



29
285

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

“ARAGON”

FALLA DE ORIGEN

**FUNDAMENTOS DE ILUMINACION
APLICADOS A ENEP-ARAGON**

T E S I S
Que para obtener el Título de:
INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
P r e s e n t a :
ALBERTO GONZALEZ LIDISMA

Estado de México 1995



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A MIS PADRES ROBERTO Y MARIA
DEL CARMEN POR SU GUIA,
CONFIANZA Y APOYO EN LA VIDA,
TANTO A MI DESARROLLO
PERSONAL COMO PROFESIONAL, LES
AGRADEZCO DE PURO CORAZON.

A MIS HERMANOS ROBERTO, MARTIN Y
ANGEL POR SU APOYO QUE ME
BRINDAN Y SU CONFIANZA QUE ME
PROPORCIONAN.

A MI SOBRINA KRISTEL ESTEFANIA
POR SU VALIOSA AYUDA EN LAS
TRADUCCIONES.

A MI ASESOR RAMON MEJIA,
COMPAÑEROS Y A TODOS MIS
PROFESORES POR SU ENSEÑANZA Y
GUIA.

INTRODUCCION

1

CAPITULO I

LUZ Y COLOR

1.1.	LA NATURALEZA DE LA LUZ	11
1.2.	EL COLOR	12
1.3.	EL ESPECTRO DE COLOR	13
1.4.	LA NATURALEZA DEL COLOR	13
1.5.	COLORES EN LOS OBJETOS	14
1.6.	EL COLOR EN LAS FUENTES DE LUZ	15
1.7.	LA PSICOLOGIA DEL COLOR	16
1.8.	ASOCIACION DE LOS COLORES	17
1.9.	LA VISION DEL COLOR	17
1.10.	COMO TRABAJA EL OJO HUMANO	18

CAPITULO II

TERMINOLOGIA Y UNIDADES

2.1.	FLUJO LUMINOSO	19
2.2.	EFICACIA O RENDIMIENTO LUMINOSO	21
2.3.	ENERGIA LUMINOSA O CANTIDAD DE LUZ	22
2.4.	INTENSIDAD LUMINOSA	23
2.5.	DISTRIBUCION LUMINICA CURVA FOTOMETRICA	24
2.6.	MEDIDA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA	26
2.7.	ILUMINANCIA	27
2.8.	LUMINANCIA	28
2.9.	SISTEMAS DE UNIDADES	31

CAPITULO III

LUMINARIOS Y ACCESORIOS

3.1.1.	LUMINARIOS	36
3.1.2.	CLASIFICACION POR DISTRIBUCION DE LUZ	37
3.1.3.	CLASIFICACION POR TIPO DE MONTAJE	38
3.1.4.	CLASIFICACION POR FUNCION O NOMBRE TRADICIONAL	40
3.1.5.	CLASIFICACION POR SU FORMA	40
3.1.6.	CLASIFICACION POR EL TIPO DE COMPONENTES	41
3.1.7.	TIPOS Y ESTILOS DE SISTEMAS DE ILUMINACION GENERAL	43
3.1.8.	ILUMINACION ARQUITECTONICA	43
3.1.9.	DOWNLIGHT	44
3.1.10.	WALL WASHERS Y WALL SLOTS	45
3.1.11.	REFLECTORES ESPECULARES	46
3.2.	FUENTES LUMINOSAS	50
3.2.1.	LAMPARAS INCANDESCENTES ESTANDAR	51
3.2.1.1.	ELEMENTO PRODUCTOR DE LUZ	51
3.2.1.2.	BULBO	52
3.2.1.3.	CONEXION ELECTRICA	52
3.2.1.4.	VARIACION DE VOLTAJE	53
3.2.1.5.	DEPRECIACION DE LUMENES	53
3.2.2.	LAMPARAS DE TUNGSTENO-HALOGENO	53
3.2.2.1.	EFICACIA Y VIDA	54
3.2.2.2.	CARACTERISTICA DE COLOR	55
3.2.3.	FUENTES DE DESCARGA EN GAS	55
3.2.3.1.	POSICION DE OPERACION	56
3.2.4.	FUENTES DE DESCARGA EN GAS DE BAJA PRESION	56
3.2.4.1.	ELECTRODOS (CATODOS)	58
3.2.4.2.	GASES	58
3.2.4.3.	RECUBRIMIENTO FOSFORICO	59
3.2.4.4.	ENVOLVENTE	59
3.2.4.5.	CONEXION ELECTRICA	59
3.2.4.6.	CARACTERISTICA DE COLOR	60
3.2.4.7.	CIRCUITO DE CATODO CALIENTE	61
3.2.4.7.1.	CIRCUITO DE PRECALENTAMIENTO	61
3.2.4.7.2.	CIRCUITO DE ENCENDIDO INSTANTANEO	62
3.2.4.7.3.	CIRCUITO DE ENCENDIDO RAPIDO	62
3.2.4.8.	NOMENCLATURA DE LAMPARAS	63
3.2.4.9.	VIDA	64
3.2.4.10.	EFECTO ESTROBOSCOPICO	64
3.2.4.11.	EFECTO DE TEMPERATURA	65
3.2.4.12.	EFECTO DE HUMEDAD	65
3.2.4.13.	EFICACIA	66

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

3.2.4.1.4.	DISPOSITIVOS AHORRADORES DE ENERGIA	66
3.2.5.	LAMPARAS DE SODIO BAJA PRESION	68
3.2.5.1.	ELEMENTO PRODUCTOR DE LUZ	70
3.2.5.2.	BULBO	70
3.2.5.3.	CONEXION ELECTRICA	71
3.2.5.4.	CARACTERISTICA DE COLOR	71
3.2.5.5.	DESIGNACION DE LA LAMPARA	71
3.2.5.6.	CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO	71
3.2.5.7.	VIDA	72
3.2.6.	FUENTES DE DESCARGA EN GAS DE ALTA PRESION (FUENTES DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD)	72
3.2.6.1.	LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	72
3.2.6.2.	BULBO EXTERIOR	73
3.2.6.3.	CONEXION ELECTRICA	75
3.2.6.4.	CARACTERISTICAS DE COLOR	75
3.2.6.5.	DESIGNACION DE LAS LAMPARAS	76
3.2.6.6.	CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO	77
3.2.6.7.	VIDA	77
3.2.6.8.	EFICACIA DE LAS LAMPARAS	77
3.2.7.	LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO AUTOBALASTRADAS	78
3.2.7.1.	DISPOSITIVOS AHORRADORES DE ENERGIA	78
3.2.8.	LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS	79
3.2.8.1.	ELEMENTO PRODUCTOR DE LUZ	80
3.2.8.2.	CUBIERTA	80
3.2.8.3.	CONEXION ELECTRICA	81
3.2.8.4.	CARACTERISTICA DE COLOR	81
3.2.8.5.	DESIGNACION DE LA LAMPARA	82
3.2.8.6.	DEPRECIACION DE LUMENES	82
3.2.8.7.	VIDA	83
3.2.8.8.	EFICACIA DE LAS LAMPARAS	83
3.2.8.9.	DISPOSITIVOS DE AHORRO DE ENERGIA	84
3.2.9.	LAMPARAS DE SODIO ALTA PRESION	84
3.2.9.1.	ELEMENTO PRODUCTOR DE LUZ	84
3.2.9.2.	CONEXION ELECTRICA	85
3.2.9.3.	CARACTERISTICAS DE COLOR	85
3.2.9.4.	DESIGNACION DE LAS LAMPARAS	85
3.2.9.5.	DEPRECIACION DE LUMENES	86
3.2.9.6.	VIDA	86
3.2.9.7.	EFICACIA DE LAS LAMPARAS	86
3.3.1.	VIDA	88
3.3.2.	CLASES DE BALASTROS	89
3.3.2.1.	ENCENDIDO PRECALENTADO	89
3.3.2.1.1.	REACTOR SERIE	90
3.3.2.1.2.	AUTOTRANSFORMADOR DE ALTA REACTANCIA PARA UNA LAMPARA	90
3.3.2.1.3.	AUTOTRANSFORMADOR PARA DOS LAMPARAS	90

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

3.3.2.2.	ENCENDIDO INSTANTANEO (EI)	91
3.3.2.2.1	AUTOTRASFORMADOR PARA UNA LAMPARA	92
3.3.2.2.2	ATRAS-ADELANTE (SECUENCIA SERIE)	92
3.3.2.2.3	ADELANTADO-ATRASADO (LEAD-LAG)	92
3.3.2.3.	ENCENDIDO RAPIDO	93
3.3.2.3.1	AUTOTRASFORMADOR PARA UNA LAMPARA	93
3.3.2.3.2.	AUTOTRASFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (SECUENCIA SERIE)	94
3.3.2.4.	BALASTROS HIBRIDOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES	94
3.3.2.5.	BALASTROS ELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA	95
3.3.2.6.	BALASTROS ELECTRONICOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES	95
3.3.3.	BALASTROS PARA LAMPARAS DE HID	96
3.3.3.1.	REACTOR SERIE	97
3.3.3.2.	AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO	98
3.3.4.	TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (CW)	99
3.3.5.	BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	100
3.3.6.	BALASTROS PARA LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS	100
3.3.7.	BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION	101
3.3.8.	BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESION	102

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

CAPITULO IV

METODO DE CALCULO

4	CALCULO DE ILUMINACION INTERIOR	103
4.1.	ALUMBRADO DE INTERIORES	103
4.2.	METODO DE CALCULO DE LOS LUMENES	104
4.3.	DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO	104
4.4.	DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION (CU)	105
4.5.	DETERMINACION DE PERDIDAS TOTALES	107
4.6.	CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIOS	109
4.7.	DETERMINACION DEL ACOMODO DE LAS LUMINARIAS	109
	ANEXO A	111
	ANEXO B	116
	ANEXO C	131
	ANEXO D	136

CAPITULO V

MEDICIONES EN AREAS DE TRABAJO

5.	MEDICIONES EN AREAS DE TRABAJO	137
5.1.	SALON A	138
5.2.	SALON B	139
5.3.	SALON C	140
5.4.	SALON D	141
5.5.	LABORATORIO DE ELECTRONICA	142

CAPITULO VI

PROPUESTA PARA ALUMBRADO EN ENEP-ARAGON

6.1.	SALON A UTILIZACION DE LAMAPARAS DE 40 Y 32 WATTS	143
6.1.1.	SALON A UTILIZACION DE LAMAPARAS DE 34 WATTS	145
6.2.	SALON B UTILIZACION DE LAMAPARAS DE 40 Y 32 WATTS	147
6.2.1.	SALON B UTILIZACION DE LAMAPARAS DE 34 WATTS	149

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

6.3.	SALON C UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS	151
6.3.1.	SALON C UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS	153
6.4.	SALON D UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS	155
6.4.1.	SALON D UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS	157
6.5.	LABORATORIO DE ELECTRONICA UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS	159
6.5.1.	LABORATORIO DE ELECTRONICA UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS	161
6.6.	ANEXO DEL LABORATORIO DE ELECTRONICA UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS	163
6.5.1.	ANEXO DEL LABORATORIO DE ELECTRONICA UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS	165
	BIBLIOGRAFIA	167

INTRODUCCION

INTRODUCCION

Se debe reconocer que el panorama de uso eficiente de la energía ha cambiado radicalmente, cada vez son más las empresas tanto privadas como públicas que empiezan a interesarse en la aplicación de las medidas correctivas para usar mejor su energía, esto es sin duda debido a la acción conjunta de medidas de difusión y concientización, con la participación de amplios sectores de la comunidad, las políticas de precios y tarifas gubernamentales que inducen favorablemente al mejor uso y conservación de la energía y por último la necesidad de ser competitivo en una sociedad como la mexicana que ha decidido abrirse al comercio internacional y que tiene necesidad urgente de vender productos en el extranjero. Sin embargo, ahora que el clima es propicio para que la comunidad se lance de lleno al uso eficiente de la energía, aparecen obstáculos o circunstancias que pueden afectar negativamente estos desarrollos, entre los que sobresale la escasez de recursos humanos capacitados para crear, organizar, implantar y supervisar planes, programas y proyectos para el uso racional y conservación de la energía.

Lo que ocurre en el ámbito energético afecta a todos los países, independientemente de su grado de desarrollo, su forma de organización social o su calidad de exportadores o importadores de hidrocarburos. Por lo anterior, se ha consolidado a nivel mundial los vínculos entre energía, sociedad y economía; ya que los índices de consumo de energéticos per cápita son indicadores tan confiables, como el producto interno bruto (P.I.B.) per cápita, del grado de desarrollo de una sociedad o de una nación.

Los efectos del ahorro de energía han sido fundamentales no solo para el sector energético, sino para las economías en sus conjunto. A nivel mundial, los esfuerzos de ahorro se han centrado en los sectores industrial y en el comercial-residencial. El sector transporte ha contribuido menos ya que su cambio estructura se inició anteriormente. De esta manera, los últimos diez años, los países industrializados logrando reducir el consumo de energía primaria por unidad de producto bruto en un 20% en promedio.

Asimismo debe destacarse que los esfuerzos enfocados a la conservación y ahorro de energía, así como la diversificación de fuentes de abasto energético se han dado de manera prácticamente exclusiva en los países desarrollados.

Su peso específico en el balance global mundial es tal que permitió las estructuras mundiales. Los países en vías de desarrollo-entre ellos nuestro país-han permanecido por mucho tiempo ajenos a estos esfuerzos, lo que los condena a tener una pequeña participación en el escenario internacional por falta de competitividad causada, entre otros factores, por la menor eficiencia energética.

LA ENERGIA Y SUS IMPORTANCIA EN LA EVOLUCION DE LA HUMANIDAD

Es más fácil explicar para qué sirve la energía que tratar de definir su esencia. Quizás esa sea la causa por la cual la definición más breve y común establezca que la energía es todo aquello capaz de producir o realizar algún trabajo, lo cual en la última instancia no es sino la expresión de una relación física.

La evolución de la humanidad ha estado indisoluble ligada a la utilización de la energía en sus distintas formas. Sin lugar a dudas, el descubrimiento del fuego, su producción y control marcan el primer acontecimiento importante en la historia de la sociedad, que al correr de los siglos, cada vez que el hombre ha encontrado alguna nueva fuente de energía o creado un procedimiento distinto para aprovecharla, ha experimentado grandes avances.

El aprovechamiento de la fuerza de tracción de los animales permitió el desarrollo de la agricultura, fue así como algunos pueblos nómadas se asentaron y establecieron las bases para el surgimiento de las antiguas culturas.

La utilización de la energía del viento mediante la invención de la vela dio un fuerte impulso a la navegación, al comercio y al intercambio de ideas y conocimientos entre los pueblos de la antigüedad. Así mismo, el uso de las aspas de los molinos de viento permitió el inicio de algunas actividades industriales.

El empleo de la energía cinética de las corrientes de agua, gracias ala rueda hidráulica liberó al hombre de cantidad de tareas que requerían gran esfuerzo físico y dio lugar a la creación de los primeros talleres y fábricas, remotos de las modernas plantas industriales.

La invención de la máquina de vapor propició la transición del trabajo artesanal a la producción masivo y dio origen a una revolución social y económica a fines del siglo XVIII y principios del XIX.

Asimismo, los enormes avances de nuestra época han sido posibles, fundamentalmente, debido al uso de la energía eléctrica, al aprovechamiento del petróleo y, más recientemente, al empleo de la energía nuclear.

FUENTES NATURALES Y FORMAS DE ENERGIA

Desde luego, la fuente más importante de este tipo de energía es el sol. Si todos los combustibles disponibles se quemaran para proporcionar a la tierra el calor que diariamente recibe de este astro, en unos cuantos días se agotarían todas nuestras reservas no renovables, excepto el propio sol.

El hidrocarburos y el carbón, que en ultima instancia son producto de la energía solar, siguen al sol en orden de importancia como fuentes de energía térmica, que libera calor al quemarse.

La más moderna fuente de energía térmica el núcleo del átomo.

A principios de este siglo Albert Einstein postuló que todo el Universo es energía, que la energía y la materia son la misma cosa y que entre ambas existe una relación muy definida que puede expresarse en la formula $E=mc^2$ (en la que E es igual a la energía; m, a la masa y c, a l velocidad de la luz). un numeroso y selecto grupo de científicos llevó a cabo los expirmentos que culminaron con la fusión o ruptura de los núcleos de los átomos de Uranio 235. Lograron que una pequeña parte de la materia se transformara en energía térmica y corroborando así las teorías de Einstein. Gracias a esta propiedad, el hombre dispone hoy de una importante fuente de energía, que le permitirá a corto plazo sustituir y complementar a las otras fuentes.

Energía Primaria es la contenida directamente en las fuentes de energía en su forma original, por ejemplo el petróleo, el carbón, energía hidráulica, el viento, la luz y el calor del sol.

Energía Secundaria es la energía transformada en una forma utilizable, a la salida de las instalaciones de transformación, como son la energía eléctrica en el transformador de salida en la planta generadoras o los hidrocarburos producidos en una refinería de petróleo.

Energía Final es la energía que entra al sitio de consumo, por ejemplo, la energía eléctrica en la subestación de una fábrica o la caja de medidores de una casa, o los combustibles en una estación de gasolina y en los tanques de los vehículos automotores.

Energía Útil, es la que se mide por su efecto final, o sea el trabajo mecánico que produce un motor eléctrico, el movimiento de un automóvil, el calor de un sistema de calefacción o el utilizado en un proceso tecnológico.

El sector Energético comprende dos actividades: El Suministro Energía a los consumidores (o sea los procesos desde la Energía Primaria hasta la Final) efectuado por la Industria Energética y el Consumo de la Energía Final (o sea la transformación de la Energía final en Energía Útil).

ENERGIA MECANICA

Para explicarla de manera simple, diremos que la energía mecánica es aquella que poseen los cuerpos en movimiento. Su fuente natural por excelencia es la fuerza de gravedad o atracción terrestre, que hace cualquier objeto colocado por encima de cierto nivel de referencia, posea energía mecánica potencial, que se manifiesta en el momento de soltar el objeto, mediante el movimiento del mismo. El hombre ha aprovechado este fenómeno desde hace siglos, deteniendo en represas las corrientes de agua para acumular energía. El agua así almacenada es posteriormente liberada y conducida hacia las aspas de una rueda, la corriente hace girar la rueda y se obtiene así energía mecánica utilizable.

Otra fuente de energía mecánica es el viento que, independiente de su empleo en la navegación a vela, se ha utilizado desde hace mucho para mover los molinos de viento.

El mar también es una fuente importante de energía mecánica.

El movimiento de las aguas es consecuencia de la fuerza de gravedad cuando se producen las mareas, y del viento cuando se trata del oleaje.

ENERGIA ELECTRICA.

Esta importante forma de energía también proviene de la naturaleza y sus manifestaciones más espectaculares y comunes son las descargas atmosféricas conocidas como rayos. Desafortunadamente, no es posible aprovecharla como fuente natural y es necesario emplear ciertos dispositivos para producirla a partir de otras fuentes.

LA PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA

Gracias a que la producción de esta forma de energía es relativamente simple, el hombre ha contado con ella desde fines del siglo pasado. En efecto, se puede obtener energía eléctrica con solo mover una serie de espiras de cobre bobina en el seno del campo magnético producido por un imán. En las terminales de la bobina se generará una corriente eléctrica. Si conectamos un foco a ellas, veremos que su filamento se torna incandescente debido al paso de la corriente de electrones.

El conjunto que forma el campo magnético y la bobina se denomina Generadores y no es otra cosa que una máquina que transforma la energía mecánica, utilizada para mover la bobina, en electricidad.

De acuerdo con lo anterior, para producir energía eléctrica es necesario disponer de un generador y de suficiente energía mecánica para moverlo, de donde se desprende que la energía eléctrica no es más que la energía mecánica transformada.

Basándose en este principio, desde hace tiempo el hombre ha podido obtener gran parte de la electricidad que requiere, empleando el agua almacenada en grandes presas para mover ruedas provistas de aspas, llamadas turbinas Hidráulicas, las cuales a sus vez dan movimiento a los generadores. Las centrales de este tipo se conocen como centrales hidroeléctricas y en nuestro país suministran aproximadamente el 35% de la energía eléctrica que se consume.

El descubrimiento de que el vapor de agua podía mover también una rueda de aspas, incrementó de manera decisiva las posibilidades de generar energía eléctrica, sin más límite que el de la posibilidad de obtener la energía térmica necesaria para producir el vapor. En 1987 las centrales termoeléctricas suministraron alrededor del 76% de la electricidad que se consumió en nuestro país.

El vapor que se produce en grandes recintos cerrados denominados Calderas, cuyas paredes, piso y techo se encuentran cubiertos por tubos llenos de agua. En el interior del recinto se quema algún combustible, y el calor que se desprende hace hervir el agua en el interior de los tubos, produciéndose el vapor que mueve a la turbina y que posteriormente es condensado y regresado a la caldera.

Existen dos tipos de centrales termoeléctricas: las que utilizan carbón mineral y aquellas que consumen gas natural o petróleo.

En algunas regiones es posible obtener vapor directamente del subsuelo, gracias al contacto del agua subterráneas con capas calientes de la corteza terrestre. Las centrales de esta clase reciben el nombre de geotérmicas.

Como se mencionó al hablar de las fuentes de energía térmica, el procedimiento más reciente para producir grandes cantidades de energía consiste en partir o fusionar núcleos de un tipo de uranio que tiene 235 partículas en su núcleo, llamado uranio 235. Ello abre la posibilidad de que, junto con las otras fuentes como la fusión nuclear (y la energía fotovoltaica,) satisfaga la creciente demanda de energía eléctrica, a pesar del eventual agotamiento del petróleo y del gas natural.

Además, desde hace más de cincuenta años se están aplicando otros sistemas conocidos como sistemas de cogeneración que simultáneamente suministra calor en forma de vapor y energía mecánica, para obtener electricidad o movimiento de equipo.

Estos sistemas satisfacen las necesidades de energía, mediante la generación independiente y correlacionada de electricidad y vapor. Su aplicación exitosa en la industria química, refinación del petróleo, minería e industria alimenticia, indica la amplia aceptación que han tenido este sistema.

Existen numerosas arreglos de sistemas cogenerativos, cuya selección depende entre otros, de factores como: tipo de industria, necesidades, energía e instalaciones disponibles. Su adecuada aplicación no solamente ahorra energía, sino también reduce gastos de inversión y permanencia, tanto en grandes complejos industriales como en algunas otras empresas, ya que son muy rentables y los ahorros logrados mediante su aplicación son fácilmente cuantificables.

Cualquier empresa que haga un uso intensivo de la energía y que desee optimizar sus procesos, encontrará en la cogeneración, uno de los factores clave para lograrlo.

CONSERVACION Y USO RACIONAL

Por uso racional se entiende la utilización de la energía estrictamente necesaria, evitando el desperdicio, constituye en este sentido un medio para lograr la conservación.

La conservación va más allá del grado de uso que la energía se haga en un momento dado, involucra el conocimiento y la retención de las reservas de energía y sus posibilidades de sustitución se afectar el bienestar social.

CONSERVACION Y USO EFICIENTE

Al hablar de uso eficiente se hace referencia al hecho de que, dado un determinado número de factores de producción, se utilice la energía en forma óptima.

La conservación de energía en este caso, se refiere al análisis de los posibles cambios entre los factores de la producción que pueda favorecerla, tomando en consideración su justificación económica.

Conservación y ahorro

El término conservación por sí solo significa la acción de guardar, de preservar cuidadosamente los recursos no renovables; en este sentido se asemeja al concepto de ahorro en cuanto a no gastar, no extraer innecesariamente o a dejar de consumir dichos recursos en el presente para que los disfruten las generaciones futuras, pero es más amplio que el puro ahorro.

DEFINICION DE CONSERVACION DE ENERGIA

En la Conferencia Mundial de Energía efectuada en Munich, Alemania en 1980, se adoptó el término "Conservación de Energía" para designar todas las acciones tendientes a lograr el aprovechamiento óptimo de los recursos energéticos, especialmente los finitos, mediante la racionalización de su uso, aumentando la eficiencia en su utilización, abatiendo los consumos energéticos específicos utilizando todas las posibilidades, incluso la de sustituir unas formas de energía por otras, sin deterioro del nivel de vida y optimizando la relación global entre consumos y crecimiento económico.

Esta definición es la que ha venido utilizando, dado que abarca todos los ángulos de la conservación de la energía y es la adoptada a nivel internacional.

POLITICAS DE CONSERVACION DE ENERGIA

El problema energético tiene dos lados: el lado de los productores de energéticos u oferta de energía, en la cual se trata de encontrar la mejor forma de producir dicha energía de acuerdo con los recursos disponibles, y el lado de los consumidores de energía que la demanda para utilizarla, como un medio de producción o un consumo.

Las políticas gubernamentales consideran las características, tanto de la oferta como de la demandada, con el fin de que los medios para lograr la conservación de energía sean congruentes y alcancen los objetivos trazados.

Existen dos tipos principales de políticas aplicables por los gobiernos para promover la conservación de la energía. Las primeras se refieren al empleo de los precios de los energéticos como medio para racionalizar su uso. Los gobiernos decretan impuestos sobre combustibles, otorgan incentivos fiscales o incrementan sus precios. Las segundas son todas aquellas medidas que no implican movimientos de precio, sino que buscan un cambio en los patrones de conducta mediante el diálogo y convencimiento, su herramienta principal es la persuasión y el adoctrinamiento.

Las exhortaciones a través de medios masivo de comunicación, son un ejemplo de medida persuasivas, mientras que las demostraciones de ahorro de energía a pequeños grupos de personas, forman parte del adoctrinamiento.

Tan importante como el conocimiento de la oferta y la demanda de energía, es la fijación de objetivos.

Estos deben ser específicos y claramente definidos, ya que pueden efectuar negativamente el nivel de vida o incrementar el costo social.

La demanda de energía está constituida por los requerimientos de quienes la utilizan, ya sea para producir otros bienes o para aquellos que la usan para sí mismos.

Todos ellos son objetivo de las políticas energéticas que procuran eficiencia en los modos o hábitos de consumo de los usuarios finales y la optimización de los medios de producción de los generadores de bienes y servicios, así como de los comercializadores de dichos bienes y servicios.

La cantidad y diversidad de usuarios hacen de la conservación de la energía un problema de índole social además de económico, porque aparte del ingreso, gasto consumo, etc., involucra otros elementos tales como el bienestar y costo social que son difíciles de medir, dificultan la evaluación de los resultados obtenidos al aplicar una determinada política energética.

Otro factor a considerar al definir una estrategia energética se refiere a la perdurabilidad de las medidas aplicadas.

En el caso de los usuarios finales, los impuestos por altos consumos ocasionará una reducción en el uso de energía sólo mientras dicho impuesto esté vigente, mientras que las estrategias de persuasión y convencimiento, al modificar la conducta de los consumidores apelando a sus comportamientos y valores, logran un cambio más duradero.

Tratándose de los usuarios-industriales, las compañías de persuasión y difusión de medidas de mantenimiento correctivo, permitirán obtener resultados a corto plazo; sin embargo, para logra una disminución significativa en el consumo, se requiere de grandes inversiones en capital para cambiar a procesos de producción más eficientes en el usos de la energía. En este caso, podrían funcionar mejor los incentivos fiscales hacia el sector productivo.

Las políticas aplicadas hasta ahora por los gobiernos, generalmente se han apoyado en la legislación y han consistido en una combinación de estrategias seleccionadas de acuerdo con la situación económica, social, geográfica, climática y de idiosincrasia de cada país.

Es menos difícil delinear una política energética para favorecer la conservación de energía del lado de la oferta.

Existen países como México, en lo que las empresas productoras de energéticos están bajo la responsabilidad del gobierno. Al fijar éste las políticas energéticas, dichas empresas o instituciones las convierten en programas de conservación de energía. Este es el caso de Pemex y Comisión Federal de Electricidad.

El incremento de precios e los energéticos en los últimos años han ocasionado que sea económicamente viable recurrir a otras fuentes de energía. Desde este punto de vista se puede concebir la conservación de la energía como una fuente alterna: Ya que un peso invertido en conservación, proporciona más recursos energéticos disponibles que un peso invertido para obtener cualquier otra fuente de energía. (Son mas útiles los "Negawatts" que los Megawatts).

Además, la conservación presenta innumerables ventajas adicionales como lo son la no contaminación ambiental, la creación de fuentes de trabajo y la preservación de recursos no renovables para futuras generaciones.

CAPITULO I

LUZ Y COLOR

LOS FENOMENOS DE LA LUZ, COLOR Y VISION

1.1 LA NATURALEZA DE LA LUZ

La luz comprende un rango pequeño de energía electromagnética, es un rango especial porque sólo en él puede estimularse a los dos tipos de receptores dentro del ojo que permite la visión. De esta forma, llamamos a la luz energía visible.

Considerando la composición fisiológica y las funciones del ojo y que la energía no se puede destruir sino sólo transformarse, podemos comprender que la luz se transforma de energía eléctrica a energía electromagnética radiante dentro de la fuente de luz, viaja a alta velocidad, a alta frecuencia y se vuelve útil al hombre cuando una cantidad suficiente de la luz en el vacío o en el aire. En un extremo del espectro están los rayos cósmicos y en el otro extremo están las ondas de potencia eléctrica.

El espectro de las ondas de energía radiante que llamamos luz es angosto, aproximadamente de 380 a 80 nanómetros. Las longitudes de onda más grandes o más cortas que salen de este rango, no estimulan a los receptores en el ojo.

1.2. EL COLOR

El color es un término que describe en la energía radiante visible que llega al ojo, proviniendo de fuentes de luz y de objetos.

La gente asocia generalmente el color con los objetos físicos que ven a sus alrededores, tales como flores, hojas de árboles o con la pintura de un artista tratando de recrear sus impresiones. El color no es una propiedad física de las cosas a que vemos, el color es el efecto de las ondas de luz rebotado o pasando a través de varios objetos.

Entonces, el color de un objeto dada está determinado por varias cosas: las características de la fuente de luz con la cual se está viendo y la forma en que el objeto absorbe, transmite o refleja las ondas de luz que llegan a él. También las condiciones del ojo del observador son un factor importante.

Técnicamente sólo las ondas de luz que entran en el ojo son las responsables del color que se observa. Los colores asociados con varios objetos pueden cambiarse de distintas formas, cambiando la fuente de luz (de una incandescente a una fluorescente por ejemplo), añadiendo filtros de luz o cambiando la apariencia del propio objeto. Por ejemplo, para cambiar el color de un coche de rojo a azul se utiliza una pintura diferente, una que refleje las ondas de luz azules y que absorba los otros colores; pero los colores también pueden cambiarse con la luz. Si hemos visto un coche de color rojo estacionado bajo la luz de las lámparas de mercurio en la calle por la noche, habremos notado que el coche se confunde fácilmente con un coche café debido a la lámpara de mercurio que está desprovista de los rojo; por lo tanto en este caso, muy pocas ondas de luz rojas entraron en el ojo humano.

1.3. EL ESPECTRO DE COLOR

Una fuente de luz emitiendo energía radiante relativamente balanceada en todas las longitudes de onda visibles le parecerá al ojo como color blanco. Sin embargo, pasando un angosto haz de luz blanco a través de un prisma con material transparente, se extenderán y separarán las longitudes de onda de la energía visible para que el ojo las pueda distinguir; al resultado del fenómeno visual se le llama el espectro de color. El ojo normal verá tres bandas anchas de colores violeta, verde, y rojo, con varias bandas más angostas de azul, amarillo y naranja, mezcladas entre las bandas más anchas.

El diseñador de sistemas de iluminación debe tomar en cuenta que con las longitudes de onda mayores que 610 nanómetros se produce el efecto llamado "red", esto con el objeto de poder controlar la apariencia de las fuentes de luz y el efecto de estas fuentes en el color de los objetos a iluminar.

1.4 LA NATURALEZA DEL COLOR

Una fuente de luz radia más energía a unas longitudes de onda que a otras y un objeto de cierto color refleja o transmite algunas longitudes de onda más fácilmente que a otras. En ambos casos existe un desbalance de energía ocasionalmente en el punto donde algunas longitudes de onda faltan, en la mezcla que entra al ojo humano.

Aquí vemos que el ojo tiene características cualitativas. Las características cualitativas se refieren a la información sobre las longitudes de onda que se presentan y las características cualitativas son una especificación de cromaticidad y se les llama longitudes de onda dominantes y otras. Las características cuantitativas son una especificación de luminancia, antiguamente llamada brillantez fotométrica.

Para demostrar que el color es un desbalance de la energía radiante visible consideremos dos objetos, los cuales reflejan la mitad de la luz de una fuente perfectamente balanceada de luz blanca. Uno refleja la mitad de la energía en todas las longitudes de onda espectro visible, pero aparece gris y no produce sensación de color debido a que todas las longitudes de onda siguen presentes. El otro objeto refleja toda la energía en la mitad del espectro, es decir, las longitudes de onda más pequeñas (de 380 a 570) y sin energía en la otra mitad del espectro. Este segundo objeto producirá una fuerte impresión de color azul, pero sólo una sensación secundaria de la mitad de la luz de la fuente energía que ha sido reflejada.

Entonces aparentemente el color no es el resultado de cualquier cambio en el volumen de una energía radiante total, sino el resultado de las deficiencias de la energía en las longitudes de onda individuales.

1.5 COLORES EN LOS OBJETOS

Los colores que vemos en los objetos son el resultado de las ondas de energía radialmente que llegan al ojo, pero después de haber sido modificadas en muchas formas por cada objeto.

Todos los objetos tienen un efecto que modifica las ondas de luz, reduciendo la cantidad de energía y el tipo de las ondas que llegan al ojo.

Aún las pequeñas partículas en la atmósfera de la tierra filtran las radiaciones del sol antes de que lleguen a nuestros ojos, lo cual es una explicación parcial de los cambios de los colores del cielo y de las nubes en la puesta del sol.

El hombre ha asignado nombres a casi todas las cosas que nos rodean y estos objetos parecen tener el mismo color bajo cualquier condición de iluminación; a esto se le llama constancia del color, lo cual significa que estos objetos reflejan o transmiten ondas de luz constantemente en un pequeño y articular rango de color mientras absorben todas las demás. El agua no tiene constancia de color porque puede reflejar y transmitir todas las ondas de luz, de aquí que parece tener cualquier color dominante que esté en sus alrededores.

La cantidad modificada de color y de la intensidad de la luz transmitida, depende de la composición molecular del material alcanzado por la luz. Por ejemplo, en algunas lámparas de color los recubrimientos con color y tintes absorben longitudes de onda no deseada reflejando sólo las deseadas.

Cuando la luz llega a una superficie rugosa se refleja en todas direcciones, pero después de haber sido modificada por las cualidades de absorción de la superficie. El resultado es que la superficie parecerá tener un color propio, pero diferente al de la fuente de luz. Esto es porque la superficie ha sido absorbido varias longitudes de onda de la energía espectral.

Como se muestra en las cartas de reflectancia de superficie, la mantequilla aparece amarilla porque refleja la luz azul y un alto porcentaje de los demás colores. El resultado de la combinación ó bien la longitud de onda dominante es el amarillo.

Similarmente, la lechuga refleja la luz con las longitudes de onda primarias en el rango de 500 a 600 nanómetros (verde) y absorbe la mayoría de la energía de otras longitudes de onda.

1.6 EL COLOR EN LAS FUENTES DE LUZ

Algunas fuentes de luz son deficientes en energía en varias longitudes de onda y aún así pueden emitir lo que se considera luz blanca. Esta deficiencia afecta la percepción de objetos de colores (rendimiento de color) y la diferencia de colores, opacando algunos e incrementando la brillantez relativa de otros.

Existen fuentes cálidas como todas las incandescentes y algunas lámparas fluorescentes. Estas producen luz blanca que tiende a ser fuerte en la longitudes de onda rojas, naranja o amarillas. También existen fuentes frías como lámparas de mercurio y otras fuentes fluorescentes que producen luz blanca y son tendientes al azul y verde.

Iluminar una superficie con lámparas cálidas y frías producirá un cambio aparente en el color percibido de la superficie.

La mayoría de las fuentes de luz son fabricadas con un color predominante para poder dar un efecto determinado. Por ejemplo, si una pared que parece blanca iluminada con una fuente de luz blanca se ilumina con una fuente que predomine el rojo, la pared parecerá roja porque sólo las longitudes de onda rojas de la energía visible están presentes para ser reflejadas de la pared al ojo del observador.

Lo importante es que independientemente del acabado de la superficie, el ojo no puede ver colores que no estén contenidos en la fuente de iluminación.

1.7 LA PSICOLOGIA DEL COLOR

La definición dada anteriormente afirma que el color es un término que describe un desbalance en la energía radiante visible que llega al ojo, proveniente de fuentes de luz y de objetos. Esta definición es verdadera, pero ahora consideremos esta otra definición: El color es un concepto o una interpretación humana de impulsos neurales provenientes del ojo humano cuando es estimulado por imbalances de energía radiante visible, transmitidos al cerebro.

Esta definición es más completa porque envuelve a las tres ciencias involucradas: Física, fisiología y psicología. El color es el resultado de una interacción de la fuente de luz, el objeto, el ojo y el cerebro.

Una persona que no distingue los colores no puede distinguir entre varias longitudes de onda de la luz, sólo puede distinguir entre varias cantidades de luz. Lo importante es el hecho de que las ondas de luz recibidas por una persona con visión de color normal y por otra que no distingue los colores no cambian debido a la condición de los receptores. Sólo el concepto (percepción o interpretación) de lo que ve cada persona es lo que cambia.

1.8 ASOCIACION DE LO COLORES

Las relaciones de la gente a los colores asociados con los materiales no siempre corresponden a sus raciones a los mismos colores con la luz. Como una demostración el verde en el follaje es aceptado generalmente como refrescante, tranquilo, entonces la gente piensa en los árboles y arbustos como en algo neutral o silencioso; de aquí que el verde en objetos echos por el hombre son psicológicamente confortables. Pero el verde de una fuente de luz no es natural y utiliza esta fuente sólo, tiende a producir efectos macabros o siniestros.

La gente siente el impacto psicológico de la luz y el color sin que ellos se den cuenta de ello.

1.9 LA VISION DEL COLOR

El proceso de luz, visión y color es un proceso complejo que involucra la física, la psicología y la ingeniería, etc.

Existen muchas teorías para explicar el fenómeno de la visión del color. La más fácil de comprender es la teoría de las tres componentes de Young, que sume tres tipos de elementos sensibles (conos), un espectro rojo, un espectro violeta y un imaginario verde (de acuerdo con la curva de sensibilidad del ojo humano).

El número de conos en cada ojo es de 7 millones. Están localizados principalmente en la parte central de la retina llamada fovea, que es muy sensible al color. Los músculos que controlan el ojo siempre lo giran hasta que la imagen del objeto que nos interesa cae dentro de la fovea. La visión con conos es conocida como fotópica o visión durante el día.

Otros receptores de la luz, llamados bastones, también están presentes en el ojo aunque no estén involucrados con la visión del color. Los bastones dan una visión general del campo de visión y son receptivos sólo a la cantidad de ondas de luz que entran al ojo. Muchos bastones están conectados a un solo nervio, debido a esto no pueden dar detalles finos. Los bastones son sensibles a los bajos niveles de iluminación y permiten al ojo ver durante el día se ven llenos de color, durante la noche sólo se ven formas sin color, porque sólo los bastones son estimulados.

Este fenómeno se conoce como visión escotópica o visión nocturna. Con las curvas de sensibilidad espectral del ojo humano se observa que el ojo no es sensible a todas las longitudes de onda. Particularmente con la luz débil tiene una forma definida en la brillantez aparente de los diferentes colores. Esto fue descubierto por Johannes Von Purkinje, que mientras caminada en los campos al amanecer observó que las flores azules se mostraban más brillantes que las rojas y con plena luz de día las rojas eran más brillantes que las azules.

A esto se le llama ahora el efecto Purkinjer y es particularmente importante en la fotometría para la medición de luz.

1.10 COMO TRABAJA EL OJO HUMANO

Las ondas de luz entran al ojo a través de la córnea, la cual actúa igual que la lente convexo de una cámara desviando los rayos hacia un mismo punto.

El iris actúa como diafragma el cual expande o contrae la pupila, controlando la cantidad de luz que entra al ojo. Los bastones y conos son los últimos receptores de las imágenes. Ellos transforman el patrón de la imagen óptica recibida de la energía radiante a energía química, la cual estimula millones de nervios.

Los patrones ópticos se transforman en impulsos eléctricos que viajan en unos nervios especiales que llegan al nervio óptico. Los nervios ópticos (de ambos ojos) combinan y transmiten los impulsos selectivos al cerebro donde son finalmente interpretados.

CAPITULO II

TERMINOLOGIA Y UNIDADES

2 TERMINOLOGIA Y UNIDADES DE ILUMINACION

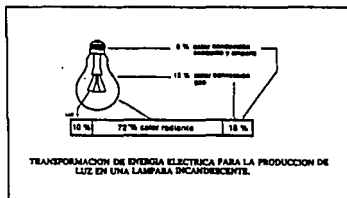
En luminotecnía intervienen dos elementos básicos a considerar: la fuente productora de luz y el objeto a iluminar. Las unidades y magnitudes fundamentales empleadas para valorar y comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz son las siguientes:

Flujo luminoso (potencia luminosa)
Rendimiento luminoso (eficacia)
Cantidad de luz (energía luminosa)
Intensidad luminosa
Iluminancia
luminancia

A continuación describiremos brevemente cada uno de los anterior conceptos.

2.1 FLUJO LUMINOSO

La energía transformada por los manantiales luminosos no se puede aprovechar totalmente para producción de luz. Por ejemplo, una lámpara incandescente consume una determinada energía eléctrica que se transforma en energía radiante, de la cual sólo una pequeña parte es percibida por el ojo en forma de luz, mientras que el resto se pierde en calor.



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

A la energía radiante de una fuente de luz que produce una sensación luminosa se le llama Flujo Luminoso o Potencia Luminosa. El flujo luminoso se presenta por la letra griega Φ y su unidad es el LUMEN (lm). Un lumen es el flujo luminoso de la radiación monocromática que se caracteriza por una frecuencia f de valor de 540×10^{12} hertz y por un flujo de energía radiante equivalente a 1/683 watts. Un watts de energía radiante de longitud de onda de 555 nm en el aire equivale a 683 lm aproximadamente.

La medida del flujo luminoso se realiza en laboratorio por medio de un fotoelemento ajustado según la curva de sensibilidad fotópica del ojo a las radiaciones monocromáticas, incorpora a una esfera hueca a la cual se le da el nombre de esfera integradora de Ulbricht, y cuyo interior se coloca la fuente a medir.

En la tabla siguiente se muestran algunos de las lámparas más usadas y su flujo luminoso característico.

Tipo de lámpara	Flujo luminoso lm
Efluvios	0.6
Vela de cera	10
Bicicleta	18
Incandescente Standard de 100 W	1380
Fluorescente L 40 W/20 Blanco frío	3200
Mercurio a alta presión HQL 400 W	23000
Halogenuros metálicos HQI 400 W	28000
Sodio a alta presión NAV-T 400W	48000
Sodio a baja presión NA 180 W	33000
Magnesio AG 3B	450000

"Flujo luminoso de lámparas comunes."

2.2 EFICACIA O RENDIMIENTO LUMINOSO

El rendimiento luminoso o eficacia luminoso de una fuente de luz, indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención

El rendimiento o eficacia se representa por la letra griega ETA (η) y sus unidades son lúmenes por watt (lm/w):

$$\eta = \frac{\Phi(lm)}{W(Watts)}$$

Si se lograse fabricar una lámpara que transformara sin pérdidas toda la potencia eléctrica consumida en luz de una longitud de onda de 555 nm, esta lámpara tendría el mayor rendimiento posible, cuyo valor sería de 683 lm/w, pero como sólo una pequeña parte es transformada en luz, los rendimientos luminosos obtenidos hasta ahora para las distintas lámparas quedan muy abajo de este valor, presentando diferencias notables entre las mismas, como puede apreciarse en la sig. tabla

Tipo de lámpara	Potencia Nominal W	Rendimiento luminoso lm/W
Efluvios	0.3	2
Incandescente Standard de 100 W	40	11
Fluorescente L 40 W/20 Blanco frío	40	80
Mercurio a alta presión HQL 400 W	400	50
Halogenuros metálicos HQI 400 W	360	78
Sodio a alta presión NAV-T 400W	400	120
Sodio a baja presión NA 180 W	180	183

Eficacia promedio de distintas lámparas

Por ejemplo, una lámpara incandescente estándar de 40 watts produce 440 lúmenes, por lo que tiene una eficacia de 11 lm/w. Una lámpara de sodio baja presión de 180 watts produce en cambio 32940 lúmenes por lo que tiene una eficacia de 183 lm/w.

Cabe aclarar que las eficacias de la tabla II se refieren exclusivamente a las lámparas: para las lámparas de descarga como sistema completo incluyendo instalación y accesorios de conexión dichas eficacias pueden variar sustancialmente.

2.3 ENERGIA LUMINOSA O CANTIDAD DE LUZ

De forma análoga a la energía eléctrica que se determina por la potencia eléctrica por unidad de tiempo, la cantidad de luz o energía luminosa se determina por la potencia luminosa o flujo luminoso por unidad de tiempo.

La cantidad de luz se representa por la letra Q y su unidad es el LUMEN-HORA (lm-h), Su fórmula es:

$$Q = \Phi \times t$$

Esta magnitud es importante en las lámparas de relámpago empleadas en fotografía, pues su valor es decisivo para la iluminación de la película. Debido al corto tiempo de descarga, la cantidad de luz suele darse en lúmenes por segundo (lms). En la lámpara que emite una cantidad de luz de 2.1 lmh, esta magnitud por segundo será 2.1 lmh x 3600 seg ó 7560 lms.

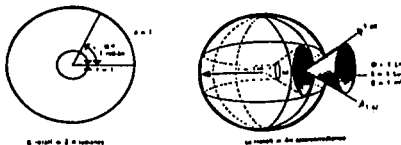
También tiene interés conocer a efectos de cálculo económicos la cantidad de luz que emite una lámpara durante su vida. Una lámpara incandescente de 40 watts que emite un flujo luminoso de 440 lúmenes, durante su vida promedio de 1000 horas emitirá una cantidad de luz de 440,000 lmh. De este valor habrá que descontar la pérdida de flujo que se produce en el transcurso de su vida, ya que este valor no es constante.

Este parámetro se entiende únicamente referido a una determinada dirección y contenido en ángulo sólido ω al igual que una magnitud de superficie corresponde a un ángulo plano que se mide en radianes, a una magnitud de volumen le corresponde un ángulo sólido o estereó que se mide en esterradianes.

2.4 INTENSIDAD LUMINOSA

El radián se define como el ángulo plano que corresponde a un arco de circunferencia de longitud igual al radio. El esterradián se define entonces como el ángulo sólido que corresponde a un casquete esférico cuya superficie es igual al cuadrado del radio de la esfera.

La intensidad luminosa de una fuente de luz en una determinada dirección es igual a la relación entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera cuyo eje coincida con la dirección considerada y el valor de dicho ángulo sólido expresado en estérradianes.



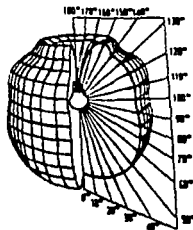
ANGULO PLANO, ANGLULO SOLIDO Y RELACION ENTRE FLUJO LUMINOSO, INTENSIDAD LUMINOSA E ILUMINANCIA.

La intensidad Luminosa se representa por la letra I y sus unidad es la candela (cd). Su fórmula es:

$$I = \frac{\phi}{W}$$

La candela se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de 1 lumen en un ángulo sólido de en estereoradián.

2.5 DISTRIBUCION LUMINICA CURVA FOTOMETRICA



SOLIDO FOTOMETRICO DE UNA LAMPARA INCANDESCENTE

El conjunto de la intensidad luminosa de un manantial en todas direcciones constituye lo que se llama distribución luminosa. Las fuentes de luz utilizadas en la práctica tiene una superficie más o menos grande, cuya intensidad de radiación se ve afectada por la propia construcción de la fuente presentando valores diferentes en distintas direcciones.

Con aparatos especiales se puede determinar la intensidad de un manantial en todas direcciones del espacio con relación a un eje vertical. Si representásemos por medio de vectores la intensidad luminosa de un manantial en infinitas direcciones del espacio, obtendríamos un cuerpo llamado Sólido Fotométrico.

Haciendo pasar un plano por el eje de simetría del cuerpo luminoso se obtendría una sección limitada por una curva que se denomina Curva de Distribución Luminosa o Curva Fotométrica. Mediante la curva fotométrica de un manantial se puede determinar con exactitud la intensidad luminosa en cualquier dirección, dato necesario para los cálculos de iluminación.

Las curvas fotométricas se dan referidas a un flujo luminoso de 1000 lúmenes y, como el caso general es que la fuente de luz emita un flujo mayor, los valores de intensidad luminosa correspondientes se encuentran en una simple relación.

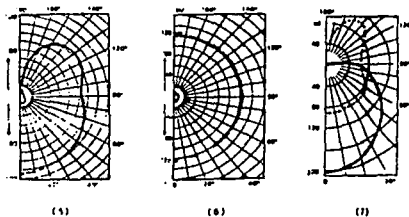
Por ejemplo, si una lámpara de mercurio de alta presión tiene un flujo luminoso de 23000 lúmenes, los valores de la intensidad luminosa deducidos de su curva fotométrica dada para 1000 lúmenes, habrá que multiplicarlos por el factor de 23 hallado de la relación $23000/1000$, para obtener el verdadero valor.

2.6 MEDIA DE LA INTENSIDAD LUMINOSA

La medida de la intensidad luminosa se realiza en el laboratorio por medio de aparatos especiales, de los cuales existen varios modelos fundados en la ley Inversa del Cuadrado de la

Distancia, usando una luz patrón y otra desconocida, situada una frente a otra en un mismo eje e interceptadas en una pantalla en la que se igualan las iluminaciones captadas en ambas caras de la misma, mediante un objeto apropiado.

En las figuras se muestran las curvas fotométricas típicas de algunas de las lámparas más utilizadas.



FIGS 5, 6, Y 7.- CURVAS FOTOMETRICAS TÍPICAS (A) LAMPARA INCANDESCENTE ESTÁNDAR (B) LAMPARA FLYORESCENTE (C) LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO CON LUMINARIO

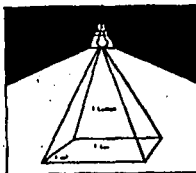
2.7 ILUMINANCIA

La iluminancia o iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su extensión. Se representa por la letra E y su unidad es el LUX en el Sistema Internacional de Unidades. Su ecuación es:

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

De esta ecuación se deduce que en cuanto mayor sea el flujo luminoso incidente sobre una superficie, mayor será la iluminación, y que, para un mismo flujo luminoso incidente, la iluminación será tanto mayor en la medida en que disminuya la superficie.

El lux, unidad de iluminancia se define con la iluminación de una superficie de un metro cuadrado que recibe uniformemente repartido un flujo luminoso de un lumen.



EL LUX, UNIDAD DE ILUMINANCIA.

La iluminación constituye un dato importante para valorar el nivel de iluminación que existe en una oficina, en la superficie de un recinto, en la calle, etc.

$$\text{Lux} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$$

La medida de iluminación se realiza por medio de un aparato denominado luxómetro, que consiste en una celda fotoeléctrica que, al incidir la luz sobre una superficie, genera una débil corriente eléctrica que varía en función de la luz incidente. Dicha superficie se mide con un miliamperímetro cuya escala está calibrada directamente en lux.

La Tabla Sig muestra distintos valores aproximados de iluminancias.

Mediodía de verano al aire libre, cielo despejado	100 000 Lux
Mediodía de verano al aire libre, cielo cubierto	20 000 Lux
Lugar de trabajo bien iluminado, recinto interior	1 000 Lux
Buen Alumbrado Público	20-40 Lux
Noche de Luna Llena	0.25 Lux
Noche de Luna nueva (Luz de estrellas)	0.01 Lux

2.8 LUMINANCIA

La luminancia de una superficie en una dirección determinada es la relación entre la intensidad luminosa en dicha dirección y la superficie aparente (superficie vista por el observador situado en la misma dirección).

La luminancia se representa por la letra L y su unidad es el NIT (nt) o candela por metro cuadrado (cd/m); tiene un submúltiplo que es el STILB (sb) que es candela por centímetro cuadrado (cd/cm), empleado para fuentes con elevadas luminancia.

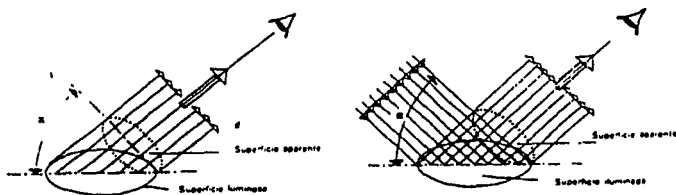
La ecuación que expresa la Luminancias es.

$$L = \frac{I}{S \cos \alpha}$$

donde:

$S \cos \alpha$ es la superficie aparente.

La Luminancia es máxima cuando el ojo se encuentra en la perpendicular a la superficie luminosa, ya que entonces el ángulo es igual a cero y el coseno de igual a uno, correspondiendo la superficie aparente real.



TIPOS DE LUMINANCIAS (a) DIRECTA (b) INDIRECTA

La luminancia puede ser directa o indirecta, correspondiendo a los manantiales luminosos y la segunda a los objetos iluminados.

La iluminación es lo que produce en el órgano visual la sensación de claridad, pues la luz no se hace visible hasta que es reflejada por los cuerpos. La mayor o mejor claridad con que vemos los objetos iluminados, depende de su luminancia. El libro y la mesa de la figura tiene la misma iluminación, pero se ve más claridad el libro porque su luminancia es mayor que la de la mesa

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

La percepción de la luz es realmente la percepción de diferentes luminancias. Se puede decir, por lo tanto, que el ojo ve diferencias de luminación y no de iluminación.

En la tabla siguiente se dan algunos valores de luminancias.

	cd/cm
Sol	150 000
Cielo despejado	0.3-0.5
Cielo cubierto	0.03-0.1
Luna	0.25
Llama de una vela de cera	0.70
Lámpara Incandescente Clara	100-200
Lámpara Incandescente Mate	5-50
Lámpara Incandescente Opal	1-5
Lámpara Fluorescente L40 W/20	0.75
Lámpara de Mercurio a Alta Presión 400 W	11
Lámpara de Aditivos Metálicos 400 W	700
Lámpara de Sodio a Alta Presión 400 W	500
Lámpara de Sodio a Baja Presión 180 W	10
Papel Blanco con Iluminación de 1000 W	250
Calzada de una calle bien iluminada	2

La medida de la luminación se realiza por medio de un aparato llamado Luminancímetro o Nitómetro, de construcción similar al luxómetro, del que igualmente existen diversos modelos.

El sistema inglés de unidades tiende a desaparecer, por lo que en un futuro próximo los países utilizarán el Sistema Métrico, más propiamente llamada el Sistema Internacional de Unidades, abreviado SI. Las principales razones para adoptar el SI son las siguientes:

2.9 SISTEMAS DE UNIDADES

- 1) Su extenso uso en la mayor parte de los países del mundo.
- 2) Son unidades primarias en el campo científico, y
- 3) La necesidad de uniformizar los campos de Ciencias e Ingeniería.

En la Ingeniería de Iluminación sólo aquellos términos que involucran unidades de longitud o área se ven afectadas por la conversión. Las unidades de lúmenes, candelas, estéorradianes y eficacia permanecen igual. Por lo tanto sólo las unidades de Luminancia e Iluminación se ven afectadas por esta conversión.

En el sistema Inglés la unidad de Iluminación es el footcandle (fc) y equivale a un lumen por pie cuadrado o sea:

$$fc = \frac{lm}{pie}$$

La conversión entre Footcandles y Lux se reduce a una simple conversión de pies cuadrados a metros cuadrados porque los lúmenes son comunes:

$$1 \text{ pie} = 0.3048 \text{ metros}$$

$$1 \text{ pie}^2 = 0.0929 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ footcandle} = \frac{lm}{pie^2} = \frac{lm}{pie^2} \times \frac{pie^2}{0.0929m^2} = 10.7639 \text{ lux}$$

o también

$$\frac{1fc}{10.76lux} = 1$$

En el Sistema Inglés la unidad de Luminancia es el footcandle (fl) y equivale a una candela por pie cuadrado, o sea,

$$fl = \frac{cd}{pie^2}$$

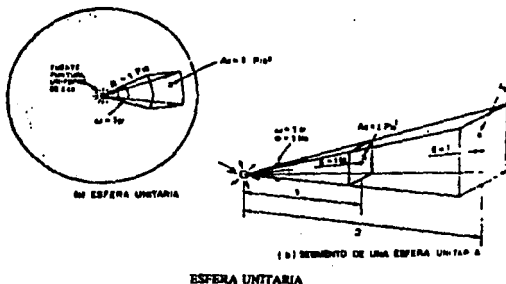
La conversión entre footlamberts y Nits se reduce también a una simple conversión de metros cuadrados a pies cuadrados pero se debe incluir el valor:

$$fl = \frac{1}{\pi} \times \frac{cd}{pie} \times \frac{pie}{0.0929m} = 3.4262 \frac{cd}{m} = 3.4262 Nits$$

o también

$$\frac{flm^2}{3.426cd} = 1$$

La relación entre candelas, lúmenes, estéerorradianes y footcandles puede encontrarse fácilmente utilizando una esfera unitaria de 1 pie de radio con una fuente puntual uniforme de 1 candela en el centro de la esfera



Para una área de un pie cuadrado en la superficie, el ángulo sólido obtenido será un esteorradián (sr)

$$w = \frac{A}{R^2} = \frac{1PIE^2}{1PIE^2} = 1sr$$

La fuente puntual de una candela producirá un lumen en la unidad de ángulo sólido.

$$\Phi = Iw = cd \times sr = lm$$

La iluminación producida en la superficie interior de la esfera será de 1 lm en pie o un footcandle:

$$E = \frac{\Phi}{A} = \frac{1 \text{ lm}}{1 \text{ ft}^2} = 1 \text{ fc}$$

El área total de la superficie de una esfera es $4 R^2$. Por lo tanto, el área total de la superficie de la esfera unitaria es 4 o 12.57 ft. Si el flujo luminoso de 1 lm llega a cada pie cuadrado, la fuente puntual uniforme produce un total de 4 lm o 12.57 lm.

Además de las unidades estudiadas hay que se usan regularmente. Algunas de éstas son las siguientes:

Cuando la intensidad luminosa está en candelas y el área está en pulgadas cuadradas, la unidad de luminancia es candela por pulgada cuadrada, por tanto:

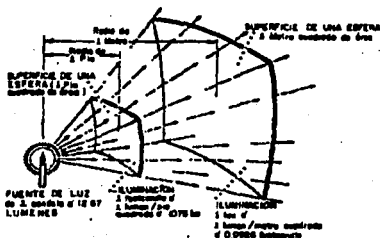
$$1 \text{ fl} = \frac{1 \text{ lm}}{\text{ft}^2} = \frac{1 \text{ cd}}{\pi \text{ ft}^2} = \frac{1 \text{ cd}}{144 \text{ pul}^2}$$

El número de footlamberts es igual a 1/144 veces el número de candelas por pulgada cuadrada, es decir:

$$\frac{1 \text{ fl}}{\left(\frac{1}{144}\right)(\text{cd-pul}^2)} = \frac{144 \text{ pul}^2 \text{ SUP} 2 \text{ fl}}{1 \text{ cd}} = 1$$

Haciendo un análisis comparativo entre dos esferas unitarias para cada sistema de unidades, es decir, una con radio de 1 pie y otra con radio de 1 metro se puede comprobar varias de las relaciones encontradas

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON



RELACION ENTRE ESFERAS UNITARIAS Y LAS UNIDADES DE ILUMINANCIA

En la tabla sig hacemos un resumen de las magnitudes y unidades luminosas fundamentales para los sistemas Inglés e Internacional y en la tabla anterior se incluyen algunas factores de conversión entre unidades comunes.

pie	*	2.54	cm
pie	*	.3048	m
lux	*	m	lm
fc	*	pie	lm
fc	*	10.765	lux
cd	*	sr	lm
fl	*	452	cd/pul
fl	*	3.4262	Nits (cd/m)
cd/pul	*	1.55	Kcd/m

CAPITULO III

LUMINARIOS Y ACCESORIOS

3.1.1 LUMINARIOS

La palabra luminario es el término correcto para describir lo que comúnmente se conoce como "accesorio de iluminación". La palabra "accesorio" implica equipo permanente instalado. Más de 100 000 diferentes tipos y estilos de luminarios se hacen hoy en día. Los más importantes y usados se describen en este capítulo.

Componentes de los luminarios.

Un luminario es una unidad de iluminación completa consistiendo de una o más lámparas con algunos o con todos los componentes siguientes.

- a) Porta lámparas y sockets para posesionar y conectar las lámparas a la fuentes
- b) Balastos para encender y operará las lámparas.
- c) Reflectores para dirigir la luz en la dirección deseada.
- d) Componentes, y difusores para distribuir la luz y evitar el reflejo.
- e) Housings para proteger los componentes mencionados junto con las conexiones y otros equipos eléctricos.

Los componentes del luminario trabajan juntos para determinar el funcionamiento del luminario.

Se usan dos medidas para estimar el funcionamiento del luminario:

- a) Eficiencia del luminario.- Mide el porcentaje de lumens de lámpara, comparado con la razón de lumens totales de lámpara. Así un luminario abierto tendrá generalmente una mayor eficacia que el mismo luminario equipado con lente (difusor) ya que este absorberá la luz.
- b) Coeficiente de utilización del luminario.- Usando en cálculos de iluminación para describir el porcentaje de lumens de lámpara que llegan a la superficie de trabaja. Esta característica depende de las dimensiones del cuarto, así como del tipo de luminario y de los valores de las empresas en los catálogos de fabricante de luminarios.

Los luminarios pueden ser clasificados en grupos dependiendo de una o más características, incluyendo la distribución de luz, altura de montaje, su función específica, reflector o tipos de lentes, y el nombre del diseño.

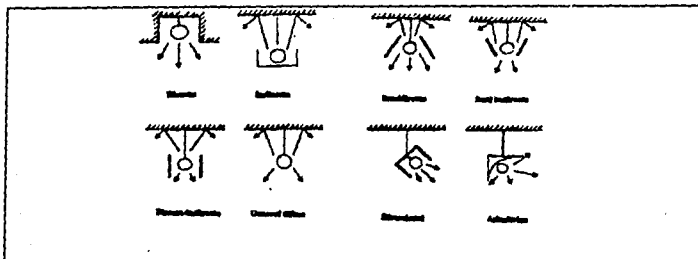
TIPO DE LUMINARIOS

3.1.2 CLASIFICACION POR DISTRIBUCION DE LUZ

Una de las más importantes características de un luminario es su patrón de distribución. Los patrones más comunes de distribución, como se muestra en la fig., son.

- a) Luz directa.- Con el luminario montado encima del área a iluminar y con su salida directa descendente.
- b) Luz indirecta.- El luminario dirige toda su luz hacia el techo y pared, transmitiendo al área iluminada para reflejar la luz hacia el área de trabajo.
- c) Directa.- En la cual la luz es principalmente dirigida al lugar de trabajo pero también tiene una distribución indirecta.
- d) Semi directa.- En la cual la distribución indirecta es el porcentaje más grande de la salida.
- e) Directa/Indirecta.- En el cual las dos distribuciones son aproximadamente iguales.
- f) General difuso.- El luminario radia luz en igual cantidad en todas direcciones.
- g) Direccional.- En la cual la luz es dirigida a una dirección específica.

- h) **Asimétrico.**- En el cual la luz es dirigida con más intensidad hacia un lado que hacia el otro.



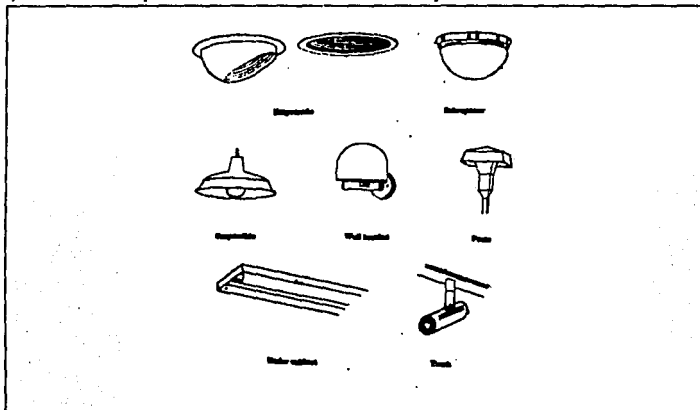
3.1.3 CLASIFICACION POR TIPO DE MONTAJE

La manera en que un luminario está montado o conectado es una característica común de clasificación. Los montajes más comunes se muestran en la fig. y se enlistan a continuación:

- Luminarios empotrados.**- Se meten dentro de la pared o techo. Un luminario semi-empotrado se mete solo parcialmente en la superficie dejando el resto visible.
- Luminarios para sobre poner (surface-mounted).**- Se describe usualmente como "montes de pared" o "montes de techo". Estos luminarios son totalmente visibles.
- Luminarios pendientes.**- Están suspendidos del techo por un cable, tubo o cadena que también lleva el cable eléctrico a la lámpara. A estos algunas veces se les llama luminarios suspendidos especialmente cuando se necesita suspender más de un miembro.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

- d) **Bracket de pared (Wall-Bracket).**- Están montados en la pared con un seguro que generalmente es parte del diseño de todo luminario.
- e) **Luminario Post-top.**- Están diseñados para montarse encima de un poste para exteriores.
- f) **Luminario tipo "under cabinet" ilumina "countertops"**
- g) **Luminarios tipos track.**- Están montados en un riel electrificado.
- h) **Luminarios tipo mueble integrado.**- Están montados permanentemente para divisiones de oficinas o para ser parte de sistema de estaciones de trabajo.
- i) **Luminario portátil.**- Puede ser traslado fácilmente y conectado a una salida eléctrica.



3.1.4 CLASIFICACION POR FUNCION O NOMBRE TRADICIONAL

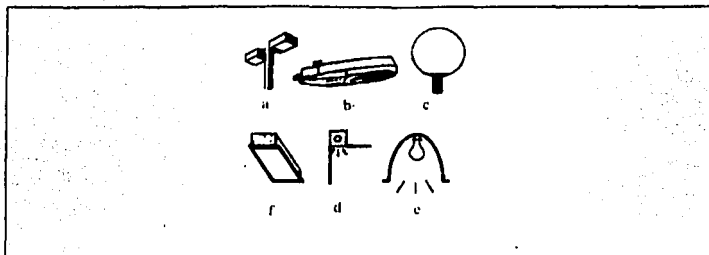
Muchos luminarios tienen nombre relacionados con su función, tales como downlights, wall washer, luces de paso, lámparas de mesa y luz de pizarrón. Se debe recordar que los usos reales de un luminario no se limitan a los sugeridos por sus nombres.

Otros luminarios tienen un diseño tradicional o histórico, y algunos luminarios modernos se usan de forma familiar o tradicional, por ejemplo, los candelabros, los candeleros o los faroles.

3.1.5 CLASIFICACION POR SU FORMA

Es común referirse a un luminario por su forma, especialmente se son llamativos, estos se muestran en la figura y se enlistan a continuación.

- a) El "Shoebox" es moderno para luminarios de carreteras.
 - b) El Cabeza de cobra (cobra head) es un luminario reflector convencional para iluminación de calles.
 - c) El "Lollipop shape" es un luminarios en forma de globo colocados al final del poste.
 - d) El "Wall slot" da la apariencia de un luminarios continuo corriendo paralelamente a la pared.
 - e) El "metal troffer" es el luminario fluorescentes para empotrar más usado.
 - f) El "top hat" es un downlight empotrable.
-



3.1.6 CLASIFICACION POR EL TIPO DE COMPONENTES

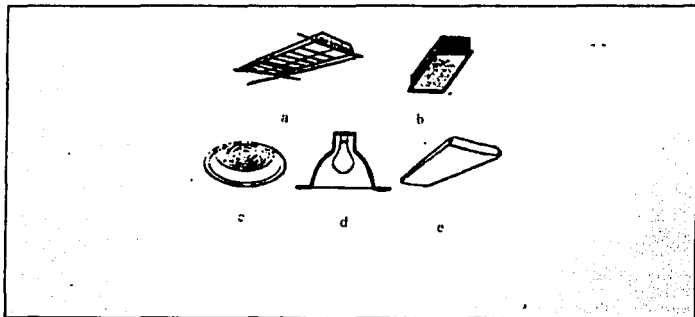
En muchos casos, el nombre del luminario incluye una descripción de un componente específico que hace al luminario notable.

Ejemplos comunes se describen a continuación y se muestran en la figura,

- a) Troffer parabólicos.- Usados para fluorescentes equipados con difusores diseñados para eliminar luz extraña y esconder a las lámparas de las luz directa.
- b) Troffer prismático.- Llamado así por sus lentes difusores sobre la cara de troffer.
- c) Fresnel.- Llamados así por su tipo de difusor usado para luz suave, y para lámparas teatrales de haz variable.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

- d) Elipsoidales.- Llamados así debido a los reflectores elipsoidales encontrados en downlights empotrables pequeños.
- e) Wraparound.- Usados para luminarios fluorescentes envueltos de difusores prismáticos.



3.1.7 TIPOS Y ESTILOS DE SISTEMAS DE ILUMINACION GENERAL

La iluminación arquitectónica se refiere a la iluminación de equipo oculto de la vista o integrado al diseño del edificio, creando efectos de iluminación sin una fuente aparente. El equipo de iluminación arquitectónica es ampliamente usado en todo tipo de edificios y es común encontrarlos en edificios contemporáneos.

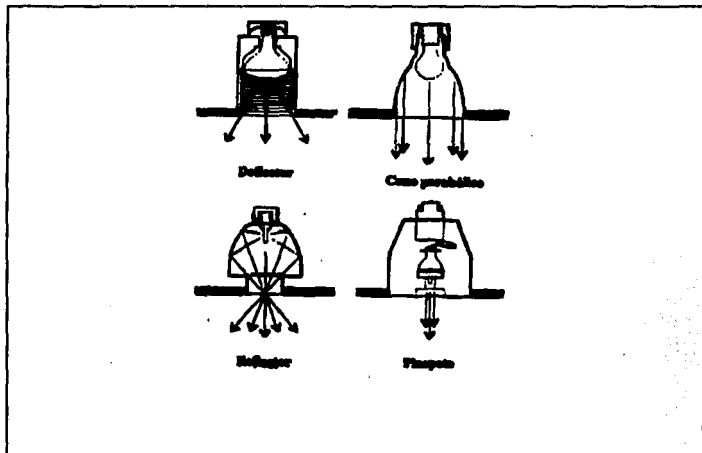
Existen miles de diferentes tipos de luminarios en los sistemas de iluminación actuales, pero pueden ser divididos dentro de categorías generales, incluyendo la iluminación arquitectónica, oficinas generales e iluminación comercial, iluminación industrial, iluminación decorativa, iluminación interior especial e iluminación exterior para edificios para escaleras de escape y seguridad.

3.1.8. ILUMINACION ARQUITECTONICA

La iluminación arquitectónica se refiere a la iluminación de equipo oculto de la vista o integrado al diseño del edificio, creando efectos de iluminación sin una fuente aparente. El equipo de iluminación arquitectónica es ampliamente usado en todo tipo de edificios y es común encontrarlos en edificios contemporáneos.

3.1.9 DOWNLIGHT

Los Downlights también llamados botes son usados en muchos lugares residenciales y comerciales. Los Downlights son generalmente empotrados, luminarios directos usualmente utilizados para iluminar lugares contemporáneos de alta calidad, tales como lobbies de hoteles y salas residenciales. Pueden ser equipados con incandescentes, con tungsteno halógeno, HID, o con lámparas fluorescentes de baja potencia. Se mencionan a continuación los diferentes tipos de Downlights que también se muestran en la fig.



- a) **Deflectores para usarse con reflectores o con lámparas PAR.**
- b) **Conos parabólicos para usarse con incandescentes y algunas lámparas fluorescentes compactas.**
- c) **Conos elipsoidales para usarse con incandescentes, HID, o con lámparas de tungsteno halógeno.**

A los Downlights de bajo voltaje se les llama algunas veces pin spots, para iluminación de acento para pequeñas aberturas.

Los Downlights son seleccionados en base al tamaño de apertura, al espacio disponible encima del techo, al esparcimiento deseado al haz y a su costo. El ángulo de Cut-off, el ángulo en el cual la fuente de luz es visible, son criterios importantes para los Downlights, mientras más alta sea la altura de montaje el ángulo de Cut-off será más pequeño para prevenir problemas de reflejo.

3.1.10 Wall Washers y Wall Slots

Los "wall washers" y los "wall slots" son luminarios designados para iluminación amplia de las paredes de un cuarto.

Los "wall washers" están diseñados para iluminar las paredes uniformes del techo al piso; los "wall slots" están diseñados para estar al ras del techo, creando un efecto de textura en la superficie de paredes irregulares, tales como piedra o ladrillo.

Al estar al ras se puede lograr que el techo tenga la apariencia de flotar encima de las paredes.

Algunos ejemplos importantes se mencionan a continuación.

- a) El "wall washer" eyeid empotrable de muy buena iluminación a la pared mientras protege al cuarto de la vista de la fuente de luz.

- b) El Downlight-Wall Washer está diseñado para dispersar luz hacia una pared mientras aparecen un Downlight en el otro lado del cuarto.
- c) Wall washer semi empotrado incluyendo luminarios tipo track, generalmente tiene un difusor que uniformiza la luz en la pared.

Los "wall slots" con louver utilizan un louver o un deflector para ocultar la fuente de luz dentro del canal.

La selección entre el "wall washer" y el "wall slots" depende de el efecto deseado. Para paredes con pinturas, donde la luz debe ser dispersa uniformemente, el "wall washer" es el más común. Los "wall slots" son mejores para dar la textura de una superficie vertical.

3.1.11 REFLECTORES ESPECULARES

a).- La tecnología

La superficie de un luminario fluorescente típico tiene una forma simple con un revestimiento de esmalte blanco. dentro de estos luminario, la luz efectúa reflexiones múltiples perdiendo intensidad antes de salir del luminario.

En contraste, la forma compleja y alta reflectancia de los reflectores especulares se lleva más luz hacia el lugar donde la tarea se realice. De esta forma estos reflectores nos permiten usar menos lámparas y balastro en un sistema de iluminación fluorescente.

La cantidad de luz reflejada y su comportamiento direccionan depende de dos características del material del reflector: su reflectancia especular y su reflectancia total.

Un material con alta reflectancia especular tiene un terminado espejo. Un material con una alta reflectancia total minimiza la cantidad de luz absorbida por la superficie durante la reflexión.

Los reflectores especulares bien diseñados dirigen la luz producida fuera del luminario con un mínimo de reflexiones.

Los reflectores especulares también tiene reflectancia total, y esto significa que durante las pocas reflexiones efectuadas, una mínima cantidad de luz es absorbida por el material.

El materia de los reflectores especulares existen en tres categorías.

Film laminado de plata: Un film de poliester es revestido con plata y mezclado con un sustrato de aluminio para producir la alta reflectancia.

Aluminio revestido con dieléctrico: Un revestimiento dieléctrico (formado por metales vaporizados y por materiales dieléctricos inorgánicos) es depositado en vacío en un sustrato de aluminio anodizado. El funcionamiento es similar al film de poliester revestido de plata.

Aluminio Pulido: Hecho de un aluminio anodizado altamente especular, estos reflectores revestidos con plata o con dieléctrico.

Ventajas.

Eficiencia Incrementada: Un reflector especular bien diseñado combinado con delamping puede aumentar la eficiencia del luminario en un 20% ó 30%

La eficiencia del luminario se define como porcentaje de luz producido por la lámpara que no es absorbida por el interior del luminario y que realmente lo abandona.

El incremento en la eficiencia se debe a tres factores: a la habilidad del reflector para dirigir más luz fuera del luminario, mejor funcionamiento de la lámpara que normalmente ocurre en los luminarios con delamping (debido a menores temperaturas de operación), y a los efectos de sombra de la lámpara reducidos.

Menor Carga Térmica: Con un menor número de lámparas y con balastos más fríos los costos por carga térmica se reducen considerablemente, aumentando así los ahorros por iluminación al 20%. Los ahorros por la carga térmica varían con el clima, pero son por lo general mayores que los incrementos producidos por el calor porque las cargas térmicas anuales de un edificio son mayores que las cargas por calor.

Apariencia uniforme y reflejo reducido: Los reflectores especulares producen brillantez uniforme similar a la apariencia original del luminario, de tal modo que prevea la tendencia a reemplazar.

Las lámparas faltantes. El reflector puede reducir también la brillantez del luminario cuando se ve con ángulos mayores. Esto reduce el reflejo y mejora el confort visual dentro del ambiente de trabajo

c) Aplicaciones.

Los reflectores especulares se usan más comúnmente junto con un selectivo delamping. Quitando dos lámparas de un luminario de cuarto, e instalando un reflector especular, la energía utilizada puede reducirse en un 50% con una mantenida salida de luz reducida en un 25% ó 40%

Esta reducción en la salida de luz puede ser apropiada en espacios que necesiten los niveles de luz recomendados. En otro caso la instalación del reflector puede ser suplementada con lámparas con mayor salida y/o con mejores difusores para recobrar la reducción en salida de luz.

Dependiendo de su posición, deberán ser recolocados dentro del luminario las lámparas restantes y sus sockets para maximizar la eficiencia y mejorar la apariencia. Los balastos de encendido rápido que no se usen, deberán ser desconectados, ya que estos seguirán entregando energía después del delamping.

Donde los niveles existentes de luz sean muy bajos, los reflectores especulares pueden aumentar el nivel promedio de luz en un 15% o más, dependiendo de las condiciones existentes de la superficie del esmalte.

Como en cualquier sistema de iluminación la superficie del reflector debe ser limpiada de acuerdo a las instrucciones del fabricante en intervalos regulares, para mantener el nivel óptimo de funcionamiento.

También, para mantener los niveles de luz adecuados y ahorrar en los costos de reemplazo y limpieza del luminario en intervalos recomendados.

El reflector especulares tienden a concentrar la distribución de luz hacia abajo. Aunque esta concentración puede reducir el reflejo y brillantez, también reduce el haz de luz. Esto puede reducir la iluminación a través del espacio y crear aéreas oscuras en las paredes. Cuando se evalúe el diseño de un reflector, se tiene que chocar la libertad de moverlo y de reinstalarlo. También se tiene que ser cauteloso de los llamados diseños estándar que pueden no optimizar la salida de luz. Si se lleva a cabo una recolocación o si el reflector está siendo usado como parte de una cerca eléctrica, especifique solamente reflectores y accesorios clasificados.

Use esta lista cuando evalúe un reflector:

- a) Prueba de campo del procedimiento de diseño.
- b) Impacto en el mantenimiento de los niveles de luz y la amplitud de haz
- c) Apariencia uniforme
- d) Necesidad de recolocación de lámparas.
- e) Clasificación de U. L.
- f) Requerimiento de código locales.
- g) Garantía en el funcionamiento del reflector
- h) Accesibilidad a los balastos.
- i) Selección de nuevas lámparas.
- j) Reemplazo del difusor/balastro
- k) Desconectar balastos no usados.
- i) Reemplazo y limpieza por grupos.
- m) Cambiar balastos por grupos.

La decisión de usar reflectores especulares debe estar basada en consideraciones económicas de ingeniería, en calidad de iluminación y estéticas. Para responder todas las preguntas requeridas en la iluminación con reflectores especulares, se necesita la evaluación de todos los componentes del sistema.

3.2 FUENTES LUMINOSAS

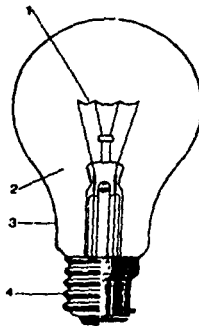
Las fuentes de luz (lámparas) que se utiliza actualmente para la iluminación artificial, puede ser dividida en dos grandes categorías principales: incandescentes y de descarga. Las lámparas de tipo de descarga pueden ser de baja o de alta presión.

Las fuentes de descarga en baja presión son las fluorescentes y las de sodio en baja presión. Las lámparas de vapor de mercurio, aditivos metálicos y sodio alta presión son consideradas lámparas de descarga de alta presión.

Estas son las fuentes de luz más comúnmente usadas en el campo de la ingeniería de iluminación. Cada fuente de luz será descrita en términos de sus tres componentes primarios.

- 1) Elemento productor de luz
- 2) Bulbo
- 3) Conexión eléctrica

3.2.1 LAMAPARAS INCANDESCENTES ESTANDAR



Partes principales de una lámpara incandescente:

1. Filamento
2. Gas de relleno
3. Ampolla
4. Casquillo

3.2.1.1 ELEMENTO PRODUCTOR DE LUZ

La luz es producida en la lámpara incandescente calentando un hilo o filamento a altas temperaturas, lo cual causa que el conductor llegue a la incandescencia. La incandescencia del hilo es resultado de la resistencia al flujo de corriente eléctrica a través del conductor. El tungsteno es usado como material para filamento. Ninguna otra substancia es tan eficiente en convertir energía eléctrica en luz en la base de vida y costo. El tungsteno tiene cuatro características importantes.

- 1) Alto punto de fusión
- 2) Bajo evaporación
- 3) Alta resistencia y ductibilidad
- 4) Características favorables de radiación

Las designaciones más comunes de letras para filamentos son "S", "C", y "R". Los filamentos en espiras son los más eficientes y ampliamente utilizados en las lámparas encontradas en ingeniería de iluminación. La resistencia del tungsteno frío es baja, comparada con su resistencia operacional, por lo que hay gran cantidad de corriente inicial de encendido, en una lámpara fría.

3.2.1.2. BULBO

El bulbo o cubierta de vidrio es usado para evitar que el aire toque el filamento. Cuando el filamento se expone al aire la evaporación ocurre mas rápido. El bulbo se llena de gas inerte de Argón y Nitrógeno para retardar la evaporación del filamento. Las lámparas con gas designadas tipo C son de 40 watts y mayores. Las lámparas de 25 watts y menos son lámparas en vacío, las cuales son designadas tipo B. Los bulbos también son designados de acuerdo a su forma.

Aparte de la designación con letras, los bulbos también tiene una designación numérica, la cual representa el diámetro de 19/8 o 2 3/8 de pulgada.

Los acabados de las superficies del bulbo pueden ser claro, esmerilado u opalino, de color o superficie interiores plateadas. Las lámparas normalmente en el mercado son claras, esmeriladas u opalinas, blancas y plateadas, los bulbos de color pueden ser de vidrio en color natural, pintura exterior o filtros.

3.2.1.3. CONEXION ELECTRICA.

La base proporciona la conexión eléctrica, montaje y posicionamiento de la lámpara. Hay ocho tipos diferentes de bases. Las lámparas para servicio general de menos de 300 watts normalmente usan la base roscadas mediana; de 300 a 500 watts las lámparas usan la base roscada mogul.

3.2.1.4 VARIACION DE VOLTAJE

la variación de voltaje en una lámpara incandescente, arriba o abajo del voltaje nominal, afectara las características de la lámpara. Por ejemplo, si una lámpara para 120 volts nominales es operada a 125 volts (4 % de incremento), la lámpara producirá 16% mas lúmenes, 7% más watts y 38 % menos de vida. Una lámpara de 120 volts nominales operada a 115 volts (4 % menos), proporcionará 13 % menos lúmenes, 6 % menos watts y 62 % más vida.

3.2.1.5. DEPRECIACION DE LUMENES.

La resistencia del filamento aumenta con el tiempo debido a la evaporación, dando como resultado una disminución del diámetro del filamento. Este incremento en la resistencia del filamento, causa una disminución de los lúmenes, amperes y watts. Una reducción adicional en la salida de lúmenes es debida a la absorción de luz por el tungsteno depositado en la superficie interior de la lámpara.

3.2.2 LAMAPRAS DE TUNGSTENO-HALOGENO.

Una deficiencia de las lámparas incandescente normales ha sido su mantenimiento de lúmenes a lo largo de sus vida. Cuando el filamento se calienta, este se evapora lentamente y se deposita en la pared interior del bulbo, esta capa de tungsteno entonces actúa como filtro, absorbiendo algo de luz y disminuyendo la salida de luz, esto fue superado con el desarrollo de la lámpara de ciclo tungsteno-halógeno, la cual también es llamada lámpara se cuarzo.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

La lámpara de tungsteno-halógeno contiene un halógeno como el Iodo o Bromo y un gas de relleno. El bulbo está hecho de cuarzo para: soportar altas temperaturas, el tungsteno evaporado se asocia con una molécula de halógeno retorna al filamento caliente liberando halógeno para permitirle combinarse con otra molécula de tungsteno evaporado.

Esta acción de limpieza minimiza el depósito de tungsteno en la pared del bulbo, y da como resultado un incremento en la salida de lúmenes a través de la vida de la Lámpara.

El principal objeto al desarrollar la lámpara de tungsteno-halógeno fue de mantener la salida de lúmenes, pero se hicieron otras mejoras. La vida de la lámpara aumentó un poco, así como su eficacia.

Para operar apropiadamente las lámparas de tungsteno-halógeno requiere de relativamente altas temperaturas, el filamento tuvo que ser apocada y el bulbo se hizo más pequeño. La fuente como es más pequeña se acerca más a la fuente puntual ideal, necesaria para un buen control óptico.

La lámpara de tungsteno-halógeno es un tipo de lámpara incandescente y por lo tanto es fácil de atenuar. Sin embargo al atenuarla provoca una reducción en la temperatura de las paredes del bulbo, lo cual retarda la unión de moléculas de tungsteno-halógenos, dando como resultado un ennegrecimiento de las paredes del bulbo y reducción en la salida de los lúmenes de la lámpara. Cuando la lámpara es regresada a un nivel de temperatura suficiente, algo del tungsteno depositado en el bulbo es removido.

3.2.2.1 EFICACIA Y VIDA.

Una de las características más importantes de cualquier fuente de luz, es su habilidad para convertir la energía en energía luminosa. A esto se le conoce como eficacia de la lámpara.

Las lámparas incandescentes tienen eficacias que andan en el orden de los 4 a los 24 lúmenes /watt. Para propósitos de comparación, a la lámpara incandescente se le asigna una eficacia de 20 lúmenes/watt.

El costo de la luz depende no solo de la eficacia, también depende de la vida de la fuente. Las lámparas incandescentes tiene una vida promedio de 1000 horas, o sea alrededor de 5 meses con un período típico de encendido de 8 horas diarias (52 semanas/año * 6 días/semana * 8 horas/día + 2496 horas/año). La vida de la lámpara es función de varias factores, incluyendo la forma del filamento y su soporte, el gas de relleno, los ciclos de encendido-apagado y la potencia.

3.2.2.2. CARACTERISTICA DE COLOR.

El sistema visual humano responde en forma diferente a las diferentes longitudes de onda de la radiación. Nuestra mente interpreta estas diferentes longitudes de onda como un color.

Las fuentes de luz son importantes en la visión del color ya que proporciona la energía radiante y por lo tanto la respuesta de color. La distribución de las longitudes de onda emitidas por una fuente, es conocida como la distribución de potencia espectral (DPE).

3.2.3 FUENTES DE DESCARGA EN GAS.

Las lámparas de descarga en gas son comparadas con un elemento de resistencia negativa. Cuando los aditivos dentro del tubo de arco se ionizan, la resistencia dentro del tubo de arco disminuye; esto provoca que la resistencia se aproxime a cero, mientras que la corriente se aproxima a infinito.

Sin un dispositivo que limite la corriente, los electrodos que sirve para tres funciones primarias:

- 1.- Limita la corriente
 - 2.- Proporciona el voltaje de encendido
 - 3.- Proporciona la corrección del factor de potencia.
-

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

El balastro actúa como un autotransformador para proporcionar el voltaje de encendido. Por lo tanto, contiene devanados que provoca una carga de reactancia inductiva. La reactancia inductiva causa un defasamiento entre las ondas de corriente y voltaje, el cual es corregido con la adición de un capacitor en el balastro.

3.2.3.1 POSICION DE OPERACION

Las lámparas de descarga en gas son usualmente sensibles a la posición de operación. El ingeniero debe tener precaución al seleccionar las lámpara, ya que si operan en una posición diferente a la especificada, estas pueden cambiar su salida de lúmenes, su vida y sus características de color.

Algunas lámparas pueden explotar o implotar si no se instalan correctamente. Se deben consultar las especificaciones de fabricante para obtener información de la posición de operación.

Las letras típicas para designar la posición son:

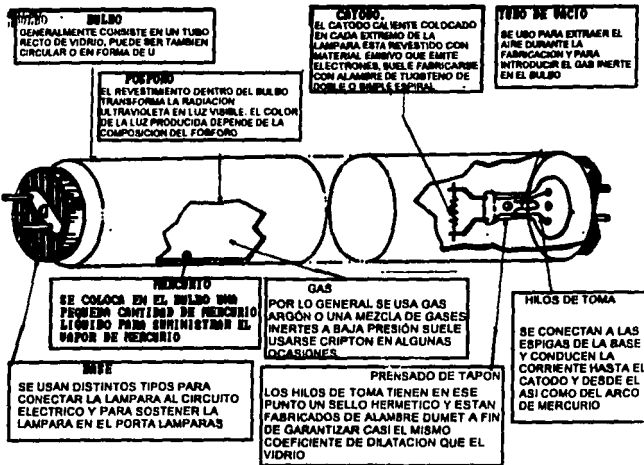
BU	:	base arriba
BD-HOR:		base abajo a horizontal
VER-BU:		vertical a base arriba
BU-HOR:		base arriba a
VER-BD:		vertical a base abajo horizontal
HOR	:	horizontal solamente

3.2.4 FUNTES DE DESCARGA EN GAS DE BAJA PRESION.

La lámpara fluorescente requiere de tres elementos o componentes para producir luz visibles:

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

- 1) Electrodos
- 2) Gas
- 3) Recubrimiento fosfóricos



PARTES PRINCIPALES DE UNA LAMPARA FLUORESCENTE.

FALLA DE ORIGEN

3.2.4.1. ELECTRODOS(CATODOS)

Los electrodos son los dispositivos emisores. Actualmente se utilizan dos tipos de cátodos. El cátodo caliente es un filamento de tungsteno con doble o triple arrollamiento, cubierto con un óxido de tierra alcalina que emite electrones cuando se calienta. Los electrones son sometidos a una temperatura aproximada de 900 C. Los electrodos están sujetos a un voltaje mayor, emitiendo electrones a 150 C aproximadamente. El cátodo caliente es el tipo de electrodo más comúnmente usado en lámparas fluorescentes, para la mayoría de las aplicaciones. Por lo tanto, no se describirán las lámparas de cátodo frío.

3.2.4.2. GASES

Una pequeña cantidad de gotas de mercurio se coloca en el interior del tubo fluorescente. Durante la operación de la lámpara, el mercurio se vaporiza a una presión muy baja. A esta baja presión, la corriente fluyendo a través del vapor provoca que el vapor radie energía, principalmente a una sola longitud de onda en la región ultravioleta (253.7mm) del espectro. La presión del mercurio es regulada durante la operación, por la temperatura de la pared del bulbo. La lámpara también contiene una pequeña cantidad de un gas raro altamente purificado. Los más comunes son el Argón y el Argón-Neón, pero algunas veces también se utiliza el Kriptón. El gas se ioniza rápidamente cuando se aplica un voltaje suficiente a la lámpara. El gas ionizado decrece rápidamente su resistencia, permitiendo que la corriente fluya y el Mercurio se evapora.

3.2.4.3. RECUBRIMIENTO FOSFORICO

Este es el recubrimiento químico en la pared interior del bulbo. Cuando el recubrimiento fosfórico químico en la pared interior del bulbo. Cuando el recubrimiento fosfórico es excitado por radiación ultravioleta a 253.7 nm, este produce luz visible por fluorescencia. Es decir, la luz visible de una lámpara fluorescente es producida por la acción de la energía ultravioleta en el recubrimiento fosfórico dentro del bulbo.

3.2.4.4. ENVOLVENTE

El bulbo es el envoltorio de vidrio que contiene los gases y proporciona una superficie a la cual puede aplicarse el recubrimiento fosforico, los bulbos se designan de acuerdo a su forma, diámetro y color. Por ejemplo, T-12 indica una forma tubular (T) y un diámetro de 1 1/2 de pulgada. (12 representa el diámetro en octavos de una pulgada: $12/8 = 1\ 1/2$ pulgadas).

3.2.4.5. CONEXION ELECTRICA.

La base proporciona la conexión eléctrica entre la lámpara y el soquet y sirve como soporte y alineamiento de la lámpara. Hay tres tipos de bases asociadas con las lámparas fluorescentes:

- 1) Doble alfiler (miniatura, media, mogul): Se usan en todas las lámparas de encendido por precalentamiento y en la mayoría de arranque rápido.
 - 2) Doble contacto embutido: se utiliza en las lámparas de altas emisión y Power Groove. Su propósito es proteger a los usuarios del alto voltaje en los contactos.
 - 3) Contacto sencillo: Usado en lámparas de arranque instantáneo
-

3.2.4.6. CARACTERISTICA DE COLOR.

El color de una lámpara fluorescente depende del recubrimiento fosfórico en la pared interna del bulbo. La curva de distribución espectral consiste en dos componentes.

- 1.- una porción continua
- 2.- Una línea de espectro

Las líneas o barras en la curva DPE representa la luz visible que es generada directamente por el arco de mercurio; la porción continua es debida a la acción de la energía ultravioleta en el recubrimiento fosfórico. La DPE de una lámpara fluorescente puede ser cambiada modificando el tipo de mezcla en el recubrimiento fosforico. Hay 6 lámparas fluorescentes blancas en el mercado.

CW	:	Blanco frío
CWX	:	Blanco frío de lujo
WW	:	Blanco cálido
WWX	:	Blanco cálido de lujo
W	:	Blanco
D	:	Luz de día

Esta variedad de lámparas fluorescentes blancas ha sido desarrollada para satisfacer casi todas las necesidades de luz blanca. estas lámparas se conocen como lámparas blancas estándar, ya que las seis se pueden obtener con todos los grandes fabricantes de lámparas. Además de estas seis blancas estándar, cada fabricante vende blancos especiales y tubos fluorescentes de color.

La selección entre alguna de las lámparas fluorescentes siempre significa un compromiso entre eficacia y color. La selección del mejor rendimiento de color usualmente significa una reducción en la eficacia. Las lámparas CW, WW, W y D tienen eficacias altas pero son pobres en rojos, dando como resultado una característica de pobre rendimiento de color. las lámparas CWX y WWX son las que proporcionan el mejor rendimiento de color a los objetos y personas, con una razonable eficacia. Esta se obtiene con la adición de fósforos rojos en la mezcla. Sin embargo, ya que el ojo tiene menor respuesta a la energía roja, la eficacia luminosa se reduce alrededor de 30 % de la salida de luz de las lámparas CW y WW.

3.2.4.7. CIRCUITOS DE CATODO CALIENTE

hay tres tipos de lámparas fluorescentes de cátodo caliente y se define por los circuitos para los cuales han sido diseñadas:

- 1.- Pre calentamiento
 - 2.- Encendido instantáneo
 - 3.- Encendido rápido
-

3.2.4.7.1. CIRCUITOS PRECALENTAMIENTO.

El circuito de pre calentamiento fue el primer tipo en el desarrollado. requiere un arrancador separado que pre calentamiento los electrodos, provocando una emisión de electrones. esto causa que la resistencia interna disminuya, lo cual permite establecer el arco. El proceso de pre calentamiento requiere de algunos segundos, de aquí lo lento del Encendido que es característica del circuito de pre calentamiento.

El pre calentamiento puede ser efectuado por medio de un botón manual de arranque o por un arrancador automático. El arrancador hace circular corriente por los electrones de la lámpara por un tiempo suficiente para calentarlos y entonces automáticamente (o manualmente) interrumpe la corriente en los electrodos, causando que el voltaje aplicado entre los electrodos establezca el arco.

3.2.4.7.2. CIRCUITO DE ENCENDIDO INSTANTANEO.

En 1944, el circuito de encendido instantáneo fue introducido para mejorar el lento encendido del circuito de precalentamiento. El circuito de encendido instantáneo elimina la necesidad de un arrancador y por lo tanto simplifica el sistema y su mantenimiento. Se aplica un alto voltaje entre los electrodos suficiente para vencer la resistencia de la lámpara y establecer el arco. El arco calienta rápidamente el filamento de los electrodos, lo cual hace que se emitan electrones para sostener el arco; ya que no se requiere de precalentamiento en las lámparas de encendido instantáneo, con un solo alfiler es suficiente. A este tipo de lámpara se le llama también lámpara Slimline.

3.2.4.7.3. CIRCUITO DE ENCENDIDO RAPIDO.

En 1952, se desarrollaron el circuito y la lámpara de encendido rápido. Esta enciende rápidamente sin la necesidad de un arrancador separado. Un balastro para encendido rápido es de menor tamaño y más eficiente que un balastro de encendido instantáneo para la misma potencia. El circuito de encendido rápido utiliza electrodos de baja resistencia los cuales son calentados continuamente con muy bajas pérdidas.

Las lámparas de encendido rápido es la lámpara más común y es adecuada para la mayoría de aplicaciones. Los circuitos de arranque rápido pueden ser intermitentes o atenuarse eficientemente.

Las lámparas circulares están disponibles para operación en circuitos de encendido rápido. También están diseñadas para usarse en circuitos de encendido rápido las lámparas en forma de "U"

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

Las lámparas de encendido rápido pueden usarse tanto en circuitos de precalentamiento como en circuitos de encendido rápido. sin embargo, una lámpara con designación de "precalentamiento" no pueden usarse en circuitos de encendido rápido. Los circuitos de encendido rápido son clasificados de acuerdo a la corriente de la lámpara:

RS 430 mA
Circular 390, 420 y 430 mA
HO 800 mA
XHP, PG, VHO, SHO, T10 1500 mA

3.2.4.8. NOMECLATURA DE LAMPARAS

La nomenclatura de una lámpara es de acuerdo a su potencia o longitud, forma, diámetro en octavos de pulgada y color. Las lámparas de precalentamiento y encendido rápido utiliza la potencia nominal de la lámpara en su nomenclatura, mientras que las lámparas HO, VHO, encendido instantáneo y PG utiliza la longitud nominal en su nomenclatura. Algunos ejemplos se muestran a continuación:

Precalentamiento
F20T12/CW, fluorescentes/watts/tubular/diámetro/color
Encendido rápido
30 y 40 watts
F30CW y F40CW, fluorescente/watts/color

Encendido rápido (HO)
F96T12/CW/HO, fluorescente/longitud/tubular/diámetro/color/encendido rápido.

3.2.4.9. VIDA

La vida de lámparas depende de los ciclos de encendido/ apagado. Los valores de las lámparas están dados en la base de un ciclo de 3 horas de encendido por 20 minutos de pagado. En 1973 se introdujo en las lámparas un nuevo gas colector. Esta gas previene la combustión del material emisor de los electrodos, cada vez que la lámpara es encendida; por lo que, la vida de la lámpara. Sin embargo, la lámpara, la importancia del tiempo de encendido puede verse en la operación por más tiempo de las lámparas en términos de los factores de vida:

6 H encendido/apagado	1.25*vida
12-h encendido/apagado	1.60*vida
operación continua	2.5 a mas * vida.

3.2.4.10. EFECTO ESTROBOSCOPICO.

Estroboscópico es una palabra griega que significa "ver movimiento". El arco se extingue durante cada paso por cero (120) veces/segundo) de la onda senoidal de corriente alterna; sin embargo, el recubrimiento fosforico continúa radiando luz durante este pequeño período. Generalmente, esto no es notorio, pero puede en algunos casos hacer parecer a la maquina de alta velocidad estar estática. El uso de balastos de secuencia serie en circuitos de encendido rápido elimina este problema

Otra solución es usar balastos adelantado-atrasado, el cual pone una lámpara fuera de fase con respecto a la otra en una unidad de dos lámparas. Esto da como resultado que una lámpara esta al máximo de salida de luz mientras la otra esta en cero. El efecto resultante es la eliminación del parpadeo.

3.2.4.11. EFECTO DE TEMPERATURA.

La operación mas eficiente de la lámpara se obtiene cuando la temperatura ambiente está entre 70 a 90 F (21 a 32 C). Temperaturas menores causan una reducción en la presión del mercurio lo cual significa que se produce menor energía ultravioleta; por lo que al haber menos energía ultravioleta que actúe en el recubrimiento fosforico se produce menos luz. Altas temperaturas causan un cambio en la longitud de onda producida, haciéndola más cercana al espectro visible. Las longitudes de onda más larga tienen menos efectos en el recubrimiento fosforico, y por lo tanto hay menor salida de luz.

Las lámparas fluorescentes estándar pueden operarse a una temperatura menor hasta F (10 C) sin un balastro especial. Sin embargo , la salida de luz (lúmenes), será menor si la temperatura ambiente esta fuera de los 70 a 90 F (21 a 32). Existen balastros especiales de baja temperatura para encender y operar lámparas a 0 y 20 F. Estos balastros proporcionan un voltaje mayor de encendido y usualmente contienen un interruptor térmico de encendido.

3.2.4.12. EFECTO DE HUMEDAD.

Los requerimientos de voltaje de encendido son afectados por la carga electrostática en la superficie exterior de una lámpara fluorescente. El polvo y aire húmedos tienen efectos desfavorables en la carga de la superficie. este factor debe ser tomado en consideración cuando la humedad relativa excede del 65 %. Un recubrimiento de silicón en la superficie exterior de la lámpara y la adecuada distancia entre la lámpara y el luminario, normalmente resuelve los problemas de encendido bajo cualquier condición de humedad. Sin embargo, la acumulación de polvo en la lámpara nulifica los efectos del recubrimiento de silicón y provoca dificultades de encendido. No se debe limpiar la lámpara con un abrasivo, ya que este también eliminará el recubrimiento de silicón.

3.2.4.13. EFICACIA.

La eficacia de las lámparas fluorescentes para la mayoría de los tamaños comunes de lámparas es de 75 a 80 lm/watt sin incluir las pérdidas en el balastro. Para circuitos de dos lámparas F40 CW, la eficacia total (lámpara más balastro) será de 68.5 lm/watts.

2F40CW: $2 * 3150 = 6300$ lm

balastro con dos lámparas encendido rápido, alto factor de potencia = 92 W

Eficacia = $6300/92 = 68.5$ lm/watt

La lámpara F40 CW sola, tiene una eficacia de 78.8 lm/watt

3.2.4.14. DISPOSITIVOS AHORRADORES DE ENERGIA

Las lámparas ahorradoras de energía están diseñadas para operar a una menor potencia con el mismo balastro para lámparas convencionales. La eficacia de algunas es menor, otras tienen una eficacia mayor.

Recientemente se ha descubierto que las lámparas ahorradoras de energía, pueden ser la causa de la falla prematura del balastro debido a sobrecarga del capacitor. Un balastro de alto factor de potencia para dos lámparas contiene un capacitor de encendido y un capacitor para corregir el factor de potencia. Un incremento de 6 % en la corriente del capacitor de encendido es la causa de falla del balastro. Nuevos diseños de balastos han eliminado el problema; sin embargo los balastos antiguos o balastos defectuosos pueden aún mostrar un alto índice de falla.

Las lámparas ahorradoras de energía deben ser solo seleccionadas para remodelar una instalación existente, la cual fue mal diseñada y esta proporcionando luz en exceso; no se deben utilizar para instalaciones nuevas.

Por razones económicas, el luminario con dos lámpara fluorescente se prefirió con una lámpara antes de la crisis energética. El luminario de dos lámparas podía producir niveles mayores a los requeridos, pero en este tiempo el costo de la energía era muy bajo debido al bajo costo de los energéticos, era más económico comprar un luminario que opera dos lámparas con un solo balastro, que compara un luminario con un balastro para una lámpara. El balastro para una sola lámpara cuesta casi lo mismo que uno para dos lámparas, pero se podía producir más luz con menos energía con el luminario de dos lámparas.

F40 CW: 3130 lm/lámpara

Balastro alto factor de potencia para una lámpara = 52 watts

Eficacia del sistema = $3150/52 = 60.6$ lm/watt

Balastro alto factor de potencia para dos lámparas = 92 watts

Eficacia del sistema = $6300/92 = 68.4$ lm/watts

Con el desarrollo de nuevos circuitos de balastros y el calentamiento continuo de los cátodos, el efecto estroboscópico asociado con las unidades de una sola lámpara debe ser minimizado.

Con el aumento de las tarifas de energía eléctrica (costo de operación) y el énfasis en la reducción del consumo de energía, el uso de luminarios con una sola lámpara se hace más importante. El eliminar una lámpara de un luminario de dos lámparas, pueden parecer una solución simple para reducir el consumo de energía en un edificio existente, donde existe un nivel alto de iluminación para tareas no críticas, pero debido a que dos lámparas están conectadas en serie, el eliminar una lámpara provocaría que se apagara la otra. Este problema ha sido resuelto con el desarrollo de un tubo sustituto que toma el lugar de uno de los tubos para complementar el circuito serie de un luminario de dos lámpara. El tubo sustituto es construido de vidrio y contiene un capacitor que compensa la inductancia del balastro. la capacitancia restaura el sistema a su factor de potencia normal y permite al otro tubo seguir funcionando. Un circuito típico de encendido rápido de dos lámparas F40 mostrará una disminución a 62 % de la potencia consumida, cuando la lámpara es reemplazada con un tubo sustituto. Al mismo tiempo, la salida de luz del luminario con dos lámparas disminuirá al 67 % de la salida original de luz. Esto dará como resultado un incremento aproximado de 7 % en la eficacia.

balastro para dos lámparas de alto factor de potencia = 92 watts

2F40 CW con 3150 lm = 6300 lm

Lámpara sustituto: $92 * 62 \% = 57.04$ watts $2 * 3150 * 67 \% = 4221$ lm

Eficacia = $4221/57.04 = 74$ lm/watt

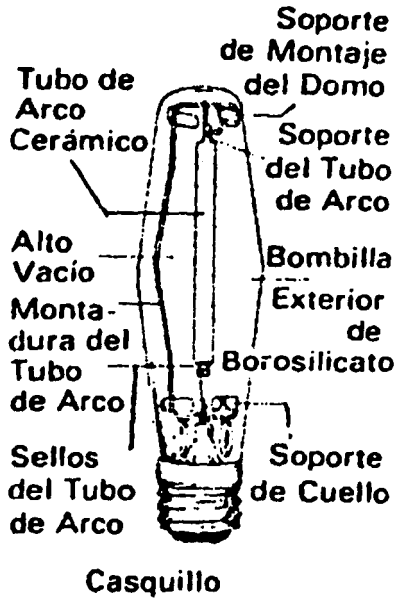
Operación con dos lámparas:

eficacia = $6300/92 = 68,5$ lm/watt

El uso de tubos debe limitarse para aplicaciones de reemplazo, ya que estos son caros. También el eliminar una lámpara de un luminario para 2, provocará una apariencia no uniforme a la superficie del lente.

3.2.5. LAMPARAS DE SODIO BAJA PRESIO.

La lámpara de sodio baja presión ha sido usada extensamente en Europa desde 1940. En los Estados Unidos se inició una gran campaña publicitaria en 1972. Lámpara de sodio baja presión tiene la eficacia más alta de todas fuentes, pero tiene un espectro monocromático amarillo.



3.2.5.1. ELEMENTO PRODUCTOR DE LUZ.

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco tiene forma de U y esta construido de vidrio. El tubo tiene pequeñas burbujas para mantener una distribución uniforme de sodio a través de él. El tubo de arco contiene un pequeña cantidad de argón y neón para ayudar al encendido de la lámpara. La presión interna del tubo de arco es aproximadamente \pm E-03 mm

Tiempo de encendido = 9 min (89%), 15 min (100%)

Reencendido = 30 seg (80%)

3.2.5.2. BULBO.

El bulbo esta echo de vidrio común. Este sirve para mantener un ambiente constante para el tubo de arco. El espacio entre el bulbo y el tubo de arco esta bajo vacío. El tubo de arco opera a una temperatura de 260 C (500 F).

Hay cinco potencias de lámparas:

Potencia normal (watts)	longitud máxima (pulgadas)	forma del bulbo	posición de operación
35	12 3/16	T17	HOR/ARRIBA
55	15 3/4	T17	HOR/ARRIBA
90	20 3/4	T21	SOLO HORIZ.
135	30 1/2	T21	SOLO HORIZ.
180	44 1/8	T21	SOLO HORIZ.

3.2.5.3. CONEXION ELECTRICA.

La base es una bayoneta (BAY-B1) la cual mantiene la U el tubo de arco es una posición horizontal.

3.2.5.4. CARACTERISTICAS DE COLOR.

La luz producida por una lámpara de sodio baja presión es un amarillo monocromático. La distribución de potencia espectral consiste de dos líneas a 589 nm (aproximadamente 95 % de la salida). Debido a la característica del amarillo monocromático, no existe rendimiento de color. Todos los colores aparecen como diferentes tonos de gris y café excepto los objetos amarillos.

3.2.5.5. DESIGNACION DE LA LAMPARA.

La designación de SOX se usa para indicar una lámpara de sodio de baja presión. La designación también incluye la potencia nominal de la lámpara tal como SOX 180 (180 watts).

3.2.5.6. CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO.

Depreciación de flujo luminoso. El flujo luminoso aumenta ligeramente durante la vida de la lámpara. se dice que el flujo luminoso es constante con un rango de temperatura de operación de - 10 C a + 40 C. El efecto en el flujo luminoso cuando la lámpara se opera fuera de este rango de temperatura no ha sido publicado.

3.2.5.7. VIDA

La posición de encendido de la lámpara es crítica para la vida e esta, ya que esta falla debido a la migración de sodio hacia los electrodos. Esta migración causa un aumento en los watts consumidos por la lámpara durante su vida, la cual da como resultado que falle el electrodo.

watts nominales	lúmenes lámpara	watts de lámpara (100 h)	eficacia lámpara (100 h)	watts de lámpara (18000 h)	eficacia (18000h)
35	4640	36	129.2	44	105.7
55	7700	53	145.3	62	124.2
90	12500	90	138.9	122	102.5
135	21500	130	165.4	178	120.8
180	33000	176	187.5	241	136.9

3.2.6. FUENTES DE DESCARGA EN GAS DE ALTA PRESION (FUENTES DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD).

3.2.6.1. LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco es construido de cuarzo, el cual permite transmitir la radiación ultravioleta. El tubo de arco contiene Mercurio y una pequeña cantidad de argón, neón y kriptón. Cuando la lámpara es energizada se genera un arco entre el electrodo principal y el encendido, en cuando se ioniza el mercurio, la resistencia dentro del tubo de arco disminuye.

Cuando la resistencia interna del tubo de arco es menor que la resistencia externa, el arco se establece entre los electrodos principales. El mercurio continua ionizándose, incrementándose la emisión luminosa, la luz producida es típica de las líneas de mercurio, además genera energía ultravioleta.

El tubo de arco es operado desde una a 10 atmósferas de presión.

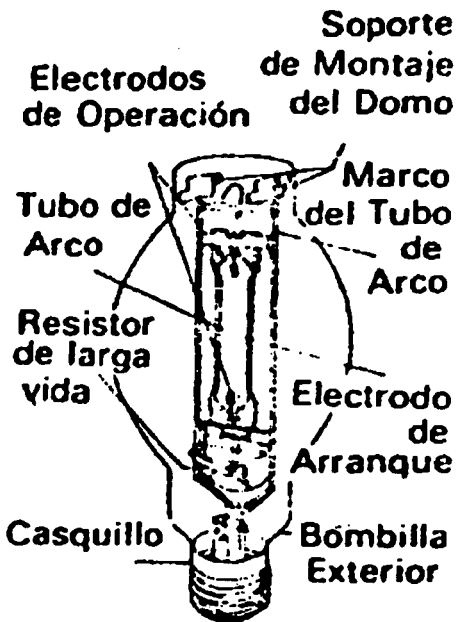
Tiempo de arranque = 5 min. (80 %) 7-10 min. (100 %)

Tiempo de reencendido = 7 min. (80 %)

3.2.6.2. BULBO EXTERIOR.

Las funciones principales de bulbo exterior son tres:

- 1.-El vidrio primario actúa como filtro de rayos ultravioleta, el cual previene contra quemaduras en la piel y ojos.
- 2.-Proporciona también un ambiente constante para el tubo de arco. La presión del tubo de arco es afectada por el rápido cambio de temperatura y el movimiento del aire.
- 3.-Este proporciona una superficie para el recubrimiento fosforico, el cual es colocado en el interior del bulbo exterior para corregir el rendimiento de color de la lámpara de vapor de mercurio: Una lámpara con recubrimiento fosforico requerirá de un luminario muy grande para tener un buen control óptico ya que el bulbo exterior se convierte en el elemento productor de luz.



Mercurio

3.2.6.3. CONEXION ELECTRICA.

Se utiliza una base tipo mogul para las lámparas para potencias mayores de 100 watts; las lámparas de 40, 50, 75 y 100 watts se fabrican con bases medianas.

3.2.6.4. CARACTERÍSTICAS DE COLOR.

La lámpara clara de vapor de mercurio tiene un color predominante azul-verde, característico de las líneas del espectro de mercurio blancas o con recubrimiento fosforico se recomienda para todas las aplicaciones donde el color es importante. existen comercialmente tres tipos de lámparas de vapor de mercurio blancas:

- 1.- Color mejorado: muy pobre en color rojo, color marginal, no recomendada.
- 2.- Blanco de lujo, DX: incrementa el color rojo, buen color, se recomienda.
- 3.- Blanco cálido de lujo, WWX: excelentes rojos, excelente color, altamente recomendado; menos lúmenes.

3.2.6.5. DESIGNACION DE LAS LAMPARAS.

La designación para las lámparas de vapor de mercurio es muy diferente a las lámparas incandescentes y lámparas fluorescentes. Las únicas partes que tiene significado importante son la designación H, la cual identifica a la lámpara como de vapor de mercurio (Hg mercurio), y la potencia. Los números y letras marcados son arbitrarios.

H 33 GL - 400/DX

H Indica que es una lámpara de vapor de mercurio

33 Números que se usan para los balastos de 400 watts.

GL Son dos letras convencionales que describen las características físicas de la lámpara, tales como: tamaño, forma, material y acabado.

400 Indica la potencia nominal de la lámpara.

DX Indica el color de las lámparas; en el ejemplo: "blanco de lujo".

El flujo se designa en términos de una letra y una combinación de números. La letra o letras son utilizadas para designar la forma del tubo.

PAR	Parabólico
BT	tubular abultado
PS	forma de pera
R	reflector
T	tubular
E	elíptico
B	abultado
A	Estándar

Los números representan los diámetros máximos de la lámpara en octavos de pulgada.

BT-37

Diámetro = $37 / 8 = 4 \frac{5}{8}$ de pul.

Forma: Tubular abultado

La posición de encendido es función de la posición del electrodo de arranque. El electrodo de arranque debe estar siempre colocado en la parte superior de la lámpara para evitar que el mercurio se deposite en el electrodo de arranque.

3.2.6.6. CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO

La gráfica de depreciación luminica para una lámpara de mercurio es algo drástica y es función del balastro y de la potencia. La emisión lumínica también es función del suministro y regulación del voltaje a la lámpara

3.2.6.7. VIDA.

La vida de la lámpara de vapor de mercurio puede ser descrita en términos de su vida útil o de su vida nominal, típicamente, la vida nominal de las lámparas se establece en base al 50 % de la curva de mortandad. Debido a su rápida depreciación de lúmenes, la vida de la lámpara de vapor de mercurio se establece cuando aún hay mas del 50 % de lámparas encendidas, para mantener una salida de lúmenes más razonable.

3.2.6.8. EFICACIA DE LAS LAMPARAS

La eficacia de la lámpara varía con la potencia de esta. A mayor potencia de lámpara, mayor eficacia.

40/50 W 25 a 30 lm/W
75, 100, 175, 250 W : 34 a 48.4 lm/W
400 W: 55 a 60 lm/w
H 33 GL-400/DX con 22500 lm
Eficacia = $22500/400 = 56.3$ lm/W

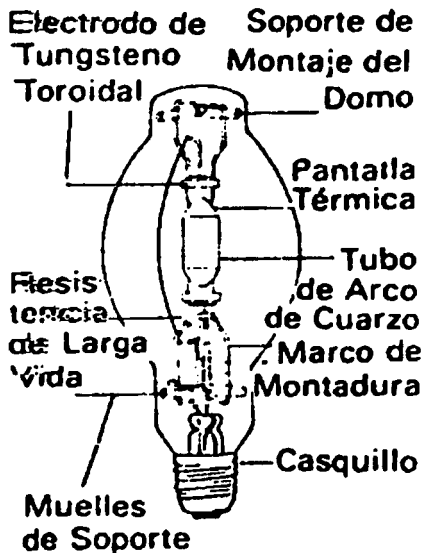
3.2.7. LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO AUTOBALASTRADAS.

Las lámparas de vapor de mercurio autobalastradas contienen ya sea un componente de estado sólido para arranque, o un filamento incandescente que actúa como balastro. La lámpara con componente de estado sólido no debe utilizarse en un luminario totalmente cerrado, debido al calor generado por este tipo de lámpara. En general, la lámpara de vapor de mercurio autobalastrada, son 50% menos eficaces en comparación con las lámparas de vapor de mercurio, pero 50 % más eficaces que las lámparas incandescentes. Estas lámparas deben limitarse a sustituir lámparas incandescentes, donde el cambio de lámparas es difícil y el adicional un balastro es impráctico.

3.2.7.1. DISPOSITIVOS AHORRADORES DE ENERGIA

Recientemente desarrollados en los balastros electrónicos para lámparas de vapor de mercurio permiten atenuarlas actualmente. Los balastros electrónicos han sido estudiados desde que apareció la lámpara de vapor de mercurio. Existen todavía varios problemas, entre ellos el alto costo; pero se abre que con un balastro electrónico la eficacia de la lámpara y la eficacia total del sistema aumenta considerablemente. Otras ventajas que se esperan del balastro electrónico son: el menor tamaño y peso, menor ruido, aumento de la vida de la lámpara y mayor facilidad para atenuar.

3.2.8. LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.



Aditivos Metálicos

3.2.8.1. ELEMENTO PRODUCTOR DE LUZ.

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco tiene los mismos principios de operación y tipo de construcción del de la lámpara de vapor de mercurio. El tubo de arco contiene además del mercurio, argón, neón, y Kriptón; yoduros de metales. (Los aditivos primarios son el mercurio, sodio y escandio; otros son el talio, indio, y cesio.). Estos aditivos proporcionan colores adicionales a las líneas típicas del mercurio, esto es rojo, naranja y amarillo.

El color de la lámpara de aditivos metálicos esta balanceado a través del espectro. Debido a que la lámpara de aditivos metálicos mejora el color sin necesidad de un recubrimiento fosforico, la lámpara se aproxima a una fuente puntual, la cual da como resultado que se facilite su control óptico. Para posición horizontal de encendido, el tubo de arco es curvado que se facilite su control óptico. Para la posición horizontal de encendido, el tubo de arco es curvado ligeramente, para tener una temperatura más uniforme dentro del tubo de arco.

Tiempo de encendido = 9 min (80%)

Tiempo de reencendido = 10 a 15 min (80%)

3.2.8.2. CUBIERTA

La cubierta exterior (bulbo) sirve solo para dos funciones.

- 1.- Filtro de la luz ultravioleta
- 2.- Ambiente constante para el tubo de arco (mantiene la temperatura constante y evita las corrientes de aire)

No se necesita un recubrimiento fosforico para el buen rendimiento de color y además debe evitarse ya que afecta en forma negativa el control óptico; esto es, la lámpara ya no se aproxima a una fuente puntual.

3.2.8.3. CONEXION ELECTRICA

La lámpara de aditivos metálicos usa una base mogul para todas las potencias. Las lámparas para posición de operación horizontal que contiene el tubo de arco curvo tiene un pasador en la base para posicionarlas. Existe un portalámparas especial que asegura el posicionador adecuado del tubo de arco cuando la lámpara es asegurada en el portalámparas adecuadamente. el tubo de arco curvo siempre debe ser colocado con la curva hacia arriba en un plano vertical.

3.2.8.4. CARACTERISTICAS DE COLOR.

La lámpara de aditivos metálicos producen energía en todas las longitudes de onda a través del espectro visible. Esto es, su distribución de energía espectral esta bien balanceada, lo que significa que la lámpara produce un buen rendimiento de color sin la necesidad de un recubrimiento fosforico. La apariencia del color es función del control de calidad de los aditivos dentro del tubo del arco. La consistencia del color de una lámpara a otra es función del balastro, del voltaje aplicado y edad de la lámpara, estas deben considerarse en grupo, debido al cambio de color con el tiempo.

3.2.8.5. DESIGNACION DE LA LAMPARA

Las designaciones para lámparas de aditivos metálicos no han sido normalizados. El ingeniero debe tener cuidado al especificar las lámparas con designaciones no estándar para evitar que algún fabricante sea descartado.

La designación de la letra M o MH debe ser usada para identificar la lámpara de aditivos metálicos.

MH	400	BU
metal aditivo	watts	posición de operación de la lámpara

Las lámparas de aditivos metálicos son especialmente sensibles a la posición de encendido. Los datos de los fabricantes deben ser consultados para conocer los requerimientos de la posición de encendido.

El bulbo es designado por una letra y una combinación de números. Las lámparas de aditivos metálicos se fabrican con bulbos BT y E. El número representa el diámetro exterior máximo del tubo en octavos de pulgada.

BT-37 diámetro = $37/8 = 4 \frac{5}{8}$ pul.

3.2.8.6 DEPRECIACION DE LUMENES

La curva de depreciación de lúmenes para una lámpara de aditivos metálicos es substancialmente mejor que la curva para una lámpara de vapor de mercurio. La salida de lúmenes al final de la vida de la lámpara de alta potencia es 75% .

3.2.8.7. VIDA

La vida varía como una función de los watts de la lámpara y el lapso del tiempo que la lámpara ha estado en el mercado. Por ejemplo, la lámpara MH 175/Hor estaba comercialmente disponible en 1972. La práctica normal en la industria de las lámparas es introducir todas las lámparas nuevas al mercado con un promedio de 7500 hrs.

Cuando las informes sobre mortandad y vida sean desarrollados, lo cual requiere pruebas a largo plazo, la vida de la lámpara se espera se incremente a un mínimo de 15000 hrs. Los catálogos de lámparas usuales de todos los fabricantes deben ser consultados para obtener el promedio de vida de las lámparas.

3.2.8.8. EFICACIA DE LAS LAMPARAS

Las eficacias de las lámparas varían con la posición de operación y los watts de la lámpara. Mientras mayor es la potencia, mayor es la eficacia.

175 W: 80 85.7 lm/w

250 W: 82 lm/W

400 W : 85 a 100 lm/w

1000W: 100 ac 150 lm/w

1500 W : 96.7 a 100.33 lm/w

Nota: Los rangos de valores son debido a variaciones entre fabricantes.

3.2.8.9. DISPOSITIVOS DE AHORRO DE ENERGIA

El atenuado de lámpara de aditivos metálicos es un desarrollo reciente. La lámpara de 400 W puede ser atenuada (5 min) en un 47 % del total de energía consumida, la cual resulta en un 22 % de reducción de lúmenes. La lámpara de aditivos metálicos de 1000 watts puede ser atenuada (15 min) en un 35 % de su energía total consumida, o 14.6 de su rendimiento de lúmenes. Cuando ocurra un desarrollo tecnológico adicional, el costo de atenuación deberá disminuir y el rango incrementarse.

3.2.9. LAMPARAS DE SODIO ALTA PRESION

3.2.9.1. ELEMENTO PRODUCTOR DE LUZ.

El elemento productor de luz es un tubo de arco. El tubo de arco es pequeño en diámetro para mantener una temperatura de operación alta. Debido a que el diámetro es pequeño, no hay electrodo de arranque dentro del tubo de arco.

El sodio operando a una presión alta y a alta temperatura tiene un efecto corrosivo sobre el vidrio ordinario o cuarzo. por eso, el tubo de arco está hecho de cerámica de aluminio. El tubo de arco contiene xenón, una amalgama de mercurio, y sodio operando a una presión de 200 mm. de mercurio.

Tiempo de encendido = 3 min (80%)

Reencendido = 1 min (80%)

Envolvente (bulbo)

La envolvente ayuda a mantener el tubo de arco dentro de una temperatura ambiente constante y protege al tubo de arco de corriente de aire.

3.2.9.2. CONEXION ELECTRICA.

La conexión eléctrica es una base mogul. La lámpara requiere un pulso de energía de 2500 a 5000 volts para el encendido de la lámpara. Esto se realiza por medio de un dispositivo de arranque electrónico, que suministra el pulso de alto voltaje para abatir la resistencia y encender la lámpara.

3.2.9.3. CARACTERISTICAS DE COLOR

La lámpara de sodio de alta presión produce energía en todas las longitudes de onda. Sin embargo la mayor porción de energía esta concentrada en la parte amarillo naranja del espectro. Las características de color de la lámpara cambia los objetos rojos a naranja y oscurece el color aparente de los objetos azul y verde, incrementando la presión en el tubo de arco parece mejorar la apariencia de color de rojos, azules y verdes. La consistencia del color de una lámpara a otra es mejor que con las lámparas de aditivos metálicos. Sin embargo, los cambios de color pueden ocurrir debido a las variaciones de voltaje y diferencias en balastros.

3.2.9.4. DESIGNACION DE LAS LAMPARAS

La designación de las lámparas de sodio de alta presión no han sido normalizadas por la industria de lámparas. El Ingeniero debe tener precaución en no especificar o usar nombres comerciales que provoquen que lámparas aceptables queden descartadas. Las lámparas de sodio alta presión están disponibles en bulbos E, BT, y T. Se utiliza una combinación de letras y números para designar la configuración del bulbo.

3.2.9.5. DEPRECIACION DE LUMENES

La curva de depreciación de lúmenes de la lámpara de sodio alta presión es una de las mejoras de las lámparas del tipo de descarga de alta intensidad. El rendimiento lumínico al final de la misma, para altas potencias es 80%

3.2.9.6. Vida

La vida varía en función de la potencia, el circuito del balastro y del fabricante. El rango es desde 15000 a 24000 hrs. Para las lámparas de alta potencia más comunes.

3.2.9.7. EFICACIA DE LAS LAMPARAS.

La eficacia de las lámparas de sodio alta presión varía como función de la posición de operación y de la potencia de la misma.

70W	: 77 a 82.9 lm/w
100W	: 88 a 95 lm/W
150 W	: 100 a 106.7 lm/w
250W	: 102 a 120 lm/W
400 W	: 118.8 a 125 lm/w
1000 W	: 140 lm/w

Las lámparas de sodio alta presión también están disponibles en potencias que pueden ser operadas con balastros de mercurio.

Las potencias disponibles son: 150, 215, 310, y 360 watts. Los informes de los fabricantes deben ser consultados para una adecuada selección del balastro para la lámpara.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

Es posible atenuar algunas potencias de lámparas de sodio alta presión. La lámpara de 1000 watts puede ser reducida a un 38% de su potencia total en aproximadamente 15 minutos, con una reducción en la salida de luz en un 20 % de los lúmenes nominales.

3.3.1. BALASTROS

Todas las lámparas que producen luz por medio de un arco eléctrico en un ambiente gaseoso se requiere de un dispositivo externo que limite la corriente de operación. -Debido a que el tubo de descarga de este tipo de lámparas tiene una impedancia negativa, si esta corriente no se controla seguirá incrementándose hasta destruir la lámpara. Este dispositivo externo se llama balastro.

De acuerdo con las normas nacionales, un balastro " Es un dispositivo que por medio de inductancias o resistencias solas ó en combinación, limita la corriente de las lámparas al valor requerido para su operación correcta y también cuando es necesario suministrar la tensión y corriente de arranque; en el caso de balastros para lámparas fluorescentes de arranque rápido, también se encarga de suministrar la tensión para calentamiento de cátodos".

Los balastros se pueden clasificar de la siguiente manera:

- a) Para lámparas fluorescentes
- b) Para lámparas de alta intensidad de descarga (HID)
- c) Para lámparas de baja intensidad de descarga (LID)

Otra forma de clasificarse de acuerdo con su factor de potencia. Los hay de factor ó normal (menor a 0.8), factor de potencia corregido (0.8 a 0.9) y alto factor (mayor de 0.9).

El balastro en general tiene como funciones:

- 1) Proporcionar la tensión ó tensiones de encendido y operación de la lámpara.
- 2) Limitar la corriente de operación de la lámpara
- 3) Proporcionar la energía necesaria con una mínima distorsión de la corriente.
- 4) Corregir el factor de potencia (en los tipos de factor corregido y alto factor)
- 5) Amortiguar las variaciones de la tensión de línea
- 6) En algunos tipos reducir la radio interferencia producida normalmente por el conjunto lámpara-balastro
- 7) En circuitos de ER proveer un calentamiento continuo a los filamentos de la lámpara

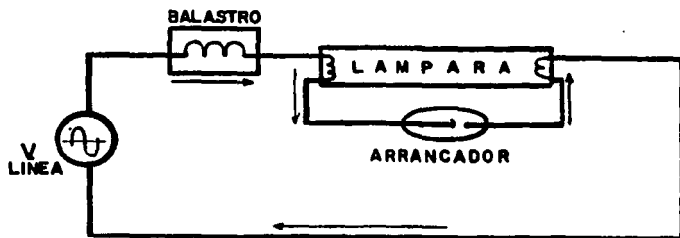
3.3.2. CLASES DE BALASTROS

3.3.2.1. ENCENDIDO PRECALENTADO.

Por el diseño de este tipo de lámparas, se requiere que sus electrodos sean calentados antes del arranque. En serie con los filamentos y en paralelo con la lámpara debe colocarse un dispositivo arrancador (también conocido como cebador) que puede ser manual o automático. Al energizar el circuito, la corriente pasa a través del balastro, de los filamentos y de arrancador.

Durante este período de encendido el balastro únicamente proporciona la corriente necesaria para calentar los cátodos de la lámpara.

Cuando el dispositivo bimetalico con que van dotados estos arrancadores abre el circuito, o cuando se abre por operación manual, automáticamente se provoca que la corriente ya no pase a través de la lámpara, lográndose así el encendido de ésta.



ENCENDIDO POR PRECALENTAMIENTO.

En este encendido se usan tres tipos principales de circuitos.

3.3.2.1.1 REACTOR SERIE

Este circuito es utilizado cuando el voltaje de encendido de la lámpara es igual ó menor al voltaje de línea. Debido a la alta inductancia, este circuito es de bajo factor de potencia, pero con una capacitor apropiado se puede hacer la corrección al valor deseado. Debido al costo adicional del capacitor el reactor serie de alto factor de potencia se recomienda cuando el número de lámparas es i , de modo que pueda afectar al factor de potencia de toda la instalación.

3.3.2.1.2 AUTOTRANSFORMADOR DE ALTA REACTANCIA PARA UNA LAMPARA.

Se usa cuando se quieren aprovechar las ventajas de un reactor serie pero la tensión de alimentación al balastro es diferente a la de arranque de la lámpara.

este circuito es de bajo factor de potencia, pero al igual que en reactor serie, es posible hacer la corrección mediante un capacitor de valor adecuado.

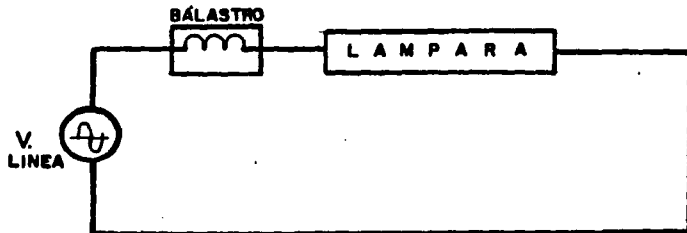
3.3.2.1.3. AUTOTRANSFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (ATRAS ADELANTE)

Para este arreglo se combina la primera sección del circuito con reactancia inductiva $X_{1,1}$ y la segunda sección con reactancia inductiva $X_{1,2}$ conectado en serie con una reactancia capacitaba $X_{1,1}$, predominando esta última. En serie con esta segunda sección se conecta un devanado auxiliar de compensación con $X_{1,1}$ para proveer de una corriente mayor en el arranque, lográndose un encendido más satisfactorio y una duración mayor de las lámparas.

Este circuito es de alto factor de potencia y disminuye el efecto estroboscópico.

3.3.2.2. ENCENDIDO INSTANTANEO (EI)

En este sistema de encendido se inicia el arco por medio de la aplicación de un voltaje alto sin que los electrodos hayan sido precalentados. Por esta razón los balastos de encendido instantáneo son de mayor tamaño y aunque tienen la ventaja de no necesitar arrancadores son económicamente recomendables sólo en el caso de usarse para encender dos lámparas, aunque desde luego existen circuitos para una lámpara



ENCENDIDO INSTANTANEO.

En este encendido se usan tres tipos de circuitos principalmente:

3.3.2.2.1. AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA.

Se usa cuando se requieren encender una sola lámpara con factor de potencia corregido.

3.3.2.2.2. ATRAS- ADELANTE (SECUENCIA SERIE).

En este circuito las lámparas encienden siguiendo un orden prefijado. Primero se efectúa el encendido de una de las lámparas aplicando tensión y corriente y una vez que esto se ha llevado a cabo se aplica tensión y corriente a la segunda lámpara.

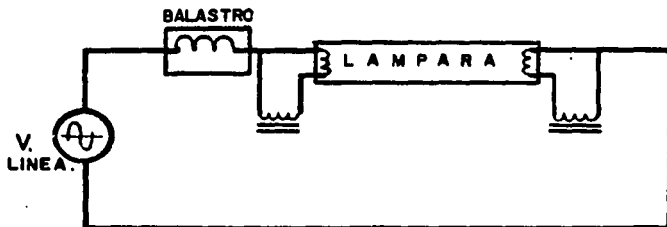
Los circuitos con lámparas de EI son recomendables para lugares donde hay problemas de variaciones de tensión ó en lugares fríos, ya que las limitaciones de voltajes de encendido no son muy estrechas y los balastos se diseñaron para tener tensiones de circuito abierto (OCV) muy altas

3.3.2.2.3. ADELANTADO _ ATRASADO (LEAD-LAG).

Es este circuito las lámparas operan independientemente una de la otra. se emplean principalmente en lugares donde la temperatura ambiente es muy baja. Este tipo de balastos son de mayor tamaño y mayor peso en comparación con los de secuencia serie.

3.3.2.3. ENCENDIDO RAPIDO

En este tipo de balastos se tiene devanados para proveer de calentamiento continuo a los filamentos, por lo que no requieren de arrancador. Las lámparas encienden casi tan rápidamente como las de EI porque además de la tensión aplicada a cada cátodo se aplican una tensión entre cátodos de tal manera que se inicie el arco. El reflector debe estar aterrizado para crear un efecto capacitivo entre la lámpara y la tierra que facilite el arranque.



ENCENDIDO RAPIDO.

Los circuitos más usados son:

3.3.2.3.1. AUTOTRANSFORMADOR PARA UNA LAMPARA

El circuito es similar al de encendido precalentado, excepto por lo inclusión de dos devanados que suministran un voltaje entre 2.5 y 4 volts para calentar los electrodos. El OCV es de tal valor que encienden la lámpara sólo cuando los electrodos están calientes. Si se aumentara el valor de OCV para asegurar el encendido, la lámpara arrancarías como si fuera del tipo EI y su vida se acortaría notablemente.

3.3.2.3.2 AUTOTRANSFORMADOR PARA DOS LAMPARAS (SECUENCIA SERIE)

En este circuito las lámparas encienden una después de la otra. Tienen la ventaja de que con sólo proporcionar un OCV 25% mayor que el requerido para encender una sola lámpara es suficiente para encender las dos.

Las balastos con este circuito tienen factor de potencia corregido, bajas pérdidas, bajo costo y producen menor interferencia debido a que los filamentos siempre están calientes.

Dentro de las desventajas de los circuitos de ER está la dificultad de arranque con frío y humedad, la necesidad de una tierra física para aterrizar el reflector, la limitación para instalar los balastos remotos y los falsos contactos en las bases principalmente.

3.3.2.4. BALASTROS HIBRIDOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

En general se puede decir que los balastos son aquellos que combinan un conjunto núcleo-bobinas como los mencionados anteriormente, con un dispositivo de estado sólido. Existen dos tipos principalmente:

1) Con ayuda de arranque.- Son balastos de ER que no proveen calentamiento continuo a los cátodos. El encendido se logra por medio de una tensión transitoria proporcionada por el dispositivo de estado sólido, similar al ignitor para lámparas de VSAP.

Con esto se logra reducir la potencia de línea sin disminución apreciable de la emisión luminosa. Se requieren de un cuidadoso diseño para evitar disminuir la vida de las lámparas.

2) Con cortador de filamentos.- Son balastos de Er que proveen durante el arranque de un calentamiento normal de los filamentos. Una vez encendida y estabilizada la lámpara el dispositivo de estado sólido reduce gradualmente el calentamiento hasta eliminarlo por completo. Con esto se abate notablemente la potencia de línea sin una disminución apreciable de emisión luminosa ni de vida de lámpara.

3.3.2.5. BALASTRO ELECTROMAGNETICOS AHORRADORES DE ENERGIA.

Son fabricados con alta tecnología y mejores materiales que los normales, con el objeto de reducir las pérdidas. Operan a las lámparas a potencia adecuada sin reducir su vida útil. Trabajan a temperaturas internas muy bajas con lo que aumentan su propia vida. Tienen apariencia similar a los normales y se conectan igual a ellos, pero generalmente tienen la ventaja de contar con termoprotector que evita sobrecalentamiento internos.

Tienen un desempeño que cae entre los normales y los electrónicos. Se encuentran disponibles en potencias que corresponden a las lámparas de mayor usos y sus aplicación es muy recomendables. Por trabajar a temperaturas menores que las normales están garantizados generalmente por 4 años, pero se estima que pueden vivir entre 10 y 12 años. Se encuentran disponibles en el mercado pero debe tenerse la precaución de acoplarse sólo a lámparas compatibles con ellos.

3.3.2.6. BALASTROS ELECTRONICOS PARA LAMPARAS FLUORESCENTES.

Son balastos de estado sólido que pueden ser discretos ó integrados y trabajan con alta frecuencia y bajas pérdidas (típicamente de 4 a 6 watts), ayudando a mejorar la eficacia de las lámparas.

Se pueden instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Como trabajan a alta frecuencia evitan el efecto estroboscópico y el flicker. Los hay de potencia de lámpara constante y de potencia variable. A su vez, los de potencia variable puede tener dos ó tres escalones definidos ó bien los hay que pueden controlar a potencia en pasos discretos, en forma similar al dimmer de una lámpara incandescente.

En combinación con lámparas ahorradoras permiten ahorros de hasta 35% si se comparan con balastos y lámparas normales. El costo depende del tipo de balastro y la marca. Se fabrican ya en México en las potencias más comerciales con precios entre 2 y 3 veces mayonesa que los normales. Algunos modelos importantes son muy eficientes y cuestan entre 4

y 5 veces más que los normales.

Se recomienda su uso en lugares con buena ventilación y poca vibración, que dispongan además de una buena tierra. En productos importados se debe verificar que sus tensión nominal corresponda a la tensión de suministro en México.

3.3.3 BALASTROS PARA LAMPARAS DE HID.

Estos balastros operan a las lámparas de Vapor de Mercurio en Alta presión (VMAP), de Vapor de Aditivos Metálicos (VAM) y de Vapor de Sodio en Alta Presión (VSAP), aunque en esta categoría suele incluirse a las lámparas de Vapor de Sodio en Baja Presión (VSBP) que estrictamente pertenecen a las lámparas de Baja Intensidad de Descarga (LID).

Los balastros para lámparas de HID se diseñan y fabrican con una clasificación térmica mayor que la de los balastros fluorescentes (típicamente Clase H ó 180 C aunque los hay también clase C ó 200 C) y con núcleos magnéticos de materiales que soportan densidades típicas de saturación magnética (1.7 a 1.85 Teslas). Además, como su aplicación es predominantemente en exteriores se diseñan para ser más resistentes al medio ambiente.

Se encuentran generalmente en tres prestaciones: desnudo, en caja y en bote. Los primeros se montan directamente dentro de la carcasa se un luminario usando los orificios que se encuentran en las laminaciones del núcleo ó por medios de los herrajes soldados al propio balastro. Los de tipo caja (similar a los fluorescentes) operan en interiores y están contenidos en un material asfáltico para favorecer la transmisión del calor y para reducir el ruido. Dentro de la caja se alojan el conjunto núcleo-bobinas, capacitor y en su caso el ignitor. Pueden tener también termoprotector integrado. Los de tipo bote se usan para montaje exterior remoto. Pueden instalarse en la punta o sobre las caras de los postes ó también en la base. Las distancias a las cuales se pueden instalar estos balastros dependen del tipo y potencia de la lámpara y del calibre del conductor. Como las lámparas de VSAP requieren de un ignitor que genera un pulso de voltaje alto pero con poca energía, las distancias son menores que para otros balastros, pero pueden llegar hasta 15 metros. Los fabricantes proporcionan información sobre los calibres y las distancias recomendadas para cada tipo de lámparas de modo que se garantice que la tensión de lámpara no caiga más de 1%

Otra forma de clasificar a los balastros de HID es de acuerdo con la relación de fase.

Cuando la corriente en la lámpara va atrasada con respecto al voltaje, se trata de un balastro atrasado.

Cuando en serie con la lámpara está conectado un capacitor la corriente está adelantada con respecta al voltaje y entonces el balastro es adelantado.

Los circuitos más comunes son:

- a) Reactor Serie
- b) Autotransformador Alta Reactancia
- c) Autotransformador Autorregulado
- d) Potencia Constante

3.3.3.1 REACTOR SERIE

Es el tipo más sencillo y consta básicamente de una inductancia (reactancia inductiva) formada por una bobina en un núcleo de hierro con una pequeña interrupción ó entre hierro en la trayectoria magnética. La función del entrehierro es obtener un cierto grado de linealidad, lo que mejora considerablemente la regulación.

Este balastro, también llamado bobina de choke se puede usar únicamente cuando la tensión de línea es mayor que la tensión de encendido de la lámpara. Como el circuito es muy inductivo, el factor de potencia es muy bajo (50%), pero puede corregirse si se conecta en paralelo un capacitor (el precio aumenta 20%). Por su simplicidad de construcción es el balastro más pequeño, más barato, más ligero y más eficiente a tensión nominal. Sin embargo, su regulación deja mucho que desear: $\pm 5\%$ de variación en la tensión de línea provoca $\pm 12\%$ en la potencia de Lámpara, lo que repercute en la vida de ésta última y en la potencia de línea y las pérdidas propias del balastro. Esto condiciona su uso a redes con excelente regulación.

El factor de cresta en la corriente de la lámpara es generalmente bajo (1.45 a 1.55), pero tiene el inconveniente de que la corriente de arranque es mayor que la corriente nominal, lo que debe tomarse en cuenta para el cálculo de las protecciones. El voltaje de extinción, que es la tensión con la que la lámpara se apaga es muy alto (75% del nominal), lo cual es otra deficiencia que debe considerarse.

3.3.3.2. AUTOTRANSFORMADOR ALTA REACTANCIA (HX)

Cuando el voltaje de línea es menor que el voltaje de lámpara se utiliza un autotransformador para elevar la tensión de entrada. El autotransformador más un reactor serie combinados en una sola estructura. Aunque el devanado primario y secundario comparten un cierto número de vueltas, estrictamente se tienen dos bobinas. Las características de operación son similares a las del balastro serie, pudiéndose también corregir el factor de potencia por medio de un capacitor (50% más caro que el reactor serie bajo factor). Tiene además la desventaja de ser más grande y más caro (20% a 30% más que el reactor equivalente) y con mayores pérdidas.

3.3.3.3. AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO.

El balastro autotransformador autorregulado combina un transformador y una bobina de choke en un sólo núcleo, lo que disminuye el tamaño y costo, aumentando la eficiencia. El circuito magnético; el resto del flujo es derivado de regreso al primario. El núcleo en el lado secundario puede o no tener una restricción magnética que modifique la forma de onda del voltaje inducido en el secundario. Tanto en circuito abierto como en operación los flujos primario y secundario son diferentes. En serie con la lámpara se conecta un capacitor, por lo que el circuito trabaja en adelanto. Controlando la corriente a través del primario en atraso, se obtiene fácilmente un alto factor de potencia.

El contar con una capacitancia en combinación con una inductancia provee el circuito de mejor control sobre la operación de la lámpara. Este circuito, que siempre es de alto factor de potencia, las características en general son mejores que en los circuitos atrasados. Con $\pm 10\%$ de variación en la tensión de línea se obtiene $\pm 5\%$ en la potencia de lámpara. La corriente de encendido es menor que la corriente nominal y el voltaje de extinción es más bajo que en los circuitos atrasados (60% a 70% del nominal) mientras que las pérdidas son de valor medio si se les compara con otros tipos de circuitos a tensión nominal. El precio es típicamente 50% mayor que el del reactor serie de bajo factor. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 aunque típicamente no rebasa el 1.85

3.3.4. TRANSFORMADOR DE POTENCIA CONSTANTE (CW)

Tiene el mismo circuito eléctrico que un transformador común, con una bobina primaria y otra secundaria aisladas eléctricamente entre sí y con respecto al núcleo, lo que se deriva en una conexión de seguridad para el usuario. La diferencia con un transformador reside en el núcleo, el cual contiene un fuerte puente magnético entre primario y secundario, que da en principio una distribución de flujo semejante a la de un autotransformador. La bobina secundaria cierra el circuito de la lámpara por medio de un capacitor, por lo que el secundario opera adelantado.

En circuito abierto, el conjunto se comporta en forma similar a un transformador, con la diferencia de que el voltaje inducido en el secundario es menor que el correspondiente a la relación de vueltas en las bobinas, debido al campo magnético derivado por los puentes magnéticos.

En operación la bobina secundaria trabaja en una condición cercana a la de resonancia y en un punto próximo al nivel de saturación magnética del núcleo (1.7 - 1.85 Testas). Debido a esto el secundario se convierte en una fuente regulada de amperaje, prácticamente insensible a los cambios de voltaje de la línea de alimentación en un amplio rango: $\pm 13\%$ en la tensión de línea repercute en $\pm 3\%$ de la potencia de lámpara, lo que lo hace idóneo para usarse en redes con regulación pobre.

Por otro lado, la corriente de línea durante el encendido es mucho menor que la nominal, y su voltaje de extinción es tan bajo (50% del nominal) que prácticamente elimina el problema de lámparas apagadas por variaciones severas en la tensión de línea. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 con pérdidas mayores en la tensión de línea. El factor de cresta puede variar de 1.6 a 2.0 con pérdidas mayores que en los demás circuitos a tensión nominal, con un costo de unas 43 veces más que el reactor serie de bajo factor.

3.3.5. BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

Los balastos para lámparas de Vapor de Mercurio pueden fabricarse con cualquiera de los circuitos mencionados. En general la tensión de la lámpara es casi constante a lo largo de su vida, pero depende del tipo de balastro que la potencia de la lámpara varíe con la tensión de lámpara.

3.3.6. BALASTROS PARA LAMPARAS DE ADITIVOS METALICOS.

Las lámparas de VAM son muy parecidas a las de VMAP. Su tensión y corriente son muy similares para potencias iguales. Sin embargo los aditivos metálicos que contiene la primera presentan, debido a su comportamiento durante la ionización, dos requisitos que deben ser satisfechos por balastos.

a) Se requiere de una elevada tensión de circuito abierta (OCV) para que se inicie el arco, a una temperatura determinada.

b) Durante el ciclo de calentamiento se presenta un periodo de baja conducción eléctrica en el plasma del tubo de arco, en donde la lámpara requiere de una tensión de reignición en cada medio ciclo que no pueda proporcionar un balastro de VMAP.

De usarse un balastro para VMAP en el momento de presentar el fenómeno de reignición la lámpara se apagaría, se enfriaría para reencenderse nuevamente, y el ciclo se repetiría indefinidamente. Esta condición se agrava conforme la lámpara envejece y aunque el balastro de VMAP sea en ocasiones capaz de encender una lámpara nueva, generalmente se presentan problemas después de unas cuantas horas de operación.

Para evitar estas deficiencias se desarrolló el balastro autotransformador autorregulado con pico, diseñado específicamente para lámparas de VAM. El circuito de este balastro es idéntico al CWA para VMAP, pero con algunas diferencias en el secundario. Una parte del núcleo que está bajo el devanado secundario tiene una o más entrehierros que proveen una restricción magnética y una saturación localizada. Estos entrehierros producen un OCV de gran factor de cresta se le compara con el del OCV de un balastro para mercurio lo

que ayuda al encendido de la lámpara; también provee una tensión de sostenimiento que permite a la lámpara superar el período crítico de la reignición.

Este balastro generalmente provee una buena regulación que se encuentra entre la del CWA y la del R: $\pm 10\%$ en la tensión de línea provocará $\pm 10\%$ en la potencia de lámpara.

El resto de sus características son tan buenas como la as del autorregulado: elevado factor de potencia, baja corriente de encendido, y voltaje de extinción bajo (70 del nominal). Su circuito eléctrico es iguala al CWA típico.

3.3.7. BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN ALTA PRESION.

A diferencia de las lámparas de VMAP y VAM la lámpara de VSAP no pueden alojar en su interior un electrodo de arranque. Por ello, los balastros para lámparas de VSAP cuentan con un circuito electrónico auxiliar que genera pulsos de tensión elevada (2500 - 3500 volts) durante el período de encendido. Este dispositivo llamada ignitor es de estado sólido y se polariza a través de uno de los devanados del balastro. Los circuitos disponibles para estas lámparas pueden ser de los 4 tipos mencionados, con algunas variantes:

- a) Circuitos Atrasados.- Como reactor serie común
- b) Alta Reactancia.- Equivalente a los tipos mencionados.
- c) Autotransformador Adelantado Regulado.- Es similar a los circuitos para VMAP, por su criterio es un transformador de tres devanados: el primero sirve para alimentar al balastro, el segunda es un secundario auxiliado que incluye al capacitor y actúa junto al primario para regular el voltaje del tercer devanado, el cual se conecta en serie con la lámpara funcionando como un choke.

3.3.8. BALASTROS PARA LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO EN BAJA PRESION

Debido a la baja presión en el tubo de arco las lámparas VSBP requieren necesariamente de un balastro tipo autorregulado. En estas lámparas la potencia se mantiene prácticamente constante, por lo que el balastro debe ser capaz de mantener a la corriente sin variaciones a pesar de los cambios en la tensión de línea. El más usado es el autotransformador alta reactancia con alto factor de potencia. La regulación se mide comparando los valores de corriente contra variaciones de tensión de $\pm 5\%$, medidos en proporción inversa para mantener constante la potencia.

Al igual que en el caso de los balastros fluorescentes, existen balastros de HID de bajas pérdidas. Por ejemplo, un balastro normal para una lámpara de 150 W de VSAP tiene 35 watts de pérdidas. Un balastro ahorrador de la misma potencia consume sólo 223 watts, es decir 38 % menos. Tienen además las siguientes ventajas:

- 1) Operan a una temperatura considerablemente menor que los normales
- 2) Mantiene la potencia de lámpara en sus rangos nominales.

CAPITULO IV

METODO DE CALCULO

4. CALCULO DE ILUMINACION INTERIOR

La cantidad y cantidad de iluminación deseado dentro de un local esta determinado en base a la selección del luminario adecuado y la determinación del número de unidades requeridas. Para determinar la cantidad de iluminación requerida, se recomienda tomar los niveles de iluminación para locales interiores propuesto por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación (SMMI), A. C. o Illuminating Engineering Society (IES).

Por otra parte, la cantidad de la iluminación está relacionada con la distribución de contraste en el ambiente visual normal.

4.1. ALUMBRADO DE INTERIORES.

Se puede definir dos niveles en la iluminación de interiores: local y general. El primero se refiere a las necesidad es de luz para tareas específicas que se desarrollan en diferentes puntos del espacio a iluminar. El nivel general corresponde a la iluminación en todas las demás áreas. También puede llamarse alumbrado general de zonas, cuando se deciden niveles de iluminación diferentes para cada zona, lo cual resulta más económico.

Además de definir el nivel d iluminación general se requieren cuidado la colocación de las luminarias de tal forma que se reduzca el deslumbramiento directo o reflejado, o las sombras indeseables. También es necesario un completo análisis de los objetos implicados en la tarea visual relativas a: tamaño, reflectancia, velocidad de exposición y contraste con el fondo.

Una vez escogidas las luminarias que se van a utilizar y determinar el nivel de iluminación requerido (anexo A), podría calcularse el número de luminarias necesarias para producir tal iluminación. No obstante, para áreas amplias es preferible utilizar el método de los lúmenes porque proporciona una iluminación media uniforme además que su aplicación no es complicada.

4.2. METODO DE CALCULO DE LOS LUMENES

Este método se utiliza únicamente para el cálculo de alumbrado en interiores y está basada en la definición de lux, que es igual a un lumen por metro cuadrado. Con la información del fabricante sobre la emisión luminosa inicial de cada lámpara, la cantidad instalada y el área de la zona considerada (en metros cuadrados) puede obtenerse el número de lúmenes por metro cuadrado o luxes.

$$E = \frac{\Phi_e}{S} = \frac{\text{Lúmenes emitidos}}{\text{Area en m}^2} = \text{Luxes}$$

Este valor difiere de los luxes medidos, debido a que algunos lúmenes son absorbidos por la misma luminaria o por la influencia de otros factores tales como la suciedad de la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas, entre otras la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas, entre otras la luminaria y la disminución gradual de la emisión de luz de las lámparas, entre otras.

A continuación aparece el procedimiento utilizado en el método de los lúmenes que se puede dividir en cinco puntos fundamentales:

4.3. DETERMINACION DEL NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO.

El Anexo A de este capítulo representa los niveles de iluminación para diversas tareas recomendadas en el informe # 29 de la "Internacional Commission on Illumination" (Comisión Internacional de Iluminación) constituida por los comités nacionales de iluminación de treinta países (manual de Alumbrado de Phillips, 1983). Estas recomendaciones representan los valores mínimos en el lugar mismo de la tarea visual de acuerdo con la práctica actual; una total comodidad visual puede requerir niveles superiores.

Es importante señalar que existen publicaciones (Westinghouse, 1985 y Sociedad Mexicana de Ingeniería de Iluminación, 1965) que recomiendan valores distintos a los propuestos en el anexo A.

4.4. DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION (CU)

El coeficiente de utilización es el cociente de los lúmenes que llegan al plano de trabajo (plano horizontal a 75 cms. del suelo) y ellos totales generados por la lámpara. Este factor toma en cuenta la eficacia y la distribución de la luminaria, su altura de montaje, las dimensiones de local y las reflectancias de las paredes, techo y suelo. A causa de las múltiples reflexiones que tiene lugar dentro de un local, una parte de luz pasa hacia abajo o 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 cuando más alto y estrecho sea el local, mayor será la proporción de luz absorbida por las paredes y menor el coeficiente de utilización. Este efecto se considera mediante la relación de la cavidad del local (RCL) que se define como sigue:

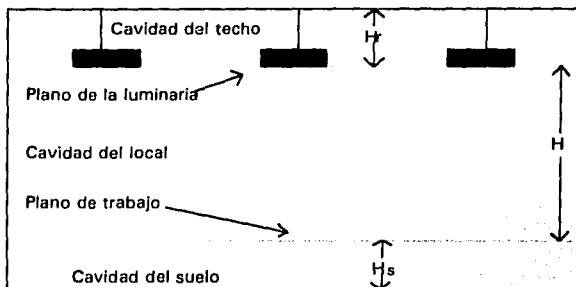
$$R.L.C. = \frac{5H(largo + ancho)}{largo \cdot ancho}$$

donde H = altura de la cavidad.

Los datos técnicos para distintas luminarias están reunidos en la siguiente tabla.B

Quando se trabaja con luminarias no incluidas en dichas páginas, el coeficiente de utilización deberá tomarse de la tabla de otra luminaria de eficacia y curvas de distribución similares. 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 cavidad del techo. Para luminarias montados o empotrados en el techo, las reflectancias de la cavidad del techo es la misma que la del techo real. Para lámparas suspendidas, en cambio, es necesario obtener la reflectancia efectiva de la cavidad del techo como sigue

a) Determinar la relación de la cavidad del techo con las mismas expresión utilizada para determinar la cavidad del local considerando H como la distancia desde el plano de colocación de las luminarias al techo. Entonces la relación de cavidad del techo es igual a la del local multiplicada por el cociente de la distancia del techo a las luminarias entre la altura de la cavidad del local.



En la figura se muestran:

H = Altura de la cavidad del local
 H_r = Altura de la cavidad del techo
 H_s = Altura de la cavidad del suelo.

b) Determinar la reflectancia efectiva de la cavidad del techo utilizando la Tabla C con las reflectancias base del techo y de la pared (correspondientes a la parte que está sobre el nivel de las luminarias).

El coeficiente de utilización determinado en la forma indicada será aplicada a zonas que tengan una reflectancia de la cavidad del suelo efectiva del 20%. Si la reflectancia real del suelo difiere sensiblemente del 20% (más del 25% o menos de 15%), dependiendo de la precisión deseada, se recomienda hacer una corrección. Los factores de corrección para las reflectancias del suelo cercanas al 10% y al 30% se dan en las tablas D. La reflectancia efectiva de la cavidad del mismo modo y usando la misma Tabla C que se usó para determinación de las reflectancias efectiva del techo.

4.5. DETERMINACION DEL FACTOR DE PERDIDAS TOTALES (FPT)

Desde el primer día en que se pone a funcionar el alumbrado la iluminación va cambiando conforme las lámparas envejecen. Además la suciedad acumulada en las luminarias y otros factores contribuyen a la pérdida de luz. El efecto neto es casi siempre una disminución del nivel de iluminación, aunque ciertos factores pueden producir un incremento.

El factor de pérdida totales es el resultado final por la presencia de todos los factores parciales. Se define como el coeficiente de la iluminación cuando alcanza su nivel más bajo en el plano de trabajo (antes de efectuar alguna acción correctora) entre el nivel nominal de iluminación de las lámparas de filamento de acuerdo con la luminosidad que emite cuando están nuevas, mientras que las lámpara de descarga de vapor (fluorescentes, de mercurio, y demás tipos comunes) las catalogan según la emisión luminosa que tienen después de 100 horas de funcionamiento.

Los niveles de iluminación dados xxx representan los valores mínimos requeridos en todo momento. De acuerdo con esto, el factor de pérdidas totales debe incluir las pérdidas atribuibles a todo tipo de causa, algunas de las cuales se van acumulando hasta que se efectúe una acción correctora. Por esta razón el programa de mantenimiento debe incluir una evaluación de los factores de pérdidas de luz y las acciones periódicas que deben llevarse a cabo para corregir su efecto. La precisión del proceso de cálculo puede perderse si no se pone cuidado en la estimación de los factores de pérdidas y se ignora el programa de mantenimiento.

Los factores parciales de pérdidas que deben considerarse se detallan a continuación. Algunos de ellos sólo pueden estimarse de manera aproximada; otros pueden evaluarse a través de pruebas o ensayos. Estos ocho factores son:

a) Características de funcionamiento de la balastro o reactor, La asociación de Fabricación de Balaustres de E.U.A. (Certified Ballast Manufacturers Association) especifica que las lámparas fluorescentes requiere una balastro con una reactancia tal que la lámpara emita el 95 % de la luminosidad que se proporciona cuando funciona con una reactancia patrón. (o de laboratorio) utilizada para establecer el valor nominal. En las balaustres en que no se especifica el cumplimiento de esta condición debe considerarse una pérdida mayor. No se dispone de especificaciones para los reactores de las lámparas de vapor de mercurio por lo que se sugiere consultar al fabricante. En las lámparas de filamento (incandescentes) no hay pérdidas por este factor.

b) Tensión de alimentación de las luminarias. La tensión de servicio en la luminaria es difícil de predecir. Para lámparas de filamento, así como para lámparas e mercurio (con reactancias de valor alto), una desviación del 1% de la tensión nominal causa aproximadamente una variación del 3% en los lúmenes emitidos. En las reactancias de salida regulada (potencia constante) la emisión luminosa de la lámpara es independiente de la tensión primaria. Los lúmenes emitidos por una lámpara fluorescente varía aproximadamente un 1% por cada 2.5% de variación en la tensión.

c) Variaciones de la reflectancia de la luminaria, este efecto es normalmente pequeño pero después de un período de tiempo largo puede ser significativo en las luminarias con acabados (o plásticos) de baja calidad. No se dispone de datos precisos.

d) Lámparas fundidas. La pérdida de iluminación es proporcional al porcentaje de lámparas fuera de servicio.

e) Temperatura ambiente. Las variaciones de temperatura no tiene una influencia determinante en las lámparas de filamento ni de mercurio. Las lámparas fluorescentes se calibran fotométricamente a 25 C por lo que desviaciones significativas de esta temperatura - hacia arriba o abajo- pueden significar pérdidas sustanciales de la emisión luminosa no se dispone de ensayos extensivos.

g) Degradación luminosa de la lámpara. La reducción gradual de la luminosidad producida por el paso del tiempo es diferente para cada tipo y calidad de lámpara. Para el 70% de vida estimada, la disminución aproximada de los lúmenes emitidos es 8% para lámparas fluorescentes, de 8.5% para las de filamento y de 6.5% para lámparas de vapor de mercurio

h) Disminución de emisión luminosa por suciedad. Este factor varía con el tipo de luminaria y el ambiente en que trabaja. En la tabla vvv se presenta ciertos tipos de luminarias clasificadas en seis categorías y en la figura cc aparecen las gráficas de los factores de degradación por suciedad correspondientes a estas categorías. El factor se suministra en función del tiempo transcurrido (meses desde la última vez que se limpia la lámpara y del grado de suciedad del ambiente que la rodea.

4.6. CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIAS.

El número de luminarias (unidades de alumbrado) puede calcularse de la sig. manera:

$$N = \frac{E \cdot S}{\Phi \cdot I \cdot CU \cdot FPT}$$

donde:

N	=	Número de luminarias o unidades de alumbrado.
E	=	Iluminación requerida
S	=	Superficie
Φ	=	Flujo luminoso por lámpara
I	=	Numero de lámparas por luminaria.

4.7. DETERMINACION DEL ACOMODO DE LAS LUMINARIAS.

La colocación de las luminarias depende de la arquitectura general, de las dimensiones del edificio, del tipo de luminaria y de la ubicación de las tomas de energía existentes.

Para conseguir una distribución uniforme de iluminación sobre una zona, se recomienda respetar la separación resultante al usar los factores que aparecen en la nota: "Separación no superior a " de la tabla B y que están en función de la altura de montaje (al plano de trabajo). En la mayoría de los casos, resulta necesario colocarlas más próximas a fin de obtener los niveles de iluminación requeridos. Frecuentemente los equipos fluorescentes deben montarse en filas continuas.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON

Si la relación entre la separación y la altura de montaje excede el límite de la tabla B se debe escoger mayor número de unidades de menor potencia para eliminar los conos de sombra. Si por el contrario resulta demasiado baja, se debe escoger unidades del mismo tipo, pero más potentes. Una vez determinado el número de luminarias conforme al plano real, se vuelve a calcular el nivel luminoso con la relación:

$$E_e = \frac{N_e \cdot I \cdot \Phi \cdot CU \cdot FPT}{S}$$

donde:

- E_e = Iluminación resultante según nueva especificación.
 N_e = Número de luminarias de la nueva especificación.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
Anexo A

	Nivel de Iluminación (luzes)
Zonas generales de edificios.	
Zonas de circulación (pasillos)	100
Escaleras fijas y eléctricas	150
Roperos y lavabos	150
Almacenes y archivos	150
Talleres de montaje.	
Trabajos pesados: ensamble de maquinaria pesada	300
Trabajos semi-pesados: ensamble de motores y de carrocerías	500
Trabajos finos: ensamble de maquinaria electrónica y de oficinas	750
Trabajos muy precisos: ensamble de instrumentos	1500
Reproducción e impresión en colores	1500
Grabado en cobre y acero	2000
Encuadernado	500
Recortado y enlomado	750
Industria textil.	
Desmenuzado, cardado, estirado	300
Hilado, ovillado, devanado, peinado y teñido	500
Hilado (fino), torcido y trenzado	750
Cosido e inspección	1000
Carpinterías y fábricas de muebles.	
Aserraderos	200
Trabajos en banco y ensamble	300
Ebanistería y marquetería	500
Acabado e inspección final	750
Oficinas.	
Oficinas normales, mecanografiado y salas de proceso de datos	500
Oficinas generales extensas	750
Salas de dibujo	750
Salas de conferencias	500
Escuelas.	
Salones de clase y auditorios	300
Laboratorios, bibliotecas, salas de lectura y pintura	500

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
Anexo A

Tiendas, comercios y zonas de exposición.	
Tiendas tradicionales	300
Supermercados	750
Museos y galerías de arte:	
– Objetos sensibles a la luz	150
– Objetos insensibles a la luz	300
Edificios públicos.	
Cines:	
– Sala de proyección	50
– Vestíbulo	150
Teatros y salas de concierto:	
– Salón	100
– Vestíbulo	200
Iglesias:	
– Nave	100
– Coro	150
Hogares y hoteles.	
Hogares:	
Dormitorios:	
– General	50
– En las cabeceras de la cama	200
Cuartos de aseó:	
– General	100
– Afeitado y maquillado	500
Cuartos de estar:	
– General	100
– Lectura y costura	500
Escaleras	100
Cocinas:	
– General	300
– Zonas de trabajo	500
Cuartos de trabajo o estudio	300
Cuartos de niños	150
Hoteles:	
Vestíbulo de entrada	300
Comedor	200
Cocina	500
Dormitorios, baños:	
– General	100
– Local	300

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
Anexo A

Hospitales.

Salas y habitaciones:

- Alumbrado general	100
- Examen	300
- Lectura	200
- Circulación nocturna	5

Salas de examen:

- Alumbrado general	500
- Inspección localizada	1000

Terapia intensiva:

- Cabeceras de camas	50
- Observación	750

Salas de enfermeras

	300
--	-----

Quirófanos:

- General	750
- Local	30000

Laboratorios y farmacias:

- General	500
- Local	750

Salas de autopsia:

- General	750
- Local	10000

Salas de consulta:

- General	500
- Local	750

Plantas de proceso.

**Zonas generales del interior
de la planta**

	300
--	-----

Procesos automatizados

	150
--	-----

Zonas de control y laboratorios

	500
--	-----

Manufacturas farmacéuticas

	500
--	-----

Inspección

	750
--	-----

Comprobación de colores

	1000
--	------

Manufactura de neumáticos

	500
--	-----

Talleres de confección.

Costura	750
---------	-----

Inspección	1000
------------	------

Planchado	500
-----------	-----

Industrias eléctricas.

Fabricación de cables	300
-----------------------	-----

Ensamble de aparatos telefónicos	500
----------------------------------	-----

Embobinados	750
-------------	-----

Montaje de receptores de radio y TV	1000
-------------------------------------	------

Ensamble de componentes electrónicos y trabajos de precisión	1500
---	------

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ARAGON



Anexo A

Industria alimentaria.	
Zonas generales de trabajo	300
Procesos automáticos	200
Aderezo manual, inspección	500
Fundiciones.	
Naves de fundición	200
Moldeados pesados	300
Moldeados finos, fabricación de núcleos e inspección	500
Vidrio y Cerámica.	
Zonas de hornos	150
Zonas de mezclado, formado, moldeado y recocido	300
Acabados, esmaltados y lustrados	500
Coloreado y decorado	750
Esmetilado de lentes y vajillas	1,000
Trabajos de precisión	1500
Hierro y acero.	
Plantas de producción que no precisan intervención manual	100
Plantas de producción que precisan intervención manual esporádica	150
Puestos de trabajo permanentemente ocupados	300
Plataformas de control e inspección	500
Industria del cuero.	
Zonas generales de trabajo	300
Prensado, cortado, cosido y fabricación de zapatos	750
Clasificado, comprobación y control de calidad	1000
Máquinas y talleres de ajuste.	
Trabajos ocasionales	200
Trabajos pesados de máquina o banco y soldadura	300
Trabajos semi-pesados de máquina o banco y máquinas herramientas	500
Trabajos finos de máquina o banco, máquinas herramientas precisas, inspección y prueba	750
Trabajo de alta precisión, calibrado e inspección de pequeñas piezas complicadas	1500

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
Anexo A



Talleres de pintura y cabinas de aspersión.	
Lavado y aspersión burda	300
Pintado, aspersión y revestido ordinarios	500
Pintado, aspersión y revestido fino	750
Retocado e igualación de colores	1000
Fábricas de papel.	
Fabricación de papel y cartón	300
Procesos automáticos	200
Inspección, clasificación	500
Imprentas y encuadernación.	
Máquinas de impresión	500
Composición y corrección de pruebas	750
Pruebas de precisión, retocado y mordentado	1000

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1965

Techo	80%			50%			10%			0%
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Separación no superior a: "h" por altura de montaje.										
Categoría III h = 1.3										
										
Reflector de cúpula ventilado										
Categoría I h = 1.5										
										
Lámpara reflectora de filamento R-52. Haz ancho, 500 y 750 W.										
Pared	0.85	0.82	0.79	0.79	0.77	0.75	0.73	0.72	0.71	0.69
RCL*	1	0.74	0.69	0.65	0.70	0.66	0.62	0.65	0.62	0.59
	2	0.65	0.60	0.54	0.62	0.57	0.53	0.57	0.54	0.51
	3	0.58	0.51	0.46	0.55	0.49	0.45	0.51	0.47	0.44
	4	0.50	0.44	0.38	0.47	0.42	0.37	0.45	0.40	0.36
	5	0.44	0.38	0.33	0.43	0.36	0.32	0.40	0.35	0.30
	6	0.40	0.33	0.28	0.38	0.33	0.28	0.36	0.32	0.27
	7	0.36	0.29	0.24	0.34	0.28	0.24	0.32	0.27	0.22
	8	0.33	0.25	0.20	0.31	0.25	0.20	0.29	0.24	0.18
	9	0.29	0.22	0.18	0.28	0.22	0.18	0.26	0.21	0.17
	10	1.08	1.05	1.02	1.01	0.99	0.97	0.94	0.93	0.91
	1	0.98	0.93	0.89	0.93	0.89	0.86	0.88	0.85	0.80
	2	0.89	0.83	0.78	0.85	0.80	0.76	0.80	0.76	0.73
	3	0.81	0.74	0.68	0.77	0.72	0.67	0.73	0.69	0.65
	4	0.73	0.66	0.60	0.70	0.64	0.59	0.66	0.62	0.58
	5	0.67	0.59	0.53	0.64	0.58	0.52	0.61	0.56	0.50
	6	0.60	0.52	0.47	0.58	0.51	0.46	0.55	0.50	0.45
	7	0.54	0.46	0.40	0.52	0.45	0.40	0.49	0.44	0.38
	8	0.48	0.40	0.35	0.46	0.39	0.35	0.44	0.38	0.34
	9	0.43	0.36	0.30	0.42	0.35	0.30	0.40	0.34	0.30
	10									

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

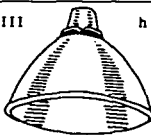
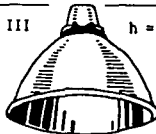
		Techo				Pared					
		80%			50%			10%			0%
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
Categoría I  Lámpara reflectora de filamento R-57. Haz estrecho, 500 y 750 W.	h = 1.6	RCL*									
	1	1.10	1.08	1.05	1.04	1.02	1.00	0.97	0.96	0.95	0.93
	2	1.02	0.98	0.94	0.97	0.94	0.91	0.91	0.89	0.88	0.86
	3	0.95	0.90	0.85	0.91	0.87	0.83	0.86	0.83	0.81	0.79
	4	0.88	0.82	0.78	0.85	0.80	0.76	0.81	0.77	0.75	0.73
	5	0.82	0.76	0.71	0.79	0.74	0.70	0.76	0.72	0.69	0.67
	6	0.77	0.70	0.66	0.74	0.69	0.65	0.72	0.68	0.64	0.63
	7	0.71	0.65	0.61	0.69	0.64	0.60	0.67	0.63	0.60	0.58
	8	0.66	0.60	0.56	0.65	0.59	0.55	0.63	0.58	0.55	0.54
	9	0.62	0.55	0.51	0.60	0.55	0.51	0.59	0.54	0.50	0.49
10	0.58	0.51	0.47	0.56	0.51	0.47	0.55	0.50	0.46	0.45	
Categoría III  Ventilada de porcelana esmaltada, bajas alturas. Lámpara de vapor revestida de fósforo 400 W.	h = 1.2										
	1	0.81	0.78	0.76	0.76	0.74	0.72	0.71	0.69	0.68	0.67
	2	0.73	0.69	0.65	0.69	0.66	0.63	0.64	0.62	0.60	0.59
	3	0.65	0.60	0.56	0.62	0.58	0.55	0.58	0.55	0.53	0.51
	4	0.59	0.53	0.49	0.56	0.52	0.48	0.53	0.50	0.47	0.45
	5	0.53	0.47	0.43	0.51	0.46	0.42	0.48	0.44	0.41	0.40
	6	0.48	0.42	0.38	0.46	0.41	0.37	0.44	0.40	0.37	0.35
	7	0.39	0.33	0.29	0.41	0.36	0.32	0.39	0.36	0.32	0.31
	8	0.36	0.30	0.26	0.38	0.32	0.28	0.36	0.32	0.28	0.27
	9	0.32	0.27	0.23	0.34	0.29	0.25	0.33	0.28	0.25	0.24
10				0.31	0.29	0.23	0.30	0.25	0.22	0.21	

TESIS SIN PAGINACION

COMPLETA LA INFORMACION


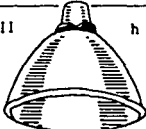
Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Categoría III	Techo	80%			50%			10%			0%
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
 <p> Ventilada de aluminio 450 mm, para grandes alturas. Haz concentrado. Lámpara clara de vapor de 400 w. </p>	RCL*										
	1	0.93	0.90	0.88	0.85	0.83	0.82	0.76	0.75	0.74	0.72
	2	0.86	0.82	0.79	0.79	0.77	0.74	0.72	0.70	0.69	0.67
	3	0.79	0.75	0.71	0.74	0.70	0.68	0.68	0.65	0.64	0.62
	4	0.74	0.69	0.65	0.69	0.65	0.62	0.64	0.61	0.59	0.57
	5	0.68	0.63	0.59	0.64	0.60	0.57	0.60	0.57	0.54	0.53
	6	0.63	0.58	0.54	0.60	0.56	0.52	0.56	0.53	0.50	0.43
	7	0.59	0.53	0.49	0.56	0.51	0.48	0.52	0.49	0.46	0.45
	8	0.55	0.49	0.45	0.52	0.47	0.44	0.49	0.45	0.43	0.41
	9	0.50	0.45	0.41	0.48	0.43	0.40	0.45	0.42	0.39	0.38
10	0.47	0.41	0.38	0.45	0.40	0.37	0.42	0.38	0.35	0.35	
 <p> Ventilada de aluminio 450 mm, grandes alturas. Haz medio. Lámpara de vapor revestida de 400 w. </p>	1	0.88	0.86	0.84	0.80	0.79	0.77	0.71	0.70	0.69	0.67
	2	0.81	0.86	0.84	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.64	0.62
	3	0.74	0.77	0.74	0.69	0.65	0.62	0.62	0.60	0.58	0.56
	4	0.68	0.63	0.59	0.64	0.60	0.57	0.58	0.55	0.53	0.51
	5	0.63	0.57	0.53	0.59	0.55	0.51	0.54	0.51	0.49	0.47
	6	0.58	0.52	0.48	0.54	0.50	0.46	0.50	0.47	0.44	0.43
	7	0.53	0.47	0.43	0.50	0.45	0.42	0.46	0.43	0.40	0.39
	8	0.48	0.43	0.39	0.46	0.41	0.38	0.42	0.39	0.36	0.35
	9	0.44	0.39	0.35	0.42	0.37	0.34	0.39	0.35	0.33	0.31
	10	0.41	0.35	0.31	0.39	0.34	0.30	0.36	0.32	0.29	0.28


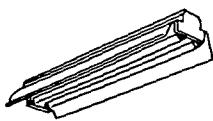
Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

Techo	80%			50%			10%			0%
	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
Categoría III h = 1.3 										
Pared	RCL*									
1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.68	0.67	0.65	0.63
2	0.77	0.72	0.68	0.70	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55
3	0.68	0.62	0.57	0.62	0.58	0.54	0.55	0.52	0.49	0.47
4	0.61	0.55	0.49	0.56	0.51	0.47	0.50	0.46	0.43	0.41
5	0.55	0.48	0.42	0.50	0.45	0.41	0.45	0.41	0.38	0.36
6	0.49	0.42	0.37	0.45	0.39	0.35	0.40	0.36	0.33	0.31
7	0.43	0.36	0.31	0.40	0.34	0.30	0.36	0.31	0.28	0.26
8	0.39	0.32	0.28	0.36	0.30	0.26	0.32	0.28	0.25	0.23
9	0.35	0.28	0.24	0.33	0.27	0.23	0.29	0.25	0.22	0.20
10	0.32	0.25	0.21	0.29	0.24	0.20	0.26	0.22	0.19	0.17
Categoría III h = 1 										
1	0.91	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80	0.75	0.74	0.73	0.71
2	0.83	0.78	0.75	0.77	0.73	0.71	0.70	0.67	0.66	0.64
3	0.75	0.69	0.65	0.70	0.65	0.62	0.64	0.61	0.58	0.56
4	0.68	0.62	0.57	0.63	0.58	0.55	0.58	0.55	0.52	0.50
5	0.61	0.55	0.50	0.57	0.52	0.48	0.53	0.49	0.46	0.44
6	0.55	0.49	0.44	0.52	0.47	0.43	0.48	0.44	0.41	0.39
7	0.50	0.43	0.38	0.47	0.41	0.37	0.43	0.39	0.36	0.34
8	0.45	0.39	0.34	0.43	0.37	0.33	0.39	0.35	0.32	0.30
9	0.41	0.34	0.30	0.39	0.33	0.29	0.36	0.32	0.28	0.27
10	0.37	0.31	0.27	0.35	0.30	0.26	0.33	0.28	0.25	0.24



Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

		Techo			80%			50%			10%			0%		
		Pared			50%			30%			10%			0%		
Categoría III  $h = 1.3$ Ventilada de aluminio 675 mm, grandes alturas. Lámpara de vapor revestida de fósforo, 1000 W.	RCL*															
	1	0.90	0.88	0.86	0.81	0.80	0.78	0.71	0.70	0.70	0.70	0.67	0.67	0.64	0.62	0.62
	2	0.83	0.79	0.76	0.76	0.73	0.71	0.67	0.66	0.66	0.64	0.63	0.61	0.59	0.57	0.57
	3	0.70	0.72	0.68	0.70	0.67	0.64	0.59	0.57	0.55	0.55	0.53	0.53	0.50	0.50	0.48
	4	0.71	0.66	0.62	0.66	0.62	0.59	0.59	0.57	0.55	0.55	0.52	0.50	0.50	0.48	0.48
	5	0.65	0.60	0.56	0.61	0.57	0.53	0.55	0.52	0.50	0.50	0.48	0.46	0.46	0.44	0.44
	6	0.60	0.55	0.50	0.56	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46	0.46	0.44	0.42	0.42	0.40	0.40
	7	0.55	0.50	0.46	0.52	0.47	0.44	0.48	0.44	0.41	0.41	0.38	0.37	0.37	0.35	0.34
	8	0.51	0.45	0.41	0.48	0.43	0.40	0.44	0.41	0.38	0.38	0.35	0.32	0.32	0.31	0.31
	9	0.47	0.41	0.38	0.44	0.40	0.37	0.41	0.38	0.35	0.35	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31
	10	0.44	0.38	0.34	0.41	0.37	0.33	0.38	0.35	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30
Categoría III  $h = 1.3$ 2 lámparas T-2. Cualquier carga. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	1	0.88	0.84	0.81	0.79	0.77	0.74	0.69	0.68	0.66	0.64	0.63	0.61	0.59	0.56	0.54
	2	0.77	0.71	0.66	0.70	0.65	0.62	0.61	0.59	0.56	0.54	0.51	0.48	0.46	0.45	0.45
	3	0.68	0.61	0.56	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.46	0.44	0.41	0.39	0.39	0.39
	4	0.60	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.44	0.41	0.41	0.38	0.35	0.35	0.33	0.33
	5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.37	0.43	0.38	0.35	0.35	0.33	0.31	0.31	0.29	0.29
	6	0.47	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.30	0.28	0.26	0.26	0.24	0.24
	7	0.42	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.26	0.26	0.24	0.22	0.22	0.21	0.21
	8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.26	0.22	0.22	0.20	0.19	0.19	0.18	0.18
	9	0.33	0.26	0.21	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.19	0.19	0.17	0.17	0.17	0.16	0.16
	10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.20	0.17	0.17	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15



Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1986

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

		Techo				Pared					
		80%		50%		10%		0%			
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
Categoría II h = 1.3  2 lámparas T-12. Cualquier carga. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	RCL*										
	1	0.88	0.85	0.81	0.77	0.75	0.73	0.65	0.64	0.62	0.59
	2	0.77	0.71	0.67	0.68	0.64	0.60	0.57	0.55	0.53	0.50
	3	0.68	0.61	0.56	0.60	0.55	0.51	0.51	0.48	0.45	0.42
	4	0.60	0.53	0.47	0.53	0.48	0.43	0.45	0.42	0.38	0.36
	5	0.53	0.45	0.40	0.47	0.41	0.36	0.40	0.36	0.33	0.30
	6	0.47	0.39	0.34	0.42	0.36	0.31	0.36	0.31	0.28	0.26
	7	0.42	0.34	0.29	0.38	0.31	0.27	0.32	0.28	0.24	0.22
	8	0.38	0.30	0.25	0.34	0.28	0.23	0.29	0.24	0.21	0.19
	9	0.34	0.26	0.22	0.30	0.24	0.20	0.26	0.21	0.18	0.16
	10	0.31	0.24	0.19	0.26	0.22	0.18	0.24	0.19	0.16	0.14
Categoría II h = 1.3  2 lámparas T-2. Cualquier carga. Protección central. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	1	0.84	0.81	0.78	0.74	0.72	0.70	0.61	0.60	0.59	0.56
	2	0.75	0.70	0.65	0.66	0.62	0.59	0.55	0.53	0.51	0.48
	3	0.66	0.60	0.56	0.59	0.54	0.51	0.49	0.47	0.44	0.42
	4	0.59	0.52	0.47	0.52	0.47	0.43	0.44	0.41	0.38	0.36
	5	0.52	0.45	0.40	0.46	0.41	0.37	0.39	0.36	0.33	0.31
	6	0.47	0.40	0.35	0.42	0.36	0.32	0.36	0.32	0.29	0.27
	7	0.42	0.35	0.30	0.37	0.32	0.28	0.32	0.28	0.25	0.23
	8	0.38	0.31	0.26	0.34	0.28	0.24	0.29	0.25	0.22	0.20
	9	0.34	0.27	0.22	0.30	0.25	0.21	0.26	0.22	0.19	0.17
	10	0.31	0.24	0.20	0.27	0.22	0.18	0.23	0.19	0.17	0.15

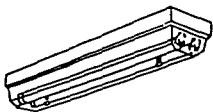

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

		Techo		80%			50%			10%			0%
		Pared		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
Categoría III  Lámparas T-12. 430 ó 800 mA. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	h = 1.3	RCL*											
	1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.69	0.67	0.66	0.66	0.64	0.64
	2	0.75	0.70	0.66	0.69	0.65	0.61	0.61	0.58	0.56	0.56	0.54	0.54
	3	0.67	0.60	0.55	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.48	0.46	0.46
	4	0.39	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.45	0.41	0.39	0.35	0.33
	5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.38	0.43	0.39	0.35	0.35	0.33	0.33
	6	0.46	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.30	0.28	0.28
	7	0.41	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.26	0.26	0.25	0.25
	8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.26	0.23	0.23	0.21	0.21
	9	0.33	0.26	0.22	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.20	0.20	0.18	0.18
	10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.21	0.17	0.17	0.16	0.16
Categoría II  3 lámparas T-12. 430 ó 800 mA. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	h = 1.3	1	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.71	0.64	0.63	0.62	0.59	
	2	0.75	0.70	0.65	0.67	0.63	0.59	0.57	0.55	0.52	0.50	0.50	
	3	0.66	0.60	0.55	0.59	0.54	0.50	0.51	0.48	0.45	0.42	0.42	
	4	0.59	0.52	0.46	0.52	0.47	0.43	0.45	0.41	0.38	0.36	0.36	
	5	0.51	0.44	0.39	0.46	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.30	0.30	
	6	0.46	0.39	0.33	0.41	0.35	0.31	0.36	0.31	0.28	0.26	0.26	
	7	0.41	0.34	0.29	0.37	0.32	0.27	0.32	0.28	0.24	0.23	0.23	
	8	0.37	0.30	0.25	0.33	0.27	0.23	0.29	0.24	0.21	0.19	0.19	
	9	0.33	0.26	0.21	0.30	0.24	0.20	0.26	0.21	0.18	0.16	0.16	
	10	0.30	0.23	0.19	0.27	0.21	0.18	0.23	0.19	0.16	0.14	0.14	


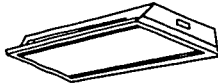
Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

		Techo		80%			50%			10%			0%
		Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%	
Categoría V  2 lámparas T-12 430 mA. Para 800 mA. C.U. x 0.96	h = 1.5	RCL*											
	1	0.70	0.66	0.63	0.62	0.59	0.57	0.52	0.51	0.49	0.47	0.47	
	2	0.60	0.54	0.50	0.53	0.49	0.46	0.45	0.42	0.40	0.37	0.37	
	3	0.52	0.46	0.41	0.46	0.41	0.38	0.39	0.36	0.33	0.31	0.31	
	4	0.46	0.39	0.34	0.41	0.36	0.32	0.35	0.31	0.28	0.26	0.26	
	5	0.40	0.33	0.28	0.36	0.30	0.26	0.31	0.27	0.24	0.22	0.22	
	6	0.36	0.29	0.24	0.32	0.26	0.22	0.27	0.23	0.20	0.18	0.18	
	7	0.32	0.25	0.21	0.29	0.23	0.19	0.25	0.21	0.17	0.16	0.16	
	8	0.29	0.22	0.18	0.26	0.20	0.17	0.22	0.18	0.15	0.13	0.13	
	9	0.26	0.19	0.15	0.23	0.18	0.14	0.20	0.16	0.13	0.11	0.11	
	10	0.23	0.17	0.13	0.21	0.16	0.12	0.18	0.14	0.11	0.10	0.10	
Categoría V  2 lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 30 cm ancha. Para lámpara T-10. C.U. x 1.02	h = 1.2	1	0.63	0.61	0.59	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	
	2	0.57	0.54	0.51	0.54	0.51	0.49	0.50	0.49	0.47	0.46	0.46	
	3	0.51	0.48	0.44	0.49	0.46	0.43	0.46	0.44	0.42	0.41	0.41	
	4	0.46	0.42	0.39	0.44	0.41	0.38	0.42	0.39	0.37	0.36	0.36	
	5	0.42	0.37	0.34	0.40	0.36	0.34	0.38	0.35	0.33	0.32	0.32	
	6	0.38	0.34	0.30	0.37	0.33	0.30	0.35	0.32	0.29	0.28	0.28	
	7	0.35	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27	0.32	0.29	0.26	0.25	0.25	
	8	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.23	0.29	0.26	0.23	0.22	0.22	
	9	0.28	0.24	0.21	0.27	0.23	0.20	0.26	0.23	0.20	0.19	0.19	
	10	0.26	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18	0.24	0.20	0.18	0.17	0.17	


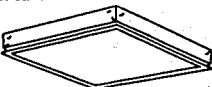
Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

		Techo		80%			50%			10%			0%
		Pared		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
Categoría V h = 1.2  2 lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10. C.U. x 1.01		RCL*	1	0.73	0.71	0.68	0.69	0.67	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60
			2	0.66	0.62	0.59	0.62	0.59	0.57	0.58	0.56	0.55	0.53
			3	0.59	0.55	0.51	0.56	0.53	0.50	0.53	0.50	0.48	0.47
			4	0.53	0.48	0.45	0.51	0.47	0.44	0.48	0.45	0.43	0.41
			5	0.48	0.43	0.39	0.46	0.42	0.39	0.44	0.40	0.38	0.36
			6	0.44	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33	0.32
			7	0.39	0.34	0.30	0.38	0.33	0.30	0.36	0.32	0.30	0.28
			8	0.36	0.30	0.26	0.34	0.30	0.26	0.33	0.29	0.26	0.25
			9	0.32	0.27	0.23	0.31	0.26	0.23	0.29	0.25	0.23	0.21
			10	0.29	0.24	0.20	0.28	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.19
Categoría V h = 1.2  4 lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 60 cm ancha. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02			1	0.66	0.64	0.62	0.62	0.61	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55
			2	0.60	0.56	0.53	0.56	0.54	0.52	0.53	0.51	0.49	0.48
			3	0.54	0.50	0.46	0.51	0.48	0.45	0.48	0.46	0.44	0.43
			4	0.49	0.44	0.41	0.46	0.43	0.40	0.44	0.41	0.39	0.38
			5	0.44	0.39	0.35	0.42	0.38	0.35	0.40	0.37	0.34	0.33
			6	0.40	0.35	0.31	0.38	0.34	0.31	0.36	0.33	0.31	0.29
			7	0.36	0.31	0.28	0.35	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.26
			8	0.32	0.28	0.24	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.24	0.23
			9	0.29	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.27	0.23	0.21	0.20
			10	0.27	0.22	0.19	0.26	0.23	0.19	0.25	0.21	0.18	0.17

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

		80%		50%			10%			0%	
Techo		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
Categoría V h = 1.2  6 lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 1.2 x 1.2 m. Para lámparas T-10. C.U. x 1.05	RCL*										
	1	0.60	0.58	0.56	0.56	0.55	0.54	0.52	0.51	0.50	0.49
	2	0.54	0.51	0.48	0.51	0.49	0.47	0.48	0.46	0.45	0.44
	3	0.49	0.45	0.42	0.46	0.43	0.41	0.44	0.41	0.40	0.39
	4	0.44	0.40	0.37	0.42	0.39	0.36	0.40	0.37	0.35	0.34
	5	0.40	0.35	0.32	0.38	0.35	0.32	0.36	0.33	0.31	0.30
	6	0.36	0.32	0.29	0.35	0.31	0.28	0.33	0.30	0.28	0.27
	7	0.33	0.28	0.25	0.32	0.28	0.25	0.30	0.27	0.25	0.24
	8	0.30	0.25	0.22	0.28	0.25	0.22	0.27	0.24	0.22	0.21
	9	0.27	0.22	0.19	0.26	0.22	0.19	0.25	0.21	0.19	0.18
10	0.24	0.20	0.17	0.23	0.20	0.17	0.22	0.19	0.17	0.16	
Categoría V h = 1.3  8 lámparas T-12 430 mA. Lente prismática 1.2 x 1.2 m. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	1	0.59	0.57	0.55	0.55	0.54	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48
	2	0.53	0.50	0.47	0.50	0.48	0.46	0.47	0.45	0.44	0.43
	3	0.48	0.44	0.41	0.45	0.42	0.40	0.43	0.40	0.39	0.38
	4	0.43	0.39	0.36	0.41	0.38	0.35	0.39	0.36	0.34	0.33
	5	0.39	0.35	0.31	0.37	0.34	0.31	0.35	0.32	0.30	0.29
	6	0.35	0.31	0.28	0.34	0.30	0.28	0.32	0.29	0.27	0.26
	7	0.32	0.28	0.25	0.31	0.27	0.25	0.29	0.26	0.24	0.23
	8	0.29	0.25	0.22	0.28	0.24	0.22	0.27	0.24	0.21	0.20
	9	0.26	0.22	0.19	0.25	0.21	0.19	0.24	0.21	0.19	0.18
	10	0.24	0.20	0.17	0.23	0.19	0.17	0.22	0.17	0.16	0.16

Separación no superior a:
"h" por altura de montaje.

Categoría V $h = 1.2$



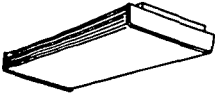

4 lámparas T-12 430 mA. Lente
prismática 60 cm ancha. Para
lámparas T-10. C.U. x 1.02

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Techo	80%			50%			10%			0%	
Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%	0%
RCL*											
1	0.56	0.54	0.52	0.52	0.50	0.49	0.47	0.46	0.45	0.44	
2	0.50	0.47	0.45	0.47	0.44	0.42	0.43	0.41	0.40	0.39	
3	0.45	0.41	0.38	0.42	0.39	0.37	0.39	0.37	0.35	0.34	
4	0.41	0.36	0.34	0.38	0.35	0.32	0.35	0.33	0.31	0.30	
5	0.37	0.32	0.29	0.34	0.31	0.28	0.32	0.29	0.27	0.26	
6	0.33	0.29	0.26	0.31	0.28	0.25	0.29	0.27	0.24	0.23	
7	0.30	0.26	0.23	0.29	0.25	0.22	0.27	0.24	0.22	0.20	
8	0.27	0.23	0.20	0.26	0.22	0.20	0.24	0.21	0.19	0.18	
9	0.25	0.20	0.18	0.23	0.20	0.17	0.22	0.19	0.17	0.16	
10	0.22	0.18	0.16	0.21	0.18	0.15	0.20	0.17	0.15	0.14	


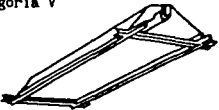
Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1988

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

		80%			70%			50%			
Techo		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Pared		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Categoría V  2 lámparas T-12 430 mA. Envoltura prismática 30 cm ancha.	h = 1.2	RCL*									
	1	0.68	0.65	0.63	0.65	0.63	0.61	0.61	0.60	0.58	
	2	0.60	0.56	0.53	0.58	0.55	0.52	0.55	0.52	0.49	
	3	0.54	0.49	0.45	0.52	0.48	0.45	0.50	0.46	0.43	
	4	0.49	0.43	0.40	0.47	0.43	0.39	0.45	0.41	0.38	
	5	0.44	0.38	0.34	0.43	0.38	0.34	0.40	0.36	0.33	
	6	0.40	0.34	0.30	0.39	0.34	0.30	0.37	0.32	0.29	
	7	0.36	0.31	0.27	0.35	0.30	0.26	0.33	0.29	0.26	
	8	0.32	0.27	0.24	0.32	0.27	0.23	0.30	0.26	0.23	
	9	0.29	0.24	0.21	0.29	0.24	0.20	0.27	0.23	0.20	
10	0.27	0.22	0.18	0.26	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18		
Categoría V  4 lámparas T-12 430 mA. Envoltura prismática 60 cm ancha.	h = 1.2	1	0.66	0.64	0.61	0.64	0.62	0.60	0.61	0.59	0.57
	2	0.59	0.55	0.52	0.57	0.54	0.51	0.55	0.52	0.40	
	3	0.53	0.48	0.45	0.52	0.48	0.44	0.49	0.46	0.43	
	4	0.48	0.43	0.39	0.47	0.42	0.39	0.45	0.41	0.38	
	5	0.43	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33	
	6	0.39	0.34	0.30	0.38	0.34	0.30	0.36	0.32	0.29	
	7	0.35	0.30	0.26	0.34	0.30	0.26	0.33	0.29	0.26	
	8	0.32	0.27	0.23	0.31	0.26	0.23	0.30	0.26	0.23	
	9	0.28	0.24	0.20	0.28	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	
	10	0.26	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18	0.25	0.20	0.17	

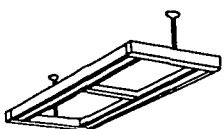
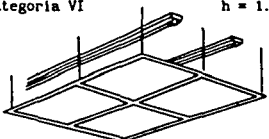
Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

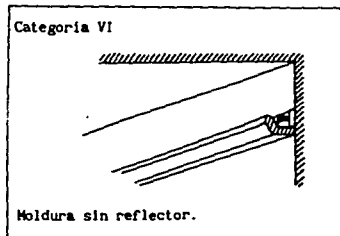
Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

	Techo	80%			70%			50%		
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
Categoría I  2 lámparas desnudas cualquier carga h = 1.6	RCL*									
	1	0.83	0.79	0.75	0.79	0.76	0.72	0.73	0.70	0.67
	2	0.71	0.65	0.60	0.68	0.62	0.57	0.62	0.58	0.54
	3	0.62	0.55	0.49	0.59	0.53	0.47	0.55	0.49	0.44
	4	0.55	0.47	0.41	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.37
	5	0.48	0.40	0.34	0.46	0.38	0.33	0.42	0.36	0.31
	6	0.43	0.35	0.29	0.41	0.33	0.28	0.38	0.31	0.26
	7	0.38	0.30	0.25	0.36	0.29	0.24	0.34	0.27	0.23
	8	0.34	0.26	0.21	0.33	0.25	0.21	0.30	0.24	0.19
	9	0.30	0.23	0.18	0.30	0.23	0.18	0.27	0.21	0.17
	10	0.28	0.21	0.16	0.27	0.20	0.15	0.25	0.19	0.15
Categoría V  1 lámpara cualquier carga. Lente prismática 60 cm ancha y 30 cm alta. h = 1.2	1	0.64	0.62	0.60	0.63	0.61	0.59	0.60	0.59	0.57
	2	0.58	0.55	0.52	0.57	0.54	0.51	0.55	0.52	0.50
	3	0.52	0.48	0.45	0.51	0.47	0.44	0.49	0.46	0.44
	4	0.47	0.42	0.39	0.46	0.42	0.39	0.45	0.41	0.38
	5	0.42	0.37	0.30	0.42	0.37	0.34	0.40	0.36	0.34
	6	0.38	0.33	0.30	0.38	0.33	0.30	0.37	0.32	0.30
	7	0.35	0.30	0.26	0.34	0.30	0.26	0.33	0.29	0.26
	8	0.31	0.26	0.23	0.31	0.26	0.23	0.30	0.26	0.23
	9	0.28	0.23	0.20	0.28	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20
	10	0.26	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Separación no superior a:
 "h" por altura de montaje.

Categoría	h	80%			70%			50%			
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	
Categoría VI  2 lámparas cualquier carga. Lados opacos.		Separación no superior a: "h" por altura de montaje.									
Categoría VI		h = 1.5									
		RCL*									
		1	0.68	0.65	0.62	0.59	0.56	0.54	0.47	0.41	0.39
		2	0.59	0.54	0.51	0.51	0.48	0.44	0.37	0.35	0.32
		3	0.52	0.46	0.42	0.45	0.40	0.37	0.32	0.29	0.27
		4	0.46	0.40	0.35	0.40	0.35	0.31	0.28	0.25	0.23
		5	0.40	0.34	0.30	0.35	0.30	0.26	0.25	0.22	0.20
		6	0.36	0.30	0.26	0.31	0.27	0.23	0.22	0.20	0.17
		7	0.32	0.26	0.26	0.28	0.23	0.19	0.20	0.17	0.14
		8	0.29	0.23	0.19	0.25	0.20	0.17	0.18	0.15	0.13
		9	0.26	0.20	0.17	0.23	0.18	0.15	0.17	0.13	0.11
		10	0.24	0.18	0.15	0.21	0.16	0.13	0.15	0.12	0.10
Categoría VI		h = 1.5 a 2									
 Techo luminoso. Transmisión 50%. Reflectancia de cavidad 80%.											
		1				0.60	0.58	0.56	0.58	0.56	0.54
		2				0.53	0.49	0.45	0.51	0.47	0.43
		3				0.47	0.42	0.37	0.45	0.41	0.36
		4				0.41	0.36	0.32	0.39	0.35	0.31
		5				0.37	0.31	0.27	0.35	0.30	0.26
		6				0.33	0.27	0.23	0.31	0.26	0.23
		7				0.29	0.24	0.20	0.28	0.23	0.20
		8				0.26	0.21	0.18	0.25	0.20	0.17
		9				0.23	0.10	0.15	0.23	0.18	0.15
		10				0.21	0.17	0.13	0.21	0.16	0.13



Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Techo	80%			70%			50%		
Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
RCL*									
1	0.42	0.40	0.39	0.36	0.35	0.33	0.25	0.24	0.23
2	0.37	0.34	0.32	0.32	0.29	0.27	0.22	0.20	0.19
3	0.32	0.29	0.26	0.28	0.25	0.23	0.19	0.17	0.16
4	0.29	0.25	0.22	0.25	0.22	0.19	0.17	0.15	0.13
5	0.25	0.21	0.18	0.22	0.19	0.16	0.15	0.13	0.11
6	0.23	0.19	0.16	0.20	0.16	0.14	0.14	0.12	0.10
7	0.20	0.17	0.14	0.17	0.14	0.12	0.12	0.10	0.09
8	0.18	0.15	0.12	0.16	0.13	0.10	0.11	0.09	0.08
9	0.17	0.13	0.10	0.15	0.11	0.09	0.10	0.08	0.07
10	0.15	0.12	0.09	0.15	0.10	0.08	0.09	0.07	0.06

Reflectancia base de piso o techo de 90%															
Ref pared x	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	89	88	87	87	86	85	83	82	80	79	77	75	73	68	65
80	88	87	86	85	83	80	77	75	72	70	69	59	61	55	51
70	88	86	84	82	80	76	72	68	64	61	58	53	49	42	36
50	86	84	80	77	75	68	62	57	52	48	44	38	34	27	22
30	85	81	77	73	69	61	53	47	42	37	33	28	24	18	15
10	84	79	74	69	64	55	47	40	34	31	25	20	16	12	09
0	82	76	73	67	62	51	43	36	30	26	22	16	11	06	04
Reflectancia base de piso o techo de 80%															
Ref pared x	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	79	79	78	78	77	75	74	73	72	71	70	68	66	62	59
80	78	77	76	75	74	72	69	67	65	63	61	58	55	50	46
70	78	76	75	73	72	68	64	61	58	55	53	48	44	38	33
50	77	74	71	69	67	61	56	51	47	43	40	35	31	25	21
30	76	72	68	65	62	54	48	42	37	33	30	25	22	17	14
10	74	70	65	61	57	49	41	35	30	26	22	18	15	11	08
0	72	68	57	57	55	46	38	32	27	24	20	14	10	05	03

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Reflectancia base de piso o techo de 70%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	70	69	69	68	68	67	66	65	64	63	63	61	60	57	55
80	69	68	67	66	65	62	60	60	58	57	55	52	51	46	43
70	68	67	65	64	62	59	56	54	52	50	48	44	41	35	31
50	67	65	63	60	58	54	49	45	42	38	26	31	28	23	19
30	66	63	59	56	53	46	40	36	32	29	26	22	19	15	12
10	65	61	57	53	50	42	36	31	27	23	20	16	13	10	08
0	64	58	54	50	47	40	33	29	24	21	17	12	09	05	03
Reflectancia base de piso o techo de 60%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	60	60	60	59	59	59	58	58	57	57	57	56	55	53	51
80	59	59	58	57	57	55	54	53	52	50	49	48	45	42	39
70	59	59	57	56	55	52	50	47	46	44	42	40	37	33	29
50	58	57	55	54	51	46	43	39	37	35	32	28	25	22	18
30	56	54	51	48	45	40	35	30	28	25	23	20	17	14	11
10	55	52	50	46	43	37	31	25	23	20	18	14	11	08	07
0	53	50	46	43	41	34	29	23	20	17	14	11	07	04	02

Reflectancia base de piso o techo de 50%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	49	47	
80	50	49	48	48	48	47	46	46	45	44	44	42	42	40	37
70	49	48	47	47	46	45	43	41	40	39	38	35	34	30	27
50	48	47	45	44	43	40	37	35	32	30	28	25	23	19	17
30	47	45	43	40	38	34	30	27	24	22	20	17	15	12	10
10	46	44	41	38	36	31	26	22	19	17	15	12	10	07	06
0	44	42	38	36	34	26	24	21	17	15	12	09	06	03	02
Reflectancia base de piso o-techo de 40%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	40	41	41	41	42	42	42	43	43	44	44	45	44	44	43
80	40	40	40	40	40	39	39	39	39	39	38	38	37	35	34
70	39	39	39	38	38	37	36	35	35	34	33	31	30	28	25
50	39	38	37	36	34	32	31	29	27	26	25	22	20	18	15
30	38	36	34	33	32	28	25	23	21	20	18	15	13	11	08
10	36	34	32	31	29	24	21	18	16	14	12	10	08	06	05
0	36	34	31	29	27	22	19	12	13	12	10	07	05	03	02

Tornado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Reflectancia base de piso o techo de 30%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	31	31	32	32	33	34	35	36	37	38	38	39	39	40	40
80	31	31	31	31	32	33	33	32	33	33	33	33	33	33	32
70	30	30	30	30	30	30	29	29	29	29	28	28	27	26	24
50	29	29	28	28	27	25	24	24	22	21	21	19	18	16	14
30	29	28	26	25	24	22	20	18	17	15	14	13	11	09	08
10	28	26	25	23	22	19	16	14	12	10	09	08	06	04	03
0	27	25	23	22	20	17	14	12	10	09	07	05	04	02	01
Reflectancia base de piso o techo de 20%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	21	22	23	24	25	26	28	29	30	32	33	35	36	37	37
80	20	21	21	22	23	24	25	26	27	27	28	29	30	30	29
70	20	20	21	21	22	22	23	23	23	23	23	24	24	23	22
50	20	20	19	19	19	18	18	18	17	17	17	16	16	15	13
30	19	19	18	18	17	16	15	14	13	12	11	10	10	08	07
10	19	18	17	16	15	13	11	10	09	08	07	06	05	03	03
0	17	16	15	14	13	11	09	08	07	05	07	04	02	01	01

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

Reflectancia base de piso o techo de 10%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	11	12	13	15	16	18	20	22	24	26	27	30	31	33	34
80	11	11	13	14	14	16	18	20	21	22	23	25	26	27	28
70	11	11	12	13	13	15	16	17	18	19	20	20	21	21	21
50	10	11	11	11	12	12	13	13	13	13	14	14	14	13	12
30	10	10	10	10	10	10	09	09	09	09	09	08	08	07	07
10	09	09	08	08	08	07	06	05	05	05	04	04	03	03	02
0	09	08	08	07	07	06	05	04	03	03	02	02	01	01	01
Reflectancia base de piso o techo de 0%															
Ref pared %	Relación de cavidad														
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
90	02	04	05	07	08	11	14	16	18	20	22	25	27	30	31
80	02	03	05	06	07	10	12	14	16	17	18	21	23	25	25
70	02	03	04	05	06	08	10	12	13	15	15	17	18	20	20
50	01	02	03	04	04	06	07	08	09	10	10	11	12	12	12
30	01	01	02	02	02	03	04	05	05	05	05	06	06	06	06
10	00	00	01	01	01	01	01	02	02	02	02	02	02	02	02
0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Tornado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1985

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
Anexo D

Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 80%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.08	1.07	1.05	1.05	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02
30%	1.08	1.08	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01
10%	1.07	1.05	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 70%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02
30%	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01
10%	1.06	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 50%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.05	1.04	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
30%	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
Reflectancia efectiva de la cavidad del techo de 10%										
Ref pared	Relación de cavidad del local									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
50%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
30%	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
10%	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tomado de Manual de Alumbrado Westinghouse 1986

CAPITULO V

MEDICIONES EN AREAS DE TRABAJO

5 MEDICIONES EN AREAS DE TRABAJO.

En este capitulo se va dividir en cinco áreas de trabajo

Salón A

Salón B

Salón C

Salón D

Laboratorio de Electricidad

En la mayoría de los salones se vio un gran deterioro en los luminarias los cuales las mas comunes son nidos de pájaros en los luminarias, falta de difusores y de mala calidad , lamparas de diferentes temperaturas de color y fundidas, en las instalaciones eléctricas faltan apagadores , contactos y los tableros de distribución están sobrecargados

5.1 SALON A

En este salón que es típico de los pequeños se tiene en algunos puntos una excesiva iluminación, falta de difusores, lamparas fundidas y de diferentes temperaturas de color, a continuación en la siguiente pagina se listan las mediciones tomadas en el salón.

Potencia consumida en las lamparas 960 Watts

A = 5.65m

A = 4.45m

470L

978

470L

990L

470L

470L

500L

990

990L

990L

990L

990L

590

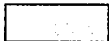
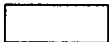
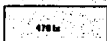
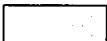
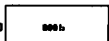
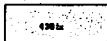
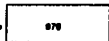
990L

990L

790L

470L

470L



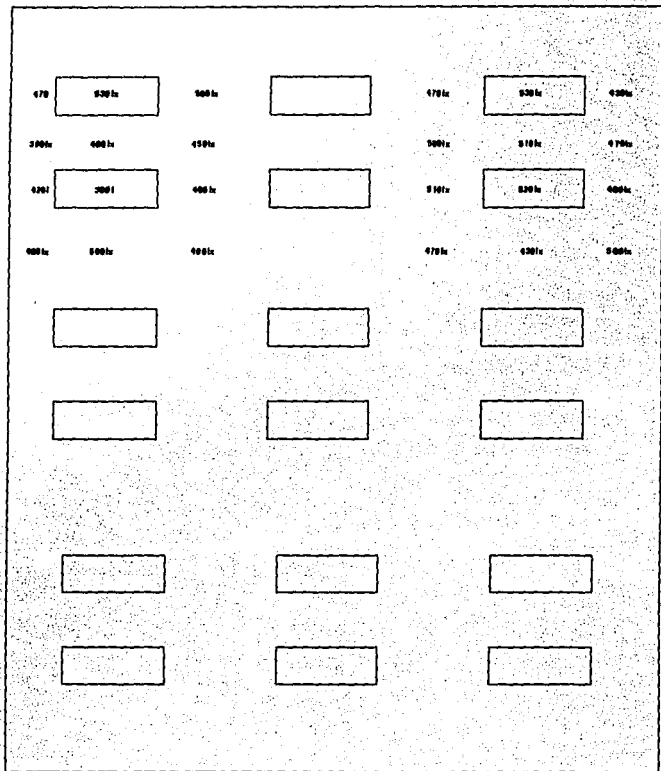
5.2 SALON B

En este salón que es típicos de los medianos se tiene se vio con una desigual iluminación por la mala distribución de luminarias pero un poco bajo en la iluminación , falta de luminarias , lamparas fundidas y de diferente temperatura de color, a continuación en la siguiente pagina se listan las mediciones tomadas en el salón.

Potencia consumida en las lamparas 1440 Watts

A = 6.85m

#

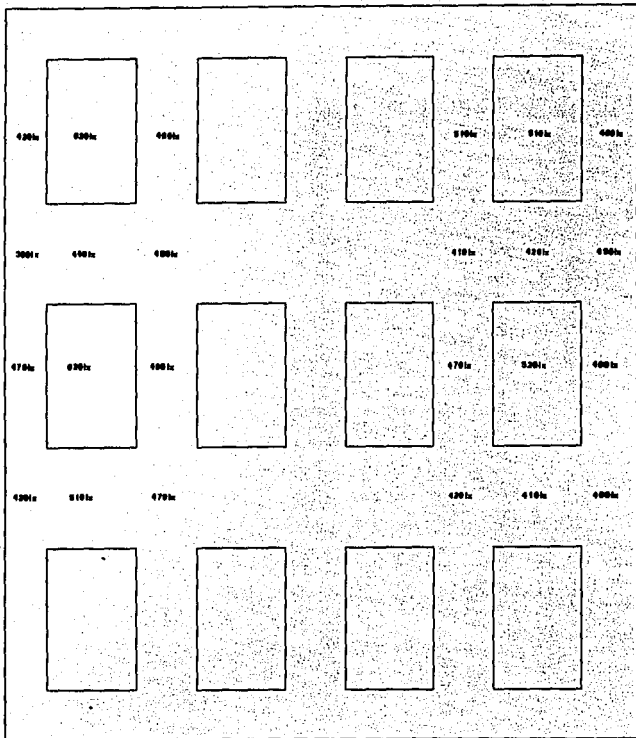


5.3 SALON C

En este salón que es típicos de los medianos se tiene se vio con una iluminación aceptable , falta de luminarias , nidos de pájaros, lamparas fundidas y de diferente temperatura de color, a continuación en la siguiente pagina se listan las mediciones tomadas en el salón.

Potencia consumida en las lamparas 1920 Watts

A = 8.55 m



L = 9.22

5.4 SALON D

En este salón típico de los grandes y de dibujo se tiene una pésima iluminación por lamparas fundidas en una gran medida , difusores inexistentes , balastros quemados lo que ocasiona el efecto cebra a continuación en la siguiente pagina se listan las mediciones tomadas en el salón.

Potencia consumida en las lamparas 3840 Watts

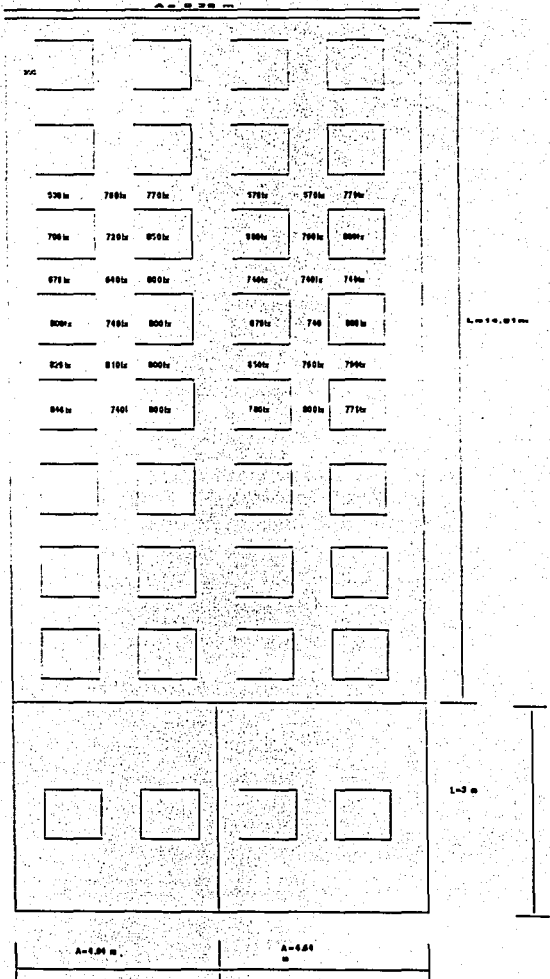
200	400	400	200	300	470	400	200
100	200	200	100	420	400	400	200
320	400	270	200	440	440	400	200
200	270	200	200	470	420	400	200

L-10-4277

5.5 LABORATORIO DE ELECTRICIDAD

En este Laboratorio se vio una excesiva iluminación, las lamparas de diferente temperatura de color, y al tener las cortinas abiertas la refletancia de pared se viene abajo ocasionando un gasto de energía innecesario a continuación en la siguiente pagina se listan las mediciones tomadas en el salón.

Potencia consumida en las lamparas 5120 Watts y en anexo 320 Watts



FALLA DE ORIGEN

CAPITULO VI

**PROPUESTAS PARA ALUMBRADO
INTERIOR EN ENEP- ARAGON**

6.1 SALON A
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	8.85	Plafón %	70
Ancho en m	4.45	Muro %	40
Area en m ²	39.38	Piso %	20
Altura techo en m	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	3.11	Relación	0.71	Relación	1.27
		Reflectancia		Reflectancia	
		efectiva %	59.5	efectiva %	16

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	2	3050	0.55	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	521

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir	1	0.55

F. Factor de pérdidas totales

Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad

$$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$$

$$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (8.85 + 4.45)}{8.85 \times 4.45} = 3.11$$

$$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (8.85 + 4.45)}{8.85 \times 4.45} = 0.71$$

$$RCS = \frac{5 \times 0.75 \times (8.85 + 4.45)}{8.85 \times 4.45} = 1.27$$

H. Cálculo del número de luminarias

$N_e = 9$

$$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 39.38}{2 \times 3050 \times 0.55 \times 0.68} = 9.08$$

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante

$$E_r = \frac{N_e \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{9 \times 3050 \times 2 \times 0.55 \times 0.68}{39.38} = 521.40$$

Ahorro de energía de 40 a 32 Watts = 144 Watts

Costo total de los luminarias de 40 Watts = N \$ 1287

Costo total de los luminarias de 32 Watts = N \$ 1480

6.1.1. SALON A
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	8.85	Plafón %	70
Ancho en m	4.45	Muro %	40
Area en m ²	39.38	Piso %	20
Altura techo en m	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	3.11	Relación	0.71	Relación	1.27
		Reflectancia efectiva %	59.5	Reflectancia efectiva %	16

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	2	2650	0.55	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)		
Nivel requerido	500	Nivel resultante
		453

E. Corrección de C.U. del piso		
Factor de corrección		C.U. corregido
multiplicar	dividir	1
		0.55

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$	
$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (8.85 + 4.45)}{8.85 \times 4.45} = 3.11$	
$RCL = \frac{5 \times 0.42 \times (8.85 + 4.45)}{8.85 \times 4.45} = 0.71$	
$RCL = \frac{5 \times 0.75 \times (8.85 + 4.45)}{8.85 \times 4.45} = 1.27$	

H. Cálculo del número de luminarias	
$N_r = 9$	
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 39.38}{2 \times 2650 \times 0.55 \times 0.68} = 9.93$	

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N_r \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{9 \times 2650 \times 2 \times 0.55 \times 0.68}{39.38} = 453.01$	

Costo total de los luminarias de 34 Watts = N \$ 1416

6.2 SALON B
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	8.92	Plafón %	70
Ancho en m	8.55	Muro %	40
Area en m ²	78.94	Piso %	20
Altura techo en m	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	2.07	Relación	0.47	Relación	0.84
		Reflectancia efectiva %	62.5	Reflectancia efectiva %	18.75

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	2	3050	0.55	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	578

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir	1	0.55

F. Factor de pérdidas totales

Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad

$$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$$

$$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (8.92 + 8.55)}{8.92 \times 8.55} = 2.07$$

$$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (8.92 + 8.85)}{8.92 \times 8.85} = 0.47$$

$$RCS = \frac{5 \times 0.75 \times (8.92 + 8.85)}{8.92 \times 8.85} = 0.84$$

H. Cálculo del número de luminarias

$$N_c = 20$$

$$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 78.94}{2 \times 3050 \times 0.55 \times 0.68} = 17.30$$

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante

$$E_r = \frac{N_r \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{20 \times 3050 \times 4 \times 0.55 \times 0.68}{157.44} = 578.01$$

Ahorro de energía de 40 a 32 Watts = 640 Watts

Costo total de los luminarias de 40 Watts = N \$ 2600

Costo total de los luminarias de 32 Watts = N \$ 2990

6.2.1 SALON B
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	9.22	Plafón %	70
Ancho en m	8.55	Muro %	40
Area en m ²	78.83	Piso %	20
Altura del techo	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	2.07	Relación	0.47	Relación	0.84
		Reflectancia efectiva %	65.25	Reflectancia efectiva %	18.75

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	2	2650	0.55	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	482

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir	1	0.55

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$	
$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (8.92 + 8.55)}{8.92 \times 8.55} = 2.07$	
$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (8.92 + 8.85)}{8.92 \times 8.85} = 0.47$	
$RCS = \frac{5 \times 0.75 \times (8.92 + 8.85)}{8.92 \times 8.85} = 0.84$	

H. Cálculo del número de luminarias	$N_r = 20$
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 78.83}{2 \times 2650 \times 0.55 \times 0.68} = 19.88$	

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N_r \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{20 \times 2650 \times 4 \times 0.55 \times 0.68}{78.83} = 502.90$	

Costo total de los luminarias de 34 Watts = N \$ 2860

6.3 SALON C
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	9.22	Plafón %	70
Ancho en m	8.55	Muro %	40
Area en m ²	78.83	Piso %	20
Altura techo en m	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	2.07	Relación	0.47	Relación	0.84
		Reflectancia efectiva %	62.5	Reflectancia efectiva %	18.75

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	4	3050	0.48	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	605

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir	1	0.48

F. Factor de pérdidas totales

Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad

$$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$$

$$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (9.22 + 8.55)}{9.22 \times 8.55} = 2.07$$

$$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (9.22 + 8.55)}{9.22 \times 8.55} = 0.47$$

$$RCS = \frac{5 \times 0.75 \times (9.22 + 8.55)}{9.22 \times 8.55} = 0.84$$

H. Cálculo del número de luminarias

$$N_p = 12$$

$$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 78.94}{4 \times 3050 \times 0.48 \times 0.68} = 9.91$$

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante

$$E_r = \frac{N_p \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{12 \times 3050 \times 4 \times 0.48 \times 0.68}{78.94} = 605.3$$

Ahorro de energía de 40 a 32 Watts = 384 Watts

Costo total de los luminarias de 40 Watts = N \$ 3480

Costo total de los luminarias de 32 Watts = N \$ 4002

6.3.1 SALON C
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	9.22	Plafón %	70
Ancho en m	8.55	Muro %	40
Area en m	78.83	Piso %	20
Altura del techo	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	2.07	Relación	0.47	Relación	0.84
		Reflectancia		Reflectancia	
		efectiva %	65.25	efectiva %	18.5

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	4	2650	0.48	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	526

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir	1	0.48

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$	
$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (8.92 + 8.55)}{8.92 \times 8.55} = 2.07$	
$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (8.92 + 8.85)}{8.92 \times 8.85} = 0.47$	
$RC'S = \frac{5 \times 0.75 \times (8.92 + 8.85)}{8.92 \times 8.85} = 0.84$	

H. Cálculo del número de luminarias		$N_r = 12$
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 78.94}{4 \times 2650 \times 0.55 \times 0.68} = 9.9$		

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N_r \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{12 \times 2650 \times 4 \times 0.55 \times 0.68}{78.94} = 525.94$	

Costo total de los luminarias de 34 Watts = N \$ 3828

6.4 SALON D
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	8.92	Plafón %	70
Ancho en m	8.55	Muro %	40
Area en m ²	157.49	Piso %	20
Altura techo en m	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	2.07	Relación	0.36	Relación	0.64
		Reflectancia efectiva %	65.25	Reflectancia efectiva %	18.5

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	2	3050	0.53	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	555

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir	1	0.53

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$	
$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (18.42 + 8.55)}{18.42 \times 8.55} = 1.57$	
$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (18.42 + 8.85)}{18.42 \times 8.85} = 0.36$	
$RCS = \frac{5 \times 0.75 \times (18.42 + 8.85)}{18.42 \times 8.85} = 0.64$	

H. Cálculo del número de luminarias		$N_p = 20$
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 157.49}{4 \times 3050 \times 0.53 \times 0.68} = 17.9$		

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{20 \times 3050 \times 4 \times 0.53 \times 0.68}{157.44} = 558.54$	

Ahorro de energía de 40 a 32 Watts = 640 Watts
 Costo total de los luminarias de 40 Watts = N \$ 6380
 Costo total de los luminarias de 32 Watts = N \$ 7337

6.4.1 SALON D UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	18.42	Plafón %	70
Ancho en m	8.55	Muro %	40
Area en m ²	157.49	Piso %	20
Altura del techo	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	1.57	Relación	0.36	Relación	0.64
		Reflectancia efectiva %	65.25	Reflectancia efectiva %	18.5

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coeficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	4	2650	0.53	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	485

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir 1	0.53	

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times II(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$	
$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (18.42 + 8.55)}{18.42 \times 8.55} = 1.57$	
$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (18.42 + 8.85)}{18.42 \times 8.85} = 0.36$	
$RCS = \frac{5 \times 0.75 \times (18.42 + 8.85)}{18.42 \times 8.85} = 0.64$	

H. Cálculo del número de luminarias	$N_e = 20$
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 157.49}{4 \times 2650 \times 0.53 \times 0.68} = 20.61$	

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N_e \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{20 \times 2650 \times 4 \times 0.53 \times 0.68}{157.44} = 485.29$	

Costo total de los luminarias de 34 Watts = N \$ 7018

6.5 LABORATORIO DE ELECTRONICA
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	14.81	Plafón %	70
Ancho en m	9.28	Muro %	30
Area en m ²	137.44	Piso %	20
Altura techo en m	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.91
Relación	1.61	Relación	0.37	Relación	0.80
		Reflectancia efectiva %	62.5	Reflectancia efectiva %	18

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	4	3050	0.51	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	615

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir	1	0.51

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$	
$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (14.81 + 9.28)}{14.81 \times 9.28} = 1.61$	
$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (14.81 + 9.28)}{14.81 \times 9.28} = 0.368$	
$RCS = \frac{5 \times 0.91 \times (14.81 + 9.28)}{14.81 \times 9.28} = 0.797$	

H. Cálculo del número de luminarias		N _r = 24
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{600 \times 137.44}{4 \times 3050 \times 0.48 \times 0.68} = 20.7$		

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N_r \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{24 \times 3050 \times 4 \times 0.48 \times 0.68}{137.44} = 695.36$	

Ahorro de energía de 40 a 32 Watts = 768 Watts
 Costo total de los luminarias de 40 Watts = N \$ 7656
 Costo total de los luminarias de 32 Watts = N \$ 8804.4

6.5.1 LABORATORIO DE ELECTRONICA
UTILIZACION DE LAMPARAS DE 34 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	14.81	Plafón %	70
Ancho en m	9.28	Muro %	30
Area en m ²	137.44	Piso %	20
Altura techo en m	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.91
Relación	1.61	Relación	0.37	Relación	0.80
		Reflectancia efectiva %	62.5	Reflectancia efectiva %	18

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coefficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	4	2650	0.51	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	503

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	dividir	1	0.51

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$	
$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (14.81 + 9.28)}{14.81 \times 9.28} = 1.61$	
$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (14.81 + 9.28)}{14.81 \times 9.28} = 0.368$	
$RCS = \frac{5 \times 0.91 \times (14.81 + 9.28)}{14.81 \times 9.28} = 0.797$	

H. Cálculo del número de luminarias		$N_e = 24$
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{600 \times 137.44}{4 \times 2650 \times 0.48 \times 0.68} = 23.83$		

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N_e \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{24 \times 2650 \times 4 \times 0.48 \times 0.68}{137.44} = 503.47$	

Costo total de los luminarias de 34 Watts = N \$ 8421.6

6.6 ANEXO DEL LABORATORIO DE ELECTRONICA UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS

A. Datos del local				
Dimensiones del cuarto			Superficie de reflexión	
Longitud en m	3		Plafón %	70
Ancho en m	4.64		Muro %	30
Area en m ²	13.92		Piso %	20
Altura techo en m	3.17			
Altura de montaje en m	2.72			

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	5.04	Relación	1.153	Relación	2.06
		Reflectancia efectiva %	50.56	Reflectancia efectiva %	18.5

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coeficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	4	3050	0.51	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)			
Nivel requerido	500	Nivel resultante	382

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	1.043	dividir	0.32

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times l(l + ancho)}{longitud \times ancho}$	
$RCL = \frac{5 \times 184 \times (3 + 4.64)}{3 \times 4.64} = 5.04$	
$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (3 + 4.64)}{3 \times 4.64} = 1.153$	
$RCS = \frac{5 \times 0.75 \times (3 + 4.64)}{3 \times 4.64} = 2.058$	

H. Cálculo del número de luminarias		$N_c = 2$
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 13.92}{4 \times 3050 \times 0.32 \times 0.68} = 2.62$		

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N_r \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{2 \times 3050 \times 4 \times 0.32 \times 0.68}{13.92} = 381.42$	

Ahorro de energía de 40 a 32 Watts = 64 Watts
 Costo total de los luminarias de 40 Watts = N \$ 638
 Costo total de los luminarias de 32 Watts = N \$ 701.8

6.6.1 ANEXO DEL LABORATORIO DE ELECTRONICA UTILIZACION DE LAMPARAS DE 40 Y 32 WATTS

A. Datos del local			
Dimensiones del cuarto		Superficie de reflexión	
Longitud en m	3	Plafón %	70
Ancho en m	4.64	Muro %	30
Area en m ²	13.92	Piso %	20
Altura techo en m	3.17		
Altura de montaje en m	2.72		

B. Datos de la cavidad					
Cavidad del local		Cavidad del plafón		Cavidad del piso	
Altura	1.84m	Altura	0.42	Altura	0.75
Relación	5.04	Relación	1.153	Relación	2.06
		Reflectancia efectiva %	50.56	Reflectancia efectiva %	18.5

C. Datos de la cavidad				
Marca catálogo y tipo	Lámpara por unidad	Lúmenes por lámpara	Coeficiente de utilización (CU)	Factor de pérdidas totales (FPT)
	4	2650	0.51	0.68

D. Nivel de iluminación (luxes)		
Nivel requerido	500	Nivel resultante

E. Corrección de C.U. del piso			
Factor de corrección		C.U. corregido	
multiplicar	1.043	dividir	0.32

F. Factor de pérdidas totales	
Rendimiento del reactor	0.95
Factor de tensión	1.00
Factor de reflectancia	0.98
Factor de lámparas inutilizadas	1.00
Factor de temperatura ambiente	1.00
Factor de intercambio de calor	1.00
Degradación luminosa	0.80
Degradación por suciedad	0.92
Factor de pérdidas totales	0.68

G. Cálculo de relaciones de cavidad	
$RC = \frac{5 \times H(\text{longitud} + \text{ancho})}{\text{longitud} \times \text{ancho}}$	
$RCL = \frac{5 \times 1.84 \times (3 + 4.64)}{3 \times 4.64} = 5.04$	
$RCT = \frac{5 \times 0.42 \times (3 + 4.64)}{3 \times 4.64} = 1.153$	
$RCS = \frac{5 \times 0.75 \times (3 + 4.64)}{3 \times 4.64} = 2.058$	

H. Cálculo del número de luminarias	$N_a = 2$
$N = \frac{E \times S}{\Phi \times I \times CU \times FPT} = \frac{500 \times 13.92}{4 \times 2650 \times 0.32 \times 0.68} = 3.012$	

I. Cálculo del nivel de iluminación resultante	
$E_r = \frac{N_r \times I \times CU \times FPT}{S} = \frac{2 \times 2650 \times 4 \times 0.32 \times 0.68}{13.92} = 331.4$	

Costo total de los luminarias de 34 Watts = N \$ 701.8

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

Comisión Federal de Electricidad (1993). Estructura de tarifa vigente.

IEEE (1983). IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. ANSI/IEEE std. The Institute of Electrical and electronics Engineers, Inc. Nueva York

Knowlton, A.E.(1967). Manual Standard del Ingeniero Electricista. Editorial Labor, S.A. Méxicio

Ligting Handbook (1993) Reference y Application IESNA Nueva York

Memorias ATPAE Noviembre de 1993 XIV Seminario Sobre Usos Racional de Energía y Exposición de Equipos y Servicios

NTIE (1981). Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas. Parte 1. Instalaciones para el uso eficiente de energía eléctrica. SEPAFIN, Secretaria de Patrimonio y Fomento Industrial. México, D.F.

Phillips (1993) Manual de Alumbrado. Paraninfo S.A. Madrid, España

Ramírez Vázquez, José(1979). Sistemas de Iluminación. Proyectos de Alumbrado. Ediciones CEAC. Barcelona, España

Sociedad Mexiccana de Ingeniería de Iluminación, A.C.(1965). Ingeniería de Iluminación. México, D.F.

Westinghouse (1985). Manual de Alumbrado. Editorial Dossat S.A. 3a Edición. Reimpresión Mediciencia Editorial Mexicana. México D.F.