4,20	4,10
4	4,60	4,20				3,90	4,40	4,10	3,80	4,20	3,90	3,70	3,60
5	4,20	3,70				3,40	4,00	3,60	3,40	3,80	3,50	3,30	3,20
6	3,80	3,40				3,00	3,70	3,30	3,00	3,50	3,20	2,90	2,80
7	3,50	3,00				2,70	3,30	2,90	2,70	3,20	2,90	2,60	2,50
8	3,10	2,70				2,40	3,00	2,60	2,30	2,90	2,60	2,30	2,20
9	2,80	2,40				2,10	2,70	2,30	2,00	2,60	2,30	2,00	1,90
10	2,60	2,10				1,80	2,50	2,10	1,80	2,40	2,00	1,80	1,70
CATEGORIA III  2 lámparas T 12 430 mA. Lente prismática 60 cm. Ancha. Para lámpara T 10, C.U x 1,01	 0 68	1,2 X ALTURA DE MONTAJE				1	7,30	7,10	6,80	6,90	6,70	6,60	6,40
			2	6,60	6,20	5,90	6,20	5,90	5,70	5,80	5,60	5,50	5,30
			3	5,90	5,50	5,10	5,60	5,30	5,00	5,30	5,00	4,80	4,70
			4	5,30	4,80	4,50	5,10	4,70	4,40	4,80	4,50	4,30	4,10
			5	4,80	4,30	3,90	4,50	4,20	3,90	4,40	4,00	3,80	3,60
			6	4,40	3,80	3,40	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,30	3,20
			7	3,90	3,40	3,00	3,80	3,30	3,00	3,60	3,20	3,00	2,80
			8	3,60	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60	2,50
			9	3,20	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30	2,90	2,50	2,30	2,10
			10	2,90	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00	1,90

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN													
LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN	SEPARACION NO SUPERIOR A	REFLECTANCIAS										
			CAVIDAD DEL TECHO	80%			50%			10%			0%
				PAREDES	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
RCL COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN													
<p>CATEGORIA V</p>  <p>4 – lámparas T 12, 430 mA. . Lente prismática 60 cm. Ancha. Para lámpara T 10, C.U x 1,02</p>	 <p>0</p> <p>62</p>	1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	6,60	6,40	6,20	6,20	6,10	5,90	5,80	5,70	5,60	5,50
			2	6,00	5,60	5,30	5,60	5,40	5,20	5,30	5,10	4,90	4,80
			3	5,40	5,00	4,60	5,10	4,80	4,50	4,80	4,60	4,40	4,30
			4	4,90	4,40	4,10	4,60	4,30	4,00	4,40	4,10	3,90	3,80
			5	4,40	3,90	3,50	4,20	3,80	3,50	4,00	3,70	3,40	3,30
			6	4,00	3,50	3,10	3,80	3,40	3,10	3,60	3,30	3,10	2,90
			7	3,60	3,10	2,80	3,50	3,00	2,70	3,30	3,00	2,70	2,60
			8	3,20	2,80	2,40	3,10	2,70	2,40	3,00	2,60	2,40	2,30
			9	2,90	2,40	2,10	2,80	2,40	2,10	2,70	2,30	2,10	2,00
			10	2,70	2,20	1,90	2,60	2,30	1,90	2,50	2,10	1,80	1,70
<p>CATEGORIA V</p>  <p>6 – lámparas T 12, 430 mA. . Lente prismática 60 cm. Ancha. Para lámpara T 10, C.U x 1,05</p>	 <p>0</p> <p>56</p>	1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	6,00	5,80	5,60	5,60	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90
			2	5,40	5,10	4,80	5,10	4,90	4,70	4,80	4,60	4,50	4,40
			3	4,90	4,50	4,20	4,60	4,30	4,10	4,40	4,10	4,00	3,90
			4	4,40	4,00	3,70	4,20	3,90	3,60	4,00	3,70	3,50	3,40
			5	4,00	3,50	3,20	3,80	3,50	3,20	3,60	3,30	3,10	3,00
			6	3,60	3,20	2,90	3,50	3,10	2,80	3,30	3,00	2,80	2,70
			7	3,30	2,80	2,50	3,20	2,80	2,50	3,00	2,70	2,50	2,40
			8	3,00	2,50	2,20	2,80	2,50	2,20	2,70	2,40	2,00	2,10
			9	2,70	2,20	1,90	2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	1,80
			10	2,40	2,00	1,70	2,30	2,00	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
<p>CATEGORIA V</p>  <p>8 – lámparas T 12, 430 mA. . Lente prismática 1,20 X 1,20 m. Para lámpara T 10, C.U x 1,02</p>	 <p>0</p> <p>55</p>	1,3 X ALTURA DE MONTAJE	1	5,90	5,70	5,50	5,50	5,40	5,20	5,10	5,00	4,90	4,80
			2	5,30	5,00	4,70	5,00	4,80	4,60	4,70	4,50	4,40	4,30
			3	4,80	4,40	4,10	4,50	4,20	4,00	4,30	4,00	3,90	3,80
			4	4,30	3,90	3,60	4,10	3,80	3,50	3,90	3,60	3,40	3,30
			5	3,90	3,50	3,10	3,70	3,40	3,10	3,50	3,20	3,00	2,90
			6	3,50	3,10	2,80	3,40	3,00	2,80	3,20	2,90	2,70	2,60
			7	3,20	2,80	2,50	3,10	2,70	2,50	2,90	2,60	2,40	2,30
			8	2,90	2,50	2,20	2,80	2,40	2,20	2,70	2,40	2,10	2,00
			9	2,60	2,20	1,90	2,50	2,10	1,90	2,40	2,10	1,90	1,80
			10	2,40	2,00	1,70	2,30	1,90	1,70	2,20	1,70	1,60	1,60
<p>CATEGORIA V</p>  <p>4 – lámparas T 12, 430 mA. . Lente prismática 60 cm. Ancha. Para lámpara T 10, C.U x 1,02</p>	 <p>2</p> <p>51</p>	1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	5,60	5,40	5,20	5,20	5,00	4,90	4,70	4,60	4,50	4,40
			2	5,00	4,70	4,50	4,70	4,40	4,20	4,30	4,10	4,00	3,90
			3	4,50	4,10	3,80	4,20	3,90	3,70	3,90	3,70	3,50	3,40
			4	4,10	3,60	3,40	3,80	3,50	3,20	3,50	3,30	3,10	3,00
			5	3,70	3,20	2,90	3,40	3,10	2,80	3,20	2,90	2,70	2,60
			6	3,30	2,90	2,60	3,10	2,80	2,50	2,90	2,70	2,40	2,30
			7	3,00	2,60	2,30	2,90	2,50	2,20	2,70	2,40	2,20	2,00
			8	2,70	2,30	2,00	2,60	2,20	2,00	2,40	2,10	1,90	1,80
			9	2,50	2,00	1,80	2,30	2,00	1,70	2,20	1,90	1,70	1,60
			10	2,20	1,80	1,60	2,10	1,80	1,50	2,00	1,70	1,50	1,40

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN												
LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN	SEPARACION NO SUPERIOR A	REFLECTANCIAS									
			CAVIDAD DEL TECHO	80%			70%			50%		
				PAREDES	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%
			RCL COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN									
CATEGORIA V  2 lámparas T 12 – 430 mA. envoltura prismática de 30 centímetros de ancho		1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	6,80	6,50	6,30	6,50	6,30	6,10	6,10	6,00	5,80
			2	6,00	5,60	5,30	5,80	5,30	5,20	5,50	5,20	4,90
			3	5,40	4,90	4,50	5,20	4,80	4,50	5,00	4,60	4,30
			4	4,90	4,30	4,00	4,70	4,30	3,90	4,50	4,10	3,80
			5	4,40	3,80	3,40	4,30	3,80	3,40	4,00	3,60	3,30
			6	4,00	3,40	3,00	3,90	3,40	3,00	3,70	3,20	2,90
			7	3,60	3,10	2,70	3,50	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60
			8	3,20	2,70	2,40	3,20	2,70	2,30	3,00	2,60	2,30
			9	2,90	2,40	2,10	2,90	2,40	2,00	2,70	2,30	2,00
			10	2,70	2,20	1,80	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80
CATEGORIA V  4 lámparas T 12 430 mA. envoltura prismática de 60 centímetros de ancho		1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	6,60	6,40	6,10	6,40	6,20	6,00	6,10	5,90	5,70
			2	5,90	5,50	5,20	5,70	5,40	5,10	5,50	5,20	4,90
			3	5,30	4,80	4,50	5,20	4,50	4,40	4,90	4,60	4,30
			4	4,80	4,30	3,90	4,70	4,20	3,90	4,50	4,10	3,80
			5	4,30	3,80	3,40	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,30
			6	3,90	3,40	3,00	3,80	3,40	3,00	3,60	3,20	2,90
			7	3,50	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60
			8	3,20	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30	3,00	2,60	2,30
			9	2,80	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00
			10	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,50	2,00	1,70
CATEGORIA I  2 lámparas desnudas cualquier carga.		1,6 X ALTURA DE MONTAJE	1	8,30	7,90	7,50	7,90	7,60	7,20	7,30	7,00	6,70
			2	7,10	6,50	6,00	6,80	6,20	5,70	6,20	5,80	5,40
			3	6,20	5,50	4,90	5,90	5,30	4,70	5,50	4,90	4,40
			4	5,50	4,70	4,10	5,20	4,50	3,90	4,80	4,20	3,70
			5	4,80	4,00	3,40	4,60	3,80	3,30	4,20	3,60	3,10
			6	4,30	3,50	2,90	4,10	3,30	2,80	3,80	3,10	2,60
			7	3,80	3,00	2,50	3,60	2,90	2,40	3,40	2,70	2,30
			8	3,40	3,60	2,10	3,30	2,50	2,10	3,00	2,40	1,90
			9	3,00	2,30	1,80	3,00	2,30	1,80	2,70	2,10	1,70
			10	2,80	2,10	1,60	2,70	2,00	1,50	2,50	1,90	1,50

COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN												
LUMINARIA	DISTRIBUCIÓN	SEPARACION NO SUPERIOR A	REFLECTANCIAS									
			CAVIDAD DEL TECHO	80%			70%			50%		
				PAREDES	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%
RCL COEFICIENTES DE UTILIZACIÓN												
CATEGORIA V  1 – lámpara cualquier carga- l. Lente prismática 60 cm. Ancha y 30 cm. alta	 0 60	1,2 X ALTURA DE MONTAJE	1	6,40	6,20	6,00	6,30	6,10	5,90	6,00	5,90	5,70
			2	5,80	5,50	5,20	5,70	5,40	5,10	5,50	5,20	5,00
			3	5,20	4,80	4,50	5,10	4,70	4,40	4,90	4,60	4,40
			4	4,70	4,20	3,90	4,60	4,20	3,90	4,50	4,10	3,80
			5	4,20	3,70	3,00	4,20	3,70	3,40	4,00	3,60	3,40
			6	3,80	3,30	3,00	3,80	3,30	3,00	3,70	3,20	3,00
			7	3,50	3,00	2,60	3,40	3,00	2,60	3,30	2,90	2,60
			8	3,10	2,60	2,30	3,10	2,60	2,30	3,00	2,60	2,30
			9	2,80	2,30	2,00	2,80	2,30	2,00	2,70	2,30	2,00
			10	2,60	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80	2,50	2,10	1,80
CATEGORIA VI  2 – lámparas cualquier carga. Lados opacos.	 75 5	1,5 X ALTURA DE MONTAJE	1	6,80	6,50	6,20	5,90	5,60	5,40	4,20	4,10	3,90
			2	5,90	5,40	5,10	5,10	4,80	4,40	3,70	3,50	3,20
			3	5,20	4,60	4,20	4,50	4,00	4,70	3,20	2,90	2,70
			4	4,60	4,00	3,50	4,00	3,50	3,10	2,80	2,50	2,30
			5	4,00	3,40	3,00	3,50	3,00	2,60	2,50	2,20	2,00
			6	3,60	3,00	2,60	3,10	2,70	2,30	2,20	2,00	1,70
			7	3,20	2,60	2,20	2,80	2,30	1,90	2,00	1,70	1,40
			8	2,90	2,30	1,90	2,50	2,00	1,70	1,80	1,50	1,30
			9	2,60	2,00	1,70	2,30	1,80	1,50	1,70	1,30	1,10
			10	2,40	1,80	1,50	2,10	1,60	1,30	1,50	1,20	1,00
CATEGORIA VI  Techo luminoso transmisión 50 % reflectancia de cavidad 80%	 0 69	1,5 a 2,0 X ALTURA DE MONTAJE SOBRE EL DIFUSOR	1	*PARA CAVIDADES PINTADAS DE BLANCO EFECTIVA DEL TECHO DEL 70%			6,00	5,30	5,60	5,80	5,60	5,40
			2				5,30	4,90	4,50	5,10	4,70	4,30
			3				4,70	4,20	3,70	4,50	4,10	3,60
			4				4,10	3,60	3,20	3,90	3,50	3,10
			5				3,70	3,10	2,70	3,50	3,00	2,60
			6				3,30	2,70	2,30	3,10	2,60	2,30
			7				2,90	2,40	2,00	2,80	2,30	2,00
			8				2,60	2,10	1,30	2,50	2,00	1,70
			9				2,30	1,00	1,50	2,30	1,80	1,50
			10				2,10	1,70	1,30	2,10	1,60	1,30
CATEGORIA VI  Moldura sin reflector.	Moldura de 30 a 40 cm. Por debajo del techo. Los reflectores con lámparas fluorescentes de utilización 5 a 10%		1	4,20	4,00	3,90	3,60	3,50	3,30	2,50	2,40	2,30
			2	3,70	3,40	3,20	3,20	2,90	2,70	2,20	2,00	1,90
			3	3,20	2,90	2,60	2,80	2,50	2,30	1,90	1,70	1,60
			4	2,90	2,50	2,20	2,50	2,20	1,90	1,70	1,50	1,30
			5	2,50	2,10	1,80	2,20	1,90	1,60	1,50	1,30	1,10
			6	2,30	1,90	1,60	2,00	1,60	1,40	1,40	1,20	1,00
			7	2,00	1,70	1,40	1,70	1,40	1,20	1,20	1,00	0,90
			8	1,80	1,50	1,20	1,60	1,30	1,00	1,10	0,90	0,80
			9	1,70	1,30	1,00	1,50	1,10	0,90	1,00	0,80	0,70
			10	1,50	1,20	0,90	1,50	1,00	0,80	0,90	0,70	0,60

Para lámparas suspendidas, en cambio, es necesario determinar la reflectancia de la cavidad del techo como sigue:

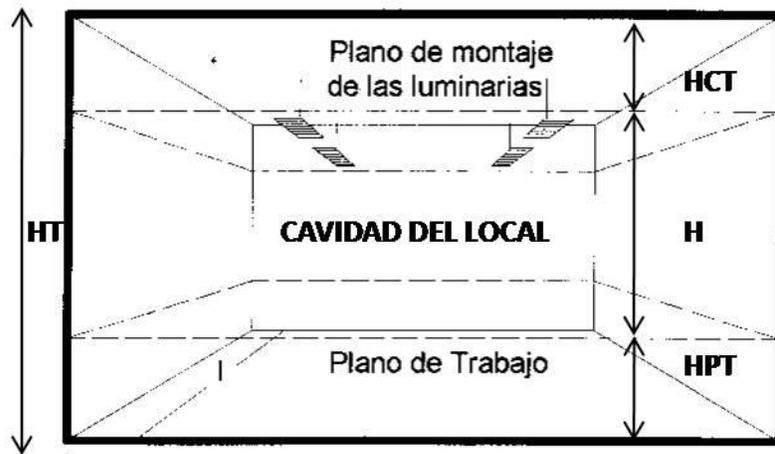


Figura 2.10 Plano de montaje de las luminarias.

- Determinar la relación de la cavidad del techo utilizando la misma fórmula o tabla que se usó para determinar la del local.

$$H = HT - (HPT + HCT) \quad (2.5)$$

Donde:

HCT es la altura de la cavidad del techo

H es la altura de la cavidad del local

HPT es la altura del plano de trabajo

HT es la altura total del techo

$$\text{Relación de la cavidad del local} = \frac{5H (\text{longitud} + \text{anchura})}{\text{longitud} \times \text{anchura}} \quad (2.3)$$

Una fórmula más conveniente es:

$$\text{Relación de la cavidad del local} = \frac{10H}{\text{ancho}} \times \text{relación Gaysunas} \quad (2.4)$$

Debido a que las luminarias estarán suspendidas, habrá que corregir la reflectancia del techo, ya que la luz tendrá que recorrer una distancia para poder ser rebotada o reflejada por el mismo techo, si las luminarias estuvieran al nivel del techo no habría que corregir la reflectancia del techo.

- La corrección de la reflectancia se realiza a través de la tabla 2.5 de relación de cavidad la cual nos pide los datos de las reflectancias de techos y paredes así como la relación de la cavidad, la cual puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$$\text{Relación de cavidad} = 1 - \frac{HCT}{H} \quad (2.6)$$

Tabla 2.5
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo o piso.

% Reflectancia de techo o piso	90				80				70			50			30				10			
	90	70	50	30	80	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	10	50	30	10	
RC																						
0.2	89	88	86	85	78	78	77	76	68	67	66	49	48	47	30	29	29	28	10	10	09	
0.4	88	86	84	81	77	76	74	72	67	65	63	48	47	45	30	29	28	26	11	10	09	
0.6	87	84	80	77	76	75	71	68	65	63	59	47	45	43	30	28	26	25	11	10	08	
0.8	87	82	77	73	75	73	69	65	64	60	56	47	44	40	30	28	25	23	11	10	08	
1.0	86	80	75	69	74	72	67	62	62	58	53	46	43	38	30	27	24	22	12	10	08	
1.2	85	78	72	66	73	70	64	58	61	57	50	45	41	36	30	27	23	21	12	10	07	
1.4	85	77	69	62	72	68	62	55	60	55	47	45	40	35	30	26	22	19	12	10	07	
1.6	84	75	67	59	71	67	60	53	59	53	45	44	39	33	29	25	22	18	12	09	07	
1.8	83	73	64	56	70	66	58	50	58	51	42	43	38	31	29	25	21	17	13	09	06	
2.0	83	72	62	53	69	64	56	48	56	49	40	43	37	30	29	24	20	16	13	09	06	
2.2	82	70	59	50	68	63	54	45	55	48	38	42	36	29	29	24	19	15	13	09	06	
2.4	82	69	58	48	67	61	52	43	54	46	37	42	35	27	29	24	19	14	13	09	06	
2.6	81	67	56	46	66	60	50	41	54	45	35	41	34	26	29	23	18	14	13	09	06	
2.8	81	66	54	44	65	59	48	39	53	43	33	41	33	25	29	23	17	13	13	09	05	
3.0	80	64	52	42	65	58	47	37	52	42	32	40	32	24	29	22	17	12	13	09	05	
3.2	79	63	50	40	65	57	45	35	51	40	31	39	31	23	29	22	16	12	13	09	05	
3.4	79	62	48	38	64	56	44	34	50	39	29	39	30	22	29	22	16	11	13	09	05	
3.6	78	61	47	36	63	54	43	32	49	38	28	39	29	21	29	21	15	10	13	09	04	
3.8	78	60	45	35	62	53	41	31	49	37	27	38	29	21	28	21	15	10	14	09	04	
4.0	77	58	44	33	61	53	40	30	48	36	26	38	28	20	28	21	14	09	14	09	04	
4.2	77	57	43	32	60	52	39	29	47	35	25	37	28	20	28	20	14	09	14	09	04	
4.4	76	56	42	31	60	51	38	28	46	34	24	37	27	19	28	20	14	09	14	08	04	
4.6	76	55	40	30	59	50	37	27	45	33	24	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04	
4.8	75	54	39	28	58	49	36	26	45	32	23	36	26	18	28	20	13	08	14	08	04	
5.0	75	53	38	28	58	48	35	25	44	31	22	35	25	17	28	19	13	08	14	08	04	

El coeficiente de utilización determinado en la forma indicada será aplicable a zonas que tengan una reflectancia de la cavidad del suelo efectiva del 20 %. El coeficiente de utilización buscado puede determinarse entonces para la propia relación de la cavidad del local y las reflectancias apropiadas de la pared y de la reflectancia del techo.

2.4.1.3 Determinar el factor de conservación o pérdidas de la luz.

A partir del día en que una instalación de alumbrado se pone en funcionamiento, la iluminación va sufriendo cambios constantes a medida que las lámparas envejecen, las luminarias acumulan suciedad y se hace sentir el efecto de otros factores que contribuyen a las pérdidas de luz. Los fabricantes de lámparas clasifican las lámparas de filamentos de acuerdo con la emisión luminosa cuando están nuevas, mientras que las lámparas de descarga de vapor incluidas las fluorescentes se catalogan según su emisión de luz después de 100 horas de funcionamiento. Hay ocho factores parciales de pérdida que deben tenerse en cuenta. De algunos de ellos puede hacerse una estimación y otros se pueden evaluar basándose en gran número de datos de ensayo o de informaciones suministradas al respecto. Estos ocho factores son:

1. *Características de funcionamiento de la reactancia.* Las especificaciones de la Asociación de Fabricaciones de Balasto certificada para lámparas fluorescentes requieren una reactancia tal que haga trabajar a la lámpara al 95 % de la emisión luminosa que proporciona cuando trabaja con una reactancia patrón, entendiendo por ésta a una de laboratorio usada por los fabricantes para establecer los valores nominales de la lámpara. Para reactancias que llevan el rótulo CBM, tomar 0,95. Para reactancias sin dicho rótulo, la emisión luminosa es generalmente más baja. La vida de la lámpara también se acorta generando pérdidas en las reactancias.

Tabla 2.6
Perdidas aproximadas de las reactancias.

Tipo de lámpara	Tipo de cebador	110 – 125 voltios			227 voltios		
		Una lámpara	Dos lámparas		Una lámpara	Dos lámparas	
			serie	Adelanto retraso		serie	Adelanto retraso
Pre calentamiento							
*48" T-12 40 w	FS-4	10	...	16	10	...	16
60" T-17 90 w	FS-85	21	...	30	40
Encendido rápido	Corriente						
** 48" T-12 40 w	430 ma.	***54	***94	...	***54	***94	...
Slimline							
48" T-12 38.5 w	425 ma.	20	32	28	20	28	28
72" T-12 56 w	425 ma.	22	27	32	22	27	31
96" T-12 73.5 w	425 ma.	27	27	27	32	25	31
Alta emisión							
48" T-12 60 w	800 ma.	***85	***145	...	***85	***147	...
72" T-12 85 w	800 ma.	***118	***205	...	***118	***205	...
96" T-12 110 w	800 ma.	***138	***245	...	***138	***245	...
Muy alta emisión							
48" T-12 110 w	1.5 Amp.	***145	***240	...	***145	***240	...
72" T-12 160 w	1.5 Amp.	***235	***360	...	***235	***360	...
96" T-12 215 w	1.5 Amp.	***235	***460	...	***230	***460	...

*Reactancia de alto factor de potencia

**Lámpara de pre calentamiento encendido rápido

*** Potencia total de entrada a la reactancia, incluidos los consumos de la lámpara y la reactancia

2. *Tensión de alimentación de las luminarias.* La tensión de servicio es difícil de predecir. Para lámparas de filamento, pequeñas desviaciones de la tensión nominal causan aproximadamente una variación del 3 % en los lúmenes emitidos por cada 1 % de desviación de la tensión. Las reactancias de alto valor de las lámparas de mercurio originan igualmente un cambio de alrededor del 3 % en el flujo luminoso de la lámpara por cada 1 % de variación de la tensión primaria de la reactancia con respecto a su valor nominal. Los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varían aproximadamente un 1 % por cada 2,5 % de variación en la tensión primaria.

3. *Variaciones de la reflectancia y transmitancia de la luminaria.* Este efecto es normalmente pequeño, pero puede ser significativo después de un largo período de tiempo en las luminarias con acabados o plásticos de inferior calidad. Actualmente no se dispone de amplios datos.

4. *Fallo de lámparas.* Los fallos de lámparas deben subsanarse rápidamente o, de lo contrario, habrá unas pérdidas de iluminación proporcionales al porcentaje de lámparas fuera de servicio.

5. *Temperatura ambiente de la luminaria.* Las lámparas fluorescentes normalmente se calibran fotométricamente a 25 °C. Desviaciones significativas de esta temperatura, por encima o por debajo, pueden producir pérdidas sustanciales de la emisión luminosa. Las luminarias ventiladas son también ordinariamente de considerable utilidad para mantener temperaturas de trabajo satisfactorias en las lámparas.

6. *Luminarias con intercambio de calor.* Las luminarias que sirven a la doble finalidad de suministrar iluminación y de actuar como retorno de aire en el sistema de ventilación se calibran fotométricamente sin paso de aire a través de las mismas. Por tanto, cuando son instaladas y se extrae aire del local a través de ellas, su eficacia aumenta, a veces hasta un 20% en los casos en que la luminaria está sobrecargada con la potencia de las lámparas. Este incremento de eficacia es función de la temperatura del aire y de la cantidad de éste que pasa a través de la luminaria por minuto. La eficacia de las luminarias "de dirección del aire", que actúan meramente como difusores del aire entrante es la misma que la de las luminarias estáticas de aire. Así se llega a la conclusión que la luminaria no intercambia calor.

7. *Degradación luminosa de la lámpara.* La gradual reducción de la emisión luminosa de la lámpara a medida que transcurre su vida es más rápida en unas lámparas que en otras. El factor de pérdidas por este concepto para las fluorescentes viene dado generalmente como la relación entre la emisión luminosa de la lámpara cuando ha transcurrido el 70% de su vida nominal y el valor inicial (a las 100 horas) de dicha emisión.

Tabla 2.7
Degradación luminosa en lámparas fluorescentes.

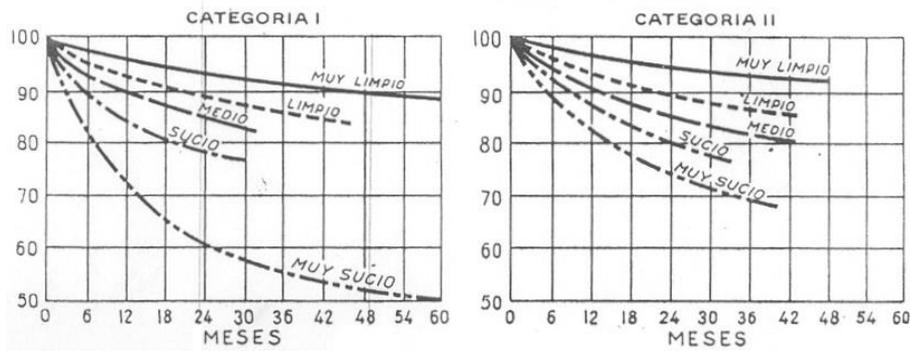
Código abreviado *	Potencia en vatios	Casquillo	Degradación de la emisión luminosa **			Emisión luminosa inicial en lúmenes ***
			Horas por encendido			
			6	12	24	
Pre calentamiento-Encendido rápido						
F40CW	40	Med. Bipatilla	8.6	8.4	8.3	3,200
F40T10/CW/99	40	Med. Bipatilla	8.4	8.3	8.2	3,200
Slimline						
F48T12/CW	38.5	Una patilla	8.8	8.7	8.6	2,900
F72T12/CW	56	Una patilla	8.8	8.7	8.6	4,400
F96T12/CW	73.5	Una patilla	8.8	8.7	8.6	6,300
Alta tensión						
F48T12/CW/HO	60	Retractable D.C.	8.5	8.4	8.3	4,000
F72T12/CW/HO	85	Retractable D.C.	8.5	8.4	8.3	6,450
F96T12/CW/HO	110	Retractable D.C.	8.5	8.4	8.3	9,000
Muy alta tensión						
F48T12/CW/SHO	110	Retractable D.C.	8.0	7.9	7.8	6,900
F72T12/CW/SHO	160	Retractable D.C.	8.0	7.9	7.8	10,900
F96T12/CW/SHO	215	Retractable D.C.	8.0	7.9	7.8	15,500
F96T12/CW/SHOII	215	Retractable D.C.	8.0	7.9	7.8	15,500

* Para lámpara blanca fría normal. Para otros colores existen sus propias designaciones.

** Los valores de depreciación luminosa de la lámpara son aplicables a las lámparas blanca fría normal, blanca cálida normal y blanca cuando llegan al 70% de su vida nominal.

*** Para la lámpara blanca fría normal. Para otros colores, multiplicar por los factores siguientes: blanca y blanca calidad normal, 1.04; luz de día, 0.86; verde fría, 0.92; cálida de lujo y blanca fría de lujo, 0.75.

8. *Disminución de emisión luminosa por suciedad.* Este factor varía con el tipo de luminaria y el ambiente en que trabaja. Una vez determinada la categoría, el factor de degradación por suciedad de la luminaria se puede leer en una de las 5 curvas que se muestran para cada categoría. El punto de la curva ha de elegirse de acuerdo con el número de meses transcurridos entre dos limpiezas consecutivas de luminarias. La curva particular elegida será la correspondiente al contenido de suciedad en el ambiente.



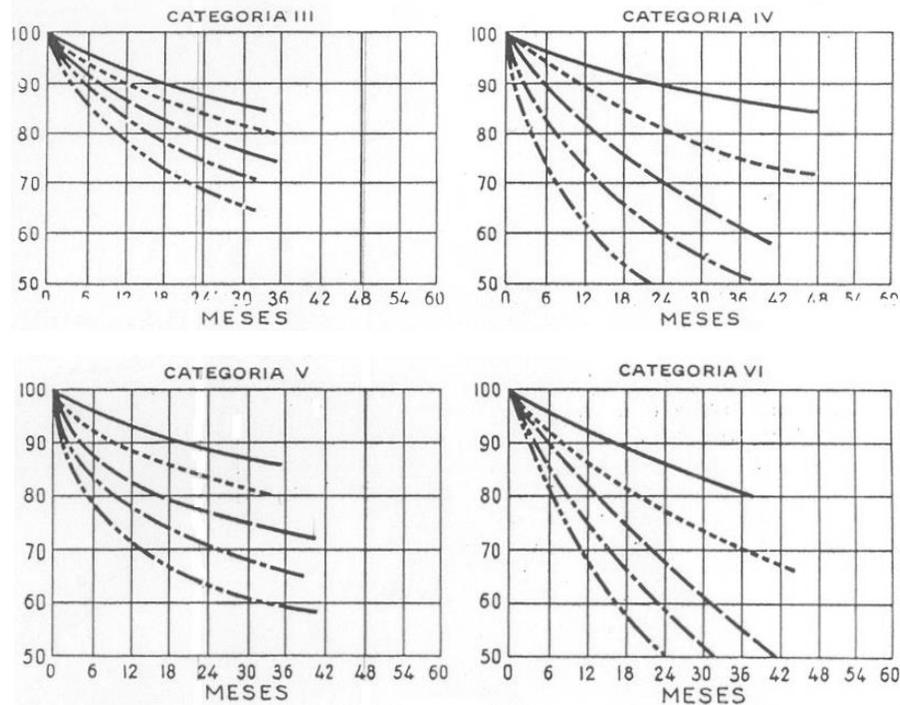


Figura 2.11 Factor de degradación por suciedad en la luminaria.

2.4.1.4 Cálculo del número de lámparas y luminarias requeridas

Una vez determinado el nivel de iluminación, las dimensiones del local, el coeficiente de utilización y las pérdidas de conservación, etc., es posible calcular el número de luminarias requeridas para desarrollar un buen sistema de iluminación adecuado a las necesidades del área de trabajo mediante las siguientes formulas:

$$\text{Número de lámparas} = \frac{\text{Nivel luminoso en lux} \times \text{superficie}}{\text{Lumenes por lámpara} \times \text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de conservación}} \quad (2.7)$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{Número de lámparas}}{\text{Lámpara por luminaria}} \quad (2.8)$$

$$\text{Nivel luminoso en lux} = \frac{\text{Lámparas por luminaria} \times \text{Lumenes por lámpara} \times \text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de conservación}}{\text{Área}} \quad (2.2)$$

$$\text{Área por luminaria} = \frac{\text{Lámparas por luminaria} \times \text{Lumenes por lámpara} \times \text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de conservación}}{\text{Nivel luminoso en lux}} \quad (2.9)$$

2.4.1.5 Fijación del emplazamiento de las luminarias.

Una vez que se ha determinado la cantidad de luminarias a instalar hay que proceder al diseño geométrico y de los sistemas de montaje. Para resolver estas cuestiones se debe tener en cuenta, en primer lugar, el sistema de alumbrado elegido, pero también el tipo de artefacto, el diseño arquitectónico y las características del cieloraso o el lugar donde se vayan a emplazar.

En los sistemas de iluminación general, las luminarias se distribuyen uniformemente en el local como se indica en la figura siguiente:

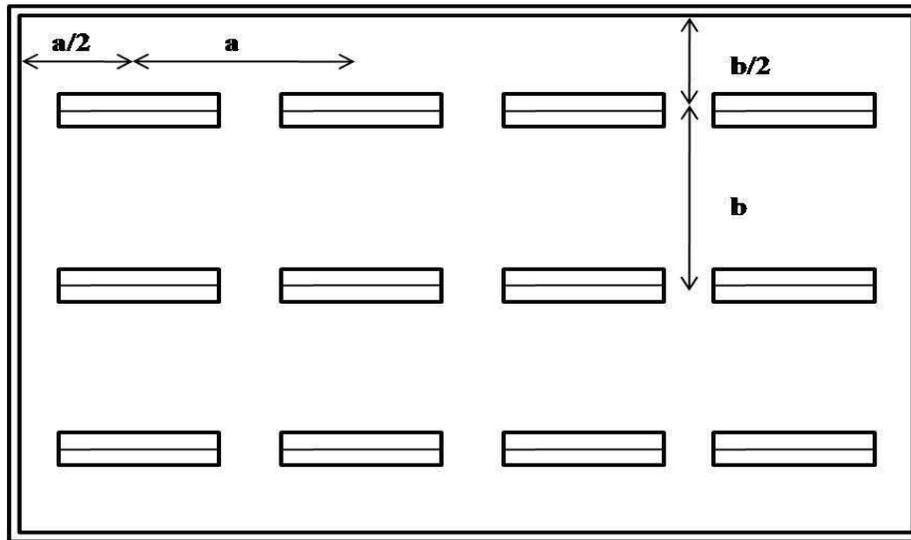


Figura 2.12 Distribución típica de luminarias en un local.

Para conseguir una distribución uniforme de iluminación sobre una zona, no conviene excederse de ciertos límites en la relación del espacio entre luminarias y la altura de montaje. En la tabla 2.4 (coeficiente de utilización) proporciona las máximas relaciones admisibles entre la distancias de luminarias y altura de montaje sobre el plano de trabajo, la distancia desde las paredes a los artefactos es igual a la mitad de la separación entre ellos.

En la mayoría de los casos es necesario colocar las luminarias más próximas que lo que se indica en las tablas, a fin de obtener los niveles de iluminación requeridos. Los equipos fluorescentes deben montarse con frecuencia en filas continuas. La distancia entre luminarias se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{Distancia entre luminarias} = \text{La separación máxima permisible} \times \text{Altura de montaje.}$$

El proyectista debe de considerar las dimensiones de la luminaria en el momento del emplazamiento para obtener una mayor eficiencia en el área de trabajo, así como la distribución a lo largo y ancho del local.

Para obtener una buena distribución de las luminarias se considera la cantidad de luminarias por fila y columna y esto se puede determinar de la siguiente manera:

La distribución entre luminarias de una fila va ser igual a:

$$\frac{\textit{Largo del local}}{\textit{Nº de luminarias de la fila}} = m. \quad (2.10)$$

La distribución entre luminarias de una columna va ser igual a:

$$\frac{\textit{Ancho del local}}{\textit{Nº de luminarias de la columna}} = m. \quad (2.11)$$

CAPÍTULO III

ELEMENTOS PARA EL PROYECTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El desarrollo de la electricidad se inició aproximadamente hace un siglo habiendo cambiado desde entonces la forma de vida. A partir del desarrollo experimental de Thomas Alba Edison para obtener finalmente la lámpara incandescente, se observó un desarrollo notable en los requerimientos del uso de la electricidad, no sólo para alumbrado, también para otros usos distintos, con lo que quedó establecida la necesidad de producir volúmenes considerables de energía eléctrica y medios prácticos para su distribución.

Paralelamente a los usos incipientes de la electricidad aparecieron las centrales generadoras, los sistemas de transmisión y distribución y las instalaciones eléctricas. Es decir, que para poder dar uso a la electricidad se requiere de todo un conjunto de instalaciones con distintas funciones, pero con un solo propósito, llevar la energía eléctrica a satisfacer necesidades.

Las instalaciones eléctricas pueden tener un distinto grado de complejidad dependiendo del lugar que ocupen dentro del conjunto de instalaciones y de la función a desempeñar, es así como se pueden tener instalaciones tan simples como las que se observan a diario en las casas habitación y que a simple vista se observan sus componentes como son las salidas para lámparas, los apagadores, los contactos, etc.

3.1 INTRODUCCIÓN.

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilizan. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, soportes, etc [6].

El objetivo de una instalación eléctrica es el de distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de manera segura y eficiente. Además debe ser económica, flexible y fácil acceso.

Una instalación segura es aquella que no representa riesgos para los usuarios ni para los equipos que alimenta o que están cerca. En relación con la seguridad de los equipos, deben hacerse un análisis técnico- económico para determinar la inversión en protecciones para cada equipo. Por ejemplo, para un equipo que represente una parte importante de la instalación y que sea muy costoso no deberá limitarse la inversión en protecciones.

El diseño de una instalación eléctrica eficiente debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que la constituyen o por la

imposibilidad para desconectar equipos o secciones de alumbrado mientras éstos no se estén utilizando.

En los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero frente a cualquier proyecto, debe pensar en su realización con la menor inversión posible. En la realidad el ingeniero proyectista requiere de habilidad y tiempo para acercarse a esa solución ideal. Pero las horas/hombre dedicadas al proyecto son parte importante del costo, por lo que tampoco es recomendable dedicar demasiado tiempo a resolver problemas sencillos [7].

Se entiende que una instalación eléctrica es flexible cuando se puede adaptar a pequeños cambios, por ejemplo, una instalación aparente en tubos metálicos o charolas es mucho más flexible que una instalación ahogada en el piso o techo.

Se entiende por accesibilidad el que se cuente con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación eléctrica, es decir, la especificación completa y todos los planos y diagramas necesarios.

Para alimentar distintos tipos de cargas, ya sea comercial o industrial, que tienen características variables, el proyectista debe tener una idea clara de cuáles son los elementos importantes a considerar en la selección de un sistema de distribución.

3.2 TIPOS DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE DISTRIBUCIÓN.

El sistema de distribución es el encargado de suministrar la energía eléctrica al usuario, considerando la cantidad de carga total instalada se determina el tipo de sistema de distribución, en México se consideran cuatro tipos de sistemas entre los cuales están:

3.2.1 Sistema monofásico ($1\phi - 2H$).

Se utilizan en instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos (para aparatos pequeños), cuando todas las cargas parciales son monofásicas y la carga total instalada no es mayor de 4,000 watts. Para circuitos derivados de alumbrado y contactos sencillos se considera una carga no mayor de 1,500 watts [6-7].

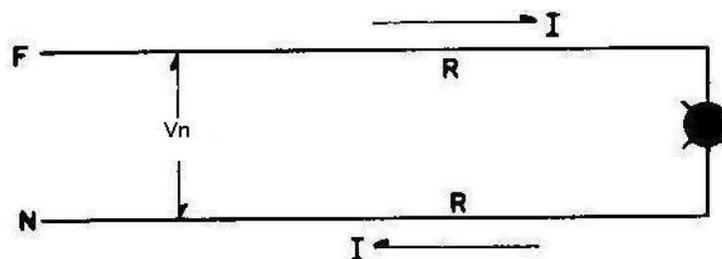


Figura 3.1 Sistema monofásico ($1\phi - 2H$).

En los sistemas de distribución existen ciertas limitaciones al momento de transportar la energía eléctrica y una que tiene mucha consideración es la caída de tensión, que se puede calcular mediante las siguientes formulas:

La potencia que consume la carga es:

$$W = V_n I F.p \quad (3.1)$$

El calibre de los conductores por corriente se encuentra despejando I de la ecuación anterior.

$$I = \frac{W}{V_n F.p} \quad (3.2)$$

Una vez determinada la corriente, esta se multiplica por el factor de utilización o factor de demanda que según el tipo de instalación y el uso que se haga de ella. Varía normalmente de 0,6 a 0,9 (60 a 90 %).

La caída de voltaje por resistencia en el conductor es:

$$e = 2 RI \text{ (por ser fase y retorno)} \quad (3.3)$$

En la resistividad del cobre se considera el valor de 1/50 a 60° C de temperatura ambiente dando con ello un alto factor de seguridad.

$$e = 2 \left(\rho \frac{L}{S} \right) I = 2 \left(\frac{1}{50} \frac{L}{S} \right) I = \frac{2LI}{50S} = \frac{LI}{25S} \quad (3.4)$$

La caída de tensión en tanto por ciento para sistemas monofásicos es:

$$e \% = e \frac{100}{V_n} \quad (3.5)$$

Por lo tanto:

$$e \% = \frac{LI}{25 S} \frac{100}{V_n} = \frac{4 LI}{S V_n} \quad (3.6)$$

Despejando S:

$$S = \frac{4 LI}{V_n e\%} \quad (3.7)$$

Donde:

W es la potencia en watts.

V_n es el voltaje entre fase y neutro (127 volts)

F.p es el factor de potencia (para cálculos de operación se considera .85)

I es la corriente en Amperes.

R es la resistencia en ohms

L es la longitud en metros

S es la sección transversal en mm²

$e\%$ es la caída de voltaje en por ciento
 ρ es la resistividad ohms/m.
 e es la caída de voltaje por resistencia

3.2.2 Sistema monofásico a tres hilos (2φ – 3H).

Se emplean en instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos, cuando todas las cargas son monofásicas y la carga total instalada es mayor de 4,000 watts y menor de 8,000 watts, cuyo valor multiplicado por el factor de demanda promedio del 70%, se obtiene una demanda máxima aproximada de $8,000 \times 0,7 = 5,600$ watts, que repartida en los circuitos derivados, corresponden 2,800 watts de carga efectiva por cada hilo de corriente. [7]

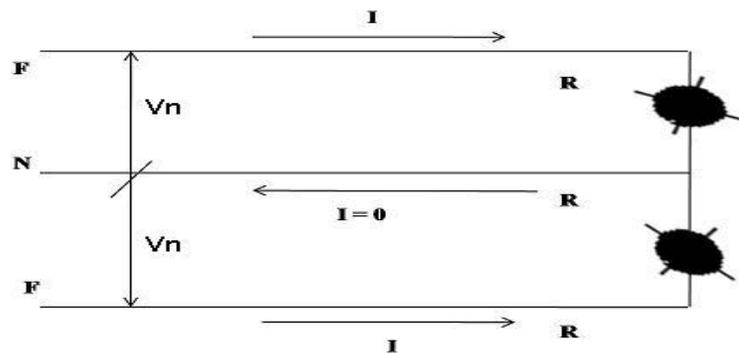


Figura 3.2 Sistema monofásico a tres hilos (2φ – 3H).

Si se observa detenidamente el diagrama anterior, realmente se trata de dos sistemas monofásicos a dos hilos.

La potencia que consume la carga es:

$$W = 2 V_n I F.p \quad (3.8)$$

El calibre de los conductores por corriente se encuentra despejando I de la ecuación anterior.

$$I = \frac{W}{2 V_n F.p} \quad (3.9)$$

Una vez determinada la corriente, esta se multiplica por el factor de utilización o factor de demanda que según el tipo de instalación y el uso que se haga de ella. Varía normalmente de 0,6 a 0,9 (60 a 90 %).

Como la carga total conectada en realidad se reparte en dos sistemas monofásicos a dos hilos, la corriente y en consecuencia la caída de tensión es exactamente la mitad con respecto al sistema elemental de fase y neutro.

$$e = \rho \frac{L}{S} I = \frac{1}{50} \frac{L}{S} I = \frac{LI}{50 S} \quad (3.10)$$

La caída de tensión en tanto por ciento para sistemas monofásicos es:

$$e \% = e \frac{100}{V_n} \quad (3.5)$$

Por lo tanto:

$$e \% = \frac{LI}{50 S} \frac{100}{V_n} = \frac{2 LI}{S V_n} \quad (3.11)$$

Despejando S:

$$S = \frac{2 LI}{V_n e \%} \quad (3.12)$$

Como se trata de un sistema que en realidad es difícil de balancear al 100 %, en un momento dado el neutro trabaja como fase, transportando 1.4142 veces la corriente eficaz por fase. Por lo anterior, es recomendable que cuando se trabajen dos fases con neutro común, al neutro se le considere un área mayor que a los hilos de corriente por lo menos en un calibre.

Para poder entender mejor lo anterior, hay necesidad de tener presente que los aparatos de medición en corriente alterna (C.A.) no indican valores máximos ni valores promedios de las ondas sinusoidales de tensión, corriente o potencia, sino que indican el valor eficaz de las mismas, siendo 0,7071 el valor máximo, por lo tanto, $0,7071 \times 2 \text{ fases} = 1,4142$.

3.2.3 Sistema trifásico (3φ – 3H).

Este sistema puede ser la salida de una conexión delta de un transformador o bien de una conexión estrella sin conductor neutro. Desde luego que la conexión se utiliza para alimentar cargas trifásicas, como es el caso de los motores que operan con voltajes de 220 volts ó 440 volts.[6]

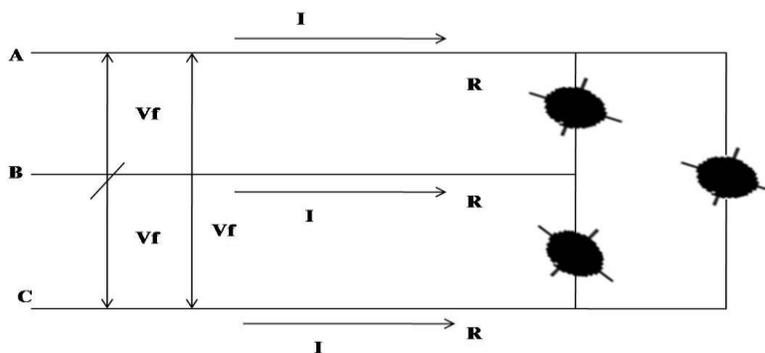


Figura 3.3 Sistema trifásico (3φ – 3H).

La potencia que consume la carga es:

$$W = \sqrt{3} V_f I F . p \quad (3.13)$$

Despejando I de la ecuación anterior, tenemos:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.p} \quad (3.14)$$

Una vez determinada la corriente, ésta se multiplica por el factor de utilización o factor de demanda que según el tipo de instalación y el uso que se haga de ella. Varía normalmente de 0,6 a 0,9 (60 a 90 %).

La caída de voltaje entre fases es:

$$E_f = \sqrt{3} R I \quad (3.15)$$

Pero:

$$R = \frac{\rho L}{S} = \frac{1}{50} \frac{L}{S} \quad (3.16)$$

$$E_f = \frac{\sqrt{3} L I}{50 S} \quad (3.17)$$

El porcentaje de caída de voltaje es:

$$e \% = \frac{E_f}{V_f} \times 100 \quad (3.18)$$

$$e \% = \frac{\sqrt{3} L I}{50 S V_f} \times 100 \quad (3.19)$$

$$e \% = \frac{2\sqrt{3} L I}{S V_f} \quad (3.20)$$

Despejando S:

$$S = \frac{2\sqrt{3} L I}{V_f e \%} \text{ pero, } V_f = \sqrt{3} V_n \quad (3.21)$$

Por lo tanto:

$$S = \frac{2\sqrt{3} L I}{\sqrt{3} V_n e \%} = \frac{2 L I}{V_n e \%} \quad (3.12)$$

Este sistema trifásico a tres hilos es balanceado, por lo que se considera exactamente la misma corriente para cada conductor

Donde:

V_n es el voltaje entre fase y neutro (127 volts)

V_f es el voltaje entre fases

W es la potencia en watts.

$F.p$ es el factor de potencia (para cálculos de operación se considera 0,85)

I es la corriente en Amperes.
 R es la resistencia en ohms
 L es la longitud en metros
 S es la sección transversal en mm^2
 $e\%$ es la caída de voltaje en por ciento
 ρ es la resistividad ohms/m.
 E_f es la caída de voltaje entre fases.

3.2.4 Sistema trifásico a cuatro hilos ($3\phi - 4H$).

Este es uno de los sistemas de alimentación más utilizados ya que resulta flexible para la alimentación de cargas trifásicas (con los tres conductores de fase) y monofásicos (con una fase y neutro), por ejemplo, se puede alimentar motores trifásicos a 220 volts y alumbrado a 127 volts. Su carga total instalada es mayor de 8,000 watts [7].

Debido a esta flexibilidad para la alimentación de distintos tipos de carga tanto monofásica como trifásica, el sistema a cuatro hilos es uno de los preferidos en México.

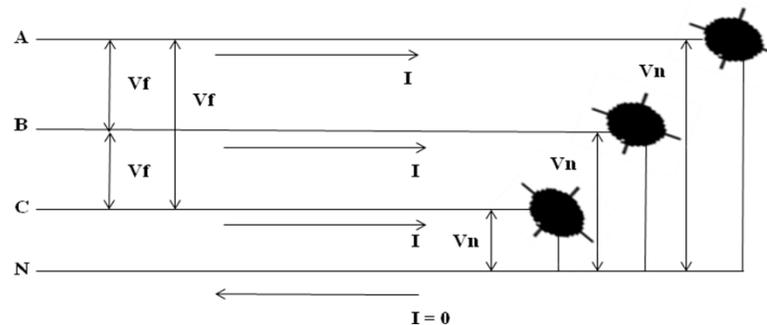


Figura 3.4 Sistema trifásico a cuatro hilos ($3\phi - 4H$).

Tratándose de un sistema trifásico a cuatro hilos, se considera 100% balanceado, en el neutro se toma una intensidad de corriente igual a cero.

La potencia que consume la carga es:

$$W = 3 V_n I F.p = \sqrt{3} V_f I F.p \quad (3.13)$$

Despejando I de la ecuación anterior, tenemos:

$$I = \frac{W}{3 V_n F.p} = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.p} \quad (3.14)$$

Una vez determinada la corriente, esta se multiplica por el factor de utilización o factor de demanda que según el tipo de instalación y el uso que se haga de ella. Varía normalmente de 0,6 a 0,9 (60 a 90 %).

La caída de voltaje entre fases es:

$$E_f = \sqrt{3} R I = \frac{\sqrt{3} L I}{50 S} \quad (3.17)$$

Expresando esta caída de voltaje en porciento:

$$e \% = \frac{100}{V_f} E_f = \frac{100 \sqrt{3} L I}{V_f 50 S} = \frac{2\sqrt{3} L I}{V_f S} \quad (3.20)$$

Pero $V_f = \sqrt{3} V_n$, por lo tanto:

$$e \% = \frac{2\sqrt{3} L I}{\sqrt{3} V_n S} = \frac{2 L I}{V_n S} \quad (3.11)$$

Despejando S:

$$S = \frac{2 L I}{V_n e \%} \quad (3.12)$$

Donde:

E_f es la caída de voltaje entre fases.

V_n es el voltaje entre fase y neutro (127 volts)

V_f es el voltaje entre fases

W es la potencia en watts.

$F.p$ es el factor de potencia (para cálculos de operación se considera 0,85)

I es la corriente en Amperes.

R es la resistencia en ohms

L es la longitud en metros

S es la sección transversal en mm^2

$e\%$ es la caída de voltaje en por ciento

ρ es la resistividad ohms/m.

3.3 CIRCUITOS DERIVADOS PARA ALUMBRADO.

De acuerdo a las normas técnicas para instalaciones eléctricas de México. Un circuito derivado se define como: el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extiende después del último dispositivo de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hacia las salidas de las cargas [6].

El objeto principal de los circuitos derivados, es dividir la carga total conectada en diferentes partes, para que cuando ocurra un corto circuito en un derivado, no se interrumpa el servicio en los restantes porque tienen protección individual [7].

Cada circuito derivado debe estar protegido contra sobrecorriente, por medio de elementos fusibles o por medio de interruptores termomagnéticos, a continuación se presenta una tabla de las capacidades de corriente de los interruptores termomagnéticos.

Tabla 3.1
Capacidades de los interruptores termomagnéticos.

127 volts	220 volts	220 – 440 volts
15Amp.	15 Amp	15Amp.
20Amp.	20 Amp	20Amp.
30Amp.	30Amp.	30Amp.
40Amp.	40Amp.	40Amp.
50Amp.	50Amp.	50Amp.
	70Amp.	70Amp.
		100Amp.
		125Amp.
		150Amp.
		170Amp.
		200Amp

Las normas técnicas para instalaciones eléctricas solo permiten el uso de circuitos derivados de 15 amperes o 20 amperes para alimentar unidades de alumbrado con portalámparas estándar. Los circuitos derivados mayores de 20 amperes se permiten solo para alimentar unidades de alumbrado fijas con portalámparas de uso rudo. En otras palabras los circuitos derivados de más de 20 amperes no se permiten para alimentar habitaciones o en edificios de departamentos [6].

Un circuito de 15 amperes a 127 volts tiene una capacidad de carga (15 x 127) de 1905 watts y un circuito de 20 amperes a 127 volts tiene una capacidad (20 x 127) de 2540 watts, a esta capacidad se le considera el factor de potencia que para cálculos de operación es de 0,85 quedando de la siguiente manera:

- Un circuito de 15 A/ 127 volts, tiene una capacidad de 1905 watts x F.p
- Un circuito de 20 A/ 127 volts, tiene una capacidad de 2540 watts x F.p

En la solución de ciertos tipos de problemas en las instalaciones eléctricas es necesario calcular el número de circuitos derivados que se requieren para alimentar una carga dada. El número de circuitos derivados está determinado por la carga y se calcula como:

$$\text{Número de circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}} \quad (3.22)$$

El número de luminarias por circuito es:

$$\text{Número de luminarias x circuito} = \frac{\text{total de luminarias}}{\text{número de circuitos}} \quad (3.23)$$

3.4 DESBALANCEO ENTRE FASES.

En las instalaciones eléctricas en las que suministra el servicio Sistema monofásico a tres hilos ($2\phi - 3H$) y trifásico a cuatro hilos ($3\phi - 4H$), cuando el desbalanceo es mayor a cinco por ciento entre dos de ellas, la facturación por consumo de energía no es considerando las lecturas de las tres líneas sino que se hace tomando un consumo igual a tres veces el valor registrado en la fase más cargada [7].

Par el cálculo del desbalanceo debe procederse como sigue:

- a) Primero sumar la carga total por fase.
- b) Una vez determinada la carga total por fase, se determina el desbalanceo entre fases, suponiendo que sea un sistema trifásico a cuatro hilos ($3\phi - 4H$) se tiene:

$$\text{Desb. entre fases A y B} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100 \quad (3.24)$$

$$\text{Desb. entre fases B y C} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100 \quad (3.25)$$

$$\text{Desb. entre fases A y C} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100 \quad (3.26)$$

Por ser aceptado en la dirección general de electricidad el resultado de las operaciones numéricas anteriores debe ser menor de cinco por ciento. Este desbalanceo entre fases, menor de 5% es naturalmente en teoría ya que en la práctica, dicho valor puede variar.

3.5 LOCALIZACIÓN DEL CENTRO DE CARGA.

En una instalación eléctrica se le llama centro de carga al punto en el cual se considera que están concentradas todas las cargas parciales.

El centro de carga puede calcularse fácilmente, se considera un punto de referencia o el lugar donde se encuentra la toma de energía, tablero de distribución, interruptor general, etc., $L1, L2, L3, L4 \dots$, son las distancias de las cargas parciales y $W1, W2, W3, W4 \dots$, son las cargas parciales.

Cuando las cargas parciales de una instalación eléctrica no están sobre un mismo lineamiento, sino que se encuentran distribuidas sin seguir un cierto orden de dirección y distancia con respecto a la toma de energía, debe uno valerse de un sistema de coordenadas cartesianas para calcular el centro de carga [7]:

a) Se calcula el centro de carga con respecto a los dos ejes coordenados.

$$L_y = \frac{L_1 W_1 + L_2 W_2 + L_3 W_3 + L_4 W_4 \dots}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \dots} \quad (3.27)$$

$$L_x = \frac{L_1 W_1 + L_2 W_2 + L_3 W_3 + L_4 W_4 \dots}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \dots} \quad (3.28)$$

b) La intersección de estas dos distancias nos muestra exactamente la localización del centro carga.

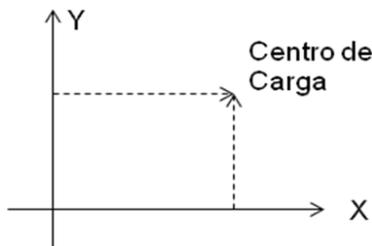


Figura 3.5 Localización del centro de carga.

Una vez localizado el centro de carga, se juzgara si las condiciones del local y el tipo de trabajo permiten la colocación del equipo (tablero de distribución para alimentación de las cargas parciales) en este punto, si ello no es posible el centro de carga se corre a uno de los muros más cercanos.

c) Se calcula la distancia del centro de carga a la toma de energía.

$$L = \sqrt{(L_y)^2 + (L_x)^2} \quad (3.29)$$

3.6 CONDUCTORES ELÉCTRICOS.

En cualquier instalación eléctrica, los elementos que conducen la corriente eléctrica de las fuentes a las cargas o que interconectan los elementos de control, son los conductores eléctricos, por otra parte, por razones de protección de los propios conductores y de seguridad, normalmente estos conductores se encuentran instalados dentro de canalizaciones eléctricas de distinta naturaleza y cuya aplicación depende del tipo de instalación eléctrica de que se trate [6].

La mayor parte de los conductores usados en las eléctricas son de cobre (Cu) o aluminio (Al) debido a su buena conductividad y que comercialmente no tienen un costo alto ya que hay otros que tienen un costo elevado que hacen antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas, aun cuando tienen mejor conductividad [7].

Desde el punto de vista de las normas, los conductores se han identificado por un número que corresponden a lo que comúnmente se conoce como el calibre y que normalmente se sigue el sistema americano de designación A.W.G siendo el más grueso el número 4/0, siguiendo en orden descendente del área del conductor los números 3/0, 2/0, 1/0, 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 y 20 que es el más delgado, usado en instalaciones eléctricas. Las siglas A.W.G o M.C.M nos están indicando el área transversal de los conductores eléctricos.

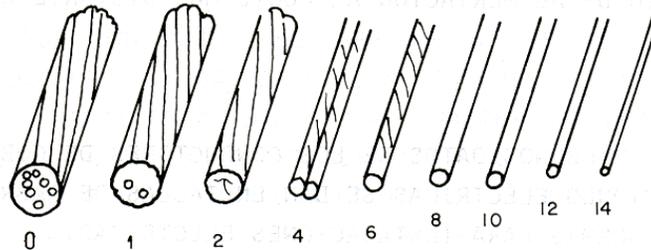


Figura 3.6 Calibres de conductores desnudos designación A.W.G

Se dice que se tiene un C.M (Circular Mil) cuando el área transversal tiene un diámetro de una milésima de pulgada. La relación entre el circular mil y el área en mm^2 para un conductor se obtiene como sigue:

$$1 \text{ pulgada} = 25.4 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{1000} \text{ Pulgada} = 0.0254 \text{ mm}$$

Siendo el área Circular Mil un área:

$$1 \text{ C.M} = \frac{D^2}{4} = \frac{3.1416 \times (0.0254)^2}{4} \quad (3.30)$$

$$1 \text{ C.M} = 5.064506 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$$

De donde:

$$1 \text{ mm}^2 = \frac{10^4}{5.064506} = 1974 \text{ C.M}$$

O en forma aproximada.

$$1 \text{ mm}^2 = 2000 \text{ C.M}$$

Conociendo el significado de A.W.G y la equivalencia entre mm^2 y C.M en la tabla 3.2 (Sección transversal de los conductores eléctricos) se establece el diámetro y área de cobre según el calibre de los conductores, así como también el diámetro total con todo y aislamiento.

Tabla 3.2
Sección transversal de los conductores eléctricos

	CALIBRE A. W. G. O M. C. M.	ÁREA DEL COBRE EN mm ²	ÁREA TOTAL CON TODO Y AISLAMIENTO mm ²	ÁREA TORAL DE ACUERDO AL CALIBRE Y AL NUMERO DE CONDUCTORES ELECTRICOS, PARA SELECCIONAR EL DIAMETRO DE LAS TUBERIAS SEGÚN LA TABLA N 4				
				2	3	4	5	6
ALAMBRES	14	2.08	8.30	16.60	24.90	33.20	41.50	49.80
	12	3.30	10.64	21.28	31.92	42.56	53.20	63.84
	10	5.27	13.99	27.98	41.97	55.96	69.95	83.94
	8	8.35	25.70	51.40	77.10	102.80	128.50	154.20
CABLES	14	2.66	9.51	19.02	28.53	38.04	47.55	57.06
	12	4.23	12.32	24.64	36.96	49.28	61.60	73.92
	10	6.83	16.40	32.80	49.20	65.60	82.00	95.40
	8	10.81	29.70	56.40	89.10	118.80	148.50	178.20
	6	12.00	49.26	98.52	147.78	197.04	246.30	295.56
	4	27.24	65.61	131.22	196.83	262.40	328.05	393.66
	2	43.24	89.42	178.84	268.26	357.68	447.10	536.52
	0	70.43	143.99	287.98	431.97	575.96	719.95	863.94
	00	88.91	169.72	339.44	509.16	678.88	848.60	1018.32
	000	111.97	210.06	402.12	603.18	804.24	1005.30	1206.36
	0000	141.23	239.98	479.96	719.94	959.92	1199.90	1439.88
	250	167.65	298.65	597.30	895.95	1194.46	1493.25	1791.19
	300	201.06	343.07	686.14	1029.21	1372.28	1715.35	2058.42
	400	268.51	430.06	860.10	1290.15	1720.20	2150.25	2580.30
	500	334.91	514.72	1029.44	1544.16	2058.88	2573.36	3088.32

Los conductores empleados en las instalaciones eléctricas están aislados, antiguamente los conductores eléctricos se aislaban con hule, conociéndose comercialmente como tipo R, actualmente se fabrican con aislantes de tipo termoplástico (T) con distintas denominaciones comerciales.

Cada tipo de conductor tiene propiedades específicas que lo diferencian de otros, pero en general en la selección de un conductor deben considerarse los agentes que los afectan durante su operación y que se pueden agrupar como [6]:

- *Agentes mecánicos.* La mayor parte de los ataques mecánicos que sufre un conductor se deben a agentes externos como son el desempaque, manejo e instalación que pueden afectar las características del conductor dañado y que producen fallas de operación, por lo que es necesario prevenir el deterioro por agentes externos usando las técnicas adecuadas de manejo de materiales e inserción de conductores en canalizaciones.
- *Agentes químicos.* Un conductor se ve sujeto a ataques por agentes químicos que pueden ser diversos y que dependen de los contaminantes que se encuentran en el lugar de la instalación. Estos agentes químicos contaminantes se pueden identificar en cuatro tipos generales que son:
 - Agua o humedad.
 - Hidrocarburos.
 - Ácidos
 - Alcalis

Por lo general no es posible eliminar en su totalidad los contaminantes de una instalación eléctrica, lo que hace necesario el uso de conductores eléctricos que resistan los contaminantes en cada instalación eléctrica.

Las fallas por agentes químicos en los conductores se manifiestan como una disminución en el espesor del aislamiento, como grietas con trazos de sulfatación en el aislamiento o por oxidación en el aislamiento, caso típico que se manifiesta como desprendimiento en forma de escamas.

- *Agentes eléctricos.* Desde el punto de vista eléctrico, la característica principal de los conductores de baja tensión se mide por la rigidez dieléctrica del aislamiento, que es la que determina las condiciones de operación manteniendo la diferencia de potencial requerida dentro de los límites de seguridad, permite soportar sobrecargas transitorias e impulsos de corriente provocados por corto circuito.

Normalmente se expresa la rigidez dieléctrica en Kv./mm y dependiendo si en la prueba se emplea elevación rápida de tensión o impulso varía su valor, por lo general, la habilidad eléctrica de los aislamientos para conductores en baja tensión es del orden de 600 volts, que es la tensión máxima a que están especificados, por esta razón los conductores empleados en instalaciones eléctricas de baja tensión difícilmente fallan por causas meramente eléctricas, en la mayoría de los casos fallan por fenómenos térmicos provocados por sobrecargas sostenidas o deficiencias en los sistemas de protección en caso de corto circuito.

La capacidad de conducción de un conductor (ampacidad) se encuentra limitada por los siguientes factores:

- Conductividad del metal conductor
- Capacidad térmica del aislamiento.

Desde el punto de vista de conductividad se muestra la tabla 3.3 (Resistencia y reactancia de conductores) que dan la resistencia eléctrica de los conductores de cobre, factor que es muy importante en virtud de que determina las pérdidas de potencia eléctrica al paso de la corriente, según la fórmula:

$$W = RI^2 \quad (3.31)$$

Donde:

R es la resistencia eléctrica en ohms.

I es la corriente eléctrica en amperes.

W es la potencia en watts.

Tabla 3.3
Resistencia y reactancia de conductores.

CALIBRE A.W.G M.C.M	RESISTENCIA EN $\Omega/100$ m. a 60 °C	REACTANCIA EN $\Omega/100$ m	
		MINIMA	MAXIMA
14	1.0	0.0153	0.015
12	0.623	0.0153	0.015
10	0.393		
8	0.246	0.0153	0.015
6	0.155	0.0133	0.015
4	0.097	0.0123	0.0166
3	0.076	0.0120	0.0163
2	0.616	0.0116	0.0160
1	0.0486	0.0116	0.0160
0	0.0386	0.0113	0.0160
00	0.0306	0.0106	0.0146
000	0.0243	0.0103	0.0146
0000	0.0193	0.0100	0.0150
250	0.0163	0.0100	0.0150
300	0.0136	0.0096	0.0150
350	0.1160	0.0096	0.0146
400	0.0102	0.0096	0.0143
450	0.0090	0.0093	0.0133
500	0.0080	0.0093	0.0123
550	0.0074	0.0093	0.0133
600	0.0068	0.0093	0.0133
750	0.0054	0.0093	0.0133
1000	0.0041	0.0093	0.0133

En el caso de las instalaciones eléctricas de baja tensión, los conductores se encuentran alojados en un medio de canalización en donde además se encuentran alojados otros conductores, consideremos como ejemplo un tubo conduit, en este caso el calor generado tiende a disiparse en el medio envolvente, es decir, el propio aislamiento del conductor, el aislamiento de los conductores vecinos, el aire que está contenido en el tubo mismo.

En este caso el calor generado en el caso de sobrecargas permanentes destruirá a los aislamientos mucho antes que el material conductor llegue a su temperatura de fusión, debido a que la capacidad térmica del aislamiento es mucho menor que la del conductor, por lo que es muy importante limitar la temperatura de trabajo de los conductores hasta el punto en que el calor que se genera no llegue a la temperatura de fusión de los aislamientos, es decir, que siempre se debe trabajar al conductor debajo de la temperatura de fusión del aislamiento.

Desde el punto de vista teórico se pueden establecer las bases para el cálculo del calibre del conductor de acuerdo con su capacidad de conducción de corriente, considerando el efecto térmico en los términos que se describió anteriormente. A continuación se muestra la tabla 3.4 (capacidad de corriente en conductores aislados) que está basada en una temperatura ambiente de 30° C que es el rango de temperatura del conductor.

Tabla 3.4
Capacidad de corriente en conductores aislados.

°C	60 °C	75 °C	90 °C	110 °C	125°C	200 °C	250° C
°F	140 ° F	167 °F	194 ° F	230 °F	257 °F	392 °F	482 ° F
CALIBRE A.W.G M.C.M	T TW	RH RHW RUH THW THWN	TA TBS RHH RHHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
18			21				
16			22				
14	15	15	25	30	30	30	40
12	20	20	30	35	40	40	55
10	30	30	40	45	50	55	75
8	40	45	50	60	65	75	95
6	55	85	70	80	85	95	120
4	70	85	90	105	115	120	145
3	80	100	105	120	130	145	170
2	95	115	120	135	145	165	195
1	110	130	140	160	170	190	220
0	125	150	155	190	200	225	250
00	145	175	185	215	230	250	280
000	165	200	210	245	265	285	315
0000	195	230	235	275	310	340	370
250	215	265	270	315	335		
300	240	285	300	345	380		
350	260	310	325	390	420		
400	280	335	360	420	450		
500	320	380	405	470	500		
600	355	420	455	525	545		
700	385	460	490	560	600		
750	400	475	500	580	620		
800	410	490	515	600	640		
900	435	520	555				
1000	455	545	585	680	730		
1250	495	590	645		---		
1500	520	625	700	785			
2000	560	625	775	840			

Otro factor que influye para el cálculo de conductores es la caída de voltaje en las terminales de la carga es por lo general menor que el voltaje de alimentación, la diferencia de voltaje entre estos dos puntos se conoce como "la caída de voltaje", las normas técnicas para instalaciones eléctricas recomiendan que la máxima caída de voltaje desde la alimentación hasta la carga, no debe exceder al 5%; se permite el 3% en instalaciones de alumbrado y el 4% en instalaciones de fuerza.

Tabla 3.5
Por ciento de caída de tensión en circuitos.

Tipo de instalación	Circuito alimentadores	Circuitos derivados
De alumbrado 3%	1%	2%
De fuerza 4%	2%	2%

Una caída de voltaje excesiva (mayor del 5%) conduce a resultados indeseables debido a que el voltaje en la carga se reduce. En las lámparas incandescentes se reduce notablemente el nivel de iluminación, en las lámparas fluorescentes se tienen problemas, como dificultad para arrancar, parpadeo, calentamiento de los balastos, etc., en el equipo de control, los reveladores pueden no operar; en los motores la reducción de voltaje se traduce en un incremento en la corriente, lo cual produce sobrecalentamiento y algunas veces causa problemas de arranque, por esta razón no es suficiente calcular los conductores por corriente, es decir, seleccionar el calibre de un conductor de acuerdo con la corriente que circulará por él [7].

También es necesario que la caída de voltaje en el conductor no exceda los valores establecidos por el reglamento de obras de instalaciones eléctricas que son el 2% de caída de voltaje en instalaciones residenciales y un máximo de 5% en instalaciones industriales, desde el punto de alimentación hasta el último punto.

Las formulas para calcular la caída de tensión se dieron a conocer en el subtema 3.2 (tipos de sistemas eléctricos de distribución) donde se realizó el estudio de cada uno de los diferentes sistemas de distribución.

Como ya se mencionó los conductores en las instalaciones eléctricas se encuentran alojados ya sea en tubos conduit o en otros tipos de canalizaciones.

Los conductores están limitados en su capacidad de conducción de corriente por el calentamiento, debido a las limitaciones que se tienen en la disipación de calor y a que el aislamiento mismo presenta también limitaciones de tipo térmico.

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento y manipulación durante la instalación. Para obtener la cantidad de aire necesaria para disipar el calor, se debe establecer la relación adecuada entre la sección del tubo y la de los conductores, para esto se puede proceder de la siguiente forma:

$$F = \frac{Ac}{A} \quad (3.32)$$

Donde:

A es el área interior del tubo en mm^2 o plg^2

Ac es el área total de los conductores

F es el factor de relleno

Este factor de relleno tiene los siguientes valores establecidos para instalaciones en tubos conduit.

$$F = \begin{cases} 53\% \text{ para un conductor} \\ 31\% \text{ para dos conductores} \\ 43\% \text{ para tres conductores} \\ 40\% \text{ para cuatro o más conductores} \end{cases}$$

En la siguiente tabla se determina la cantidad de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit.

Tabla 3.6
Número máximo de conductores que pueden alojarse en un tubo conduit.

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

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR A.W.G	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
	14	13	24	37	66						
	14	11	20	32	57						
	12	10	18	28	49	67					
	12	8	15	23	42	57					
	10	6	11	18	32	43	71				
	10	5	9	15	26	36	59				

THWN	8	3	5	9	15	21	35	49			
Y	6	2	4	6	11	15	25	36	56		
THHN	4	1	2	4	7	9	16	22	34	46	
	2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	42
	1/0	--	1	1	3	4	7	10	15	20	26
	2/0	--	1	1	2	3	6	8	13	17	22
	3/0	--	1	1	1	3	5	7	11	14	18
	4/0	--	--	1	1	2	4	6	9	12	15
	250	--	--	1	1	1	3	4	7	10	12
	300	--	--	1	1	1	3	4	6	8	11
	350	--	--	--	1	1	2	3	5	7	9
	400	--	--	--	1	1	1	3	5	6	8
	500	--	--	--	1	1	1	2	4	5	7

TIPO DE CONDUCTOR	CALIBRE DE CONDUCTOR A.W.G	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO (mm)									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
RHW y RHH	14	3	6	4	10	25	41	58			
	14	3	6	3	9	23	38	53			
	12	3	5	2	9	21	35	50			
	12	3	5		8	19	32	45			
	10	2	4		7	18	29	41			
	10	2	4		6	16	26	37			
	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	
	6	1	1	2	5	7	11	15	24	32	41
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
	2	--	1	1	3	4	7	9	14	19	24
(con cubierta exterior)	1/0	--	1	1	1	2	4	6	9	12	16
	2/0	--	--	1	1	2	3	5	8	11	14
	3/0	--	--	1	1	1	2	4	7	9	12
	4/0	--	--	1	1	1	1	4	6	8	10
	250	--	--	--	1	1	1	3	5	6	8
	300	--	--	--	1	1	1	3	4	5	7
	350	--	--	--	1	1	1	2	4	5	6
	400	--	--	--	1	1	1	1	3	4	6
	500	--	--	--	--	1	1	1	3	4	5

3.7 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.

Se entiende por canalizaciones eléctricas a los dispositivos que se emplean en las instalaciones eléctricas para contener a los conductores de manera que queden protegidos contra deterioro mecánico y contaminación, además protejan a las instalaciones contra incendios por arcos eléctricos que se presentan en condiciones de corto circuito.

Los medios de canalización más comunes en las instalaciones eléctricas son [6]:

➤ *Tubos conduit.*

El tubo conduit es un tipo de tubo (de metal o plástico) usado para contener y proteger los conductores eléctricos usados en las instalaciones. Los tubos conduit metálicos puede ser de aluminio, acero o aleaciones especiales, los tubos de acero a su vez se fabrican en los tipos pesado, semipesado y ligero, distinguiéndose uno de otro por el espesor de la pared, existen

diferentes diámetros de tubos conduit, en la tabla 3.6 (áreas interiores en mm² de tubos conduit y ductos cuadrados) se mencionan algunos.

Tabla 3.7
Áreas interiores en mm² de tubos conduit y ductos cuadrados.

DIAMETROS NOMINALES		AREA INTERIOR TOTAL	AREAS INTERIORES EN MM ²			
PULGADAS	MM		PARED DELGADA		PARED GRUESA	
		MM ² .	40%	100%	40%	100%
½	13	196	78	196	96	240
¾	19	356	142	356	158	392
			220	551	250	624
1	25	552	390	980	422	1056
1 ¼	32	979	532	1330	570	1424
1 ½	38	1331	874	2185	926	2316
2	51	2186			1376	3440
2 ½	64	3088			2116	5290
3	76	4769			3575	8938
4	102	6378			1638	4096
2 ½ × 2 ½	65 × 65				4000	10000
4 × 4	100 × 100				3000	22500
6 × 6	150 × 150					

➤ *Ductos*

Los ductos son otros medios de canalización de conductores eléctricos que se usan sólo en las instalaciones eléctricas visibles debidos a que no se pueden montar embutidos en pared o dentro de lazos de concreto.

Se fabrican de canales de lámina de acero de sección cuadrada o rectangular con tapas atornilladas y su aplicación se encuentra en instalaciones industriales y laboratorios.

Los conductores se llevan dentro de los ductos en forma similar al caso de los tubos conduit y se pueden usar para circuitos alimentadores y circuitos derivados y su uso no está restringido ya que se puede emplear también a edificios multifamiliares y de oficinas. Su instalación requiere de algunas precauciones como por ejemplo, que no existan tuberías de agua cercanas, o bien se restringe su uso en áreas catalogadas como peligrosas.

Los ductos ofrecen ventajas en comparación con los tubos conduit debido a que ofrecen mayor espacio para alojar conductores y son más fáciles de alambrear esto en sistemas menores de distribución en donde por un mismo ducto se pueden tener circuitos múltiples, ofreciendo además la ventaja de ser fácil de alambrear, teniéndose un mejor aprovechamiento de la

capacidad conductiva de los conductores al tener mejor disipación de calor, tienen la desventaja de que requieren de mayor mantenimiento.

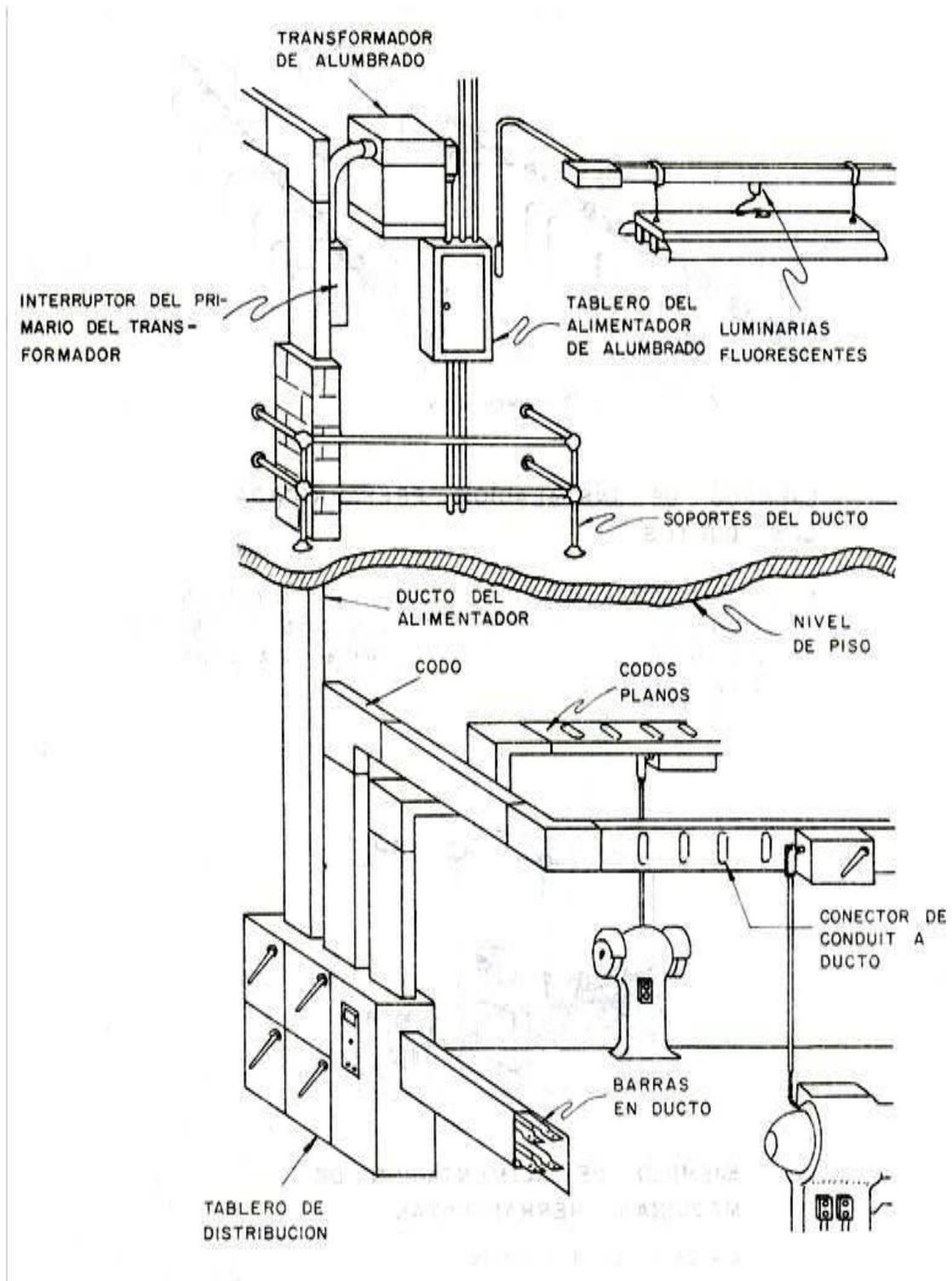


Figura 3.7 Aplicación de ductos eléctricos.

➤ *Charolas*

En el uso de charolas se tienen aplicaciones parecidas a las de los ductos con algunas limitantes propias de los lugares en que se hace la instalación.

En cuanto a la utilización de charolas se dan las siguientes recomendaciones:

- Procurar alinear los conductores de manera que guarden siempre la misma posición relativa en todo el trayecto de la charola, especialmente los de grueso calibre.
- En el caso de muchos conductores delgados es conveniente hacer amarres a intervalos de 1,5 a 2,0 m aproximadamente, procurando colocar etiquetas de identificación cuando se traten de conductores de varios circuitos, en el caso de conductores de calibre grueso los amarres se pueden hacer cada 2,0 ó 3,0 m.
- En la fijación de conductores que vayan a través de charolas por trayectorias verticales muy largas es recomendable que los amarres se hagan con abrazaderas especiales en lugar de usar hilo de cáñamo.



Figura 3.8 Arreglo de cables en charolas.

De acuerdo con las normas técnicas para instalaciones eléctricas en ductos verticales (también aplicable a charolas) los conductores deberán estar sostenidos a intervalos no mayores que los indicados en la tabla siguiente:

**Tabla 3.8
Sostén de conductores en ductos verticales.**

CALIBRES	SEPARACION DE SOSTENES
HASTA CALIBRE 1/0	30 M.
HASTA CALIBRE 4/0	25 M.
HASTA CALIBRE 350 MCM	18 M.
HASTA CALIBRE 500 MCM	15 M.
HASTA CALIBRE 750 MCM	12 M.

CAPÍTULO IV

EJEMPLO DE APLICACIÓN

4.1 DISEÑO DE ILUMINACIÓN PARA UN ALMACÉN COMERCIAL.

Se requiere diseñar un sistema de iluminación de una bodega de tipo almacén activo de embalaje fino, cuyas dimensiones son de 25 metros de ancho por 30 metros de largo, con una altura de 4 metros; tiene un techo de lamina con recubrimiento de esmalte color blanco con una reflectancia de 89 % y sus paredes de color azul claro con una reflectancia de 70 % según la tabla 2.2 (poder reflectante de algunos colores y materiales). Se utilizarán lámparas semi-directas de tipo: categoría III, con alojamiento para 2 lámparas T-12, cualquier carga, con una distribución del flujo luminoso de 10% hacia arriba y 75% hacia abajo, tal como se muestra en la tabla 2.4 (coeficiente de utilización), las cuales se suspenderán a 40 centímetros por debajo del techo. Considerando una altura del plano de trabajo de 0,85 m.

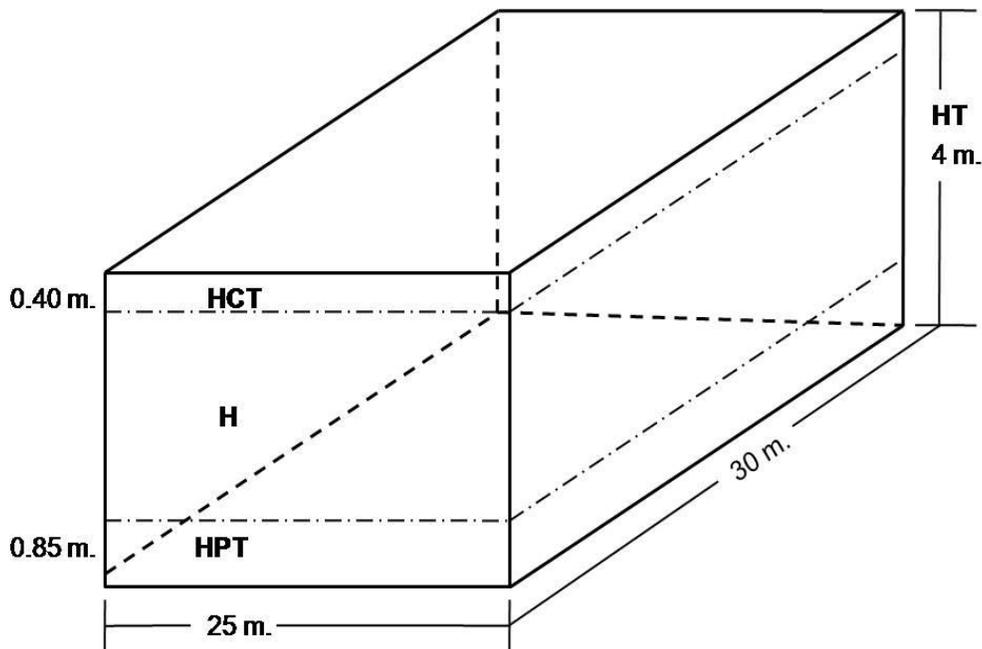


Figura 4.1 Dimensiones del almacén.

- Determinación de la superficie del almacén.

$$A = l \times a$$

Sustituyendo valores:

$$A = 30 \times 25 = 750 \text{ m}^2$$

Donde:

- A es el área en m^2 .
- l es la longitud m.
- a es el ancho m.

- Determinación del nivel de iluminación.

Según la tabla 2.1 (alumbrado general de interiores) se recomienda un flujo luminoso de 500 luxes para el tipo de almacén activo de embalaje fino.

- Determinación del coeficiente de utilización.

Para determinar el coeficiente de utilización lo primero que se debe conocer es:

- *Tipo de luminaria.* Como ya se sabe se utilizará un tipo de luminaria semi-directa, categoría III, para cualquier carga, con alojamiento para 2 lámparas T-12, con una distribución de un flujo luminoso del 10% hacia arriba y el 75 % hacia abajo.
- *Reflectancia en paredes y techos.* Las reflectancias para las paredes de color azul claro será de 70% y el techo de lamina con esmalte blanco será del 89%.
- *Relación de la cavidad del local.* La relación de la cavidad del local (RCL) se clasifican de acuerdo con su forma en 10 grupos, identificados por el valor de su relación de la cavidad del local tal y como se observa en la tabla 2.4 (coeficiente de utilización) y se puede obtener mediante las siguientes formulas.

$$\text{Relación de la cavidad del local} = \frac{5H (\text{longitud} + \text{anchura})}{\text{longitud} \times \text{anchura}} \quad (2.3)$$

Donde H es la altura de la cavidad.

$$H = HT - (HPT + HCT)$$

Donde:

- HCT es la altura de la cavidad del techo
- H es la altura de la cavidad del local
- HPT es la altura del plano de trabajo
- HT es la altura total del techo

Obteniendo H:

$$H = 4 - (.85 + .40)$$

$$H = 4 - (1.25)$$

$$H = 2.75 \text{ m.}$$

Sustituyendo H en RCL:

$$RCL = \frac{5H(\text{longitud} + \text{anchura})}{\text{longitud} \times \text{anchura}} = \frac{5(2.75)(30 + 25)}{30 \times 25}$$

$$RCL = \frac{756.25}{750} = 1.0083 = 1$$

Otra fórmula para obtener la relación de la cavidad del local es:

$$\text{Relación de la cavidad del local} = \frac{10H}{\text{ancho}} \times \text{relación Gaysunas} \quad (2.4)$$

Para obtener el valor de la relación Gaysunas, se considera la tabla 2.3 (relación Gaysunas) y se determina mediante la siguiente operación:

$$\frac{\text{Longitud del local}}{\text{Anchura del local}} = \frac{30}{25} = 1.2 = 9/10$$

Tabla 2.3
Relación Gaysunas

LONGITUD DEL LOCAL	RELACIÓN
ANCHURA DEL LOCAL	GAYSUNAS
1,0	1,0
1,25	9/10
1,5	5/6
2,0	3/4
2,5	7/10
3,0	2/3
4	5/8
5	6/10
Infinito	1/2

Sustituyendo valores en la ecuación 2.4 se tiene:

$$RCL = \frac{10 (2.75)}{25} \times \frac{9}{10} = 0.99 = 1$$

Debido a que las luminarias estarán suspendidas, habrá que corregir la reflectancia del techo, ya que la luz tendrá que recorrer una distancia para ser reflejada por el mismo techo, si la luminaria estuviera al nivel del techo no habría que corregir la reflectancia del techo.

$$\text{Relación de la cavidad} = 1 - \frac{HCT}{H} \quad (2.6)$$

Sustituyendo valores:

$$\text{Relación de la cavidad} = 1 - \frac{.40}{2.75} = 0.8545$$

Interpolando en la tabla 2.5 (reflectancia efectiva de la cavidad del techo o piso) se tiene una reflectancia efectiva en el techo de 81% y en paredes de 70 %.

Ahora bien, según la tabla 2.4 (coeficiente de utilización), considerando los valores arrojados de reflectancia del techo, reflectancia de paredes, relación de cavidad del local, el coeficiente de utilización (C.U) es:

$$C.U = 8,80 = 8,80/10 = 0.88$$

➤ Cálculo del factor de conservación o pérdidas de luz.

Para poder obtener este factor, primeramente es primordial encontrar o calcular ocho factores parciales de pérdida.

- *Características de funcionamiento.* Las especificaciones de la asociación de fabricaciones de balastos certificada, establece que las lámparas fluorescentes requieren una reactancia tal, que haga trabajar a la lámpara al 95% de la emisión luminosa que proporciona cuando trabaja con una reactancia patrón. Para reactancias que llevan el rótulo CMB se considera 0.95. Para reactancias sin dicho rótulo, la emisión luminosa es generalmente más baja. Por lo tanto específicamente para el modelo de la lámpara F72 T12/CW/HO de alta emisión, la característica de funcionamiento es de 0,95 con el rótulo CMB.
- *Tensión de alimentación de las luminarias.* La tensión de servicio es difícil de predecir, para lámparas de filamento, pequeñas desviaciones de la tensión nominal causan aproximadamente una variación del 3% en los lúmenes emitidos por cada 1% de desviación de tensión. Los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescentes varían aproximadamente un 1% por cada 2,5 % de variación en la tensión , por lo tanto, se considera 1,0
- *Variaciones de la reflectancia y transmitancia de la luminaria.* Este efecto es normalmente pequeño, pero puede ser significativo después de un largo periodo de tiempo en las luminarias con acabados o plásticos. Actualmente no se disponen de amplios datos; por lo tanto se considera en valor de 0,98.

- *Fallo de lámparas.* Los fallos de las lámparas deben corregirse rápidamente o de lo contrario habrá pérdidas de iluminación proporcionales a porcentaje de lámparas fuera de servicio, por lo tanto se considera de 1,0.
- *Temperatura ambiente.* Las variaciones de temperatura no influyen en las lámparas fluorescentes que normalmente se calibran fotométricamente a 25%, como este efecto no influye este factor tendrá un valor de 1,0.
- *Luminarias con intercambio de calor.* Las luminarias que sirven de doble finalidad de suministrar iluminación y de actuar con retorno de aire en el sistema de ventilación se calibran fotométricamente sin paso de aire a través de la misma. La eficacia de las luminarias de dirección de aire que actúan meramente como difusores del aire entrante, es la misma que las luminarias estáticas de aire. Así se llega a la conclusión que las luminarias no intercambian calor. Así pues para este caso este valor será de 1,0.
- *Degradación luminosa de la lámpara.* La gradual reducción de la emisión luminosa de la lámpara a medida que transcurre su vida es más rápida en unas lámparas que en otras. El factor de pérdidas por este concepto para las fluorescentes viene dado generalmente como la relación entre la emisión luminosa de la lámpara cuando ha transcurrido el 70% de su vida nominal y el valor inicial (a las 100 horas) de dicha emisión.

La degradación de la emisión luminosa de la lámpara F72 T12/CW/HO luciendo 12 horas por cada encendido nos da un valor de 0,84 según la tabla 2.7 (Degradación luminosa en lámparas fluorescentes).

- *Disminución de emisión luminosa por suciedad.* Este factor varía con el tipo de luminaria y el ambiente en que trabaja. Las luminarias se dividen en seis categorías, el tipo de luminaria que se utiliza es de categoría III, con un grado de suciedad sucio con un periodo de mantenimiento de cada 6 meses, utilizando la figura 2.11 (Factor de degradación por suciedad en la luminaria) se tiene un valor de $89/100=0,89$.

Ahora bien multiplicando cada uno de los ocho factores de pérdidas, se tiene un valor de:

$$\text{Factor total de pérdidas de luz} = 0.95 \times 1.0 \times 0.98 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.84 \times 0.89 = 0.6960156$$

La emisión luminosa de la lámpara F72 T12/CW/HO es de 6450 lúmenes según la tabla 2.7 (Degradación luminosa en lámparas fluorescentes)

➤ Cálculo de la distribución de las luminarias.

$$\text{Número de lámparas} = \frac{\text{Nivel luminoso en lux} \times \text{superficie}}{\text{Lumenes por lámpara} \times \text{Coeficiente de utilización} \times \text{Factor de conservación}} \quad (2.7)$$

Sustituyendo los valores obtenidos en la ecuación:

$$\text{Número de lámparas} = \frac{500 \times 750}{6450 \times 0.88 \times 0.6960156} = 94.9226612 \text{ lámparas}$$

$$\text{Número de lámparas} = 96 \text{ lámparas}$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{Número de lámparas}}{\text{Lámparas por luminarias}} \quad (2.8)$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{96}{2} = 48 \text{ luminarias}$$

La separación entre luminarias no debe ser mayor a la estipulada en la tabla 2.4 (coeficiente de utilización) para el tipo de luminaria a utilizar.

Para poder determinar la distancia entre luminarias, se considera la separación máxima permisible y la altura de montaje, para la luminaria semi-directa categoría III se considera una separación de 1,3 m por la altura de montaje.

$$\text{Distancia entre luminaria y luminaria} = 1,3\text{m} \times \text{altura de montaje.}$$

$$\text{Distancia entre luminaria y luminaria} = 1,3\text{m} \times 3,6\text{m}$$

$$\text{Distancia entre luminaria y luminaria} = 4,68\text{m.}$$

La distribución entre luminarias de una fila va ser igual a:

$$\frac{\text{Largo}}{\text{Número de luminarias}} = \frac{30}{8} = 3.75 \text{ m.}$$

La distribución entre luminarias de una columna va ser igual a:

$$\frac{\text{Ancho}}{\text{Número de luminarias}} = \frac{25}{6} = 4.16 \text{ m.}$$

Como se puede ver no se sobrepasa el valor de 4,68 m. para el espacio máximo entre luminarias.

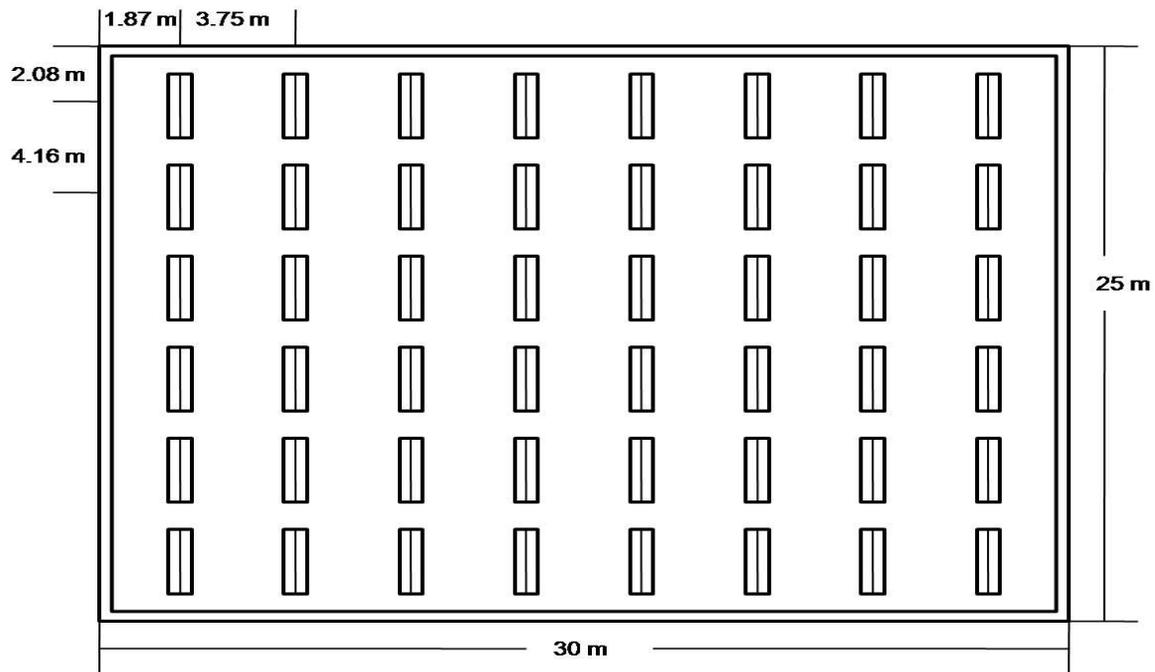


Figura 4.2 Emplazamiento de las luminarias.

La potencia total de cada luminaria según la tabla 2.6 (Pérdidas aproximadas en las reactancias) para el tipo de lámpara de alta emisión 72" T-12 85 watts, tipo cebador de 800 mA. de 110-125 volts es de 205 watts.

La potencia de las total de las luminarias es de: $48 \times 205 = 9840$ watts, para esta cantidad de carga es necesario un sistema trifásico a cuatro hilos ya que en este sistema se considera una carga mayor de 8000 watts.

➤ Cálculo de circuitos derivados.

Se selecciona el número de circuitos derivados que se utiliza en la instalación eléctrica del almacén, considerando circuitos de 15 amperes para alumbrado según las normas técnicas para instalaciones eléctricas y se considera un factor de potencia de 0,90

- Un circuito de 15 A/127 volts, tiene una capacidad de $1905 \text{ watts} \times F.p$

$$\text{Número de circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad de cada circuito en watts}} \quad (3.22)$$

$$\text{Número de circuitos} = \frac{9840}{1714.5} = 6 \text{ circuitos de 15 amperes}$$

$$\text{Número de luminarias x circuito} = \frac{\text{total de luminarias}}{\text{número de circuitos}} \quad (3.23)$$

$$\text{Número de luminarias x circuito} = \frac{48}{6} = 8 \text{ luminarias}$$

Potencia total en el circuito derivado = 205 watts x 8 luminarias = 1640 watts.

➤ Desbalanceo entre líneas

El desbalanceo debe ser menor al 5 por ciento entre fases.

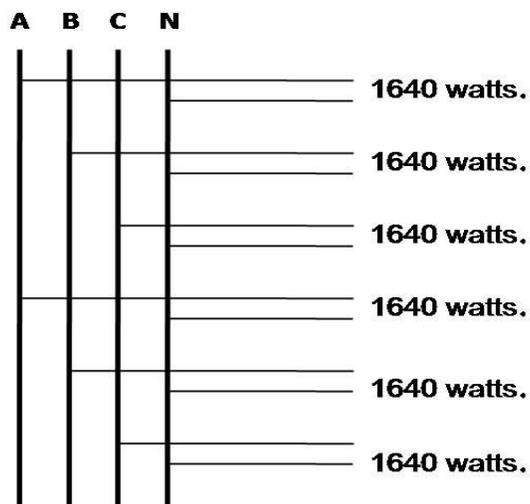


Figura 4.3 Balanceo entre líneas.

$$\text{Desb. entre fases A y B} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100 \quad (3.24)$$

$$\text{Desb. entre fases A y B} = \frac{3280 - 3280}{3280} \times 100 = 0\%$$

$$\text{Desb. entre fases B y C} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100 \quad (3.25)$$

$$\text{Desb. entre fases B y C} = \frac{3280 - 3280}{3280} \times 100 = 0\%$$

$$\text{Desb. entre fases A y C} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100 \quad (3.26)$$

$$\text{Desb. entre fases A y C} = \frac{3280 - 3280}{3280} \times 100 = 0\%$$

Las fases se encuentran balanceadas.

➤ Localización del centro de carga.

El centro de carga puede calcularse fácilmente, se considera un punto de referencia o el lugar donde se encuentra la toma de energía, tablero de distribución, interruptor general, L1, L2, L3, L4 ..., son las distancias de las cargas parciales y W1, W2, W3, W4 ..., son las cargas parciales.

$$L_x = \frac{L_1 W_1 + L_2 W_2 + L_3 W_3 + L_4 W_4 \dots}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \dots} \quad (3.27)$$

$$L_x = \frac{1.87(1640) + 1.87(1640) + 1.87(1640) + 1.87(1640) + 1.87(1640) + 1.87(1640)}{1640 + 1640 + 1640 + 1640 + 1640 + 1640}$$

$$L_x = \frac{18400.8}{9840} = 1.87 \text{ m.}$$

$$L_y = \frac{L_1 W_1 + L_2 W_2 + L_3 W_3 + L_4 W_4 \dots}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 \dots} \quad (3.28)$$

$$L_y = \frac{2.08(1640) + 6.24(1640) + 10.4(1640) + 14.56(1640) + 18.72(1640) + 22.88(1640)}{1640 + 1640 + 1640 + 1640 + 1640 + 1640}$$

$$L_y = \frac{122540.8}{9840} = 12.453 \text{ m.}$$

El centro de carga se colocara en la pared más cercana a una altura de 1.80 metros del nivel del piso terminado (N.P.T) según las normas de instalación eléctrica.

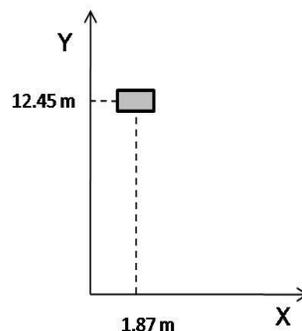
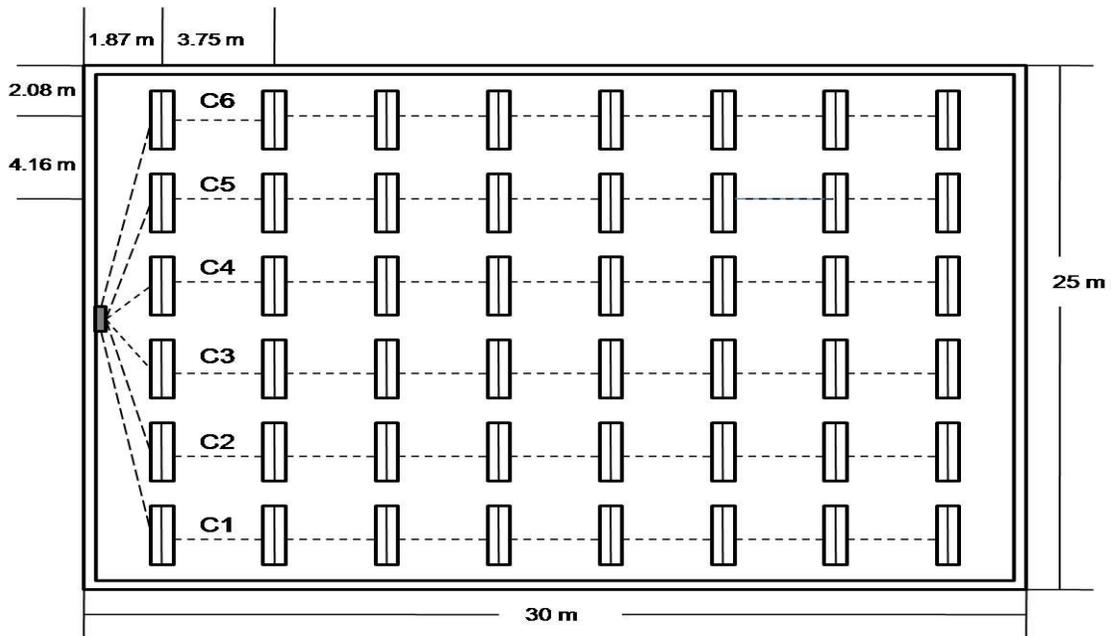


Figura 4.4 Ubicación del centro de carga.

➤ Determinación de las longitudes de los circuitos derivados.



Longitud del circuito 1 se determina del centro de carga a la luminaria más cercana de dicho circuito. Obteniéndose de la siguiente manera.

$$C1 = \sqrt{10.37^2 + 1.87^2}$$

$$C1 = 10.53 \text{ m}$$

$$C1 = 10.53 \text{ m} + 2.2 \text{ (altura del centro de carga al techo)}$$

$$C1 = 12.73 \text{ m} + 0.40 \text{ m (luminaria suspendida)}$$

$$C1 = 13.13 \text{ m.}$$

Longitud del circuito 2:

$$C2 = \sqrt{6.21^2 + 1.87^2}$$

$$C2 = 6.48 \text{ m.}$$

$$C2 = 6.48 \text{ m.} + 2.2 \text{ (altura del centro de carga al techo)}$$

$$C2 = 8.68 \text{ m} + 0.40 \text{ m (luminaria suspendida)}$$

$$C2 = 9.08 \text{ m.}$$

Longitud del circuito 3:

$$C3 = \sqrt{2.05^2 + 1.87^2}$$

$$C3 = 2.77 \text{ m.}$$

$$C3 = 2.77 \text{ m.} + 2.2 \text{ (altura del centro de carga al techo)}$$

$$C3 = 4.97 \text{ m} + 0.40 \text{ m(luminaria suspendida)}$$

$$C3 = 5.34 \text{ m.}$$

Longitud del circuito 4:

$$C4 = \sqrt{2.05^2 + 1.87^2}$$

$$C4 = 2.77 \text{ m.}$$

$$C4 = 2.77 \text{ m.} + 2.2 \text{ (altura del centro de carga al techo)}$$

$$C4 = 4.97 \text{ m} + 0.40 \text{ m(luminaria suspendida)}$$

$$C4 = 5.34 \text{ m.}$$

Longitud del circuito 5:

$$C5 = \sqrt{6.21^2 + 1.87^2}$$

$$C5 = 6.48 \text{ m.}$$

$$C5 = 6.48 \text{ m.} + 2.2 \text{ (altura del centro de carga al techo)}$$

$$C5 = 8.68 \text{ m} + 0.40 \text{ m(luminaria suspendida)}$$

$$C5 = 9.08 \text{ m.}$$

Longitud del circuito 6:

$$C6 = \sqrt{10.37^2 + 1.87^2}$$

$$C6 = 10.53 \text{ m}$$

$$C6 = 10.53 \text{ m} + 2.2 \text{ (altura del centro de carga al techo)}$$

$$C6 = 12.73 \text{ m} + 0.40 \text{ m (luminaria suspendida)}$$

$$C6 = 13.13 \text{ m.}$$

➤ Cálculo de conductores, tuberías y protecciones en circuitos derivados, por capacidad de corriente y caída de tensión.

• *Cálculo para el circuito I-6.*

Datos:

*8 luminarias de 2 x 85 watts, mas 35 watts de pérdidas en la reactancia, dando un total de 205 watts por luminaria.

* Carga total = 8 x 205 watts =1640 watts.

* 127 volts, 60Hz.

* Sistema 1φ -2H.

* F.p = 0,90, F.D =100%

* e% = 2.Según tabla 3.5 (Por ciento de caída de tensión en circuitos.)

* Temp. 30° C, THW.

▲ Por capacidad de corriente:

$$I = \frac{W}{V_n F.p} \quad (3.2)$$

$$I = \frac{1640}{127(.90)}$$

$$I = 14.38 \text{ Amp.}$$

Donde:

W es la potencia en watts.

V_n es el voltaje entre fase y neutro (127 volts)

F.p es el factor de potencia

I es la corriente en Amperes.

L es la longitud en metros

S es la sección transversal en mm²

e% es la caída de voltaje en por ciento

F.D es el factor de demanda

$$I_c = I \times F.D = 14.38 \times 1 = 14.38 \text{ Amp.}$$

Se selecciona el calibre # 14 que soporta una corriente de 15 amperes. Según tabla 3.4 (Capacidad de corriente en conductores aislados.)

▲ Por caída de tensión.

$$S = \frac{4 LI}{Vn e\%} \quad (3.7)$$

$$S = \frac{4 (13.13)(14.38)}{127(2)} = \frac{755.2376}{254} = 2.9733 \text{ mm}^2$$

Se selecciona el calibre #12 que tiene una sección transversal de 4,23 mm². Según tabla 3.2 (Sección transversal de los conductores eléctricos).

Habiendo realizado los cálculos correspondientes por capacidad de corriente y por caída de tensión se determina que el conductor utilizado para el circuito 1- 6 será del calibre # 12 con aislamiento tipo THW.

▲ Diámetro de tuberías.

Como el sistema utilizado en el circuito 1- 6 es 1φ – 2 H, según la tabla 3.6 (Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit) el diámetro nominal de la tubería es de 13 mm. Ya que puede alojar hasta 7 conductores calibre # 12 con aislamiento tipo THW.

Calculando el área interior de la tubería por el factor de relleno:

$$F = \frac{Ac}{A} \quad (3.32)$$

Despejando A:

$$A = \frac{Ac}{F}$$

A es el área interior del tubo en mm² o plg²

Ac es el área total de los conductores

F es el factor de relleno

$$A = \frac{8.46}{31\%} = \frac{8.46}{.31} = 27.29 \text{ mm}^2$$

Ac= 2 conductores # 12 x 4.23 = 8.46 mm²

F= será del 31% para 2 conductores

Se selecciona la tubería de 13mm que tiene un área interior total de 196 mm² según la tabla 3.7 (áreas interiores en mm² de tubos conduit y ductos cuadrados).

La pastilla termomagnética a utilizar será de 1P-15 Amp. Considerando que la corriente total del circuito 1- 6 es de 14,38 Amp. Utilizando la protección más próxima según tabla 3.1 (Capacidades de los interruptores termomagnéticos).

- *Cálculo para el circuito 2-5.*

Datos:

- * 8 luminarias de 2 x 85 watts, mas 35 watts de perdidas en la reactancia, dando un total de 205 watts por luminaria.
- * Carga total = 8 x 205 watts = 1640 watts.
- * 127 volts, 60Hz.
- * Sistema 1φ -2H.
- * F.p = 0,90, F.D = 100%
- * e% = 2. Según tabla 3.5 (Por ciento de caída de tensión en circuitos.)
- * Temp. 30° C, THW.

▲ Por capacidad de corriente:

$$I = \frac{W}{V_n F.p} \quad (3.2)$$

$$I = \frac{1640}{127(.90)}$$

$$I = 14.38 \text{ Amp.}$$

Donde:

- W es la potencia en watts.
- V_n es el voltaje entre fase y neutro (127 volts)
- F.p es el factor de potencia
- I es la corriente en Amperes.
- L es la longitud en metros
- S es la sección transversal en mm²
- e% es la caída de voltaje en por ciento
- F.D es el factor de demanda

$$I_c = I \times F.D = 14.38 \times 1 = 14.38 \text{ Amp.}$$

Se selecciona el calibre # 14 que soporta una corriente de 15 amperes. Según tabla 3.4 (Capacidad de corriente en conductores aislados.)

▲ Por caída de tensión.

$$S = \frac{4 LI}{Vn e\%} \quad (3.7)$$

$$S = \frac{4 (9.08)(14.38)}{127(2)} = \frac{522.2816}{254} = 2.0562 \text{ mm}^2$$

Se selecciona el calibre #14 que tiene una sección transversal de 2.66 mm². Según tabla 3.2 (Sección transversal de los conductores eléctricos).

Habiendo realizado los cálculos correspondientes por capacidad de corriente y por caída de tensión se determina que el conductor utilizado para el circuito 2- 5 será del calibre # 14 con aislamiento tipo THW.

▲ Diámetro de tuberías.

Como el sistema utilizado en el circuito 2- 5 es 1φ – 2 H, según la tabla 3.6 (Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit) el diámetro nominal de la tubería es de 13 mm. Ya que puede alojar hasta 9 conductores calibre # 14 con aislamiento tipo THW.

Calculando el área interior de la tubería por el factor de relleno:

$$F = \frac{Ac}{A} \quad (3.32)$$

Despejando A:

$$A = \frac{Ac}{F}$$

A es el área interior del tubo en mm² o plg²

Ac es el área total de los conductores

F es el factor de relleno

$$A = \frac{5.32}{31\%} = \frac{5.32}{.31} = 17.16 \text{ mm}^2$$

Ac= 2 conductores # 14 x 2,66 =5.32 mm²

F= será del 31% para 2 conductores

Se selecciona la tubería de 13mm que tiene un área interior total de 196 mm² según la tabla 3.7 (áreas interiores en mm² de tubos conduit y ductos cuadrados).

La pastilla termomagnética a utilizar será de 1P-15 Amp. Considerando que la corriente total del circuito 2- 5 es de 14,38 Amp. Utilizando la protección más próxima según tabla 3.1 (Capacidades de los interruptores termomagnéticos).

- *Cálculo para el circuito 3-4.*

Datos:

- *8 luminarias de 2 x 85 watts, mas 35 watts de perdidas en la reactancia, dando un total de 205 watts por luminaria.
- * Carga total = 8 x 205 watts =1640 watts.
- * 127 volts, 60Hz.
- * Sistema 1φ -2H.
- * F.p = 0,90, F.D =100%
- * e% = 2.Según tabla 3.5 (Por ciento de caída de tensión en circuitos.)
- * Temp. 30° C, THW.

▲ Por capacidad de corriente:

$$I = \frac{W}{V_n F.p} \quad (3.2)$$

$$I = \frac{1640}{127(.90)}$$

$$I = 14.38 \text{ Amp.}$$

Donde:

- W es la potencia en watts.
- V_n es el voltaje entre fase y neutro (127 volts)
- F.p es el factor de potencia
- I es la corriente en Amperes.
- L es la longitud en metros
- S es la sección transversal en mm²
- e% es la caída de voltaje en por ciento
- F.D es el factor de demanda

$$I_c = I \times F.D = 14.38 \times 1 = 14.38 \text{ Amp.}$$

Se selecciona el calibre # 14 que soporta una corriente de 15 amperes. Según tabla 3.4 (Capacidad de corriente en conductores aislados.)

▲ Por caída de tensión.

$$S = \frac{4 LI}{Vn e\%} \quad (3.7)$$

$$S = \frac{4 (5.34)(14.38)}{127(2)} = \frac{307.1568}{254} = 1.2092 \text{ mm}^2$$

Se selecciona el calibre #14 que tiene una sección transversal de 2.66 mm². Según tabla 3.2 (Sección transversal de los conductores eléctricos).

Habiendo realizado los cálculos correspondientes por capacidad de corriente y por caída de tensión se determina que el conductor utilizado para el circuito 3- 4 será del calibre # 14 con aislamiento tipo THW.

▲ Diámetro de tuberías.

Como el sistema utilizado en el circuito 3- 4 es 1φ – 2 H, según la tabla 3.6 (Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit) el diámetro nominal de la tubería es de 13 mm. Ya que puede alojar hasta 9 conductores calibre # 14 con aislamiento tipo THW.

Calculando el área interior de la tubería por el factor de relleno:

$$F = \frac{Ac}{A} \quad (3.32)$$

Despejando A:

$$A = \frac{Ac}{F}$$

A es el área interior del tubo en mm² o plg²

Ac es el área total de los conductores

F es el factor de relleno

$$A = \frac{5.32}{31\%} = \frac{5.32}{.31} = 17.16 \text{ mm}^2$$

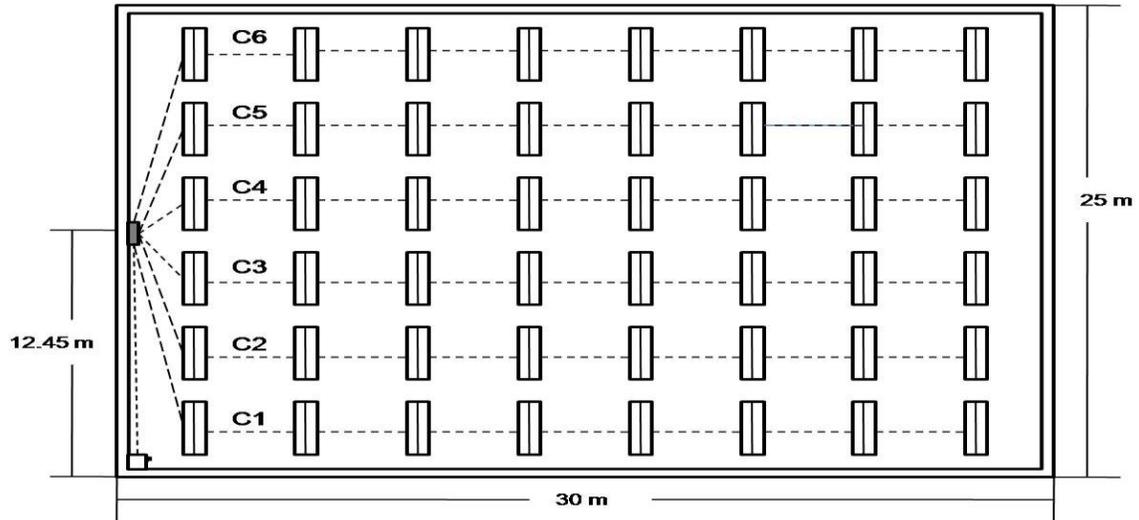
Ac= 2 conductores # 14 x 2,66 =5,32 mm²

F= será del 31% para 2 conductores

Se selecciona la tubería de 13mm que tiene un área interior total de 196 mm² según la tabla 3.7 (áreas interiores en mm² de tubos conduit y ductos cuadrados).

La pastilla termomagnética a utilizar será de 1P-15 Amp. Considerando que la corriente total del circuito 3- 4 es de 14,38 Amp. Utilizando la protección más próxima según tabla 3.1 (Capacidades de los interruptores termomagnéticos).

- Cálculo de conductores, tuberías y protecciones en circuito alimentador, por capacidad de corriente y caída de tensión.



Datos:

- *Carga total = 9840 watts.
- *220 volts, 60Hz.
- * Sistema 3φ -4H.
- * F.p = 0,90, F.D =100%
- * e% = 1.Según tabla 3.5 (Por ciento de caída de tensión en circuitos.)
- * Temp. 30° C, THW.

▲ Por capacidad de corriente:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} V_f F.p} \quad (3.14)$$

$$I = \frac{9840}{\sqrt{3} (220)(.90)} = \frac{9840}{342.9460} = 28.69 \text{ Amp.}$$

Donde:

- Ef es la caída de voltaje entre fases.
- Vn es el voltaje entre fase y neutro (127 volts)
- Vf es el voltaje entre fases
- W es la potencia en watts.
- F.p es el factor de potencia
- I es la corriente en Amperes.
- L es la longitud en metros
- S es la sección transversal en mm²
- F.D es el factor d demanda.

$$I_c = I \times F.D = 28.69 \times 1 = 28.69 \text{ Amp.}$$

Se selecciona el calibre # 10 que soporta una corriente de 30 Amp. Según tabla 3.4 (Capacidad de corriente en conductores aislados.)

▲ Por caída de tensión.

$$S = \frac{2 L I}{V n e \%} \quad (3.12)$$

$$S = \frac{2 (12.45)(28.69)}{127(1)} = \frac{714.381}{127} = 5.6250 \text{mm}^2$$

Se selecciona el calibre #10 que tiene una sección transversal de 6,83 mm². Según tabla 3.2 (Sección transversal de los conductores eléctricos).

Habiendo realizado los cálculos correspondientes por capacidad de corriente y por caída de tensión se determina que el conductor utilizado para el circuito alimentador será del calibre # 10 con aislamiento tipo THW.

▲ Diámetro de tuberías.

Como el sistema utilizado en el circuito alimentador es 3φ – 4 H, según la tabla 3.6 (Número máximo de conductores que pueden alojarse en tubo conduit) el diámetro nominal de la tubería es de 13 mm. Ya que puede alojar hasta 5 conductores calibre # 10 con aislamiento tipo THW.

Calculando el área interior de la tubería por el factor de relleno:

$$F = \frac{A_c}{A} \quad (3.32)$$

Despejando A:

$$A = \frac{A_c}{F}$$

A es el área interior del tubo en mm² o plg²

A_c es el área total de los conductores

F es el factor de relleno

$$A = \frac{27.32}{40 \%} = \frac{27.32}{.40} = 68.3 \text{mm}^2$$

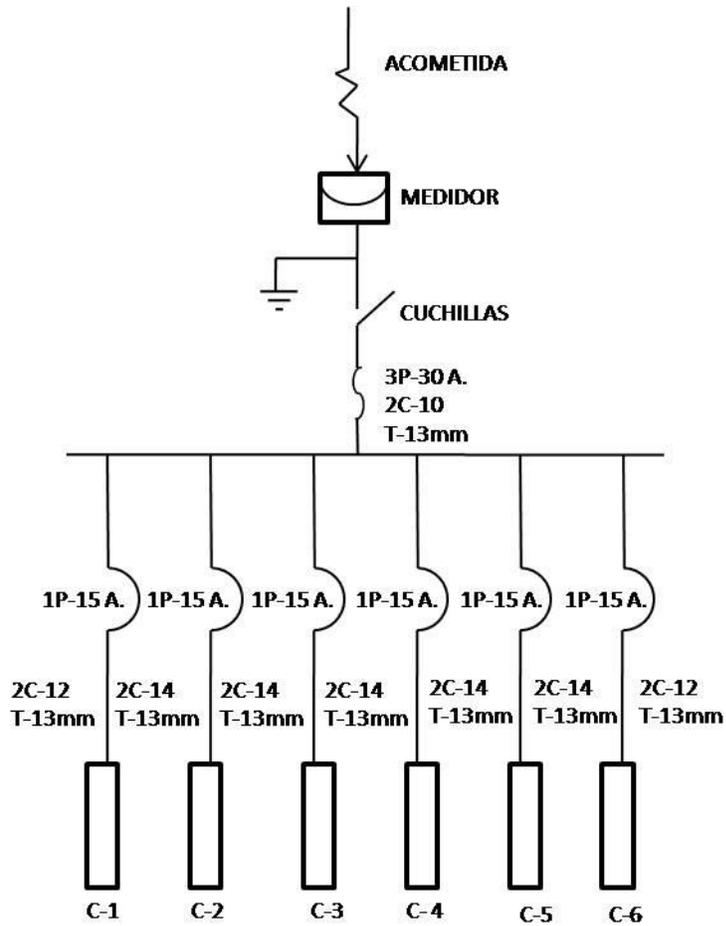
A_c = 4 conductores # 10 x 6,83 = 27,32 mm²

F = será del 40% para 4 conductores o más

Se selecciona la tubería de 13mm que tiene un área interior total de 196 mm² según la tabla 3.7 (áreas interiores en mm² de tubos conduit y ductos cuadrados).

La pastilla termomagnética a utilizar será de 3P-30 Amp. Considerando que la corriente total del circuito alimentador es de 28,69 Amp. Utilizando la protección más próxima según tabla 3.1 (Capacidades de los interruptores termomagnéticos).

➤ Diagrama unifilar del almacén de embalaje fino.



CONCLUSIONES.

Para obtener un buen sistema de iluminación se debe de tomar en cuenta los siguientes factores como son: el plano de trabajo, el tipo de alumbrado, el nivel de iluminación, el área determinada a iluminar, los tipos de luminarias, lámparas a emplear y los colores de la pared y el techo, así mismo la realización de diagramas y cálculos de voltaje para tener una exactitud del trabajo que se vaya a ejecutar.

Para poder desarrollar los cálculos de alumbrado es preciso conocer ampliamente los conceptos relacionados con el alumbrado y tener como apoyo tablas de datos que sirvan de ayuda para dar solución a las necesidades del diseño de iluminación, también obtener conocimiento de la herramienta adecuada y los equipos que corresponden al área de trabajo.

Cuando se redacta un proyecto de alumbrado para almacenes se hace preciso recabar información sobre la naturaleza de las tareas visuales a desarrollar con el objeto de determinar qué cantidad y qué tipo de luz hay que suministrar para garantizar un óptimo rendimiento visual y la verificación de las condiciones de seguridad y confort exigidas para cada tipo de actividad.

REFERENCIAS.

- [1] Ernesto Vázquez M., "Vulnerabilidad de los Sistemas Eléctricos de Potencia". Tesis Doctoral, FIME-UANL, México, Diciembre 2003.
- [2] Gilberto Enríquez Harper "*Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica*", Volumen 1, Ed. Limusa, 1993.
- [3] Gilberto Enríquez Harper "*Líneas de Transmisión y Redes de Distribución de Potencia Eléctrica*", Volumen 2, Ed. Limusa, 1993.
- [4] C.F. Kirshbaum."Diseño de Iluminación de Interiores". Fascículo de estudio del módulo Diseño de la iluminación de la Escuela de Posgrado en Luz y Visión del Instituto de Luminotecnia, Luz y Visión Ing. H.C. Bühler, de la UNT.1995.
- [5] Westinghouse. "*Manual de alumbrado*" 4ª Edición, Ed. Limusa. 1990
- [6] Gilberto Enríquez Harper "*El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*", Ed. Limusa, México, 2006.
- [7] Diego Onésimo Becerril L." *Instalaciones Eléctricas Practicas*" 12ª Edición, 2005.