



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN

ESTUDIO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO DE LOS PASILLOS,
ANDADORES Y ESTACIONAMIENTO DE LA FES ACATLÁN Y SUS
PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

MÓNICA GALINDO HERNÁNDEZ

ASESOR: IGN. JOSÉ PEDRO AGUSTÍN VALERA NEGRETE

ENERO, 2013

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, a toda mi familia, como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mi existencia, valores morales y formación profesional. Porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y porque nunca podré pagar todos sus desvelos, ni aún con las riquezas más grandes del mundo. Por lo que soy y por todo el tiempo que les robé pensando en mí...

A mi asesor de tesis el Ing. José Pedro Agustín Valera Negrete, por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, por su apoyo y amistad que me permitieron aprender mucho más que lo estudiado en el proyecto.

A los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

A todos los que directa e indirectamente ayudaron a la realización de este proyecto.

A la vida.

“Lo importante en la vida no es el triunfo sino la lucha. Lo esencial no es haber vencido, sino haber luchado bien.”

(Barón Pierre de Coubertin)

	PÁG.
OBJETIVOS	7
ANTECEDENTES	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO 1 CONCEPTOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN	12
1.1 ILUMINACIÓN	12
1.1.1 NATURALEZA DE LA LUZ	13
1.1.2 PROCESO DE LA VISIÓN	16
1.1.3 FOTOMETRÍA	18
1.1.4 LÁMPARAS ELECTRÍCAS	29
1.1.5 CONTROL DE LA LUZ	31
1.1.6 LUMINARIOS Y SUS CARACTERÍSTICAS	34
1.1.7 CURVAS DE DISTRIBUCIÓN	34
1.1.8 NIVELES DE ILUMINACIÓN	37
1.1.9 UNIFORMIDAD	39
1.1.10 CALIDAD DE LA ILUMINACIÓN	39
1.1.11 ANÁLISIS COMPARATIVO	40
1.1.12 CARACTERÍSTICAS DE LOS LOCALES	41
1.1.13 ESTÉTICA	54
CAPÍTULO 2 REDES DE ALUMBRADO	55
2.1 UNIDADES DE ILUMINACIÓN	55
2.2 IMPORTANCIA DE LA ILUMINACIÓN	57
2.3 CONCEPTOS Y SUS UNIDADES	58

	PÁG.
2.4 ELEMENTOS DE UNA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO	65
2.5 CRITERIOS DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO	70
2.6 CLASIFICACIÓN DE ALUMBRADO	71
2.7 PRUEBAS DE LABORATORIO DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO	72
CAPÍTULO 3 INSTALACIONES ELÉCTRICAS	82
3.1 PROPIEDADES REFLECTIVAS EN LA SUPERFICIE DE LA CALZADA	82
3.1.1 LUMINANCIA	83
3.1.2 LUMINARIAS	85
3.2 LUMINARIAS PARA INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN PÚBLICA	85
3.3 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESIÓN VBP	91
3.3.1 FUNCIONAMIENTO	91
3.3.2 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA LUMINOSA	91
3.4 LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN VAP	92
3.4.1 FUNCIONAMIENTO	93
3.4.2 EFICIENCIA	93
3.5 LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS	94
3.5.1 FUNCIONAMIENTO	95
3.6 DIODOS EMISORES DE LUZ LEDS	95
3.7 CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	97
3.7.1 SEGÚN LA TENSIÓN DE UTILIZACIÓN	98
3.7.2 SEGÚN LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA	99

	PÁG.
3.8 TENSIONES	99
3.9 COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN	101
3.10 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS	104
3.11 FUNCIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS	108
3.11.1 ALIMENTACIONES ELÉCTRICAS	108
3.11.2 CONDUCTORES ELÉCTRICOS	108
3.11.3 MÉTODOS DE CONTROL	108
3.11.4 MANTENIMIENTO	109
3.12 PRUEBAS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS	109
3.12.1 INSPECCIÓN VISUAL	110
3.12.2 PRUEBA DE OPERACIÓN	111
3.12.3 CONDICIONES FÍSICAS DEL CABLE	111
3.13 PANTALLA DEL LUMINARIO	112
3.13.1 REGISTROS	112
3.13.2 APARTARRAYOS	112
3.13.3 CÉDULA DE ABASTECIMIENTO	113
3.14 ECOMENDACIONES ESTABLECIDAS	113
3.15 ESQUEMA BÁSICO DE CIRCUITOS	114
CAPÍTULO 4 ANÁLISIS DEL ALUMBRADO EN LAS ZONAS DE TRÁNSITO DE LA FES ACATLÁN	118
4.1 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN, UNAM	118

	PÁG.
4.2 INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL (AÑO 2009) DEL ALUMBRADO EN PASILLOS, ANDADORES Y ESTACIONAMIENTO DE LA FES ACATLÁN	121
4.3 TOMA DE MEDIDAS DE ILUMINACIÓN EN LA FES ACATLÁN	131
4.4 PARAMETROS DE ILUMINACIÓN: NORMA NOM-001-SEDE-2005	133
CAPÍTULO 5 PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA	140
5.1 EJEMPLO APLICATIVO TALLERES Y LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA FES ACATLÁN	140
5.1.1 NORMA AWG	150
5.1.2 DIÁMETROS RELATIVOS	151
5.1.3 AMPERAJE MÁXIMO	152
5.1.4 TIPOS NM Y NMC	152
5.1.5 MARCAS ADICIONALES	153
5.1.6 RESISTENCIA Y TEMPERATURA	154
5.1.7 PERDIDAS DE POTENCIA	155
5.1.8 AWG (AMERICAN WIRE GAUGE)	157
5.2 EJEMPLO APLICATIVO ANDADOR PRINCIPAL DEL ESTACIONAMIENTO DE LA FES ACATLÁN	160
5.3 COMPARATIVO EN PASILLOS PRINCIPALES DE LOS EDIFICIOS DE LA FES ACATLÁN	162
5.3.1 PROPUESTA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN LA FES ACATLÁN, UNAM	166
5.4 ENERGÍAS RENOVABLES	172
5.4.1 ENERGÍA SOLAR, LUZ Y CALOR	174
5.4.1.1 HISTORIA DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	174

	PÁG.
5.4.2 ENERGÍA EÓLICA	176
5.4.2.1 HISTORIA DE LA ENERGIA EOLICA	176
5.4.2.2 CONDICIONES DE UNA LOCALIZACION PARA UN PARQUE EOLICO	177
5.4.2.3 INTEGRACION DE LA ENERGIA EOLICA EN LA RED ELÉCTRICA	178
5.4.2.4 TIPOS DE AEROGENERADORES	178
5.4.2.5 FUTURO DE LA ENERGIA EOLICA	179
5.4.2.6 PROBLEMAS POLITICO-SOCIALES DE LA ENERGIA EOLICA	180
5.4.3 ENERGÍA RENOVABLE BIOMASA	180
5.4.4 ENERGÍA RENOVABLE SOLAR FOTOVOLTAICA	187
5.4.5 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE CONCENTRACIÓN	196
5.4.5.1 VOLUMEN DEL MERCADO	197
5.4.6 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA AGUA	198
5.5 PARTICULARIDADES DE LAS TECNOLOGÍAS PARA ENERGÍAS RENOVABLES:	200
5.6 ESTADO ACTUAL DE LAS LUMINARIAS EN LA FES ACATLÁN AÑO 2012	205
5.7 PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO	208
5.7.1 PROGRAMA PREDICTIVO	208
5.7.2 PROGRAMA PREVENTIVO	209
5.7.3 PROGRAMA CORRECTIVO	210
CONCLUSIONES	211
GLOSARIO	212
REFERENCIAS	217
ANEXO PLANOS DE LA FES ACATLÁN	218

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar el sistema de alumbrado de pasillos, andadores y estacionamientos desarrollando programas que permitan el ahorro de energía.

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Objetivo: Establecer la importancia de la iluminación generalizando sus características

CAPÍTULO 2

REDES DE ALUMBRADO

Objetivo: Establecer las condiciones óptimas de alumbrado en función de las características del tipo del área de tránsito.

CAPÍTULO 3

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Objetivo: Analizar el suministro y la distribución de la energía eléctrica, los programas de operación y mantenimiento de sus equipos e instalaciones.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DEL ALUMBRADO DE LAS ZONAS DE TRÁNSITO DE LA FES ACATLÁN

Objetivo: Evaluar el sistema de alumbrado en andadores, pasillos y estacionamientos de la FES ACATLÁN.

CAPÍTULO 5

PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA

Objetivo: Diseñar los programas de control, mantenimiento y sustitución de partes del sistema de alumbrado, evaluando los costos de operación y los beneficios a la comunidad.

ANTECEDENTES

En la actualidad el consumo de la energía eléctrica es un servicio indispensable el cual tiene gran demanda, sin embargo, existen diferentes formas de generación, por lo que el hacerla llegar a nuestros hogares, escuelas, universidades, hospitales, parques, calles, avenidas principales, etc., se hace cada vez más costoso debido a su consumo. Para la generación de energía eléctrica se realizan grandes construcciones como presas hidroeléctricas, nucleoeeléctricas, generación de energía eólica, etc.; sin embargo, hoy en día gracias a los avances tecnológicos estos se basan en energía solar para generar energía eléctrica, hay sistemas ahorradores de energía, entre otros. Es por ello, que es importante conocer e investigar más sobre estos temas, puesto que como ingenieros civiles debemos tener conocimiento acerca de este tipo de nuevas tecnologías y poder implementarlas como renovarlas para los proyectos a realizar, ya sea en escuelas, universidades, hospitales, hogares, etc., dependiendo de la necesidad de la sociedad y su utilización.

Este es un trabajo realizado con la finalidad de aportar alguna alternativa óptima para el ahorro de energía así como el costo que conlleva el consumo de energía en la actualidad dentro del plantel de la FES ACATLÁN UNAM. Es importante aportar con esta investigación a la universidad una alternativa sobre el desarrollo de nuevas tecnologías y así poder ahorrar hasta en un 60 a 70 por ciento de energía y costo que actualmente se consume en la Facultad de Estudios superiores Acatlán.

Los ingenieros civiles debemos estar actualizados y abiertos a todo este tipo de alternativas en beneficio de la sociedad y economía de esta; así como ver por el medio ambiente que debido a los tipos de generación de energía eléctrica es importante cuidar la generación de esta por medio del ahorro de energía, ya sea en el medio ambiente y en las edificaciones (universidades, escuelas, entre otras).

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es realizado con el objetivo de evaluar el alumbrado de los pasillos, andadores y estacionamiento, esto como alumbrado exterior; así como evaluar los talleres y laboratorios de Ingeniería en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán, así mismo establecer programas que nos permitan ahorro de energía eléctrica y el costo de esta. Es por ello que se habla de iluminación, sus principios, así como, las leyes utilizadas para su estudio.

El fenómeno de la iluminación tiene su campo de estudio dentro la ciencia de la física la cual se encarga de explicar fenómenos de tipos macroscópicos y cuánticos que se presentan en la naturaleza, usando fórmulas previamente establecidas dentro de leyes, creadas para la mejor comprensión de dichos acontecimientos. Para hablar de iluminación es importante mencionar lo que es la naturaleza y la velocidad de la luz, siendo este un fenómeno natural, que aún no se encuentra resultado; pero el esfuerzo de personas sabias tiende hacia la resolución e interpretación de dicho fenómeno.

La iluminación se refiere a la luz, la cual se engloba en los fenómenos de energía radiante; pero que bajo el aspecto fisiológico, se limita a aquella que impresiona el sentido de la vista y que además tiene la propiedad de producir acciones químicas sobre las placas fotográficas y sobre las hojas de los árboles. La complejidad de los fenómenos luminosos hace que la Física esté completamente ligada a la estructura de la materia, la cual se supone formada de moléculas a la vez que estas de átomos.

Los átomos son las partículas más pequeñas de los cuerpos simples, como el fierro, la plata, el azufre; pero cada átomo es una estructura compleja, pues se le puede asemejar a un sistema planetario como lo hizo Rutherford, considerando un núcleo en donde se encuentra concentrada la masa del átomo, y de partículas de electricidad negativa que giran a su alrededor a manera de satélites, que llevan el nombre de electrones. El núcleo del átomo también es un edificio complejo, pues en él existen partículas de electricidad positiva que llevan el nombre de protones y partículas

de electricidad sin carga eléctrica, neutrones \pm , que se pueden considerar como la unión de un protón con un electrón. La importancia de la estructura de la materia quedará exhibida al hacer historia del desarrollo de las distintas teorías para interpretar los fenómenos eléctricos.

Es un hecho incontrovertible la importancia creciente que tiene una adecuada visión dentro del mundo en su conjunto (laboral, de estudio, de investigación, de descanso, de recuperación de la salud, de seguridad, etc.). Como justificación de este hecho puede darse, por una parte, el que la automatización industrial supone la sustitución de muchos esfuerzos musculares por trabajos especializados, en que la visión es fundamental. A esta razón hay que añadir el hecho de que los procesos a realizar (industriales, de investigación, de requerimientos de cirugía y otros) suponen tareas visuales cada vez más difíciles y exigentes. Desde los primeros años del siglo XX se han realizado estudios e investigaciones para conocer la iluminación que debe proporcionarse en cada caso para satisfacer las exigencias de la tarea visual que en ella se realiza. Además, es importante estudiar este fenómeno, así como las unidades que se utilizan para su estudio, así como, las pruebas pertinentes para el presente estudio.

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS GENERALES DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN

OBJETIVO:

Establecer la importancia de la iluminación generalizando sus características.

La importancia que tiene una adecuada visión en el mundo, ya sea en su conjunto laboral, de investigación, descanso, recuperación, de la salud, estudio, de reunión, etc., es de gran importancia, es por ello que, desde los primeros años del siglo XX se han realizado estudios e investigaciones para conocer la adecuada iluminación que debe proporcionarse en cada caso para satisfacer las exigencias de la tarea visual que en ella se realiza. Un sistema de iluminación es el conjunto de luminarias y dispositivos electrónicos destinados a proporcionar un nivel de iluminación para la realización de actividades específicas.

1.1 ILUMINACIÓN

Un buen sistema de iluminación, es aquel que hace posible la visión en forma rápida, precisa y confortable, es decir, el objetivo de la iluminación es ver. Un buen sistema de iluminación debe tomar en cuenta los conceptos de:

- 1.1.1 Naturaleza de luz
- 1.1.2 Proceso de la visión
- 1.1.3 Fotometría
- 1.1.4 Lámparas eléctricas
- 1.1.5 Control de la luz
- 1.1.6 Luminarios y sus características
- 1.1.7 Curvas de distribución

- 1.1.8 Niveles de iluminación
- 1.1.9 Uniformidad
- 1.1.10 Calidad de la iluminación
- 1.1.11 Análisis comparativo
- 1.1.12 Características de los locales
- 1.1.13 Estética

Los cuales se desarrollan a continuación:

1.1.1. Naturaleza de luz

Al haber observado a finales del siglo XVII fenómenos físicos que no podían explicarse satisfactoriamente por medio de leyes conocidas en aquella época. Se plantearon dos teorías para explicar la naturaleza de la luz; la teoría de partículas o corpuscular, apoyada por Isaac Newton (1642-1727) y la teoría ondulatoria, desarrollada por Christian Huygens (1629-1695). Cada teoría trataba de explicar las condiciones de la luz observadas hasta entonces y consideraban tres principales características:

1. Propagación rectilínea: la luz viaja en línea recta
2. Reflexión: el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal a la superficie están en el mismo plano (son coplanares) y el ángulo de reflexión θ_r es igual al ángulo de incidencia θ_i
3. Refracción: la trayectoria de la luz cambia cuando entra en un medio diferente al original.

Isaac Newton (matemático, físico, astrónomo y filósofo inglés) pensaba que la luz estaba constituida por partículas que se mueven en el mismo espacio a gran velocidad, como proyectiles, rebotando o absorbiéndose en los cuerpos materiales, o penetrando en los cuerpos transparentes, como el vidrio. Christian Huygens (físico y astrónomo holandés) sostenía que la luz era una onda,

similar a las olas en el agua o al sonido en el aire, en el que el medio para transportar a esa onda luminosa era el éter, sustancia que llenaba y permeaba a todo el Universo. La controversia sobre la naturaleza de la luz –*partícula u onda*- persistió hasta mediados del siglo XIX, en que la balanza se inclinó a favor de la teoría ondulatoria, situación que fue cambiada por Albert Einstein, quien postuló que la luz es una partícula siendo esta dualidad *onda-partícula* una propiedad fundamental de la naturaleza a nivel atómico.

La **luz** es una manifestación de la energía, en forma de radiaciones electromagnéticas capaces de afectar al órgano visual.



Figura 1. Luz manifestación de la energía en forma de radiaciones electromagnéticas.

Se observa que la luz tiene su origen en algunos objetos. Por ejemplo: el sol, un foco encendido, la flama de una vela son fuentes de luz, son objetos luminosos. Sin embargo, hay objetos que sólo son visibles si les da la luz, es decir, si están iluminados. Es importante observar que la luz se propaga en línea recta. Este hecho se puede comprobar fácilmente cuando se observan las partículas de polvo del aire en un cuarto oscuro al que entra luz por una pequeña abertura; al igual que la formación de sombras es una excelente ilustración de la propagación rectilínea de la luz.

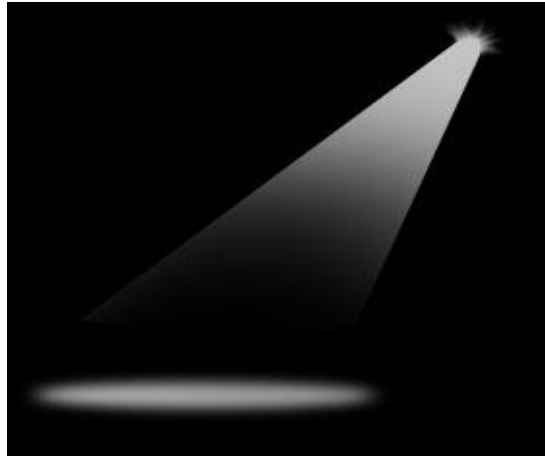


Figura 2. Propagación de la luz en línea recta.



Figura 3. Formación de sombras a través de la propagación de la luz en línea recta.

La propagación de la rectilínea de la luz permite también entender por qué las fuentes luminosas extensas producen sombras poco definidas. La luz se origina en un objeto luminoso, que se propaga por el espacio en línea recta el cual ilumina a otros objetos, pero el hecho de que puedan ver los objetos iluminados lo cual indica que éstos reflejan la luz. Hoy en día y desde tiempos remotos se han observado objetos así como lugares ya sean “bien iluminados” o “mal iluminados”, siendo así, que se puede dar una impresión visual más o menos intensa de los objetos o lugares iluminados. La iluminación que recibe una superficie varía cuando se aleja del foco luminoso.



Figura 4. Variación de la iluminación a determinada altura.

1.1.2. Proceso de la visión

El proceso de la visión a partir de una luminaria, lámpara etc.; genera que el ojo distinga los objetos iluminados, es decir, sin luz no hay visión.

PROCESO DE LA VISION



Figura 5. Proceso de la visión

El proceso de la visión (luz) causa un efecto llamado iluminación, el cual requiere de cierto tiempo para mediar la iluminación en unidades llamadas *luxes*.

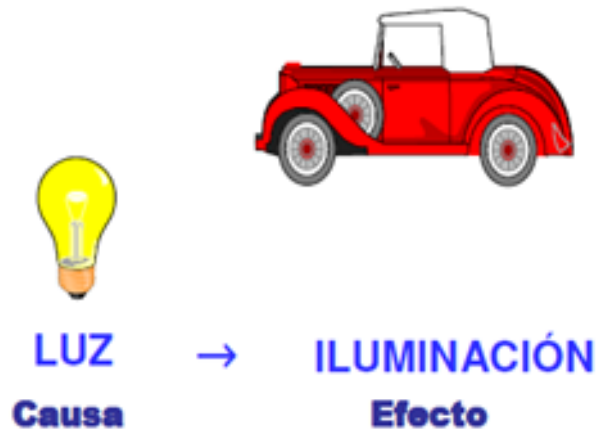


Figura 6. Proceso de la visión

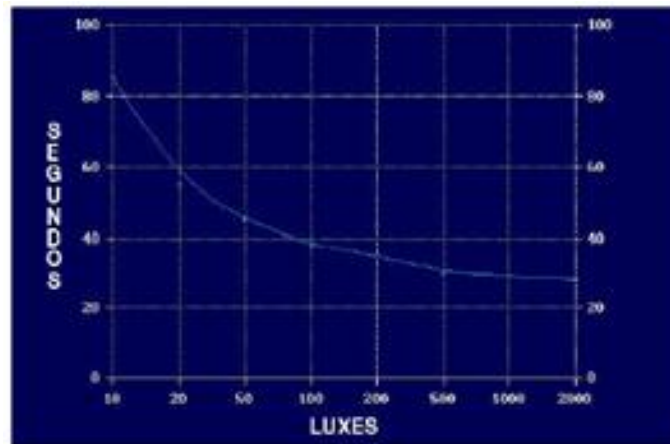


Figura 7. El proceso de la visión no es instantáneo sino que requiere tiempo.

Las unidades de iluminación llamadas *luxes*, equivalen a un $\frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}$. Los niveles de iluminación aceptados internacionalmente están dados para un 99% de rendimiento visual y 5 asimilaciones por segundo.

1.1.3. Fotometría

Es la rama de la Física que se ocupa de las mediciones de la luz y de las magnitudes que con ella se relacionan. La fotometría se define como la ciencia que tiene por objeto de estudio la medida de la energía radiante en cuanto la activación de sensaciones visuales, cuando se trata de apreciar cómo se percibe visualmente la luz. Por tanto el término fotometría se usa para definir datos de mediciones (datos fotométricos) de intensidad luminosa producida por una fuente de luz artificial (luminario) en cualquier dirección y de intensidad de iluminación sobre las superficies. El propósito de la fotometría es describir el desempeño de un luminario; que permita al diseñador seleccionar el equipo de iluminación y diseñar un sistema que mejor se adapte a las necesidades del área a iluminar.

Los tipos más comunes de datos fotométricos son:

- Curvas de distribución luminosa
- Curvas isocandela
- Curvas isolux
- Coeficientes de utilización
- Criterios de espaciamiento
- Eficiencia del luminario
- *Gráfica de curvas de distribución luminosa*
- Coeficiente de mantenimiento

El conjunto de intensidad luminosa de una fuente de luz en todas direcciones constituye lo que se llama distribución luminosa. La gráfica de curvas de distribución luminosa se representa mediante un sistema de tres coordenadas I, C, γ . La primera de ellas I representa el valor numérico de la intensidad luminosa en candelas e indica la longitud del vector mientras las otras señalan la dirección. El ángulo C nos dice en qué plano vertical estamos y γ mide la inclinación respecto al

eje vertical del luminario. En este último, 0° señala la vertical hacia abajo, 90° la horizontal y 180° la vertical hacia arriba, así como se muestra en la figura. Los valores de C utilizados en las gráficas para luminarios de alumbrado público, o sea los ángulos entre 0° y 180° quedan en el lado de la calzada y los comprendidos entre 180° y 360° en la acera.

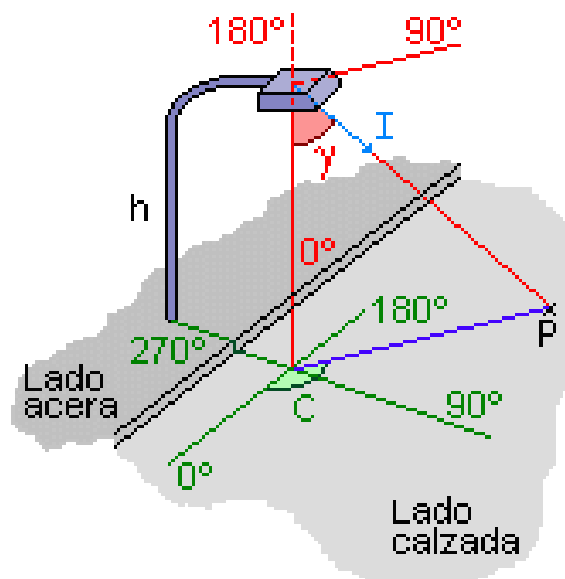
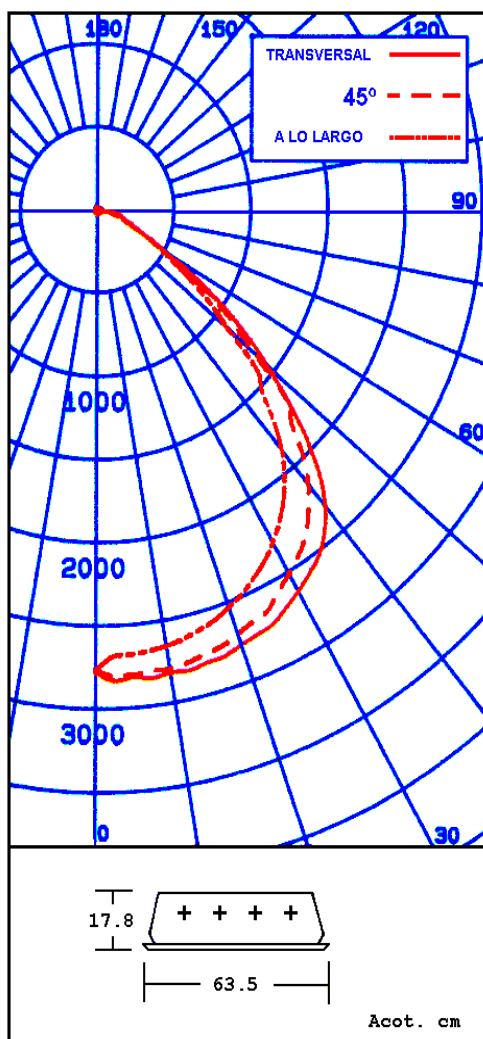


Figura 8. Distribución luminosa.

Con un sistema de coordenadas polares es fácil pensar que más que una representación plana tendríamos una tridimensional. De hecho, esto es así y si representamos en el espacio todos los vectores de la *intensidad luminosa* en sus respectivas direcciones y uniéramos después sus extremos, obtendríamos un cuerpo llamado *sólido fotométrico*. Cortando el sólido con planos verticales para diferentes valores de C (uno, dos, tres o más dependiendo de las simetrías del luminario), se reduce a la representación plana (bidimensional) de una sección limitada por una curva denominada *curva de distribución luminosa* o *curva fotométrica*. En la *curva de distribución luminosa*, los radios representan el ángulo γ y las circunferencias concéntricas el valor de la *intensidad luminosa* en *candelas*. De todos los planos verticales posibles identificados por el ángulo C , si la *distribución luminosa* del luminario es simétrica la curva en un plano es suficiente;

si es asimétrica, se requieren tres o más planos verticales. Normalmente para *luminarios de interiores* se suelen representar los planos verticales correspondientes a lo largo del eje del luminario, transversal al eje del luminario ($C = 0^\circ$ y $C = 90^\circ$ respectivamente) y a 45° . Además para el caso de luminarios para alumbrado público se suele representar el plano vertical donde tiene su máximo de *intensidad luminosa*.



ANGULO	SUMARIO DE CANDELAS			LUMENES DE SALIDA
	A LO LARGO	45°	TRANSVERSAL	
0	1833	1833	1833	
5	1734	1833	1867	176
15	1706	1816	1865	506
25	1596	1739	1822	789
35	1397	1555	1664	959
45	986	1158	1245	883
55	509	600	640	532
65	208	212	212	223
75	100	106	114	113
85	43	47	52	46
90	0	0	0	
95	0	0	0	0
105	0	0	0	0
115	0	0	0	0
125	1	1	0	0
135	0	0	0	0
145	0	1	0	0
155	2	1	1	0
165	1	1	3	1
175	3	3	3	0
180	3	3	3	
ZONA	LUMENES	% LAMPARA	% LUMINARIO	
0 - 30	1471	19.94	34.79	
0 - 40	2430	32.93	57.46	
0 - 60	3845	52.10	90.92	
0 - 90	4227	57.28	99.95	
40 - 90	1797	24.35	42.49	
60 - 90	382	5.18	9.04	
90 - 180	2	.03	.05	
0 - 180	4229	57.31	100.00	

Figura 9 y Tabla 1. Ejemplo de Curvas de distribución luminosa de un luminario fluorescente con difusor de acrílico y 4 lámparas de 39 W T12, con un flujo inicial de 1845 lúmenes por lámpara. Donde la EFICIENCIA =57.3%, (CE) A LO LARGO=1.2, (CE) TRANSVERSAL=1.4 y la DISTANCIA DE PRUEBA =7.6 METROS.

Para evitar tener que hacer una gráfica para cada lámpara cuando solo varía la potencia de esta, las gráficas se normalizan para una lámpara de referencia de 1000 lm . Y para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el *flujo luminoso* real de la lámpara por la lectura en la gráfica y dividirlo por 1000 lm .

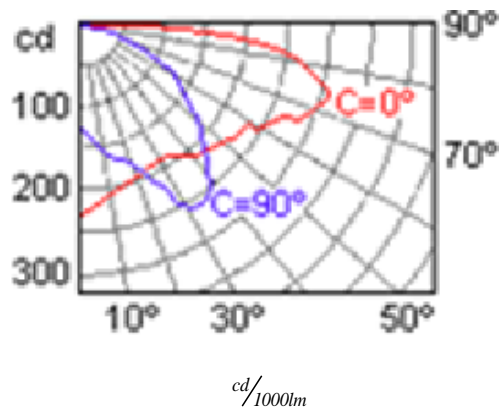


Figura 10. Ejemplo de curvas de distribución luminosa normalizada para una lámpara de 1000 lúmenes.

Cálculo del flujo luminoso por zonas

En los casos en que los *datos fotométricos* no proporcionen los lúmenes que salen del luminario, se puede calcular este dato a partir de una curva de distribución media. La curva se divide en *zonas* de igual amplitud, normalmente de 10° cada una, y la *intensidad luminosa* media de cada *zona* (que suele ser el valor en el centro de la *zona*) se multiplica por un factor que la convierte directamente en lúmenes en dicha *zona*. Los *factores de zona* de conversión en lúmenes son obtenidos a partir de las áreas relativas de esas *zonas* angulares, que sumadas desde 0° a 180° es 4π o sea 12.57. Así pues, una fuente puntual que emita una candela uniformemente en todas las direcciones, formando una esfera imaginaria de radio unidad; dicha fuente producirá un total de 12,57 lúmenes. Debido a que las *zonas* subtendidas por ángulos iguales en la superficie de la esfera imaginaria que rodea la fuente tiene unas áreas mayores cerca del ecuador que de los polos, una *intensidad luminosa* dada produce mucho más lúmenes en un ángulo próximo al centro, que una en un ángulo cercano a los polos.

A continuación se muestran los *factores de zona*, para el cálculo de flujo luminoso:

FACTOR DE ZONA PARA ZONAS ANGULARES DE 10°				
ZONA $\alpha_1 - \alpha_2$	ANGULO MEDIO DE LA ZONA	ZONA $\alpha_1 - \alpha_2$	ÁNGULO MEDIO DE LA ZONA	FACTOR DE ZONA (K)
0° - 10°	5°	170° - 180°	175°	0.095
10° - 20°	15°	160° - 170°	165°	0.283
20° - 30°	25°	150° - 160°	155°	0.463
30° - 40°	35°	140° - 150°	145°	0.628
40° - 50°	45°	130° - 140°	135°	0.774
50° - 60°	55°	120° - 130°	125°	0.897
60° - 70°	65°	110° - 120°	115°	0.993
70° - 80°	75°	100° - 110°	105°	1.058
80° - 90°	85°	90° - 100°	95°	1.091

Tabla 2. Factor de zona para zonas angulares de 10°.

Estos factores se deducen de la fórmula siguiente:

$$K = 2\pi \cos \alpha_1 - \cos \alpha_2$$

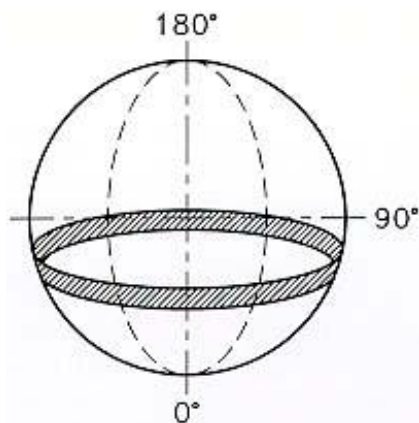


Figura 11. Esfera imaginaria

➤ *Gráfica de curvas isocandela*

A pesar de que las *curvas de distribución luminosa* son herramientas muy útiles y prácticas, presentan el gran inconveniente de que sólo nos dan información de lo que ocurre en unos pocos planos verticales (para algunos valores de C) y no sabemos a ciencia cierta qué pasa en el resto. Para evitar estos inconvenientes y conjugar una representación plana con información sobre la *intensidad luminosa* en cualquier dirección se definen las *curvas isocandela*. La *gráfica de curvas isocandela* se representa en un plano, mediante curvas de nivel, que unen puntos de igual valor de *intensidad luminosa*. Cada punto indica una dirección del espacio definida por dos coordenadas angulares. Según cómo se escojan estos ángulos, distinguiremos dos casos:

- Luminarios para alumbrado por proyección (Reflectores).
- Luminarios para alumbrado público.

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



Fig.12 Ejemplo de curvas isocandela para un proyector.

En los *luminarios para alumbrado público*, para definir una dirección, se utilizan los ángulos C y γ usados en los *diagramas polares*. Se supone el luminario situado dentro de una esfera y sobre ella se dibujan las *curvas isocandela*. Los puntos de las curvas se obtienen por intersección de los vectores de *intensidad luminosa* con la superficie de esta. Para la representación plana de la superficie se recurre a la *proyección azimutal de Lambert*.

En la *proyección azimutal de Lambert* se proyecta cada hemisferio, desde el polo opuesto, sobre un plano situado en el otro polo. Operando así, se obtiene un semicírculo donde el ecuador y el meridiano central se representan con dos diámetros y el resto de meridianos y paralelos con arcos de circunferencia. Este sistema presenta la ventaja de que las áreas representadas no se deforman y son proporcionales a las originales, cumpliéndose que superficies iguales representan ángulos sólidos iguales.

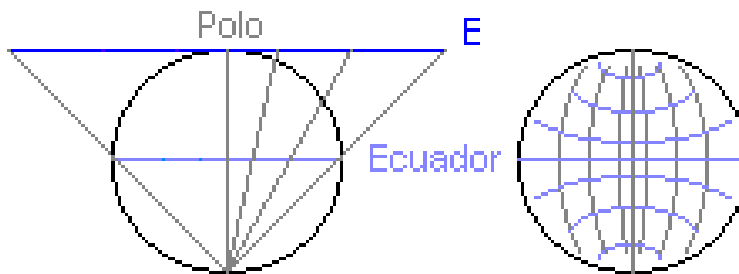


Fig.13 Proyección azimutal de Lambert

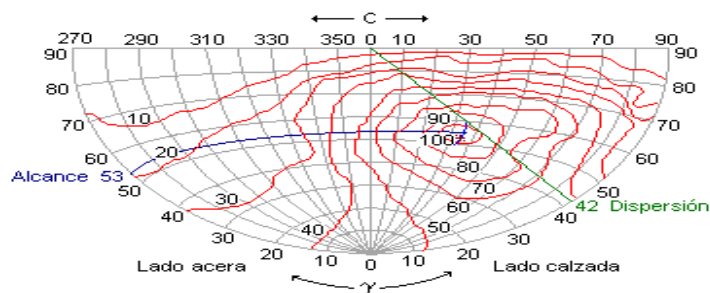


Fig.14 Ejemplo de curvas isocandela de un luminario para alumbrado público.

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

Además de *intensidades* y *flujos luminosos*, esta gráfica informa sobre el **alcance** y la **dispersión** del luminario. El *alcance* da una idea de la distancia longitudinal máxima que alcanza el haz de luz en la calzada mientras que la *dispersión* se refiere a la distancia transversal.

➤ *Gráfica de curvas isolux*

Las curvas vistas en los incisos anteriores (*curvas de distribución luminosa* e *isocandela*) se obtienen a partir de características de la fuente luminosa, *flujo* o *intensidad luminosa*, y dan información sobre la forma y magnitud de la emisión luminosa de esta. Por el contrario, las **curvas isolux** hacen referencia a las *iluminancias*, *flujo luminoso* recibido por una superficie; datos que se obtienen experimentalmente o por cálculo usando la fórmula:

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

Dónde:

E = *Iluminancia en un punto.*

$I_{C, \gamma}$ = *Intensidad luminosa definida por las coordenadas C y γ en la dirección de un punto.*

h = *Altura de montaje del luminario.*

Los datos de cada punto pueden ser encontrados en unas tablas llamadas *matriz de intensidades luminosas* donde para cada pareja de valores de C , obtenemos un valor de *Intensidad luminosa*.

La *gráfica de curvas isolux* es un conjunto de curvas que se unen formando puntos del plano de trabajo que reciben la misma iluminación. Estas gráficas son utilizadas principalmente en alumbrado público donde a simple vista nos podemos dar una idea de cómo está iluminada la calle.

ALTURA DE MONTAJE PARA ISOLUX = 9.0 METROS

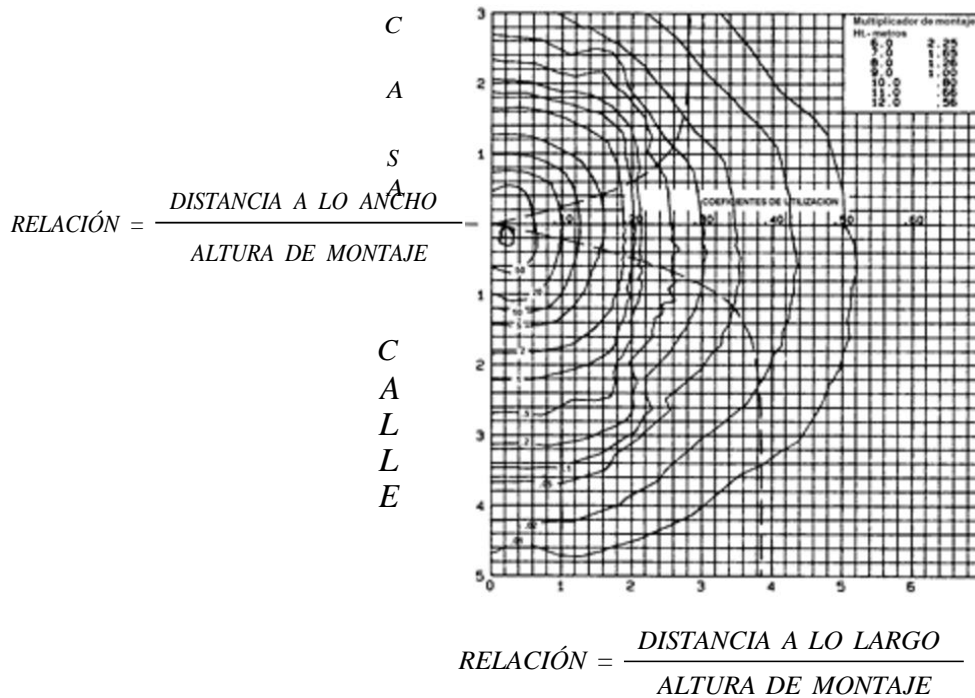


Fig.15 Ejemplo de curvas isolux de un luminario para alumbrado público.

Para que la información que proporciona una curva isolux pueda ser fácilmente aplicable para distintas alturas de montaje, las distancias en el plano de trabajo se expresan en relaciones de dicha altura, que se obtienen de dividir la distancia transversal o distancia longitudinal entre la altura de montaje.

La intensidad de iluminación para alturas de montaje distintas a la altura con la que se trazaron las curvas isolux, se obtiene multiplicando los luxes obtenidos con las relaciones entre la distancia transversal y distancia longitudinal con la nueva altura de montaje, por el factor de corrección proporcionado en la gráfica para dicha altura.

El factor de corrección se puede obtener también dividiendo el cuadrado de la altura de montaje dada (H) y el cuadrado de la nueva altura de montaje (h), es decir:

$$\text{Factor de corrección} = \frac{H^2}{h^2}$$

También es habitual expresar las curvas isolux en valores absolutos, definidas para una lámpara de referencia de 1000 lm y una *altura de montaje* de 1 m. Los valores reales se obtienen a partir de las curvas usando la fórmula:

$$E_{H \text{ real}} = E_{\text{curva}} \frac{\phi_{L \text{ real}}}{1000} \frac{1^2}{h^2}$$

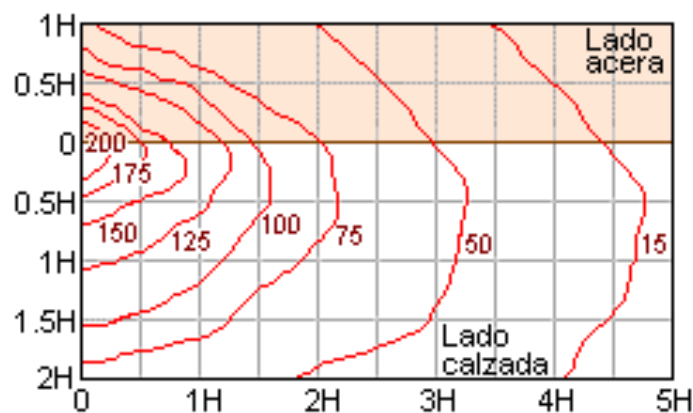


Fig.16 Ejemplo de curvas isolux definidas para una lámpara 1000 lúmenes.

➤ *Coefficiente de utilización*

El *coeficiente de utilización (CU)* se refiere a la relación de lúmenes que finalmente alcanzan el plano de trabajo entre los lúmenes totales generados por la o las lámparas. *Los coeficientes de utilización* son necesarios para calcular los *niveles promedios de iluminancia*, y se proveen en alguna de las siguientes formas: *una tabla de coeficientes de utilización o unas curvas de utilización*. La *tabla de coeficientes de utilización* es provista para luminarios que se usan en interiores, donde se aplica el cálculo de iluminación en interiores por el *método de cavidad zonal*. En estas tablas de coeficientes de utilización se relacionan los siguientes aspectos: la eficiencia, la distribución luminosa y la altura de montaje del luminario; y las reflectancias de techo, pared y piso del cuarto donde serán instalados.

Las *curvas de utilización* se proveen comúnmente para luminarios que se usan en vialidades. Normalmente se suministran dos curvas: la que corresponde a la emisión del lado calle y la del lado casa (acera). Es decir, el espacio a través del cual el luminario envía el flujo luminoso hacia el suelo se divide imaginariamente por medio de un plano vertical paralelo al eje de la calzada por iluminar y que pasa por el foco del propio luminario. Las *curvas de utilización* expresan el porcentaje de lúmenes utilizados que llegan a la superficie a varias razones de *distancia transversal a altura de montaje*. La información que muestran las curvas se aplica a calles de cualquier anchura, siempre que estas se den como una función de la *altura de montaje*. Las *curvas de utilización* se obtienen en función de la distribución luminosa del luminario, simetría y tipo de lámpara; y se establecen por integración del flujo útil sobre la superficie a 2π radianes, obteniéndose la *curva de utilización* para el semiplano del lado calle, y la curva correspondiente al lado casa. Es decir, la *curva de utilización* del lado calle corresponde a π radianes comprendidos entre 0° y 180° (ángulos de C), mientras que la curva del lado casa corresponde así mismo a π radianes, pero comprendidos entre 180° y 360° , tal y como se muestra en la figura en la que se explica la gráfica de distribución luminosa.

➤ *Criterio de espaciamento*

El *criterio de espaciamento* provee al diseñador de iluminación la información con respecto, a que distancia va a espaciar los luminarios, para mantener una iluminación uniforme sobre el plano de trabajo. El *criterio de espaciamento* es generalmente conservador, es decir, toma en cuenta el componente directo de iluminación e ignora el componente indirecto de luz que pueda contribuir significativamente a la uniformidad. Sin embargo, usando el *criterio de espaciamento* dentro de sus límites puede ser útil. Para usar el *criterio de espaciamento*, se multiplica la *altura de montaje* real (del luminario al plano de trabajo) por el valor del *criterio de espaciamento*. Esta relación es usada predominantemente para el cálculo de iluminación en interiores por el *método de cavidad zonal*.

1.1.4 Lámparas eléctricas

Existen tres grandes familias de fuentes luminosas:

- Incandescentes
- Descarga
 - Baja descarga de intensidad
 - Alta descarga de intensidad
- Luminiscencia

Las lámparas eléctricas se clasifican en:



Figura 17. Clasificación de lámparas eléctricas.

Las lámparas eléctricas deben cumplir con una eficacia luminosa, esta se indica en normas como la NOM-013-ENER-2004 y la NOM-007-ENER-2004.

➤ *Eficiencia del luminario*



$$\text{Eficacia luminosa} = \frac{\text{Flujo luminoso (lm)}}{\text{Potencia eléctrica (W)}}$$

Figura 18. Eficacia Luminosa

Características de las lámparas eléctricas:

TIPO	EFICACIA <i>lm/watts</i>	VIDA PROMEDIO EN HORAS	DEFINICIÓN DE COLOR
Incandescente	8 A 20	1,000 A 2,000	MB
Fluorescente	40 a 90	7,000 A 20,000	B
Aditivos metálicos	80 A 100	3,000 A 20,000	B
VSAP	77 A 130	24,000	R
VSBP	100 A 180	12,000	MM

Tabla 3 Características de las lámparas eléctricas.

1.1.5 Control de la luz

El control de la luz es la técnica mediante la cual se aprovecha al máximo el flujo luminoso de una fuente. Esto se obtiene mediante los fenómenos físicos de:

- Reflexión
- Refracción
- Transmisión
- Polarización
- Interferencia
- Difracción
- Difusión
- Absorción

Reflexión

Podemos ver los objetos desde cualquier posición lo que significa que reflejan la luz en todas las direcciones. Por tanto, podemos decir que casi siempre la reflexión de la luz es difusa.

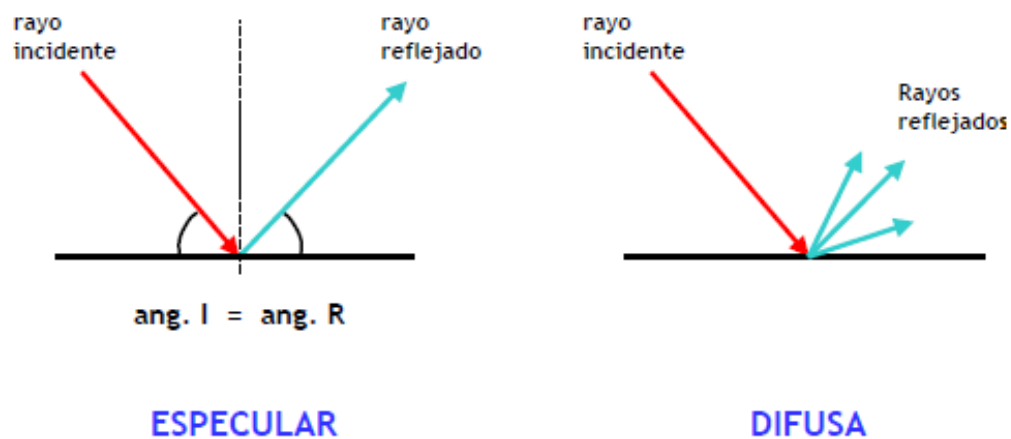


Figura 19. Tipos de reflexión

Refracción

Si vemos al fondo de una vasija con agua nos parece menos profunda de lo que en realidad es; si introducimos en ella un cuchillo lo observamos como si se hubiera doblado, si observamos un objeto a través de un lente lo veremos deformado.

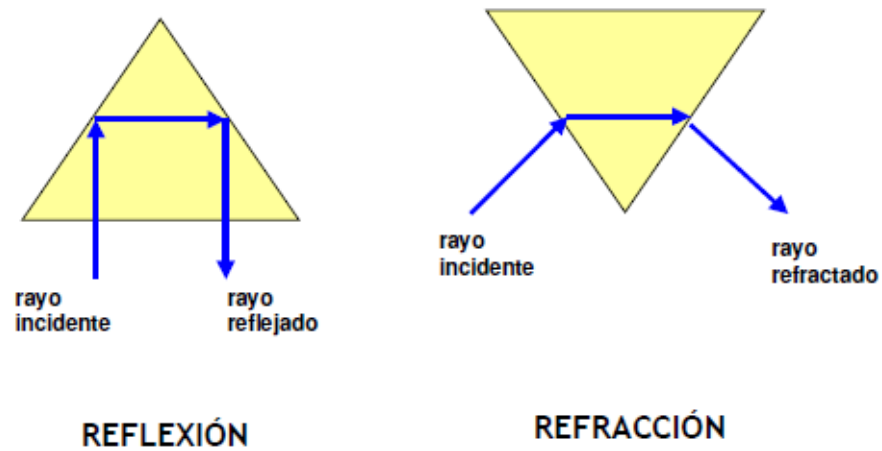


Figura 20. Control de la luz

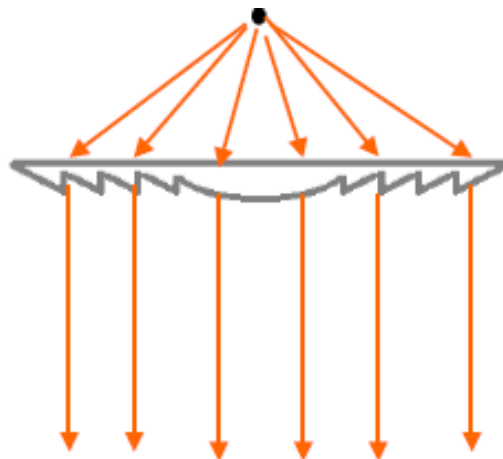


Figura 21. Control de la luz hacia abajo por la acción de la Refracción.

Estos fenómenos ocurren cuando la luz viaja combinando de medio; los rayos de luz se doblan en la superficie de separación de los dos medios. Este cambio de dirección se llama refracción.

Transmisión

Los materiales transparentes como el cristal, el vidrio o el acrílico permiten la transmisión de la luz con cambios poco apreciables en su dirección. Esto no significa que el 100% de la luz es transmitida. Si un rayo incide normal a la superficie de un vidrio claro, el 80% al 90% lo atravesará normalmente. Entre el 8% a 10% será reflejado y el resto absorbido. La cantidad de luz absorbida dependerá del ángulo de incidencia.

Diversos tipos de transmisión:

Transmisión directa: La transmisión directa se produce en materiales transparentes tales como el vidrio, el cual absorbe una cantidad mínima de luz.

Transmisión mixta: La transmisión mixta ocurre con materiales translucidos, donde la luz emerge en un ángulo más abierto que el de incidencia. La dirección del haz en general se mantiene igual y la fuente de luz es perceptible.



Figura 22. Transmisión mixta

Transmisión difusa: La transmisión difusa a través de materiales como el vidrio opalino o el acrílico lechoso disemina la luz en todas direcciones y oscurecen la imagen de la fuente de luz. Los difusores generalmente transmiten del 40% al 60% de la luz incidente.



Figura 23. Transmisión difusa.

1.1.6 Luminarias y sus características

Las luminarias son equipos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas que contiene todos los accesorios para fijarlos, protegerlos y conectarlos al circuito de alimentación. Una luminaria debe cumplir con características:

- Ópticas
- Mecánicas
- Eléctricas
- Estéticas

1.1.7 Curvas de distribución

➤ *Gráfica de curvas de distribución luminosa*

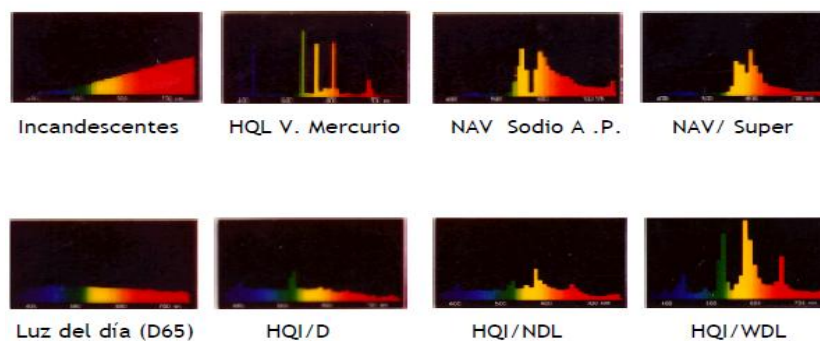


Figura 24. Curva de distribución espectral de diferentes lámparas.

Las curvas de distribución ayudan a clasificar a las luminarias de acuerdo a su intensidad luminosa la cual está medida en lúmenes estas son representadas con la imagen anterior, y ayudan a clasificar las lámparas en cut-off. Semi-cut-off y non-cut-off.

➤ *Coefficiente de mantenimiento*

Es la relación de la iluminancia promedio en el plano de trabajo después de un periodo determinado de uso de una instalación, y la iluminancia promedio obtenida al empezar a funcionar como nueva. Todo diseño de un sistema de iluminación debe considerar el factor (coeficiente) de mantenimiento.

El coeficiente de mantenimiento C_M desde el punto de vista de diseño de iluminación de la instalación, se puede considerar como el sobre dimensionamiento que se debe considerar en los valores iniciales de iluminancia horizontal de la edificación, para poder cumplir con los valores de iluminancia promedio horizontal mínimo mantenidos durante su funcionamiento.

El Coeficiente de mantenimiento está dado por la fórmula:

$$C_M = F_E \times DLB \times F_b$$

En donde:

C_M = Coeficiente de mantenimiento de la instalación.

F_E = Depreciación de la luminaria por ensuciamiento.

DLB Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla

F_b = Factor del balastro

Depreciación producida por la suciedad acumulada en la luminaria F_E . Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies del local, unido a la disminución de flujo luminoso que experimentan las bombillas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ellas, descienda sensiblemente.

La acumulación de polvo sobre las luminarias y bombillas, está afectada por el grado de ventilación, el ángulo de inclinación, el acabado de las superficies que forman las luminarias y el grado de contaminación del ambiente que las rodea.

La mayor pérdida de iluminación en una instalación proviene de la suciedad, que se deposita sobre las bombillas y las luminarias, reduciendo la disminución de luz de las mismas no solo por la disminución de la emitida directamente por las propias bombillas, sino también por reflexión y refracción en las superficies empleadas para tal fin.

Con el fin de garantizar una iluminación adecuada, se deben aplicar los siguientes criterios de mantenimiento:

- a. En locales con alto grado de contaminación se debe utilizar luminarias herméticas.
- b. Los cristales de las ventanas y las superficies que forman techos y paredes deben ser limpiados periódicamente para mantener la transmisión de luz natural y la reflectancia de las mismas.
- c. La limpieza o repintado de las paredes y techos tendrá gran importancia de las mismas.
- d. Las luminarias deben ser limpiadas regularmente, sobre todo las superficies reflectoras y difusoras. Si incorporan difusores de plástico, bien sea liso o prismático, y están envejecidos por el uso, deberán ser sustituidos.
- e. La realización de una limpieza programada a intervalos regulares, permite mantener de una forma más constante los niveles de iluminación de un local. Para obtener una máxima

ventaja económica, el intervalo de limpieza deberá mantener una relación con el intervalo de reposición de las bombillas.

Depreciación por disminución del flujo luminoso de la bombilla *DLB* . En el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de iluminación, se debe utilizar la información que el fabricante suministre sobre las características de las posibles bombillas a utilizar y las condiciones inherentes al comportamiento descrito por las mismas.

Un nivel de iluminación adecuado propicia:

En las calles

- Crea condiciones de seguridad.
- Reduce el índice de criminalidad.
- Reduce los accidentes de tráfico.
- Fomenta el desarrollo las 24 horas del día provocando mayor tiempo para el comercio.
- Embellece el lugar produciendo un aspecto atractivo, agradable para los propios promoviendo el turismo.
- Es indicativo de la cultura y el progreso de una localidad.

1.1.8 Niveles de Iluminación

El nivel de iluminación es sólo una de las características de las instalaciones luminosas, sin embargo, es obvio que sin la exigencia básica de una iluminación adecuada, es decir, sin un nivel de iluminación suficiente, no se puede llevar a cabo ninguna tarea visual de un modo correcto, rápido, seguro y fácil. Los requisitos cuantitativos de una buena iluminación varían con la naturaleza de la actividad, y son principalmente función de la dificultad de la tarea visual según el tamaño del detalle, brillo o contraste de color y velocidad exigidos.

Otros factores tales como el tiempo en que el trabajo va a realizarse, las condiciones de los alrededores y el estado fisiológico de los ojos que han de hacer el trabajo tienen importancia. Son la cantidad de energía radiante medida en un plano de trabajo donde se desarrollan actividades, expresados en lux. De la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Los niveles mínimos de iluminación que deben presentarse en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la Tabla 4. h)1.

TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO	ÁREA DE TRABAJO	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUX)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.	Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Áreas de proceso de gran exactitud.	2,000

Tabla 4. h) 1. Niveles mínimos de iluminación.

1.1.9 Uniformidad

Debe haber uniformidad de iluminación para evitar deslumbramientos al usuario, así como evitar accidentes como choques y descontrol por ejemplo en un sistema de alumbrado público, en un estacionamiento u escuela.

1.1.10 Calidad de la iluminación

Puntos clave a tener en cuenta para una buena iluminación Industrial:

- *Luz suficiente:* Tener niveles adecuados de luz, según la naturaleza de la tarea visual.
- *Iluminación Uniforme:* Una iluminación general con un alto grado de uniformidad, garantiza total libertad a la hora de situar la maquinaria y los bancos de trabajo.(en cualquier punto 200 *lux*)
- *Buena Iluminación vertical:* En ciertos trabajos la tarea visual está localizada en el plano vertical. Se puede recurrir a las empotradas en el techo que ofrecen una distribución asimétrica de la luz.
- *Fuentes de luz bien apantalladas:* En alturas de montaje bajas es fundamental el uso de pantallas con rejillas que proporcionen el apantallamiento en la dirección crítica, y evitar el deslumbramiento.
- Debe de obtenerse el mejor rendimiento y la máxima economía en toda instalación de iluminación.
- No debe olvidarse el efecto decorativo y funcional de una buena iluminación.

Tipos de iluminación para interiores

Son las diversas formas en que se deben ubicar las fuentes luminosas (aparatos lumínicos) para solucionar problemas visuales, los cuales deben estar en forma proporcional para satisfacer una adecuada operatividad visual a realizarse en determinado ambiente constructivo.

- *Iluminación directa:* Es aquella en la cual la fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área de trabajo o el área a iluminarse.
- *Iluminación Semi-directa:* Es la que la proyección del flujo luminoso que sale al área de trabajo proviene de la combinación de la luz directa de la fuente de luz y una parte del flujo luminosos que se refleja en las paredes techos y mobiliario.
- *Iluminación Indirecta:* Es en la que la fuente luminosa es dirigida a una pared, techo o a un mobiliario la cual o las cuales reflejan al flujo luminoso a la zona a iluminarse.
- *Iluminación Semi-indirecta:* Es aquella en la cual el manantial emite flujos luminosos, unos inciden en el techo o en otro tipo de superficie que los refleja hacia la zona de trabajo, otras traspasan directamente superficies opacas y se distribuyen en todas las direcciones y uniformemente en la zona de trabajo.
- *Iluminación Difusa:* Es aquella en la que la fuente luminosa emite rayos, los cuales son dirigidos directamente a una superficie opaca y al traspasarlas se reparten uniformemente en todas las direcciones del área de trabajo.

1.1.11 Análisis comparativo

El análisis comparativo es de suma importancia para un buen sistema de iluminación, ya que es importante observar la ventajas y desventajas que se presentan con diferentes tipos de lámparas y luminarias ya sea a partir de la nueva tecnología o por ejemplo el alumbrado que tenemos hoy en día desde no hace más de veinte años. En cuanto a uniformidad, calidad de la iluminación y el análisis comparativo de las lámparas se realizan pruebas de laboratorio a éstas para determinar la uniformidad que presentan, por la cual generan cierta calidad de iluminación y se realiza el análisis comparativo de acuerdo a lo establecido por las normas oficiales mexicanas NOM-001-SEDE-2004, como pueden ser la NOM-007-2004, LA NOM-013-ENER-2004, NOM-058-SCFI-1999, NOM-064-SCFI-2000, entre otras.

1.1.12 Características de los locales

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

En estas sensaciones influirán muchos factores como los estéticos, los psicológicos y el nivel de iluminación.

Como principales aspectos a considerar se presentan:

- i. El deslumbramiento
- ii. Lámparas y luminarias
- iii. El color
- iv. Sistemas de alumbrado
- v. Métodos de alumbrado
- vi. Niveles de iluminación
- vii. Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento

I. Deslumbramiento

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

Existen dos formas de deslumbramiento, el **perturbador** que consiste en la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa; por ejemplo al conducir de noche se cruza un coche con las luces largas; el **molesto** consiste en una sensación molesta provocada porque la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa produciendo fatiga visual.

Pueden producirse deslumbramientos de dos maneras. La primera es por observación directa de las fuentes de luz; por ejemplo, ver directamente las luminarias; y la segunda es por observación indirecta o reflejada en alguna superficie, por ejemplo, un espejo, un mueble, un cristal, etc.

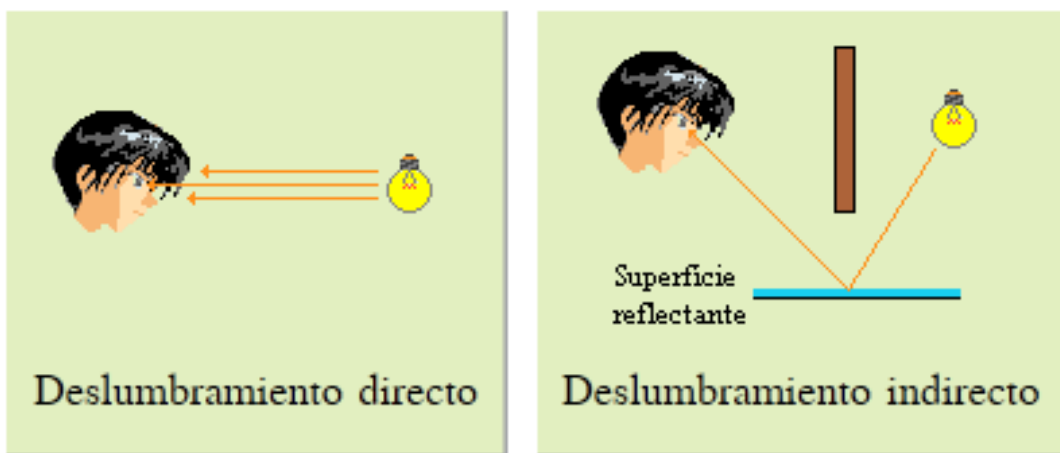


Fig. 25 Maneras de deslumbramiento.

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

II. Lámparas y Luminarias

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

Ámbito de uso	Tipos de lámparas más utilizados
Doméstico	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescente • Fluorescente • Halógenas de baja potencia • Fluorescente compactas
Oficinas	<ul style="list-style-type: none"> • Alumbrado general: Fluorescentes • Alumbrado localizado: incandescentes y halógenas de baja tensión.
Comercial (depende de las dimensiones y características del comercio)	<ul style="list-style-type: none"> • Incandescentes • Halógenas • Fluorescentes • Grandes superficies con techos altos: mercurio a alta presión y halogenuros metálicos
Industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Luminarias situadas a baja altura $\leq 6m$: fluorescentes • Luminarias situadas a gran altura $>6m$: lámparas de descarga a alta presión montadas en proyectores • Alumbrado localizado: incandescentes
Deportivo	<ul style="list-style-type: none"> • Luminarias situadas a baja altura: fluorescentes • Luminarias situadas a gran altura: lámparas de vapor de sodio de alta presión, halogenuros metálicos y vapor de sodio a alta presión

Tabla 5. Tipos de lámparas y luminarias más utilizados de acuerdo al ámbito de uso.

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

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

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

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

III. El color

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

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

TEMPERATURA DE COLOR RELACIONADA	APARIENCIA DE COLOR
$T_c > 5.000K$	FRÍA
$3.300 \leq T_c \leq 5.000K$	INTERMEDIA
$T_c < 3.300K$	CÁLIDA

Tabla 6. Apariencia en color de las lámparas determinada por su temperatura.

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

ILUMINANCIA	APARIENCIA DEL COLOR DE LA LUZ		
	CÁLIDA	INTERMENDIA	FRÍA
$E \leq 500$	AGRADABLE	NEUTRA	FRÍA
$500 < E < 1.000$	↕	↕	↕
$1.000 < E < 2.000$	ESTIMULANTE	AGRADABLE	NEUTRA
$2.000 < E < 3.000$	↕	↕	↕
$E \geq 3.000$	NO NATURAL	ESTIMULANTE	AGRADABLE

Tabla 7. Valor de la Iluminancia de acuerdo a la apariencia del color de la luz.

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

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

Tabla 8. Apariencia de color y rendimiento en color (CIE Comisión Internacional de la Iluminación)

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

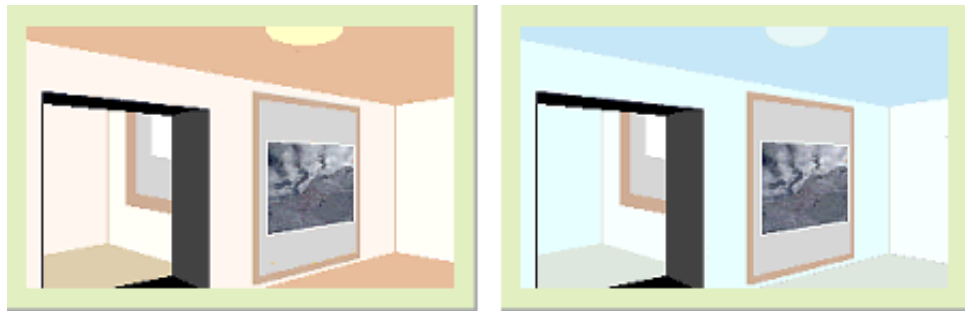


Figura 26. Influencia del color en el ambiente.

IV. Sistemas de alumbrado

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

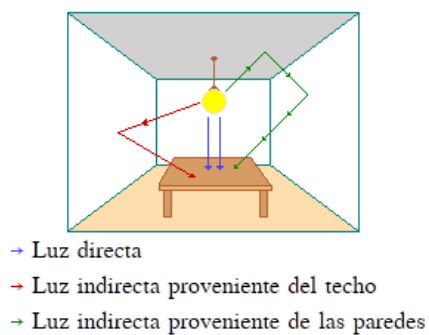


Figura 27. Sistemas de iluminación

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

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

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

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

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

V. Métodos de alumbrado

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

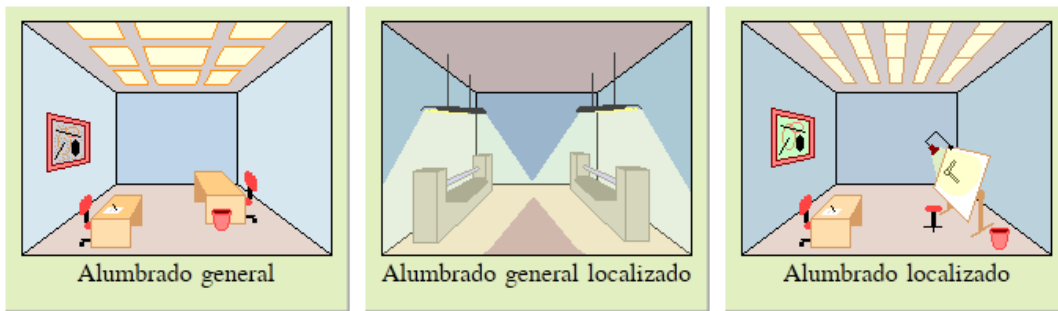


Figura 28. Métodos de alumbrado.

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

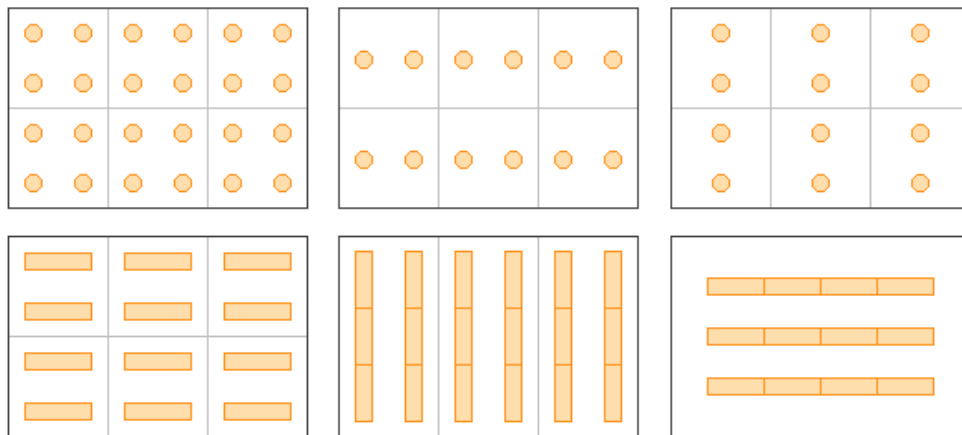


Figura 28. Ejemplos de distribución de luminarias en alumbrado general.

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

En primer lugar, si la diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande se puede producir deslumbramiento molesto. El otro inconveniente es qué pasa si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo; es evidente que si no podemos mover las luminarias tendremos un serio problema. Podemos conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo. Una alternativa es apagar selectivamente las luminarias en una instalación de alumbrado general.



Figura 29. Alumbrado general.

Empleamos el alumbrado localizado cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio. Recurriremos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales. Un aspecto que hay que cuidar

cuando se emplean este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

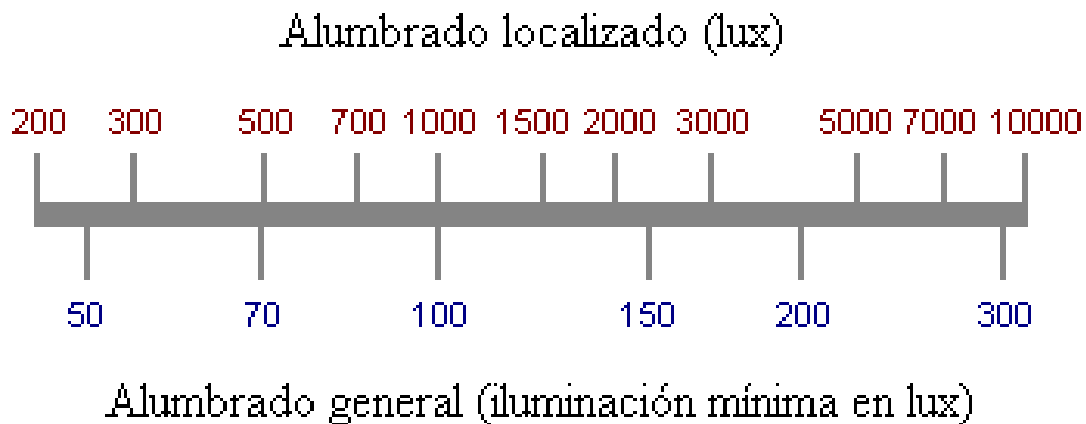


Figura 30. Relación entre el alumbrado general y el localizado.

VI. Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes. En el primer caso estarían las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o los locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria...) con iluminancias entre 50 y 200 lx. En el segundo caso tenemos las zonas de trabajo y otros locales de uso frecuente con iluminancias entre 200 y 1000 lx.

Por último están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (más de 1000 lx) porque se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle que se puede conseguir con iluminación local.

Tareas y clases de local	Iluminancia media en servicio (lux)		
	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
Centros docentes			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
Oficinas			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
Comercios			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
Industria (en general)			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

Tabla 9. Iluminancias recomendadas según la actividad y el tipo de local.

En la tabla anterior tenemos un cuadro simplificado de los niveles de iluminancia en función del tipo de tareas a realizar en el local. Existen, no obstante, tablas más completas en la bibliografía donde se detallan las iluminancias para todo tipo de actividades humanas.

VII. Depreciación de la eficiencia luminosa y mantenimiento

El paso del tiempo provoca sobre las instalaciones de alumbrado una disminución progresiva en los niveles de iluminancia. Las causas de este problema se manifiestan de dos maneras. Por un lado tenemos el ensuciamiento de lámparas, luminarias y superficies donde se va depositando el polvo. Y por otro tenemos la depreciación del flujo de las lámparas. En el primer caso la solución pasa por una limpieza periódica de lámparas y luminarias. Y en el segundo por establecer un programa de sustitución de las lámparas. Aunque a menudo se recurre a esperar a que fallen para cambiarlas, es recomendable hacer la sustitución por grupos o de toda la instalación a la vez según un programa de mantenimiento. De esta manera aseguraremos que los niveles de iluminancia real se mantengan dentro de los valores de diseño de la instalación.

1.1.13 Estética

La iluminación tiene un valor expresivo ya que puede resaltar o suprimir formas y crear un ambiente determinado que produzca muy diversas sensaciones. Se pueden distinguir dos tipos básicos de iluminación: iluminación suave e iluminación dura. Para conseguir crear luminosidad y contraste se usan cuatro fuentes de luz:

- **Iluminación principal.**- Es la que proporciona la mayor parte de luz a la escena.
- **Iluminación de relleno.**- Tiene la función de suavizar los contrastes que origina el foco principal y así eliminar algunas sombras.
- **Iluminación posterior.**- Tiene la función de dar relieve al sujeto y separarle del fondo. El foco posterior está situado detrás del personaje y actúa a manera de contraluz.
- **Iluminación de fondo.**- Ilumina el escenario y da relieve al decorado.

Las tomas exteriores, sobre todo en días soleados, exigen controlar el contraste existente mediante el uso de reflectores que suavicen las sombras. Los días nublados son los mejores para hacer registros exteriores ya que la luz es más suave y uniforme generando menos contraste.

Iluminación suave o iluminación tonal.- Es una iluminación difusa que reduce los contrastes excesivos y permite apreciar bien los detalles a la sombra. Es menos dramática que la iluminación dura y proporciona una apariencia agradable a las personas.

Iluminación dura o iluminación de claro y oscuro.- Es una iluminación direccional que sirve para destacar las formas y los contornos de las personas y los objetos. Produce un fuerte contraste. Cuando se utiliza una iluminación dura las personas pueden aparecer con una imagen amenazadora. Un ejemplo extremo de este tipo de iluminación, es la conocida broma de campamento que consiste en asustar por la noche sosteniendo una linterna por debajo de la cara, de manera que las sombras y los duros contrastes desfiguren el rostro dándole una apariencia agresiva.

CAPÍTULO 2

REDES DE ALUMBRADO

OBJETIVO:

Establecer las condiciones óptimas de alumbrado en función de las características del tipo del área de tránsito.

2.1 UNIDADES DE ILUMINACIÓN

La necesidad de expresar la intensidad fue resuelta al escoger una fuente luminosa patrón, la que se ha convenido en darle el valor 1, y en la práctica se conoce como bujía decimal. En 1881, en el congreso de electricistas se propuso una unidad absoluta de intensidad luminosa, la cual lleva el nombre del autor M. Violle; "El violle es la intensidad de la luz emitida normalmente por 1cm^2 de la superficie libre del plano, a la temperatura de solidificación.

A partir del año 1948 se ha aceptado universalmente una nueva unidad fotométrica, propuesta por la Comisión Internacional de Iluminación (ICI), que se llama Bujía Internacional o ICI; esta unidad es equivalente a $1/60$ de la intensidad luminosa por cm^2 de un cuerpo negro radiador que opera a la temperatura de solidificación de platino. Con esta unidad fotométrica se han calibrado lámparas de filamento de carbón que sirven de patrones en los laboratorios.

Cuando los rayos de una fuente luminosa de una bujía internacional de intensidad, inciden normalmente sobre una superficie blanco-mate colocada a 1 metro de distancia de la fuente, la iluminación de la superficie es de un lux, o bujía metro. Si la pantalla que recibe los rayos normales está colocada a la distancia de un centímetro, la iluminación producida se llama *phot*, unidad que pertenece al sistema cgs. De lo anterior se tiene:

$$BUJÍA - METRO = \frac{BUJÍA}{m^2}$$

$$LUX = \frac{BUJÍA}{m^2}$$

$$FOT = \frac{BUJIA}{cm^2}$$

La unidad en el **CGS** de iluminación (*fot*) es demasiado grande para ser usada en problemas prácticos, por esta razón el uso de lux está generalizado. La relación entre estas unidades se obtiene como sigue:

$$BUJIA = lux \times m^2$$

$$BUJIA = fot \times cm^2$$

Transformando el m^2 , en cm^2 , e igualando los segundos miembros se obtiene:

$$fot = 10000 lux$$

Como la unidad más usada es el lux , su relación nos dice:

$$lux = \frac{BUJIA}{m^2}$$

Y si en ella, hacemos la iluminación $lux = A$, la intensidad bujía igual "I" y la distancia en metros igual a "d", obtendremos la fórmula que sirve para calcular la iluminación:

$$A = \frac{I}{d^2}$$

E indica que la iluminación normal a una superficie, es proporcional a la intensidad del foco e inversamente al cuadrado de la distancia a que se encuentra de la superficie. En las ciudades cultas el alumbrado se hace por medio de la energía eléctrica, y en este caso los focos eléctricos que se expenden en el comercio están graduados en watts, es decir, en cantidad de energía que consumen cada watt de potencia, es equivalente a 1.1 bujías de intensidad.

De ahí que la intensidad lumínica de un foco eléctrico se obtiene multiplicando su potencia en watts por 1.1 y el resultado es en bujías. En la Ingeniería de Iluminación se mide la luz en forma de cantidad de energía lumínica, siendo una de las unidades más usadas el lumen, la cual representa la cantidad de luz que produce una bujía sobre un metro cuadrado de la superficie interior de una esfera cuando la bujía ocupa el centro de la esfera y esta tiene un radio es de 12.56 metro cuadrado, 12.56 lúmenes es el flujo luminoso que irradia una bujía; si 1cm^2 de superficie irradia o refleja un flujo luminoso de un lumen, su brillo es de un Lambert.

2.2 IMPORTANCIA DE LA ILUMINACIÓN

Existen diversos factores que debemos tomar en cuenta acerca de la iluminación dependiendo de la situación y lugar requerida a iluminar.

Estos factores son debido a:

- *Protección y seguridad:* Se debe tener en cuenta si las luminarias deberán estar protegidas contra polvo o humedad u otro tipo de protecciones según los requerimientos.
- *Requerimientos ambientales:* Hay distintos tipos de ambientes que requieren protección como por ejemplo: bajas temperaturas en cámaras frigoríficas o protección contra desprendimiento o rotura de lámparas en industrias alimenticias.
- *Nivel de iluminación:* Aquí nos basamos en normas indicando los niveles necesarios según el tipo de industria, aunque a veces es necesario fijar niveles según el tipo de tarea visual ya que en una misma nave industrial se pueden realizar tareas visuales diferentes.
- *Sistemas de iluminación:* Puede depender de varios aspectos.

Para zonas de circulación como criterio mínimo el nivel de iluminación es razonable tomar en cuenta la percepción visual del rostro humano. Para poder distinguir como mínimo los rasgos de un rostro humano se necesita una luminancia aproximada de 1 cd/m^2 , lo que requiere una iluminancia horizontal de unos 20 lux . Por esta razón se considera 20 lux como el valor mínimo de iluminación en todas las zonas donde circulan personas, o sea, zonas en las que no se realiza ningún trabajo. El alumbrado público es un sistema de iluminación de lugares o zonas públicas, con tránsito vehicular y peatonal, normalmente en exteriores, que proporciona una visión confortable durante la noche o en zonas oscuras.

2.3 CONCEPTOS Y SUS UNIDADES

Flujo Luminoso: Es la cantidad total de luz emitida por segundo por una fuente luminosa. Se define también como la unidad de potencia de $\frac{1}{683} \text{ W}$ emitidos entre la longitud de onda con una frecuencia. Por otra parte se define como la potencia W emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible.

Intensidad Luminosa: Se conoce como intensidad luminosa de una fuente al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo que contiene la dirección dada. Es un manantial de luz que irradia con determinada claridad, un flujo luminoso al incidir sobre una superficie produce en ésta una cierta iluminación, a la que se conoce como intensidad de iluminación, y se mide en *candela cd* .

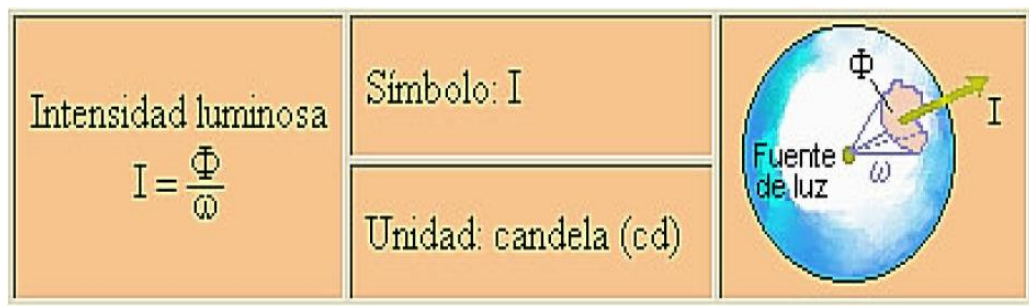


Figura 31. Intensidad Luminosa

$$I = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Ángulo Sólido}} = \frac{\phi}{\varpi} = \frac{lm}{1\varpi} = 1cd$$

Candela: Es la unidad que se utiliza para medir la intensidad luminosa en la dirección perpendicular de una superficie de 1/600 000 metros cuadrados de un cuerpo negro a la temperatura de congelación del platino bajo una presión de 101,325 newton por metro cuadrado. Es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz.

Ángulo Sólido: Su unidad es el estereorradián, que puede definirse como en la superficie de una esfera de $R \text{ cm}$ radio, cabe imaginarse un área de $R^2 \text{ cm}^2$. Si el radio de la esfera se mueve, siguiendo el contorno de esa área, describirá un cono que contiene una unidad de ángulo sólido, es decir, un *estereoradian* . La medida del ángulo sólido se obtiene dividiendo el área por el cuadrado del radio, esto es:

$$\varpi = \frac{A \text{ cm}^2}{R^2 \text{ cm}^2} = \frac{A}{R^2} \Rightarrow \text{estereoradian}$$

Considerando que el área de toda la superficie de una esfera es $4\pi R^2$, tendríamos que el ángulo sólido alrededor del centro es:

$$\varpi = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \Rightarrow \text{estereoradian}$$

Lumen : Es la unidad de flujo luminoso que equivale al flujo emitido en un ángulo sólido unitario por una fuente cuya potencia media esférica es de una candela.

Lux : Es la unidad de iluminación o iluminancia equivalente a un lumen sobre metro cuadrado.

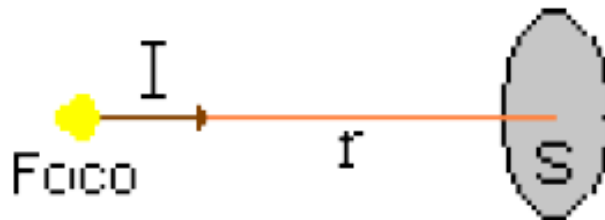


Figura 32. Definición gráfica de la unidad *lux*

Iluminancia: Posiblemente jugando alguna vez a iluminar con una linterna objetos situados a diferentes distancias. Si se pone la mano delante de la linterna se puede observar que está fuertemente iluminada por un pequeño círculo y si se ilumina una pared lejana el círculo es grande y la luz débil. Esta sencilla experiencia define el concepto de iluminancia.

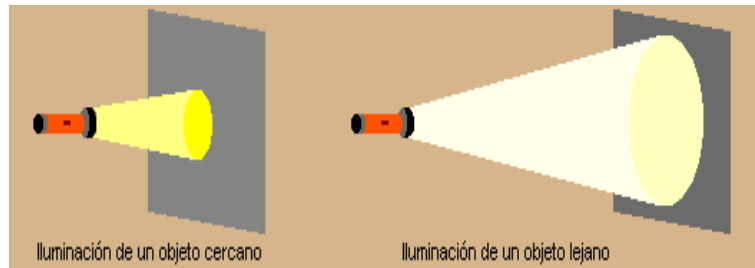


Figura33. Concepto de Iluminancia

Iluminancia es la medida de la cantidad de luz incidente en un área dada. Su unidad en el Sistema Internacional es el $lux = \frac{lumen}{m^2}$

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

Figura 34. Ecuación de Iluminancia (lux).

Un lux es la iluminación en un punto (A) sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual de una candela.

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

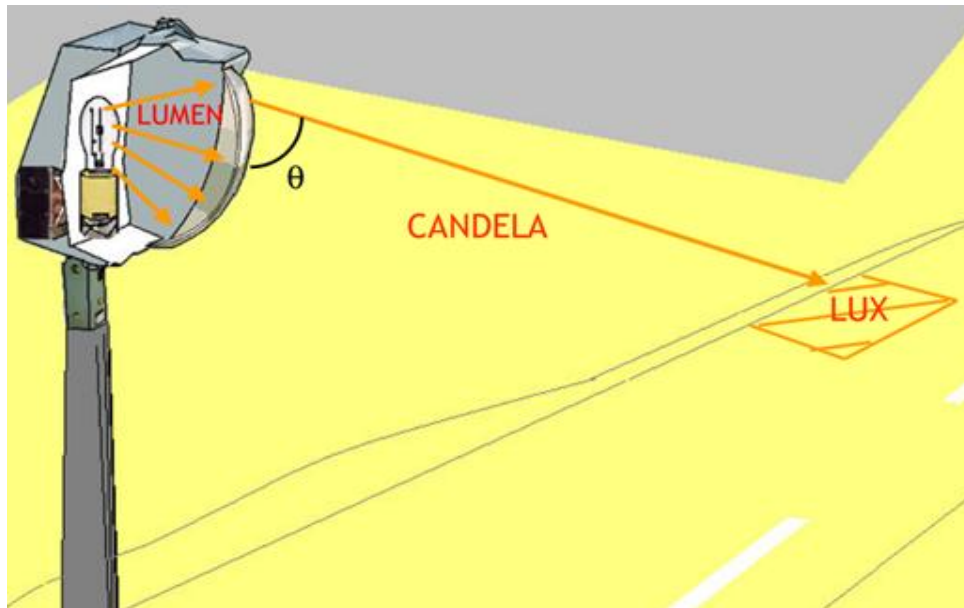


Figura 35. Representación gráfica de las unidades de iluminación

1. *Luminancia*: Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la $\frac{cd}{m^2}$.
2. La luminancia se expresa de dos formas en candelas por unidad de superficie o en lúmenes por unidad de superficie.
3. *Fotocandela*: Es la unidad de iluminación o iluminancia equivalente a un lumen sobre pie cuadrado.
 - i. Para tomar mediciones de fotometría se utiliza el fotogoniómetro de espejo.
 - ii. **Foto** (Del griego foto, de la raíz de phós, photós, luz).
 - iii. **Gono** (Del griego de la raíz gonia, ángulo)
 - iv. **Metro** (Del griego, metrón, medida)

FOTOGONIÓMETRO: Medición de la luz en ángulos.



Figura 36. Fotogoniómetro



Figura 37. Fotogoniómetro contemporáneo

En unidades americanas se tiene el:

$$\text{pie bujía} = \frac{\text{lumen}}{\text{pie}^2}$$

1. *Bujía o Candela*: Se define como la intensidad en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite una radiación monocromática $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ y la intensidad radiante en esa dirección es de:

$$\frac{1}{683} \frac{\text{watts}}{\text{estereoradian}}$$

La equivalencia es:

$$1 \text{ pie bujía} = 10.76 \text{ lux}$$

2. *La Brillantez subjetiva:* Es el atributo subjetivo de cualquier sensación luminosa que da lugar a la escala completa de cualidades de ser reluciente, iluminado, brillante, empañado u oscuro.
3. *Absorción, reflexión y transmisión:* Son los procesos generales por los cuales un flujo luminoso incidente interacciona con un medio. *La Absorción* es el proceso por medio del cual el flujo incidente se disipa. *La Reflexión* es proceso por el cual el flujo incidente deja una superficie o medio por el mismo lado de incidencia. La reflexión puede ocurrir como en un espejo (reflexión espectacular), reflejarse en ángulos distintos al del flujo incidente con el plano de incidencia (reflexión difusa), o puede ser una combinación de los dos tipos de reflexión.
4. *La Transmisión:* Es el proceso por el cual el flujo incidente abandona una superficie o medio por un lado distinto al incidente. Si el rayo de luz se reduce solo en intensidad, la transmisión se llama regular. Si el rayo emerge en todas direcciones, la transmisión se llama difusa. Ambos modos pueden existir combinados.

$$\text{Flujo incidente} = \text{Flujo Absorbido} + \text{Flujo Reflejado} + \text{Flujo Transmitido}$$

5. *Medidores de Luz:* Son instrumentos de medición que sirven para medir la luminancia en Luxes.

6. *Fuentes Luminosas:* La original y mayor fuente de luz es el Sol. En seguida está el fuego de velas, aceite y lámparas de gas. Con el descubrimiento de la electricidad vinieron los diferentes tipos de lámparas que existen hoy en el mercado, a estas le llamaremos en adelante fuentes de luz artificial.

2.4 ELEMENTOS DE UNA RED DE ALUMBRADO PÚBLICO

Los elementos que componen a una red de alumbrado público se la enlistan de la siguiente manera:

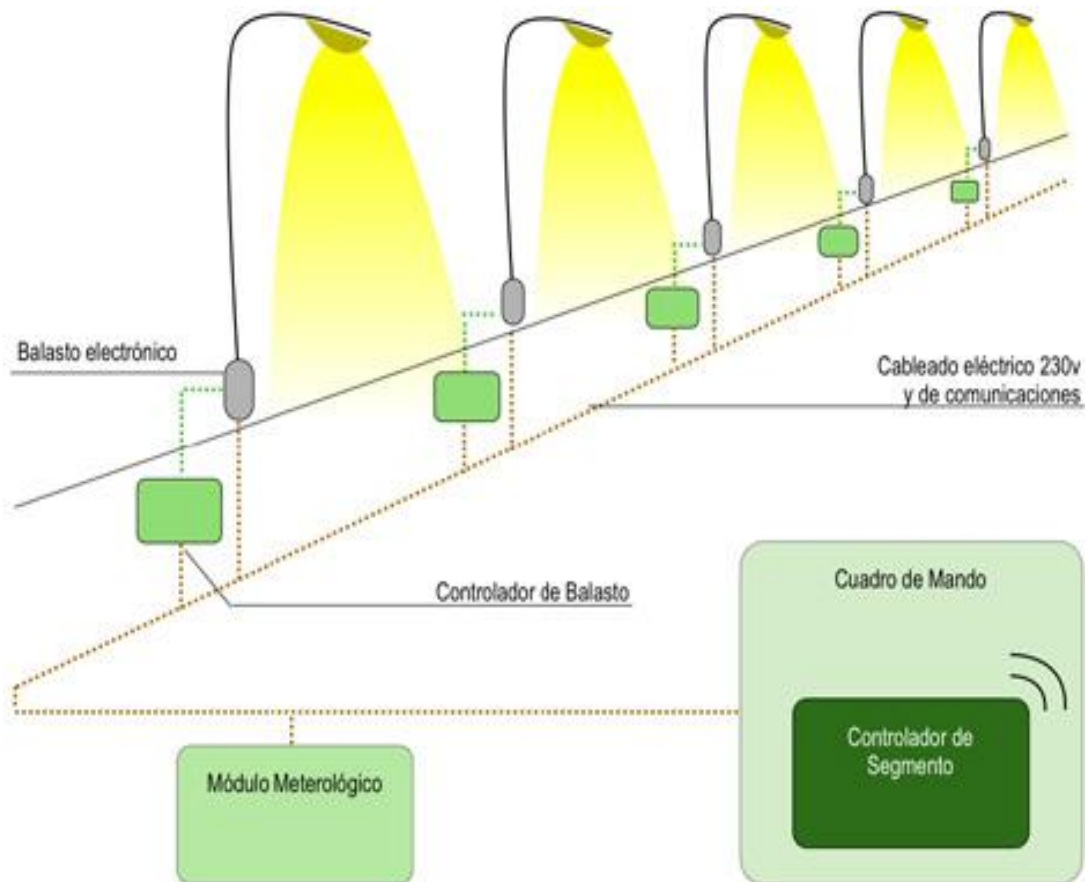


Figura 38. Red de alumbrado público.

1. Ductos:

- Colocado en banquetas: junteado con mortero de cemento 1:3
- Colocado en arroyo: ahogado en concreto de $F'c= 150 \text{ kg/cm}^2$

2. Registros

- Registros sencillos: 50 x 65 x 63.8 cm
- Registros dobles: 60 x 80 x 123.8 cm

3. Cimientos

- Para postes de 4.50 y 5.50 m
- Para postes de 7 a 9 m
- Para postes de 12 m
- Para postes de 20, 25 y 30 m

4. Base laminada

- Ligera (Envolvente de 1/8"; base y corona 1/4")
- Pesada (Envolvente de 1/8"; base y corona 3/8")
- Extra pesada (Envolvente de 1/4"; base y corona 1/2")

5. Postes

- Tipo colonial: 4.50, 5.00m de altura
- Tipo oriental troncocónico

6. Balastros

- Integrales
- Remotos

Los balastos son dispositivos para iniciar el arco eléctrico y controlar la corriente que circula por una lámpara de alta intensidad de descarga, aparte de las funciones anteriores, agregando accesorios, buen diseño y construcción, es posible lograr lo siguiente:

- Alto factor de potencia
- Baja producción de armónicas
- Eliminación de las interferencias que ocasionan la lámpara en el radio o en la T.V.
- Disminuir el efecto de las variaciones del flujo luminoso de la lámpara debido a la variación del voltaje de alimentación.

Los balastos deben también cumplir con otros aspectos, como son:

- Un pequeño volumen con una pequeña sección
- Poco peso
- Bajo calentamiento
- Bajas pérdidas
- Bajo precio
- Larga vida

Deben proporcionar el voltaje de arranque con +10% de tensión normal.

7. Luminarias

- Para lámparas de vapor de sodio de alta presión
- Para lámparas de aditivos metálicos

Las luminarias deben asegurar la protección de las personas contra los contactos eléctricos. Según el grado de aislamiento eléctrico, las luminarias pueden clasificarse como:

Clase 0: Luminaria con aislamiento funcional, pero sin aislamiento doble ni reforzado en su totalidad y sin conexión a tierra.

Clase I: Luminaria con al menos aislamiento funcional en su totalidad y con el terminal o contacto de conexión a tierra.

Clase II: Luminaria con aislamiento doble y/o aislamiento reforzado en su totalidad y sin provisión para descarga a tierra.

Clase III: Luminaria diseñada para se conecte a circuitos de voltaje extra-bajo, y que no tiene circuitos, que operen a un voltaje que no sea el extra-bajo de seguridad.

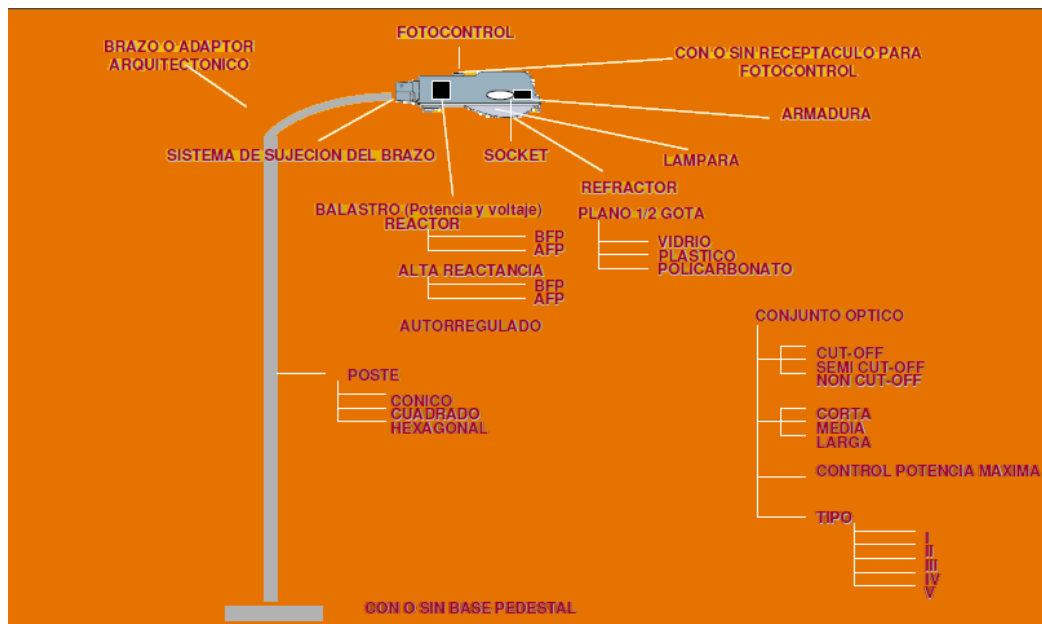


Figura 39. Diagrama de luminaria con los conceptos principales.

8. Lámparas

- a) Lámpara de vapor de sodio de alta presión
- b) Lámpara de aditivos metálicos

9. Conductores eléctricos

- Con aislamiento para 600 volts
- Con aislamiento hasta 1000 volts
- Con aislamiento para 2000 volts

Los conductores eléctricos permiten conducir el flujo eléctrico a cada uno de los circuitos y luminarias del sistema desde los centros de control y la alimentación de estos centros desde los puntos de alimentación de energía eléctrica.

10. Foceldas

- Para 1000 watts, 1800 Va, 110-130 V
Conecta: de 5 a 20 luxes
- Para 1000 watts, 1800 Va, 176 – 230 V
Desconecta: de 25 a 100 luxes.

11. Combinaciones Contactor-Interruptor

- Para operar circuitos monofásicos
- Para operar circuitos trifásicos

12. Elementos varios

- Conectores
- Cintas aislantes
- Condulets

- Varillas copper-weld

2.5 CRITERIOS DE UNA INSTALACIÓN DE ALUMBRADO

Los criterios de calidad más importantes para una instalación de alumbrado desde el punto de vista del rendimiento y comodidad visuales son:

- **Nivel de luminancia**

En la superficie de una calzada influye sobre la sensibilidad a los contrastes del ojo del conductor y sobre el contraste de los obstáculos en la carretera con respecto a su fondo; tiene, por consiguiente, una influencia directa sobre el rendimiento visual de los conductores.

- **Uniformidad de la luminancia en la superficie de la carretera**

Una luminancia de adecuada uniformidad es importante tanto para el rendimiento como para la comodidad visual del conductor de un vehículo.

- **Limitación del deslumbramiento**

En el alumbrado exterior se utilizan dos criterios relacionados con la noción de deslumbramiento fisiológico o perturbador se califica en términos de rendimiento visual; el deslumbramiento psicológico o molesto se califica en términos de comodidad. Se deben tomar medidas en la geometría de la instalación para que permita una orientación visual. Este conjunto de medidas han de transmitir al usuario una imagen rápida para que inmediatamente identifique el curso de la vía y particularmente de la dirección que debe seguir a una distancia que dependerá del límite de velocidad permitida.

En el transcurso de la noche, la orientación visual en una vía no iluminada se restringe al área que cubren los faros del vehículo. Una disposición de luminarias que siga con exactitud la dirección de la calzada mejora la orientación y contribuye así a la seguridad y conveniencia de sus usuarios. Al proyectar una instalación de alumbrado público hay que pensar en una adecuada orientación del usuario y en espacial en las zonas conflictivas donde la orientación del usuario puede ser errónea.

2.6 CLASIFICACIÓN DEL ALUMBRADO



2.7 PRUEBAS DE UN SISTEMA DE ALUMBRADO

Pruebas de laboratorio:

- Pruebas Eléctricas
- Pruebas Fotométricas
- Pruebas Mecánicas

EL laboratorio de alumbrado público del Gobierno del Distrito Federal. Ubicado en Lebrija No. 196 Col. Cerro de la Estrella, C.P. 09860, Delegación Iztapalapa, México **D.F.**



Figura 40. Maqueta del laboratorio de Alumbrado Público del distrito Federal.

Es el encargado de realizar pruebas a las luminarias y las distintas lámparas de iluminación para que estas pruebas sean certificadas este laboratorio sólo realiza las pruebas a las lámparas y a las luminarias mandando resultados para que sean certificados el laboratorio está certificado ante la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación).

- *Pruebas Eléctricas*

Las Pruebas eléctricas que realiza el laboratorio de alumbrado público del gobierno del Distrito Federal son para determinar la vida útil de las lámparas y para verificar de igual manera la eficiencia en los balastos.



Figura 41. Prueba de vida útil para la lámpara.

Las lámparas se colocan como se muestra en la imagen, las cuales se mantienen encendidas durante un periodo de 8 horas continuas se dejan descansar y se encienden nuevamente para que cumplan el mismo periodo de horas encendidas; la primera lámpara que se funde es la que marca el periodo de vida útil para todas esta prueba de igual manera se aplica para las lámparas de vapor de sodio de alta presión y las demás existentes.

- *Pruebas Fotométricas*

Las pruebas de fotometría que realiza el laboratorio a las lámparas y luminarias ya montadas se realizan en el cuarto oscuro con ayuda de un fotogoniómetro el cual va tomando mediciones las cuales son capturadas en la computadora conectada al fotogoniómetro registrando así diferentes mediciones y al concluir la prueba observando y analizando resultados se observa que tipo de luminaria; es decir, si es de primer orden, de segundo orden, verificando en las gráficas de las curvas de distribución.

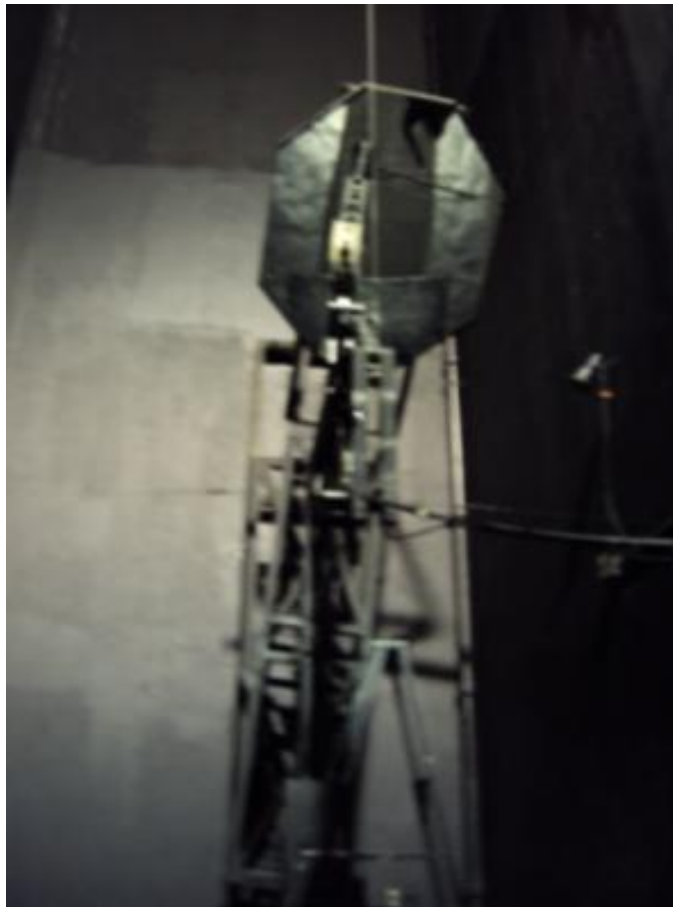
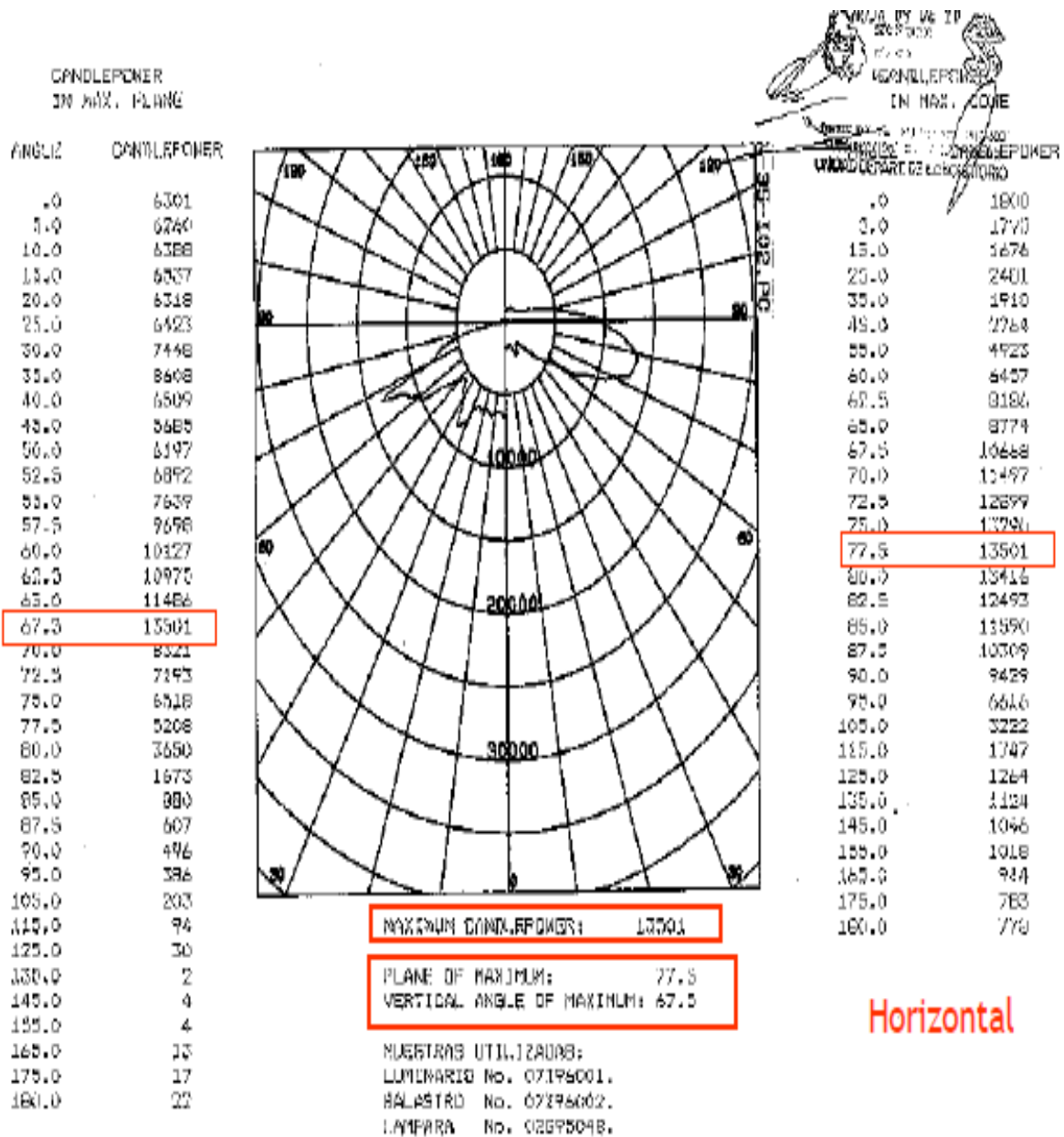


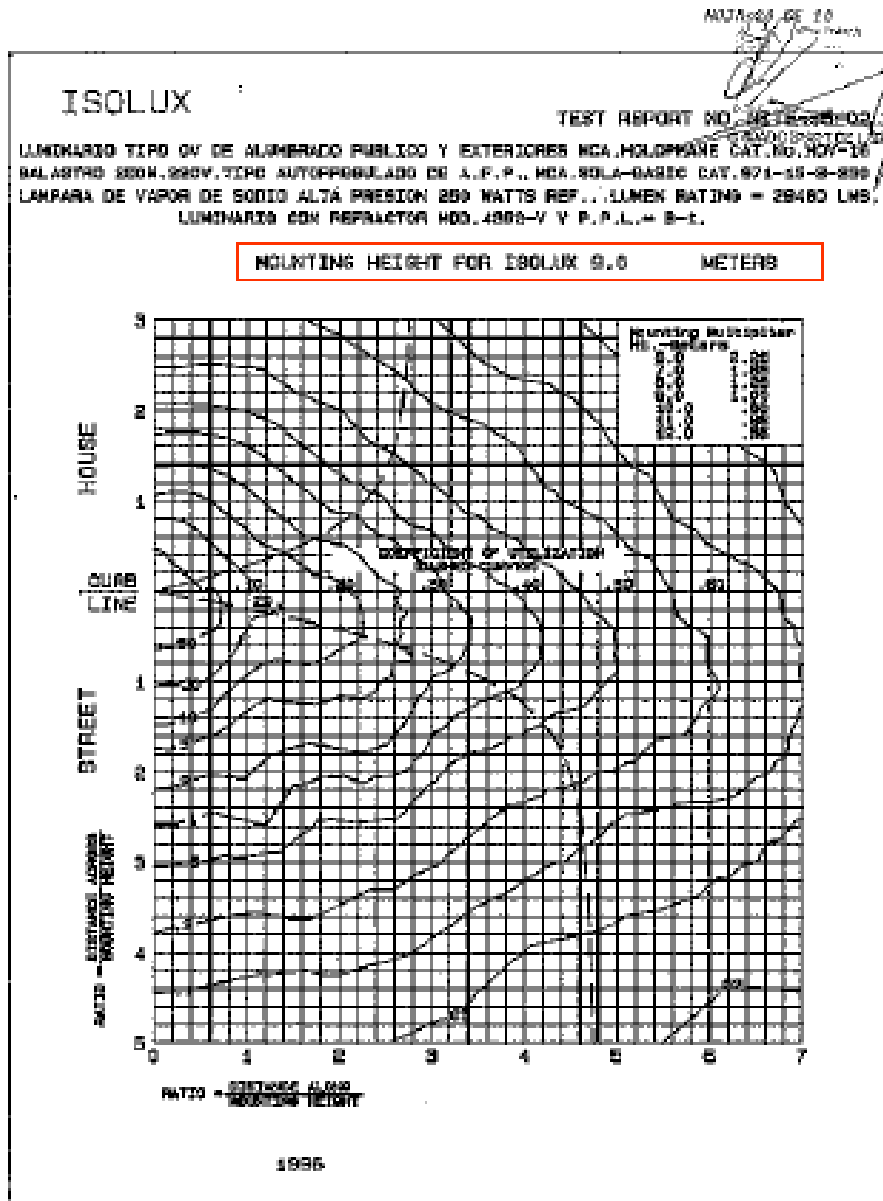
Figura 42. Fotogoniómetro cuarto oscuro del laboratorio de alumbrado público del D.F.



Vertical

Figura 43. Gráfica de resultados producto de la prueba de fotométrica.

El formato anterior es resultado de una prueba fotométrica realizada a una luminaria y los resultados son registros tomados de las mediciones y magnitudes leídas por el fotogoniómetro durante la prueba.



Figuras 44. Curva isolux resultado de la prueba.

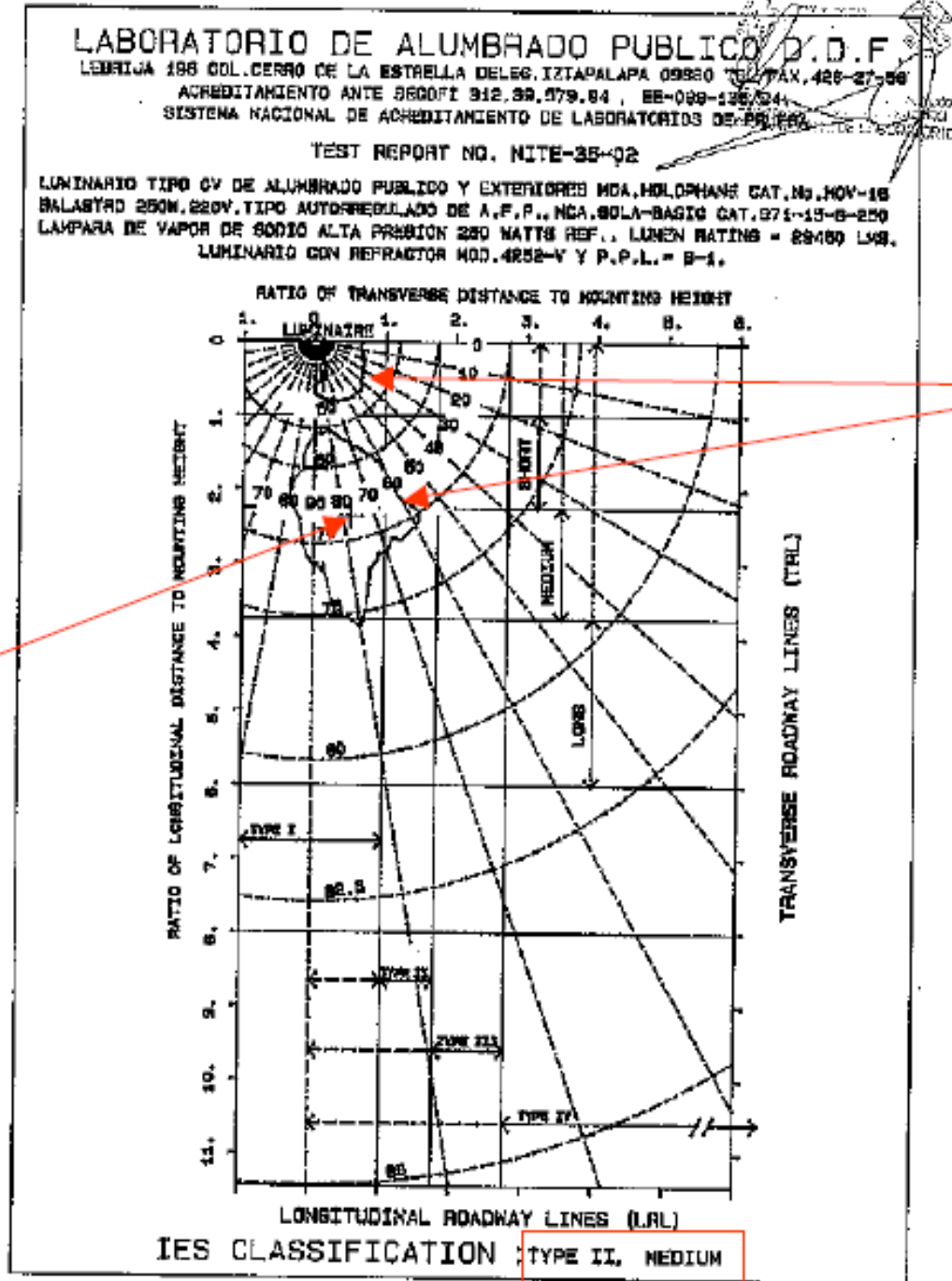


Figura 45. Clasificación obtenida por medio de la prueba.

Los resultados se verifican y se observa la curva Isolux, posteriormente el laboratorio observa la potencia máxima y media de la luminaria observando así la clasificación y tipo de luminaria que se ensayó, la cual debe coincidir con las especificaciones proporcionadas por el fabricante (en este caso es una luminaria tipo II de orden medio en cuanto a iluminación).

- *Pruebas Mecánicas*

Las pruebas mecánicas que se realizan en el laboratorio de alumbrado público son:

- *Prueba de Resistencia*

La prueba de resistencia mecánica de adherencia de la pintura al cuerpo de la luminaria se raspa la pintura y se observa si el rayón es profundo o no, se verifica en la norma dependiendo al tipo de rayón que se hizo y se analiza si pasa o no.



Figura 46. Luminaria sometida a la prueba de resistencia.

Otro tipo de prueba que se realiza a la luminaria es dependiendo al tipo de luminaria es decir si tiene vidrio de igual manera se hace prueba de resistencia al vidrio verificando que no sea dañino al impacto para cualquier ser humano que transite por las calles o andadores de estacionamiento, parques, escuelas o universidades, etc. es decir, que salte y se expanda para que no lastimen estos trozos de vidrio a las personas. De igual manera se realizan pruebas de resistencia a la vibración, esto en la realidad es aplicado en el alumbrado público en calles, avenidas y carreteras con el

tránsito constante de vehículos ciertas vibraciones son generadas por estos vehículos y las luminarias deben resistir este tipo de vibraciones.



Figuras 47 y 48. Equipo para prueba de vibración a las luminarias



Figura 49. Luminaria lista para la prueba de vibración.

Prueba contra la temperatura



Figura 50. Las partes metálicas de la luminaria son coladas dentro del horno a elevadas temperaturas.

Prueba mecánica de resistencia aplicada a las lámparas:

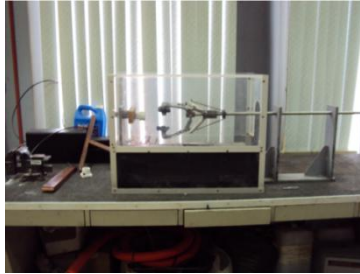


Figura 51. Equipo para prueba mecánica de resistencia.

- Prueba de lluvia

Su objetivo es verificar el grado de hermeticidad a la lluvia de luminarias, foto celdas y gabinetes durante lapsos de tiempo preestablecidos.



Figura 52. Luminaria lista para prueba de lluvia.

Las luminarias se prueban en un cuarto simulando lluvia para verificar el tiempo de resistencia del luminario y verificar que no entre agua a la luminaria dañando así a la lámpara.

- Prueba de polvo

Exclusivamente hay un cuarto en el que se coloca la luminaria para analizar la resistencia al polvo el cual no debe entrar a la luminaria y no dañar así la lámpara contenida en esta.



Figura 53. Dispositivo en el cual se coloca la luminaria para realizar la prueba contra el polvo.

CAPÍTULO 3

INSTALACIONES ELÉCTRICAS

OBJETIVO:

Analizar el suministro y la distribución de la energía eléctrica y los programas de operación y mantenimiento de sus equipos e instalaciones.

3.1 PROPIEDADES REFLECTIVAS EN LA SUPERFICIE DE LA CALZADA

Es necesario conocer las características reflectivas para el cálculo de la luminancia en la superficie de una calzada.

Coeficiente de luminancia

Las características reflectivas de una calzada pueden expresarse mediante el coeficiente de luminancia q ; el cual se define como la relación entre la luminancia en un punto determinado y la luminancia horizontal en ese mismo punto.

$$q = \frac{L}{E}$$

El coeficiente de luminancia depende de las posiciones del observador y de la fuente luminosa con respecto al punto P que se considera:

$$q = q(\alpha, \beta, \gamma)$$

Coeficiente de Utilización: es la relación entre el flujo luminoso emitido por el luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso que emite(n) la(s) lámpara(s) solas del luminario.

Coefficiente de Utilización: Un coeficiente de utilización es derivado de la curva de utilización y es el porcentaje del lúmenes emitidos por la lámpara que inciden en uno o dos áreas de longitud infinita, una que se extiende al frente del luminario (lado calle) y la otra atrás del luminario (lado casa) cuando el luminario está nivelado y orientado sobre la vialidad en una manera equivalente en la cual fue probado. Ya que el ancho de la vialidad está expresado en términos de una relación de altura de montaje del luminario al ancho de la calle, este término no tiene unidades (unidimensional).

Confort visual. Grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.

Deslumbramiento: Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

3.1.1 LUMINANCIA

La luminancia en un punto de una superficie y en una dirección dada, se define como la intensidad luminosa de un elemento de esa superficie, dividida por el área de la proyección ortogonal de este elemento sobre un plano perpendicular a la dirección considerada.

La unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m^2). La distribución de la luminancia dentro del campo de la visión debe considerarse como un complemento de los valores estipulados de iluminancia para el interior de un local.

La *luminancia* es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, la unidad de medida es el lux (lx).

TIPO	ILUMINANCIA RECOMENDADA <i>lux</i>	EJEMPLOS EN ZONAS O ACTIVIDADES
Alumbrado general en locales y zonas de uso poco frecuente, o tareas visuales ocasionales y simples	20	Iluminancia mínima de servicio, en zonas exteriores de circulación.
	30	Almacenes al exterior y patios de almacenamiento.
	50	Pasillos exteriores, plataformas, aparcamientos cerrados.
	75	Diques, muelles.
	100	Teatros, salas de concierto; dormitorios de hoteles, aseos y lavabos.
Alumbrado general en locales de trabajo	150	Zonas de circulación en industrias; depósitos y almacenes.
	200	Iluminancia mínima de servicio, de la tarea visual.
	300	Trabajos medios manuales y a máquina. Trabajos normales en la industria química y alimentación; lectura ocasional y archivo.
	500	Trabajos medios manuales y a máquina; montaje de automóviles; naves de imprentas; oficinas en general, almacenes y tiendas.
	750	Salas de lectura de pruebas, salas de dibujo y oficinas con máquinas de contabilidad.
Alumbrado adicional localizado para tareas visuales exigentes	1000	Trabajos finos manuales y a máquina; montaje de máquinas para oficinas, trabajos con colores; salas donde se realicen dibujos muy precisos.
	1500	Trabajos muy finos manuales y a máquina; montaje de instrumentos y pequeños mecanismos de precisión, componentes electrónicos, calibración e inspección de piezas pequeñas y complicadas.
Alumbrado adicional localizado para tareas visuales exigentes	2000	Trabajos minuciosos y muy precisos, por ejemplo, partes muy pequeñas de instrumentos, relojería y grabado; zona de operaciones en quirófano.

Tabla 10. Iluminancia recomendada de acuerdo a la zona y tipo de actividades.

3.1.2 LUMINARIAS

Son equipos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios para fijarlos, protegerlos y conectarlos al circuito de alimentación.

La luminaria debe cumplir con las siguientes características:

- Ópticas
- Mecánicas
- Eléctricas
- Estéticas

3.2 LUMINARIAS PARA INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN PÚBLICA

Dentro de este tipo grupo tenemos luminarias de parques y jardines así como las de iluminación pública viaria. Para las primeras, son instalaciones típicas, como su nombre indica, parques, jardines, zonas residenciales, etc. En el segundo tipo tenemos vías urbanas, autopistas, túneles, etc. La C.I.E. (Commission Internationale de l'Eclairage, Comisión internacional de la iluminación) ha introducido un nuevo sistema para la clasificación de las luminarias para iluminación de viales y así sustituir al sistema que introdujo en el año 1965, en el que se hacía la clasificación cut-off, semi-cut-off y non-cut-off. No obstante, el antiguo sistema sigue siendo utilizado en ciertas recomendaciones nacionales para la iluminación de viales. En la tabla se muestra el sistema antiguo.

Tipo de luminaria	Valor máximo permitido de intensidad emitida a un ángulo de elevación de 80°	Valor máximo permitido de intensidad emitida a un ángulo de elevación de 90°	Dirección de la intensidad máxima menor de
Cut – off	30 cd / 1.000 lm	10 cd / 1.000 lm*	65°
Semi cut – off	100 cd / 1.000 lm	50 cd / 1.000 lm*	76°
Non cut – off	Cualquiera		-

Tabla 11. Clasificación de la CIE de 1965

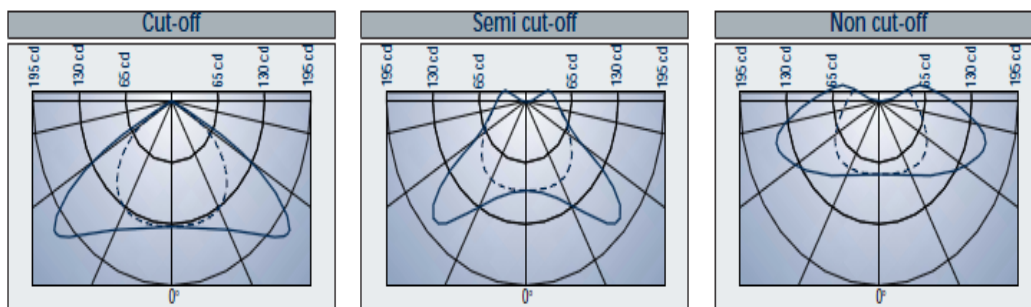


Figura 54. Ejemplos de las curvas fotométricas con su clasificación.

La nueva clasificación de luminarias de la C.I.E. (Commission Internationale de l'Eclairage, Comisión internacional de la iluminación) que reemplaza a la anterior se basa en tres propiedades básicas de las luminarias:

1. La extensión a la cual la luz de la luminaria se distribuye a lo largo de un camino: El “alcance” de la luminaria.
2. La cantidad de diseminación lateral de la luz, a lo ancho de un camino: La “apertura”.
3. El alcance de la instalación para controlar el deslumbramiento producido por la luminaria: El “control” de la luminaria.

El alcance está definido por el ángulo $\gamma_{m\acute{a}x}$ que forma el eje del haz con la vertical que va hacia abajo. El eje del haz está definido por la dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos direcciones de 90% $I_{m\acute{a}x}$ en el plano vertical de intensidad máxima.

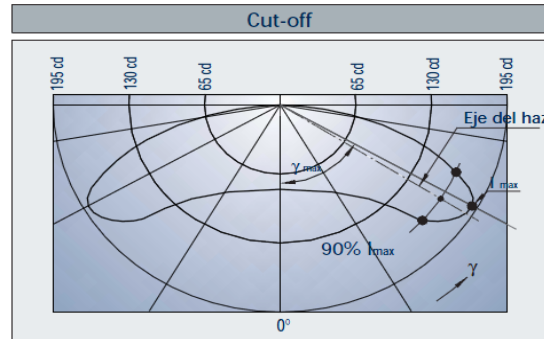


Figura 55. Curva polar de intensidad en el plano que contiene la intensidad luminosa máxima, que indica el ángulo utilizado para la determinación del alcance.

Se definen tres grados de alcance de la manera siguiente:

GRADOS	TIPOS DE ALCANCE
$\gamma_{m\acute{a}x} < 60^\circ$	ALCANCE CORTO
$70^\circ \geq \gamma_{m\acute{a}x} \geq 60^\circ$	ALCANCE MEDIO
$\gamma_{m\acute{a}x} > 70^\circ$	ALCANCE LARGO

Tabla 12. Grados de alcance.

La apertura o dispersión está definida por la posición de la línea, que corre paralela al eje del camino y que apenas toca el lado más alejado del 90% $I_{m\acute{a}x}$ en el camino. La posición de esta línea está definida por el ángulo γ_{90} .

APERTURA	TIPO DE APERTURA
$\gamma_{90} < 45^\circ$	APERTURA ESTRECHA
$55^\circ \geq \gamma_{90} \geq 45^\circ$	APERTURA MEDIA
$\gamma_{90} > 55^\circ$	APERTURA ANCHA

Tabla 13. Apertura o dispersión definida por la posición de la “línea” de iluminación.

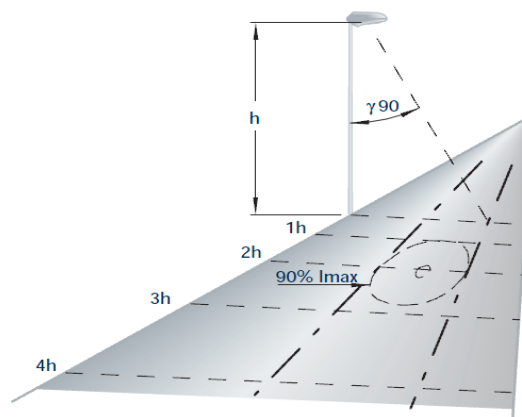


Figura 56. Apertura o dispersión.

Tanto el alcance como la apertura de una luminaria pueden ser mejor determinados a partir de un diagrama de isocandela en la proyección azimutal.

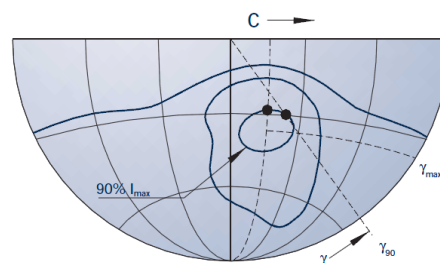


Figura 57. Diagrama de isocandela.

Diagrama de isocandela relativo en proyección acimutal (sinusoidal), que indica los ángulos $\gamma_{máx}$ e γ_{90} utilizados para la determinación de la apertura y alcance. En la figura se indica sobre un plano del camino, la cobertura dada por los tres grados de alcance y apertura en términos de la altura de montaje de la luminaria. El control está definido por el índice específico de la luminaria, SLI de la luminaria. Este es parte de la fórmula G de control del deslumbramiento molesto que está determinado sólo por las propiedades de la luminaria.

$$SLI = 13.84 - 3.33 \cdot \log I_{80} + 1.3 \cdot \log \left(\frac{I_{80}}{I_{80}} \right)^{0.5} - 0.08 \cdot \log \left(\frac{I_{80}}{I_{80}} \right) + 1.29 \cdot \log F + C$$

Dónde:

$\frac{I_{80}}{I_{80}} =$ Relación entre intensidades luminosas para 80° y 88°

$F =$ Área emisora de luz de las luminarias m^2 proyectadas en la dirección de elevación a 76°

$C =$ Factor de color, variable de acuerdo al tipo de lámpara $+0.4$ para sodio baja presión y 0 para las otras

$I_{80} =$ Intensidad luminosa a un ángulo de elevación de 80° , en un plano paralelo al eje de la calzada cd

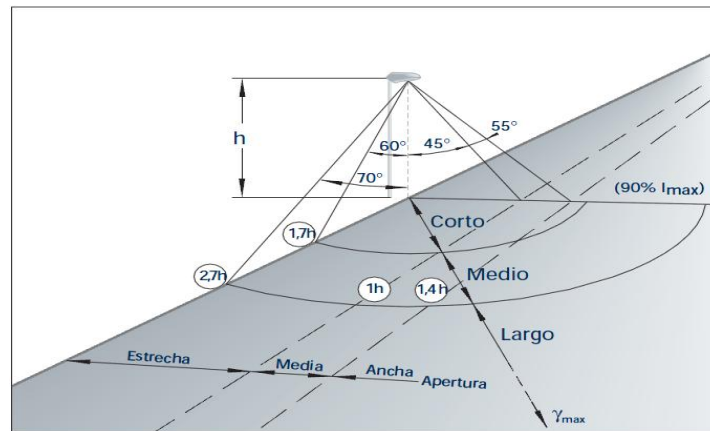


Figura 58. Los tres grados de alcance y apertura, donde “h” es la altura de montaje de la luminaria.

En el caso del control, también se recomiendan tres grados, que son los siguientes:

SLI<2	Control limitado
4≥SLI≥2	Control moderado
SLI>4	Control estricto

Tabla 14. Grados del control para la luminaria.

La eficiencia de una luminaria se encuentra expresada en términos de su índice de salida de luz (Light Output Ratio-I.o.r.). A este índice se le define como la porción de salida de luz de la luminaria con respecto a la suma de las salidas individuales de luz de las lámparas cuando son usadas fuera de la luminaria. El índice de salida de luz definido de este modo es el “I.o.r.” total de la luminaria y es igual a la suma de los “I.o.r.” hacia arriba y hacia abajo.

3.3 LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE BAJA PRESIÓN VBP

Las lámparas de vapor de sodio de baja presión tienen un tubo de descarga en forma de U, fabricado de vidrio, conteniendo en su interior gotas de sodio y una mezcla de neón y argón, y en sus extremos dos electrodos de filamento espiral doble o triple emisor de electrones. El tubo de descarga está contenido en una bombilla de vidrio con revestimiento interior de óxido de estaño al vacío. El óxido al reflejar los rayos infrarrojos producidos por el arco eléctrico, permite mantener el tubo de descarga a una temperatura de $270^{\circ}C$ adecuada para su operación.

3.3.1 FUNCIONAMIENTO

La tensión de iniciación del arco eléctrico es de $480Volts$ a $660Volts$ y como el voltaje de alimentación es de $220V$, es necesario utilizar balastos tipo autotransformador. Al conectar la lámpara se produce el arco eléctrico a través de los gases inertes acompañado de una emisión luminosa de color rojo. Con el calor producido por el arco, se evapora el sodio y la emisión cambia hacia el amarillo característico. La emisión luminosa empieza a crecer a partir del inicio de la evaporación del sodio y alcanza su valor normal en un tiempo aproximado de 15 minutos. El tiempo de encendido varía entre 3 y 7 minutos.

3.3.2 DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA LUMINOSA

La lámpara de vapor de sodio de baja presión produce una emisión luminosa prácticamente dicromática amarilla de 589 nanómetros de longitud y 589.2 nanómetros de longitud de onda.

Watts	Acabado	Lúmenes	Promedio de vida (horas)	Lm/W Eficiencia	F.D.E.
35	Claro	4800	20 000	137	1.0
55	Claro	8000	20 000	145	1.0
90	Claro	13500	20 000	150	1.0
135	Claro	22500	20 000	167	1.0
180	Claro	33000	20 000	183	1.0

Tabla 15. Distribución de energía luminosa.

3.4 LÁMPARA DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN VAP

Está formada por un tubo de arco de cerámica de óxido de aluminio poli cristalino relleno de vapor de sodio, mercurio y gas xenón; teniendo un sellado monolítico en sus extremos también de cerámica, electrodos de tungsteno con revestimiento, soportes de montaje, una bombilla de vidrio boro silicato al vacío y un casquillo. De todas las lámparas de alta intensidad de descarga las de vapor de alta presión son las de mayor eficacia, lo cual se debe al descubrimiento de la cerámica (óxido de aluminio poli cristalino), que resiste al ataque del vapor de sodio y a altas temperaturas de operación.



Figura 59. Lámpara de VAP

3.4.1 FUNCIONAMIENTO

El tubo dentro del cual se produce el arco (tubo de arco) de las lámparas de vapor de sodio contiene mercurio para corrección del color y control del voltaje y gas xenón, utilizando para el inicio de la secuencia de arranque (sin electrodos ni otros accesorios de arranque) y requieren voltajes extremadamente altos para su ignición.

Estos voltajes se logran mediante un circuito electrónico llamado ignitor, conectado al balastro. La luz se produce por el paso de la corriente eléctrica a través del vapor de sodio.

3.4.2 EFICIENCIA

Muy eficientes con un rendimiento luminoso de hasta 150 lm/W

VIDA ÚTIL: Alta durabilidad de hasta *24000 horas*

USOS: En alumbrado público

ENCENDIDO: 3–5 minutos

REENCENDIDO: 1 minuto

FALLA TÍPICA: Enciende y apaga intermitentemente

RENDIMIENTO DE COLOR: Amarillo champagne regular.

COSTO REGULAR: Bajo

Funcionan con balastos electromagnéticos estándar u de reducción de potencia para ahorrar energía, en potencias de $250W$ y $400W$ con voltaje de operación de $100V$.



Figura 60. Iluminación con lámparas de vapor de sodio de alta presión.

3.5 LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS

Son lámparas de descarga de alta presión, del grupo de las lámparas llamadas HID (High Intensity Discharge). Son generalmente de alta potencia y con una buena reproducción de colores, además de la luz ultravioleta. Originalmente fueron creadas en los años 1960 para el uso industrial de estas pero hoy se suelen aplicar en la industria tanto como el hogar. Las lámparas de aditivos metálicos operan con un tubo de descarga de cuarzo y emiten luz en diversos colores.

Estas lámparas son ideales para iluminación decorativa de colores, permite reducir el número de luminarias usadas pues al usar filtros adicionales el flujo luminoso se reduce drásticamente. Son de uso industrial tanto como de uso doméstico. Generalmente se le suele usar en estaciones de combustible, plazas y alumbrado público. También se le suele usar en la iluminación de acuarios. Por su amplio espectro de colores, se le suele usar en lugares donde se requiere una buena reproducción de colores, como estaciones de televisión y campos deportivos.

3.5.1 FUNCIONAMIENTO

La luz se genera pasando un arco eléctrico a través de una mezcla de gases. En una lámpara de haluro metálico, el tubo compacto donde se forma el arco contiene una mezcla de argón, mercurio y una variedad de haluros metálicos. Las mezclas de haluros metálicos afecta la naturaleza de la luz producida, variando correlacionada mente la temperatura del color y su intensidad (por ejemplo, que la luz producida sea azulada o rojiza). El gas argón se ioniza fácilmente, facultando el paso del arco voltaico pulsante a través de dos electrodos, cuando se le aplica un cierto voltaje a la lámpara.

El calor generado por el arco eléctrico vaporiza el mercurio y los haluros metálicos, produciendo luz a medida que la temperatura y la presión aumentan. Como las otras lámparas de descarga eléctrica, las lámparas de haluro metálico requieren un equipo auxiliar para proporcionar el voltaje apropiado para comenzar el encendido y regular el flujo de electricidad para mantener la lámpara encendida.

3.6 DIODOS EMISORES DE LUZ LEDS

LEDS (Diodos Emisores de Luz) son dispositivos que pueden convertir energía eléctrica en luz. Además de su conocido uso en área de señalización, actualmente se tiene aplicaciones en interiores y exteriores, decoración en general, anuncios y luminarias de todo tipo. La intensidad de un LED varía dependiendo de factores como el tipo de chip semiconductor y el encapsulado, entre otros. Por lo anterior, no se tiene un criterio internacional consistente para esta medición. Generalmente, la cantidad de luz emitida por un LED se cuantifica en un solo punto como valor de intensidad luminosa (Lv) y se mide en mili candelas (mcd). Para conocer el valor también se debe de considerar el ángulo de visión. Este ángulo depende de los materiales de fabricación. Por lo tanto, si dos LEDS tiene el mismo valor de intensidad luminosa, el LED que tenga el mayor ángulo de visión será el que mayor rendimiento luminoso tenga.

Características:

- Bajo consumo
- Larga vida hasta 100,000 hrs.
- Baja emisión de calor
- Alta eficiencia luminosa
- Seguro por su tipo de construcción
- Extremadamente pequeño y de bajo peso
- Colores variados (470-620nm)
- Alta resistencia al impacto

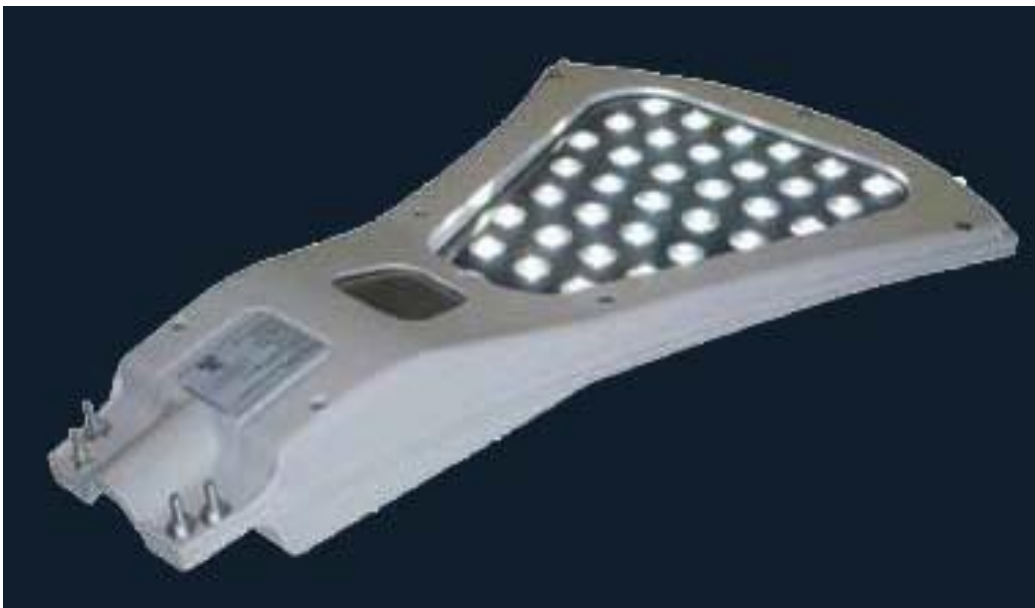


Figura 61. Lámpara de LEDS



Figura 62. Luminaria a base de LEDS instalada en el distribuidor Viaducto Bicentenario

El proyecto de una instalación eléctrica es el conjunto de cálculos, diseños, planos, especificaciones, técnicas, cómputos, presupuesto, memoria descriptiva, memoria de cálculo, además de otras actividades preliminares y complementarias, como la recolección de información, asesoramiento al cliente, coordinación y planificación de actividades orientadas al cumplimiento de requisitos técnicos, legales y económicos, para la mejor prestación de servicios al propietario o contratante de un proyecto de instalación eléctrica y para su aprobación, ejecución y puesta en servicio.

3.7 CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Todas las instalaciones eléctricas están determinadas en función a la tensión de utilización, y la utilización de la energía:

3.7.1 SEGÚN LA TENSIÓN DE UTILIZACIÓN

DENOMINACIÓN	RANGO Volts (V)
Extra baja tensión	≤50
Baja tensión	Hasta 1000
Media tensión	1000-72000
Alta tensión	72000-245000
Extra alta tensión	245000-800000
Ultra alta tensión	Mayor a 800000

Tabla 16. Denominación de rango de tensiones.

3.7.2 SEGÚN LA UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA

- ✚ Domiciliarias o residenciales
- ✚ Edificios destinados principalmente a viviendas
- ✚ Edificios comerciales o de oficinas
- ✚ Edificios públicos (teatros, cines, estadios, etc.)
- ✚ Instalaciones industriales
- ✚ Instalaciones especiales (Hospitales, piscinas, aeropuertos, baños, etc.)
- ✚ Instalaciones provisionales (ferias, espectáculos públicos en vía pública, etc.)

Para todo proyecto de instalación eléctrica que exija la instalación de un transformador exclusivo, el proyecto está obligado a un estudio más detallado de las condiciones que tienen que ver con el diseño, haciéndose necesario que el proyectista, en coordinación con el propietario, arquitecto, ingeniero y otros especialistas, prepare la planificación lógica y ordenada de su proyecto.

En la memoria descriptiva, deberán mencionarse la planificación en la que se detallen al menos los siguientes aspectos con documentación técnica:

- ✚ Tipos de carga
- ✚ Clases de ambientes
- ✚ Materiales y equipos a emplearse
- ✚ Intereses y objetivos del propietario
- ✚ Seguridad (criterios y normas)
- ✚ Previsión de crecimiento de carga
- ✚ Simplicidad y flexibilidad
- ✚ Criterios de selección de equipos
- ✚ Criterios de mantenimiento y operación
- ✚ Fuente de energía, nivel de tensión escogidos
- ✚ Criterios de dimensionamiento

3.8 TENSIONES

La tensión nominal de un sistema es la tensión de línea para la cual el sistema es designado y al que se refieren ciertas características operacionales del sistema. Se definen también las tensiones máxima y mínima del sistema, siendo estas la mayor y menor tensión que respectivamente puede ser mantenida en condiciones normales de operación, en cualquier momento y en cualquier lugar del sistema sin considerar las sobretensiones temporales que pueden ocurrir en el sistema. Así, en realidad, el sistema es designado por una faja de tensiones cuyos valores externos son la tensión máxima y la tensión mínima del sistema. La tensión nominal de una instalación es la tensión por la cual una instalación o parte de esta es designada. La tensión de servicio es la tensión en el origen de la instalación. Una tensión igual o inferior a 1000V en corriente alterna, o a 1500V en corriente continua, es considerada como *Baja tensión*, una tensión igual o inferior a 50V en corriente alterna o a 120V en corriente continua, es considerada *Extra Baja Tensión*.

Para sistemas con tensión nominal superior a los 1000V, se define la tensión máxima de un equipo, como la mayor tensión de línea para la cual el equipo es diseñado, considerando principalmente su aislación.

TENSIONES (V)
120 / 140
380 / 220
400 / 230
415 / 240
480 / 277
660
1000

Tabla 17. Tensión nominal de los sistemas entre 100 y 1000V según la norma (IEC)

Se observa:

- Las tensiones nominales para la alimentación de equipos deben escogerse de la tabla y no deben normalmente exceder las *240 V*
- En condiciones normales del sistema, es recomendable que la diferencia entre la tensión nominal y la tensión en el punto de alimentación no exceda de $\pm 10\%$

3.9 COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN

Los componentes típicos de una instalación eléctrica son:

- | | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> a) Acometida b) Líneas de alimentación c) Tablero principal d) Líneas seccionales e) Tableros seccionales f) Líneas de circuitos g) Sistemas de tierras, accesorios, equipos y dispositivos | } | <p>Cuadro de medición y control</p> <ul style="list-style-type: none"> • Medidor • Interruptor Principal |
|---|---|--|

a) Acometida

Se denomina acometida al o punto de conexión del usuario con la empresa proveedora de electricidad; la misma puede ser aérea o subterránea. La vinculación con la red pública se realiza en una caja denominada “caja de acometida”, de la misma se pasa a un medidor de energía de donde normalmente parten las puestas a tierra y los circuitos de distribución.

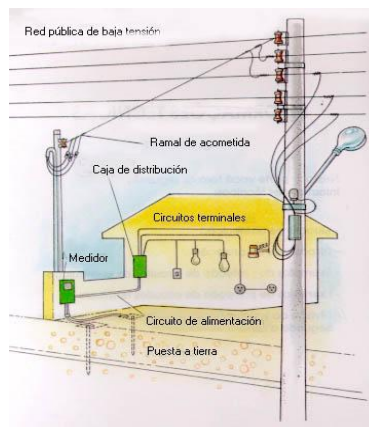


Figura 63. Acometida al punto de conexión del usuario con la empresa de electricidad la cual es aérea.

De acuerdo al tipo de edificación las cajas y los medidores pueden estar en un pilar en las entradas, en las fachadas, en lugares de los edificios o en lugares especiales de los mismos (edificios con más de 15 unidades de vivienda); estas especificaciones las fija la compañía proveedora del servicio.

b) Circuitos Eléctricos

Son el conjunto de cables y equipos ligados al mismo dispositivo de protección.

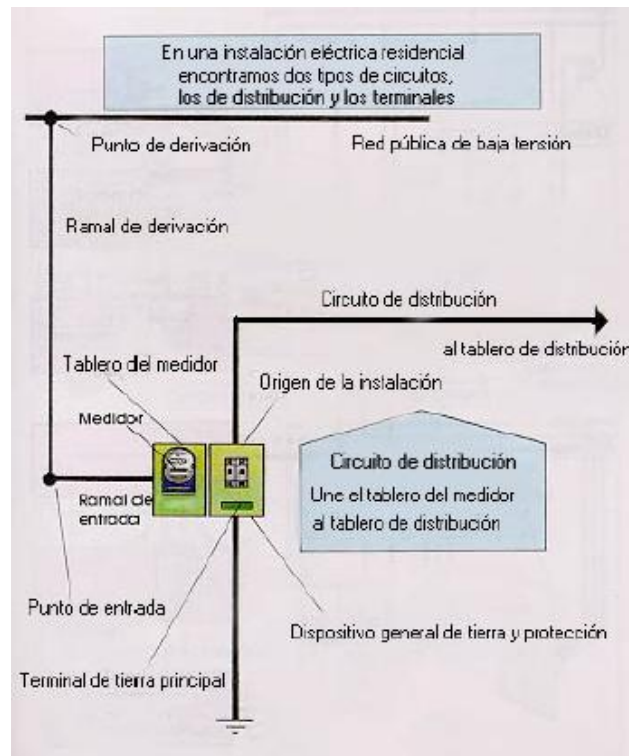


Figura 64. Tipos de circuitos.

c) Tablero Principal

Es el centro de distribución de toda la instalación eléctrica de una residencia ya que:

- Recibe los cables que vienen del medidor.
- Aloja los dispositivos de protección.
- De él parten los circuitos terminales que alimentan directamente las lámparas, tomas y aparatos eléctricos.

d) Líneas Seccionales y

e) Tableros Seccionales

Son aquellos al que acomete la línea seccional y del cual se derivan otras líneas seccionales o de circuito. Estarán ubicados en lugares de fácil localización dentro de la unidad habitacional o comercial y a una altura adecuada para facilitar el accionamiento de los elementos de maniobra.

- Tendrán buen nivel de iluminación.
- No deben interponerse obstáculos en su acceso.

Incluirán los siguientes elementos de protección:

- Como interruptor general se utilizará un interruptor con apertura por corriente diferencial de fuga. Alternativamente se puede optar por colocar un interruptor automático o manual y un interruptor diferencial por cada una de las líneas derivadas.
- Por cada una de las líneas derivadas se instalará un interruptor automático con apertura por sobrecarga y cortocircuito o alternativamente, un interruptor manual y fusible (en ese orden).

3.10 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

f) Líneas de circuitos

Podrán ser metálicos o de materiales plásticos que, además de rigidez mecánica, presenten características de inflamabilidad, no higroscopicidad y propiedades dieléctricas adecuadas. Asimismo, se caracterizarán por:

- No tener partes bajo tensión accesibles desde el exterior.

- El acceso a las partes bajo tensión sólo será posible luego de la remoción de tapas o mediante herramientas especiales.

- Las palancas o elementos de mando de los dispositivos de maniobra deberán ser fácilmente accionables.

- Los componentes eléctricos no podrán ser montados directamente sobre las caras posteriores o laterales sino en soportes, perfiles o accesorios dispuestos a tal efecto.

- Las partes de los tableros no deberán superar las temperaturas establecidas en la norma IRAM 2186.

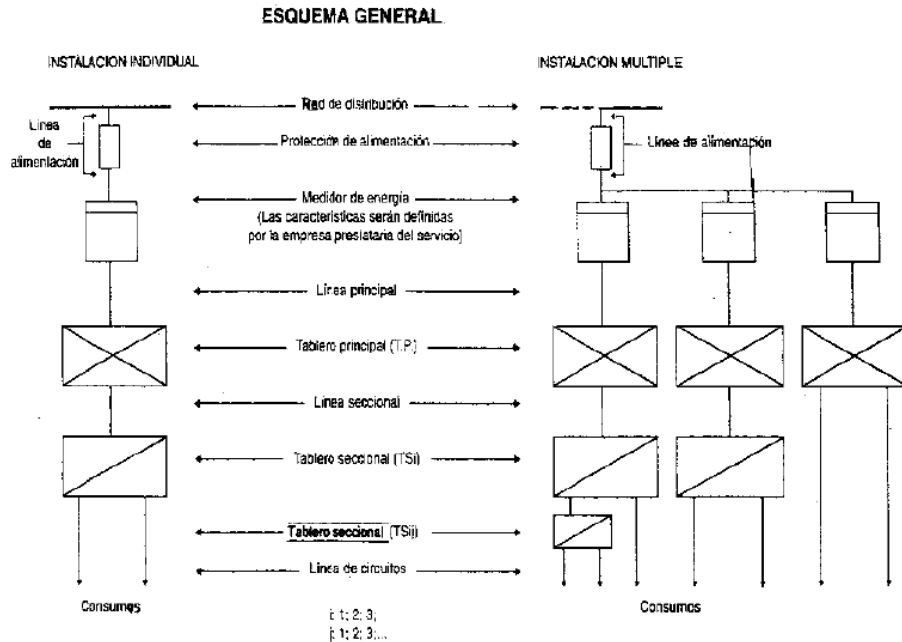


Fig. 65 Esquema general de instalaciones eléctricas.

- Los tableros que tengan más de dos circuitos deberán contar con un juego de barras que permita efectuar el conexionado o remoción de cada uno de los elementos de maniobra sin interferir con los restantes.
- Las barras deberán diseñarse para una corriente nominal no inferior a la de la línea de alimentación y para un valor de corriente de cortocircuito no inferior al valor eficaz de la corriente de falla máxima en el lugar de la instalación.
- La disposición de las barras deberá ser N.R.S.T. del frente hacia atrás y de arriba hacia abajo.

- Las derivaciones de las barras deberán efectuarse mediante grapas, bornes o terminales apropiados.
- No podrán usarse los tableros como caja de paso o empalme de otros circuitos.
- Los conductores no podrán estar flojos ni sueltos en su recorrido dentro del tablero.
- Los tableros dispondrán de una placa colectora de puesta a tierra perfectamente identificada.
- Los tableros podrán ser diseñados para montaje sobre piso, sobre pared o de embutir.

g) Sistemas de tierras, accesorios y dispositivos

- Las masas de los instrumentos, relevadores, medidores y transformadores de medición instalados en tableros deberán estar puestas a tierra.
- El conductor puesto a tierra con forro metálico y aislamiento mineral, debe identificarse en el momento de la instalación mediante marcas claras en sus extremos.
- Un cable con un solo conductor resistente a la luz solar y con clasificación de intemperie, que se utilice como conductor puesto a tierra en los sistemas solares fotovoltaicos, tal como se permite en todos los métodos de canalización y alambrado de cables incluidos en esta norma y otros sistemas de alambrado y accesorios específicamente destinados e identificados para uso en arreglos fotovoltaicos. Cuando se usen dispositivos de alambrado con envolventes integrales, se debe proveer suficiente longitud de cable para facilitar el remplazo; debe identificarse en el momento de la instalación mediante una clara marca blanca en todos sus extremos.

Los cables para artefactos se identifican del cable puesto a tierra. Un conductor de un cable de artefactos que esté proyectado para utilizarlo como conductor puesto a tierra, se debe identificar mediante franjas o por el conductor de un cable o cordón flexible que esté diseñado como conductor puesto a tierra del circuito, debe tener una marca continua que lo distinga claramente de los demás conductores. La identificación se hará por alguno de los métodos especificados en los siguientes incisos:

- a) Malla trenzada coloreada. Una malla trenzada de color blanco o gris claro y la malla de los demás conductores de color o colores lisos, claramente distintos.
- b) Trazador en la malla. Un trazador en la malla de un color que contraste claramente con el de ésta y ningún trazador en la malla de otro conductor o conductores. No debe utilizarse ningún trazador en la malla de cualquier conductor o cordón flexible que contenga un conductor con una malla de color blanco o gris claro.
- c) Aislamiento coloreado. En los cordones que no lleven malla en los conductores individuales, con un aislamiento blanco o gris claro en un conductor y un color o colores fácilmente diferenciables en el otro o en los restantes. En los cordones con cubierta exterior que se suministren con los aparatos eléctricos, debe utilizarse un conductor con el aislamiento azul claro y los demás conductores con sus aislamientos de colores claramente diferenciables, que no sean blanco ni gris claro.

Excepción: En cordones que tienen el aislamiento individual de los conductores integrado con la cubierta. Se permite cubrir el aislamiento con un acabado exterior para proveer el color deseado.

- d) Separador coloreado. En los cordones en donde el aislamiento de los conductores esté integrado con la cubierta, un separador blanco o gris claro en un conductor y otro de un color liso fácilmente diferenciable en el otro conductor o conductores.

- e) Conductores estañados. Para los cordones con aislamiento en conductores individuales integrados con la cubierta, un conductor que tenga hilos individuales estañados y el otro conductor o conductores que tenga(n) hilos individuales sin estañar.
- f) Marcado en la superficie. En los cordones, en donde el aislamiento de los conductores, esté integrado con la cubierta, una o más crestas, franjas o ranuras situadas en el exterior del cordón para identificar un conductor.

3.11 FUNCIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

3.11.1 ALIMENTACIONES ELÉCTRICAS

Conexión a un sistema de alta tensión, instalando transformadores pequeños para obtener el voltaje adecuado. Conexión directa a un sistema de baja tensión existente.

3.11.2 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Conducen el flujo eléctrico a cada uno de los circuitos y luminarias del sistema desde los centros de control y la alimentación de estos desde los puntos de alimentación de energía eléctrica.

3.11.3 MÉTODOS DE CONTROL

(Cada alimentador de baja tensión deber ser trifásico, conectado a un transformador ubicado en el centro de un tramo y para ser conectado a una combinación de interruptor termo magnético y contactor de 3 x 40 A. Los controladores tendrán control automático mediante una fotocelda. Las combinaciones de interruptor termo magnético y contactor se alojarán en caja a prueba de lluvia.

3.11.4 MANTENIMIENTO

Una instalación de alumbrado vario se mantendrá funcionando eficazmente durante el tiempo en que este bien conservada. Por otra parte es inevitable alguna degradación en su calidad, incluso para una instalación que esté bien conservada y ese deterioro será máximo justamente antes de que le corresponda la operación preventiva de mantenimiento. Mientras mayor sea el intervalo entre operaciones de conservación y cuanto más deficiente sea el propio mantenimiento, mayor ha de ser el nivel inicial de alumbrado por lo tanto será mayor el consumo de energía de la instalación. Por lo que un plan de mantenimiento cuidadosamente elaborado ayudará a hacer la instalación de alumbrado variado sea eficaz en ahorro de costo y en consumo energía.

Por otra parte para el ahorro de costo y energía al emplear el control selectivo de la utilización del alumbrado; saber adaptando el nivel del mismo a lo que realmente es necesario en cada momento. Esto debe hacerse sin que cambie la uniformidad de la distribución luminosa, por lo que sólo suelen emplearse dos métodos de control:

- Luminarias con dos lámparas, donde una de las lámparas se apague cuando se pueda aceptar una reducción temporal en el nivel del alumbrado.
- Luminarias con una sola lámpara dotadas de equipos atenuadores de flujo luminoso.

3.12 PRUEBAS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Las pruebas para instalaciones eléctricas deben realizarse de acuerdo a lo largo de las etapas de proyecto y construcción de acuerdo con un programa, cuya elaboración dependerá de la magnitud de la obra, de la existencia de equipos especiales (por ejemplo a prueba de explosión) y del avance correspondiente. En una obra debe supervisarse el colado de losas y columnas para verificar las trayectorias de los ductos, así como su estado físico (que no tengan obstrucciones o deformaciones).

También debe ponerse atención a la colocación exacta de las cajas de salida y a su firmeza con respecto a la estructura. La supervisión del avance permite corregir fallas antes de terminar con el acabado y así certificar la calidad de la instalación. Sin embargo, todos los resultados de las pruebas deben registrarse en una bitácora, con observaciones detalladas de las situaciones que se presenten.

Las pruebas a las instalaciones eléctricas pueden agruparse de la siguiente manera:

- Inspección visual
- Pruebas de operación
- Pruebas de aislamiento
- Pruebas mecánicas
- Pruebas del equipo

3.12.1 INSPECCIÓN VISUAL

La supervisión de la ejecución es importante ya que permite detectar deficiencias en los materiales utilizados y en la forma en que se colocan e instalan. La inspección visual debe hacerse desde el inicio de la construcción hasta la recepción final.

La revisión implica asegurarse de que se instalaron todas las tapas, empaques y tornillos necesarios; que las unidades de alumbrado estén colocadas correctamente; que todas las uniones estén debidamente apretadas, que las secciones de los conductores correspondan a las especificaciones del proyecto; que la pintura utilizada; etc. Es preciso que una persona dedique el tiempo que sea necesario a la supervisión de todos los detalles. En algunos casos serán necesarios los servicios de uno o varios ingenieros de tiempo completo.

3.12.2 PRUEBA DE OPERACIÓN

El objetivo de esta prueba es verificar el funcionamiento de todos los elementos de la instalación de tal forma que en condiciones de plena carga no se presenten temperaturas anormales.

En la primera fase de debe hacer operar a los equipos y elementos en el mayor número de combinaciones o posibles situaciones que pudieran presentarse. En la prueba de elevación de temperatura deben conectarse todas las cargas que podrían operar simultáneamente durante un lapso mínimo de 8 horas. Ninguno de los equipos, materiales y partes de instalación en general debe rebasar el límite de temperatura marcado en sus especificaciones.

3.12.3 CONDICIONES FÍSICAS DEL CABLE

- ❖ Revisar cada uno de los cables de aislamiento y pantalla metálica, no se encuentren deteriorados en su pantalla y aislamiento.
- ❖ Si se detecta elevada temperatura en la cubierta del cable, hacerlo saber al jefe de mantenimiento para que investigue si son de la capacidad adecuada o para que localice la causa.
- ❖ Ver que el radio de curvatura en los cambios de dirección no sea demasiado reducido (mínimo veinte diámetros de conductor).
- ❖ Verificar que los cables subterráneos cuenten con la señalización correspondiente a fin de evitar que sean dañados cuando se realicen excavaciones o cortes en las losas o pavimentos, de no ser así proceder a realizar en la primera oportunidad.
- ❖ Verificar la firmeza de la conexión a tierra de la pantalla metálica, pues de no ser así existirán corrientes parásitas o de dispersión debido a cargas acumuladas, las que pueden producir choque eléctrico al personal que trabaje cerca de los cables al tocarlos.
- ❖ Eliminar el agua y la humedad existente dentro de los registros, a fin de evitar fallas en el aislamiento de los cables.

- ❖ Verificar que no haya entrada de agua a los ductos de asbesto cemento que alojan a los cables desde el punto de inicio de suministro de energía hasta el último tramo en la instalación.

3.13 PANTALLA DEL LUMINARIO

Limpiar de suciedad de las pantallas, utilizar una mezcla de ácido clorhídrico con agua en proporción de 1:40 y con un paño húmedo frotar la superficie por limpiar, evitando el contacto con partes metálicas.

3.13.1 REGISTROS

Limpiar de basura y objetos extraños los registros y procurar que para evitar la acumulación de agua en ellos, se mantenga un rebote construido de mampostería o de cualquier otro material.

3.13.2 APARTARRAYOS

Antes de manipular un apartarrayos se debe cerciorar que la línea de alimentación esté desconectada y desenergizada. Verificar por medio de un **óhmetro** la conexión efectiva a tierra. Todas las conexiones eléctricas deben estar limpias y bien apretadas de modo que hagan buen contacto eléctrico, que no exista deterioro en el cuerpo de cada apartarrayos y a sus herrajes.

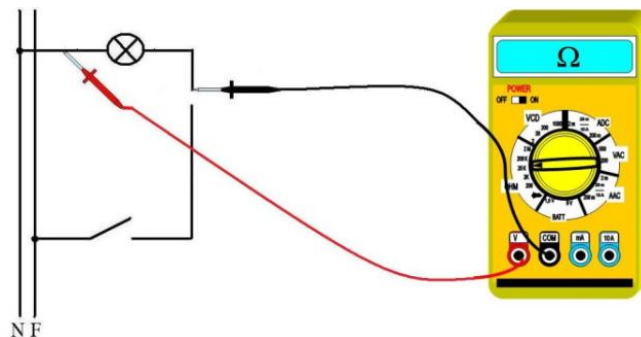


Figura 66. Óhmetro mide la resistencia y la continuidad de un circuito o elemento.

3.13.3 CÉDULA DE ABASTECIMIENTO

Conceptos: tornillos y tuercas de bronce o de latón, rondanas de presión y planas, fusibles, porta fusibles, tela de algodón, jerga gruesa, jerga delgada, brochas, pintura anticorrosiva, pintura de color, pliegos de lija, cable TW diversos calibres, reflectores de diversa potencia, llaves ajustables, juego de dados con maneral y extensión, empaque de neopreno, probador de aislamiento, termómetro, multímetro, voltampérmetro, óhmetro, luxómetro, higrómetro, psicrómetro, juego de llaves allen, juego de desarmadores, juego de llaves de combinación inglesa-española de estrías, guantes, casco, lentes de plástico y equipo de protección.

3.14 RECOMENDACIONES ESTABLECIDAS

Los requerimientos que debe cumplir una instalación de alumbrado público se encuentran establecidos en diferentes países; basándose algunos en las recomendaciones internacionales formuladas por la CIE (Comisión Internacional de Iluminación es la principal autoridad Internacional en el campo de la luz y la iluminación).

Los requisitos que las instalaciones de alumbrado público deben cumplir con el fin de proporcionar adecuadas condiciones visuales para un tráfico seguro y sin brusquedades dependen de la intensidad, velocidad y composición del tráfico así como de la complejidad de la red a iluminar.

3.15 ESQUEMA BÁSICO DE CIRCUITOS

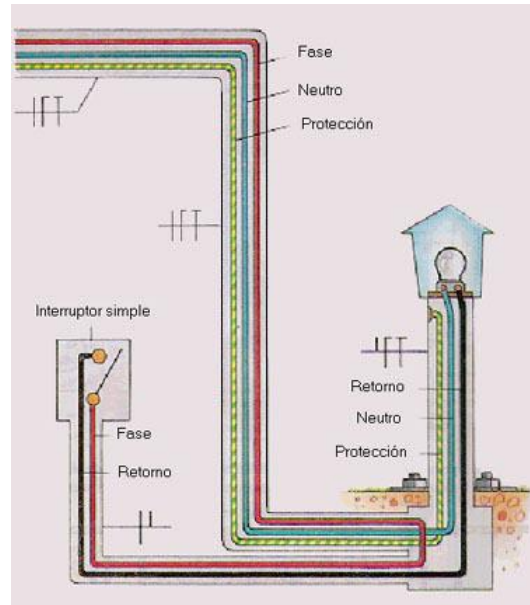


Figura 67. Instalación de una lámpara ubicada en el exterior y comandada por un interruptor simple.

Cualquier proyecto de diseño de una instalación eléctrica, ya sea de tipo residencial, comercial o industrial, debe partir de la base de una cuidadosa planificación que incluya principalmente:

- Verificar la conformidad de la instalación con los códigos, normas y estándares aplicables.
- Estudiar las necesidades eléctricas de la edificación.
- Determinar las características del suministro de energía para el sistema completo.
- Llevar a escala los detalles de toda la instalación verificando las limitaciones del presupuesto asignado a la obra.

El diseño propiamente dicho de una instalación eléctrica busca determinar la disposición de los conductores y equipos que transfieren la energía eléctrica desde la fuente de potencia hasta las cargas de la manera más segura y eficiente posible, que se pueden resumir en los siguientes pasos básicos:

- 1.-** Seleccionar los conceptos y configuraciones básicas de cableado que suministrarán potencia eléctrica a cada punto de utilización.
- 2.-** Implementar los conceptos de circuitería eléctrica con conductores y dispositivos reales, seleccionando tipos, tamaños, modelos, capacidades y otras características de los elementos requeridos.
- 3.-** Responder por la instalación del sistema eléctrico completo, como se determinó en los primeros dos pasos, dentro de las dimensiones físicas y la composición estructural de la edificación, mostrando tan claramente como sea posible las localizaciones y detalles del montaje de los equipos, los trayectos de las canalizaciones, las conexiones a las líneas principales de suministro de potencia y otros elementos que requieran especial atención.



Figura 68. Red de alumbrado exterior.

El diseñador de una instalación eléctrica, además de los conocimientos propios de su profesión debe comprender claramente la relación que existe entre los aspectos puramente técnicos del proyecto y otros factores como la seguridad, la capacidad, la flexibilidad, la accesibilidad, la confiabilidad, la eficiencia y la economía del mismo, como se describe a continuación:

Seguridad: Una instalación segura es aquella que no presenta riesgos.

Eficiencia: Una instalación eficiente es aquella que evita consumos innecesarios.

Economía: El diseñador debe pensar la instalación eléctrica que se ejecute con la menor inversión posible, por ejemplo en horas hombre de dedicadas al proyecto.

Capacidad: La instalación debe tener capacidad suficiente para atender las cargas para las que está diseñada y una reserva para eventuales ampliaciones.

Flexibilidad: Se entiende por instalación flexible aquella que puede adaptarse a pequeños cambios.

Accesibilidad: Cualquier instalación eléctrica deberá ser fácilmente accesible, tanto para mantenimiento, reparaciones, ampliaciones o alteraciones del mismo.

Confiabilidad: Como parte de la confiabilidad la instalación debe garantizar la continuidad del servicio y el cumplimiento de requisitos mínimos como mantener el voltaje dentro de ciertos límites.

Legalidad: La instalación eléctrica debe respetar los requerimientos de las normas y códigos aplicables.

Medio ambiente: Se deben considerar las condiciones de humedad, salinidad y contaminación del medio ambiente donde se construye la instalación dada la influencia que tienen en la vida útil de la misma. No obstante, deben efectuarse revisiones periódicas.

El resultado del diseño de una instalación son los planos eléctricos, que contienen los diagramas de cableado (unifilares o multifilares), los diagramas de canalizaciones, dibujos isométricos, dibujos de detalles, descripciones técnicas y toda documentación necesaria para transmitir una visión de conjunto del proyecto.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DEL ALUMBRADO DE LAS ZONAS DE TRÁNSITO DE LA FES ACATLÁN

OBJETIVO:

Evaluar el sistema de alumbrado en andadores, pasillos y estacionamientos de la FES ACATLÁN.

4.1 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ACATLÁN, UNAM

A 35 años de su fundación, y cinco de que le fue otorgado el rango y denominación de Facultad, la FES Acatlán ha logrado consolidar su nivel académico, cultural y deportivo; ha crecido en servicios e infraestructura; todo ello la posiciona en un nivel de excelencia como una de las mejores opciones de educación superior en nuestro país, beneficio que se refleja inicialmente en la comunidad universitaria que acude a sus aulas y posteriormente cuando sus egresados se incorporan al campo laboral.

La historia ha recorrido esta entidad universitaria, la más diversa de las multidisciplinarias de la UNAM – por los 20 programas de licenciatura que se imparten en una sola Facultad –, atestigua no sólo su creación y desarrollo como espacio de estudio, sino su fortalecimiento curricular de una institución educativa comprometida con la sociedad. Como parte de un proyecto de descentralización educativa de la UNAM, para llegar a un mayor número de estudiantes que aspiraban a cursar una carrera universitaria, en 1974 se aprobó la creación de las Escuelas Nacionales de Estudios Profesionales por parte del H. Consejo Universitario. En total fueron fundados cinco planteles en zonas estratégicas alrededor del Distrito Federal: Cuautitlán, en 1974; Iztacala y Acatlán, en 1975; y Aragón y Zaragoza en 1976.

La entonces ENEP Acatlán se erigió en el municipio de Naucalpan, en terrenos de lo que era conocido como Ejido de Oro. Fue inaugurada el primero de marzo de 1975 por el Doctor Guillermo Soberón Acevedo, rector de la UNAM en esa época. El 17 de marzo de ese año, recibió a su primera generación integrada por 4 mil 300 alumnos. En sus inicios la infraestructura con la que contaba la ENEP se reducía a tres edificios y una unidad académica, la planta docente la integraban 406 profesores que impartían 13 licenciaturas.

Casi tres décadas después, el 5 de marzo de 2004, el H. Consejo Universitario de la UNAM, en reconocimiento a su consolidación académica y cultural, le otorgó el rango y denominación de Facultad de Estudios Superiores. Un logro sin duda compartido por todos los sectores de la comunidad que contribuyeron con su trabajo y empeño para el desarrollo de Acatlán. Ese momento marcó un parte aguas en la historia de la institución, y fue la culminación de una época que consolidó a Acatlán, para dar paso a una era de desarrollo aún más luminosa. Desde entonces, la FES Acatlán ha fortalecido su oferta académica al incrementar el número de carreras que imparte a 20 licenciaturas, incluyendo la Licenciatura en Enseñanza de (Alemán), (Español), (Francés), (Inglés), (Italiano), como Lengua Extranjera, la LICEL – única en la UNAM – , que se imparte en el Sistema de Universidad Abierta desde febrero de 2005, y en 2008 también en la novedosa modalidad de educación a distancia – acaba de ingresar su segunda generación – lo que coloca a Acatlán a la vanguardia en el proceso de enseñanza-aprendizaje bajo dicho sistema. Esto ha sido posible gracias a la creación del Centro Tecnológico para la Educación a Distancia (CETED), inaugurado en octubre de 2006, donde la aplicación de la tecnología ha coadyuvado a la implementación de nuevas formas de aprendizaje que acercan las bondades de la educación a sectores de la sociedad que no son beneficiarios de los sistemas de enseñanza tradicionales.

Asimismo, se continúa trabajando en la investigación, la cual se ha visto impulsada por la creación de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria, inaugurada en octubre de 2007, y que favorece la investigación multidisciplinaria propiciando la investigación aplicada y su vinculación con distintos campos del conocimiento.

Cabe señalar que el inmueble fue construido en Acatlán como un reconocimiento a su desarrollo académico y en investigación, así como para cumplir con las actividades que su estatus de Facultad conlleva. Mención aparte merece la acreditación y evaluación de dieciocho, de las 20 licenciaturas que imparte la FES Acatlán, pues dos de ellas aún no son susceptibles de ser acreditadas debido a que se crearon recientemente. La primera en acreditarse fue Arquitectura en 2004, y a partir de ese momento se trabajó en el proceso y evaluación de todas las demás hasta consumir la totalidad con las licenciaturas de Economía y Derecho SUA, en 2008, lo que exalta el compromiso de la Facultad con sus estudiantes y docentes, pero sobre todo, con la sociedad que recibe a sus egresados. Con ello, Acatlán ha entrado en un círculo de autoevaluación y mejora constante a nivel de planes de estudio, al atender las recomendaciones que los organismos acreditadores le han hecho con el fin de mantener su calidad académica y conservar sus estatus de carreras acreditadas o evaluadas. Las modificaciones y cambios de programas curriculares de las licenciaturas son una constante en Acatlán, y tienen como objetivo aproximar la enseñanza que se imparte en las aulas a la realidad nacional, para que los egresados sean capaces de responder a las necesidades de la sociedad en estos tiempos de cambio.

Es por estas y otras razones, que al llegar la FES Acatlán a su primer lustro como Facultad, engloba las promesas de proyectos que están por venir, con la certeza de que los retos se convertirán en un impulso para ser aún mejores y contribuir a que la UNAM se mantenga como la mejor universidad de Iberoamérica. Hoy en día con la cantidad de alumnos que hay en nuestra universidad y con la cantidad de programas y carreras que se imparten en ella, se consume energía eléctrica y el costo de esta es elevado para la institución. Por ello, es importante aportar alternativas para reducir el costo, siempre y cuando no se descuide la calidad de iluminación que se proporciona a nuestra comunidad universitaria y académicos. Por ello, es importante conocer el estado actual del consumo de energía, así como su costo; investigación que se desarrolla en este capítulo.

4.2 INVESTIGACIÓN DEL ESTADO ACTUAL (AÑO 2009) DEL ALUMBRADO EN PASILLOS, ANDADORES Y ESTACIONAMIENTO DE LA FES ACATLÁN

El objetivo de este estudio es saber por medio de técnicas, herramientas y aplicando la ingeniería para conocer y obtener resultados en cuanto a consumo y costo de energía en andadores y estacionamiento así como el estado actual de las luminarias que hay en nuestra Facultad. El 10 de Agosto del año 2009, se comenzó la evaluación del proyecto; el cual tiene por objeto estudiar la iluminación de las luminarias de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán; con la finalidad de poder sustituirlas con iluminación ahorradora de energía y de bajo costo. El primer trabajo consistió en medir la altura de los postes que se encuentran en la FES Acatlán con ayuda de un par de planos de la FES Acatlán (ANEXOS PLANOS: FES ACATLÁN PÁG. 218 - 219) “planta de conjunto” los cuales contienen información y la ubicación de los diferentes postes de iluminación y de los reflectores. Para este trabajo se investigó y se me asesoró en la técnica para poder determinar la altura de cada uno de los postes de iluminación dirigiéndome al laboratorio de Topografía donde pregunté sobre un instrumento para poder medir la altura de los postes que se encuentran dentro de la Facultad, estos instrumentos son:

➤ Estación Total



Fig. 69 Estación total.



Fig. 70. Estación total sobre tipie.

➤ Clisímetro



Figura 71. Clisímetro. Este instrumento no es tan complejo de utilizar así que el encargado del laboratorio de Topografía me asesoró y me dio instrucciones para poder utilizarlo.

Al comenzar a medir; sólo hay que:

1. Nivelar el instrumento
2. Pararse a determinada distancia del poste, ya con el clisímetro nivelado y observar que la burbuja de este se encuentre exactamente al centro de las líneas (nivel).
3. Así, girar la vista hacia la parte última del poste y con este instrumento hasta que la burbuja se encuentre nuevamente al centro de las líneas giramos la manija para obtener el ángulo de este.
4. Se toman medidas de las distancias, en la vertical, la cual es el punto cero para nuestro clisímetro, y la horizontal la cual es la distancia a la que nos ubicamos para medir el ángulo del poste.

El procedimiento antes mencionado se realizó para obtener los datos de las alturas de los postes.

Los datos obtenidos en fueron los siguientes:

POSTE	A (m)	x (m)	α (°C)	y (m)	h=(A+y) (m)
1	1.39	4.18	35.5	2.98	4.37
2	1.59	5.36	22.0	2.165	3.755
3	1.625	6.07	20.0	2.209	3.834
4	1.32	3.73	33.0	2.42	3.74
5	0.773	6.75	40.5	5.76	6.71
6	1.085	4.96	38.0	3.875	4.96
7	1.433	3.45	50.0	4.11	5.543
8	-----	-----	-----	-----	-----
9	1.185	6.35	35.5	4.529	5.714
10	1.357	6.42	48.0	7.13	8.487
11	1.354	5.55	58.0	8.88	10.234
12	1.727	9.53	38.5	7.58	9.307
13	1.17	8.32	50.0	9.915	11.085
14	1.455	7.26	52.0	9.29	10.745
15	1.318	4.80	41.5	4.2466	5.56

Tabla 18. Mediciones y resultados obtenidos con el clisímetro.

Dónde:

A = Distancia vertical a partir de la cual se comienza a medir en cero el clisímetro.

x = Distancia horizontal a la que se comienza a medir con el clisímetro.

α = Ángulo tomado por el clisímetro.

y = Distancia calculada algebraicamente.

h = Altura total del poste por tipo de luminarias.

Estas son medidas y datos se obtuvieron con ayuda de:

- Clisímetro



Fig. 72. Clisímetro

- Flexo metro



Fig. 73. Flexo metro

- Marcador (Gis)



Fig.74

De la Tabla 13, como “ A ” se tomó el dato de la distancia vertical antes mencionada, como dato en “ x ” la distancia a la que se tomó el punto cero ya con el clisímetro bien nivelado, “ α ” es el ángulo que se obtuvo con ayuda del clisímetro; la distancia “ y ” se obtuvo calculando su tangente; y “ h ” es la suma de las distancias obtenida. Obteniendo, así las distintas alturas de los diferentes tipos de postes de iluminación existentes actualmente en la FES Acatlán. El poste número 8 no se midió, puesto que, es un reflector y se encuentra en la azotea del edificio de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria (UIM).

Concluida esta tarea, acudí al área de mantenimiento de la FES ACATLÁN para corroborar las alturas de los postes de iluminación y adquirir más información sobre estos. Así que en el Departamento de Servicios Generales el Arquitecto Miguel Ángel Alvarado Nieto, me informo sobre la altura de los postes y el tipo de lámparas que utiliza.

La altura de los diferentes tipos de postes es:

- ❖ 12m (grandes)
- ❖ 6m (intermedias)
- ❖ 3m (intermedias)

Estos postes utilizan lámparas de vapor de sodio de alta presión; algunas con aditivos metálicos (POSTES 14, 13, 12, 11, 10 y 9 **PLANO POSTES DE ILUMINACIÓN ANEXOS PÁG. 218**). La mayoría de estas consumen 250 watts, las de altura intermedia consumen 150 watts (intermedias), las que se encuentran en el área de las canchas de futbol americano consumen 1000 watts. Con esta información que me proporcionó el Arquitecto Alvarado Jefe del Departamento de Servicios Generales de la FES Acatlán se investigó sobre la manera en que funcionan estas lámparas. Las **lámparas de vapor de sodio** son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que generan mayor cantidad de lúmenes por vatio. El color de la luz que producen es amarilla brillante.



Fig. 75. Lámpara de vapor de sodio ubicada en el estacionamiento de la FES Acatlán.

Continuando en la investigación se consultó la página de Comisión Federal de Energía <http://www.cfe.gov.mx/es/InformacionAlCliente/conocetutarifa>; para poder adquirir el costo del kilowatt existente en ese entonces con lo cual se encontró con el siguiente documento:

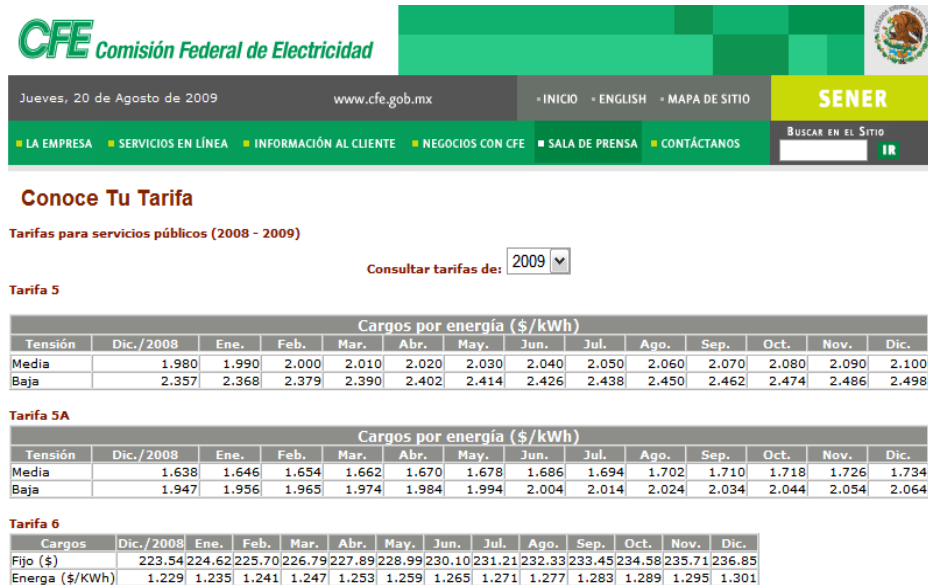


Fig. 76. Costo de kilowatt por hora, fuente CFE.

Con esta información obtenida se procedió a obtener el cálculo del costo total de kilowatt por hora en pasillos y estacionamientos. Los resultados obtenidos se obtuvieron en la siguiente tabla: Partiendo de la información proporcionada por el Doc. Raúl Pineda Olmedo (Planos de Postes de iluminación de la FES Acatlán) y de la información que proporcionó el Arq. Alvarado se obtuvo la siguiente información:

WATTS	TOTAL LUMINARIAS	TOTAL WATTS
250	274	68500
150	144	21600
1000	6	6000
		96100

Tabla 19. Obtención de consumo de energía en la FES Acatlán en Watts

MES	KWatts	hrs.	Días	\$ KWh	\$ POR MES
ENERO	96,1	12	31	1,235	44150,262
FEBRERO	96,1	12	28	1,241	40071,3936
MARZO	96,1	12	31	1,247	44579,2524
ABRIL	96,1	12	30	1,253	43348,788
MAYO	96,1	12	31	1,259	45008,2428
JUNIO	96,1	12	30	1,265	43763,94
JULIO	96,1	12	31	1,271	45437,2332
AGOSTO	96,1	12	31	1,277	45651,7284
SEPTIEMBRE	96,1	12	30	1,283	44386,668
OCTUBRE	96,1	12	31	1,289	46080,7188
NOVIEMBRE	96,1	12	30	1,295	44801,82
DICIEMBRE	96,1	12	31	1,301	46509,7092

Tabla 20. Costo de kilowatt por mes en la FES Acatlán.

Se obtuvo el costo anual del consumo de energía eléctrica en la FES Acatlán con los datos proporcionados el cual en el año 2009 es de **\$ 533,789.756**. Sin embargo, el 13 de octubre de 2009, la Secretaría de Energía confirma que la Comisión Federal de Electricidad se hace cargo de las operaciones que realizaba luz y fuerza del centro tales como generar, suministrar y comercializar la energía eléctrica en la zona centro del país que abarca Hidalgo, Puebla, Morelos, Estado de México y el Distrito Federal.

Actualmente las tarifas del consumo de energía son:

DOMESTICAS DE ALTO CONSUMO (DAC), 2011

Consultar tarifas
de:

2011

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico. Se considera de alto consumo cuando registra un consumo mensual promedio superior al límite de alto consumo definido para tu localidad.

El consumo mensual promedio se determinará con el promedio móvil del consumo registrado por el usuario en los últimos 12 meses.

Cuando el Consumo Mensual Promedio sea inferior al Límite de Alto consumo fijado en la localidad, se aplicará la tarifa doméstica 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F; que corresponda

El límite de alto consumo se define en función de la tarifa doméstica: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E y 1F; que se aplique en tu localidad.

TARIFA	LIMITE
1	250 kWh/mes
1A	300 kWh/mes
1B	400 kWh/mes
1C	850 kWh/mes
1D	1000k Wh/mes
1E	2000 kWh/mes
1F	2500 kWh/mes

REGION BAJA CALIFORNIA

CUOTAS MENSUALES EN VERANO

El período de aplicación de las cuotas de verano comprende los 6 meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada localidad. Los 6 meses restantes se aplican las cuotas Fuera de Verano

CARGOS POR	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cargo fijo (\$/mes)	72.40	72.38											
Cuotas por energía consumida en fuera de verano													
(\$/kWh)	3.072	3.165											

CUOTAS MENSUALES FUERA DE VERANO

CARGOS POR	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cargo fijo (\$/mes)	72.40	72.38											
Cuotas por energía consumida en fuera de verano													
(\$/kWh)	2.640	2.720											

REGION BAJA CALIFORNIA SUR

CUOTAS MENSUALES EN VERANO

El período de aplicación de las cuotas de verano comprende los 6 meses más cálidos del año, de acuerdo a las observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada localidad. Los 6 meses restantes se aplican las cuotas Fuera de Verano:

CARGOS POR	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cargo fijo (\$/mes)	72.40	72.38											
Cuotas por energía consumida en fuera de verano													
(\$/kWh)	3.349	3.451											

CUOTAS MENSUALES FUERA DE VERANO

CARGOS POR	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cargo fijo (\$/mes)	72.40	72.38											
Cuotas por energía consumida en fuera de verano													
(\$/kWh)	2.640	2.720											

REGION NOROESTE

CARGOS POR	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cargo fijo (\$/mes)	72.40	72.38											
Cuotas por energía consumida en fuera de verano													
Energía (\$/kWh)	2.960	3.050											

REGION NORTE Y NORESTE

CUOTAS MENSUALES

CARGOS POR	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cargo fijo (\$/mes)	72.40	72.38											
Cuotas por energía consumida en fuera de verano													
(\$/kWh)	2.882	2.970											

REGION SUR Y PENINSULAR

CUOTAS MENSUALES

CARGOS POR	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cargo fijo (\$/mes)	72.40	72.38											
Cuotas por energía consumida en fuera de verano													
(\$/kWh)	2.931	3.020											

REGION CENTRAL

CUOTAS MENSUALES

ARGOS POR	Dic./2010	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Cargo fijo (\$/mes)	72.40	72.38											
Cuotas por energía consumida en fuera de verano													
(\$/kWh)	3.162	3.258											

Tabla 21. Tarifas de CFE (<http://www.cfe.gob.mx/casa/ConocerTarifa/Paginas/Conocetutarifa.aspx>)

De acuerdo con esta nueva información se obtiene lo siguiente:

WATTS	TOTAL LUMINARIAS	TOTAL WATTS
250	274	68500
150	144	21600
1000	6	6000
		96100

Tabla 22. Consumo de Watts por mes en la FES Acatlán.

MES	KWtts	hrs.	Días	\$ KWh	\$ POR MES
ENERO	96.1	12	31	3.258	116470.8936
FEBRERO	96.1	12	28	3.258	105199.5168
MARZO	96.1	12	31	3.258	116470.8936
ABRIL	96.1	12	30	3.258	112713.768
MAYO	96.1	12	31	3.258	116470.8936
JUNIO	96.1	12	30	3.258	112713.768
JULIO	96.1	12	31	3.258	116470.8936
AGOSTO	96.1	12	31	3.258	116470.8936
SEPTIEMBRE	96.1	12	30	3.258	112713.768
OCTUBRE	96.1	12	31	3.258	116470.8936
NOVIEMBRE	96.1	12	30	3.258	112713.768
DICIEMBRE	96.1	12	31	3.258	116470.8936
COSTO ANUAL					1371350.844

Tabla 23. Obtención de costo anual actualmente 2011.

Actualmente (2011) la FES Acatlán gasta un total de **\$ 1 371 350.844** en consumo de energía eléctrica por lo que urge un programa de ahorro de energía y así reducir el costo para la universidad.

4.3 TOMA DE MEDIDAS DE ILUMINACIÓN EN LA FES ACATLÁN

A medida del avance de este estudio de acuerdo con los principios de la física y de acuerdo a las unidades de iluminación en el Sistema Internacional que se manejan en la actualidad con asesoría del Ing. Agustín Valera Negrete y su ayuda puesto que prestó su luxómetro en apoyo a este estudio con el cual se tomaron medidas en luxes de pasillos, andadores y estacionamiento de la FES Acatlán, las cuales se muestran a continuación:



Figura 77. Luxómetro

LECTURAS EN LUXES	PASILLOS			ANDADORES POSTES DE 3m DE ALTURA (EXPLANADA DE SOR JUANA INÉS DE LA CRUZ)								ANDADORES ÁREA DE CAJAS			
	I	II	III	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV
1	220	589	289	10	15	15	50	105	94	72	50	400	325	262	320
2	550	242	420	12	15	20	15	30	18	-	-	480	345	28	320
3	400	540	220	20	22	19	25	18	20	22	25	98	100	102	70
4	140	90	95	24	16	28	38		REFLECTORES			422	438	510	418
5	480	220	318	11	15	8	10	-	-	-	-	398	380	298	322
6	560	418	380	30	38	32	26	22	18	-	-	398	325	300	260
7	540	342	260	12	16	15	11	14	15	21	18	540	380	378	338
8	498	400	320	13	15	17	12	18	8	9	-	458	344	382	338
9	560	220	280	16	18	10	29	35	38	34	34	620	480	380	375
10	525	280	370	-	-	-	-	-	-	-	-	622	470	262	378

Tabla 24. Medidas de pasillos y andadores en diferentes puntos de la FES Acatlán, obtenidas con el luxómetro.

En las visitas que se realizaron al laboratorio de alumbrado público ubicado en la delegación de Iztapalapa; dentro de las asesorías que dieron apoyo a este estudio me indicaron que la iluminación en andadores no está normada, por lo que solamente nos enfocaremos al estacionamiento de acuerdo a la normatividad.

Lecturas de los postes ubicados en el estacionamiento:

LECTURAS EN LUXES	POSTES (ESTACIONAMIENTO DE LA FES ACATLÁN)					
	I	II	III	IV	V	VI
1	50	45	30	55	55	45
2	35	25	33	26	55	35
3	40	35	40	10	55	36
4	50	60	25	55	90	30
5	61	25	42	38	45	25
6	69	43	60	33	55	50
7	55	59	20	10	-	-
8	70	46	45	41	-	-
9	30	25	36	25	33	35
10	70	75	80	95	72	100

Tabla 25. Mediciones tomadas con el luxómetro en luminarias ubicadas en el estacionamiento de la FES Acatlán.

Estas medidas fueron tomadas el mes de Octubre del año 2009, en la FES Acatlán.

4.4 PARAMETROS DE ILUMINACIÓN: NORMA NOM-001-SEDE-2005

En esta norma dentro del artículo 930 de alumbrado público maneja tablas de iluminación las cuales se manejan a continuación:

El nivel de iluminancia o la luminancia requeridas en una vialidad, se debe seleccionar de acuerdo a la clasificación en cuanto a su uso y tipo de zona en la cual se encuentra localizada:

a) Autopistas. Vialidades con alto tránsito vehicular de alta velocidad con control total de acceso y sin cruces al mismo nivel.

b) Carreteras. Vialidades que interconectan dos poblaciones con cruces al mismo nivel.

c) Vías principales y ejes viales. Vialidades que sirven como red principal para el tránsito de paso; conecta áreas de generación de tráfico y vialidad importante de acceso a la ciudad. Generalmente

tiene alto tránsito peatonal y vehicular nocturno y puede tener circulación vehicular en contra flujo. Típicamente no cuenta con pasos peatonales.

d) Vías colectoras o primarias. Son vialidades que sirven para conectar el tránsito entre las vías principales y las secundarias.

e) Vías secundarias. Vialidades usadas fundamentalmente para acceso directo a zonas residenciales, comerciales e industriales, se clasifican a su vez en:

TIPO A-Vía de tipo residencial con alto tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de moderado a alto, y con moderada existencia de comercios.

TIPO B-Vía de tipo residencial con moderado tránsito peatonal nocturno, tránsito vehicular de bajo a moderado y con moderada existencia de comercios.

TIPO C-Vía de acceso industrial que se caracteriza por bajo tránsito peatonal nocturno, moderado tránsito vehicular y baja actividad comercial.

f) Túneles. Para la clasificación de la estructura de los túneles, se deben tener en cuenta sus características dimensionales y su alineación geométrica.

1) Túnel Corto. Es el túnel recto cuya longitud total de un extremo a otro, a lo largo de su eje central, es igual o menor que la distancia mínima de seguridad de frenado. Un túnel corto puede tener hasta 25 m de largo, sin que necesite alumbrado durante el día, siempre que sea recto o el tráfico no sea muy intenso.

2) Túnel Largo. Es el túnel cuya longitud total es mayor que la distancia mínima de seguridad de frenado, o bien, aquel que por su alineación o curvatura impida observar al conductor la salida del mismo. En los túneles largos necesariamente existen zonas de umbral, transición, interior, nuevamente transición y umbral.

3) Túnel unidireccional. Es aquella estructura que consiste en dos recintos separados, cada uno de los cuales está diseñado para el flujo de tráfico en una sola dirección. Este tipo de túnel puede ser de uno o varios carriles.

4) Túnel bidireccional. Es aquella estructura que consiste de un solo recinto común diseñado para el flujo de tráfico en ambas direcciones. En este tipo de túnel, el nivel de luminancia en la zona interior, debe ser mayor que la correspondiente del túnel unidireccional.

5) Paso superior o paso inferior. Una estructura es considerada paso superior o paso inferior, cuando la longitud del mismo no excede el ancho de la vialidad superior o inferior, respectivamente.

6) Vía de acceso. Es el área externa de la vialidad que conduce al túnel.

7) Portal. Es el plano de entrada al interior del túnel.

8) Zona de entrada o umbral. Es la zona interior inicial del túnel donde se realiza la transición de un alto nivel de iluminación natural hasta el inicio de las zonas de transición y es igual que la distancia mínima de seguridad de frenado menos 15 m. La luminancia del túnel en esta zona durante el día debe ser relativamente alta con el fin de proporcionar visibilidad durante el proceso de adaptación del ojo, conforme el conductor se interne en el túnel.

9) Zona de transición. Es la zona después de la de umbral que permite al conductor la apropiada adaptación de la visión y debe disminuir gradualmente hasta la zona interior. La longitud de esta zona es igual que la distancia mínima de frenado.

10) Zona interior. Es la zona dentro del túnel que le sigue a la zona de transición, donde se completa la adaptación del ojo. El nivel de luminancia en esta zona debe mantenerse constante.

g) Los estacionamientos se clasifican:

1) Por su construcción

a. Abiertos.

b. Cerrados.

2) Por su actividad. Estos niveles reflejan la actividad vehicular y peatonal, normalmente identificados por los siguientes ejemplos:

a. Alta

Eventos deportivos de importancia.

Eventos cívicos y culturales de relevancia.

Centros comerciales regionales.

Restaurantes.

b. Media

Centros comerciales locales.

Eventos cívicos, culturales o recreacionales.

Áreas de oficinas.

Áreas de hospitales.

Áreas de terminales aéreas, terrestres y de trasbordo.

Complejos residenciales

c. Baja

- ✓ Centros comerciales pequeños.
- ✓ Áreas industriales.
- ✓ Áreas escolares.
- ✓ Iglesias.
- ✓ Otras actividades.

B. Especificaciones de los sistemas de alumbrado

930-4. Disposiciones generales. Se permite que las autopistas y carreteras puedan estar o no iluminadas, sin embargo se deben iluminar los tipos restantes de clasificaciones de alumbrado público indicados en 930-3. A excepción de pasos a desnivel peatonales, alumbrado de emergencia e instalaciones temporales, no se permite el uso de lámparas incandescentes, fluorescentes, tungsteno-halógeno, vapor de mercurio y luz mixta para el alumbrado público.

930-5. Especificaciones auxiliares

a) Reflectancia del pavimento. Se deben considerar las características de reflectancia del pavimento para el cálculo de luminancia de una vialidad, las cuales son mostradas en la Tabla 26 930-5(a).

Clase	Qo	Descripción	Tipo de reflectancia
R ₁	0,10	Superficie de concreto, cemento portland, superficie de asfalto difuso con un mínimo de 15% de agregados brillantes artificiales.	Casi difuso
R ₂	0,07	Superficie de asfalto con un agregado compuesto de un mínimo de 60% de grava de tamaño mayor que 10 mm. Superficie de asfalto con 10 a 15% de abrillantador artificial en la mezcla agregada.	Difuso especular
R ₃	0,07	Superficie de asfalto regular y con recubrimiento sellado, con agregados oscuros tal como roca o roca volcánica, textura rugosa después de algunos meses de uso (Típico de autopistas).	Ligeramente especular
R ₄	0,08	Superficie de asfalto con textura muy tersa.	Muy especular

Tabla 26. 930-5 (a). Características de reflectancia del pavimento. **NOTA:** Qo representa el coeficiente de luminancia media.

Clasificación de vialidades	Iluminancia horizontal E_{prom} (lx)
Autopistas y carreteras	6
Vías de acceso controlado y vías rápidas	14
Vías principales y ejes viales	17
Vías primarias o colectoras	12

Tabla 27. 930-6 (d) Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida con superpuestos.

Observaciones:

1. Uniformidad mínima de iluminancia 6 a 1 (promedio a mínimo), para todas las clasificaciones de vialidades a los niveles de iluminancia recomendados anteriormente.

Estos valores de diseño se aplican solamente a la porción de rodamiento de vialidades. Los intercambios (distribuidores) se analizan individualmente con el propósito de establecer los niveles de iluminancia y uniformidad.

Nivel de actividad	Area general de estacionamiento y peatonal	
	Mínimo sobre el pavimento Lx	Uniformidad E_{prom}/E_{min}
Alta	10,0	4 a 1
Media	6,0	4 a 1
Baja	2,0	4 a 1

Tabla 28. 930-6 (e) .Valores mínimos de iluminancia promedio mantenida para estacionamientos abiertos.

Turno	Area general de estacionamiento y peatonal	Rampas y esquinas lx	Accesos lx	Escaleras Rango de iluminancias lx
	Lx			lx
Diurno	54,0	110,0	540,0	100-150-200
Nocturno	54,0	54,0	54,0	100-150-200

Tabla 29. 930-6(f). Valores mantenidos mínimos de iluminancia para estacionamientos cerrados.

NOTAS:

1. Aplicable para cualquier nivel de actividad.
2. La relación mínima de iluminancia en todos los casos es 4 a 1 (E_{prom}/E_{mín}).

De acuerdo a lo establecido en esta norma y tomando en cuenta los valores obtenidos de las mediciones tomadas anteriormente con el luxómetro en el área del estacionamiento de la FES Acatlán, se observa que se está cumpliendo con ellos, sin embargo, se observa que están sobrepasados, es decir, se continua con un alto consumo de energía eléctrica y por lo tanto nos lleva a un mayor costo.

CAPÍTULO 5

PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGÍA

OBJETIVO:

Diseñar los programas de control, mantenimiento y sustitución de partes del sistema de alumbrado, evaluando los costos de operación y los beneficios a la comunidad.

5.1 EJEMPLO APLICATIVO TALLERES Y LABORATORIOS DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL EN LA FES ACATLÁN

De acuerdo al manual de iluminación en interiores y siguiendo sus lineamientos, así como el adecuado procedimiento, tanto en cálculos como en especificaciones, con asesoría del Ing. Enrique Castañeda (Académico de la FES Acatlán UNAM); nos dimos a la tarea de realizar el análisis y el cálculo para la iluminación de Talleres y Laboratorios en su interior, dicho procedimiento se enuncia a continuación:

APLICACIÓN Y METODOLOGÍA, TALLERES Y LABORATORIOS (ANEXOS PLANOS PÁG. 220- 221):

PASO 1

DATOS DE PROYECTO:

Largo = 31.50m

Ancho = 19.20m

Altura = 9.00m

Altura de plano de trabajo = 1.50m

Nivel de iluminación recomendado = 750luxes

Reflectancia del techo = 70%

Reflectancia de la pared = 50%

Reflectancia del piso = 20%

Tipo de ambiente = No muy sucio

Horas de operación por año = $12 \text{ hrs/días} \times 300 \text{ días} = 36000 \text{ hrs}$

Con los datos obtenidos procedemos a realizar la selección del luminario de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$E = \frac{I}{H^2}$$

Dónde:

E = Nivel de iluminación en luxes = 750 luxes

REFERENCIA DE LA NOM-025-STPS-1999-Condicionen-de-iluminacion-en-los-centros-de-trabajo.

TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO	ÁREA DE TRABAJO	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUX)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales exteriores: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Áreas generales interiores: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Áreas de servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y paillería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble e inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies, y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas y acabado con pulidos finos.	Áreas de proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulido fino.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Áreas de proceso de gran exactitud.	2,000

Tabla 30. NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN NOM-025-STPS-1999.

I = Potencia en candelas

Altura a la parte baja del luminario = 7.50m

1.1 APLICANDO LA FÓRMULA TENEMOS:

$$I = EH^2$$

$$I = 750 \text{luxes } 7.50m^2 = 42187.5$$

∴

$$I = 42187.5 \text{ candelas}$$

Por las características de la luz se decide utilizar lámparas de aditivos metálicos, por lo que tomamos el valor de candelas de catálogo de fabricante, donde, se selecciona de acuerdo a la curva fotométrica un luminario de aditivos metálicos con las siguientes características:

- Número de catálogos 713
- Potencia 400 Watts
- Lúmenes iniciales 36000
- Valor fotométrico a 0° de 37817 candelas

PASO 2

2.1 DETERMINACIÓN DEL (RATIO CANTY ROOM) RCR

$$RCR = \frac{5 \text{ altura cavidad cuarto} * L + A}{\text{Área}}$$

$$RCR = \frac{5 \cdot 7.50m * 31.50m + 19.20m}{31.5 * 19.20}$$

$$RCR = 3.14$$

Como las tablas sólo tienen números enteros procedemos a interpolar:

$$\begin{array}{r} 3.00 \quad \underline{\quad} \quad 0.74 \\ 4.00 \quad \underline{\quad} \quad 0.69 \\ -1 \quad \quad \quad 0.05 \end{array} \qquad \begin{array}{r} -1.00 \quad \underline{\quad} \quad 0.05 \\ 0.14 \quad \underline{\quad} \quad x \end{array}$$

$$x = \frac{0.14 \quad 0.05}{-1} \qquad \begin{array}{r} 0.74 \\ -0.007 \\ \hline 0.737 \end{array}$$

$$x = -0.007$$

$$\therefore C.U. = 0.737$$

2.2 FACTOR DE MANTENIMIENTO

El tipo de luminaria que se utiliza es tipo industrial con reflector prismático ventilado que corresponde a la categoría III en las curvas de degradación por suciedad en el luminario. El tipo de ambiente del laboratorio es medio.

Por razones de mantenimiento se recomienda cada 6 meses. Por lo tanto, mi valor por degradación de suciedad en el luminario es de 0.9 (LDD).

$$FM = LLD \times LDD$$

DATOS:

Para lámparas de 400 WATTS acabado claro el Factor de depreciación es de $LLD = 0.75$

$$\therefore FM = 0.75 \times 0.9$$

$$FM = 0.675$$

2.3 CÁLCULO DEL NÚMERO DE LUMINARIAS

MEDIANTE LA FÓRMULA:

$$N_o = \frac{E \times \text{ÁREA}}{\text{Lúmenes por luminario} \times C.U. \times FM}$$

$$N_o = \frac{750 \times 604.8}{36000 \times 0.733 \times 0.675}$$

$$N_o = 25.46$$

$$\therefore N_o = 25 \text{ Luminarios}$$

2.4 CÁLCULO DE LA SEPARACIÓN ENTRE LUMINARIOS

$$S = \sqrt{\frac{\text{ÁREA}}{N_o \text{ Luminarios}}}$$

$$S = \sqrt{\frac{604.8}{25}}$$

$$S = 4.91m$$

2.5 CÁLCULO DE LA INTENSIDAD ELÉCTRICA

El circuito alimentador es de $V = 220V$

Aplicando la siguiente fórmula:

$$P = 2V_F I_F \cos\theta$$

$$P_T = 25 \times 400$$

$$P_T = 10000Watts$$

$$V_F = \frac{220V}{\sqrt{3}}$$

$$V_F = 127.01V$$

Calculamos:

$$I_F = \frac{P_T}{2 V_F \cos\theta}$$

$$I_F = \frac{10000 \text{ Watts}}{2 \cdot 127.01 \cdot 0.9}$$

$$I_F = 43.74 \text{ Ampere} \approx 50 \text{ Ampere}$$

∴ Se utiliza un cable calibre #6 AWG \Rightarrow 55 Ampere $\phi = 12\text{mm}^2$ (VER DETALLE EN LAS TABLAS: 35,36 y 37)

Las líneas de alambre abierto (sin aislar) fueron muy usadas en el siglo pasado con la aparición del telégrafo. La composición de los alambres fue al principio de hierro (acero) y después fue desplazado por el cobre, ya que este material es un mejor conductor de las señales eléctricas y soporta mejor los problemas de corrosión causados por la exposición directa a la intemperie. La resistencia al flujo de corriente eléctrica de los alambres abiertos varía grandemente con las condiciones climáticas, y es por esta razón que fue adoptado el cable par trenzado.

Hoy en día los cables vienen protegidos con algún material aislante. El material del conductor puede ser de cobre, aluminio u otros materiales conductores. Los grosores de los cables son medidos de diversas maneras, el método predominante en los Estados Unidos sigue siendo el Wire Gauge Standard (AWG). "gauge" significa el diámetro. Es lógico pensar que a mayor diámetro del conductor mayor será la resistencia del mismo.

Los conductores pueden ser de dos tipos **Sólidos** (solid) e **Hilados** (stranded), los conductores sólidos están compuestos por un conductor único de un mismo material, mientras que los conductores hilados están compuestos de varios conductores trenzados. El diámetro de un conductor hilado varía al de un conductor sólido si son del mismo AWG y dependerá del número de hilos que tenga. Los grosores típicos de los conductores utilizados en cables eléctricos para uso residencial son del 10-14 AWG. Los conductores utilizados en **cables telefónicos** pueden ser del 22,24 y 26 AWG. Los conductores utilizados en cables para aplicaciones de **REDES** son el 24 y 26 AWG.



Figura 78. Conductor hilado AWG

A continuación se muestra una tabla de conversión de milímetros y pulgadas a AWG para conductores sólidos.

Diámetro mm	Diámetro pulgadas	AWG
0.254	0.010	30
0.330	0.013	28
0.409	0.016	26
0.511	0.020	24
0.643	0.025	22
0.812	0.032	20
1.020	0.040	18
1.290	0.051	16
1.630	0.064	14
2.050	0.081	12
2.590	0.102	10

Tabla 31. Conversión Milímetros y Pulgadas a AWG(conductores sólidos)

Figura 79. Entre mas grande sea el valor AWG menor será el grosor o diámetro del conductor. El conductor 18 tiene más grosor que el cable 40, por ejemplo. Los primeros 5 cables [de izquierda a derecha] son sólidos y los últimos dos son hilados o trenzados (stranded).

$I_C = \text{Corriente Corregida}$

	CIRCUÍTO 1: LABORATORIO DE HIDRÁULICA		CIRCUÍTO 2: LABORATORIO DE ELECTRICIDAD		CIRCUÍTO 3: LABORATORIO DE FÍSICA Y QUÍMICA	
CARGA	1200	w	1600	w	1600	w
LONGITUD	43,57	m	35,4	m	21,9	m
VOLTAJE	220	v	220	v	220	v
FACTOR DE POTENCIA	0,9		0,9		0,9	
FACTOR DE TEMPERATURA	1,00		1		1	
FACTOR DE AGRUPAMIENTO	0,70		0,7		0,7	
CORRIENTE NOMINAL	6,060606061	A	8,080808081	A	8,080808081	A
CORRIENTE CORREGIDA	8,658008658	A	11,54401154	A	11,54401154	A
SECCIÓN TRANSVERSAL	1,200275482	mm ²	1,300275482	mm ²	0,804407713	mm ²
CAÍDA DE VOLTAJE	0,727439686	%	0,788045747	%	0,487519826	%

TABLA 32 Resultados obtenidos.

	CIRCUÍTO 4: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS		CIRCUÍTO 5: LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES		CIRCUÍTO 6: PASILLO CENTRAL DE LABORATORIOS	
CARGA	1600	w	2400	w	2000	w
LONGITUD	43,3	m	61,3	m	47,2	m
VOLTAJE	220	v	220	v	220	v
FACTOR DE POTENCIA	0,9		0,9		0,9	
FACTOR DE TEMPERATURA	1		1		1	
FACTOR DE AGRUPAMIENTO	0,7		0,7		0,7	
CORRIENTE NOMINAL	8,080808081	A	12,12121212	A	10,1010101	A
CORRIENTE CORREGIDA	11,54401154	A	17,31601732	A	14,43001443	A
SECCIÓN TRANSVERSAL	1,590449954	mm ²	3,377410468	mm ²	2,167125803	mm ²
CAÍDA DE VOLTAJE	0,963909063	%	0,808960591	%	0,740897711	%

TABLA 33. Continuación de los resultados obtenidos en el estudio del ejemplo aplicativo de los Talleres y Laboratorios de la FES Acatlán, UNAM.

El cable de conexión representa el componente indispensable para el transporte de la energía eléctrica entre los diferentes bloques que integran un sistema FV. Resulta inevitable que parte de esta energía se pierda en forma de calor, ya que la resistencia eléctrica de un conductor nunca es nula. El material más indicado para la fabricación de un cable conductor representa un compromiso entre un bajo valor de resistividad y el costo del mismo. El cobre ofrece hoy día la mejor solución. La información contenida en este capítulo está dada para este tipo de material.

La resistencia eléctrica de un material conductor está dada por la expresión:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad (1)$$

Donde:

ρ = Representa el valor de resistividad lineal Ωm

L = Es el largo del conductor m

A = Es el área de la sección del mismo m^2

El valor de r depende de dos variables: el material conductor y la temperatura de trabajo que éste alcanza. La expresión (1) indica que para un dado material conductor y temperatura (ρ constante), si el valor del área A permanece constante, el valor de la resistencia aumenta con su longitud. De igual manera puede deducirse que si ρ y L permanecen fijos, la resistencia del conductor se reduce si el área de su sección aumenta. La mayoría de los cables utilizados en instalaciones eléctricas tienen una sección circular. Cuando el área del conductor aumenta, también lo hace su diámetro. Por lo tanto, para una dada longitud, un aumento en el diámetro significa una menor caída de voltaje en el cable (menores pérdidas de energía), pero un mayor costo (más volumen por unidad de longitud).

5.1.1 Norma AWG

La dependencia entre el diámetro y el área del conductor permite establecer un método de clasificación para los cables. A determinados diámetros se les asigna un número en una escala arbitraria, al que se conoce como el calibre del conductor. Esta escala se la conoce como el AWG (*American Wire Gauge*, calibre americano para conductores), y es utilizada dentro y fuera de los EEUU.

El rango de calibres para nuestra aplicación comienza con el calibre 4/0 (4 ceros), al que corresponde el mayor diámetro. El número de ceros disminuye hasta alcanzar el valor 1/0. A partir de este valor el calibre del cable está asociado a un valor numérico creciente (2, 4, 6, etc). Es importante recordar que para estos calibres el diámetro del conductor se **reduce** cuando el valor numérico asignado **augmenta**. Para nuestra aplicación el máximo valor numérico que se utiliza es el 16, ya que la resistencia eléctrica por unidad de longitud resulta excesiva para calibres superiores a este valor. Los calibres 4/0 y 3/0 son raramente usados, pues son difíciles de instalar, tienen un elevado peso por unidad de longitud y un costo elevado.

5.1.2 DIÁMETROS RELATIVOS

La Figura 80 muestra, en forma comparativa, los diámetros de varios de los calibres AWG. Las características eléctricas y mecánicas de los mismos están resumidas en la Tabla 36, al final de este apartado. El diámetro en mm especificado para cada calibre corresponde al del conductor *sin aislación alguna*. Los valores resistivos, ohms por cada 100m, corresponden al valor de ese calibre a una temperatura de 25°C.

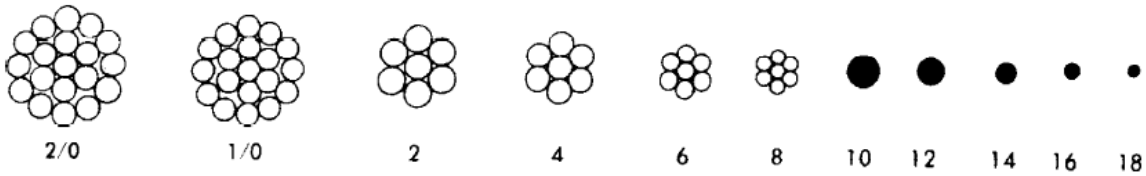


Figura 80. Diámetros Relativos de Varios Calibres AWG

Existen dos tipos de conductores: el de un solo alambre (*wire*, en inglés) y el multialambre (*cable*, en inglés). Los calibres de mayor diámetro no pueden tener un solo conductor pues su rigidez los haría poco prácticos. Es por ello que los cables con calibres entre el 8 y el 4/0 son fabricados usando varios alambres de menor diámetro, los que son retorcidos suavemente para que conserven una estructura unificada. La Figura 81 muestra estos dos tipos. Dos cables de un calibre, conectados en paralelo, es otro recurso práctico para incrementar el área efectiva de conducción.

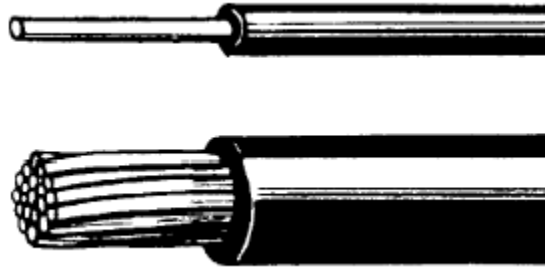


Figura 81. Conductor Sólido y Multialambre.

La norma define, para cada calibre, el valor de la corriente máxima, en amperes, que es permitido por el código eléctrico de los EEUU (*ampacity*, en inglés). Este valor no debe ser sobrepasado, por razones de seguridad (excesiva disipación de calor).

5.1.3 AMPERAJE MÁXIMO

Los cables usados en instalaciones eléctricas tienen, salvo raras excepciones, una cobertura exterior que provee aislación eléctrica y resistencia mecánica al conductor. El material usado en la cobertura exterior es muy importante, pues determina el uso del mismo.

Distintos tipos de cubiertas permiten enterrar el cable bajo tierra, usarlo en lugares con alta humedad y/o temperatura, o volverlos resistentes a ciertas sustancias químicas o a la radiación ultravioleta. Para identificar las distintas aplicaciones se usan letras, las que representan la abreviación de palabras en inglés. Estas letras se imprimen a intervalos especificados por las normas, a lo largo de la cubierta exterior.

5.1.4 TIPOS NM Y NMC

Para uso interno, como es el caso dentro de las casas, se usa el tipo NM (*Non-Metalic*, cubierta no metálica). Este tipo de cable tiene una cubierta de plástico que envuelve a dos o tres conductores. Cuando hay tres cables bajo la misma cubierta, dos de ellos tienen aislación, mientras que el tercero es un alambre desnudo. En los EEUU el cable de tres conductores tipo NM se lo conoce, popularmente, como cable ROMEX. Como estos cables son comúnmente usados en circuitos de CA, uno de los cables tiene aislación de color negro, el otro blanca. Estos dos colores conforman con la norma estadounidense para el cable vivo y el neutral, respectivamente (Apéndice I). El cable desnudo se lo usa como conexión de tierra. Una variación de este cable es el tipo NMC, el que es diseñado con una cubierta que resiste la humedad. El tipo NM necesita de un ambiente de baja humedad. La Figura 82 muestra la estructura física de un cable NM con tres conductores.

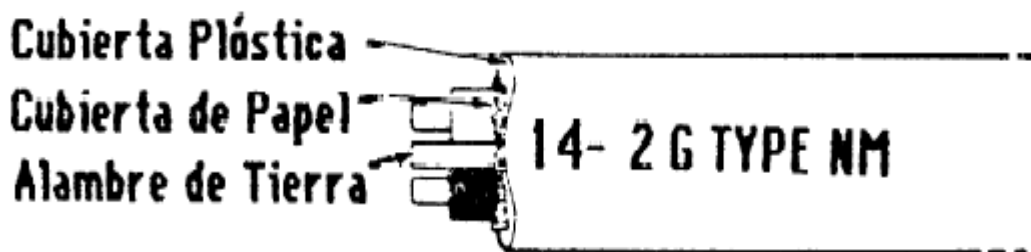


Figura 82. Cable Tipo NM o NMC

5.1.5 MARCAS ADICIONALES

El cable de la Figura 82 muestra marcas adicionales impresas en la cubierta plástica. En particular, el número 14 corresponde al calibre AWG de cada uno de los conductores, y la marca 2 G significa que dos de los conductores tienen aislación, mientras que el tercero es un alambre desnudo para conexión a tierra (*Ground*, en inglés). Otra leyenda que suele ser impresa en la cubierta es el valor del voltaje máximo de trabajo.

Para uso exterior se ofrecen dos tipos: el USE (*Underground Service Entrance*, servicio de entrada bajo tierra) y el UF (*Underground Feeder*, alimentador bajo tierra). El código eléctrico americano exige que un cable UF, de ser enterrado, tenga fusibles de protección en el lugar donde se inyecta la potencia eléctrica. Ambos tipos de cable pueden ser enterrados, evitándose el uso de postes de sujeción. Estos cables pueden adquirirse como cable de un solo conductor o en una estructura similar a la usada por el tipo NM, donde se agrupan dos o más conductores dentro de la cubierta exterior, dependiendo del calibre. La Figura 83 muestra un cable del tipo USE con un solo conductor.



Figura 83. Cable Tipo USE

Cables del tipo THW (*Temperature-Humidity-Weather*, temperatura, humedad, clima) sirven para uso a alta temperatura (expuestos al sol) o en lugares con alto nivel de humedad ambiente. El tipo TH es similar, pero no es aconsejable en lugares con alta humedad ambiente. Algunas versiones tienen el recubrimiento aislante resistente a la radiación ultravioleta, retardando el deterioro de la cubierta aislante. Pueden utilizarse en aplicaciones exteriores, pero no pueden ser enterrados directamente en el suelo como los tipos USE o UF.

5.1.6 RESISTENCIA Y TEMPERATURA

Hemos visto que el valor de la resistividad (ρ) depende de la temperatura de trabajo del conductor. El valor de la resistencia eléctrica de un cable conductor a una temperatura superior a los 25°C está dado por la expresión:

$$R_t = R_{25} \times 1 + \alpha \Delta T$$

Donde:

R_t = Es la resistencia a la temperatura T

α = Es un coeficiente de proporcionalidad cuyo valor, para cobre es 0.00043 1/°C

ΔT = Es la cantidad de grados que la temperatura de trabajo del conductor supera los 25°C

Esta fórmula nos dice que por cada 10°C que sube la temperatura sobre la ambiente, el valor de la resistencia se incrementa en un 4,3 %. El amperaje máximo especificado para un determinado calibre disminuye con la temperatura, como lo muestra la Tabla 34. El nuevo valor se obtiene multiplicando el valor para 25°C por el coeficiente dado en la Tabla 34.

TEMPER. Grados C	TIPO DE CABLE		TEMPER. Grados C	TIPO DE CABLE	
	UF	USE, THW TW		UF	USE, THW TW
26 - 30	0,93	0,93	41 - 45	0,66	0,76
31 - 35	0,84	0,87	46 - 50	0,54	0,69
36 - 40	0,76	0,81	51 - 55	0,38	0,62

Tabla 34. Coeficiente de Reducción del Amperaje Máximo

5.1.7 PERDIDAS DE POTENCIA

Un circuito activo (corriente circulando) sufre una pérdida de potencia en los cables que interconectan el sistema. Para un determinado valor de la corriente de carga, esta pérdida es proporcional a la caída de voltaje en los mismos (Apéndice I). Como se verá más adelante, durante el proceso de diseño del sistema se estima la pérdida porcentual de potencia que éste sufrirá. Esto equivale a estimar el mismo valor porcentual para la caída de voltaje. Usando este concepto, los Srs. John Davey y Windy Dankoff dedujeron una fórmula que permite calcular un llamado “Índice de Caída de Voltaje” (ICV) que puede ser utilizado para determinar el calibre adecuado del cable a usarse. El artículo original fué publicado en la revista Home Power (#14, págs 32 y 33). Con la autorización de sus autores, daremos la descripción del método de cálculo. El valor del ICV está dado por la expresión:

$$ICV = \frac{A \times D}{\%CV \times V_{nom}} \times 3.281$$

Donde:

A = Es el número de amperes en el circuito.

D = Es la distancia (en una sola dirección) entre los dos puntos a conectarse.

%CV = Es el porcentaje de caída de voltaje.

V_{nom} = Es el valor nominal del voltaje del sistema.

El factor 3.281 debe ser usado si la distancia se mide en metros. Si la distancia es en pies (ft) no debe ser considerado.

La siguiente Tabla relaciona los valores del *ICV* con los calibres de los cables.

Calibre AWG	ICV	Calibre AWG	ICV
4/0	99	6	12
3/0	78	8	8
2/0	62	10	5
1/0	49	12	3
2	31	14	2
4	20	16	1

Tabla 35. Relación entre el ICV y el AWG

Calibre AWG No	Resistencia $\Omega/100$ m	Amperaje Máximo (A)*			Dimensiones	
		TIPO DE CABLE UF	USE, THW TW, THWN	NM	Diám. mm	Area cm ²
4/0	0,01669	211	248		13,412	1,4129
3/0	0,02106	178	216		11,921	1,1161
2/0	0,02660	157	189		10,608	0,8839
1/0	0,03346	135	162		9,462	0,7032
2	0,05314	103	124		7,419	0,4322
4	0,08497	76	92		5,874	0,2710
6	0,1345	59	70		4,710	0,1742
8	0,2101	43	54		3,268	0,0839
10	0,3339	32	32	30	2,580	0,0523
12	0,5314	22	22	20	2,047	0,0329
14	0,8432	16	16	15	1,621	0,0206

Tabla 36. Cables de Cobre a 25 C

NOTAS:

* Estos valores contemplan hasta 3 conductores por envoltura.

Obsérvese que para valores de resistencia de menos de 0,1W /100 m, el valor está dado con cinco (5) cifras decimales, para mayor precisión.

La máxima temperatura de trabajo para los tipos USE y TH es 75°C.

La máxima temperatura de trabajo para el tipo UF es 60°C.

5.1.8 AWG (AMERICAN WIRE GAUGE)

La escala fue creada en 1857 por la compañía *J.R. Brown & Sharpe* de Providence (Rhode Island), por tal motivo la escala también fue conocida como la *Brown and Sharpe Gauge*. Lucien Sharpe presentó la idea ante la Asociación Waterbury Brass, y ésta fue adoptada rápidamente durante febrero del mismo año por los ocho mayores fabricantes de cable en Estados Unidos. Muy pronto, su uso se extendió a gran parte de los países latinoamericanos.

El calibre de alambre estadounidense (CAE, en inglés AWG - *American Wire Gauge*) es una referencia de clasificación de diámetros. En muchos sitios de Internet y también en libros y manuales, especialmente de origen norteamericano, es común encontrar la medida de conductores eléctricos (cables o alambres) indicados con la referencia AWG. Cuanto más alto es este número, más delgado es el alambre. El alambre de mayor grosor (AWG más bajo) es menos susceptible a la interferencia, posee menos resistencia interna y, por lo tanto, soporta mayores corrientes a distancias más grandes.

Ley matemática

La escala obedece prácticamente a los pasos sucesivos del proceso de estirado del alambre que existía en 1857. Se seleccionaron el diámetro más grueso de 0,4600 pulgadas (calibre 4/0) y el diámetro más delgado de 0,0050 pulgadas (calibre 36); se determinaron 38 dimensiones entre dichos calibres. De tal suerte, que la razón entre un diámetro y el siguiente está dada por la progresión geométrica:

$$\sqrt[39]{\frac{0.4600}{0.0050}} = \sqrt[39]{92} = 1.1229$$

Es decir, la razón entre dos diámetros consecutivos en la escala AWG es constante e igual a 1.1229.

Por esta razón los pasos de los calibres con respecto al diámetro son regresivos, pues corresponden en realidad a los pasos del proceso de estirado del alambre. No obstante, para los calibres de mayor grosor, se optó la solución de identificarlos directamente por el área en el sistema inglés de medida:

- *Mil*, para los diámetros, es decir una milésima de pulgada.
- *Circular mil*, para las áreas, unidad que representa el área del círculo de un mil de diámetro, es decir, 0.7854 mils cuadrados.
- *kcimil*, para secciones de mayor área. Estas siglas también eran conocidas hasta finales del siglo XX como *MCM* o *KCM*.

La siguiente tabla de conversión nos permite saber el diámetro y superficie o área de sección del conductor, conociendo el número **AWG**

AWG	DIAMETRO (mm)	ÁREA (mm ²)
1	7.35	42.40
2	6.54	33.60
3	5.86	27.00
4	5.19	21.20
5	4.62	16.80
6	4.11	13.30
7	3.67	10.60
8	3.25	8.35
9	2.91	6.62
10	2.59	5.27
11	2.30	4.15
12	2.05	3.31
13	1.83	2.63
14	1.63	2.03
15	1.45	1.65
16	1.29	1.31
17	1.15	1.04
18	1.024	0.823
19	0.912	0.653
20	0.812	0.519
21	0.723	0.412
22	0.644	0.325
23	0.573	0.259
24	0.511	0.205
25	0.455	0.163
26	0.405	0.128
27	0.361	0.102
28	0.321	0.0804
29	0.286	0.0545
30	0.255	0.0503

Tabla 37. Para obtener el diámetro y superficie o área de sección del conductor, conociendo el número **AWG**.

**5.2 EJEMPLO APLICATIVO ANDADOR PRINCIPAL DEL ESTACIONAMIENTO DE LA FES
ACATLÁN**

DATOS:

*Ancho del arroyo = 6.60 m**Altura de Montaje = 9 m**Saliente del brazo = 80 cm**Luminario N° HOV - 25 - Z = Tipo IES SEMICORTA**Nivel de Iluminación = 15 luxes**Lámpara = 250 Watts VSAP**Factor por diferencia de altura = 1.0**Factor por diferencia de Luménes = 1.0**Coefficiente de utilización Cu*

$$Cu_{TOTAL} = Cu_{Lado\ calle} + Cu_{Lado\ casa}$$

$$Relación\ lado\ calle = \frac{Distancia\ transversal}{Altura\ de\ montaje}$$

PASO 1

$$R = \frac{5.80}{9} = 0.64$$

$$R = 0.64$$

$$\text{Traslado } Cu = \text{lado calle} = 0.20$$

$$\text{Relación casa} = \frac{\text{Distancia Transversal}}{\text{Altura de Montaje}}$$

$$\text{Relación casa} = \frac{0.80}{9} = 0.08$$

PASO 2: CÁLCULO DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

$$Cu = 0.06$$

$$Cu_{TOTAL} = 0.20 + 0.06 = 0.26$$

$$Cu_{TOTAL} = 0.26$$

$$LDD = 0.87$$

$$LLD = 0.80$$

$$Fm = 0.87 \times 0.8 = 0.69$$

PASO 3: CÁLCULO POR ESPACIAMIENTO DE INTERPOSTE

$$S = \frac{LL \times Cu \times Fm}{E \times A}$$

$$S = \frac{27500 \quad 0.26 \quad 0.69}{15 \quad 6.60} = 46.22m$$

$$S = 46.22m$$

\therefore La separación entre postes debe ser $S = 45m$

PASO 4: CÁLCULO DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN PROMEDIO E

$$E = \frac{27500 \cdot 0.26 \cdot 0.68}{40 \cdot 6.60} = 18.42$$

DISPOSICIÓN:

$$R = \frac{9m}{6.60m} = 1.36$$

$$R = 1.36$$

En la actualidad, el consumo de energía eléctrica es cada vez más versátil, así como costoso. Por lo que existen diversas maneras de generar energía eléctrica así como diversos costos de cada una de estas alternativas.

5.3 COMPARATIVO EN PASILLOS PRINCIPALES DE LOS EDIFICIOS DE LA FES ACATLÁN

PASO 1: Toma de dimensiones para determinar el área de los pasillos principales de los edificios de la FES ACATLÁN, mostrándose de la siguiente manera como se muestra en la siguiente tabla:

EDIFICIO DE LA FES ACATLÁN	ÁREA DETERMINADA EN EL PASILLO PRINCIPAL	EDIFICIO DE LA FES ACATLÁN	ÁREA DETERMINADA EN EL PASILLO PRINCIPAL
A-1	54m x 3m =162m ²	A - 8	60m x 3m =180m ²
A-2	60m x 3m =180m ²	A - 9	60m x 3m =180m ²
A-3	54m x 3m =162m ²	A-10	54m x 3m =162m ²
A-4	60m x 3m =180m ²	A-11	60m x 3m =180m ²
A-5	60m x 3m =180m ²	A-12	54m x 3m =162m ²
A-6	54m x 3m =162m ²	A-13	54m x 3m =162m ²
A-7	54m x 3m =162m ²	A-14	54m x 3m =162m ²

Tabla 38. Dimensiones tomadas en los pasillos de la FES Acatlán.

EDIFICIO DE LA FES ACATLÁN	TOTAL DE LUMINARIAS POR EDIFICIO	WATTS	EDIFICIO DE LA FES ACATLÁN	TOTAL DE LUMINARIAS POR EDIFICIO	WATTS
A-1	27	864	A - 8	30	960
A-2	30	960	A - 9	30	960
A-3	27	864	A-10	27	864
A-4	30	960	A-11	30	960
A-5	27	864	A-12	27	864
A-6	27	864	A-13	27	864
A-7	27	864	A-14	27	864

Tabla 39. Total de luminarias por edificio y consumo en Watts.

Para este ejercicio tomaremos en cuenta las mediciones en luxes de la Tabla 24 ubicada en la página 132 correspondiente al Capítulo 4:

LECTURAS EN LUXES	PASILLOS			ANDADORES POSTES DE 3m DE ALTURA (EXPLANADA DE SOR JUANA INÉS DE LA CRUZ)								ANDADORES ÁREA DE CAJAS			
	I	II	III	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV
1	220	589	289	10	15	15	50	105	94	72	50	400	325	262	320
2	550	242	420	12	15	20	15	30	18	-	-	480	345	28	320
3	400	540	220	20	22	19	25	18	20	22	25	98	100	102	70
4	140	90	95	24	16	28	38	REFLECTORES				422	438	510	418
5	480	220	318	11	15	8	10	-	-	-	-	398	380	298	322
6	560	418	380	30	38	32	26	22	18	-	-	398	325	300	260
7	540	342	260	12	16	15	11	14	15	21	18	540	380	378	338
8	498	400	320	13	15	17	12	18	8	9	-	458	344	382	338
9	560	220	280	16	18	10	29	35	38	34	34	620	480	380	375
10	525	280	370	-	-	-	-	-	-	-	-	622	470	262	378

Tabla 24. Medidas de pasillos y andadores en diferentes puntos de la FES Acatlán, obtenidas con el luxómetro.

Con la medida de las áreas correspondientes de los edificios de la FES ACATLÁN se realizará el Cálculo de la *Densidad de Potencia* = D_p

$$D_p = \frac{P}{A}$$

Dónde:

$P = \text{Potencia watts}$

$A = \text{Área a iluminar } m^2$

Para el año 2009 se utilizaban lámparas fluorescentes de luz blanca T12 de 40Watts cuyas características son:

- ✚ T12 38 mm Longitud 1200 mm
- ✚ Casquillo: G13.
- ✚ Flujo Luminoso: 3200 lm.
- ✚ Reproducción Cromática: Nivel 2B Bueno 60 a 69 % de reproducción
- ✚ Temperatura de Color: Blanco Frio 4.000°K
- ✚ Aplicaciones: pasillos iluminación de exterior.

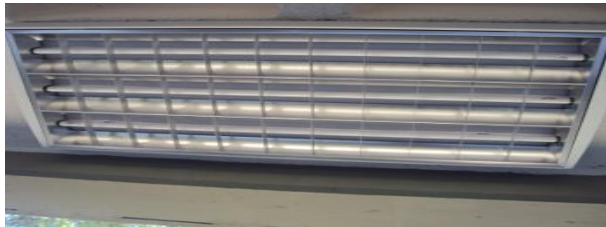


Figura 84. Imagen actual de las luminarias colocadas en la FES ACATLÁN

PASO 2: Tomando en cuenta que se utilizan tres lámparas por luminaria se consume \therefore una

$P = 120Watts$ en un área de $A = 18m^2$

Obtenemos una *Densidad de Potencia*

$$D_p = 6.67 \text{ Watts}/m^2$$

Considerando el área total por edificio tenemos que para un área correspondiente a

$A_{TOTAL} = 162m^2$ se consume una potencia de $P = 1080Watts$ por edificio

Obtenemos una *Densidad de Potencia* de: $D_p = \frac{1080 \text{ Watts}}{162 \text{ m}^2} = 6.67 \text{ Watts/m}^2$

Considerando el área total por edificio tenemos que para un área correspondiente a $A_{TOTAL} = 180 \text{ m}^2$ se consume una potencia de $P = 1200 \text{ Watts}$ por edificio

Obtenemos una *Densidad de Potencia* de: $D_p = \frac{1200 \text{ Watts}}{180 \text{ m}^2} = 6.67 \text{ Watts/m}^2$

Actualmente 2012, se han cambiado estas lámparas T12 de 40 Watts a T8 de 32Watts Phillips cuyas características son:

- Más delgados
- Consumen menos energía eléctrica
- Balastro electrónico multivoltaje 120V a 277V, integrado

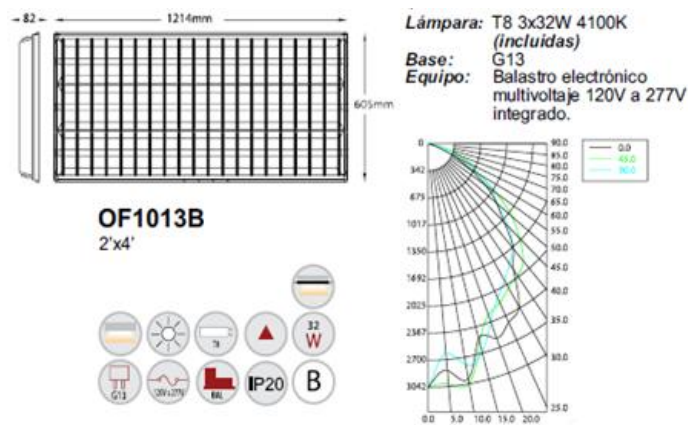


Figura 85. Características principales de la lámparas T8 3x32W

PASO 3: Tomando en cuenta que se utilizan tres lámparas por luminaria se consume \therefore una $P = 96 \text{ Watts}$ en un área de $A = 18 \text{ m}^2$

Obtenemos una *Densidad de Potencia*

$$D_p = 5.33 \text{ Watts/m}^2$$

Considerando el área total por edificio tenemos que para un área correspondiente a $A_{TOTAL} = 162 \text{ m}^2$ se consume una potencia de $P = 864 \text{ Watts}$ por edificio.

Obtenemos una *Densidad de Potencia* de:
$$D_p = \frac{864 \text{ Watts}}{162 \text{ m}^2} = 5.33 \text{ Watts/m}^2$$

Considerando el área total por edificio tenemos que para un área correspondiente a $A_{TOTAL} = 180 \text{ m}^2$ se consume una potencia de $P = 960 \text{ Watts}$ por edificio.

Obtenemos una *Densidad de Potencia* de:
$$D_p = \frac{960 \text{ Watts}}{180 \text{ m}^2} = 5.33 \text{ Watts/m}^2$$

5.3.1 PROPUESTA PARA EL AHORRO DE ENERGÍA EN LA FES ACATLÁN, UNAM

OF1042B



Producto: Óptica europea M51 empotrar T5 3x28W 2'x 4'.

Lámpara: T5 3x28W 4100°K

Base: G5

Equipo: Balastro electrónico multivoltaje 120V a 277V, integrado.

Figura 86. Características de la Lámpara T5 3x28W (PROPUESTA).

PASO 4: Tomando en cuenta que se utilizan tres lámparas por luminaria se consume \therefore una

$$P = 84 \text{ Watts} \text{ en un área de } A = 18 \text{ m}^2$$

Obtenemos una *Densidad de Potencia*

$$D_p = 4.66 \text{ Watts/m}^2$$

Considerando el área total por edificio tenemos que para un área correspondiente a $A_{TOTAL} = 162m^2$ se consume una potencia de $P = 756\text{ Watts}$ por edificio.

Obtenemos una *Densidad de Potencia* de: $D_p = \frac{756\text{ Watts}}{162\text{ m}^2} = 4.67\text{ Watts/m}^2$

Considerando el área total por edificio tenemos que para un área correspondiente a $A_{TOTAL} = 180m^2$ se consume una potencia de $P = 840\text{ Watts}$ por edificio.

Obtenemos una *Densidad de Potencia* de: $D_p = \frac{840\text{ Watts}}{180\text{ m}^2} = 4.67\text{ Watts/m}^2$

PASO 5: Determinación de la Densidad de Potencia D_p por edificio

EDIFICIOS DE LA FES ACATLÁN	PARA T12 3x40 Watts (LUMINARIAS EXISTENTES 2009)	PARA T8 3x32Watts (LUMINARIAS COLOCADAS 2012)	PROPUESTA T5 3x28Watts (AHORRO DE ENERGÍA WATTS)
A-1	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-2	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-3	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-4	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-5	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-6	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-7	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-8	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-9	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-10	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-11	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-12	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-13	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$
A-14	$D_p = 6.67\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 5.33\text{ Watts/m}^2$	$D_p = 4.67\text{ Watts/m}^2$

Tabla 40. Comparativo de consumo en Densidad de Potencia total en la FES ACATLÁN.

Siendo así obtenemos la *Densidad de Potencia Total*

PARA EL AÑO 2009	PARA ESTE AÑO 2012	PROPUESTA
$D_{P_t} = 93.38 \text{ Watts/m}^2$	$D_{P_t} = 74.62 \text{ Watts/m}^2$	$D_{P_t} = 65.38 \text{ Watts/m}^2$

Tabla 41. Comparativo total de las Densidades de Potencia calculadas.

Este comparativo muestra que actualmente si hay un gran ahorro de energía, sin embargo, con la propuesta, habrá mayor ahorro en consumos de energía eléctrica en la FES ACATLÁN.

PASO 6: COMPARATIVO DE COSTO-BENEFICIO EN AHORRO DE ENERGÍA EN LOS PASILLOS DE LA FES ACATLÁN

Tomando en cuenta que las luminarias tienen un horario de encendido de 12 horas tenemos las siguientes tablas mostrando el costo por año en cuanto a consumo de energía eléctrica en la FES ACATLÁN:

MES	KWtts	hrs.	Días	\$ KWh	\$ POR MES
ENERO	15,84	12	31	2,601	\$15.326,34
FEBRERO	15,84	12	28	2,610	\$13.891,05
MARZO	15,84	12	31	2,619	\$15.432,41
ABRIL	15,84	12	30	2,628	\$14.985,91
MAYO	15,84	12	31	2,637	\$15.538,47
JUNIO	15,84	12	30	2,646	\$15.088,55
JULIO	15,84	12	31	2,655	\$15.644,53
AGOSTO	15,84	12	31	2,664	\$15.697,57
SEPTIEMBRE	15,84	12	30	2,673	\$15.242,52
OCTUBRE	15,84	12	31	2,682	\$15.803,63
NOVIEMBRE	15,84	12	30	2,691	\$15.345,16
DICIEMBRE	15,84	12	31	2,700	\$15.909,70
COSTO ANUAL					\$183.905,82

TABLA 42. CONSUMO CON LUMINARIAS T12x40 WATTS AÑO 2009

Para consumo superior a 1,200 kWh mensuales hasta junio del 2012

RANGO DE CONSUMO	DIC./2008	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Básico 1-300	0.535	0.537	0.539	0.541	0.543	0.545	0.547	0.549	0.551	0.553	0.555	0.557	0.559
Intermedio bajo 301-1,200	0.879	0.882	0.885	0.888	0.891	0.894	0.897	0.698	0.700	0.702	0.704	0.706	0.708
Intermedio alto 1,201-2,500	1.635	1.640	1.645	1.650	1.655	1.660	1.665	1.670	1.675	1.680	1.685	1.691	1.697
Excedente	2.593	2.601	2.610	2.619	2.628	2.637	2.646	2.655	2.664	2.673	2.682	2.691	2.700

Figura 87. Tarifas de CFE AÑO 2009

MES	KWtts	hrs.	Días	\$ KWh	\$ POR MES
ENERO	12,672	12	31	2,601	\$12.261,07
FEBRERO	12,672	12	28	2,610	\$11.112,84
MARZO	12,672	12	31	2,619	\$12.345,92
ABRIL	12,672	12	30	2,628	\$11.988,73
MAYO	12,672	12	31	2,637	\$12.430,78
JUNIO	12,672	12	30	2,646	\$12.070,84
JULIO	12,672	12	31	2,655	\$12.515,63
AGOSTO	12,672	12	31	2,664	\$12.558,05
SEPTIEMBRE	12,672	12	30	2,673	\$12.194,01
OCTUBRE	12,672	12	31	2,682	\$12.642,91
NOVIEMBRE	12,672	12	30	2,691	\$12.276,13
DICIEMBRE	12,672	12	31	2,700	\$12.727,76
COSTO ANUAL					\$147.124,66

TABLA 43. CONSUMO CON LUMINARIAS T8x32 WATTS AÑO 2012

Podemos observar que con las nuevas luminarias que se están colocando se tiene un ahorro de **\$36,781.16** anuales.

**Tarifa 1C
TEMPORADA DE VERANO**

El período de aplicación de esta tarifa comprende los 6 meses más cálidos del año, de acuerdo a los observaciones de las estaciones termométricas que rijan en cada área. Los 6 meses restantes se aplican los precios de la temporada Fuera de Verano.

Para consumo hasta 300 kWh mensuales hasta junio del 2012

RANGO DE CONSUMO	DIC./2011	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.
Básico 1-150	0.653	0.655	0.657	0.659	0.661	0.663	0.665
Intermedio	0.754	0.756	0.758	0.760	0.762	0.764	0.766

Para consumo superior a 300 kWh mensuales hasta junio del 2012

RANGO DE CONSUMO	DIC./2011	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.
Básico 1-150	0.653	0.655	0.657	0.659	0.661	0.663	0.665	0.667	0.669	0.671	0.673	0.675	0.677
Intermedio 151-300	0.980	0.983	0.986	0.989	0.992	0.995	0.998						
Intermedio bajo 151-300								0.769	0.772	0.775	0.778	0.781	0.784
Intermedio alto 301-450								1.001	1.004	1.007	1.010	1.013	1.016
Excedente	2.593	2.601	2.610	2.619	2.628	2.637	2.646	2.655	2.664	2.673	2.682	2.691	2.700

Quando el consumo mensual promedio registrado en los últimos 12 meses sea superior a 850 kWh/mes, se reclasificará el servicio en la Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) que le corresponda, de acuerdo a tu localidad

Figura 87. Tarifas CFE

MES	KWts	hrs.	Días	\$ KWh	\$ POR MES
ENERO	11,088	12	31	2,601	\$10.728,44
FEBRERO	11,088	12	29	2,610	\$10.071,01
MARZO	11,088	12	31	2,619	\$10.802,68
ABRIL	11,088	12	30	2,628	\$10.490,14
MAYO	11,088	12	31	2,637	\$10.876,93
JUNIO	11,088	12	30	2,646	\$10.561,99
JULIO	11,088	12	31	2,655	\$10.951,17
AGOSTO	11,088	12	31	2,664	\$10.988,30
SEPTIEMBRE	11,088	12	30	2,673	\$10.669,76
OCTUBRE	11,088	12	31	2,682	\$11.062,54
NOVIEMBRE	11,088	12	30	2,691	\$10.741,61
DICIEMBRE	11,088	12	31	2,700	\$11.136,79
COSTO ANUAL					\$129.081,35

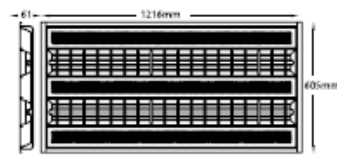
TABLA 44. CONSUMO CON LUMINARIAS T5x28 WATTS PROPUESTA

Con la propuesta de las luminarias T5x28 WATTS, se tendría un ahorro económico de **\$54,824.47** anual en consumos de energía en los pasillos de la FES ACATLÁN.



Luminaria de empotrar,
para lámpara fluorescente lineal T5
Óptica europea M51

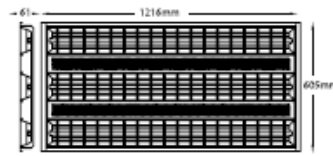
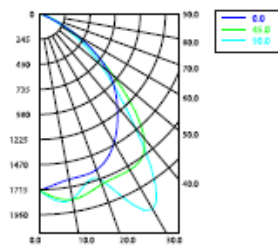
Material: Acero formado.
Reflector de aluminio especular.
Óptica europea M51
Acabado: Pintura homéida micropulverizada.
Color blanco.
Lámpara: T5 (incluidas)
Base: G5
Equipo: Balastro electrónico multivoltaje
120 a 277V, integrado.



OF1041B
2'x4'



Lámpara: T5 2x28W 4100K (incluidas)
Base: G5
Equipo: Balastro electrónico multivoltaje
120 a 277V, integrado.



OF1042B
2'x4'



Lámpara: T5 3x28W 4100K (incluidas)
Base: G5
Equipo: Balastro electrónico multivoltaje
120 a 277V, integrado.

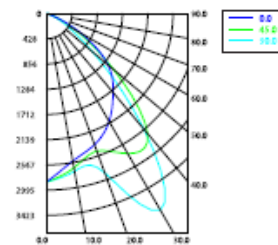


Figura 88 Características y especificaciones de lámpara T5 3x28W

5.4 ENERGÍAS RENOVABLES

Las energías renovables son aquellas en que su generación implica fenómenos que ocurren constantemente y que se regeneran en forma natural. Sin embargo, de manera directa o indirectamente asociadas por el Sol o por el calor natural del interior de la Tierra, estas fuentes de energía que ocasionan un menor daño y contaminación al ambiente respecto a las fuentes tradicionales (hidrocarburos, carbón, entre otros) y ofrecen una alternativa a los recursos no renovables.



Figura 89. Energías Renovables

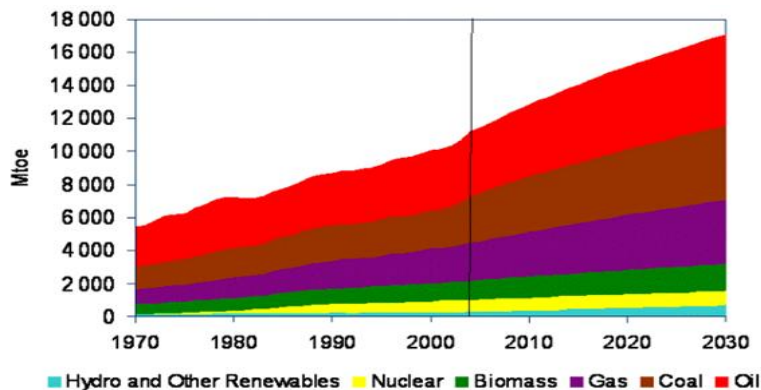


Figura 90. Gráfica de las energías renovables en la demanda mundial de energía equivalente en millones de barriles de petróleo.

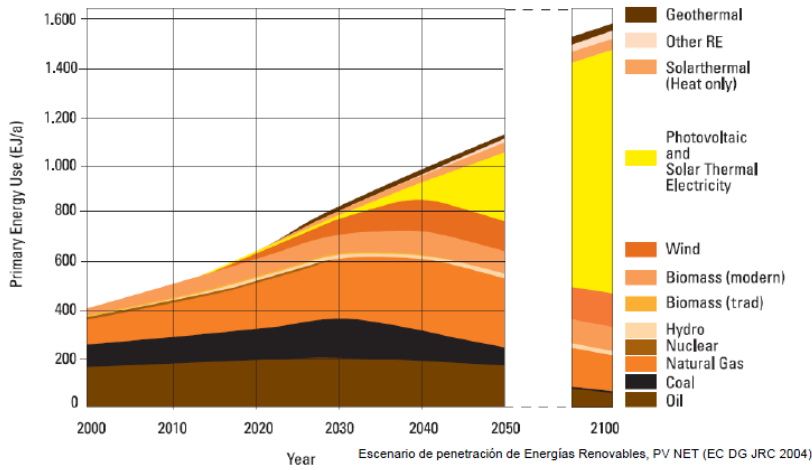


Figura 91. Gráfica → Visión a futuro de las energías renovables.

El Sol como fuente de energía, tiene la disponibilidad de los combustibles fósiles convencionales la cual es limitada, es decir, dentro de los próximos 100 años se agotarán y esto ocasionará una crisis de capacidad para abastecer energía. Debido a que el Sol proporciona energía ilimitada en una hora, el sola proporciona la energía mundial anual y estará disponible por los próximos 5000 millones de años.

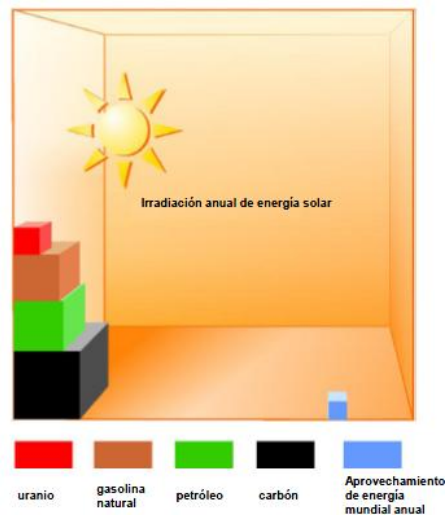


Figura 92. El sol como fuente de energía.

5.4.1 ENERGÍA SOLAR, LUZ Y CALOR

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación; por ejemplo como es:

Energía solar térmica: Para producir agua caliente de baja temperatura para uso sanitario y de calefacción.

Energía solar Fotovoltaica: Para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar.

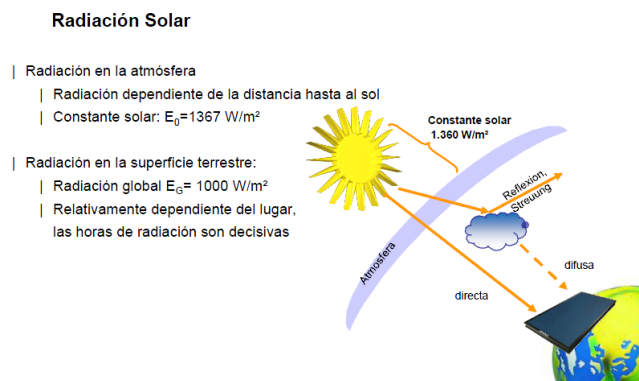


Figura 92. Radiación Solar

5.4.1.1 HISTORIA DE LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

1839 Alexander Becquerel descubre el principio de la generación de electricidad fotovoltaica.

1905 Albert Einstein logra una explicación científica.

1954 Bell Laboratorios: Realiza la Primera celda solar con una eficiencia de 5%. Las celdas solares se utilizan en los satélites.

1973 La crisis petrolera provoca que se considere seriamente el uso de energía solar para aplicaciones en la Tierra.

2008 Casi 5500MW de nueva potencia instalada solo en este año.

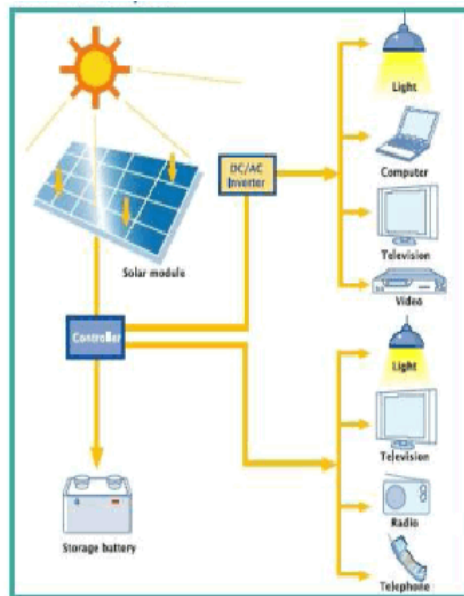
☀️ Sistemas Autónomos



☀️ Sistemas Interconectados



Figura 93. Tipos de sistemas.



- ☉ Telecomunicaciones
- ☉ Supervisión Remota
- ☉ Abastecimiento de electricidad para comunidades rurales
- ☉ Casas de vacaciones
- ☉ Calculadoras, relojes
- ☉ Satélites Espaciales

Figura 94. Aplicación de los Sistemas Autónomos.

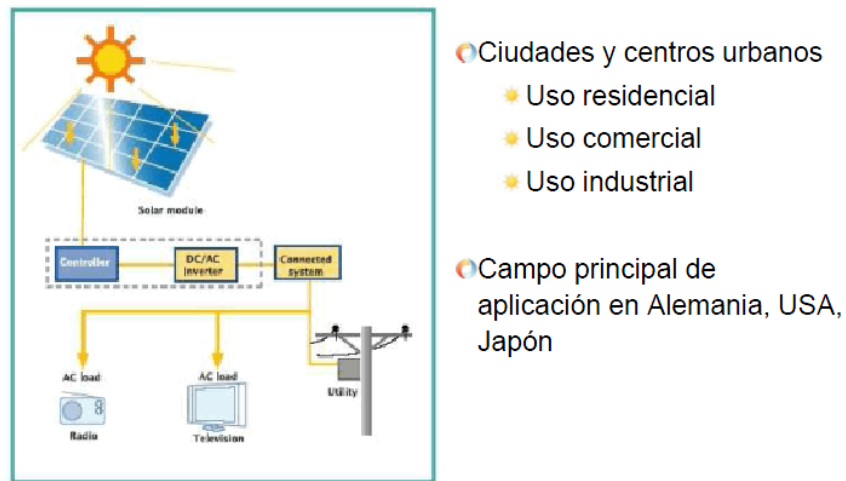


Figura 95. Aplicación de los Sistemas Interconectados.

5.4.2 ENERGÍA EÓLICA

La **energía eólica** pertenece al conjunto de las **energías renovables** o también denominadas energías alternativas. La energía eólica es el tipo de energía renovable más extendida a nivel internacional por potencia instalada (Mw) y por energía generada (Gwh).

La energía eólica procede de la **energía del sol** (energía solar), ya que son los cambios de presiones y de temperaturas en la atmósfera los que hacen que el aire se ponga en movimiento, provocando el viento, que los aerogeneradores aprovechan para producir energía eléctrica a través del movimiento de sus palas (energía cinética).

5.4.2.1 HISTORIA DE LA ENERGIA EOLICA

La energía eólica se ha utilizado históricamente para tareas mecánicas que requerían de mucho esfuerzo físico, como era moler grano o elevar agua de pozos. En estos casos la energía final que se usaba era la energía mecánica, sin embargo, con el paso de los años el objetivo que se buscaba era el de producir energía eléctrica a partir del viento.

La generación de energía eléctrica a partir de energía eólica tuvo lugar en Dinamarca hacia 1890, cuando se realizaron los primeros experimentos con aerogeneradores, llegando a producir hasta 200 kw (En Europa el precursor de la eólica fue el danés (francés para otros) Paul La Cour quien a partir de turbinas eólicas provocaba electrolisis para circuitos eléctricos a principios del siglo XX; durante las primeras décadas de este siglo Dinamarca conservó la tradición eólica e incluso hoy es el cuarto país del mundo en potencia instalada y el primero por número de habitantes.).

Desde el año 1995 hasta nuestros días hemos visto crecer exponencialmente la energía eólica en todo el mundo, destacando los países como España, Dinamarca, Holanda y Alemania.

5.4.2.2 CONDICIONES DE UNA LOCALIZACION PARA UN PARQUE EOLICO

Para que la **energía eólica** se establezca en una localización concreta, mediante **parques eólicos**, el lugar de instalación debe cumplir una serie de requisitos.

Para empezar a evaluar el terreno donde irán instalados los **aerogeneradores**, primero hay que realizar una campaña de medición de **viento** a diferentes alturas (tanto dirección del viento, como velocidad de viento; esto es conocido como la rosa de los vientos) que durará como mínimo un año. De esta manera, se sabrá cómo debe ser la disposición de los aerogeneradores para obtener la mayor energía eólica posible. Además, esta campaña de medición servirá para corroborar que la ubicación es adecuada para instalar un parque eólico.

Los requisitos fundamentales para un emplazamiento son:

- Más de 2.000 horas de producción eólica equivalente a potencia máxima (horas equivalentes).
- Respetar la avifauna del entorno, estableciendo si es preciso un paso para aves migratorias entre grupos de aerogeneradores.
- Lejanía de más de un kilómetro con núcleos urbanos para evitar la contaminación acústica de los parques eólicos.
- La energía eólica debe estar instalada en suelo no urbanizable, generalmente.

- No interferencia con señales electromagnéticas del entorno, ya que señales de televisión, radio o telefonía se pueden ver perjudicadas si no se instalan otros dispositivos que lo eviten.

5.4.2.3 INTEGRACION DE LA ENERGIA EOLICA EN LA RED ELÉCTRICA

Para que la energía eólica se desarrolle en cualquier país en más de un 20% de la **energía eléctrica** producida media a lo largo del año, cada país debe tener una red de energía eléctrica avanzada, es decir, debe ser una red eléctrica moderna que permita el almacenamiento de energía y que esté bien equilibrada en todos los nodos eléctricos del país y que además permita que pequeños generadores (como viviendas particulares) puedan participar en el sistema eléctrico del país.

Se está investigando para desarrollar la tecnología necesaria para integrar la energía eólica en la red de energía eléctrica, lo cual supondría que la energía eólica fuera la principal fuente de energía, dentro del consumo de energía primaria de un país (actualmente lideran las energías fósiles).

Sin embargo, ha sido posible en determinados momentos, que gran parte de la energía eléctrica haya sido producida por energía eólica, alcanzando cuotas de más del 50% en países como España.

5.4.2.4 TIPOS DE AEROGENERADORES

La máquina que hace posible que hoy en día se hable de **energía eólica** como una fuente de energía, es el aerogenerador. Éstos han ido evolucionando para adaptarse a distintas necesidades a lo largo de los años.

Los distintos **aerogeneradores** que existen son:

Aerogenerador de eje vertical: es el concepto original de aerogenerador dentro de la energía eólica, ya que permite colocar el tren de potencia (multiplicadora, generador eléctrico, etc.) en la base del aerogenerador, facilitando así la instalación de estos aerogeneradores. Las palas de este aerogenerador están girando en un plano paralelo al suelo.

Aerogenerador de eje horizontal: es el concepto para producir energía eólica que se ha implantado a lo largo de los años. Consiste en colocar el tren de potencia en la parte superior junto al eje de giro de la turbina eólica. Las palas de este aerogenerador están girando en un plano perpendicular al suelo.

También, los aerogeneradores se pueden clasificar por la potencia, existiendo la energía mega eólica (con aerogeneradores de más de 5 Mw), mini eólica (con aerogeneradores de menos de 200 kw) y energía eólica normal.

5.4.2.5 FUTURO DE LA ENERGIA EOLICA

Actualmente muchos países cuentan con la energía eólica como una fuente de energía primaria en pleno desarrollo. Los países que destacan como futuros grandes generadores de energía eólica son: China, India, Sudamérica y EE.UU. De hecho, China cuenta ya con grandes fabricantes de aerogeneradores que han conseguido tecnologías muy fiables.



Figura 96. Generadores de Energía Eólica.

Una de las formas de energía eólica más conocida es la **energía eólica terrestre**, ya que estamos familiarizados a ver aerogeneradores en tierra, sin embargo, la superficie del mar es tan extensa, y se presenta en ella el recurso eólico más abundante de la tierra, que se han desarrollado en los últimos años tecnologías para instalar aerogeneradores en el mar. Esta forma de energía eólica se conoce como **energía eólica offshore** o eólica marina.

5.4.2.6 PROBLEMAS POLITICO-SOCIALES DE LA ENERGIA EOLICA

Cabe destacar que, aun sabiendo que la energía eólica es una energía limpia y que aporta, para los países, un beneficio tanto económico (por evitar la importación de energías fósiles de países extranjeros) como medioambiental, muchas personalidades políticas no están de acuerdo en instalar energía eólica en sus localidades, alegando impacto visual e ignorando todos los beneficios a nivel general que supondría la instalación de parques eólicos.

5.4.3 ENERGÍA RENOVABLE BIOMASA

La **bioenergía** o **energía de biomasa** es un tipo de energía renovable procedente del aprovechamiento de la materia orgánica e industrial formada en algún proceso biológico o mecánico, generalmente, de las sustancias que constituyen los seres vivos (plantas, ser humano, animales, entre otros), o sus restos y residuos. El aprovechamiento de la energía de la biomasa se hace directamente (por ejemplo, por combustión), o por transformación en otras sustancias que pueden ser aprovechadas más tarde como combustibles o alimentos.

No se considera como energía de la biomasa, aunque podría incluirse en un sentido amplio, la energía contenida en los alimentos suministrados a animales y personas, la cual es convertida en energía en estos organismos en un porcentaje elevado, en el proceso de la respiración celular.

En su más estricto sentido es un sinónimo de biocombustibles (combustibles derivados de fuentes biológicas).

En su sentido más amplio abarca también la biomasa, el material biológico utilizado como biocombustible, así como las situaciones sociales, económicas, científicas y técnicas relacionadas con la utilización de fuentes de energía biológica. Hay una ligera tendencia a favor de la bioenergía en Europa, en comparación con los biocarburantes en América del Norte.

Origen de la energía de la biomasa

Una parte de la energía que llega a la Tierra procedente del Sol es absorbida por las plantas, a través de la fotosíntesis, y convertida en materia orgánica con un mayor contenido energético que las sustancias minerales. De este modo, cada año se producen 210 toneladas de materia orgánica seca, con un contenido de energía equivalente a 68000 millones de **tep** (toneladas equivalentes de petróleo), que equivale aproximadamente a cinco veces la demanda energética mundial. A pesar de ello, su enorme dispersión hace que sólo se aproveche una mínima parte de la misma. Entre las formas de biomasa más destacables por su aprovechamiento energético destacan los combustibles energéticos (caña de azúcar, remolacha, etc.) y los residuos (agrícolas, forestales, ganaderos, urbanos, lodos de depuradora y computadoras, plantas, etc.)

Biomasa y sus tipos

Se distinguen varios tipos de biomasa, según la procedencia de las sustancias empleadas, como la biomasa vegetal, relacionada con las plantas en general (troncos, ramas, tallos, frutos, restos y residuos vegetales, etc.); y la biomasa animal, obtenida a partir de sustancias de origen animal (grasas, restos, excrementos, etc.). Otra forma de clasificar los tipos de biomasa se realiza a partir del material empleado como fuente de energía:

Natural



Figura 97. Caldera de combustión de biomasa en una central térmica de 2 MW en Lübeck, Alemania.

Es aquella que abarca los bosques, árboles, matorrales, plantas de cultivo, etc. Por ejemplo, en las explotaciones forestales se producen una serie de residuos o subproductos, con un alto poder energético, que no sirven para la fabricación de muebles ni papel, como son las hojas y ramas pequeñas, y que se pueden aprovechar como fuente energética.

Los residuos de la madera se pueden aprovechar para producir energía. De la misma manera, se pueden utilizar como combustible los restos de las industrias de transformación de la madera, como los aserraderos, carpinterías o fábricas de mueble y otros materiales más. Los “cultivos energéticos” son otra forma de biomasa consistente en cultivos o plantaciones que se hacen con fines exclusivamente energéticos, es decir, para aprovechar su contenido de energía. Entre este tipo de cultivos tenemos, por ejemplo, árboles como los chopos u otras plantas específicas. A veces, no se suelen incluir en la energía de la biomasa que queda restringida a la que se obtiene de modo secundario a partir de residuos, restos, etc.

Los biocarburantes son combustibles líquidos que proceden de materias agrícolas ricas en azúcares, como los cereales (bioetanol) o de grasas vegetales, como semillas de colza o girasol de calabaza (biodiésel). Este tipo también puede denominarse como “cultivos energéticos”. El bioetanol va dirigido a la sustitución de la gasolina; y el [biodiesel] trata de sustituir al gasóleo. Se puede decir que ambos constituyen una alternativa a los combustibles tradicionales del sector del transporte, que derivan del petróleo.

Residual

Es aquella que corresponde a los residuos de paja, aserrín, estiércol, residuos de mataderos, basuras urbanas, etc.

El aprovechamiento energético de la biomasa residual, por ejemplo, supone la obtención de energía a partir de los residuos de madera y los residuos agrícolas (paja, cáscaras, huesos...), las basuras urbanas, los residuos ganaderos, como purines o estiércoles, los lodos de depuradora, etc. Los residuos agrícolas también pueden aprovecharse energéticamente y existen plantas de aprovechamiento energético de la paja residual de los campos que no se utiliza para forraje de los animales.

Los residuos ganaderos, por otro lado, también son una fuente de energía. Los purines y estiércoles de las granjas de vacas y cerdos pueden valorizarse energéticamente por ejemplo, aprovechando el gas (o biogás) que se produce a partir de ellos, para producir calor y electricidad. Y de la misma forma puede aprovecharse la energía de las basuras urbanas, porque también producen un gas o biogas combustible, al fermentar los residuos orgánicos, que se puede captar y se puede aprovechar energéticamente produciendo energía eléctrica y calor en los que se puede denominar como plantas de valorización energética de biogas de vertedero.



Figura 98. Briquetas obtenidas a partir de residuos de madera de haya, preparadas para combustión en calderas y chimeneas.

Biomasa seca y húmeda

Según la proporción de agua en las sustancias que forman la biomasa, también se puede clasificar en:

- **Biomasa seca:** madera, leña, residuos forestales, restos de las industrias madereras y del mueble, etc.
- **Biomasa húmeda:** residuos de la fabricación de aceites, lodos de depuradora, purines (es la parte líquida que rezuma de todo tipo de estiércoles de animales), etc.

Esto tiene mucha importancia respecto del tipo de aprovechamiento, y los procesos de transformación a los que se puede ser sometida para obtener la energía pretendida.

Procesos de transformación de la biomasa seca

La energía contenida en la biomasa seca es más fácil de aprovechar, mediante procesos termoquímicos como la combustión, la pirólisis (es la descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales, excepto metales y vidrios, causada por el calentamiento en ausencia de oxígeno.) o la gasificación. El rendimiento energético obtenido suele ser alto. En la tabla adjunta se indican los productos que se obtienen en este aprovechamiento, entre los que destaca el calor (para calefacciones, calderas, etc), la electricidad obtenida (haciendo pasar vapor a gran presión por una turbina unida a un generador eléctrico), el vapor de agua caliente, o diversos combustibles (metanol, metano).

Combustión	Pirólisis	Gasificación
Calor, electricidad, vapor de agua	Electricidad, metanol	Combustibles diversos
Rto: 65-95%	Rto: 30-90%	Rto: 65-75%

Tabla 45. Porcentajes de los Procesos de la transformación de la biomasa seca.

Procesos de transformación de la biomasa húmeda

En este caso se emplean procesos bioquímicos de transformación, con menor rendimiento energético y tiempos de procesado más largos. Tienen más interés ecológico (muchas son sustancias contaminantes) que el propio aprovechamiento energético.

Fermentación anaerobia	Fermentación alcohólica
Metano (biogás)	Etolol
Rto: 20-35%	Rto: 20-25%

Tabla 46. Porcentajes de la transformación de la biomasa húmeda.

Instalaciones de aprovechamiento de la energía de la biomasa

Podemos encontrar desde instalaciones de pequeño tamaño para uso doméstico (chimeneas u hogares de leña), de tamaño mediano (digestores de residuos ganaderos en granjas), o de gran tamaño (centrales térmicas que queman residuos agrícolas o forestales para obtener electricidad, o suministrar calefacción a un distrito o ciudad, etc.).

Energía de la biomasa en diversos países

En Alemania

Es el mayor consumidor europeo de bioenergía, con el 16% del total de la UE-27, en 2007, lo que supone un consumo de 128 TWh, un volumen de negocio de 10.000 millones de euros y el ahorro de más de 50 millones de toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera. En 2007 la energía de la biomasa representaba el 5% de la energía primaria total consumida, porcentaje que se espera incrementar hasta el 10% (en 2020) y el 15% (en 2030).

Fundamentalmente hay tres ramas o sectores:

- **Biomasa sólida:** 180 centrales térmicas producen 6600 millones de kWh de electricidad (un 1,5% del total). Más de mil centrales térmicas suministran calor a grandes edificios, ciudades o comarcas; más de 80.000 hogares consumen bolitas de madera procedentes del procesamiento de restos forestales. Se cubre de este modo el 6% de las necesidades de calor.



Figura 99. Automóvil de la marca Mercedes, con motor adaptado al consumo de biodiésel.

- **Biocombustibles:** Se producen anualmente 4,2 millones de toneladas de biodiésel, más de la mitad de la producción mundial. Dos empresas producen medio millón de metros cúbicos de bioetanol a partir de biomasa, con un valor de 250 millones de euros. Se cubre de este modo más del 7% de las necesidades de carburantes.

- Biogás. 3700 plantas productoras de biogás en vertederos y plantas industriales producen 22000 millones de kWh a partir de dicho gas, con una potencia eléctrica instalada de 1200 MW.

5.4.4 ENERGÍA RENOVABLE SOLAR FOTOVOLTAICA



Figura 100. Célula fotovoltaica

La **energía solar fotovoltaica** es un tipo de electricidad renovable (energía eléctrica, -voltaica) obtenida directamente de los rayos del sol (foto-) gracias a la foto-detección cuántica de un determinado dispositivo; normalmente una lámina metálica semiconductor llamada célula fotovoltaica, o una deposición de metales sobre un sustrato llamada capa fina. También están en fase de laboratorio métodos orgánicos.

Se usa para alimentar innumerables aparatos autónomos, para abastecer refugios o casas aisladas y para producir electricidad para redes de distribución.

Éstos están formados por un cristal o lámina transparente superior y un cerramiento inferior entre los que queda encapsulado el sustrato conversor y sus conexiones eléctricas. La lámina inferior puede ser transparente, pero lo más frecuente es un plástico al que se le suelen añadir unas láminas finas y transparentes que se funden para crear un sellado antihumedad, aislante, transparente y robusto.

La corriente eléctrica continua que proporcionan los módulos fotovoltaicos se puede transformar en corriente alterna mediante un aparato electrónico llamado inversor e inyectar en la red eléctrica (para venta de energía) o bien en la red interior (para autoconsumo).

El proceso, simplificado, sería el siguiente: Se genera la energía a bajas tensiones (380-800 V) y en corriente continua. Se transforma con un inversor en corriente alterna. En plantas de potencia inferior a 100kW se inyecta la energía directamente a la red de distribución en baja tensión (230V). Y para potencias superiores a los 100kW se utiliza un transformador para elevar la energía a *Media tensión* (15 ó 25 kV) y se inyecta en las redes de transporte.

En entornos aislados, donde se requiere poca potencia eléctrica y el acceso a la red es difícil, como señalización de vías públicas, estaciones meteorológicas o repetidores de comunicaciones, se emplean las placas fotovoltaicas como alternativa económicamente viable. Para comprender la importancia de esta posibilidad, conviene tener en cuenta que aproximadamente una cuarta parte de la población mundial todavía no tiene acceso a la energía eléctrica.

Plantas fotovoltaicas conectadas a red

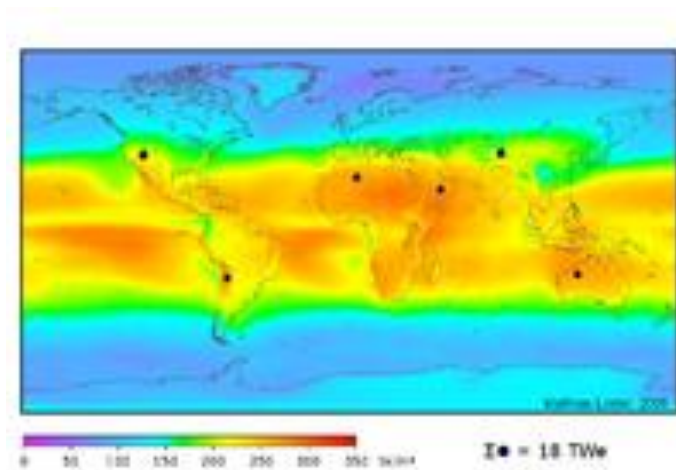


Figura 101: *Mapamundi solar*

España fue en el año 2008, uno de los países con más potencia fotovoltaica instalada del mundo, con 2.708 MW instalados en un sólo año. Regulaciones posteriores del sector fotovoltaico ralentizaron la construcción de nuevas plantas fotovoltaicas, de tal forma que en 2009 se instalaron tan sólo 19MW, en 2010 420MW y en 2011 se instalaron 354MW correspondiendo al 2% del total de la Unión Europea.¹ En Marzo de 2012 la potencia instalada en España ascendía a 4.243 MW.

Alemania es en la actualidad el segundo fabricante mundial de paneles solares fotovoltaicos detrás de Japón, con cerca de 5 millones de metros cuadrados de paneles solares, aunque sólo representan el 0,03% de su producción energética total. La venta de paneles fotovoltaicos ha crecido en el mundo al ritmo anual del 20% en la década de los noventa. En la UE el crecimiento medio anual es del 30%.

La inyección en red de la energía solar fotovoltaica, estaba regulada por el Gobierno Español mediante el RD 661/2007, lo que se correspondía con unos 0,44 euros por cada kWh que se inyectaba en red. A partir del 30 de septiembre de 2008 esta actividad está regulada mediante el RD 1578/2008 de retribución fotovoltaica, que establece unas primas variables en función de la ubicación de la instalación (suelo: 0,32 €/kWh o tejado: 0,34 €/kWh), estando sujetas además a un cupo máximo de potencia anual instalada a partir de 2009 que se adaptará año a año en función del comportamiento del mercado. En Enero de 2012 se aprobó el Real Decreto Ley 1/2012 que suspende de forma indefinida los cupos del Regimen Especial de todas las tecnologías renovables. Actualmente, el acceso a la red eléctrica en España requiere una serie de permisos de la administración y la autorización de la compañía eléctrica distribuidora de la zona. Ésta tiene la obligación de dar punto de enganche o conexión a la red eléctrica, pero en la práctica el papeleo y la reticencia de las eléctricas están frenando el impulso de las energías renovables. Las eléctricas buscan motivos técnicos, como la saturación de la red, para controlar sus intereses en otras fuentes energéticas y con la intención de bloquear la iniciativa de los pequeños productores de energía solar fotovoltaica.

Esta situación provoca una grave contradicción entre los objetivos de la Unión Europea para impulsar las energías limpias, por una parte, y en España, la realidad de una escasa liberalización del sector energético que impide el despegue y la libre competitividad de las energías renovables.

Situación actual en España en el año 2012

En Enero de 2012 el Gobierno aprobó el RDL 1/2012 por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la suspensión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones fotovoltaicas y demás fuentes renovables. En la práctica tal RDL supone que las nuevas plantas fotovoltaicas que no estén inscritas en cupos no recibirán prima alguna pero podrán vender la energía a precio de mercado.

Tal regulación supuso un gran freno al desarrollo de la fotovoltaica y agrava la crisis del sector renovable iniciada en el año 2010, cuando el Gobierno aprobó dos regulaciones, una que limitaba la percepción de primas hasta el límite del año 25 (RD 1565/2010, de 19 de noviembre) y la última, que fue publicada el día de Navidad, 24 de diciembre de 2010, en la que se limitaba el número de horas susceptibles de pago, llegando a establecerse un recorte de un 30% sobre lo prometido anteriormente. Se hizo mediante un Real Decreto Ley (el 14/2010 de 24 de diciembre) por lo que se impide su tramitación en los juzgados de forma directa al no poderse utilizar la vía del recurso de inconstitucionalidad de forma directa por los administrados. Sí, en cambio, quedan medidas como las efectuadas por fondos de inversión europeos mediante un arbitraje, recurso de inconstitucionalidad por parte del Gobierno de Murcia y manifestaciones vertidas por el Sr Günther Oettinger en el sentido de no querer tolerar medidas retroactivas que, por su naturaleza, conllevan un fenómeno de inseguridad jurídica que hace quebrar para el extranjero la confianza en el mercado español.

Centrales de energía solar fotovoltaica

Categoría principal: *Centrales de energía solar fotovoltaica.*



Figura 102. Mapa de Radiación Solar de España

La potencia fotovoltaica total conectada a red en España a Marzo de 2012 es de 4.243 MW, con un total de 57.718 instalaciones fotovoltaicas inscritas en el Registro de Instalaciones de Producción en Regimen Especial.

La mayor central de energía solar del mundo hasta el año 2004 se encontraba en la ciudad de Espenhain, cerca de Leipzig. Con 33.500 paneles solares modulares monocristalinos y una capacidad de producción de 5 megavatios, la central es suficiente para abastecer a 1.800 hogares. La inversión ascendió a 20 millones de euros, según Shell Solar y Geosol, las firmas constructoras. Actualmente la empresa alemana SAG Solarstrom, que opera en España con el nombre TAU Solar, ha construido la mayor 'huerta solar' del mundo en Erlasee (Alemania), que sustituye a la central de Espenhain. La nueva central de Erlasee cuenta en su totalidad con una capacidad de producción de 12 megavatios.

En junio de 2008 General Motors anunció que planea construir la mayor planta de energía fotovoltaica sobre techo del mundo en Figueruelas (Zaragoza), con una extensión de 183.000 metros cuadrados y 50 millones de euros de inversión. En el proyecto colaboran la Comunidad de Aragón, la empresa francesa Veolia Environnement y el grupo estadounidense Clairvoyant Energy. El mayor fabricante europeo de productos fotovoltaicos es la compañía alemana *RWE SCHOTT Solar* con sede en Alzenau (Baviera). Esta compañía posee la planta de producción fotovoltaica más moderna y completamente integrada del mundo. En 2003 la compañía generó ventas netas de 123 millones de euros y tiene más de 800 empleados.

Además Friburgo de Brisgovia es la sede de ISES (Sociedad Internacional de Energía Solar).

Seguidores

El uso de seguidores permite aumentar considerablemente la producción, en torno al 30% en lugares de elevada radiación directa.

Los seguidores solares a dos ejes son muy comunes en aplicaciones fotovoltaicas. Existen dos variables fundamentales: las pérdidas por sombreado y los costes proporcionales a la superficie ocupada (cableado y coste de la tierra), ambos antagonistas. Se puede por tanto definir una distribución óptima de los seguidores.

Cableado

La sección de cable viene en general determinada por el criterio más restrictivo entre caída de tensión y máxima intensidad admisible. Aumentando las secciones de conductor que se obtienen como resultado de los cálculos teóricos se consigue, en general, amortizar el sobrecoste con un ahorro en la factura eléctrica por reducción de las pérdidas por calentamiento de los conductores. Pero cuando se trata de una instalación fotovoltaica la amortización puede ser mucho más rápida, ya que el precio de la energía generada es sensiblemente superior al precio de mercado.

Para su dimensionamiento se hace respetar la caída máxima de tensión admisible, así como la intensidad máxima admisible. A continuación se procede al sobre-dimensionamiento y se realiza el análisis económico correspondiente en términos de valor actual neto. Se observa a continuación el tiempo de retorno de la inversión, que en muchos casos resulta muy inferior a la duración de vida de la instalación (entre 20 y 25 años).

Además aporta ventajas añadidas como:

- Líneas más descargadas, lo que prolonga la vida útil de los cables
- Posibilidad de aumento de potencia sin cambiar el conductor
- Mejor respuesta a posibles cortocircuitos
- Mejora del performance ratio (PR) de la instalación
- Mayor generación eléctrica renovable (mayor cantidad de emisiones evitadas de gases de efecto invernadero)

Plantas de concentración fotovoltaica

Un paso adelante en las plantas fotovoltaicas son las que utilizan una tecnología de concentración llamada CSP por sus siglas en inglés: *Concentrated solar power* para maximizar la energía solar recibida por la instalación en una central térmica solar. Las instalaciones de concentración fotovoltaica se sitúan en emplazamientos de alta irradiación solar directa, como son los países a ambas riberas del Mediterráneo, Australia, EE.UU., China, Sudáfrica, México... Hasta el año 2006 estas tecnologías formaban parte del ámbito de investigación, pero en los últimos años se han puesto en marcha instalaciones de gran tamaño como la de ISFOC (Instituto de Sistemas Solares Fotovoltaicos de Concentración) en Puertollano, Castilla La Mancha con 3 MW suministrando electricidad a la red eléctrica.

La idea básica de la concentración fotovoltaica es la sustitución de material semiconductor por material reflectante o refractante (más barato). El grado de concentración puede alcanzar un factor de 1000, de tal modo que, dada la pequeña superficie de célula solar empleada, se puede utilizar la tecnología más eficiente (triple unión, por ejemplo).

En revanche, el sistema óptico introduce un factor de pérdidas que hace recuperar menos radiación que la fotovoltaica plana. Esto, unido a la elevada precisión de los sistemas de seguimiento, constituye la principal barrera a resolver por la tecnología de concentración. Las principales empresas están empezando a ver la concentración fotovoltaica como una alternativa viable para la reducción de costes.

Recientemente se ha anunciado el desarrollo de plantas de grandes dimensiones (por encima de 1MW). Las plantas de Concentración Fotovoltaica utilizan un seguidor de doble eje para posibilitar un máximo aprovechamiento del recurso solar durante todo el día.

Costes

Se refieren al coste por kWh de energía solar fotovoltaica producida para células solares de silicio cristalino. La base de los cálculos incluye 4% por costo del capital, 1% por costo de operación y un período de depreciación de 20 años, aunque un equipo fotovoltaico normalmente está técnicamente operativo durante 30 años.

	2400 kWh	2200 kWh	2000 kWh	1800 kWh	1600 kWh	1400 kWh	1200 kWh	1000 kWh	800 kWh
200 € / kW _p	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,7	2,0	2,5
600 € / kW _p	2,5	2,7	3,0	3,3	3,8	4,3	5,0	6,0	7,5
1000 € / kW _p	4,2	4,5	5,0	5,6	6,3	7,1	8,3	10,0	12,5
1400 € / kW _p	5,8	6,4	7,0	7,8	8,8	10,0	11,7	14,0	17,5
1800 € / kW _p	7,5	8,2	9,0	10,0	11,3	12,9	15,0	18,0	22,5
2200 € / kW _p	9,2	10,0	11,0	12,2	13,8	15,7	18,3	22,0	27,5
2600 € / kW _p	10,8	11,8	13,0	14,4	16,3	18,6	21,7	26,0	32,5
3000 € / kW _p	12,5	13,6	15,0	16,7	18,8	21,4	25,0	30,0	37,5
3400 € / kW _p	14,2	15,5	17,0	18,9	21,3	24,3	28,3	34,0	42,5
3800 € / kW _p	15,8	17,3	19,0	21,1	23,8	27,1	31,7	38,0	47,5
4200 € / kW _p	17,5	19,1	21,0	23,3	26,3	30,0	35,0	42,0	52,5
4600 € / kW _p	19,2	20,9	23,0	25,6	28,8	32,9	38,3	46,0	57,5
5000 € / kW _p	20,8	22,7	25,0	27,8	31,3	35,7	41,7	50,0	62,5

Tabla 46. Versión inicial de la tabla tomada de en: Photovoltaics.

La tendencia es que los precios disminuyan con el tiempo una vez que los paneles han entrado en fase industrial. Por ejemplo, del 2008 al 2009 se produjo un descenso del 50%.

Energía fotovoltaica de bajo coste

La energía fotovoltaica de bajo coste está basada principalmente en las células solares de tercera generación (o de película fina de alta eficiencia).

La Conferencia Internacional Energía Solar de Bajo Coste de Sevilla ha sido el primer escaparate en España de las mismas.

5.4.5 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA DE CONCENTRACIÓN

Los sistemas de energía solar térmica de concentración (ESTC) producen calor o electricidad mediante el uso de cientos de espejos que concentran los rayos del sol a unas temperaturas que oscilan entre 400 y 1.000º C. Existe una gran variedad de formas de espejos, métodos de seguimiento solar y de generar energía útil, pero todos ellos funcionan bajo el mismo principio. En la actualidad, una central de energía solar térmica de concentración tiene una potencia entre 50 y 280 MW y aún podría ser mayor. Estas centrales solares pueden integrarse con almacenamiento o en una operación híbrida con otros combustibles, y ofrecen una potencia firme y energía despachable a demanda. Son aptas para cargas punta y cargas base, y la electricidad generada se inyecta generalmente a la red eléctrica.



Figura 103. Energía solar Térmica de concentración.

El mundo está a punto de sufrir un cambio climático irreversible. Si suben más de 2º C las temperaturas medias anuales, tanto los países empobrecidos como los ricos tendrán que hacer frente a un aumento de los desastres naturales, con sequías más intensas y más prolongadas, pérdida de cosechas y una pérdida masiva de especies. Dado que la causa del cambio climático es la quema de combustibles fósiles, necesitamos urgentemente una revolución energética que cambie el mix energético mundial por fuentes no contaminantes. Si queremos evitar un cambio climático peligroso, las emisiones globales deben alcanzar su cota más alta en 2015 y comenzar a bajar a partir de entonces, acercándose a cero lo más posible en 2050.

La energía solar térmica de concentración es una forma viable desde el punto de vista comercial y, a gran escala, de generar electricidad. Es más aconsejable para aquellas áreas del mundo con más horas de sol: los países del sur de Europa, norte de África y Oriente Medio, partes de la India, China, el sur de Estados Unidos y Australia, donde muchos sufren ya problemas eléctricos, apagones y aumentos de precios de la electricidad. Esta tecnología no contribuye al cambio climático y su fuente no se agotará nunca. La tecnología está ya lo suficientemente madura para crecer de manera exponencial en el “cinturón del sol” terrestre.

5.4.5.1 VOLUMEN DEL MERCADO

Durante los últimos cinco años, la industria de esta tecnología de reciente creación ha crecido rápidamente hasta convertirse en una importante solución para la generación de energía a gran escala. A finales de 2008, las instalaciones de energía solar térmica de concentración proporcionaban sólo 436 MW de la generación de electricidad mundial. Los nuevos proyectos en construcción en este momento, especialmente en España, contribuirán al menos con otros 1.000 MW para 2011. En Estados Unidos hay proyectos en proceso de planificación y desarrollo de hasta 7.000 MW, más 10.000 MW en España, que podrían estar funcionando para 2017.

Según este informe, Energía solar térmica de concentración. Perspectiva mundial 2009, bajo un escenario de desarrollo industrial avanzado, con altos niveles de eficiencia energética, la energía solar térmica de concentración podría abastecer para 2030 hasta el 7% de las necesidades energéticas previstas en el mundo y abastecer completamente un cuarto de esas necesidades energéticas en 2050. Incluso con unas previsiones moderadas de desarrollo futuro del mercado, el mundo podría contar con una potencia solar combinada de más de 830 GW para el año 2050, con desarrollos anuales de 41 GW, lo que representaría entre el 3.0 y el 3.6% de la demanda global en 2030 y entre el 8.5 y el 11.8% en 2050.

5.4.6 ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA AGUA

La Energía Solar Térmica se utiliza para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y sus distintas aplicaciones. Éstas pueden ser para el uso sanitario del agua caliente generada, para calefactar una vivienda mediante suelo y paredes radiantes, calentar agua de piscinas, frío solar. Es un sistema en el que el depósito acumulador está separado del captador solar, y ambos están unidos por un sistema de tuberías, bombas y válvulas. En este tipo de instalaciones, el fluido recorre el circuito hidráulico cuando se activa la bomba de circulación porque detecta que la temperatura en el captador supera la temperatura del agua del depósito. De esta forma conseguimos el óptimo rendimiento del sistema.

VENTAJAS

- *Flexibilidad, porque permite distintas configuraciones del sistema.*
- *Alto rendimiento, porque siempre controlamos el funcionamiento del equipo.*
- *Integración arquitectónica, porque solo se ven los captadores integrados con el tejado.*

La radiación solar no es normalmente perpendicular a una superficie, sino que sobre una determinada superficie, ya sea horizontal o inclinada, la radiación llega con una cierta inclinación debido al movimiento del sol. Este efecto de inclinación de los rayos solares es la causa por la que los rayos solares "calientan" mucho más al mediodía que en las primeras horas de la mañana (o en las últimas de la tarde), los factores a tener en cuenta para calcular las necesidades a cubrir por la instalación solar: el consumo de agua caliente sanitaria, la cobertura solar o zonas de mayor radiación, número de habitantes por vivienda, y el tipo de energía de apoyo que se va a utilizar para el equipo solar. Cualquier sistema para la producción de agua caliente a partir del aprovechamiento de la energía solar ha de tener como elementos principales:

- El captador (panel o placa).
- El acumulador.
- Central de regulación o control.

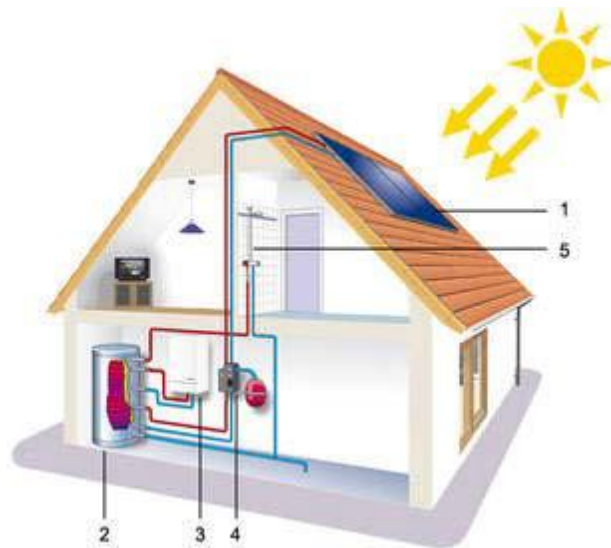


Figura 104. Aplicación de la Energía Solar Térmica para agua.

5.5 PARTICULARIDADES DE LAS TECNOLOGÍAS PARA ENERGÍAS RENOVABLES:

TECNOLOGÍA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA	IMAGEN
<p style="text-align: center;">EÓLICA</p> <p>Es intermitente, poco predecible, económica</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fácil de evaluar el potencial ➤ Muy poca integración nacional ➤ Costo de la inversión, predecible 	
<p style="text-align: center;">SOLAR</p> <p>Es Cíclica, predecible, cara.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fácil de evaluar el potencial ➤ Muy poca integración nacional ➤ Costo de la inversión, predecible 	
<p style="text-align: center;">MINIHIDRO</p> <p>Dependiente del riego, poco predecible</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fácil de evaluar el potencial ➤ Alta integración nacional ➤ Costo de la inversión, predecible. Gestión complicada. 	
<p style="text-align: center;">GEOTÉRMICA</p> <p>Permanente, despachable, económica.</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alto riesgo ➤ Alta integración nacional ➤ Costo de inversión en pozos, por lo que es incierta (alto riesgo) 	

Tabla 47. Particularidades de las Tecnologías para Energías Renovables

A medida que se va avanzando con la investigación y teniendo en cuenta con lo anterior que, hoy en día, hay cada vez más alternativas para la generación de energía eléctrica, por ello, es importante conocer más acerca de cada una de ellas y así poder saber si alguna de ellas es óptima para la FES Acatlán UNAM.

El investigar sobre LEDS (Diodos emisores de luz solar) como alternativa para el ahorro de energía y costo de esta en la FES Acatlán.

Con esta propuesta de los LEDS, se llegó a la conclusión de que es una tecnología en la que se debe de tener cuidado puesto que se debe tener dinero para una gran inversión debido al alto costo de las luminarias, lo innovador de estas luminarias es que se podría sustituir menos cantidad de ellas y cubrir un gran cono de iluminación que con el sistema actual de alumbrado existente, es decir se retirarían más luminarias y se sustituirían menos cantidad de ellas. Sin embargo, una limitante son las baterías que los proveedores venden puesto que con asesoría del laboratorio de alumbrado público, se informó que existen baterías de “gel”, las cuales tienen una vida útil de hasta 10 años, siendo que las otras tienen una vida útil de sólo 3 a 4 años; otra desventaja es que su los LEDS elevan su temperatura demasiado, por lo que requieren de un disipador de temperatura (calor), el cual para las luminarias es el más pesado en sus diferentes casos.

LEDS (Diodos Emisores de Luz) son dispositivos que pueden convertir energía eléctrica en luz. Además de su conocido uso en área de señalización, actualmente se tiene aplicaciones en interiores y exteriores, decoración en general, anuncios y luminarias de todo tipo. La intensidad de un LED varía dependiendo de factores como el tipo de chip semiconductor y el encapsulado, entre otros. Por lo anterior, no se tiene un criterio internacional consistente para esta medición. Generalmente, la cantidad de luz emitida por un LED se cuantifica en un solo punto como valor de intensidad luminosa (Lv) y se mide en mili candelas (mcd). Para conocer el valor también se debe de considerar el ángulo de visión. Este ángulo depende de los materiales de fabricación. Por lo tanto, si dos LEDS tienen el mismo valor de intensidad luminosa, el LED que tenga el mayor ángulo de visión será el que mayor rendimiento luminoso tenga.

Características:

- Bajo consumo
- Larga vida hasta 100,000 hrs.
- Baja emisión de calor
- Alta eficiencia luminosa
- Seguro por su tipo de construcción
- Extremadamente pequeño y de bajo peso
- Colores variados (470-620nm)
- Alta resistencia al impacto

Luminarias Solares SAECSA ENERGÍA SOLAR CON focos LEDS

 <p style="text-align: center;">Luminaria Solar Super-Leds Modelo: SAE-LSSL-24 Ofrece intensidad luminosa semejante a un reflector de 250 W 10 horas de encendido Vida Útil del reflector de Leds= 100,000 horas</p>	
DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.
1 Módulo Fotovoltaico de 80 W 1 Batería Electro-solar SAECSA S-1 1 Lámpara-reflector de 24 Super-Leds SAECSA 1 Controlador-tímer 1 Poste metálico de 9 m 1 Gabinete contenedor de batería y controlador	\$26,290.00

Figura 105. Luminaria LEDS

Se propone un programa de ahorro de energía computarizado de tal manera que se programe el encendido de las luminarias en andadores, pasillos y estacionamientos en la FES Acatlán y así, contribuir de manera óptima y económica al ahorro de energía sin tener que realizar una gran inversión y utilizando el alumbrado existente. Sin embargo, por medio de la asesoría del Ingeniero Miguel encargado de la normatividad en el laboratorio de alumbrado público, me informó acerca de los atenuadores de luz. Permite variar la intensidad luminosa de una o más lámparas desde un mínimo hasta la máxima luminosidad. Apropiado para controlar el nivel luminoso en instalaciones del hogar, oficinas, taller, estudios, museos, etc., sustituyendo las llaves de luz existentes.



Figura 106. Atenuador de Luz.

Operación: Para variar la intensidad luminosa se gira la perilla de su frente.

Instalación: Debe instalarse en un bastidor embutido de llave de luz (ocupa dos módulos). Utilizar únicamente en interiores. Antes de efectuar la instalación debe cortarse la llave general de energía eléctrica de toda la instalación.

Montaje: De embutir en pared en caja (10 x 5cm) o sobre pared en caja CAMBRE (4151-4262)

Características Técnicas: Tensión de alimentación: 220V–50–60Hz. Posee llave de corte en el potenciómetro (corta la corriente) y filtro de radio frecuencia para reducir la interferencia de equipos de comunicación, audio y TV. Salida a triac. Dispositivo de aislación Clase II. Uso interior. Rango de Potencias (según el tipo de carga).

Advertencias:

1- Las lámparas mencionadas a continuación crean problemas de: Parpadeo, encendido y regulación. No debe usarse con:

- Tubos fluorescentes
- Lámparas dicroicas con transformados electrónico no dimerizable.
- Lámparas de descarga: Mercurio y sodio

2- No instalar en ambientes cuya temperatura supere los 40°C

3- El mal estado de los zócalos de las lámparas puede originar cortocircuitos en el equipo.

Forma de conexión

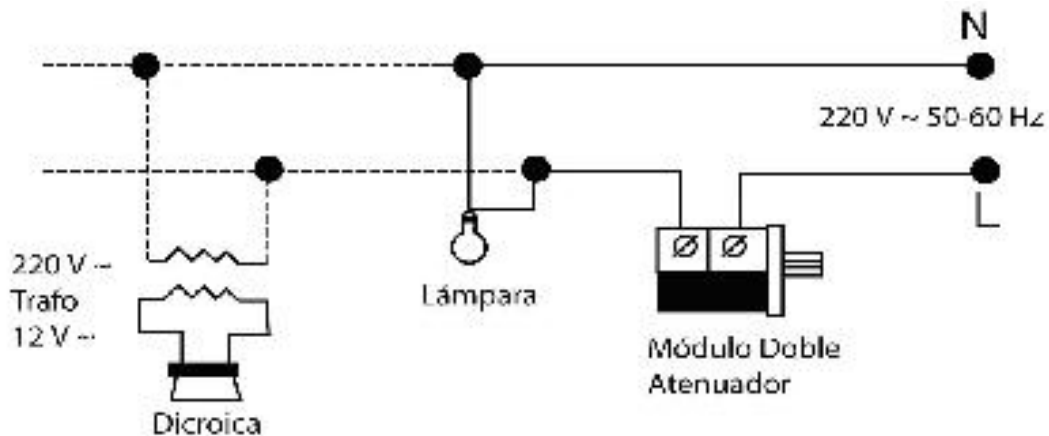


Fig. 107. Forma de conexión del atenuador.

De acuerdo con estas indicaciones aún queda por realizar más investigación y realizar una comparativa a cerca de estas alternativas y las que faltan por evaluar. Por lo tanto, seguimos con la investigación y presentación de esta así como su valuación y estudio siguen vigentes.

5.6 ESTADO ACTUAL DE LAS LUMINARIAS EN LA FES ACATLÁN AÑO 2012

En las siguientes fotografías se muestra el estado actual de las luminarias ya que estas han sido modificadas, siendo así, que ya hay uniformidad en iluminación en los andadores, pasillos y en el estacionamiento de la FES Acatlán:



Fig.108 Corredor principal de la FES Acatlán



Fig.109 Estacionamiento de la Fes Acatlán



Fig. 110 Nuevas Luminarias en el Estacionamiento



Fig. 111 Luminarias en la Fes Acatlán



Fig. 112 Estacionamiento de la Fes Acatlán



Fig.113 Acercamiento de las Nuevas Luminarias



Fig. 114 Estacionamiento

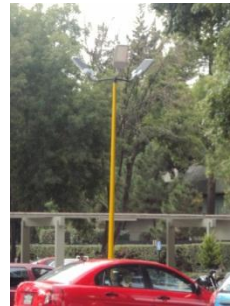


Fig. 115 Corredor del Estacionamiento

Este tipo de Luminarias que se están instalando en pasillos, andadores y estacionamiento de la FES Acatlán son:

- | | | |
|---|---|--|
| LUMINARIAS UBICADAS
EN ANDADORES Y
ESTACIONAMIENTO DE LA
FES ACATLÁN | { | ✓ Luminario Público Vial 60
✓ LEDS 6500°k
✓ Construlita
✓ Conexión 120V a 277V~ ± 10% 60Hz
✓ 1.18 A a 0.53 A
✓ 60 LEDS Rebel Es de 2.1W |
|---|---|--|

V2120UN2M65STG



Vialed II de sobreponer en poste de 120 LED's 151W Curva tipo II Media

Lámpara: 120 LED's 151W

Equipo: Driver electrónico multivoltaje 120 a 277V integrado

Material: Cuerpo en inyección de aluminio. Cubierta de cristal templado.

Acabado: Pintura de aplicación electrostática.

Color: Gris texturizado.

Instalación: Exterior IP65. Cople para sujeción con diametro de 2"

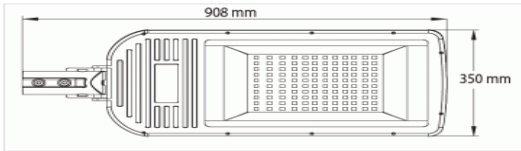
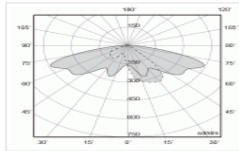


Fig. 116 Características principales de la nueva luminaria colocada en la FES ACATLÁN

De acuerdo al estado actual de la FES ACATLÁN en cuanto a iluminación, esta se presenta ya con una luz clara, mejora en cuanto a distinción del objeto en el estacionamiento, hay menos penumbra, se puede observar mejor visibilidad, comodidad, así como la seguridad proporcionada a la comunidad universitaria, cabe mencionar que además del ahorro en cuanto a consumo de energía eléctrica, se percibe un ahorro económico lo cual nos brinda a la comunidad universitaria beneficios, debido que gracias a ese ahorro económico, se puede invertir este en otros proyectos como la inauguración de la cafetería, librería, etc. en las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Acatlán.

5.7 PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

5.7.1 PROGRAMA PREDICTIVO

Es aquel que corresponde a la filosofía de trabajo para reforzar el mantenimiento preventivo.

El programa predictivo conlleva una serie de acciones y técnicas que se toman y aplican con el objetivo de detectar fallas y defectos en la instalación del alumbrado exterior e interior de la FES Acatlán UNAM. Así como, detectar fallas y defectos de la instalación en cada una de las etapas incipientes para evitar que las fallas se manifiesten durante la el funcionamiento de este, causando así apagones de emergencia, descargas, y tiempos muertos causando gastos económicos considerables.

Se debe tomar en cuenta que las fallas se detectan en las etapas iniciales de la red de alumbrado, por lo que se debe contar con una planeación así como la programación de las acciones correctivas aplicando esto como un programa de mantenimiento correctivo en nuestro caso un mantenimiento a las luminarias e instalaciones de cada seis meses en periodos vacacionales para evitar contratiempos así como el indebido funcionamiento de la red de alumbrado, ya sea interior o exterior y además garantizando una mejor calidad en reparaciones.

El mantenimiento predictivo permite administrar las fallas antes de que ocurran en operación y no después.

5.7.2 PROGRAMA PREVENTIVO

Es aquel que obedece a una programación y no a la demanda.

Los sistemas eléctricos deberán ser mantenidos bajo condiciones satisfactorias de operación y seguridad. Las instalaciones y redes deterioradas, obsoletas o que presenten deficientes condiciones de operación deberán ser sustituidas por nuevas que cumplan con todas las especificaciones que exigen las normas vigentes. (VER FIGURA 122. DIAGRAMA UNIFILAR DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ALTA Y BAJA TENSIÓN DE LA FES ACATLÁN).

Debido a que la estructura exterior del sistema de red de alumbrado exterior de pasillos y andadores de la FES Acatlán está sometida a la acción del clima y las inclemencias del tiempo se requiere de una estricta programación y ejecución de las acciones de mantenimiento y reparación a intervalos regulares no mayores de un año.

Para el estudio en la FES Acatlán en específico el área de pasillos, andadores y estacionamiento, estas deberán ser inspeccionadas anualmente. Las áreas resquebrajadas, rotas, o en mal estado de conservación deberán ser preparadas para minimizar los peligros a los cuales pueden estar expuestos los peatones y vehículos (en el área del estacionamiento).

En el mantenimiento preventivo son importantes las inspecciones, así como la limpieza permanente del sistema de alumbrado y sus áreas verdes.

5.7.3 PROGRAMA CORRECTIVO

Este programa obedece a la demanda y prioridad del usuario y no a una programación.

En el programa de mantenimiento correctivo deben incluirse las actividades de limpieza, reparación y/o cambio en las lámparas de las luminarias, así como para andadores y pasillos de la FES Acatlán. Este programa debe realizarse tanto para lámparas, luminarias, balastros, cableado, etc.

CONCLUSIONES

La realización de este Estudio nos permitió evaluar el sistema de alumbrado de pasillos, andadores y estacionamientos de la FES ACATLÁN, estableciendo la importancia de la iluminación en cuanto a seguridad, salud e incluso ahorro de energía eléctrica, y en cuanto a costo. Así mismo se establecieron las condiciones óptimas del alumbrado en función de las características de acuerdo al área transitada requerida a iluminar, por lo que se analizó el suministro y distribución de la energía eléctrica, así como los programas de operación y mantenimiento de los equipos e instalaciones; evaluando el sistema de alumbrado en andadores, pasillos y estacionamientos de la FES ACATLÁN, permitiéndonos utilizar sus recursos ya existentes para el diseño de programas de control, mantenimiento y sustitución de partes del sistema de alumbrado evaluando los costos de operación y beneficios a nuestra comunidad universitaria y visitantes.

Así mismo, es indispensable que la Unidad de Mantenimiento de la FES ACATLÁN realice programas de conservación y mantenimiento de las Instalaciones, equipos y luminarias, de acuerdo al Estudio de las Instalaciones de Alumbrado de los pasillos, andadores y estacionamiento de la FES ACATLÁN y sus programas de ahorro de energía; llevando un control de periódico de las intensidades lumínicas con objeto de no confundir el programa de ahorro de energía con la disminución programada de luminosidad.

Recientemente en la Facultad de Estudios Superiores Acatlán se sustituyeron las lámparas de VAP por lámparas LED'S con Potencia de 151 Watts, así mismo se realizaron labores de mantenimiento a los árboles y se identificaron con pintura amarilla en la guarnición a las orillas de la banqueta, la cual brinda una mejora en el periodo del 2009 al 2012 del 90%. Datos proporcionados por la Unidad de Mantenimiento de la FES ACATLÁN.

Es indispensable revisar cada seis meses las luminarias, así como las instalaciones.

Estos cambios se hicieron en función de la norma NOM-001-SEDE-2005 y de la NOM-025-STPS-1999 Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.

El trabajo anterior anexa algunas consideraciones utilizadas por el Laboratorio de Alumbrado Público del Distrito Federal.

GLOSARIO

1. ILUMINACIÓN: es el conjunto de luminarias destinadas a proporcionar un nivel de iluminación para la realización de actividades específicas.
2. LUZ: es una manifestación de la energía, en forma de radiaciones electromagnéticas capaces de afectar al órgano visual.
3. REFLEXIÓN: Podemos ver los objetos desde cualquier posición lo que significa que reflejan la luz en todas las direcciones. Por tanto, podemos decir que casi siempre la reflexión de la luz es difusa.
4. REFRACCIÓN: Si vemos al fondo de una vasija con agua nos parece menos profunda de lo que en realidad es; si introducimos en ella un cuchillo lo observamos como si se hubiera doblado, si observamos un objeto a través de un lente lo veremos deformado.
5. FLUJO LUMINOSO: Es la cantidad total de luz emitida por segundo por una fuente luminosa. Se define también como la unidad de potencia de $\frac{1}{683} W$ emitidos entre la longitud de onda con una frecuencia. Por otra parte se define como la potencia W emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible.
6. INTENSIDAD LUMINOSA: Se conoce como intensidad luminosa de una fuente al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo que contiene la dirección dada. Es un manantial de luz que irradia con determinada claridad, un flujo luminoso al incidir sobre una superficie produce en ésta una cierta iluminación, a la que se conoce como intensidad de iluminación, y se mide en *candela cd* .
7. CANDELA: Es la unidad que se utiliza para medir la intensidad luminosa en la dirección perpendicular de una superficie de $1/600\ 000$ metros cuadrados de un cuerpo negro a la temperatura de congelación del platino bajo una presión de 101,325 newton por metro cuadrado. Es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz.
8. ÁNGULO SÓLIDO: Su unidad es el estereorradián, que puede definirse como en la superficie de una esfera de $R\ cm$ radio, cabe imaginarse un área de $R^2\ cm^2$.

9. LUMEN: Es la unidad de flujo luminoso que equivale al flujo emitido en un ángulo sólido unitario por una fuente cuya potencia media esférica es de una candela.
10. LUX: Es la unidad de iluminación o iluminancia equivalente a un lumen sobre metro cuadrado.
11. ILUMINANCIA: es la medida de la cantidad de luz incidente en un área dada. Su unidad en el Sistema Internacional es el $lux = \frac{lumen}{m^2}$
12. LUMINANCIA: Es la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su símbolo es L y su unidad es la $\frac{cd}{m^2}$.
13. FOTOCANDELA: Es la unidad de iluminación o iluminancia equivalente a un lumen sobre pie cuadrado.
14. BUJÍA O CANDELA: Se define como la intensidad en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite una radiación monocromática $540 \times 10^{12} Hz$ y la intensidad radiante en esa dirección es de:

$$\frac{1}{683} \frac{watts}{stereoradian}$$

La equivalencia es:

$$1 \text{ pie bujía} = 10.76 \text{ lux}$$

15. LA BRILLANTEZ SUBJETIVA: Es el atributo subjetivo de cualquier sensación luminosa que da lugar a la escala completa de cualidades de ser reluciente, iluminado, brillante, empañado u oscuro.
16. ABSORCIÓN, REFLEXIÓN Y TRANSMISIÓN: Son los procesos generales por los cuales un flujo luminoso incidente interacciona con un medio. *La Absorción* es el proceso por medio del cual el flujo incidente se disipa. *La Reflexión* es proceso por el cual el flujo incidente deja una superficie o medio por el mismo lado de incidencia. La reflexión puede ocurrir como en un espejo (reflexión espectacular), reflejarse en ángulos distintos al del flujo incidente con el plano de incidencia (reflexión difusa), o puede ser una combinación de los dos tipos de reflexión.

17. LA TRANSMISIÓN: Es el proceso por el cual el flujo incidente abandona una superficie o medio por un lado distinto al incidente. Si el rayo de luz se reduce solo en intensidad, la transmisión se llama regular. Si el rayo emerge en todas direcciones, la transmisión se llama difusa. Ambos modos pueden existir combinados.

$$\text{Flujo incidente} = \text{Flujo Absorbido} + \text{Flujo Reflejado} + \text{Flujo Transmitido}$$

18. MEDIDORES DE LUZ: Son instrumentos de medición que sirven para medir la luminancia en Luxes.
19. FUENTES LUMINOSAS: La original y mayor fuente de luz es el Sol. En seguida está el fuego de velas, aceite y lámparas de gas. Con el descubrimiento de la electricidad vinieron los diferentes tipos de lámparas que existen hoy en el mercado, a estas le llamaremos en adelante fuentes de luz artificial.
20. NIVEL DE ILUMINACIÓN: Es sólo una de las características de las instalaciones luminosas, sin embargo, es obvio que sin la exigencia básica de una iluminación adecuada, es decir, sin un nivel de iluminación suficiente, no se puede llevar a cabo ninguna tarea visual de un modo correcto, rápido, seguro y fácil.
21. COEFICIENTE DE LUMINANCIA q : Se define como la relación entre la luminancia en un punto determinado y la luminancia horizontal en ese mismo punto.
22. COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN: es la relación entre el flujo luminoso emitido por el luminario que incide sobre el plano de trabajo y el flujo luminoso que emite(n) la(s) lámpara(s) solas del luminario.
23. CONFORT VISUAL: Grado de satisfacción visual producido por el entorno luminoso.
24. DESLUMBRAMIENTO: Condición de visión en la cual existe incomodidad o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

25. LUMINARIAS: Son equipos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contiene todos los accesorios para fijarlos, protegerlos y conectarlos al circuito de alimentación.
26. LEDS (Diodos Emisores de Luz): son dispositivos que pueden convertir energía eléctrica en luz.
27. INSTALACIÓN ELÉCTRICA: Es el conjunto de cálculos, diseños, planos, especificaciones, técnicas, cómputos, presupuesto, memoria descriptiva, memoria de cálculo, además de otras actividades preliminares y complementarias, como la recolección de información, asesoramiento al cliente, coordinación y planificación de actividades orientadas al cumplimiento de requisitos técnicos, legales y económicos, para la mejor prestación de servicios al propietario o contratante de un proyecto de instalación eléctrica y para su aprobación, ejecución y puesta en servicio.
28. ACOMETIDA: Es el punto de conexión del usuario con la empresa proveedora de electricidad; la misma puede ser aérea o subterránea.
29. CIRUCITOS ELÉCTRICOS: Son el conjunto de cables y equipos ligados al mismo dispositivo de protección.
30. CONDUCTORES ELÉCTRICOS: Son aquellos que conducen el flujo eléctrico a cada uno de los circuitos y luminarias del sistema desde los centros de control y la alimentación de estos desde los puntos de alimentación de energía eléctrica.

REFERENCIAS

BIBLIOGRAFÍAS:

1. CRÓNICA DEL ALUMBRADO DE LA CIUDAD DE MÉXICO, 4ª EDICIÓN, EMILIANO CARRANZA CASTELLANOS, MÉXICO D.F. 1991.
2. MANUAL DEL ALUMBRADO PÚBLICO, GENERAL ELECTRIC
3. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, APUNTES DE FÍSICA GENERAL, ING. JOSÉ PEDRO AGUSTÍN VALERA, PAPIME.
4. CURSO ELEMENTAL DE FÍSICA, ING. R. DOMINGUEZ R., EDITORIAL PORRUA
5. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-1999, CONDICIONES DE ILUMINACIÓN EN LOS CENTROS DE TRABAJO.
6. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2005, INSTALACIONES ELÉCTRICAS (UTILIZACIÓN).
7. NOM- 007-ENER-2004
8. NOM-013-ENER-2004
9. NOM-064-SCFI-2000
10. FOTOMETRÍA, ING. MARTÍN CORTES TORRES, AMERICAN ELECTRIC LIGHTING
11. PRINCIPIOS DE ILUMINACIÓN, AMERICAN ELECTRIC LIGHTING
12. LUMINOTECNIA 2002, CAPÍTULO 7 LUMINARIAS, INDALUX
13. INSTALACIONES ELÉCTRICAS 1 Y 2, UMSS-FCYT
14. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMA FOTOVOLTAICOS, CONERMEX
15. SERVICIOS CONDUMEX (2005) *MANUAL TÉCNICO DE CABLES DE ENERGÍA*, MÉXICO, ED.LITO-GRAPO, ISBN 968-7987-12-X
16. FINK, DONALD G.; BEATY, WAYNE; CARROL, JOHN M. (1984) *STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS*, 11A.EDICIÓN.
17. CABLE ORGANIZER.COM *THE FACTS OF THE AMERICAN WIRE GAUGE* CONSULTADO EL 22 DE JUNIO DE 2009.
18. *OP. CIT CONDUMEX P.21-22. OP. CIT. FINK P.4-20* CONSULTADO EL 22 DE JUNIO DE 2009.
19. VALORES DE RESISTENCIA DE ALAMBRE DE COBRE DESNUDO A 20 °C SEGÚN EL *MASTER CATALOG* DE BELDEN, 1995.
20. LA ENERGÍA DE LA BIOMASA. FRANCISCO JARABO FRIEDRICH, JOSÉ FERNÁNDEZ GONZÁLEZ. SOCIEDAD ANÓNIMA DE PUBLICACIONES TÉCNICAS, 1999. ISBN 84-86913-04-7.
21. ENERGÍA DE LA BIOMASA: REALIDADES Y PERSPECTIVAS. EDITORES: MANUEL PINEDA, PURIFICACIÓN CABELLO. SERVICIO DE PUBLICACIONES DE LA UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA (ESPAÑA). CÓRDOBA, 1998. ISBN 84-7801-463-2.

PÁGINAS ELÉCTRONICAS DE CONSULTA:

1. <http://www.acatlan.unam.mx/campus/351/>
2. <http://www.iluminet.com.mx/articulos-destacados/%C2%BFaditivos-metalicos-o-vapor-de-sodio-en-alta-presion-para-el-alumbrado-publico-en-mexico/>
3. <http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente/conocetutarifa>
4. <http://www.cfe.gob.mx/Paginas/Home.aspx>
5. <http://www.conermex.com.mx/>
6. <http://us.arqa.com/index.php/ese/novedades-mercado/cambre-atenuador-luz-dimmers.html>
7. <http://es.scribd.com/doc/104612501/47/USO-DE-TABLAS-FOTOMETRICAS-DE-COEFICIENTE-DE-UTILIZACION-%E2%80%93>
8. <http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/conceptos-alumbrado-interior.html>

ANEXOS

PLANO DE LA FACULTAD
FES Acatlán

Índice de Jefaturas

- A-1** Ingeniería Civil
- A-3** Arquitectura y Diseño Gráfico
- A-2** Actuaría, Matemáticas Aplicadas y Computación
- A-6** Ciencias Políticas y Administración Pública, Economía, Relaciones Internacionales y Sociología
- A-8** Comunicación, Enseñanza de Inglés, Filosofía, Lengua y Literatura Hispánicas, Historia y Pedagogía
- A-11** Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia
- A-12** Derecho

Simbología

-  Acceso peatonal
-  Parada de Autobús
-  Acceso
-  Estacionamiento
-  Servicio Médico

-  Posgrado
-  Programa de Investigación
-  Monumento
-  Unidad de Administración Escolar
-  Biblioteca
-  Librería
-  Edificio de Gobierno
-  Centro de Desarrollo Tecnológico
-  Centro de Educación Continua
-  Unidad de Investigación Multidisciplinaria
-  Centro de Enseñanza de Idiomas
-  Centro Tecnológico para la Educación a Distancia

-  Cafetería
-  Tienda UNAM
-  Gimnasio
-  Área deportiva
-  Cuartel de fútbol americano
-  Vestidores Pumas Acatlán
-  Auditorio I Gerardo Lizarriturri y Olague
-  Auditorio II Miguel de la Torre / Extensión Cultural
-  Auditorio 901
-  Centro Cultural Acatlán
-  Cajas
-  Talleres de Comunicación y Diseño

Figura 117. Plano de la FES Acatlán.

Fig. 118. Ubicación de los postes de iluminación en la FES Acatlán hasta el año 2009.

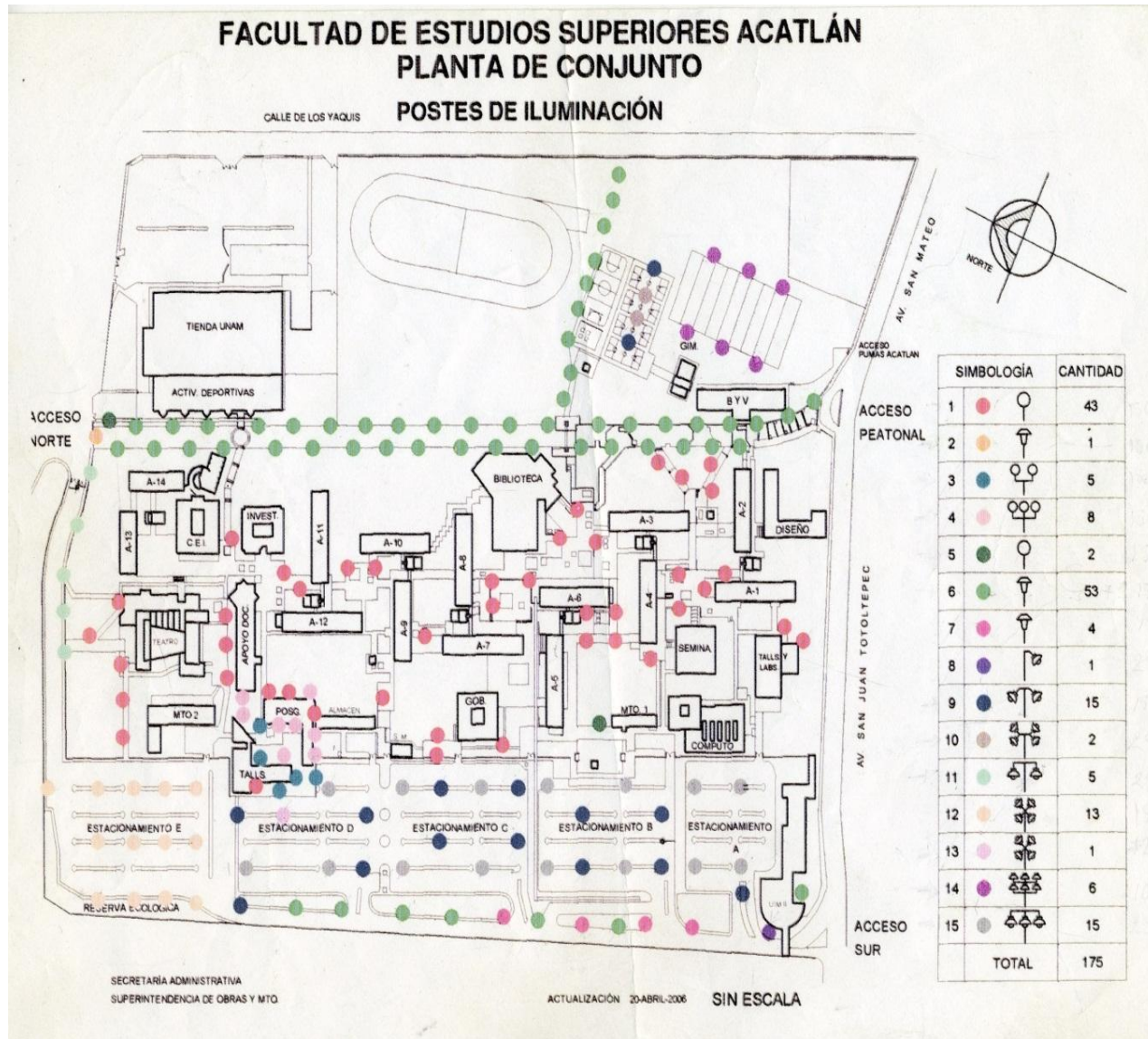


Fig. 1.19 Ubicación de los reflectores de la FES Acatlán hasta el año 2009.

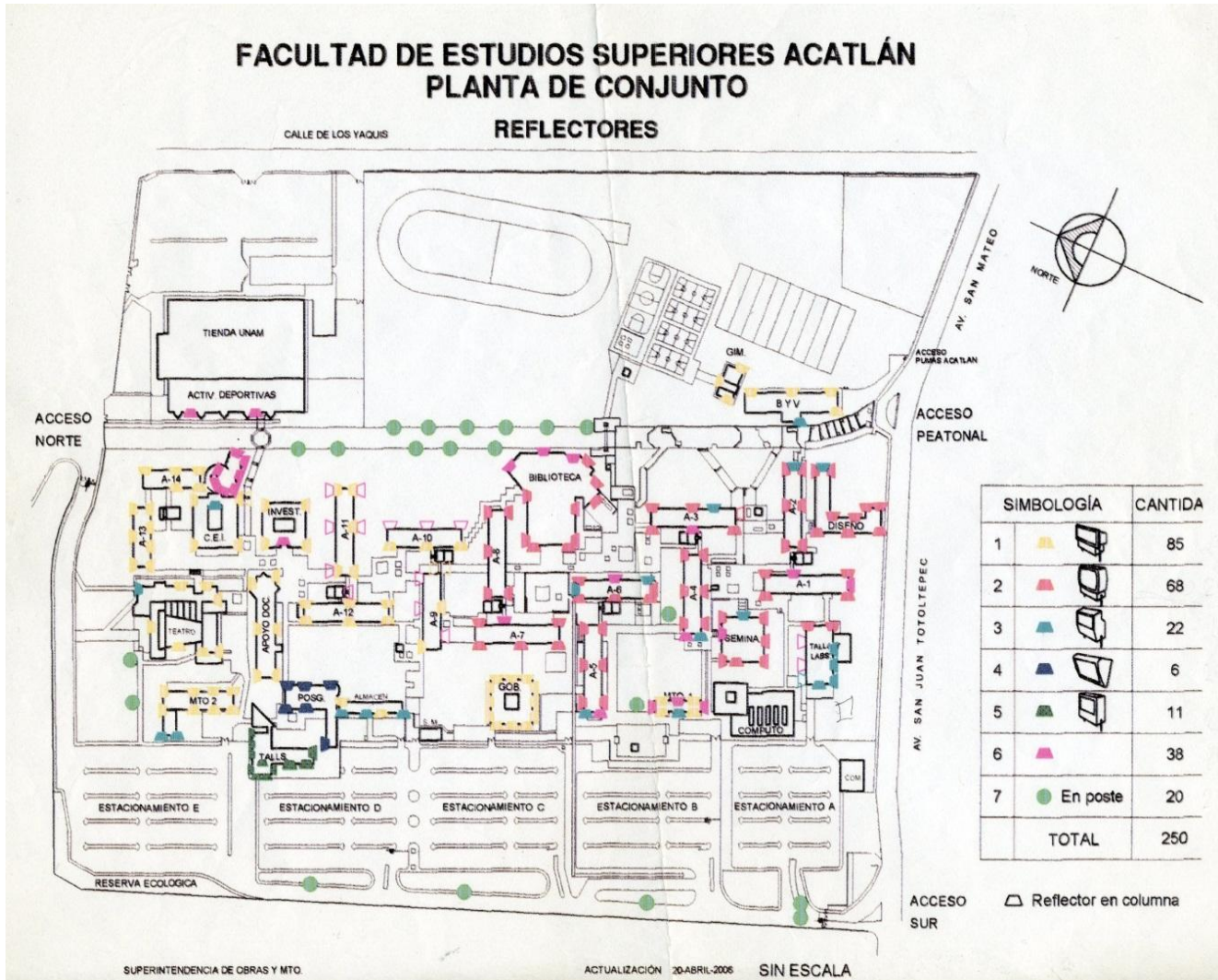
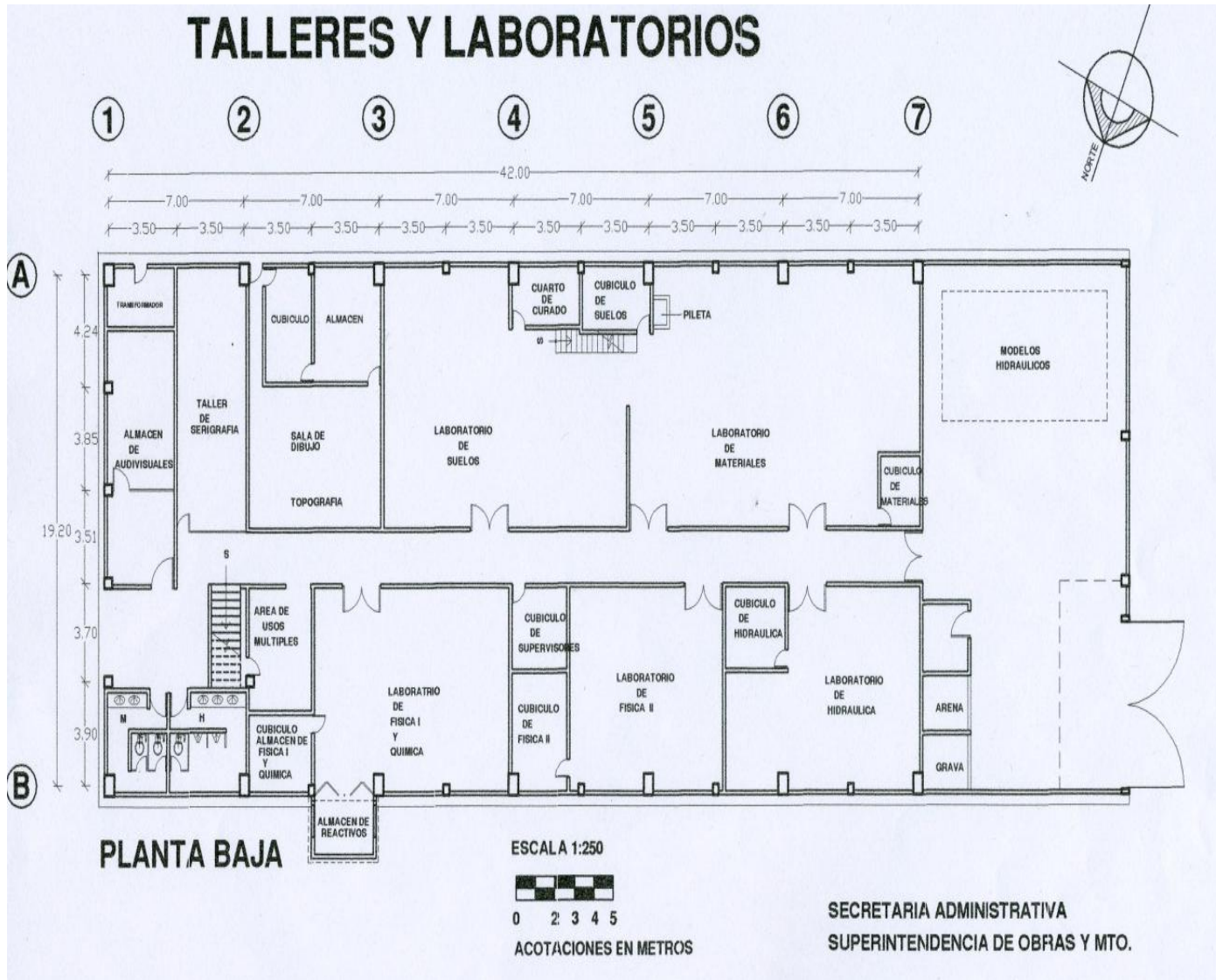


Fig. 120 Distribución de los Talleres y Laboratorios de la FES Acapulco.



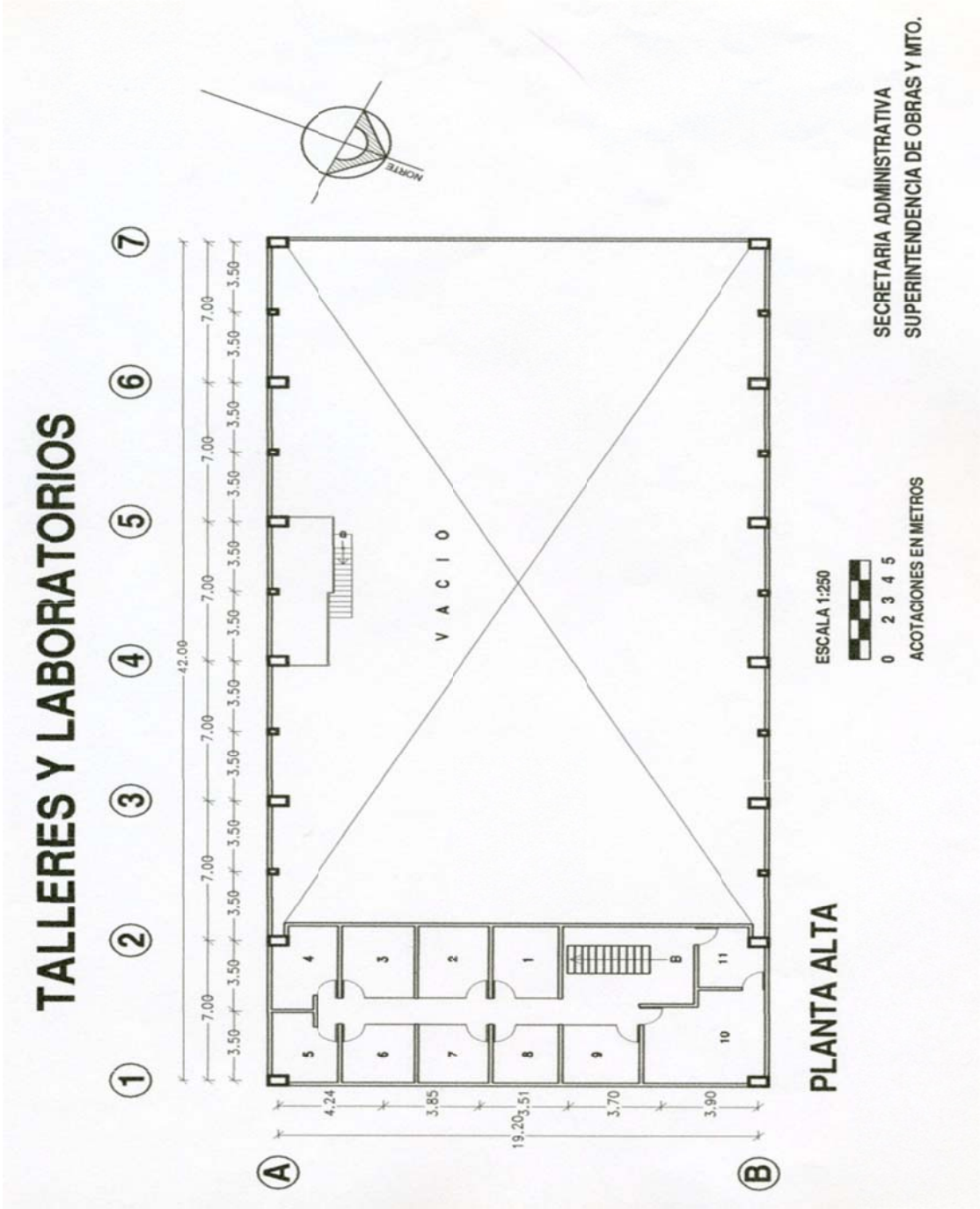


Fig. 121 Distribución de los Talleres y Laboratorios de la FES Acatlán.

Figura 122. Diagrama unifilar de instalación eléctrica de alta y baja tensión plantel campus acatlán, UNAM.

