



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN
DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN
PARA AHORRO DE ENERGÍA EN
DISTINTAS ÁREAS DE LA UNAM**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRICO ELÉCTRONICO DE POTENCIA

PRESENTA:

DANIEL ORTÍZ MADÍN



DIRECTOR: ING. AUGUSTO SÁNCHEZ CIFUENTES

MÉXICO, D. F.

2010



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Gracias a proyectos de ahorro de energía por las enseñanzas y consejos que me brindaron cuando realizamos este y otros proyectos, a los amigos hechos aquí que me dieron palabras de aliento y sus recomendaciones para poder cursar esta etapa de mi desarrollo profesional.

A mis amigos y compañeros de facultad, creo que sería difícil mencionar a todos y a cada uno pero ustedes sabrán que los aprecio y siempre recordare los momentos que pasamos en la facultad y fuera de ella, y quiero que sepan que este es un triunfo que comparto con ustedes

Al Ing. Augusto Sánchez Cifuentes y a la Ing. Silvina por la oportunidad de formar parte de este proyecto y en su apoyo en la realización de este documento

Y principalmente a mis padres y hermanos que sin los cuales no podría estar hoy por culminar una etapa mas en mi vida. Gracias papa por tus consejos y tu apoyo. Gracias mama por tus esperanzas en mi y por tus palabras de aliento. Gracias Leticia por tu sabiduría y por guiarme con tu experiencia. Gracias Arturo por ser un aliciente a superar mis defectos y a seguir siempre adelante.

**Propuesta de estandarización de los sistemas de iluminación
Para ahorro de energía en distintas áreas de la UNAM**

INDICE

1. Introducción	1
2. Revisión de las normas aplicables al proyecto	2
2.1. NOM-025 ST y PS-2005	3
2.2. NOM-007 ENER 2004	5
2.3. NOM-013 ENER 2004	8
2.4. NOM-017 ENER/SCFI-2008	10
2.5. NOM-001-SEDE-2005	13
2.6. NOE-DEL	22
3. Tecnologías en iluminación	26
3.1. Lámparas incandescentes	27
3.2. Lámparas fluorescentes	28
3.3. Lámparas fluorescentes compactas	29
3.4. Lámparas halógenas	30
3.5. Lámparas vapor de sodio	30
3.6. Lámparas de aditivos metálicos	31
3.7. Lámparas de inducción	32
4. Tecnologías mas comunes encontradas en las dependencias actualmente	33
5. Comparaciones entre diferentes tipos de tecnologías	41
5.1. Criterio de comparación	46
6. Propuesta de cambio de lámparas para ahorro de energía	56
6.1. Ahorro de energía estimado por el cambio	66
6.2. Evaluación económica de la inversión	75
7. Conclusiones	100
8. Bibliografía	102
9. Anexos	103

1. Introducción

El Ahorro de energía se ha convertido en un tema sumamente importante en nuestra era, Con los problemas económicos que se han generado en los últimos años es importante evitar el gasto innecesario de los recursos energéticos. Este gasto no solo se ve reflejado en nuestros bolsillos, sino que va mucha más allá, el verdadero problema está en nuestro medio ambiente. Entre más energía gastemos, necesitaríamos más y más fuentes de generación de energía eléctrica lo que nos conlleva a una mayor contaminación y mayores gastos, por lo que hay que empezar a hacer conciencia de nuestros consumos energéticos

Un gasto muy común se da en la mayoría de las instalaciones eléctricas debido a la mala designación de iluminación en las distintas áreas de trabajo, existen diferentes tipos de lámparas y cada una tiene diferentes características, para diferentes tipos de uso de la iluminación.

En este documento encontrará las definiciones de las propiedades necesarias para el buen manejo de los niveles de iluminación, se encontrará las diferencias entre luminosidad, luminiscencia. Se dará una explicación del índice de rendimiento de color, que es y para que sirve; Los diferentes niveles de temperatura de color, que significan y como utilizarlos para mejorar la forma en que vemos las áreas iluminadas.

Otro aspecto importante de este trabajo es la importancia de la recuperación de la inversión, esto es importante para la aceptación de la propuesta, ya que si la inversión es rápidamente recuperada la propuesta será vista mas eficazmente

Los objetivos primordiales de esta tesis son dar información suficiente y clara de luminarias eficientes que existen en el mercado para lograr el ahorro energético, económico y la buena iluminación, se darán ejemplos de casos prácticos estudiados en diferentes lugares de Ciudad Universitaria. Y se explicara cómo hacer estos trabajos para aumentar la eficacia de nuestros sistemas de alumbrado sin descuidar la buena iluminación de los usuarios, para que puedan realizar sus trabajos sin lastimar la vista o producir cansancio. Sin mencionar que la buena iluminación ayuda a tener menos accidentes laborales.

2. Revisión de las normas aplicables al proyecto

Es muy importante para cualquier proyecto de ingeniería el uso o la revisión de las normas que actualmente se encuentran vigentes, en ellas podremos encontrar los lineamientos que nos ayuden a la correcta protección de los usuarios y de sus bienes, con lo que respecta a los niveles de iluminación. Después de revisar en las instituciones que tienen que ver con la energía y el uso adecuado de ésta, hemos encontrado las normas mexicanas aplicables a nuestro proyecto, estas son: NOM-025-STyPS-1999 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, NOM-007 ENER 2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, NOM-013-ENER-1996 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas ext, NOM-017-ENER/SCFI-2008 Lámparas Fluorescentes Compactas, NOM-001-SEDE-2005 Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas. Art. 930 Alumbrado público, NOU-DEL Norma Universitarias de Ingeniería Electromecánica, Instalaciones Eléctricas. Cap.2 Alumbrado. De las cuales se revisaron con detenimiento y a continuación se anotaran las partes que nos interesaron en este proyecto.

2.1 NOM-025-STPS-2005

Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.

Como se menciona arriba esta norma se refiere a los niveles de iluminación y su objetivo es. Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Al principio se encuentran una serie de definiciones con respecto al trabajo eléctrico, en particular a los conceptos referidos a los trabajos de iluminación, estos y otros conceptos mas, serán puestos en un glosario al final de este escrito

En esta norma se expone algo importante, los deberes que tienen los jefes y los empleados que tienen hacia las instalaciones eléctricas con respecto a los niveles de iluminación y hacia los mantenimientos de las instalaciones con el fin de mantener la seguridad laboral.

Esta norma nos dice que el patrón está obligado a darla a conocer a la autoridad de trabajo, realizar la evaluación y el control de los niveles de iluminación como esta norma lo dicta, y lo que es mas importante hacer programas de mantenimiento a las luminarias e incluir lámparas de emergencia en las zonas de trabajo donde no puede faltar la iluminación artificial por posibles riesgos; Con respecto al trabajador sus obligaciones son en general dar buen usos a las instalaciones y avisar al patrón si algunas de las evaluaciones dan como resultado una condición de inseguridad laboral con respecto a la iluminación.

Lo que realmente nos interesa de esta norma es una tabla donde nos muestran los niveles de flujo luminoso en los planos de trabajo

TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO	ÁREA DE TRABAJO	NIVELES MÍNIMOS DE ILUMINACIÓN (LUXES)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en Banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia	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

Tabla 2.1.1 Niveles de Iluminación NOM-025-STPS-2005 capítulo 4 pág. 7

Para la medición de los luxes en estas áreas se realiza con un aparato llamado luxómetro con el cual se puede saberse el número de lúmenes en el área en el que el aparato está situado, con el que se deberá recabarse un plano de las distribuciones de áreas a evaluar, en el que se debe especificar la descripción que se realiza en ese lugar, las instalaciones con las que cuenta y la gente que trabaja ahí.

Con estos planos, podemos delimitar las áreas en las que se realizan los distintos puestos de trabajo, y se evaluarán los niveles de iluminación con el luxómetro. Aquí nos especifican que las lámparas deben encenderse por lo menos 20 minutos antes de realizar las mediciones.

Otro punto importante que nos marca esta norma es el nivel de reflexión que debemos tomar en cuenta para los pisos paredes, techo y planos de trabajo (mesas, sillas, escritorios y otras instalaciones donde la luz pueda reflejarse)

Concepto	Niveles máximos permisibles de reflexión, Kf
Paredes	60%
Plano de trabajo	50%

Tabla 2.1.2 Niveles Máximos Permisibles del Factor de Reflexión NOM-025-STPS-2005 capítulo 9 pág. 5

El cálculo de estos índices es muy sencillo, primero se tiene que realizar una primera medición (E1), con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie, a una distancia de 10 cm ± 2 cm, hasta que la lectura permanezca constante; después se realiza una segunda medición (E2), se realiza con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie, con el fin de medir la luz incidente. Para después utilizar la siguiente fórmula.

$$K_f = \frac{E_1}{E_2}(100)$$

Ya realizado este estudio se da una conclusión con los datos obtenidos y la norma nos dice las maniobras que se tienen que hacer si los niveles de iluminación no son los adecuados. Si en el resultado de la evaluación se observa que los niveles de iluminación en los puntos de medición para las tareas visuales o áreas de trabajo están por debajo de los niveles indicados en la tabla-1, o que los factores de reflexión estén por encima de lo establecido en la tabla 2, se debe dar mantenimiento, modificar el sistema de iluminación o su distribución, y en caso necesario, instalar la iluminación complementaria o localizarla donde se requiera de una mayor iluminación. En cambio si los niveles están por encima de los estipulados por esta norma la solución sería colocar medidas de control para evitar el deslumbramiento

2.2NOM-007 ENER 2004

Esta norma es la que mejor se aplica para nuestro proyecto, ya que habla específicamente de los niveles de los sistemas de iluminación artificial en las áreas que a nosotros nos interesa, al principio podemos ver que la tendencia de esta norma y algunas parecidas es el cuidado de nuestros recursos, y la tendencia al uso eficiente de los diferentes recursos en los que ocupamos la energía eléctrica. En este caso los sistemas de iluminación, tanto interna como externa, de los edificios no residenciales.

Esta norma tiene dos objetivos bien definidos.

a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales nuevos, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes, con el propósito de que sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.

b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana.

Su campo de aplicación es bastante amplio ya que considera todos los sistemas de iluminación interior y exterior en edificios nuevos y viejos no residenciales con cargas conectadas mayor de 30 kW. Más específicamente esta norma nos dice que cubre: Oficinas, escuelas y demás centros docentes, establecimientos comerciales, hospitales, hoteles, restaurantes, bodegas, recreación y cultura, talleres de servicio, centrales de pasajeros.

Sin embargo esta norma no aplica en todos los lugares que tengan alumbrado interior o exterior, sus excepciones son: Centros de baile, discotecas y centros de recreación con efectos especiales de alumbrado, Interiores de cámaras frigoríficas, estudios de grabación cinematográficos y similares, áreas que se acondicionan temporalmente donde se adicionan equipos de alumbrado para exhibiciones, exposiciones, convenciones o se montan espectáculos, tiendas y áreas de tiendas destinadas a la venta de equipos de alumbrado, Instalaciones destinadas a la demostración de principios luminotécnicos, áreas de atención especializada en hospitales y clínicas, edificaciones nuevas, ampliaciones y modificaciones que se localicen en zonas de patrimonio artístico y cultural, de acuerdo a la Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, artísticas e históricas o edificios catalogados y clasificados como patrimonio histórico según el INAH y el INBA, Sistemas de alumbrado de emergencia independientes, equipos de alumbrado para señales de emergencia y evacuación, equipos de alumbrado que formen parte integral de otros equipos, los cuales estén conectados a circuitos de fuerza o contactos, equipos de alumbrado empleados para el calentamiento o preparación de alimentos,

anuncios luminosos y logos, alumbrado de obstrucción para fines de navegación aérea, No se consideran en el alcance de esta Norma Oficial Mexicana otros tipos de edificios de uso diferente a los mencionados en el campo de aplicación de esta Norma Oficial Mexicana, tales como: salas de espera de centrales de pasajeros, edificios destinados a seguridad pública y nacional, naves industriales (área de proceso), Iluminación teatral (área de escenario), Iluminación destinada al crecimiento de plantas o animales para alimentación o investigación, Iluminación específicamente dedicada al servicio de personas con debilidad visual.

Los valores de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado interior de los edificios indicados en el campo de aplicación de la presente Norma Oficial Mexicana, no deben exceder los valores indicados en la Tabla 2.2.1.

Tipo de edificio	DPEA (W/m ²)
Oficinas	14
Escuelas y demás centros docentes	
Escuelas o instituciones educativas	16
Bibliotecas	16
Establecimientos comerciales	
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	20
Hospitales	
Hospitales, sanatorios y clínicas	17
Hoteles	
Hoteles	18
Moteles	22
Restaurantes	
Bares	16
Cafeterías y venta de comida rápida	19
Restaurantes	20
Bodegas	
Bodegas o áreas de almacenamiento	13
Recreación y Cultura	
Salas de cine	17
Teatros	16
Centros de convenciones	15
Gimnasios y centros deportivos	16
Museos	17
Templos	24
Talleres de servicios	
Talleres de servicio para automóviles	16
Talleres	27
Carga y pasaje	
Centrales y terminales de transporte de carga	13
Centrales y terminales de transporte de pasajeros, aéreas y terrestres	16

Tabla 2.2.1. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) NOM-007 ENER 2004 sección 6 pág. 8

En el caso de fachadas de edificios la norma nos dice que la eficiencia lumínica que se debe utilizar para su iluminación no debe ser menor a 22 lm/W. y que la DPEA para las demás áreas exteriores no debe ser mayor de 1,8 W/m². Para estacionamientos hay dos indicaciones, si se trata de estacionamientos cubiertos, cerrados o techados, que formen parte de los edificios contemplados dentro del campo de aplicación de esta Norma, la DPEA a cumplir no debe ser mayor de 3 W/m² y, para los estacionamientos abiertos no debe exceder lo establecido en la Tabla 2.2.2

Área a iluminar m ²	Densidad de potencia W/m ²
< 300	1,80
de 300 a < 500	0,90
de 500 a < 1 000	0,70
de 1 000 a < 1 500	0,58
de 1 500 a < 2 000	0,54
> 2 000	0,52

Tabla 2.2.2. Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para estacionamientos abiertos NOM-007 ENER 2004 sección 6.3 pág. 9

La norma establece la manera en que se hace los cálculos correspondientes a la densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA), y nos da una formula para calcularlo

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Area total iluminada}}$$

Donde la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) está expresada en W/m², la carga total conectada para alumbrado está expresada en watts y el área total iluminada está expresada en metro cuadrado. Y nos aclara que el valor calculado de DEPA debe ser menor o igual a lo especificado en esta tabla.

Otro punto importante que nos presenta esta norma es que los valores de DPEA solo se pueden promediar para edificios que tengan el mismo uso, es decir poner mas DPEA en una áreas para compensar áreas con densidad menor para cumplir con el valor de la norma por el edificio, sin embargo aclara que esto no puede hacerse para áreas que no compartan el mismo uso. En tal caso se debe entregar los datos de las densidades para alumbrado de las distintas áreas.

2.3 NOM-013 ENER 2004

Esta norma es una de las que se han hecho con el fin de dar un mejor uso de los sistemas energéticos en México, esta nos habla sobre el alumbrado público o alumbrado exterior, esto se hace con el fin de dar regulación de los nuevos trabajos para que den la iluminación necesaria para evitar accidentes sin desperdiciar energía, esta norma nos dice cual es su objetivo.

El objeto es establecer niveles de eficiencia energética en términos de valores máximos de densidad de potencia eléctrica de alumbrado (DPEA), según se especifique, con los que deben cumplir las nuevas instalaciones de alumbrado público o alumbrado exterior en las diferentes

Esta norma tiene como campo de aplicación las vialidades, estacionamientos públicos abiertos, cerrados o techados y las áreas exteriores públicas, y no se pueden aplicar a los aeropuertos, alumbrado de emergencia, alumbrado dentro de previos de viviendas unifamiliares y/o plurifamiliares (condominios verticales y horizontales), alumbrado ornamental de temporada, alumbrado para ferias, alumbrado para plataformas marinas, faros y similares, alumbrado temporal en obras de construcción, anuncios luminosos, áreas de vigilancia especial, garitas, retenes y similares de seguridad, áreas típicamente regidas por relaciones laborales como andenes, muelles, patios de maniobra y almacenamiento, áreas de carga y descarga, áreas de manufactura de astilleros, juegos mecánicos, lugares de resguardo de bicicletas, paseo exclusivo de jinetes señalización de vialidades y carreteras, semaforización, túneles y pasos a desnivel.

Después nos indica los niveles óptimos para el alumbrado exterior en diferentes áreas, las cuales están clasificadas por 3 tipos, que para fin práctico colocaremos en una tabla como la presentada en la NOM007.

Clasificación	Área	Densidad de potencia para alumbrado público (DPEA)
Vialidades	Autopistas	los valores máximos de DPEA no deben exceder lo indicado en la tabla 2 de esta norma
	Carreteras	
	Ciclo pistas	
	Vías rápidas	
	Vías principales	
	Vías secundarias	
Estacionamientos públicos	Abiertos	los valores máximos de DPEA no deben exceder lo indicado en la tabla 3
Estacionamientos públicos	Cerrados o techados	No debe ser mayor a 3 W/m ²
Áreas exteriores públicas	Lagos cascadas fuentes y similares	Su eficiencia debe ser de 22 lm/W
Áreas exteriores públicas	Monumentos, esculturas y banderas	
Áreas exteriores públicas	Parques, jardines alamedas y kioscos	
Áreas exteriores públicas	Aceras	Su eficiencia debe ser de 70 lm/W
Áreas exteriores públicas	Paraderos	
Áreas exteriores públicas	Plaza y zócalos	

Tabla 2.3.1 Clasificación de niveles óptimos para alumbrado exterior

Nivel de iluminancia lux (lx)	Ancho de la calle m ²			
	7.5	9.0	10.5	12.0
3	0.26	0.23	0.19	0.17
4	0.32	0.28	0.26	0.23
5	0.35	0.33	0.30	0.28
6	0.41	0.38	0.35	0.31
7	0.49	0.45	0.42	0.37
8	0.56	0.52	0.48	0.44
9	0.64	0.59	0.54	0.50
10	0.71	0.66	0.61	0.56
11	0.79	0.74	0.67	0.62
12	0.86	0.81	0.74	0.69
13	0.94	0.87	0.80	0.75
14	1.01	0.95	0.86	0.81
15	1.06	1.00	0.93	0.87
16	1.10	1.07	0.99	0.93
17	1.17	1.12	1.03	0.97

Tabla 2.3.2. Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) para vialidades (W/m²) NOM-013 ENER 2004 sección 6 pág. 5

Nota: El nivel de iluminación a utilizar depende del tipo de vialidad a iluminar, de acuerdo con lo establecido en el artículo 930 “alumbrado público” de la NOM-001-SEDE-1999 vigente o la que lo sustituya

Área a iluminar m ²	Densidad de potencia W/m ²
<2500	0.52
De 2500 a < 5000	0.49
De 5000 a 12 500	0.46
>12 500	0-44

Tabla 2.3.3 Valores máximos de (DPEA) para sistemas de iluminación en vialidades con súper postes (postes mayores de 18 metros) NOM-013 ENER 2004 sección pág. 5

Área a iluminar m ²	Densidad de potencia W/m ²
<300	1.80
De 300 a < 500	0.9
De 500 a < 1000	0.70
De 1000 a <1500	0.85
De 1500 a < 2000	0.54
> 2000	0.52

Tabla 2.3.4 Valores máximos de Densidad de Potencia Eléctrica para alumbrado (DPEA) para estacionamientos públicos NOM-013 ENER 2004 sección 6 pág. 6

Aquí nos presentan una vez más la fórmula de la densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA) como ya se vio anteriormente la fórmula es:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}}$$

La DPEA tiene unidades de W/m².

Puede haber caso que los anchos de la calle sean diferentes a los mostrados en la tabla 1, para estos casos la NOM-013 nos da algunos aspectos a considerar.

- para anchos de calle menores de 7.5 se toman los valores de la columna de 7.5m

- Para anchos de calle mayores de 12m se toman los valores de la columna de 12m

- Para anchos diferentes a los mostrados en la tabla 1 se toman los valores de ancho de calle de la columna inmediata que le antecede.

También nos aclara que para la medida del ancho no se cuentan aceras o camellones. Y que la eficiencia lumínica debe calcularse como el flujo luminoso de la fuente entre la suma de la potencia nominal de la misma fuente luminosa mas la perdida del dispositivo auxiliar para el arranque y correcto funcionamiento de dicha fuente.

La norma nos dice que, en casos de que el sistema de alumbrado lleve un balastro para su encendido, para cálculos de de la carga conectada el valor de la potencia nominal del conjunto balastro-lámpara-dispositivo

2.4 NOM-017 ENER/SCFI-2008

Esta norma nos habla sobre la eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas. Límites y métodos de prueba. Y tiene como objetivo:

Establecer los límites mínimos de eficacia para las lámparas fluorescentes compactas autobalastadas (LFCA), así como las especificaciones de seguridad al usuario y los métodos de prueba aplicables para verificar dichas especificaciones. Asimismo, establece el tipo de información que deben llevar los productos objeto de esta Norma Oficial Mexicana que se comercialicen dentro del territorio de los Estados Unidos Mexicanos y de igual forma, atiende la necesidad de que dichos productos propicien el uso eficiente y el ahorro de energía.

Esta norma puede ser aplicada a todas las lámparas fluorescentes compactas autobalastadas (LFCA) sin envoltente, con envoltente y con reflector integrado, con base Edison E-12, E-14, E-26, E-27, E-39, E-40 y con base tipo bayoneta B-22, en tensiones de alimentación de 100 V a 277 V c.a. y 50 Hz o 60 Hz. Pero no puede usarse para LFCA que incorporen accesorios de control tales como fotoceldas, detectores de movimiento, radio controles, o atenuadores de luz. Así mismo, quedan excluidas las lámparas fluorescentes compactas modulares.

Aquí nos presentan la eficiencia mínima que deben cumplir las LFCA mínima y no la muestran en la Tabla 2.4.1

LFCA sin envolvente	
Intervalos de potencia	Eficacia mínima (lm/W)
Menor o igual a 7 W	40,5
Mayor que 7 W y menor o igual que 10 W	44,5
Mayor que 10 W y menor o igual que 14 W	46,0
Mayor que 14 W y menor o igual que 18 W	47,5
Mayor que 18 W y menor o igual que 22 W	52,0
Mayor que 22 W	56,5
LFCA con envolvente	
Intervalos de Potencia	Eficacia mínima (lm/W)
Menor o igual que 7 W	31,0
Mayor que 7 W y menor o igual que 10 W	34,5
Mayor que 10 W y menor o igual que 14 W	36,0
Mayor que 14 W y menor o igual que 18 W	40,5
Mayor que 18 W y menor o igual que 22 W	45,0
Mayor que 22 W	45,0
LFCA con reflector	
Intervalos de Potencia	Eficacia mínima (lm/W)
Menor o igual que 7 W	29,0
Mayor que 7 W y menor o igual que 14 W	29,0
Mayor que 14 W y menor o igual que 18 W	33,0
Mayor que 18 W	40,0

Tabla 2.4.1. Límites de eficacia para las Lámparas Fluorescentes Compactas Autobalastadas NOM-017 ENER/SCFI-2008 sección 6.1 pág. 5

Quedan fuera de estas normas las LFCA de colores, anti-insectos y especiales de radiación ultravioleta.

Con respecto a los parámetros de entrada de las lámparas nos dice que la corriente no debe ser mayor al 10% y que la potencia de entrada en W no ser mayor al 10% más 0.5W de lo marcado en el producto

También nos habla de las corrientes de fuga para las LFCA en corriente alterna no deben exceder la tabla 2.4.2

Tensión máxima de alimentación	Máxima corriente de fuga mA (M.I.U.)
150 V eficaz o menor	0,5
Mayor que 150 V eficaz	0,75

Tabla 2.4.2. Corriente de fuga NOM-017 ENER/SCFI-2008 sección 6.2.2 pág. 6

Y que las temperaturas máximas no deben exceder los valores que se especifican en la tabla 2.4.33 cuando las LFCA se prueben a una temperatura ambiente de 25°C

Materiales y componentes		°C
Capacitor	Capacitor	a, b
Sistemas de aislamiento de la bobina	Sistemas de aislamiento Clase 105: Método de termopar	90
Sistemas de aislamiento de la bobina	Sistemas de aislamiento Clase 105: Método de resistencia	95
Sistemas de aislamiento de la bobina	Sistemas de aislamiento Clase 130: Método de termopar	110
Sistemas de aislamiento de la bobina	Sistemas de aislamiento Clase 130: Método de resistencia	120
Sistemas de aislamiento de la bobina	Sistemas de aislamiento Clase 155: Método de termopar	135
Sistemas de aislamiento de la bobina	Sistemas de aislamiento Clase 155: Método de resistencia	140
Sistemas de aislamiento de la bobina	Sistemas de aislamiento Clase 180: Método de termopar	150
Sistemas de aislamiento de la bobina	Sistemas de aislamiento Clase 180: Método de resistencia	165
SUPERFICIES	Cualquier superficie polimérica exterior	A
<p>a La temperatura asignada del material o componente a utilizar.</p> <p>b Para una LFCA, no se prohíbe que la temperatura asignada del componente, se ajuste a la que corresponde a la vida máxima esperada de la fuente de luz de la lámpara.</p> <p>c Únicamente para lámparas con balastro electromagnético.</p>		

Tabla 2.4.3. Temperaturas máximas aceptables NOM-017 ENER/SCFI-2008 sección 6.2.3
pág. 6

Estipula esta norma que hay que hacer una prueba del dieléctrico a la tensión suministrándole una tensión de 1 240 V y que la temperatura de la punta del hilo incandescente debe ser de 650°C.

Otra cosa que nos dice esta norma es que todas las pruebas deben realizarse con la lámpara conectada a un circuito de suministro de frecuencia de 60 Hz y la tensión de prueba debe ser la indicada en la Tabla 2.4.5.

Tensión nominal	Tensión de prueba
Menor o igual que 120 V	120 V
Mayor que 120 V hasta 140 V	127 V
Mayor que 140 V hasta 220 V	220 V
Mayor que 220 V hasta 240 V	240 V
Mayor que 240 V hasta 254 V	254 V
Mayor que 254 V hasta 277 V	277 V

Tabla 2.4.5. Tensiones de prueba NOM-017 ENER/SCFI-2008 sección 8.1 pág. 8

2.5 NOM-001-SEDE-2005

Esta norma es la recopilación de muchos datos interesantes y debe ser usada como la guía para cualquier instalación eléctrica, debe ser leída por los ingenieros y seguir lo que aquí se dice. Al ser una norma tan completa habla de muchos temas eléctricos, que para este caso en particular no nos interesan, por lo que en este libro solo se dará un resumen y un citado de las partes en las que se mencione la iluminación y sus características.

110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos).

d) Iluminación. Debe haber iluminación apropiada en todos los espacios de trabajo alrededor del equipo de acometida, tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores instalados interiormente. No son necesarios otros elementos de iluminación cuando el espacio de trabajo esté iluminado por una fuente de luz adyacente. En los cuartos de equipo y en donde estén instalados: tableros de distribución de fuerza, paneles de alumbrado o de los centros de control de motores, la iluminación debe ser apropiada aun cuando se interrumpa el suministro de alumbrado normal y debe cumplir lo indicado en la Sección 700-17.

NOM-001-SEDE-2005 ARTICULO 305-INSTALACIONES PROVISIONALES

305-1. Alcance. Las disposiciones de este artículo se aplican a los métodos de alambrado provisional para fuerza y alumbrado eléctrico, los cuales pueden tener menores requerimientos que los que se exigen para instalaciones permanentes.

f) Protección de lámparas. Todas las lámparas para iluminación temporal deben estar protegidas contra contactos accidentales o roturas por medio de un dispositivo o portalámparas con guardas de seguridad.

No deben utilizarse bases con cubiertas de bronce, de cartón o portalámparas con cajas metálicas, a menos que las cubiertas estén puestas a tierra

P. Rieles de iluminación

410-100. Definición. Un riel de iluminación es un conjunto fabricado, diseñado para soportar mecánicamente y suministrar energía eléctrica a luminarios que puedan reemplazarse fácilmente del riel. Su longitud se puede alterar agregando o quitando secciones de riel.

410-101. Instalación

a) Riel de iluminación. Los rieles de iluminación deben estar instalados y conectados permanentemente a un circuito derivado. En los rieles sólo se deben instalar dispositivos especiales para rieles de iluminación.

Los rieles de iluminación no deben estar equipados con receptáculos de uso general.

b) Cargas conectadas. Las cargas conectadas a los rieles de iluminación no deben superar la capacidad nominal del riel. Un riel de iluminación debe estar conectado a un circuito secundario de una capacidad nominal no superior a la del riel.

c) Lugares no permitidos. No se deben instalar rieles de iluminación:

(1) donde sea probable que puedan sufrir daño físico;

(2) en lugares húmedos o mojados;

(3) donde estén expuestos a vapores corrosivos;

(4) en cuartos de almacenamiento de baterías;

(5) en áreas peligrosas (clasificadas);

(6) ocultos;

(7) atravesando paredes o tabiques;

(8) a menos de 1,5 m sobre la superficie del piso, excepto si están protegidos contra daño físico o funcionan a un valor eficaz de tensión eléctrica de menos de 30 V en circuito abierto.

(9) dentro de la zona medida de 90 cm horizontalmente y 2,5 m verticalmente desde la parte superior del borde de la tina de baño.

d) Sujeción. Los accesorios identificados para utilizarse con rieles de iluminación deben estar diseñados específicamente para el tipo de riel en el que vayan a instalarse. Deben ir sujetos al riel, mantener la polaridad, la puesta a tierra y estar diseñados para suspenderlos directamente del riel.

410-102. Carga de los rieles. Para los cálculos de cargas, se considera que un riel de alumbrado de 60 cm de longitud o una fracción del mismo, equivale a 150 VA. Cuando se instalen rieles con varios circuitos, los requisitos de carga de esta sección deben considerarse divididos equitativamente entre los circuitos.

Excepción: Los rieles instalados en unidades de vivienda o en las habitaciones de huéspedes de hoteles o moteles.

Nota: Este valor de 150 VA por cada 60 cm de riel, es únicamente para efectos de cálculo de la carga y no limita la longitud del riel que se vaya a instalar ni el número de luminarios permitidos.

410-103. Riel de alumbrado de servicio pesado. Un riel de iluminación de servicio pesado debe estar aprobado e identificado para usarse a más de 20 A. Cada accesorio conectado a un riel de iluminación de servicio pesado debe estar protegido individualmente contra sobre corriente.

410-104. Sujeción. Los rieles de iluminación deben estar sujetos de modo que cada soporte sea adecuado para soportar el máximo peso de los

luminarios que se puedan instalar. Un tramo de 1,2 m o menos debe tener dos soportes y, cuando se instalen en una fila continua, cada sección individual no mayor que 1,2 m debe llevar un soporte adicional, a menos que estén aprobados para apoyarse a intervalos mayores.

Excepción: Los luminarios que incorporen un dispositivo integral para reducir la tensión eléctrica a un valor menor de tensión eléctrica de la lámpara.

b) Puesta a tierra. Los rieles de alumbrado deben estar puestos a tierra cumpliendo lo establecido en el artículo 250. Las distintas secciones del riel deben estar perfectamente acopladas de modo que mantengan la continuidad, la polaridad y la puesta a tierra de todo el circuito.

NOM-001-SEDE-2005 ARTICULO 411 - SISTEMAS DE ALUMBRADO QUE FUNCIONAN A 30 V O MENOS

411-1. Alcance. Este artículo cubre los sistemas de alumbrado que funcionen a 30 V o menos y sus componentes.

411-2. Sistemas de alumbrado a 30 V o menos. Un sistema de alumbrado que funcione a 30 V o menos, es el que consiste en una fuente de alimentación separada, de 30 V (42,4 V pico) o menos en cualquier condición de carga, con uno o más circuitos secundarios, cada uno limitado a 25 A máximo, que alimente a luminarios y equipos asociados identificados para ese uso.

411-3. Aprobación requerida. Los sistemas de alumbrado de 30 V o menos deben estar aprobados para ese uso.

411-4. Lugares no permitidos. No deben instalarse sistemas de alumbrado que funcionen a 30 V o menos:

(1) cuando estén ocultos o se extiendan a través de las paredes de una construcción a menos que se utilice un método de instalación especificado en el Capítulo 3; o

(2) a una distancia menor que 3 m de albercas, tinas de hidromasaje, fuentes o instalaciones similares, excepto lo permitido en el artículo 680.

NOM-001-SEDE-2005 411-5. Circuitos secundarios

a) Puesta a tierra. Los circuitos secundarios no deben estar puestos a tierra.

b) Aislamiento. El circuito secundario debe estar aislado de otros circuitos derivados por medio de un transformador de aislamiento.

c) Conductores desnudos. Los conductores desnudos y las partes expuestas están permitidos. Los conductores desnudos no deben estar instalados a menos de 2,1 m sobre la superficie del piso, excepto si están específicamente aprobados para instalarlos a menor altura.

411-6. Circuitos derivados. Los sistemas de alumbrado que funcionen a 30 V o menos deben estar alimentados por un circuito derivado de 20 A máximo.

516-3. Alambrado y equipo en áreas Clase I

c) Iluminación. Se permite la iluminación de áreas fácilmente combustibles a través de paneles de vidrio u otro material transparente o translúcido, únicamente si cumple las siguientes condiciones:

(1) que se utilicen unidades fijas de alumbrado como fuente de iluminación;

(2) que el panel aisle efectivamente al área Clase I del área en la cual la unidad de alumbrado está localizada;

(3) que la unidad de alumbrado esté aprobada para esa área específica;

(4) que el panel sea de un material o esté protegido de tal forma que no haya probabilidad de que se rompa, y

(5) que el arreglo sea tal que las acumulaciones normales de residuos peligrosos sobre la superficie del panel no alcancen temperaturas peligrosas por radiación o conducción proveniente de la fuente de iluminación.

NOM-001-SEDE-2005 ARTICULO 600-ANUNCIOS LUMINOSOS Y ALUMBRADO DE REALCE

A. Disposiciones generales

600-1. Aplicación. Las disposiciones de este Artículo se aplican a la instalación de conductores eléctricos y equipo para anuncios luminosos y alumbrado de realce como se definen en el

Artículo 100.

Para tal efecto se considera cualquier tipo de anuncio luminoso fijo o portátil, iluminado exterior o interiormente con:

a) Tubos neón

b) Lámparas de descarga tales como: fluorescente, vapor de mercurio, vapor de sodio baja o alta presión

c) Lámparas incandescentes

d) Lámparas de aditivos metálicos y cualquier combinación de las anteriores.

600-2. Medios de desconexión. Cada instalación de alumbrado de realce y cada anuncio luminoso, deben controlarse por medio de un interruptor o desconectador accionado externamente, el cual abra todos los conductores portadores de corriente. Adicionalmente se permite la utilización de dispositivos de desconexión automática tales como: temporizadores y celdas fotoeléctricas, entre otros, de tal forma que los anuncios luminosos sólo estén energizados durante los periodos necesarios y así tener un mejor aprovechamiento de la energía.

a) El medio de desconexión debe estar a la vista del anuncio luminoso que controla

Excepción 1: Los anuncios luminosos operados por controles electrónicos o electromecánicos colocados fuera del anuncio luminoso, deben tener medios de desconexión visibles desde el lugar donde está ubicado el control. Los medios de desconexión deben desconectar al anuncio luminoso y al control de todos los conductores portadores de corriente de alimentación, y deben estar diseñados para que ningún polo pueda ser accionado independientemente. Los medios de desconexión y el control pueden ubicarse dentro de la misma envolvente. Los medios de desconexión deben tener forma para bloquearse en la posición de abierto.

b) Capacidad nominal del interruptor de control. Los medios de desconexión, interruptores de acción intermitente y dispositivos similares que controlen transformadores, deben tener capacidad para cargas inductivas de control, o una capacidad nominal en amperes de cuando menos el doble de la capacidad en amperes del transformador.

NOTA: Véase 380-14 para la capacidad y uso de los interruptores de resorte.

600-3. Envolventes utilizados como cajas de paso. El método de alambrado utilizado para alimentar anuncios luminosos o alumbrado de realce, debe terminar dentro del envolvente del transformador o del anuncio luminoso.

Excepción: Las envolventes de transformadores y anuncios luminosos pueden usarse como cajas de paso para conductores que alimenten a otros anuncios luminosos, aparatos de alumbrado de realce o proyectores adyacentes que formen parte del anuncio luminoso, siempre que los conductores que se prolonguen más allá del equipo, estén protegidos por un dispositivo de sobre corriente de capacidad nominal de 20 A o menor.

600-4. Instrucciones. Todos los anuncios luminosos de cualquier tipo, fijos o portátiles, deben proveerse de instrucciones y deben instalarse de acuerdo con ellas.

600-5. Puesta a tierra. Los anuncios luminosos, canaletas, cajas terminales de tubos y otras estructuras metálicas, deben ponerse a tierra como se especifica en el Artículo 250.

Excepción. Partes metálicas separadas. Las partes metálicas separadas que no transportan corriente eléctrica, de un alumbrado de realce, pueden ponerse a tierra por conductores de tamaño nominal 2,08 mm² (14 AWG) y deben protegerse de daño físico y ponerse a tierra de acuerdo con lo indicado en el

NOM-001-SEDE-2005 Artículo 250.

600-6. Circuitos derivados

a) Capacidad. Los circuitos que alimentan lámparas, balastos y transformadores o combinaciones de éstos, deben tener una capacidad de acuerdo a la carga por alimentar.

b) Circuitos derivados. Cada edificio comercial y cada local de comercio que esté a nivel de la calle, accesible a los peatones, debe tener en la parte exterior por lo menos una salida para anuncios luminosos o alumbrado de

realce. Esta salida debe alimentarse por un circuito derivado exclusivo de 20 A.

Excepción: Los corredores y pasillos interiores no deben considerarse como parte exterior de los edificios.

c) Carga mínima calculada. Debe considerarse una carga mínima de 1 200 VA, en el cálculo del circuito derivado que alimenta a anuncios luminosos o alumbrados de realce.

600-7. Marcado

a) Anuncios luminosos. Todos los anuncios luminosos deben marcarse con el nombre del fabricante, y en los de lámparas incandescentes se debe indicar el número de portalámparas que les corresponda; en el caso de anuncios luminosos basados en lámparas de descarga (tubos) se debe indicar la corriente eléctrica de entrada a plena carga y su tensión eléctrica nominal de entrada. La identificación del anuncio luminoso debe estar visible y permanente después de su instalación.

b) Transformadores. Para su identificación, los transformadores deben indicar en forma visible y permanente los datos de entrada en amperes o volts-amperes, la tensión eléctrica nominal de entrada, y la de salida en circuito abierto.

600-8. Envolturas. Las partes vivas que no sean lámparas ni tubos de neón deben estar encerradas.

a) Resistencia estructural. Las envolturas deben tener una apropiada resistencia estructural y rigidez.

b) Material. Los anuncios deben estar contruidos de metal o de un material aprobado.

c) Protección del metal. Las partes metálicas del equipo deben estar protegidas contra la corrosión.

600-11. Anuncios luminosos portátiles exteriores. El alambrado de un anuncio luminoso portátil o móvil exterior, debe estar accesible fácilmente y tener un interruptor de circuito por falla a tierra para protección del personal. Dicho interruptor debe localizarse en el cordón de la fuente de alimentación a una distancia no mayor que 30 cm del receptáculo alimentador. Los soportes de los conductores de corriente eléctrica especificados en esta Sección deben considerarse como parte integral del anuncio.

B. Anuncios luminosos y alumbrado de realce de 1 000 V o menos

600-21. Instalación de conductores

a) Método de alambrado. Los conductores deben instalarse en tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado, no metálico tipo pesado, metálico flexible, metálico flexible hermético a los líquidos, no metálico flexible hermético a los líquidos, cable con envoltura metálica, cable tipo AC, ductos metálicos, cables con envoltura metálica o aislamiento mineral, y postes metálicos que cumplan con los requisitos indicados en 410-15(b).

b) Aislamiento y tamaño nominal. Los conductores deben ser de un tipo aprobado para uso general y deben ser de tamaño nominal no menor que 2,08 mm² (14 AWG).

Excepción 1: Los conductores pueden ser de un tamaño nominal no menor que 0,824 mm² (18 AWG) del tipo especificado en la Tabla 402-3, para los casos indicados a continuación:

- a) Anuncios luminosos portátiles.
- b) Las terminales cortas permanentemente unidas a portalámparas o balastos para lámparas de descarga.
- c) Las terminales alambradas en canales, que estén permanentemente unidas a portalámparas de lámparas de descarga o balastos de descarga eléctrica y que no tengan una longitud mayor que 2,4 m.
- d) En los anuncios luminosos con varias lámparas incandescentes múltiples, que necesitan un conductor para un control a una o más lámparas y cuya carga total no sea mayor que 250 W, si forman parte de un cable dos o más conductores.

Excepción: Se permite el uso de conductores de tamaño nominal no menor que 0,519 mm² (20 AWG) como terminales cortas permanentemente unidas a motores síncronos.

e) Expuestos a la intemperie. Los conductores en canalizaciones, cables blindados o envoltentes expuestas a la intemperie, deben ser del tipo con cubierta de plomo u otro tipo especial aprobado para estas condiciones.

Excepción: Esto no se aplica cuando las canalizaciones de tubo (conduit) metálico tipo pesado, semipesado o ligero, no metálico tipo pesado, o las envoltentes, son herméticas a la lluvia e instalados de forma que drenen.

NOM-001-SEDE-2005 ARTICULO 930-ALUMBRADO PÚBLICO

A. Disposiciones generales

930-1. Objetivo y campo de aplicación. El objetivo de este Artículo es establecer las disposiciones para proporcionar una visión rápida, precisa y confortable durante las horas de la noche en vialidades y zonas públicas. Estas cualidades de visión pueden salvaguardar la seguridad de las personas y sus bienes, facilitando y fomentando el tráfico vehicular y peatonal.

NOTA: El cumplimiento de este Artículo no exime ninguna responsabilidad en cuanto a la observancia de lo dispuesto en otras Normas Oficiales Mexicanas.

930-2. Definiciones

Alumbrado Público. 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.

Coefficiente 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 lumens 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.

Iluminancia ($E=d\Phi/dA$). Es la relación del flujo luminoso incidente en una superficie por unidad de área, la unidad de medida es el lux (lx).

Luminancia (L). 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).

930-3. Clasificación del alumbrado público. 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

2) Abiertos.

3) Cerrados.

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.

2.6 NOU-DEL

Esta norma fue desarrollada en la UNAM con intervención de Proyectos de Ahorro de Energía (PAE) para las instalaciones universitarias. Y en el capítulo dos se refieren a alumbrado

Capítulo 2 de normatividad de obras Alumbrado

2.6.1 Iluminación

La densidad de potencia debe cumplir con lo establecido por la NOM-007.ENER-1995. Para los casos no previstos en la mencionada norma los criterios se establecerán de común acuerdo con la DGOSG.

2.6.2 Niveles de iluminación

Los niveles de iluminación para alumbrado interior indicados en la siguiente tabla, debe servir de base para el diseño de la iluminación de los inmuebles que construye la UNAM, los cuales están basados en el SMI, la IES, y la experiencia propia de la UNAM.

La variación permitida de estos valores es de un $\pm 10\%$.

Local	Nivel en luxes
Aulas.	400
Oficinas.	600
Bibliotecas (sala de lectura).	500
Laboratorios.	500
Salas de juntas.	250
Salas de computo.	250
Salas de dibujo	600
Salas de espera.	200
Baños.	150
Pasillos interiores.	150
Pasillos exteriores.	150
Cubículos.	250
Escaleras interiores.	100
Pasos a cubierto.	60

Tabla 2.6.1 niveles para alumbrado interior en la unam.

Nota: Para los diferentes tipos de aulas, oficinas y salas de dibujo, se tomará como referencia lo indicado en la tabla anterior y se complementará con la información existente en la DP de la DGOSG-UNAM, El nivel mínimo de iluminación debe ser 60 luxes.

Estos niveles de iluminación se deben lograr con, factores de reflexión mínimos de:

Plafones o techumbres 80%

Pared arriba del plano de instalación 40%

Pared región intermedia del cuarto 50%
Pared abajo del plano de trabajo 10%
Puertas 40%
Ventanas 10%
Piso 22%

Se recomienda utilizar colores claros en los acabados.

2.6.3 Materiales

2.6.3.1 Selección de las unidades de iluminación

Deberá hacerse, tomando en consideración los criterios técnicos y económicos más adecuados para dar solución a los problemas de iluminación planteados en el proyecto arquitectónico (tipo de luminaria, su eficacia luminosa, aspecto ornamental, características de instalación y montaje, costo inicial, costo de mantenimiento y consumo de energía eléctrica, en servicio normal y/o de emergencia), a continuación se establecen los principales criterios técnicos:

a. En alumbrado de interiores y para alturas hasta de cuatro metros utilizar alumbrado fluorescente. Las luminarias deben de tener las siguientes características:

- Lámparas tipo T 8, encendido rápido de 32 W con temperatura de color de 4100° k.
- Balastro tipo electrónico, con factor de potencia superior a 0.9, nivel de ruido A, factor de balastro mayor a 0.85, THD máx. de 20%.
- Bases del tipo by pin (quedan prohibidas las bases de media vuelta).
- Reflectores con una reflectancia mínima del 85%.
- Difusores de acrílico, eficiencia mínima del 65%, con prismas de forma piramidal con una densidad de 25 a 64 por pulgada cuadrada y de 3 mm. de espesor.

b. Para el caso específico de las salas de cómputo utilizar difusores del tipo louver parabólico.

c. En recintos con alturas mayores de cuatro metros, utilizar lámparas de aditivos metálicos para el alumbrado interior o cualquier otro de alta intensidad de descarga dependiendo de la actividad que se realice y de la iluminación requerida. Para este caso se debe prever e indicar el procedimiento de mantenimiento de los mismos.

d. La utilización de iluminación incandescente o fluorescente compacto queda restringida; solamente se instalarán en áreas muy especiales y con la autorización previa de la DGOC.

e. Para iluminación de exteriores utilizar lámparas de sodio de alta presión de 250 W o cualquiera otra de mayor eficiencia.

f. Para casos especiales, monumentos históricos, fachadas, esculturas, etc., consultar a la DGOC.

2.6.4 Controles

2.6.4.1 Hacer un seccionamiento adecuado para apagadores de acuerdo con los siguientes criterios:

- a. En aulas un máximo de tres luminarias por apagador.
- b. En oficinas privadas y cubículos un máximo de dos luminarias por apagador.
- c. En oficinas y áreas generales un máximo de dos luminarias por apagador.
- d. En baños un máximo de dos luminarias por apagador.
- e. En pasillos un máximo de cinco luminarias por apagador. En estos casos las luminarias deben de ser controladas de una manera terciada.
- f. En laboratorios de investigación un máximo de cuatro luminarias por apagador.
- g. En general cada espacio limitado por paredes ó cubierto por techo, se requiere que tenga un control y en adición un punto de control por cada zona ó grupo de trabajo dentro de un área de 40 m² ó menos.

2.6.4.2 Las unidades de iluminación que dan servicio, a sanitarios privados, cuartos de aseo, privados, y en general a los locales que no tengan libre acceso al público, deben controlarse con apagadores individuales, cuidando que este tipo de unidades no estén conectadas a los circuitos de las áreas abiertas.

2.6.4.3 El seccionamiento de los apagadores se debe realizar dando la flexibilidad de poder apagar luminarias cercanas a las entradas de luz natural.

2.6.4.4 En los casos que se requiera de iluminación localizada, ésta debe de tener su apagador por separado.

2.6.4.5 Todos los controles de iluminación deben estar en lugares accesibles para el personal que ocupa o hace uso del recinto.

2.6.4.6 Aún cuando la limitación de carga fijada permita controlar desde un mismo interruptor un número muy amplio de unidades, se deben proyectar los controles de manera que la iluminación satisfaga eficientemente sus funciones en las mejores condiciones económicas de consumo de energía, lo que significa que no se tengan unidades trabajando inútilmente por iluminar determinada área.

2.6.4.7 Los controles de luces exteriores no deben de controlar ninguna luminaria interior y se le debe de dar la flexibilidad de encendido alternado.

2.6.4.8 Todo el alumbrado exterior de vialidades y andadores debe de contar con una fotocelda por luminaria.

2.6.4.9 Para el alumbrado exterior desde azoteas, el control debe ser a base de contactores magnéticos y fotoceldas.

2.6.4.10 Para asegurar que la iluminación exterior no se quede encendida las 24 horas del día, debe de contar con controles automáticos de fotoceldas. En algunos casos se deben de combinar con temporizadores para apagar parcialmente durante las horas de no uso del edificio, dejando solamente las necesarias por seguridad. Los controles de tiempo deberán contar con sistemas de alimentación de respaldo para que no varíen su programación.

3. Tecnologías en iluminación

Para el ser humano es muy importante que en todas las actividades que realiza tenga un nivel de iluminación adecuada. Desde nuestros antepasados el hecho de no poder ver de noche, los obligó a descubrir maneras de alumbrar sus actividades en la noche para su protección, y posterior mente para su confort. A lo largo de la historia estos medios de iluminación artificial han ido evolucionando al igual que la forma de vida del hombre.

Con el paso del tiempo las necesidades de trabajo y de socializar del hombre fueron cambiando, y con este cambio también las tecnologías evolucionaron para adaptarse a estas necesidades. En un principio la iluminación artificial constaba de la inventaron de antorchas para la iluminación de la noche y se reunían alrededor de fogatas para protegerse del frío y de los animales salvajes. Después cuando la sociedad avanzó la iluminación artificial era necesaria para poder realizar sus actividades en las noches, velas y lámparas de gas se usaron por mucho tiempo para acceder a lugares oscuros y amenizar las reuniones de los hombres y mujeres en las nuevas viviendas urbanas, además brindar seguridad en los caminos oscuros de las nuevas ciudades.

Con la llegada de la electricidad y del nuevo invento de Thomas Alva Edison, la lámpara incandescente, se dio un gran salto en la forma en la que las personas se iluminaban. Con ello la iluminación artificial se empezó a utilizar en casi todas las actividades diarias sin embargo en ese momento no se pensaba en las consecuencias directas que producía la iluminación eléctrica en nuestros consumos energéticos.

Con el tiempo también se comprobó que los niveles de luz que producíamos con las tecnologías de iluminación artificial variaban y que estas podían lastimar la vista de los trabajadores, y se empezó a notar que diferentes tipos de trabajo necesitaban una intensidad luminosa diferente; Estas necesidades de diferentes niveles de iluminación nos la dan las normas que se mencionaron en el capítulo 2 de este libro.

Ya en fechas reciente empezó a surgir una fuerte preocupación por nuestros recursos energéticos, y la forma en la que se aprovecha mejor la electricidad, esto conllevó al surgimiento de nuevas tecnologías aplicables a las fuentes de iluminación artificial, y nos dio una gran variedad de tipos de lámparas que pueden ser usadas en diferentes partes. A continuación se dará un breve resumen de los funcionamientos, sus características, físicas y eléctricas, de estas tecnologías.

Para un mejor entendimiento del análisis de las fuentes luminosas explicaremos algunas de las principales características de las fuentes lumínicas que nos interesa investigar de las lámparas, esto con el fin de poder compararlas con sus rendimientos en diferentes conceptos de iluminación. Las definiciones de estas características son una recopilación de lo dicho tanto en las normas como en los catálogos de los fabricantes de lámparas (catálogos de OSRAM, PHILIPS, Y GE LIGHTING)

Los siguientes conceptos fueron sacados tanto de la norma **NOM-007 ENER 2004** como en los catálogos PHILIPS, OSRAM, GE LIGHTING

Eficacia

Las lámparas tienen capacidades para convertir la electricidad en luz visible. La calidad de la luz emitida (medida en lúmenes) es dividida entre la potencia (watts) utilizada para determinar la eficacia de las lámparas. Esta medida se expresa en lúmenes por watt o LPW y es una medida de eficiencia energética.

Índice de Rendimiento de Color (IRC)

Los colores de los objetos lucen diferentes bajo diferentes tipos de luz. El índice de rendimiento de color (IRC), en escala de 0 a 100, es una medida de la capacidad de la lámpara para hacer que los colores luzcan naturales. Generalmente, entre mayor sea el IRC, mejor lucirán los colores de los objetos. Una lámpara incandescente y la luz en el día tienen un IRC de 100.

Temperatura de Color

Las fuentes de luz pueden crear atmósferas cálidas o frías en su apariencia. La temperatura de color, expresada en grados Kelvin (K), es una forma de describir esta tonalidad. Entre mayor sea la temperatura de color, la luz será fría o azulosa en su apariencia, y entre más baja sea la luz será más cálida o en tonalidades rojizas.

Estos son los conceptos básicos de comparación entre luminarias que utilizaremos, ahora cuando se analice el rendimiento y la temperatura de color del alumbrado instalado y se compare con las tecnologías existentes en el mercado sabremos a que nos referimos.

3.1 Lámparas incandescentes

También llamadas lámparas de tungsteno, como ya se mencionó anteriormente este invento generalmente atribuido a Tomas Alva Edison; sin embargo esto fue un logro en conjunto de varias personas; El filamento de carbón que Edison utilizó en su sistema de iluminación con bulbo funcionaba bien con 110 voltios, un voltaje que Edison consideraba económico y seguro para la distribución de la electricidad. Tras muchos experimentos Edison se decidió por usar uno con bambú quemado. El empleo de este material y el uso de una bomba de vacío mejorada para extraer más aire fuera de los bulbos, dio a sus lámparas una vida útil de aproximadamente 1200 horas.

Después ese hilo fue sustituido por el filamento de tungsteno que se usa actualmente, el funcionamiento de estas lámparas se basa en el efecto Joule, que nos dice que si por un conducto pasa una corriente eléctrica, el flujo de los electrones fluyendo por el material causa un aumento de temperatura sobre dicho conducto. En el filamento, al ser muy delgado, la temperatura aumenta rápido, esto se debe a que los electrones tienen menos espacio para moverse, este filamento está envasado con gases inertes protegidos por un bulbo, esto

para evitar la oxidación y evitar un flameo provocado por el oxígeno. Cuando el filamento alcanza la temperatura de 2500 °C el filamento se calienta a una temperatura tan alta que los electrones que fluyen por el filamento comienzan a emitir fotones de luz blanca visible.

Estas lámparas son de uso cotidiano pero tiene muchas desventajas, en comparación de las ventajas que nos brindan. Y con el tiempo su uso se ha visto disminuido tanto en industrias como en instalaciones residenciales y comerciales; entre sus características generales que poseen estas lámparas tienen: su vida útil que es relativamente corta, en general todos los tipos de incandescentes poseen una duración promedio de 1000 horas, y pueden llegar a alcanzar hasta 2000 horas. Una de sus mayores ventajas sobre las demás tecnologías es su alta temperatura de color, se distinguen porque emiten una luz agradable y cálida, esto se refleja en una temperatura de color promedio de 2700 K. Además estas lámparas poseen un índice de color muy elevado, todas las clases de estas lámparas poseen un IRC de 100 por lo que son muy usadas en la iluminación de realce,

Sus desventajas son varias entre ellas mencionaremos los más importantes, la más notoria es el incremento de la temperatura en el ambiente, como ya se mencionó la incandescencia necesita que el filamento alcance temperaturas altas y esto calienta a la bombilla y esta calienta el ambiente. Esto también provoca una baja eficiencia lumínica, la cual oscila de 8 a 20 lm/W, esta eficiencia reducida hace necesario instalar una mayor cantidad de luminarias, por lo consiguiente aporte de calor en los locales y casas. Y existe también un decremento de la intensidad lumínica con respecto a la vida de uso de la lámpara ya que en las paredes internas del casquillo se almacenan pedazos del filamento, que se producen cuando el filamento se evapora por las altas temperaturas.

Estos tipos de lámparas pueden usarse aun en muchas aplicaciones; al ser baratas y sencillas de colocar con su rosca Edison estándar E-27, se usa mucho en casas, además tienen la ventaja de poder apagarse y prenderse en cortos espacios de tiempo por lo que se siguen usando en baños y pasillos especialmente con dispositivos de control de presencia. Además al tener un IRC alto son perfectas para iluminación de realce como son mostradores, y centros comerciales donde es necesario mostrar más los colores de las cosas.

3.2 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes se encuentran entre las llamadas lámparas de descarga eléctrica; que se definen porque la luz se produce por la fluorescencia del fósforo excitado por la energía de los rayos ultravioleta, energía que proviene del choque de la descarga de electrones en el gas. El tubo de descarga es fabricado de vidrio (la forma y longitudes varían los modelos), la longitud de los tubos depende de la potencia en watts que consume la lámpara. El diámetro de se ha estandarizado en una pulgada.

La sustancia floreciente se encuentra adherida y recubre la parte interna del tubo, para que exista el cambio de luz ultravioleta a luz visible se utiliza como gas inerte, generalmente Argón y una pequeña cantidad de mercurio líquido, con este gas se facilita el surgimiento de un arco eléctrico entre los electrodos de la lámpara; esto permite que la lámpara encienda y mantenga un flujo constante de la intensidad del flujo de electrones en el tubo.

Para un mejor funcionamiento de estas lámparas se utilizan casquillos, que son unos pines con un filamento de tungsteno, cuya función es calentar el gas para facilitar el encendido de la misma.

Este tipo de lámparas también necesitan de un dispositivo llamado balasto, su función es general el arco magnético que requiere el tubo durante el encendido, los tipos de balastos eléctricos depende de la forma en que enciende la lámpara esta puede ser: por precalentamiento, rápido, instantáneo o eléctrico, este último es el más usado actualmente.

Las lámparas fluorescentes ofrecen una variada gama de temperaturas de color que van desde los 2600 a los 6200 K. Su alto rendimiento permite tener, en interiores, elevados niveles de iluminación con potencias relativamente bajas. Vida útil: 7500 hs. promedio, considerando períodos de encendido de 8 horas. A medida que se acortan estos períodos, la vida útil del tubo disminuye.

Presentan una eficacia luminosa: 55 a 75 lm/W (aproximadamente 4 veces mayor que una lámpara incandescente de igual potencia). Con lo que respecta a la reproducción cromática: existen diferentes índices pues se fabrican lámparas para variadas aplicaciones, desde Ra = 65 en tubos estándar hasta Ra = 95 en tubos trifósforos (con tres capas superpuestas de material fluorescente).

Aplicaciones: en todo aquel lugar donde se precise iluminación eficiente, tales como: oficinas, escuelas, depósitos, industrias, comercios.

3.3 Fluorescentes compactas

Este tipo de lámparas son más compactas y su principal ventaja es que se pueden conectar directamente a la instalación, ya que en la base tienen incorporado el equipo auxiliar y poseen un casquillo E-27. Brindan la posibilidad de elegir diferentes temperaturas de color, pudiendo optar por lámparas "frías" con tono azulado o "cálidas" semejante a las lámparas incandescentes. Su temperatura de color varía de 2700 hasta 5700 °K

Tienen una vida útil entre 5.000 y 12.000 hs, en promedio. Si comparamos su eficiencia lumínica con las lámparas incandescentes, las fluorescentes compactas proporcionan un ahorro del 75% de energía. La eficacia varía entre 60 y 80 lm/W. Reproducción cromática: Ra= 80 por lo que puede ser usada para reemplazar directamente las incandescentes. Excepto en lugares donde su tiempo de apagado y encendido sea muy corto.

3.4 Lámparas halógenas

Esta tecnología básicamente es una nueva adaptación de la primitiva utilizada en la lámpara incandescentes, simple mente algunos ingenieros viendo el poco desempeño de las lámparas incandescentes intentaron mejorar su eficiencia y aumentar la vida útil, la idea primaria fue la de aumentar la temperatura del filamento de tungsteno, después de intentar con diferentes materiales sin ningún éxito deciden cambiar el gas inerte por un elemento halógeno como el yodo, también cambiaron las paredes de vidrio, ya que este no podía soportar el incremento de la temperatura, y lo sustituyeron por cristal de cuarzo.

Esto permitió reducir el tamaño de las bombillas, pero incrementa la temperatura del cristal de cuarzo, además se ha demostrado que esta tecnología emana luz ultravioleta, lo cual la hace ineficaz para lámparas de mesa ya que provoca una degeneración del ojo humano.

Entre las características más rescatables para su recomendación son: su temperatura de colores similar a la de una lámpara incandescente normal, alrededor de 2700 y los 3000 K, lo que le da buen realce a las cosas, y un color blanco a su luz, a diferencia de las incandescentes normales estas mantienen un flujo luminoso constante durante toda la vida de la lámpara, su larga duración la hace más rentable que las incandescentes, en general estas lámparas pueden durar un promedio de 3000 horas. En general su eficacia es buena, mantiene un nivel adecuado de lumen con una potencia menor, su eficiencia en promedio se mantiene en 20 lm/W

Esta tecnología reemplaza a las viejas lámparas incandescentes, se usan en comercios, museos y todo aquel lugar que necesite de iluminación cálida, blanca y de mucha brillantez, pero no se debe usar en lugares de trabajo, como escuelas o talleres, por su radiación ultravioleta.

3.5 Lámparas vapor de sodio

Esta tecnología de lámparas se encuentra entre las llamadas de descarga, existen tanto en baja presión como en alta. En este proyecto se verá solamente las de alta presión de descarga, al igual que las lámparas fluorescentes estas se componen de una ampollita hecha de cristal y dentro tiene un tubo de descarga a alta presión. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Esta lámpara no necesita electrodos de arranque, por lo mencionado anteriormente, además de poseer periodos de tiempo muy cortos de calentamiento y recalentamiento.

Su temperatura de color es muy alta, todas las lámparas vistas superaban los 3000 °K, esto indica que nos brindan una luz normal y fría. La presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga. En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas. El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve.

Sin embargo la característica más notable es su vida útil, este tipo de lámparas nos dan como mínimo una vida útil de 12000 hrs hasta 20000. Sin embargo su índice de rendimiento de color no es de todo agradable teniendo en promedio un IRC de 80, lo que significa que no reproduce los colores exactos de las cosas que ilumina y estos pueden verse opacos. Por último podemos decir que la eficacia es de las mejores entre las vistas aquí ya que esta, en promedio, es de 108 lm/W, esto contrarresta su bajo índice de rendimiento de color y es gracias a la eficacia que es muy usada

Su uso se destina principalmente al alumbrado de grandes avenidas, autopistas, calles, parques y donde la reproducción de los colores no sea un factor importante. También son usadas de forma casera en el cultivo de plantas en el interior.

3.6 Lámparas de aditivos metálicos

Su funcionamiento es similar a la de vapor de sodio, simplemente se le agregan algunos elementos extra en el conjunto del tubo de descarga; la luz se genera por el arco eléctrico que pasa entre la mezcla de gases, en estas lámparas de aditivos metálicos el tubo contiene una mezcla de Argón, mercurio y una variedad de aluros metálicos, estos aluros afectan la naturaleza de la luz producida, pudiendo lograr diferentes tipos de temperaturas de color y tonos de iluminación diferentes a las de vapor de sodio. Otro elemento que cambia es el bulbo, o cristal que envuelve el tubo de descarga, atrapa los rayos ultravioleta que afecta a la salud de las personas.

Los mayores beneficios de este cambio, son un incremento en la eficacia de 60 a 100 lúmenes por watt y una mejora en el rendimiento de color al grado que esta fuente es adecuada para áreas comerciales.

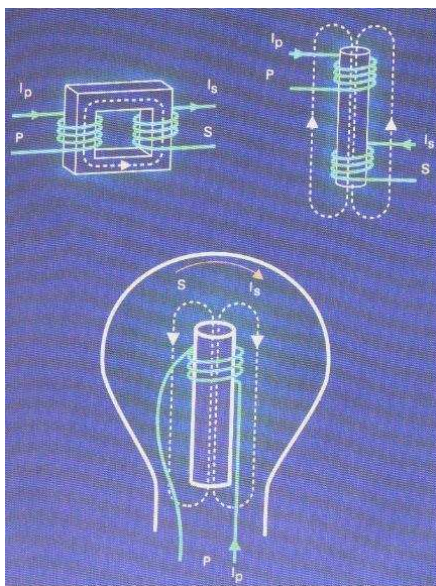
Una desventaja de la lámpara de aditivos metálicos es una vida más corta (7,500 a 20,000 horas) comparada con las lámparas de mercurio y de sodio de alta presión. El tiempo de arranque de la lámpara de aditivos metálicos es aproximadamente la misma que para lámparas de mercurio. Sin embargo, el reinicio, después que una reducción del voltaje ha extinguido la lámpara, puede tomar bastante más tiempo, de cuatro hasta doce minutos dependiendo del tiempo que la lámpara requiera para enfriarse.

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.

3.7 Lámparas de inducción

Las lámparas de inducción usan una bobina de inducción sin filamentos y una antena acopladora, la cual consiste en tecnología de aplicar una descarga de frecuencia para proveer soluciones de iluminación.

El centro de la lámpara es la bobina de inducción a la cual le provee potencia un generador de alta frecuencia. El ensamble de vidrio circundante contiene un material electrón-ion plasma y esta relleno con un gas inerte. La porción interior del vidrio esta recubierta con un recubrimiento de fósforo el cual es similar al que se encuentra en las lámparas fluorescentes. La antena transmite la energía generada por el primario de la bobina de un sistema de inducción al gas que se encuentra dentro de la lámpara, por lo cual se crea una radiación ultravioleta, la cual es luego transformada a fuentes visibles de luz por medio del recubrimiento de fósforo en la superficie de vidrio.



Esta tecnología nos presenta la ventaja de su vida útil, 100,000 hrs. de vida útil (contra 15-20,000 del haluro metálico), su tiempo de encendido se ve reducido en comparación de otras tecnologías, el tiempo de reencendido es instantáneo (no necesita calentarse para prender después de 15- 20 minutos como el haluro metálico) además de no necesitar mantenimiento ni cambios de foco ni balasto.

No tienen pérdidas de energía. (el haluro metálico además de consumir una cierta cantidad de Watts para la iluminación tiene una pérdida extra de energía del 16% por causa del balastro .

El índice de rendimiento de color es mejor con esta tecnología (>85) en comparación con el rendimiento del haluro metálico lo que hace que los colores se vean más vivos lo que la hace mejor en cuestiones de seguridad industrial. Y al no utilizar gases a presión ni tóxicos como el haluro metálico la hace mas segura

Posee protección contra variaciones de voltaje que evita cualquier daño a luminarias. A diferencia del haluro metálico que por esta causa puede dañarse fácilmente. Mejor intensidad de la luz o mejor nivel de luxes que el haluro metálico.

4. Tecnologías más comunes encontradas en las dependencias actualmente

En base a los levantamientos realizados en los últimos años por Proyectos de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería dentro de las dependencias UNAM, es posible establecer el tipo de tecnologías de iluminación que se encuentran actualmente instaladas.

En la siguiente tabla se muestran las tecnologías de iluminación más comunes instaladas en dependencias de la UNAM.

Se me permitió tener acceso a barrios de estos levantamientos eléctricos que mis compañeros de proyectos de energía han realizado para poder dar un análisis de las lámparas que se utilizan hasta la fecha en varios sitios de la UNAM. Primero veremos el caso de las facultades. Y nos centraremos en los levantamientos de la facultad de química y la facultad de ciencias políticas además de algunas dependencias y la biblioteca central

En la facultad de Ciencias políticas tenemos un levantamiento completo de dos edificios, con ayuda de los planos de autocad que se llenaron con toda la información eléctrica. Se realiza una tabla que contiene los tipos de tecnologías utilizadas y en qué frecuencia se ocupan en estos edificios

Facultad de Ciencias Políticas					
Área	Tubo T12 2x75W	Tubo T12 2x39W	Tubo T8 2x32W	Reflector de vapor de sodio 250 W	Reflector de vapor de mercurio 400W
Edificio A planta Baja	48	41	0	0	0
Edificio A primer nivel	64	10	11	0	0
Edificio A segundo nivel	62	12	11	0	0
Edificio A tercer nivel	62	12	11	0	0
Edificio A azotea	0	0	0	8	1
Edificio B planta baja	52	15	0	0	0
Edificio B nivel 1	47	23	0	0	0
Edificio B nivel 2	19	22	56	0	0
Edificio B nivel 3	2	15	99	0	0
Edificio B azotea	0	0	0	9	0

Tabla 4.1 conteo de lámparas en la facultad de ciencias políticas

Recordemos que estamos hablando de una facultad, en donde se realizan muchas actividades diferentes, por lo que probablemente la mejor opción de iluminación sean los tubos fluorescentes, lo cual está bien empleado según nuestra tabla anterior, sin embargo las lámparas T12 generan demasiadas

perdidas de potencia. Otra falla en la aplicación de las tecnologías es el uso de los reflectores de vapor de mercurio, su vida útil puede ser elevada pero no justifica su bajo rendimiento de color y su tonalidad amarilla deprecia también la temperatura de color que proporcionan las lámparas. Ahora veamos una tabla donde se calcule el gasto energético en watts de estos edificios

Tipo de lámpara	Cantidad	kW	Porcentaje
LF 2X75W,T12	356	66.75	67.65%
LF 2X39W,T12	150	14.625	14.82
LF 2x32W,T8	188	12.633	12.81
Reflector vapor de sodio 250W	17	4.25	4.31
Reflector vapor de mercurio 400W	1	0.4	0.41
Total		98.658	100%

Tabla 4.2 gasto energético por lámpara en la facultad de ciencias políticas

Con este análisis se comprueba cómo se malgasta la energía eléctrica proveniente de las lámparas, vemos como se sobre explota las lámparas 2x75W, ocupando estas un 67% de la cantidad de carga destinada para iluminación. Este tipo de lámparas utilizan un balastro eléctrico el cual es ineficaz y aumenta la potencia eléctrica en 1.25 de la potencia nominal de la lámpara. La que le sigue en uso es una lámpara que utiliza un balastro mas eficaz, las lámparas T8 utilizan un balastro electromagnético que reduce el incremento de potencia en 1.05 por la potencia de la lámpara.

Además de este tipo de lámparas tenemos el mal uso de las ineficaces lámparas de vapor de sodio y de vapor de mercurio y de vapor de sodio que dan bajos niveles de eficacia lumínica ya que su potencia es muy alta. Sin mencionar que su temperatura de color es cálida y su índice de rendimiento de color es bajo por lo que no se pueden percibir algunos colores y son ineficaces.

Ahora veamos otro ejemplo visto en otra facultad, esta es la facultad de química, una de las facultades más viejas y por tanto una de las que tienen más problemas en su desperdicio de potencia lumínica. Para esta facultad ya se había hecho un análisis completo de la cantidad de energía utilizada para alumbrado, tanto interior como exterior; cabe aclarar que este estudio se convirtió en la base de los demás análisis de dependencias similares que se presentaran en esta tesis

Lámparas Actuales			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
LF 2x39W, T12	1619	157.85	76.17%
LF 1x39W, T12	18	0.88	0.42%
LF 2X75W, T12	64	12.00	5.79%
LF 1X75W, T12	171	16.03	7.74%
LF 3X17W, T8	150	8.03	3.88%
LFC 26W	131	3.58	1.73%
INCADESCENTE 100W	5	0.50	0.24%
LF 2X17W, T8	43	1.54	0.74%
SPOT 150	29	4.35	2.10%
LFC 13W	13	0.18	0.09%
LF 2X32W, T8	33	2.22	1.07%
LF 2X39W, U, T12	1	0.10	0.05%
Total		207.25	100.00%

Tabla 4.3 conteo de lámparas y sus potencias en la facultad de química

Ahora se ve como se incrementan los problemas y el mal planteamiento de los sistemas de iluminación, y su repercusión en la carga conectada en los edificios. En este edificio la carga más utilizada es también una lampata tubo T12 el cual como ya mencione incrementa su potencia por el balastro, en este edificio se utiliza con frecuencia estos tubos fluorescentes además de que aun cuenta con lámparas incandescentes que ya están muy anticuadas. Podemos ver que la carga total de estas lámparas es de 207 kW el cual es una cifra muy alta pensando en un edificio de 3 niveles, y sin contar el alumbrado exterior. Esto es algo que nos debería preocupar para remodelaciones futuras.

Ahora veremos una dependencia, empezaremos con el instituto de ciencias nucleares el cual es uno de los edificios más recientes de la universidad, por lo que es perfecto para ejemplificar los conceptos erróneos que se tienen en la inversión de tecnologías de iluminación en la universidad, continuaremos como se ha hecho realizando un conteo general de los tipos de lámparas y sus usos en este edificio.

Tubo de alumbrado	Planta baja	Primer nivel	Segundo nivel	Tercer nivel
Tubo fluorescente 2x32W	46	20	56	24
Tubo fluorescente 1x32	29	62	0	30
Tubo fluorescente 1x60	0	22	0	0
Tubo fluorescente 2x20	6	4	4	4
Tubo fluorescente 2x75	0	0	5	0
Fluorescente compacta 26W	3	5	20	20
Fluorescente compacta 20W	0	0	10	14
Fluorescente compacta 13W	32	49	28	12
Incandescente 150W	0	0	22	0
Incandescente 75W	0	0	0	2
Vapor de sodio 250W	11	0	0	0
Aditivos metálicos 150W	0	0	0	6

Tabla 4.4 conteo de lámparas en ciencias nucleares

Como vemos bien en esta recopilación de los datos del edificio de ciencias nucleares podemos ver que el uso de las llamadas lámparas ahorradoras, las Fluorescentes compactas, son muy bien usados, ya que nos dan los niveles de iluminación necesaria para las oficinas o pasillos. Sin embargo aún usan las ineficaces lámparas incandescentes, el uso de tubos fluorescentes está bien empleado al ser oficinas y áreas de investigación y como vemos usan potencias bajas en sus tubos. Lo que está mal empleado es el uso de lámparas de vapor de sodio para el alumbrado exterior, este tipo de lámparas dan un color de temperatura muy fría y un índice de color bajo por lo que la luz que nos presentan es amarilla y no es muy eficaz. En comparación las lámparas de aditivos metálicos están bien empleadas, son más cálidas e índice de rendimiento de color alrededor de 90, aunque hay tecnologías con mayor eficacia que esta.

Ahora revisaremos el consumo individual por tecnología aplicada para iluminación y una evaluación del consumo general por edificio.

Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
Tubo fluorescente 2x32W	146	9.052	34.37%
Tubo fluorescente 1x32	121	3.751	14.24%
Tubo fluorescente 1x60	22	1.298	4.93%
Tubo fluorescente 2x20	18	0.9	3.42%
Tubo fluorescente 2x75	5	0.937	3.56%
Fluorescente compacta 26W	48	1.248	4.74%
Fluorescente compacta 20W	24	0.48	1.82%
Fluorescente compacta 13W	121	1.573	5.97%
Incandescente 150W	22	3.3	12.56%
Incandescente 75W	2	0.15	0.57%
Vapor de sodio 250W	11	2.75	10.44%
Aditivos metálicos 150W	6	0.9	3.42%
Total		26.339	100%

Tabla 4.5 potencia de lámparas por tecnología en ciencias nucleares

En este instituto se ven los mismos problemas que en las facultades antes estudiadas, sin embargo vemos que con una gran variedad de tecnologías de iluminación redujo mucho la potencia final de los edificios llegando a 26 kW, vemos que al usar mas las lámparas tipo 2x32 la potencia general baja

Ahora seguiremos con otra dependencia, el instituto de ecología, en este levantamiento que nos fue proporcionada por proyectos de ahorro de energía consto de 2 edificios, cada uno con tres niveles y se prosiguió, como ya se ha hecho anteriormente, con el cotejo de las tecnologías de iluminación que se utilizan en estos, y la manera en que estas tecnologías se utiliza,

	Planta baja A	Primer nivel A	Segundo nivel A	Planta baja B	Primer nivel B	Segundo nivel B
Tubo 2x75W	7	18	9	6	7	21
Tubo 2x40W	81	60	78	84	91	64
Tubo 4x20W	0	0	0	0	0	4
Tubo 4x40W	0	0	0	2	0	0
FLC 13W	0	12	6	1	0	0
Incandescente 75W	2	5	2	11	5	2
Aditivos metálicos 250W	0	0	7	0	0	4

Tabla 4.6 conteo de lámparas en el instituto de ecología

Como vemos en la tabla 4.6 vemos una gran cantidad de lámparas incandescentes que deben ser sustituidas inmediatamente. Se ve igualmente, mal hecho, el uso de las lámparas de vapor de sodio para el alumbrado exterior, y por desgracia el uso de lámparas fluorescentes compactas es muy pobre. Para fines de esta tesis, este es el claro ejemplo de lo que no se tiene que hacer en una instalación eléctrica si lo que queremos es bajar nuestro consumo de watts que son utilizados por alumbrado. Lo que provoca esto es un exceso de potencia desperdiciada que puede verse en la carga total gastada.

Lámpara	Cantidad	kW	Porcentaje
Tubo 2x75W	68	12.75	19.83%
Tubo 2x40W	458	45.8	71.22%
Tubo 4x20W	4	0.336	0.52%
Tubo 4x40W	2	0.4	0.62%
FLC 13W	19	0.247	0.38%
Incandescente 75W	27	2.025	3.15%
Aditivos metálicos 250W	11	2.75	4.28%
Total		64.308	100%

Tabla 4.7 potencias por lámpara y total en el instituto de ecología

Como se ve en esta relación, el aumento del uso de lámparas incandescente de 75W ocupan el 3.15% de la carga total de iluminación, y las lámparas de aditivos metálicos ocupan el 4.28%; esto es demasiado para el pequeño número de lámparas que se están usando, si estas tecnologías se cambiaran por mas eficientes se reduciría el impacto que tienen en la cantidad de potencia total que se usa para iluminación del edificio.

Al final dejamos una de las instalaciones de la UNAM mas famosas, la biblioteca central, este edificio es muy conocido tanto por estudiantes de nuestras escuelas de licenciatura, bachillerato, maestrías, doctorados, he incluso sirve a gente que no es estudiante de la UNAM. Por ello la iluminación de nuestra biblioteca es sin duda muy importante ya que mucha gente viene a leer aquí y necesitamos niveles de iluminación claros con índices de color lo más cercano al 100. Veamos con que tecnologías se ilumina este edificio; gracias a Proyectos de ahorro de energía se pudo realizar la siguiente tabla

	Tubo 2x75W	Tubo 1x75W	Tubo 2X40W	Tubo 1x40W	Tubo 1x20W	foco de 100W	foco 75W
Entre piso	85	0	49	0	0	9	6
nivel 1	50	0	30	0	2	0	0
nivel 2	27	44	10	0	2	0	0
nivel 3	27	44	10	44	2	0	0
nivel 4	27	44	10	44	2	0	0
nivel 5	26	44	11	44	2	0	0
nivel 6	32	36	10	36	2	0	0
nivel 7	26	44	11	44	2	0	0
nivel 8	67	0	11	0	2	0	0
nivel 9	20	55	9	55	2	0	0
nivel 10	33	33	15	33	5	0	0

Tabla 4.8 conteo de lámparas en la biblioteca central

Vemos que este edificio cuenta con muy pocas lámparas incandescentes, lo cual es recomendable ya que estas lámparas tienen muy poca eficacia. Y se mantiene la iluminación con tubos fluorescentes de baja potencia. Por desgracia en este levantamiento no se pudo ver las lámparas empleadas para alumbrado exterior pero en general la eficacia de las lámparas empleadas, su luminiscencia y su vida útil están bien empleadas. Ahora veamos la cantidad de potencia que utiliza todo el edificio.

Lámpara	Cantidad	KW	Porcentaje
Tubo 2x75	420	78.75	54.11%
Tubo 1x75	344	32.25	22.16%
Tubo 2x40	176	17.6	12.09%
Tubo 1x40	300	15	10.31%
Tubo 1x20	23	0.575	0.40%
Incandescente 100w	9	0.9	0.62%
Incandescente 75w	6	0.45	0.31%
Total		145.525	100%

Tabla 4.9 Potencias individuales por lámparas en la biblioteca central

Podemos ver que, aunque este sea un edificio muy grande, al ser un edificio de más de 10 pisos y un entresuelo de administrativo su potencia eléctrica usada para el alumbrado interior no es muy grande 145.525kW. Es decir aproximadamente 13kW. Por piso; ahora si pensamos que en estos pisos se encuentran muchos libros y muchas personas leyendo, escribiendo y realizando tareas o proyectos necesitamos mucha iluminación.

Lo bueno de usar lámparas fluorescentes es que dan una luz fría. Luz más clara que permite dar un resalte a los colores y al contraste de las cosas además de evitar el cansancio de la vista. Lo cual la hacen idóneas para este caso.

Ahora usando estos levantamientos y algunos otros proyectos de ahorro de energía se dio a la tarea de hacer una relación de las tecnologías utilizadas y los lugares donde se han visto instaladas con mayor frecuencia. Esto con el objetivo de ver que tecnologías nuevas pueden usarse por el área donde se piensan reemplazar y para dar mayor realce a lo anticuado de las que se usan actualmente

Aplicación	Tipo de iluminación	Lugares instalados
Iluminación interior en edificios	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x20 W	aulas, oficinas, pasillos y pasos cubiertos
	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x40 W	
	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x75 W	
	Lámpara fluorescentes lineal T12 1x75 W	
	Lámpara fluorescentes lineal T12 1x40 W	
	Lámpara fluorescentes lineal T12 1x20 W	
	Lámpara fluorescentes lineal T12 4x40 W	
	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x20 W	
	Lámpara fluorescente compacta 13 W	oficinas, pasillos y áreas de servicio
	Lámpara fluorescente compacta 20 W	
	Lámpara fluorescente compacta 26 W	
	Foco incandescente 75 W	cuartos de aseo y baños
	Foco incandescente 100 W	auditorios, cuartos de aseo,
	Spot 75 W	Áreas de exposición, auditorios y centros culturales
	Spot 100 W	
	Spot 150 W	
Par 30 75W		
Par 38 90 W		
Halógena dicroica 30 W	Oficinas y áreas de exposición	
Halógena dicroica 50 W		
Iluminación en áreas exteriores	Vapor de sodio alta presión 150 W	Áreas verdes, andadores
	Vapor de sodio alta presión 250 W	Estacionamientos, azoteas y
	Vapor de sodio alta presión 400 W	Estacionamientos, explanadas
	Vapor de sodio alta presión 1000 W	Estacionamientos, explanadas

Tabla 4.10 ubicación de tecnologías según su uso

Con esta tabla queda claro cuales son los tipos de lámparas que se usan actualmente en toda ciudad universitaria y los usos más comunes en las cuales son utilizadas.

5. Comparaciones entre diferentes tipos de tecnologías

En el capítulo 3 vimos las tecnologías que existen actualmente, y vimos su funcionamiento generar así como algunas de sus características principales. Ahora profundizaremos en estas características. Viendo sus usos cotidianos, los recomendados por el Fideicomiso para Ahorro de energía (FIDE) en México, así como las recomendaciones dadas por los fabricantes.

También daremos un poco de teoría y conceptos que son necesarios para dar una comparación con bases sólidas y tener un mejor criterio para la comparación de nuestras luminarias, además de ver un poco de los diferentes tipos de balastos que nos ayuda a encender nuestras lámparas.

Empezamos con las definiciones de muchos conceptos que utilizaremos para nuestro análisis

Primero nos adentraremos a los conceptos de radiación lumínica, esto con el fin de conocer las longitudes de onda con las que cuentan los distintos tonos de luz visible. Ya que muchos de los conceptos básicos de iluminación de basan en estos conceptos.

La luz visible, que llega a nuestros ojos y nos permite ver, es un pequeño conjunto de radiaciones electromagnéticas de longitudes de onda comprendidas entre los 380 nm. Y los 770 nm. Claro esto se refiere a su espectro electromagnético, que comprende tipos de ondas como los rayos cósmicos, los rayos gamma, los ultravioletas, los infrarrojos y las ondas de radio o televisión entre otros. Cada uno de estos tipos de onda comprende un intervalo definido por una magnitud característica que puede ser la longitud de onda (λ) o la frecuencia (f). Recordemos que la relación entre ambas es:

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

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

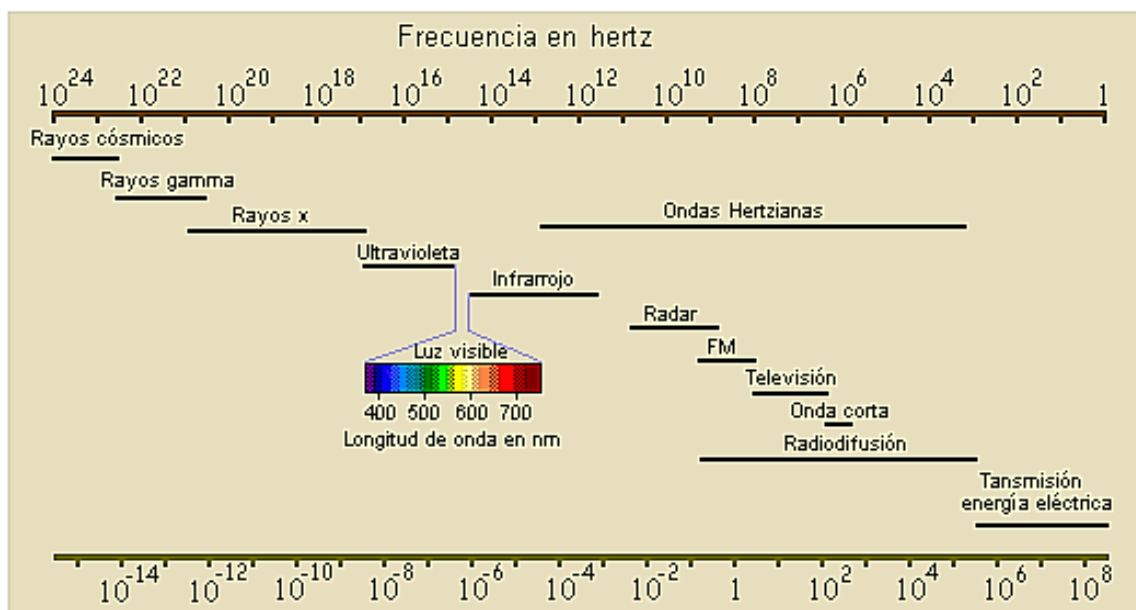


Imagen 5.1 longitud de onda del espectro electromagnético

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

TIPO DE RADIACIÓN	LONGITUDES DE ONDA (NM)
Violeta	380-436
Azul	436-495
Verde	495-566
Amarillo	566-589
Naranja	589-627
Rojo	627-720

Tabla 5.1 longitudes de onda de los diferentes colores

Estas ondas del espectro son transmitidas todas juntas en lo que llamamos luz blanca, estos haces de luz blanca pueden ser descompuestos en las demás longitudes de ondas que pertenecen a los demás colores que nosotros podemos ver. Por medio del fenómeno de reflexión y reflexión es como nosotros podemos ver los colores de las cosas, esto sucede en el momento en que el haz de luz blanca choca contra un objeto, el objeto absorbe un limitado rango de las longitudes de onda, el resto al chocar con el objeto y entrar en nuestros ojos. Las componentes reflejadas son las del color que percibimos, si el objeto que vemos nos párese blanco es porque el material refleja todo el haz y cuando lo vemos negro es porque el material absorbe todas las longitudes de onda.

Para el análisis de la comparación de las tecnologías de iluminación es necesario entender como funciona el ojo humano ya que el propósito de la iluminación es hacer posible la visión. Solo cuando entendamos el funcionamiento del ojo podremos entender como proporcionar luz adecuada para la realización de las tareas visuales con exactitud, comodidad y con un mínimo de esfuerzo y de fatiga.

El ojo es un órgano sensitivo que recibe la luz procedente de los objetos. La enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. La existencia de dos ojos nos permite una visión tridimensional o estereoscópica.

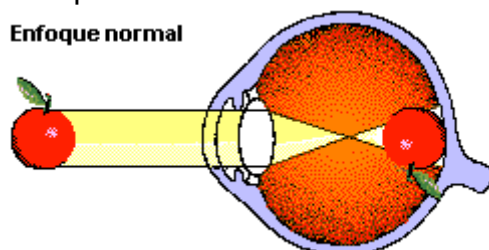


Imagen 5.2 estructura del ojo humano

Otra característica de cómo nuestro ojo capta las imágenes es que lo hacen de manera invertida. Las partes que mas nos interesan del complejo conjunto que

forman el órgano del ojo veremos aquellos que nos permiten la percepción de los colores y los que son sensibles a los niveles de iluminación

Conos son los receptores de la retina que hacen posible la discriminación de los detalles finos y la percepción del color. Son insensibles a los niveles bajos de iluminación; se encuentran principalmente cerca del centro de la retina, con mayor concentración en la Fóvea, que es una zona de 0,3 mm. de diámetro aproximadamente, que solo esta compuesta de conos. Es en la Fóvea donde el ojo enfoca, involuntariamente, la imagen de un objeto que deba ser examinado minuciosamente.

Los bastones son los receptores de la retina, sensibles a niveles bajos de iluminación. No responden al color y existen solamente fuera de la región Fóveana, aumentando su número a medida que aumenta su distancia a la Fóvea, La parte más superficial de la retina, compuesta principalmente de bastoncillos, no ofrece una visión precisa, pero es muy sensible al movimiento y a las oscilaciones luminosas.

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

Púrpura retiniana (rhodopsin). Es un líquido purpúreo que se encuentra en los bastones, sensible a la luz, y se decolora rápidamente cuando es expuesto a ella. Su regeneración es un factor importante en la adaptación a la oscuridad.

Punto ciego. Es el punto de la retina por donde entra en el ojo el nervio óptico, el cual conduce las sensaciones de luz al cerebro. En este punto no hay bastones ni conos y por consiguiente un estímulo de luz no provoca sensación alguna.

Las partes que nos muestran al mundo como lo percibimos, por lo antes mencionado, son los bastones y los conos. Ahora veamos como se encuentran en nuestro ojo y como sacar provecho de sus características.

Bastones	Conos
Captan luz escotó pica	Captan luz fopica
Alta sensibilidad a baja luz (luz nocturna)	Resuelven los detalles bajo una buena luz
Identificación pobre de color, detalles	Buena identificación de colores (visión de colores)
Ciegos a luz roja	
Sensibles al movimiento	

Tabla 5.2 comparación entre conos y bastones

Estas distintas formas en que nuestro ojo ve las cosas con los niveles de flujo luminoso que se va presentando con respecto el sol cambia de posición al surcar el cielo en el día. Dio pie a una serie de investigaciones para buscar las radiaciones de luz que captamos normalmente y más específicamente para

encontrar los niveles máximos que nuestra visión nos puede brindar, en términos de nm (longitud de onda)

La sensibilidad del ojo a las distintas longitudes de onda de la luz del mediodía soleado, suponiendo a todas las radiaciones luminosas de igual energía, se representa mediante una curva denominada “*curva de sensibilidad del ojo*” ó “*curva V*”

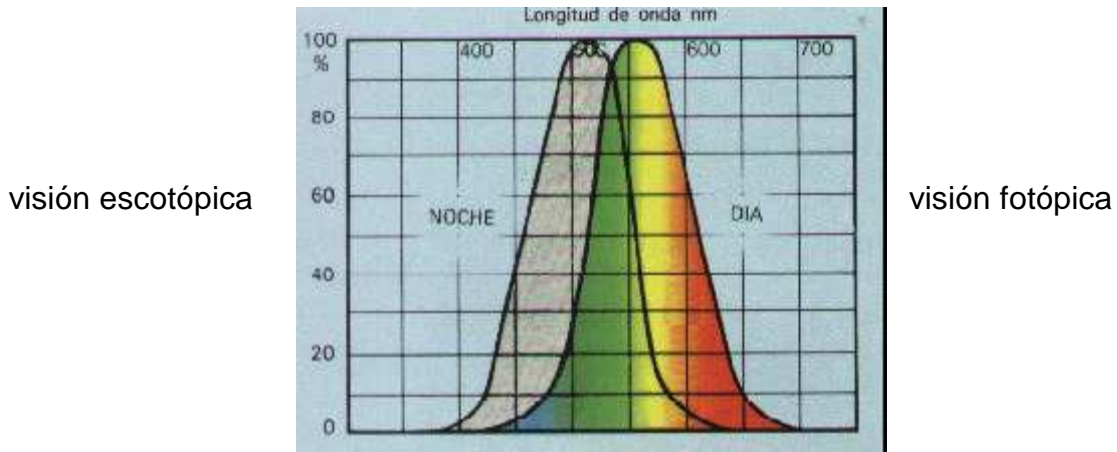


Imagen 5.3 curvas de sensibilidad del ojo en día y noche¹

El ojo tiene su mayor sensibilidad en la longitud de onda de 555 nm que corresponde al color amarillo y verdoso, y la mínima a los colores rojo y violeta. Esta situación es la que se presenta a la luz del día ó con buena iluminación y se denomina “*visión fotópica*” (actúan ambos sensores de la retina: los *conos* y los *bastoncillos*)

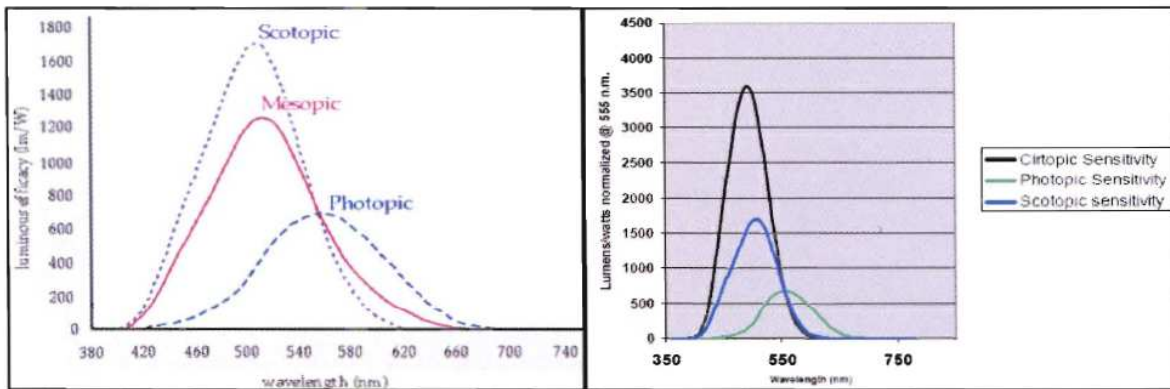
“En el crepúsculo y la noche, (“*visión escotópica*”) se produce el denominado Efecto Purkinje, que consiste en el desplazamiento de la curva VI hacia las longitudes de onda más bajas, quedando la sensibilidad máxima en la longitud de onda de 507 nm. Esto significa que, aunque no hay visión de color, (no trabajan los conos) el ojo se hace relativamente muy sensible a la energía en el extremo azul del espectro y casi ciego al rojo; es decir que, durante el Efecto Purkinje, de dos haces de luz de igual intensidad, uno azul y otro rojo, el azul se verá mucho más brillante que el rojo”.²

“A finales del 2002 se encontró otro tipo de visión que tiene nuestra vista, se trata de un receptor fotosensible de la retina localizado en las regiones no centrales del ojo, se le nombro como “*melanopsin*” y su pico sensible ocurre cerca de los 482nm . La función principal de estas células es afectar directamente las partes del cerebro responsables de las funciones de la vista sin imágenes tales como la regulación cicardiana, esto se refiere al ciclo del sueño o del cansancio y la variación del tamaño de la pupila.

1. Documento El paradigma de la medición de luz por métodos convencionales proporcionado por el Ing. Alex Ramírez
2. Ing. Alex Ramírez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

Aparte de este descubrimiento, los científicos han observado en la práctica que estos receptores pueden explicar la conocida percepción del brillo, y la idea de ver más brillo en la luz más rica en temperaturas de color altos (tonos conocidos como fríos, azul violeta etc.) que la vista en luz con temperatura de color baja (rojos, anaranjado, etc.), ambas con mediciones iguales de lúmenes medidas con los luxómetros. Esto se debe a que los luxómetros que usamos en el campo están diseñados bajo el concepto de que solo existen 2 tipos de visiones de la luz, la fotópica y la escotópica, por lo que hay que dar un cambio en el paradigma de la medición de la luz tanto radiada (lúmenes) como la incidente (luxes)".¹

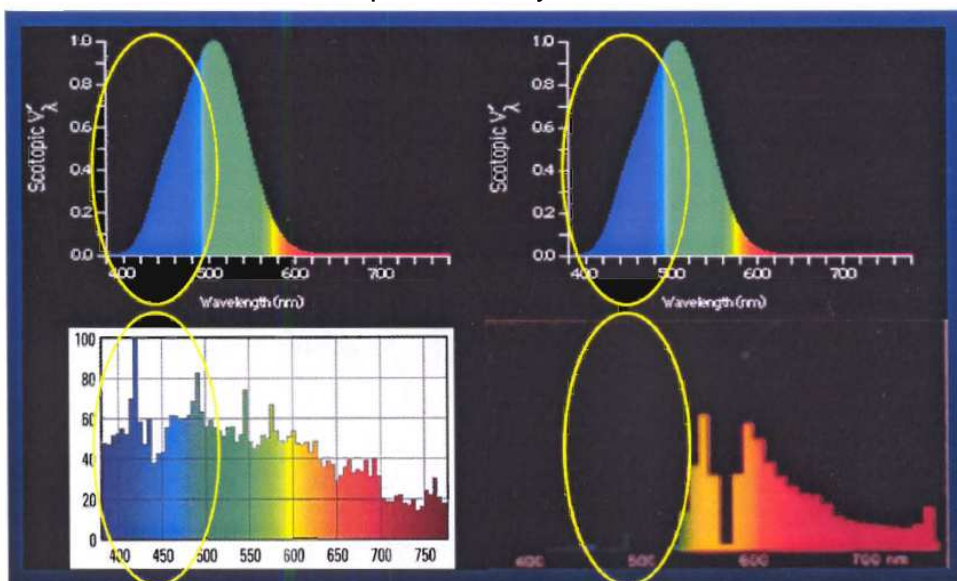
Lo primero que se ve modificado es la relación en las curvas de sensibilidad que se usaban en el pasado, ahora tenemos 3 curvas independientes con 3 puntos máximos de percepción a diferentes longitudes de onda, esto se ve mucho mas claro en las siguientes gráficas.



Curvas de Sensibilidad del Ojo Humano: Fotópica (P), Mesópica (M), Escotópica (S) y Cirtópica (C)

Graficas de sensibilidad del ojo humano¹

Y hay que ajustar los niveles de iluminación y de percepción de la luz con las nuevas gráficas. Acerca de que con un cierto tipo de iluminación algunos colores se hacen opacos y otros mas claros,



Curva escotópica y cromas de lámparas de vapor de aditivos metálicos (izquierda) y vapor de sodio en alta presión (derecha).

1. Documento El paradigma de la medición de luz por métodos convencionales proporcionado por el Ing. Alex Ramírez

5.1. Criterio de comparación

Con los conceptos vistos hasta este momento podemos definir el método de comparación para los sistemas de alumbrado que hemos visto. Esto con el fin de hacer una comparación fidedigna y ecuánime para determinar los sistemas de iluminación que se ajusten a nuestras necesidades sin descuidar nuestro objetivo, el ahorro energético.

Una de las bases que usaremos para la sustitución adecuada es el trabajo realizado por los escritores de las normas antes citadas. Para esto dividiremos nuestro criterio en dos fundamentales. Un criterio exclusivo y apropiado para todo aquel sistema de alumbrado interior, claro que aquí habrá algunos sub. criterios para áreas específicas donde las diferentes características de las lámparas son necesarias, llámese a esto el rendimiento de color, la eficiencia lumínica, la temperatura de color, y toda aquel plus que el lugar necesite para mejorar la calidad del trabajo realizado. Y se usara otro criterio diferente, que se aplicara a todo aquel sistema exterior de iluminación, el cual también contara con diferentes niveles cualitativos de CRI, temperaturas de color, vida útil.

Aparte de que nuestra selección de alumbrado idóneo para el cambio se base en lo antes mencionado es necesario tener en cuenta la potencia que requieren los diferentes tipos de lámparas, recordemos que nuestro objetivo en esta propuesta es el ahorro energético, para tener un funcionamiento eficiente. Otra cosa que llama la atención cuando se comparan las tecnologías y sistemas de alumbrado son sus formas, aclarando aquí que por forma me refiero al tipo de bulbo que tiene, así como la base que se usa para su conexión, en generar en su luminaria.

Veamos primero la estructura a seguir para los sistemas de iluminación interna para todos los lugares residenciales y no residenciales que se encuentran en nuestro análisis de las lámparas usadas en dependencias, laboratorios bibliotecas salones y demás lugares cerrados. Lo que nos interesa es mantener el flujo luminoso en las áreas para ello nos apoyamos en las normas donde nos dicen los DPA y los niveles de luxes que se necesitan por área de trabajo. Pero también nos basamos en la capacidad que se encuentra instalada en los lugares que encontramos.

El procedimiento de esta comparación fue el siguiente. Se revisaban los niveles de iluminación de las lámparas instaladas si estos concordaban con los niveles propuestos en las normas se colocaba en la base de datos, las lámparas que no cumplían con los luxes necesarios marcados se eliminaban de la base de datos y se marcaban como urgente para realizarse el cambio. Este fue nuestro primer filtro para descartar las lámparas obsoletas que se utilizaban en los lugares donde la iluminación necesitaba mas luxes y lúmenes, para la parte de los reflejos por desgracia no podían ser usadas para la propuesta ya que es algo que cambia dependiendo de los materiales de las paredes y cosas que reflejen los haces de luz y los colores de las mismas, y esto es algo que no podemos prevenir así que se tuvo que hacer otro tipo de criterios.

El siguiente paso que se planteo fue hacer otra base de datos con todas las lámparas que podrían ser ocupadas. Y los criterios que usamos son: comparar la lámpara que sabemos que cumple con los niveles de luxes; buscamos otro tipo de lámpara que contenga los mismos niveles de iluminación, esta información nos la da los fabricantes, ya teniendo las posibles lámparas para el cambio hay que tener mucho cuidado de revisar que las otras características también se mantengan mas o menos similar, esto por el problema del brillo y del resalte de las cosas, si no podemos controlar la reflexión del haz de luz si podemos hacer que las lámparas cambiadas proporcionen la misma longitud de onda para que el reflejo en las cosas se mantenga con un porcentaje de error muy reducido. Aquí unos ejemplos de esta parte del estudio

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Modelo		F17T8/TL830	F14W/T5/HE/830
Marca		Philips	GE
Potencia nominal Watts	20	17	14
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	1,100	1,300	1,350
Eficacia mínima lm/W	55	75	96
Temperatura de Color K	2,900	3,000	3,000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	85	85
Vida útil mínima Horas	7,500	20,000	20,000
Base	Fa8	G13	15
Encendido de lámpara	ER	ER	ER
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro		1.00	1.06
Diámetro y longitud	38mm, 558mm	26mm, 610mm	16mm, 610mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Usar reflector especular
Potencia del sistema 2X20 W	50	39	34

Tabla 5.1.1 ejemplo de comparación de tecnologías en lámparas

Este es el formato que se dio para todas las comparaciones. Podemos ver claramente como se realizo la comparación. Vemos que en el sistema convencional se anotan todas sus características, estas son las que compararemos; después con las bases de datos, claro para saber con que tipo de tecnología se pueden cambiar nos basamos en las recomendaciones del FIDE y en las que nos dan los fabricantes, revisamos que tipo de lámpara nos da los niveles de iluminación similares a la lámpara actualmente instalada, en este ejemplo vemos como el tubo T12 nos da 1,100 lm. y las propuestas nos dan 1,300 la T8 y 1350 la T5 por lo que son perfectas para proponer el cambio. Podemos ver que los factores importantes que tenemos que tener en cuenta para la correcta sustitución de las lámparas son muy variadas, por un lado esta el índice de rendimiento de color, recordemos que esto se refiere al porcentaje en que la luz emitida resalta los colores de las cosas en donde los haces de luz

choque y que la referencia es el 100% para luz de día, en este caso las 3 lámparas poseen los mismos valores de rendimiento de color, esto es favorable a la hora de la sustitución, ya que nos garantiza que el brillo que nos proporcionan las lámparas es muy similar, otro factor que podemos ver en las comparación es la temperatura de color, vemos que estos también son similares ya que esta característica nos dice que tipo de luz es, y que colores se ven mejor bajo su haz luminoso, pero en lo generar nos da el área en que podemos instalar la lámpara.

Las demás particularidades que nos ofrecen las lámparas, son el segundo nivel de comparación. Aquí esperamos que las lámparas propuestas sean mejores que las lámparas a sustituir, en primer lugar se tiene que comparar la potencia que gasta la lámpara a sustituir, comprobando que la lámpara que pensamos sustituir no solo mantenga los niveles adecuados de iluminación si no que lo haga a una potencia menor, lo que nos daría como resultado el ahorro en energía eléctrica. Para evitar futuros gastos esta estandarización contempla las mejores tecnologías que tenemos en este momento.

Otro aspecto que es necesario comparar es la forma de los luminarios y la dimensiones que estos tienen y como se colocan las lámparas, me refiero a la rosca o forma de conexión, estas deben ser iguales para evitar gastos en el cambio del sistema, en el ejemplo se muestra que el sistema convencional y los sistemas propuestos coinciden en tener una base ER esto nos permitir utilizar los mismos luminarios, teniendo cuidado en el tamaño del gabinete para que las nuevas lámparas ajusten en esté.

Al final de la tabla comparativa tenemos la potencia que consumiría un sistema de lámpara 2X20 incluyendo el factor de balastro, esto nos permite observar en qué forma nos beneficiamos con el cambio, cabe aclarar que aquí solo se está ejemplificando un poco el cambio, los horas en consumo y en potencia facturable se verán en el capítulo siguiente; Aquí podemos ver como la lámpara actual nos costaría 50 W por el sistema completo, en cambio en el mejor de los casos se propone un consumo no mayor de 39 W viendo un ahorro notable en el sistema. Aunque el ahorro en la potencia es buena también hay que pensar en el beneficio ecológico, no solo ahorramos la energía eléctrica que consume la lámpara, sino que al ser un sistema tecnológicamente superior su vida útil mejora, así evitamos el cambio constante de tubos y también el gasto en mantenimiento.

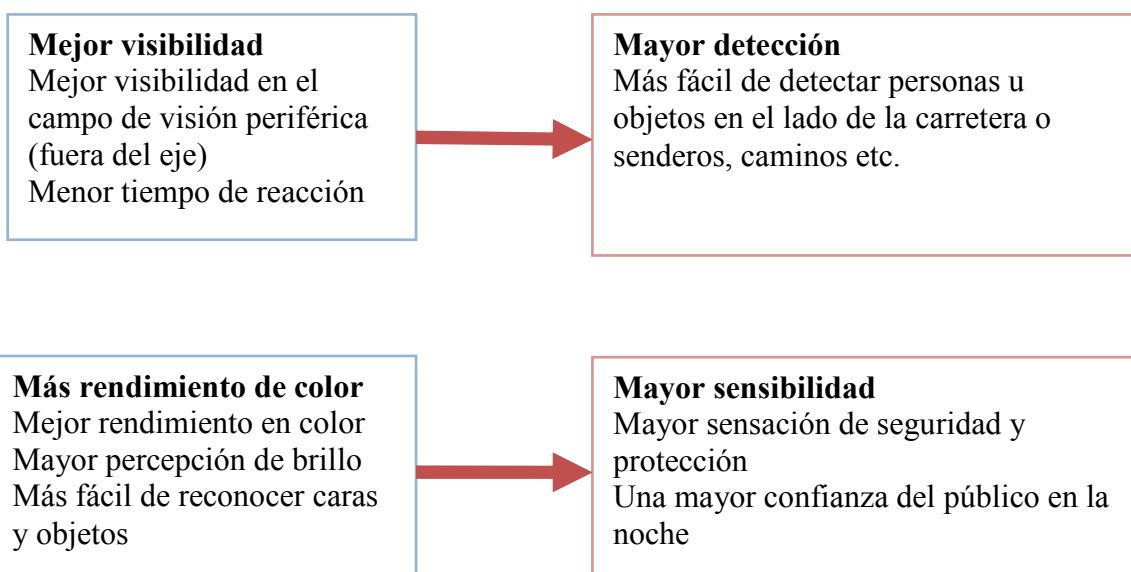
Por otro lado el criterio para las lámparas situadas en exteriores fue un poco diferente, en este capítulo 5 comenzamos dando una breve explicación de la teoría usada para el criterio de comparación para alumbrado exterior. Esta teoría nos fue proporcionada por el ingeniero Álex Ramírez el cual nos explica que los lúmenes que tomamos en ese alumbrado son incorrectos; que existe una modificación en el brillo de la luz blanca que no es posible medir con los luxómetros actuales, solo por un radiómetro₂

Según lo visto al principio del capítulo 5 podemos saber que las comparaciones hechas en el alumbrado exterior no pueden hacerse con el mismo criterio de comparación que usamos para la iluminación interior. Esto debido a las curvas vistas al principio del capítulo; estas curvas nos dicen que bajo las condiciones de usar diferentes niveles de iluminación continua, como es el caso del alumbrado exterior, el punto más alto de las gráficas de la forma en que nuestro ojo ve mejor los colores, brillo y luminiscencia se mueve un poco del punto máximo que conocemos. Así que el ingeniero Alex Ramírez, quien ha cooperado junto con Proyectos de Ahorro de Energía para la propuesta de estandarización en el alumbrado exterior, con su gran práctica en alumbrado nos orienta en la forma correcta en que deben compararse las lámparas para este fin.

El ingeniero Ramírez dice que nuestros luxómetros nos engañan, que los niveles de lúmenes que marca son menores en algunos casos y mayores en otros. Que nuestro ojo ve otras cosas además de los lúmenes, y con esto se refiere al fenómeno conocido como brillo de la luz blanca nos explica que el nivel más alto de iluminación es la luz de medio día que nos brinda el sol, la cual es luz blanca, y en la mañana y en la noche la luz solar se presenta de forma amarilliza, estos momentos son los dos momentos del día con menos intensidad luminosa presentada por el astro.

Con esto el ingeniero nos permite darnos cuenta que aunque nuestros luxómetros nos marquen la misma cantidad de luz en una lámpara con tonos amarillos o rojos que una lámpara que nos brindan luz blanca o tonos azules, esta última nos brindará mejor confort a nuestro ojo, debido a el fenómeno del brillo de la luz blanca.

Con el brillo de la luz blanca y la medición de los niveles de iluminación con un radiómetro podemos ver otros beneficios que la luz blanca tiene en comparación con la amarilla..



Mejor percepción

Mayor percepción de brillo
Buen rendimiento en color

Más eficiencia con luz azulada que amarilla

En relación con la visión mesopica (mesopic): la eficacia luminosa de la luz amarilla y que provienen de la luz blanca es el aumento de las fuentes

Ya que se aclaró cuáles son las verdaderas ventajas de usar la luz blanca hay otras cosas que el Ingeniero nos muestra en su presentación de alumbrado público también hace otro tipo de comparaciones entre las tecnologías que existen actualmente para alumbrado público, identificando las características que a él le parecen las más importantes

Aquí el ingeniero enumera las características que nos dan los fabricantes, explica que este no es el criterio que el usa para designar la tecnología más apta para el alumbrado público, más bien nos presenta características propias de las lámparas. Sin embargo esta tabla nos sirve para ejemplificar como las tecnologías que nos proporcionan luz blanca presentan las ventajas que ya se mencionaron. Vemos en las lámparas de inducción su alto rendimiento de color, su vida útil superior, y una eficacia mayor que sus competidoras.

Esto nos sirve precisamente para ejemplificar con mayores pruebas lo que le ingeniero Alex Ramírez nos propone acerca de los beneficios de usar lámparas que proporcionan luz azul. Como ejemplo en la tabla anterior tenemos las lámparas de inducción; Podemos ver que esta tecnología nos proporciona un mayor rendimiento de color que las otras lámparas encontradas en el mercado, lo que nos brinda mejor percepción no solo de los colores sino de todo el entorno que está siendo iluminado por su luz, su eficiencia lumínica, que está definida como su luminiscencia que nos brinda contra la potencia que usa para producirla, es muy alta lo que nos demuestra de lleno su ahorro energético. Aparte de esto se ve que todas las lámparas cuentan con dos rangos de eficacia, esto se debe a que con el nuevo concepto de máximos valores de percepción es necesario ajustar nuestras mediciones de luminiscencia.

CARACTERÍSTICAS	VAPOR DE SODIO ALTA PRESION BC	VAPOR DE ADITIVOS METALICOS BC C	VAPOR DE ADITIVOS METALICOS BC PS	INDUCCION HT	LEDs BLANCO HT
Electrodos de Arranque	Sin	Con	Con	Sin	Sin
Vida nominal (Hr)	24,000	18,000	20,000	100,000	100,000
Vida Util (L ₇₀) (Hr)	18,000	12,000	18,000	60,000	50,000
Depreciación de Lúmens de Lámpara (Adim)	0.7 a 0.8	0.4 a 0.55	0.55 a 0.65	0.85 a 0.9	0.5 a 0.7
Rango de Eficacia (lm _{conv} /w)	50 a 140	40 a 110	70 a 120	65 a 90	25 a 83
Rango de Eficacia (lm/w)	28 a 80	60 a 160	110 a 190	110 a 160	40 a 140
Velocidad de Encendido (Im ₉₀)	0.5 a 2 min	2 a 5 min	1 a 3 min	Menos de 0.5 seg	Menos de 0.5 seg
Sensación visual	Efecto de aura	A veces lóbrego	A veces lóbrego	Muy natural	Natural a Muy Natural
Parpadeo visible (fkr)	Bajo	Bajo a Medio	Bajo a Medio	Muy bajo	Nulo
Ruido audible	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Balastro / Controlador	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF	Generador HF	Controlador CD
Puntos de falla	Medios a Altos	Medios a Altos	Medios a Altos	Bajos	Bajos
Pérdidas balastro / controlador	De medias a bajas	De medias a bajas	De medias a bajas	Muy bajas	Muy bajas
Velocidad de Reencendido (Im ₉₀)	Menos de 1 min	6 a 15 min	2 a 6 min	Menos de 0.5 seg	Menos de 0.5 seg
Factor de Daño	Medio	Medio a alto	Medio a alto	Muy bajo	Nulo
Índice de Rendimiento de Color (Adim)	21	65	65 a 75	80 a 90	45 a 85
Coefficiente de Utilización	Medio	Medio	Medio	Bajo a Alto	Muy Alto
Garantía	2 a 3 años	2 a 3 años	1 a 3 años	3 a 5 años	1 a 3 años
Costo inicial para potencia equivalente	Medio	Medio a Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto
Costo de Operación	Medio	Alto	Muy Alto	Muy bajo	Muy bajo

Alex Ramirez, Consultor 1

Tabla 5.1.1 características lámparas exterior¹

Para estos nuevos valores de eficiencia lumínica se hace una relación directa entre la temperatura de color, el rendimiento de color y las cromas, esto se ve reflejado en las siguientes gráficas.

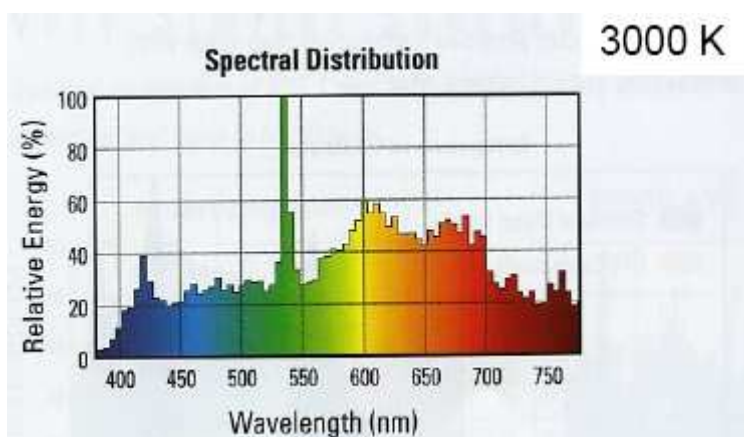


Imagen 5.1.1 distribución energético a temperatura de 3000 k¹

1. Ing. Alex Ramirez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

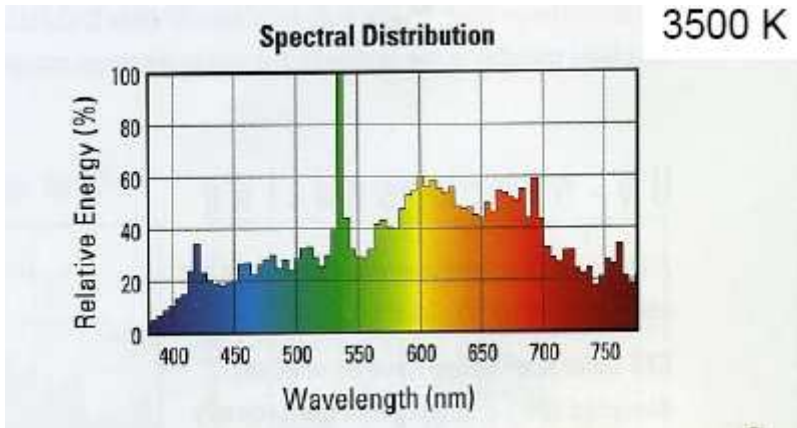


Imagen 5.1.2 distribución energético a temperatura de 3500 k¹

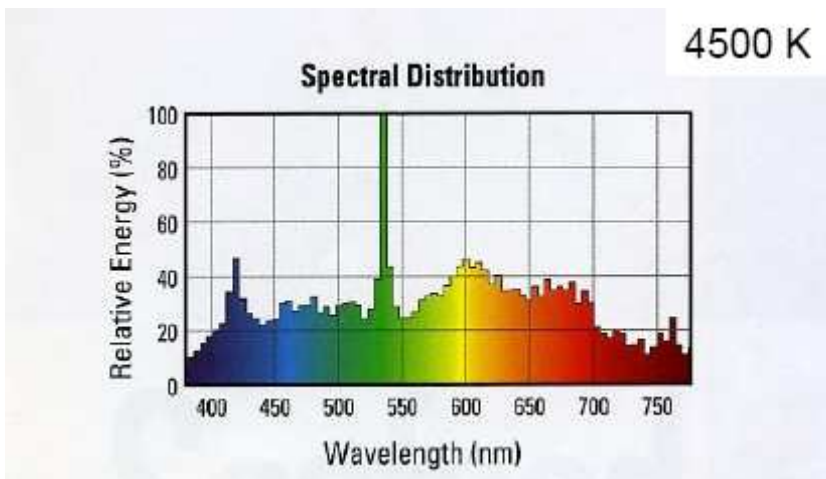


Imagen 5.1.3 distribución energético a temperatura de 4500 k¹

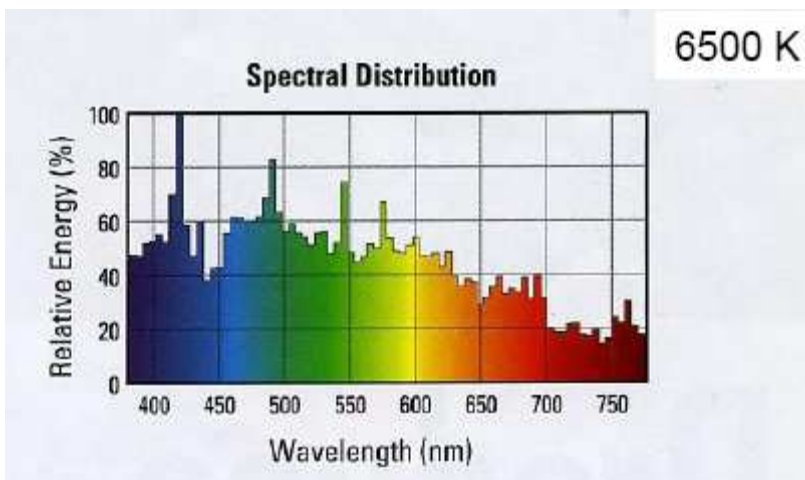


Imagen 5.1.4 distribución energético a temperatura de 6500 k¹

1. Ing. Alex Ramírez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

En esta serie de gráficas se midió con el radiómetro a diferentes niveles de temperaturas de color viendo el espectro lumínico en función de la longitud de onda contra la energía relativa y podemos ver como entre mas alto sea la temperatura, hay mas ondas de longitudes 400 a 500 nm (las que corresponden a las azuladas y verdes) esto nos dice que la relación entre el rendimiento de color y la temperatura de color es proporcional a la eficiencia lumínica.

Por ello el ingeniero nos presenta una comparación de S/P, esto se refiere a una relación entre las dos curvas que se muestran al inicio del capítulo 5, estas curvas son las de la visión fotopila (P) y ecotopica (S) para diferentes fuentes luminosas que se encuentran en el mercado actualmente. Esta relación de las gráficas esta hecha mediante un radiómetro, mide las longitudes de onda que saca estas lámparas, se comparan con los puntos en los que se encuentran las curvas de percepción del ojo, y con la comparación se logra una nueva curva que cubre ambas curvas, las características de visión del ojo.

Comparison of s/p ratio for different sources

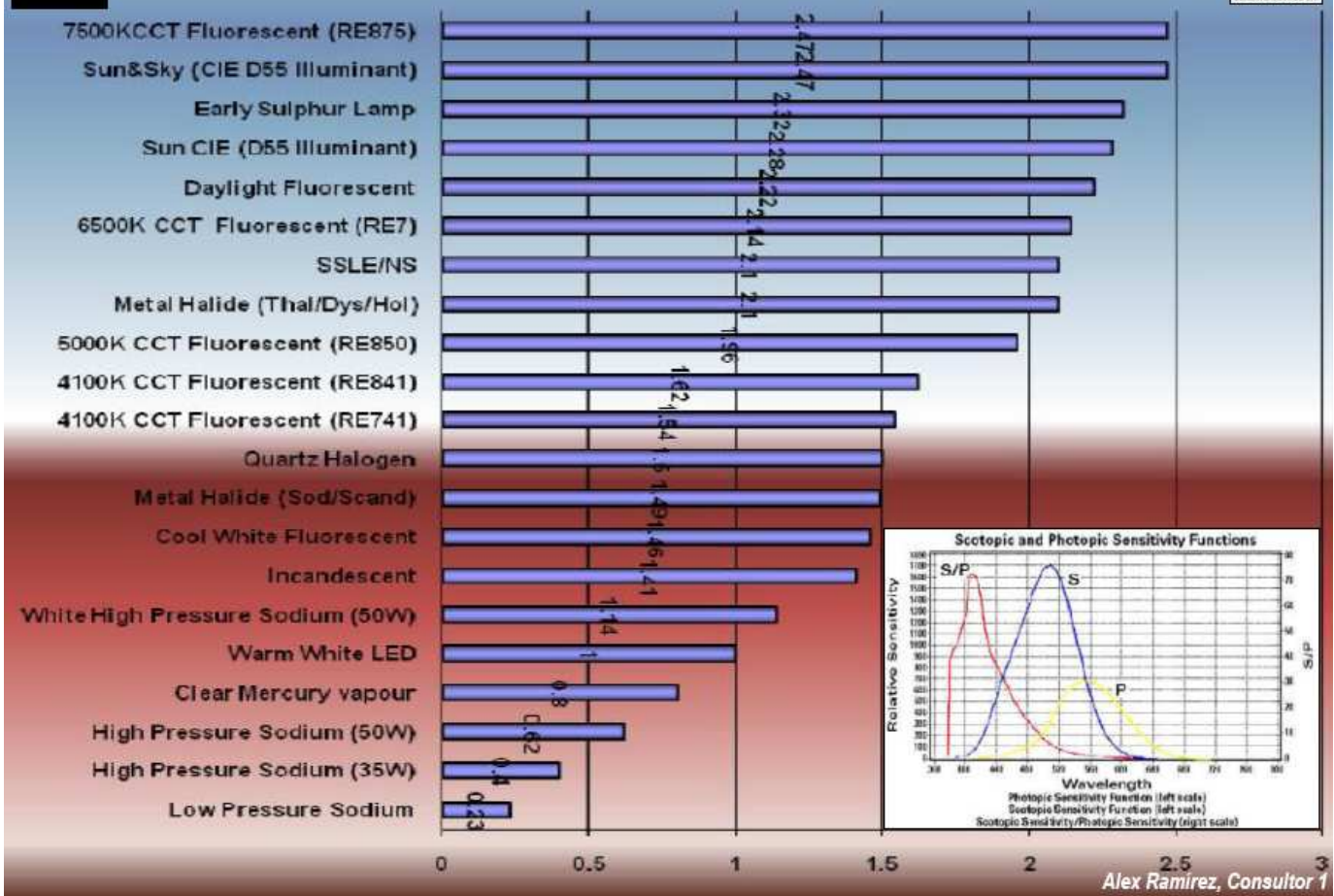


Imagen 5.1.5 comparación de las ondas perceptivas del ojo¹

Ya con esto podemos ver que criterio de comparación nos propone el ingeniero para alumbrado publico, ya vimos que la luz blanca es mejor para estos casos que la amarilla y roja, también vimos que en aspectos de luz para el exterior las curvas del ojo cambian un poco y que la relación de estas curvas cambian el punto máximo de eficiencia para nuestro ojo. Ahora hay que ajustar las mediciones tomadas por los luxómetros y los dados por el fabricante, el ingeniero también nos proporciono una tabla con los nuevos valores de Lx (lúmenes) y los nombra tLx (lúmenes reales).

1. Ing. Alex Ramírez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

FACTORES DE CORRECCION PARA DIFERENTES FUENTES DE LUZ											
LUMENS CONVENCIONALES A LUMENS VERDADEROS											
	Sodio Baja Presión	Sodio Alta Presión (35w)	Sodio Alta Presión (50w)	Sodio Alta Presión (150w)	Vapor de Mercurio (Fosforado)	LED Blanco Cálido	Sodio Blanco	Incandescente Estándar	Fluorescente Blanco Frío	Aditivos Metálicos Fosforado	Halógeno
TCC	1,800	1,900	1,950	2,050	3,000	3,000	2,500	2,650	4,100	3,200	3,000
Mr	556	526	513	488	333	333	400	377	244	313	333
CRI	0	21	21	22	43	80	83	95	62	72	1
S/P	0.23	0.4	0.52	0.55	0.8	1	1.14	1.41	1.46	1.49	1.5
FC Im _{eq}	1.000	1.319	1.642	1.830	1.865	2.086	2.227	2.476	2.520	2.546	2.554
	Fluorescente RE741	Fluorescente RE841	Fluorescente RE850	Aditivos Metálicos Claro	Fluorescente RE765	Inducción 5K	Fluorescente Luz de día	Luz Solar CIE	Lámpara de Azufre	Luz Solar con Bóveda	Fluorescente RE875
	4,100	4,100	5,000	4,200	6,500	5,000	6,300	6,200	6,400	7,000	7,500
	244	244	200	238	154	200	159	161	156	143	133
	72	82	82	65	72	90	75	95	84	99	82
	1.54	1.62	1.96	2.1	2.14	2.21	2.22	2.28	2.32	2.47	2.47
	2.588	2.654	2.920	3.022	3.051	3.061	3.107	3.149	3.176	3.278	3.278

Alex Ramírez, Consultor 1

Imagen 5.1.6 factores de corrección para lúmenes reales¹

Esta tabla nos presenta precisamente la relación S/P que vimos anteriormente, en base a esta relación, y los niveles de temperatura de color, rendimiento de color y las cromas podemos darle un factor de corrección para los lúmenes reales; Lo que es necesario hacer es multiplicar el valor de corrección por el valor de lumen que nos dice los fabricantes que tienen sus lámparas. Con respecto a lo anterior se ve que la tecnología con menos eficiencia lumínica es la lámpara de vapor de sodio a baja presión, en relación a su S/P vemos que es el más bajo entonces este será nuestro referente para los factores de corrección, así le ponemos a este un factor de 1, a partir de ahí el factor va aumentando para todas las lámparas, llegando al valor más alto con la luz solar al medio día.

Con estos factores de corrección se hacen las comparaciones del alumbrado exterior, en lo demás la comparación no llevara conceptos diferentes a los del alumbrado interior. Cabe aclarar que este factor no se utiliza en alumbrado interior por que la iluminación con luz azul o blanca en lugares cerrados produce cansancio y la regulación circadiana puede ser afectada.

2. Ing. Alex Ramírez consultor. Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Marzo 5 de 2009

6. Propuesta De cambio de lámparas para ahorro de energía

Siguiendo los conceptos mencionados en capítulos anteriores y siguiendo el criterio visto en el capítulo 5 la propuesta de estandarización de alumbrado para el ahorro de energía va tomando cuerpo y sentido, ya en este capítulo se presentan los resultados obtenidos después de realizar las comparaciones debidas en las bases de datos anteriormente hechas con la información de diferentes tipos de lámparas que se fabricó de cada una de las tecnologías vistas aquí. Como ya se menciona en el capítulo 5 se separara en dos partes la selección de lámparas para el cambio, primero veremos bajo el criterio ya mencionado como quedó la propuesta para alumbrado interior, y después bajo otras circunstancias el alumbrado público

Para tal caso se llenaron una serie de tablas con las lámparas propuestas por el programa de Ahorro de Energía para la sustitución de las viejas tecnologías. Veremos las tecnologías propuestas y comentaremos un poco de la selección idónea.

Veamos la sustitución de lámparas de tubos fluorescentes para el uso de oficinas, pasillos, aulas, etc.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Modelo		F17T8/TL830	F14W/T5/HE/830
Marca		Philips	GE
Potencia nominal Watts	20	17	14
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	1,100	1,300	1,350
Eficacia mínima lm/W	55	75	96
Temperatura de Color K	2,900	3,000	3,000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	85	85
Vida útil mínima Horas	7,500	20,000	20,000
Base	Fa8	G13	15
Encendido de lámpara	ER	ER	ER
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro		1.00	1.06
Diámetro y longitud	38mm, 558mm	26mm, 610mm	16mm, 610mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Usar reflector especular
Potencia del sistema 2X20 W	50	39	34
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	22%	32%
Ahorro de energía kWh.	0	220	320

Tabla 6.1 posibles sustituciones para lámpara T12 de 20 W

Como podemos ver la comparación esta hecha para suplantar lámparas a distintos niveles de iluminación, y por lo tanto a diferentes niveles de potencia, en esta primera tabla vemos la propuesta para el cambio de las lámparas fluorescentes. Como ya vimos en el capítulo anterior es importante ver que las lámparas propuestas tengan una potencia menor a la actual, esto con el fin de ahorrar la potencia sobrante, y además no perder el nivel de iluminación que la lámpara propuesta suministre.

Al final de la tabla tenemos los ahorros en energía eléctrica que nos manejan las lámparas propuestas, este se hace sacando el porcentaje de la diferencia de la potencia de la lámpara actual menos la potencia de la lámpara propuesta; En la última fila de la tabla se encuentra un ahorro de energía kW. por hora aproximado, este valor es procedente de multiplicar el ahorro en Watts por la vida útil de las lámparas, así vemos un aproximado del ahorro producido por el tiempo de uso, cabe aclarar que este es solo una teoría comparativa. Posteriormente en este capítulo se darán los ahorros dados en los ejemplos de sistemas completos de facultades y otras dependencias de la UNAM.

Veamos como el ahorro en la potencia va incrementándose mediante se trata con lámparas con mayor luminiscencia, siguiendo la misma tecnología de lámparas de tubo.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Modelo		FO32/830/ECO	FH28W/830
Marca		Osram	Osram
Potencia nominal Watts	40	32	28
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	3,100	2,950	2,600
Eficacia mínima lm/W	78	85	100
Temperatura de Color K	3,000	3,000	3,000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	80	82
Vida útil mínima Horas	18,000	20,000	20,000
Base	G13	G13	G5
Encendido de lámpara	ER	ER	ER
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro		1.01	1.04
Diámetro y longitud	38mm, 1219mm	26mm, 1214mm	16mm, 1214mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Usar reflector especular
Potencia del sistema 2X40 W	100	63	56
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	37%	44%
Ahorro de energía kWh.	0	740	880

Tabla 6.2 posibles sustituciones para lámpara T12 de 40W

De la misma manera que en la comparación pasada se ven los ahorros energéticos por lámpara, ya se menciono que posteriormente se verán los ahorros reales en los sistemas de alumbrado de algunas dependencias de ciudad universitaria, y vemos, como lo esperábamos, que el ahorro se incrementa un poco. En este caso se pierde un poco de flujo luminoso con el cambio, pero en algunos lugares estas lámparas estarían cumpliendo con lo dicho en normas, y en las que la iluminación sea escasa puede hacerse un arreglo para variar la densidad de flujo en las áreas, colocando mas lámparas, esto según delimiten los usuarios de las áreas.

En la siguiente comparación se vera mucho mejor como la propuesta dada puede dar grandes resultado. Recordemos q las lámparas de 75w son las mas comunes en edificios, como ya se vio en los ejemplos del capitulo 4, en pasillos y oficinas

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Modelo		F096/830/XP/ECO	TL5 HO 54W/830 UNP/40
Marca		Osram	Philips
Potencia nominal Watts	75	59	54
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	6,150	6100	4450
Eficacia mínima lm/W	82	102	82
Temperatura de Color K	2900	3000	3000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	85	85
Vida útil mínima Horas	12,000	18,000	24,000
Base	Fa8	Fa8	G5
Encendido de lámpara	EI	EI	EI
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro		0.85	1.00
Diámetro y longitud	38mm, 2438mm	26mm, 2388mm	16mm, 1156mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Cambio luminario y reflector
Potencia del sistema 2X75 W	187.5	110	108
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	41%	42%
Ahorro de energía kWh.	0	1395	1908

Tabla 6.3 posibles sustituciones para lámpara T12 75 W

Vemos como claramente el ahorro en porcentaje aumenta mucho llegando a 40% de ahorro, esto significa que con casi la mitad de la potencia eléctrica podemos mantener los mismos niveles de iluminación con lámparas T8 y T5 que con lámparas T12. si evitamos usar esta tecnología obsoleta los consumos de energía eléctrica por alumbrado se verán reducidos en gran porcentaje.

Un cambio del cual se ha hablado mucho en los últimos años es el cambio de lámparas incandescentes por fluorescentes compactas. De hecho esta sustitución es recomendada por el grupo FIDE y en muchos lugares ya no se usan las lámparas incandescentes. Veamos cuales son las potencias referidas para la sustitución de estas lámparas que no deben usarse más.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Incandescente 75W	FC 20 W	FC 20 W
Modelo		LV-E Saver	FLE20TBX/SPX27
Marca		Philips	GE-LIGHTING
Potencia nominal Watts	75	20	20
Bulbo	A55		E26
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	1,070	1,100	1,020
Eficacia mínima lm/W	14	55	51
Temperatura de Color K	2,700	2,700	2,700
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	100	82	82
Vida útil mínima Horas	1,000	6,000	15,000
Base	Fa8	E27	E26
Diámetro y longitud	108mm	117mm	152mm
Potencia del sistema W	75	20	20
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	73%	73%
Ahorro de energía kWh.	0	330	825

Tabla 6.4 posibles sustituciones para lámpara incandescente 75 W

Se ve claramente por que las compañías que fabrican las lámparas, creadoras de sistemas de calidad estandarizada, nos recomiendan esta sustitución. En términos de potencia hay una gran diferencia, mucho mas del doble de potencia por el mismo flujo luminoso. Y vemos que no solo las lámparas nos mantienen el flujo necesario para una buena iluminación, sino que la temperatura de color se mantiene. En lo que respecta al índice de color, este se ve reducido, recordemos que el CRI se refiere a la habilidad de mantener los contrastes del color en las cosas, esto puede ser un factor en contra de estas tecnologías, por lo que hay que tener en cuenta esto para designar los lugares donde se pueden usar. Es decir no usarlas en lugares donde necesitamos un realce de los colores.

En esta propuesta se colocan dos lámparas como las posibles lámparas a cambiar, como se pueden dar cuenta que las 2 lámparas propuestas son de la misma potencia así que hay que aclarar que lo que se esta proponiendo son las marcas, vemos también que lo que las diferencian es su vida útil. Esta diferencia en la vida útil nos da como resultado una diferencia en el ahorro energético teórico de kWatts por hora, recordemos que esto es aproximado. Ambas lámparas son factibles para sustituir una lámpara incandescente de 73W, la selección de una u otra seria ya en términos económicos.

Por otro lado tenemos las lámparas de 100W incandescentes, que son muy utilizadas en casetas, cuartos de intendencia, y cuartos reducidos en todo cu.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Incandescente 100W	FC 25 W	FC 23 W
Modelo		FLE25TBX/HPF/SPX27	SLS/D 23
Marca		GE-LIGHTING	Philips
Potencia nominal Watts	100	25	23
Bulbo	A55		
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	1,340	1,520	1,400
Eficacia mínima lm/W	13	61	61
Temperatura de Color K	2,700	2,700	2,700
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	100	82	82
Vida útil mínima Horas	1,000	10,000	10,000
Base	E26	E26	E26
Diámetro y longitud	108mm	175mm	143mm
Potencia del sistema W	100	25	23
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	75%	77%
Ahorro de energía kWh.	0	750	770

Tabla 6.5 posibles sustituciones para lámpara incandescente 100 W

Aquí las potencias si son diferentes entre las lámparas propuestas, pero la diferencia es tan pequeña que no hay que tomarle gran importancia a la hora de deliberación para la última selección. Pueden usarse indistintamente ambas marcas. Esta propuesta de ambas lámparas es porque algunas personas tienen más confianza en algunas marcas y aquí no se descartara ninguna marca.

A pesar que esta sustitución nos mejora en mucho el desempeño de nuestras instalaciones eléctricas, en lo que corresponde a alumbrado, esta sustitución no es siempre posible, recordemos que las lámparas fluorescentes compactas tienen la desventaja de no rendir toda su vida útil en condiciones de prendidos y apagados frecuentes, esto se refiere a que por ejemplo en baños donde al entrar el usuario prende la luz y al salir por costumbre se apaga, este encendido constante produce daño a los sistemas internos del tubo reduciendo su vida útil. Aparte de no poderse usar esta tecnología, lámparas fluorescentes compactas, para ser dipeadas o para algunos de las tecnologías para controlar las lámparas, su intensidad, su encendido y apagado, etc.

Otras áreas donde la sustitución de estas lámparas causaría problemas con el realce de color son lugares donde se muestran productos o cuadros, lugares donde se necesita un buen rendimiento de color, por lo que se hace una propuesta para estos casos.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS
	Incandescente Spot	Halógeno Par 30
Modelo		90PAR38/HAL/FL25 130V
Marca		PHILIPS
Potencia nominal Watts	100	75
Bulbo	R95	PAR30
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	790	1050
Eficacia mínima lm/W	8	14
Temperatura de Color K	-	2,900
CRI mínimo	100	100
Vida útil mínima Horas	1,000	2,000
Base	E27	E27
Diámetro y longitud	95mm, 140mm	16mm, 1163mm
Potencia del sistema W	100	75
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	25%
Ahorro de energía kWh.	0	50

Tabla 6.6 posibles sustituciones para lámpara incandescente spot 100 W

CARACTERISTICAS	LAMPARA ACTUAL	LAMPARAS PROPUESTAS
	Incandescente Spot	Halógeno Par 20
Modelo		64836FL50W240VE27FS1
Marca		OSRAM
Potencia nominal Watts	75	50
Bulbo	R95	PAR20
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	790	770
Eficacia mínima lm/W	11	15
Temperatura de Color K	-	2,900
CRI mínimo	100	100
Vida útil mínima Horas	1,000	2,000
Base	E27	E27
Diámetro y longitud	95mm 140mm	64mm, 65.7mm
Potencia del sistema W	75	50
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	33%
Ahorro de energía kWh.	0	50

Tabla 6.7 posibles sustituciones para lámpara incandescente spot 75 W

Aquí el ahorro no es muy grande pero si es factor para designar un proyecto para la sustitución por motivo de ahorro energético, estas lámparas tienen la ventaja de tener una mayor vida útil, como vemos el rendimiento de color (CRI) no se ve disminuido en comparación que las lámparas incandescentes, y su base es la misma, esto nos da como resultado un cambio directo de las lámparas, sin necesidad de cambiar al luminario, por lo que las hace perfectas

para la lugares donde se quiere realzar y ya se cuente con lámparas incandescentes.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Dicroica	Led	Spot Led
Modelo		500 BL GU5,3 FS1	ST500WW/735GU5
Marca		OSRAM	OSRAM
Potencia nominal Watts	50	3	3
Tipo de bulbo	MR-16	MR-16	MR-16
Flujo Luminoso mínimo Lúmenes	143	24	83
Eficacia mínima lm/W	3	9	30
Temperatura de Color K	2,700	3,000	2,700
CRI mínimo	100	80	80
Vida útil mínima Horas	2,500	20,000	20,000
Base	GU 5.3	GU 5.3	GU 5.3
Potencia del sistema W	50	18	6
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	64.0%	88.0%
Ahorro de energía kWh.	0	640	880

Tabla 6.8 posibles sustituciones para lámpara dicroica 50 W

Y aquí otro sistema que puede ser propuesto, sistemas de Led, como podemos ver el flujo luminoso que un Led nos brinda es muy pobre si lo comparamos con la lámpara convencional, sin embargo si ponemos atención a la potencia a la que trabajan estos Led es muy pequeña y aunque utilicemos 3 o 4 Led para poder mantener la misma iluminación la potencia total seria aun mucho menor que la lámpara convencional instalada.

Pero por el momento la tecnología de Led es muy cara, si se necesita colocar 3 Led para mantener el sistema, el numero de Led que necesitaríamos comprar para sustituir todo un sistema de alumbrado de alguna de las dependencias de la UNAM se incrementa muchísimo, y si tomamos en cuenta el alto precio que aun presenta esta tecnología lo hace ineficaz y por el momento es una inversión no recomendada. Pensando que con las tecnologías mas accesibles presentan tan buen resultado en el ahorro de potencia en los sistemas.

Con esto terminamos la parte del alumbrado interior. Ahora veamos cuales son las propuestas para el alumbrado exterior siguiendo los criterios de comparación dados por el ingeniero Alex Ramírez y ya vistos en el capítulo 5.

Recordemos los factores de corrección para los luxes reales. Para esta propuesta se verán lámparas de inducción con un factor de corrección de 3.061, aditivos metálicos con factor de 3.022 y las que se encuentran instaladas que son de vapor de sodio alta y baja presión con factores de 1 y 1.66 ahora veamos las tablas con lámparas propuestas.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS
	VSAP	Inducción
Potencia nominal de lámpara Watts	150	85
Flujo Luminoso mínimo en Lúmenes	14400	5040
Flujo luminoso real	14400	15427.44
Eficacia mínima [lm/W]	107	80
Temperatura de Color K	2,000	3,000
CRI mínimo	21	86
Vida útil mínima Horas	24,000	100,000
Balastro	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [Watts]	188	85
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	55%
Ahorro de energía [kWh.]	0	10,300

Tabla 6.9 posibles sustituciones para lámpara VAP 150 W

Como vemos aquí en esta propuesta, si comparamos los niveles de iluminación que nos da erróneamente un luxómetro podemos ver que el flujo luminoso de las lámparas de inducción es muy pobre. Pero usando la teoría de las tres distintas zonas máximas de visión, y multiplicando por el factor de corrección vemos que el flujo si es adecuado para su sustitución. Por desgracia aquí hay que hacer un cambio completo de luminarias, lo que provoca un aumento en la inversión inicial.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	VSAP	Aditivos Metálicos	Inducción
Potencia nominal de lámpara Watts	250	175	100
Flujo Luminoso mínimo en Lúmenes	19,260	11,200	5,600
Flujo luminoso real	19,260	33,846.4	17,141.6
Eficacia mínima [lm/W]	62	51	80
Temperatura de Color K	2,100	4,000	3,000
CRI mínimo	21	65	85
Vida útil mínima Horas	24,000	15,000	100,000
Balastro	Autotransformador	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [Watts]	250	175	100
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	30%	60%
Ahorro de energía [kWh.]	0	1,125	15,000

Tabla 6.10 posibles sustituciones para lámpara VSAP 250 W

Aquí se presenta otra potencia que se usa para el alumbrado público actualmente en los alrededores de ciudad universitaria, usando el mismo criterio dado por el Ingeniero y que se usó para la potencia de 150 W, para estas lámparas de vapor de sodio de 250 W de potencia, vemos que usando la

comparación contra las lámparas propuestas de aditivos metálicos y de inducción vemos que con las lámparas de aditivos metálicos, ya con la corrección de los lúmenes, sobrepasa la iluminación necesaria, abría que ver si este incremento de lúmenes no afecta la visión de los usuarios. Por otro lado vemos como con la lámpara de inducción los niveles se mantienen un poco bajos pero en un rango aceptable, y la potencia de esta ultima es mucho menor. Es mejor que el usuario decida que tipo de iluminación entre estas dos es la mas factible para el.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	VSAP	Aditivos Metálicos	Inducción
Potencia nominal de lámpara Watts	400	320	200
Flujo Luminoso mínimo en Lúmenes	45,000	23,140	16,000
Flujo luminoso real	45,500	69,929.08	48,976
Eficacia mínima [lm/W]	90	58	80
Temperatura de Color K	2,100	4,000	3,000
CRI mínimo	21	65	86
Vida útil mínima Horas	24,000	20,000	100,000
Balastro	Autotransformador	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [Watts]	400	320	200
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	20%	50%
Ahorro de energía [kWh.]	0	1,600	20,000

Tabla 6.11 posibles sustituciones para lámpara VSAP 400 W

Como se vio en la primera parte de esta propuesta entre mas alto sea la potencia de la lámpara que se quiere sustituir, el porcentaje de ahorro se incrementa, vemos como la lámpara de inducción nos presenta un ahorro de la mitad de potencia por el mismo flujo luminoso real, por otra parte la de aditivos metálicos presenta un ahorro del 20% pero su flujo luminoso real es muy superior al de la lámpara instalada actualmente.

Haciendo un resumen de este y capítulos anteriores es posible dar una propuesta concisa y clara para mantener una iluminación adecuada y confortable para el público usuario de las instalaciones de todo Ciudad Universitaria con un gasto mínimo de potencia. Puede verse estas medidas propuestas por Proyectos de Ahorro de Energía en la siguiente tabla.

Sistema convencional	Sistema propuesto	Ahorro Aprox.	Observación
Foco incandescente de 75 W	Fluorescente Compacta 20 W	73%	Iluminación en interiores, pasillos, lobby, áreas pequeñas, alturas de montaje menores a 4 mts.
Foco incandescente de 100 W	Fluorescente Compacta 23-25 W	75-77%	
Spot 150 W	Halógeno Par 38, 90 W	40%	Iluminación en áreas específicas donde se requiere alta reproducción del color.
	Aditivos Metálicos Par 30, 35 W	77%	
Spot 100 W	Halógeno Par 30, 75 W	25%	
Spot 75 W	Halógeno Par 20, 50 W	33%	
Dicroica 50 W	Led 3X3 W	88%	Para proporcionar la misma cantidad de luz hay que instalar 3 leds, tienen el mismo tipo de bulbo.
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro electromagnético 2x20 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x17 W	22%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor.
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x14 W	32%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro electromagnético 2x40 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x32 W	37%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x28W	44%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro estándar electromagnético 2x75 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x59 W	41%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x54W	42%	Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara de Vapor de Sodio 150 W balastro electromagnético	Lámpara de inducción 85W	55%	Iluminación en áreas verdes y andadores
Lámpara de Vapor de Sodio 250 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 175W, autotransformador	30%	Iluminación de estacionamientos y vialidades a una altura máxima de 9 mts y separación entre postes de 30 mts.
	Lámpara de inducción QL 100W, 108-132V	60%	Iluminación de estacionamientos y vialidades a una altura máxima de 9 mts y separación entre postes de 30 mts.
Lámpara de Vapor de Sodio 400 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 320W, autotransformador	20%	Iluminación de estacionamientos y azoteas a una altura máxima de 9 mts y separación entre de 30 mts.
	Lámpara de inducción 200 W 200-277V	50%	
Lámpara de Vapor de Sodio 1000 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 400W, autotransformador	60%	Iluminación en explanadas y estacionamientos altura máxima del poste 12 mts.

Tabla 6.12 sistemas propuestos para diferentes áreas de la UNAM

Para tener una mejor claridad en el efecto que este cambio produce en los consumos de los sistemas instalados actualmente hay que analizar nuevamente los ejemplos vistos en el capítulo 4 pero ahora con las lámparas propuestas en este capítulo. Primero veremos el impacto en potencia y después se realizara un análisis económico para la inversión de instalación y en cuanto tiempo se espera la recuperación.

6.1. Ahorro de energía estimado por el cambio

Siguiendo los mismos pasos que en el capítulo 4 veamos con cuantas lámparas estará instalado el recinto por nivel, y depuse se ara el conteo en potencia de todo el sistema, y luego lo compararemos con el consumo que encontramos en el capítulo 4. Empecemos con la facultad de ciencias políticas que fue el primer ejemplo visto en el capítulo 4.

Facultad de Ciencias Políticas (Actual)					
Área	Tubo T12 2x75W	Tubo T12 2x39W	Tubo T8 2x32W	Reflector de vapor de sodio 250 W	Reflector de vapor de mercurio 400W
Edificio A planta Baja	48	41	0	0	0
Edificio A primer nivel	64	10	11	0	0
Edificio A segundo nivel	62	12	11	0	0
Edificio A tercer nivel	62	12	11	0	0
Edificio A azotea	0	0	0	8	1
Edificio B planta baja	52	15	0	0	0
Edificio B nivel 1	47	23	0	0	0
Edificio B nivel 2	19	22	56	0	0
Edificio B nivel 3	2	15	99	0	0
Edificio B azotea	0	0	0	9	0

Tabla 6.1.1 Sistema actual instalado en la facultad de ciencias políticas

Facultad de Ciencias Políticas (Propuesta)					
Área	Tubo T8 2x59W	Tubo T8 2x32W	Tubo T8 2x32W	Reflector de aditivos metálicos 175W	Reflector de aditivos metálicos 320W
Edificio A planta Baja	48	41	0	0	0
Edificio A primer nivel	64	10	11	0	0
Edificio A segundo nivel	62	12	11	0	0
Edificio A tercer nivel	62	12	11	0	0
Edificio A azotea	0	0	0	8	1
Edificio B planta baja	52	15	0	0	0
Edificio B nivel 1	47	23	0	0	0
Edificio B nivel 2	19	22	56	0	0
Edificio B nivel 3	2	15	99	0	0
Edificio B azotea	0	0	0	9	0

Tabla 6.1.2 Sistema propuesto para la facultad de ciencias políticas

Vemos que las lámparas fluorescentes de 2x32w T8 no fueron sustituidas, esta es la mejor tecnología aplicable actualmente en oficinas y pasillos. Los niveles de iluminación son mantenidos según lo visto anteriormente, como la propuesta esta diseñada para no gastar en arreglos a las estructuras de los edificios se propone una sustitución lámpara a lámpara, por lo tanto el numero de lámparas queda exactamente igual al conteo hecho en el capítulo 4. Veamos ahora la potencia total de la instalación de estos dos edificios en la facultad de ciencias políticas.

Sistema actual			
Tipo de lámpara	Cantidad	KW	Porcentaje
LF 2X75W,T12	356	66.75	67.65%
LF 2X39W,T12	150	14.625	14.82
LF 2x32W,T8	188	12.633	12.81
Reflector vapor de sodio 250W	17	4.25	4.31
Reflector vapor de mercurio 400W	1	.4	0.41
Total		98.658	100%

Tabla 6.1.3 Conteo de lámparas y potencia en la facultad de ciencias políticas actual

Sistema propuesta			
Tipo de lámpara	Cantidad	KW	Porcentaje
LF 2X59W,T8	356	52.51	65.280%
LF 2X32W,T8	150	12	14.918%
LF 2x32W,T8	188	12.633	15.706%
Reflector de aditivos metálicos 175W	17	2.975	3.70%
Reflector de aditivos metálicos 320W	1	0.32	0.40%
Total		80.438	100%

Tabla 6.1.4 Potencias en la facultad de ciencias políticas con la propuesta

Haciendo comparaciones con el ejemplo del capítulo 4 vemos que la potencia total de los dos edificios es de 98.65kwatt mientras con las lámparas ahorradoras este se disminuye a 80.438kwatt lo que nos significa un ahorro de 18.212 kWatt lo que en primera instancia se ve e ahorro parcial en la potencia instalada, posteriormente veremos el ahorro en la potencia facturable. Siguiendo el formato del capítulo 4 nos toca revisar la facultad de química y como se realizaría el cambio de luminarias y como quedaría

LÁMPARAS ACTUALES			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
LF 2x39W, T12	1619	157.85	76.17%
LF 1x39W, T12	18	0.88	0.42%
LF 2X75W, T12	64	12.00	5.79%
LF 1X75W, T12	171	16.03	7.74%
LF 3X17W, T8	150	8.03	3.88%
LFC 26W	131	3.58	1.73%
INCADESCENTE 100W	5	0.50	0.24%
LF 2X17W, T8	43	1.54	0.74%
SPOT 150	29	4.35	2.10%
LFC 13W	13	0.18	0.09%
LF 2X32W, T8	33	2.22	1.07%
LF 2X39W, U, T12	1	0.10	0.05%
		207.25	100.00%

Tabla 6.1.5 Conteo de lámparas y potencia actual en la facultad de química

LÁMPARAS PROPUESTAS			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
LF 2x32W, T8	1619	108.80	74.39%
LF 1x32W, T8	18	0.60	0.41%
LF 2X59W, T8	64	7.93	5.42%
LF 1X59W, T8	171	10.59	7.24%
LF 3X17W, T8	150	8.03	5.49%
LFC 26W	131	3.58	2.45%
LFC 23W	5	0.12	0.08%
LF 2X17W, T8	43	1.54	1.05%
PAR 38, 90W	29	2.61	1.78%
LFC 13W	13	0.18	0.12%
LF 2X32W, T8	33	2.22	1.52%
LF 2X32W, U, T8	1	0.07	0.05%
		146.26	100.00%

Tabla 6.1.6 Conteo de lámparas y potencia en la facultad de química con la propuesta

Estas tablas se pone como ejemplo en el proyecto realizado por Programa de Ahorro de Energía¹, para esto se realizo un poco mas de información del ahorro estimado, vemos primeramente como se ahorraría 60.99 kW y como la simple sustitución de todas las lámparas T12 ya nos da un ahorro significativo.

Lámpara actuales	Lámparas propuestas	Ahorro en KW	Porcentaje
LF 2x39W, T12	LF 2x32W, T8	49.06	80.44%
LF 1x39W, T12	LF 1x32W, T8	0.27	0.45%
LF 2X75W, T12	LF 2X59W, T8	4.07	6.67%
LF 1X75W, T12	LF 1X59W, T8	5.44	8.92%
LF 3X17W, T8	LF 3X17W, T8	0.00	0.00%
LFC 26W	LFC 26W	0.00	0.00%
INCADESCENTE 100W	LFC 23W	0.38	0.62%
LF 2X17W, T8	LF 2X17W, T8	0.00	0.00%
SPOT 150	PAR 38, 90W	1.74	2.85%
LFC 13W	LFC 13W	0.00	0.00%
LF 2X32W, T8	LF 2X32W, T8	0.00	0.00%
LF 2X39W, U, T12	LF 2X32W, U, T8	0.03	0.05%
Total		60.99	100.00%

Tabla 6.1.7 Ahorro generado en la facultad de química con la propuesta

Así podemos dar una mejor evaluación del ahorro, como se menciona al principio de este capítulo entre mas alto sea la potencia de la lámpara que queremos sustituir mayor es el ahorro que obtenemos al sustituirla por una tecnología mas eficiente, y esto se ve claramente en la tabla 7.5, donde vemos como de los 60.99 kW. de ahorro 49 son por el ahorro provocados por las lámparas de 2x39 W en formato T12 para ver mas claramente como cada sustitución aporta algo al nuevo sistema veamos la siguiente gráfica.

1.- ESTANDARIZACION DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION documento elaborado por Proyectos de Ahorro de Energía

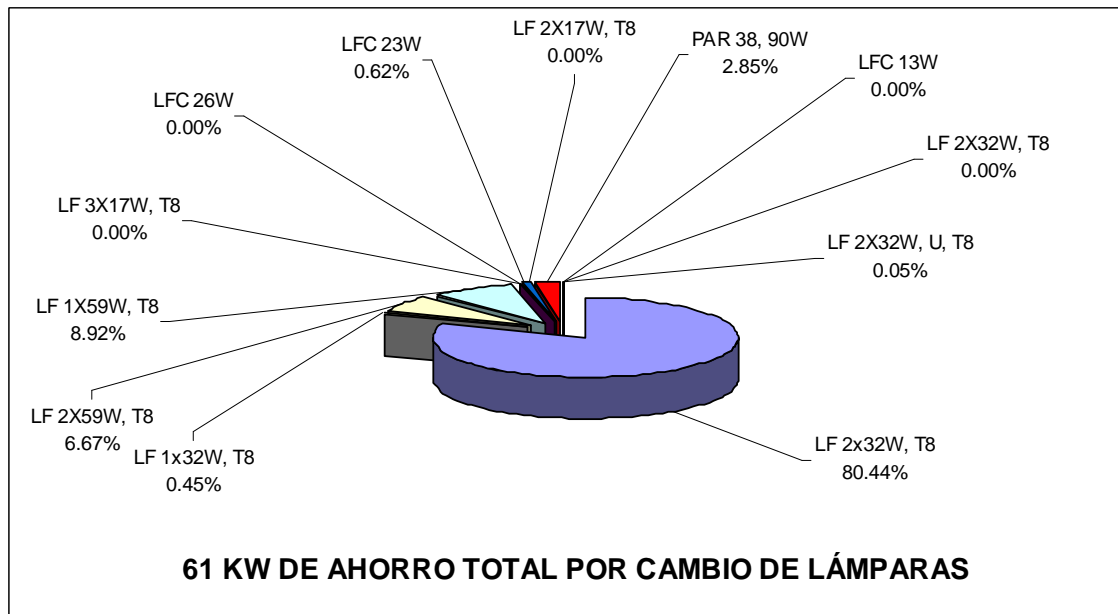


Imagen 6.1.1 porcentaje de las diferentes lámparas instaladas en ciencias políticas

Y ahora veamos otro tipo de dependencias donde los trabajos son un poco diferentes, veamos algunos institutos donde se realizan trabajos de oficina y de investigación, donde la iluminación está destinada principalmente a labores de computo y de pruebas.

Primero veremos el instituto de ciencias nucleares, como ya se realizó el levantamiento eléctrico y el conteo de luminarias de este lugar se puede predecir que el ahorro será menor que en las instalaciones académicas de las facultades, sin embargo hay que calcular el ahorro energético de estos lugares y determinar si es determinante, para poder saber si la propuesta es eficaz para lugares con baja carga.

Y por supuesto determinar que lámparas nos dan un mejor uso de la energía en lugares donde la luz es continuamente usada durante el día, lo que se llama una carga constante

Sistema actual				
Tubo de alumbrado	Planta baja	Primer nivel	Segundo nivel	Tercer nivel
Tubo fluorescente 2x32W	46	20	56	24
Tubo fluorescente 1x32	29	62	0	30
Tubo fluorescente 1x60	0	22	0	0
Tubo fluorescente 2x20	6	4	4	4
Tubo fluorescente 2x75	0	0	5	0
Fluorescente compacta 26W	3	5	20	20
Fluorescente compacta 20W	0	0	10	14
Fluorescente compacta 13W	32	49	28	12
Incandescente 150W	0	0	22	0
Incandescente 75W	0	0	0	2
Vapor de sodio 250W	11	0	0	0
Aditivos metálicos 150W	0	0	0	6

Tabla 6.1.8 Conteo de lámparas por potencia actual en el instituto de ciencias nucleares

Sistema propuesto				
Tubo de alumbrado	Planta baja	Primer nivel	Segundo nivel	Tercer nivel
Tubo fluorescente T8 2x32W	46	20	56	24
Tubo fluorescente T8 1x32	29	62	0	30
Tubo fluorescente 1x60	0	22	0	0
Tubo fluorescente 2x20	6	4	4	4
Tubo fluorescente t8 2x59W	0	0	5	0
Fluorescente compacta 26W	3	5	20	20
Fluorescente compacta 20W	0	0	10	14
Fluorescente compacta 13W	32	49	28	12
Fluorescente compacta 30W	0	0	22	0
Fluorescente compacta 20W	0	0	0	2
Aditivos metálicos 150W	11	0	0	0
Aditivos metálicos 150W	0	0	0	6

Tabla 6.1.9 Conteo de lámparas por potencia propuesto en el instituto de ciencias nucleares

Aquí vemos que en estos edificios los cambios son mínimos, es decir que en algunas dependencias de ciudad universitaria se han re modelado y esta utilizando las lámparas mas adecuadas, sin embargo todavía utilizan lámparas incandescentes y en el alumbrado exterior pueden cambiarse aun las lámparas de vapor de sodio que son muy pocas eficaces. Veamos como cambia la potencia total en el edificio.

Sistema actual			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
Tubo fluorescente 2x32W	146	9.052	34.37%
Tubo fluorescente 1x32	121	3.751	14.24%
Tubo fluorescente 1x60	22	1.298	4.93%
Tubo fluorescente 2x20	18	0.9	3.42%
Tubo fluorescente 2x75	5	0.937	3.56%
Fluorescente compacta 26W	48	1.248	4.74%
Fluorescente compacta 20W	24	0.48	1.82%
Fluorescente compacta 13W	121	1.573	5.97%
Incandescente 150W	22	3.3	12.56%
Incandescente 75W	2	0.15	0.57%
Vapor de sodio 250W	11	2.75	10.44%
Aditivos metálicos 150W	6	0.9	3.42%
Total		26.339	100%

Tabla 6.1.10 Potencia actual en el instituto de ciencias nucleares

Sistema propuesto			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
Tubo fluorescente T8 2x32W	146	9.052	40.61%
Tubo fluorescente T8 1x32	121	3.751	16.83%
Tubo fluorescente 1x60	22	1.298	5.82%
Tubo fluorescente 2x20	18	0.900	4.04%
Tubo fluorescente T8 2x59W	5	0.7375	3.31%
Fluorescente compacta 26W	48	1.248	5.60%
Fluorescente compacta 20W	24	0.480	2.15%
Fluorescente compacta 30W	121	1.573	7.06%
Fluorescente compacta 13W	22	0.660	2.96%
Fluorescente compacta 30W	2	0.040	0.185
Aditivos metálicos 150W	11	1.650	7.40%
Aditivos metálicos 150W	6	0.900	4.04%
Total		22.29	100%

Tabla 6.1.11 potencia provocada por la propuesta en el instituto de ciencias nucleares

Vemos aquí como la potencia si tiene gran diferencia, y podemos ver como el ahorro se logra con el cambio de lámparas incandescentes de 150W por las lámparas fluorescentes compactas de 30W. Este cambio es muy simple sin embargo representa un ahorro de mas de 3kW lo cual ayuda mucho al decremento de potencia en el edificio. Aunque este edificio al parecer tenia una buena instalación eléctrica, y al tener la mayoría de las tecnologías que estamos proponiendo están bien empleadas; se ve un ahorro de un poco mas

de 4 kilo watts. Abra que analizar si este ahorro justificaría una inversión para este edificio, lo cual se vera en el apartado 6.2.

Veamos otro ejemplo donde se puede aplicarse esta propuesta, veamos ahora el instituto de ecología y veamos como disminuye la potencia de los dos edificios.

Sistema actual						
	Planta baja A	Primer nivel A	Segundo nivel A	Planta baja B	Primer nivel B	Segundo nivel B
Tubo 2x75W	7	18	9	6	7	21
Tubo 2x40W	81	60	78	84	91	64
Tubo 4x20W	0	0	0	0	0	4
Tubo 4x40W	0	0	0	2	0	0
FLC 13W	0	12	6	1	0	0
Incandescente 75W	2	5	2	11	5	2
Aditivos metálicos 250W	0	0	7	0	0	4

Tabla 6.1.12 Conteo de lámparas actual en el instituto de ecología

Sistema propuesto						
	Planta baja A	Primer nivel A	Segundo nivel A	Planta baja B	Primer nivel B	Segundo nivel B
Tubo T8 2x59W	7	18	9	6	7	21
Tubo T8 2x32W	81	60	78	84	91	64
Tubo T8 4x17W	0	0	0	0	0	4
Tubo T8 4x32W	0	0	0	2	0	0
FLC 13W	0	12	6	1	0	0
FLC 20W	2	5	2	11	5	2
Aditivos metálicos 250W	0	0	7	0	0	4

Tabla 6.1.13 Conteo de lámparas con la propuesto en el instituto de ecología

Vemos que este edificio necesita un gran cambio en todos sus sistemas, habría que cambiar todas las lámparas tubulares en las oficinas y pasillos, esta claro que este edificio necesitaría una gran inversión inicial para el cambio de luminarias, para justificar esta inversión veamos cuanto podríamos ahorrar en ambos edificios con estos cambios.

Sistema actual			
Lámpara	Cantidad	kW	Porcentaje
Tubo 2x75W	68	12.75	19.83%
Tubo 2x40W	458	45.8	71.22%
Tubo 4x20W	4	0.336	0.52%
Tubo 4x40W	2	0.4	0.62%
FLC 13W	19	0.247	0.38%
Incandescente 75W	27	2.025	3.15%
Aditivos metálicos 250W	11	2.75	4.28%
Total		64.308	100%

Tabla 6.1.14 Potencia actual en el instituto de ecología

Sistema propuesto			
Lámpara	Cantidad	KW	Porcentaje
Tubo T8 2x59W	68	10.030	19.17%
Tubo T8 2x32W	458	36.640	70.04%
Tubo T8 4x17W	4	0.218	0.42%
Tubo T8 4x32W	2	0.400	0.76%
FLC 13W	19	0.247	0.47%
FLC 20W	27	2.025	3.87%
Aditivos metálicos 250W	11	2.750	5.26%
Total		52.310	100%

Tabla 6.1.15 Potencia con el sistema propuesto en el instituto de ecología

Vemos como la inversión inicial aunque sea alta nos da un ahorro energético muy fuerte para esta sustitución, de todas estas lámparas, este ahorro directo de potencia gastada es de 11.998 kilo watts. Y podemos ver gracias a las tablas comparativas, que el ahorro se ve reflejado principalmente con los tubos fluorescentes por la T8.

Otro lugar interesante donde probar esta propuesta de estandarización son las bibliotecas. Para usos generales en esta tesis probaremos la sustitución en la biblioteca central, sabiendo que es uno de los lugares más conocidos y usados por los estudiantes y visitantes de nuestra universidad.

Sistema actual							
	Tubo 2x75W	Tubo 1x75W	Tubo 2X40W	Tubo 1x40W	Tubo 1x20W	foco de 100W	foco 75W
Entre piso	85	0	49	0	0	9	6
nivel 1	50	0	30	0	2	0	0
nivel 2	27	44	10	0	2	0	0
nivel 3	27	44	10	44	2	0	0
nivel 4	27	44	10	44	2	0	0
nivel 5	26	44	11	44	2	0	0
nivel 6	32	36	10	36	2	0	0
nivel 7	26	44	11	44	2	0	0
nivel 8	67	0	11	0	2	0	0
Nivel 9	20	55	9	55	2	0	0
Nivel 10	33	33	15	33	5	0	0

Tabla 6.1.16 Conteo de lámparas actual en la biblioteca central

Sistema propuesto							
	Tubo T8 2x59W	Tubo T8 1x59W	Tubo T8 2X32W	Tubo T8 1x32W	Tubo T8 1x17W	FLC de 25W	FLC 20W
Entre piso	85	0	49	0	0	9	6
nivel 1	50	0	30	0	2	0	0
nivel 2	27	44	10	0	2	0	0
nivel 3	27	44	10	44	2	0	0
nivel 4	27	44	10	44	2	0	0
nivel 5	26	44	11	44	2	0	0
nivel 6	32	36	10	36	2	0	0
nivel 7	26	44	11	44	2	0	0
nivel 8	67	0	11	0	2	0	0
nivel 9	20	55	9	55	2	0	0
nivel 10	33	33	15	33	5	0	0

Tabla 6.1.17 Conteo de lámparas propuesto en la biblioteca central

Ya con la sustitución los niveles de iluminación se mantendrían fijos. Por desgracia en este ejemplo no pudimos contar las lámparas exteriores por los planos que nos facilitaron. Pero como veremos a continuación el ahorro será bastante ya que el número de lámparas que hay que cambiar es importante.

Sistema actual			
Lámpara	Cantidad	KW	Porcentaje
Tubo 2x75	420	78.75	54.11%
Tubo 1x75	344	32.25	22.16%
Tubo 2x40	176	17.6	12.09%
Tubo 1x40	300	15	10.31%
Tubo 1x20	23	0.575	0.40%
Incandescente 100w	9	0.9	0.62%
Incandescente 75w	6	0.45	0.31%
Total		145.525	100%

Tabla 6.1.18 Potencia actual en la biblioteca central

Sistema Propuesto			
Lámpara	Cantidad	KW	Porcentaje
Tubo T8 2x59W	420	61.950	54.23%
Tubo T8 1x59W	344	25.370	22.21%
Tubo T8 2X32W	176	14.080	12.33%
Tubo T8 1x32W	300	12	10.50%
Tubo T8 1x17W	23	0.488	0.43%
FLC de 25W	9	0.225	0.20%
FLC 20W	6	0.120	0.11%
Total		114.233	100%

Tabla 6.1.19 Potencia con la propuesta en la biblioteca central

Como ya se veía en el conteo, o mas bien en la tabla 7.12 de lámparas que se sustituirían en este ejemplo, vemos que este edificio cuenta con una carga bastante grande destinada a iluminación, lo que lo hace perfecto para hacer una revisión del ahorro energético para los sistemas; ahora esto se comprueba con las tablas de potencia total que nos brindan las lámparas, vemos como con las viejas lámparas ineficaces la potencia es muy alta 145.525 kW lo cual es de entender por el alto numero de lámparas que se utilizan para su alumbrado, y por esto mismo el porcentaje de ahorro aumenta; al sustituir las lámparas de esta propuesta la potencia total de alumbrado cambia a 114.233 kW con lo que tenemos un ahorro de 21.50% de la energía que antes gastábamos.

Para ver mas claro el ahorro tanto energético como económico, hay que revisar el gasto mensual que podríamos tener si la propuesta es llevara acabo, por lo que seguiremos con el ejemplo que se realizo e el capitulo 4 la revisión del gasto mensual. Veremos esto para facilitar la evaluación económica de la inversión y como podremos amortiguar la fuerte inversión inicial en los ejemplos de las facultades y estancias de la UNAM que revisamos anteriormente.

6.2. Evaluación económica de la inversión

Ahora veremos como esta propuesta nos brinda no solo un ahorro energético si no también un ahorro económico, para esto revisaremos los precios actuales que comisión federal de electricidad y luz y fuerza del centro nos ofrecen, también nos apoyaremos con los datos obtenidos anteriormente en este capitulo y en los datos obtenidos del capitulo 4 para ver la diferencia entre el gasto teórico actual y el gasto que se obtendría con la propuesta de estandarización.

Actualmente en México existen algunas tarifas estandarizadas que se aplican a diferentes cargas instaladas. Por eso es importante aclarar que aquí en nuestra ciudad universitaria se aplica la tarifa llamada Tarifa Horaria en Media tención o HM, Esta tarifa es aplicable para cualquier servició en general, en mediana tensión y con una demanda superior a los 100 kW. Y la característica que la difiere de las tarifas normales que conocemos un viviendas y casa habitación es que el precio del kilowatt/hora varia con respecto a los horarios del día. Tiene 3 horarios repartidos en el día, y a cada uno de ellos tiene una tarifa distinta. Y estas horas varían un poco dependiendo si nos encontramos en horario de verano o no estemos en el.

Esta tarifa se cobra mensualmente y varía los precios por regiones de la república. Pero la que a nosotros nos interesa es la del centro de la república, y con la siguiente tabla podremos ver como cambian los precios en los diferentes horarios, y veremos también que horas del día están definidos para esta tarifa.

Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Tabla 6.2.1 Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Tabla 6.2.2 Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda medida en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se tomará como kilowatt completo.

Estos son los horarios que se maneja, el precio del kilowatt no solo varía por el horario en el que este es consumido, sino que el precio del kilowatt base, intermedio y punta que también varían entre mes y mes. Para el desarrollo de nuestro estudio se utilizara las tarifas mas recientes, nos referimos a los precios del mes de marzo del 2009, hay que aclarar que estos precios varían y por lo tanto hay que revisarlos para próximos estudios.

Región	Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt - hora de energía de punta	Cargo por kilowatt - hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt - hora de energía de base
Baja California	\$ 224.15	\$ 1.6225	\$ 0.7246	\$ 0.5694
Baja California Sur	\$ 215.44	\$ 1.3019	\$ 1.0057	\$ 0.7117
Central	\$ 155.36	\$ 1.5553	\$ 0.8026	\$ 0.6708
Noreste	\$ 142.85	\$ 1.4363	\$ 0.7452	\$ 0.6104
Noroeste	\$ 145.88	\$ 1.4447	\$ 0.7395	\$ 0.6198
Norte	\$ 143.53	\$ 1.4467	\$ 0.7524	\$ 0.6122
Peninsular	\$ 160.51	\$ 1.5215	\$ 0.7539	\$ 0.6211
Sur	\$ 155.36	\$ 1.5230	\$ 0.7670	\$ 0.6380

Tabla 6.2.3 tarifas HM para distintas partes de México

Esta tabla es la que CFE nos brinda con los precios o cargos por kilowatt-hora en los 3 diferentes horarios para diferentes regiones del país, a nosotros nos interesan los que están en amarillo, es decir las tarifas aplicables a la zona central, en el distrito federal.

Para los casos vistos tenemos varios horarios de trabaja, trabajaremos primero en las facultades. Los horarios de trabajo regularmente son estos. De lunes a viernes las facultades empiezan su horario para estudiantes a las 7 de la mañana pero la actividad de profesores, administrativo y personal de mantenimiento empieza desde una hora antes. También sabemos que gran parte de la iluminación esta prendida desde muy temprano, prácticamente desde el día anterior. Las actividades siguen por el resto de la mañana, aproximadamente a partir de las 11 del día, en promedio, se deja de usar la iluminación exterior; sin embargo se mantiene el uso de iluminación interior en aulas oficinas y bodegas. Las actividades académicas terminan a las 10 de la noche y se mantiene una iluminación exterior que comenzaría aproximadamente a las 6 o 7 de la tarde y se mantendría en algunos casos hasta el día siguiente.

Sin embargo la carga de iluminación varía con respecto pasa el día, no solo por las variaciones de la luz solar en el transcurso del ciclo de rotación de la tierra. Si no que las cargas de alumbrado se consideran una carga discontinua. Por ello hay que usar factores de carga discontinua o carga continua como lo indica la NOM-001-SEDE-2005. Además en la página de la comisión federal de electricidad se nos indica que hay que colocar factores de demanda facturable para las demandas base e intermedia.

Proyectos de ahorro de energía ha decidido englobar estos factores de reducción y de aumento de la carga demandada, por vuestros edificios de prueba, en uno solo. Para englobarlo se ha estudiado la gráfica de la demanda a lo largo del día mediante un analizador de corriente. Con él se puede ver que en los extremos de la gráfica no encontramos una demanda alta, y que mediante el día pasa este se incrementa, como en todos los casos de una demanda normal, y analizando esta forma se ha podido compensar el factor de carga discontinua con la acotación de la gráfica de demanda en sus extremos.

Así, si solo tomamos encuentra los horarios a partir de las 6 de la mañana y no superiores a las 10 de la noche, llenando así los huecos que surge cuando se apagan las luces en las tardes, podemos reducir los cálculos de la demanda facturable y si el criterio se sigue con la sustitución de las nuevas lámparas se podrá ver fehacientemente el ahorro por el cambio

Siguiendo este criterio veremos ahora cual es nuestra demanda facturable en un mes de actividades tanto en horario de verano como si no estuviéramos en el. Aparte de analizar los dos casos que tenemos en la instalación, la instalación actual y la que proponemos en el capítulo 6

Empezaremos con la facultad de química que se uso como prueba para el proyecto de estandarización preparado para ciudad universitaria. Así con la facultad de química se uso la tabla de los equipos instalados, la que vimos anteriormente, y se lleno una tabla con los horarios base, media y punta para el uso que se tiene de las lámparas con el horario HM. Usando los horarios de la tabla de horarios de horario de verano. Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre

Lámparas actuales, y horas de uso									
Lámpara	Cantidad	Pot./Lum Con balastro W	Pot. Total kW	Horas de Operación día			Días de operación		
				Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				hrs.	hrs.	hrs.	No.	No.	No.
2X39W	1619	97.5	157.8525	0	10	2	20	20	20
1X39W	18	48.75	0.8775	0	10	2	20	20	20
2X75W	64	187.5	12	0	10	2	20	20	20
1X75W	171	93.75	16.03125	0	10	2	20	20	20
3X17W *	150	53.55	8.0325	0	10	2	20	20	20
26W *	131	27.3	3.5763	0	10	2	20	20	20
100W	5	100	0.5	0	10	2	20	20	20
2X17W *	43	35.7	1.5351	0	10	2	20	20	20
150W	29	150	4.35	0	10	2	20	20	20
13W *	13	13.65	0.17745	0	10	2	20	20	20
2X32W *	33	67.2	2.2176	0	10	2	20	20	20
2X39W U	1	97.5	0.0975	0	10	2	20	20	20

Tabla 6.2.4 horas de uso de las lámparas actuales, horario de verano

También anexaremos una tabla similar donde se pondrán ahora como seria con las lámparas propuestas, los horarios serian exactamente iguales, ya que se espera el mismo uso, y gracias a ello podemos analizar el ahorro en trabajo normal que tendrán después de la sustitución.

Lámparas propuestas y horas de uso									
Lámpara	Cantidad	Pot/lum. con balastro	Pot. Total	Horas de Operación día			Días de operación		
		Watts	Kw.	Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				hrs.	hrs.	hrs.	No.	No.	No.
2X32W	1619	67.2	108.7968	0	10	2	20	20	20
1X32W	18	33.6	0.6048	0	10	2	20	20	20
2X59W	64	123.9	7.9296	0	10	2	20	20	20
1X59W	171	61.95	10.59345	0	10	2	20	20	20
3X17W*	150	53.55	8.0325	0	10	2	20	20	20
26W*	131	27.3	3.5763	0	10	2	20	20	20
23W	5	24.15	0.12075	0	10	2	20	20	20
2X17W*	43	35.7	1.5351	0	10	2	20	20	20
90W	29	90	2.61	0	10	2	20	20	20
13W*	13	13.65	0.17745	0	10	2	20	20	20
2X32W	33	67.2	2.2176	0	10	2	20	20	20
2X32W U	1	67.2	0.0672	0	10	2	20	20	20

Tabla 6.2.5 horas de uso de las lámparas propuestas, horario de verano

Y después seguimos con estos horarios y días se calcula los consumos las formulas que se utilizaron son muy simples. Con la tabla de arriba se toman los días y las horas que la lámpara esta en uso, con ellos se calcula los consumos por horario, se multiplica la potencia total por las horas que es utilizada en cada una de los horarios de la tarifa, y posteriormente multiplicamos por los días del mes, recordemos que esta tarifa es mensual. Ejemplo si queremos calcular el consumo mensual en kWhr. en el horario punta se multiplica la potencia de la lámpara que se quiere, después se multiplica por las horas que esta lámpara es utilizada en el horario punta, el horario dura 2 horas y por lo generar es siempre utilizado completamente en cargas continuas, después multiplicamos por los días que esta lámpara se utiliza durante el mes.

Para el consumo energético, que es el consumo en pesos por lo que pagamos por nuestro consumo es necesario tener en cuenta las tarifas que Comisión Federal de Electricidad nos proporciona. Para el calculo de la demanda facturable del horario punta se multiplica el precio de la energía kWhr. por el total del consumo que calculamos anteriormente, después se suman los tres consumos obtenidos, base, intermedio y punta; esto para sacar el consumo total en la demanda energética que hay que pagar.

Facturación actual mensual de la facultad de química en horario de verano									
Consumos Mensuales kWhr.				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr.	kWhr.	kWhr.	kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kW.	\$
0.00	31570.50	6314.10	37884.60	0.00	25338.48	9820.32	35158.80	24523.96	59682.77
0.00	175.50	35.10	210.60	0.00	140.86	54.59	195.45	136.33	331.78
0.00	2400.00	480.00	2880.00	0.00	1926.24	746.54	2672.78	1864.32	4537.10
0.00	3206.25	641.25	3847.50	0.00	2573.34	997.34	3570.67	2490.62	6061.29
0.00	1606.50	321.30	1927.80	0.00	1289.38	499.72	1789.09	1247.93	3037.02
0.00	715.26	143.05	858.31	0.00	574.07	222.49	796.56	555.61	1352.17
0.00	100.00	20.00	120.00	0.00	80.26	31.11	111.37	77.68	189.05
0.00	307.02	61.40	368.42	0.00	246.41	95.50	341.92	238.49	580.41
0.00	870.00	174.00	1044.00	0.00	698.26	270.62	968.88	675.82	1644.70
0.00	35.49	7.10	42.59	0.00	28.48	11.04	39.52	27.57	67.09
0.00	443.52	88.70	532.22	0.00	355.97	137.96	493.93	344.53	838.46
0.00	19.50	3.90	23.40	0.00	15.65	6.07	21.72	15.15	36.86
Totales								32198.00	78358.70

Tabla 6.2.6 Consumo mensual actual de la facultad de química con horario de verano

Estos son los gastos que tenían antes, recordando que este calculo es teórico, en la facultad de química. Veamos como quedarían los consumos con el nuevo sistema de alumbrado.

Facturación mensual de la facultad de química con la propuesta									
Consumos Mensuales kWhr.				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr	kWhr.	kWhr.	kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kW.	\$
0.00	21759.36	4351.87	26111.23	0.00	17464.06	6768.47	24232.53	16902.67	41135.20
0.00	120.96	24.19	145.15	0.00	97.08	37.63	134.71	93.96	228.67
0.00	1585.92	317.18	1903.10	0.00	1272.86	493.32	1766.18	1231.94	2998.12
0.00	2118.69	423.74	2542.43	0.00	1700.46	659.04	2359.50	1645.80	4005.30
0.00	1606.50	321.30	1927.80	0.00	1289.38	499.72	1789.09	1247.93	3037.02
0.00	715.26	143.05	858.31	0.00	574.07	222.49	796.56	555.61	1352.17
0.00	24.15	4.83	28.98	0.00	19.38	7.51	26.89	18.76	45.65
0.00	307.02	61.40	368.42	0.00	246.41	95.50	341.92	238.49	580.41
0.00	522.00	104.40	626.40	0.00	418.96	162.37	581.33	405.49	986.82
0.00	35.49	7.10	42.59	0.00	28.48	11.04	39.52	27.57	67.09
0.00	443.52	88.70	532.22	0.00	355.97	137.96	493.93	344.53	838.46
0.00	13.44	2.69	16.13	0.00	10.79	4.18	14.97	10.44	25.41
Total								22723.19	55300.32

Tabla 6.2.7 consumo mensual con la propuesta de la facultad de química con horario de verano

Como podemos ver comparando las dos tablas anteriores podemos determinar los ahorros mensuales que tendríamos si la propuesta es llevada a la práctica en estos edificios, vemos que con las lámparas que están actualmente instaladas se gasta mensualmente la cantidad de \$78358.70, en cambio con las lámparas ahorradoras propuestas se ve reducido el gasto mensual en \$55300.32. Esto nos indica un gran ahorro de \$23058.38 por mes después de que todo el cambio sea hecho, por lo que ahorraríamos cerca del 30% del gasto actual de la facultad.

Es necesario realizar otro calculo de esta facultad, ya que como se explico anteriormente la tarifa H-M tiene la característica de que cambia los intervalos de los horarios tarifarios base, intermedio y punta con el cambio del horario de verano, ahora haremos el calculo con los horarios cuando el horario de verano no se esta aplicando.

Sin Horario de Verano

La tabla siguiente tiene los horarios que se usan con el nuevo horarios, recordemos que el horario intermedio se reduce ya que la curva de demanda es mas "puntiaguda", esto se ve en la duración de la demanda máxima, es decir el horario punta, la cual dura 4 horas esta ves.

Lámparas actuales, y horas de uso									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. Con balastro W	Pot. Total kW	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
				Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				hrs.	hrs.	hrs.	No.	No.	No.
2X39W	1619	97.5	157.8525	0	8	4	20	20	20
1X39W	18	48.75	0.8775	0	8	4	20	20	20
2X75W	64	187.5	12	0	8	4	20	20	20
1X75W	171	93.75	16.03125	0	8	4	20	20	20
3X17W *	150	53.55	8.0325	0	8	4	20	20	20
26W *	131	27.3	3.5763	0	8	4	20	20	20
100W	5	100	0.5	0	8	4	20	20	20
2X17W *	43	35.7	1.5351	0	8	4	20	20	20
150W	29	150	4.35	0	8	4	20	20	20
13W *	13	13.65	0.17745	0	8	4	20	20	20
2X32W *	33	67.2	2.2176	0	8	4	20	20	20
2X39W U	1	97.5	0.0975	0	8	4	20	20	20

Tabla 6.2.8 horas de uso de las lámparas actuales, horario normal

Como vemos la tabla es muy parecida a la anterior, solo hay que modificar los horarios punta he intermedia, por lo que no colocare la tabla con la sustitución de la propuesta, se sobre entiende que el numero de lámparas, el tipo de tecnología y las potencias totales por tecnología son exactamente iguales a las de arriba. Solo modificando los usos horarios

Después calculamos las demandas con estos horarios nuevos, y siguiendo la misma ideología usada en los cálculos anteriores, para seguir el mismo lineamiento. Las constantes son las mismas para los dos usos horarios.

Facturación actual mensual de la facultad de química en horario normal									
Consumos Mensuales kWhr.				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr.	kWhr.	kWhr.	kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kW.	\$
0.00	25256.40	12628.20	37884.60	0.00	20270.79	19640.64	39911.43	24523.96	64435.39
0.00	140.40	70.20	210.60	0.00	112.69	109.18	221.87	136.33	358.20
0.00	1920.00	960.00	2880.00	0.00	1540.99	1493.09	3034.08	1864.32	4898.40
0.00	2565.00	1282.50	3847.50	0.00	2058.67	1994.67	4053.34	2490.62	6543.96
0.00	1285.20	642.60	1927.80	0.00	1031.50	999.44	2030.94	1247.93	3278.87
0.00	572.21	286.10	858.31	0.00	459.25	444.98	904.23	555.61	1459.85
0.00	80.00	40.00	120.00	0.00	64.21	62.21	126.42	77.68	204.10
0.00	245.62	122.81	368.42	0.00	197.13	191.00	388.13	238.49	626.63
0.00	696.00	348.00	1044.00	0.00	558.61	541.24	1099.85	675.82	1775.67
0.00	28.39	14.20	42.59	0.00	22.79	22.08	44.87	27.57	72.44
0.00	354.82	177.41	532.22	0.00	284.78	275.92	560.70	344.53	905.22
0.00	15.60	7.80	23.40	0.00	12.52	12.13	24.65	15.15	39.80
								32198.00	84598.51

Tabla 6.2.9 Consumo mensual actual de la facultad de química con horario normal

Estos son los gastos obtenidos por un mes de consumos en horario normal, el que no es de verano, siguiendo estos horarios de uso choquemos cuanto nos costaría ahora el mismo mes de trabajo de las lámparas con la propuesta de ahorro de energía y veremos como se reduce este gasto.

Facturación mensual de la facultad de química en horario normal con la propuesta									
Consumos Mensuales kWhr.				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr.	kWhr.	kWhr.	kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kW.	\$
0.00	17407.49	8703.74	26111.23	0.00	13971.25	13536.93	27508.18	16902.67	44410.85
0.00	96.77	48.38	145.15	0.00	77.67	75.25	152.92	93.96	246.88
0.00	1268.74	634.37	1903.10	0.00	1018.29	986.63	2004.92	1231.94	3236.86
0.00	1694.95	847.48	2542.43	0.00	1360.37	1318.08	2678.45	1645.80	4324.25
0.00	1285.20	642.60	1927.80	0.00	1031.50	999.44	2030.94	1247.93	3278.87
0.00	572.21	286.10	858.31	0.00	459.25	444.98	904.23	555.61	1459.85
0.00	19.32	9.66	28.98	0.00	15.51	15.02	30.53	18.76	49.29
0.00	245.62	122.81	368.42	0.00	197.13	191.00	388.13	238.49	626.63
0.00	417.60	208.80	626.40	0.00	335.17	324.75	659.91	405.49	1065.40
0.00	28.39	14.20	42.59	0.00	22.79	22.08	44.87	27.57	72.44
0.00	354.82	177.41	532.22	0.00	284.78	275.92	560.70	344.53	905.22
0.00	10.75	5.38	16.13	0.00	8.63	8.36	16.99	10.44	27.43
Total								22723.19	59703.96

Tabla 6.2.10 Consumo mensual de la facultad de química con horario normal con la propuesta

Lo que surge de estas nuevas tablas es el ahorro en horario normal el cual es de \$24894.55 y podemos ver que este es mayor que en el horario de verano; esto se debe a que en el horario normal se recorre 2 horas a el horario pico, el cual es el más caro y es el central de la curva de demanda. Es decir que en horario normal consumimos más energía.

Siguiendo el mismo concepto se tomo el estudio de las gráficas de demanda de la facultad de ciencias políticas. El comportamiento era similar, la forma de la curva de demanda es parecida, mas no así las magnitudes. Pero gracias a la forma de la gráfica podemos mantener el mismo valor de las constantes y la reducción de las horas de uso para compensar las cargas continuas y discontinuas. Por lo que nuestra teoría para reducción de horas para compensar las cargas es aplicable a esta facultad en ambos usos horarios.

Horario de verano

Llenamos la tabla de los horarios de operación de la carga instalada encontrada en los levantamientos eléctricos antes vista.

Lámparas actuales y horas de uso de la facultad de ciencias políticas									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. con balastro. W	Pot. Total kW.	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
				Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				hrs.	hrs.	hrs.	No.	No.	No.
2X75W	356	187.5	66.75	0	10	2	20	20	20
2x39W	150	97.5	14.625	0	10	2	20	20	20
2x32W	188	67.2	12.6336	0	10	2	20	20	20
vapor de sodio 250W	17	250	4.25	0	4	2	20	20	20
vapor de mercurio 400W	1	400	0.4	0	4	2	20	20	20

Tabla 6.2.11 horas de uso de las lámparas actuales, horario de verano en la facultad de ciencias políticas

Lámparas propuestas y horas de uso de la facultad de ciencias políticas									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. Con balastro. W	Pot. Total kW.	Horas de Operación día			Días de oper. mensual		
				Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				hrs.	hrs.	hrs.	No.	No.	No.
LF 2X59W,T8	356	147.5	52.51	0	10	2	20	20	20
LF 2X32W,T8	150	80	12	0	10	2	20	20	20
LF 2x32W,T8	188	67.2	12.633	0	10	2	20	20	20
Reflector de aditivos metálicos 175W	17	175	2.975	0	4	2	20	20	20
Reflector de aditivos metálicos 320W	1	320	0.4	0	4	2	20	20	20

Tabla 6.2.12 horas de uso de las lámparas propuestas, horario de verano en la facultad de ciencias políticas

Vemos, igualmente como en el ejemplo pasado, que las horas de uso son iguales a en ambos casos de las dos tablas, como ya se menciona es para poder dar un ahorro fidedigno.

Con estos husos horarios, de distintos momentos del día, distribuidos por los usos horarios de la tarifa H-M y hay que multiplicar por los costos como se hizo con la facultad de química. Esto es necesario hacerse a las dos tablas, dándonos como resultado el ahorro en la facturación del mes.

Facturación actual mensual de la facultad de ciencias políticas en horario de verano									
Consumos Mensuales kWhr.				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr.	kWhr.	kWhr.	kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kW.	\$
0.00	13350	2670.00	16020.00	0.00	10714.71	4152.65	14867.36	10370.28	25237.64
0.00	2925	585.00	3510.00	0.00	2347.61	909.85	3257.46	2272.14	5529.60
0.00	2526.72	505.34	3032.06	0.00	2027.95	785.96	2813.91	1962.76	4776.66
0.00	340	170.00	510.00	0.00	272.88	264.40	537.29	660.28	1197.57
0.00	32	16.00	48.00	0.00	25.68	24.88	50.57	62.14	112.71
Totales								15327.60	36854.18

Tabla 6.2.13 Consumo mensual actual de la facultad de ciencias políticas con horario de verano

Y ahora conoceremos los consumos si la propuesta fuera puesta en práctica.

Facturación mensual de la facultad de ciencias políticas con la propuesta									
Consumos Mensuales kWhr.				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr.	kWhr.	kWhr.	kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kW.	\$
0.00	10502	2100.40	12602.4	0.00	8428.91	3266.75	11695.66	8157.95	19853.61
0.00	2400	480.00	2880	0.00	1926.24	746.54	2672.78	1864.32	4537.10
0.00	2526.6	505.32	3031.92	0.00	2027.85	785.92	2813.77	1962.66	4776.44
0.00	238	119.00	357.00	0.00	191.02	185.08	376.10	462.20	838.30
0.00	32	16.00	48	0.00	25.68	24.88	50.57	62.14	112.71
Totales								12509.28	30118.16

Tabla 6.2.14 Consumo mensual con la propuesta en la facultad de ciencias políticas con horario de verano

Ya con estas tablas podemos ver el ahorro mensual que nos produciría el cambio de luminarias en el edificio, como podemos ver en los recuadros amarillos, que representan los gastos, vemos un ahorro de 6736.18 pesos. Lo cual es bastante grande para los cambios relativamente pequeños en comparación de nuestros demás ejemplos. Y así podemos demostrar cómo no solo pensamos en los recursos necesarios para la generación de electricidad sino también en la economía de los usuarios, tanto de los usuarios de la energía eléctrica y de los usuarios de estos servicios.

Y así calculamos el ahorro facturable total que nos saldría en un mes de iluminación en esta facultad en horario de verano. Pero los intervalos cambian al pasar al horario normal es necesario calcularlo para estos horarios nuevos.

Horario normal

Lámparas actuales y horas de uso de la facultad de ciencias políticas, horario normal									
Lámpara	Cantidad	Pot lum. Con balastro	Pot.	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
		W	Total	Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
			kW	hrs.	hrs.	hrs.	No.	No.	No.
2X75W	356	187.5	66.75	0	8	4	20	20	20
2x39W	150	97.5	14.625	0	8	4	20	20	20
2x32W	188	67.2	12.6336	0	8	4	20	20	20
vapor de sodio 250W	17	250	4.25	0	2	4	20	20	20
vapor de mercurio 400W	1	400	0.4	0	2	4	20	20	20

Tabla 6.2.15 horas de uso en las lámparas actuales, horario normal en la facultad de ciencias políticas

Vemos que los horarios cambian pero no lo hacen así las potencias, lo mismo ocurre en la facultad de química, por lo que no es necesario colocar la tabla de horario normal con las lámparas propuestas. Se entiende que los horarios serán idénticos que en la tabla anterior

Y seguimos con el cálculo de las demandas. Para el nuevo horario que nos da el uso en horario normal, en el horario que no es de verano. Para ambos casos, lámparas actuales y con la propuesta.

Facturación actual mensual de la facultad de ciencias políticas en horario normal									
Consumos Mensuales kWhr				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr.	kWhr.	kWhr.	kWhr.	\$/kWhr	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kWhr.	\$/kW	\$
0.00	10680.00	5340.00	16020.00	0.00	8571.77	8305.30	16877.07	10370.28	27247.35
0.00	2340.00	1170.00	3510.00	0.00	1878.08	1819.70	3697.79	2272.14	5969.93
0.00	2021.38	1010.69	3032.06	0.00	1622.36	1571.92	3194.28	1962.76	5157.04
0.00	170.00	340.00	510.00	0.00	136.44	528.80	665.24	660.28	1325.52
0.00	16.00	32.00	48.00	0.00	12.84	49.77	62.61	62.14	124.76
Totales								15327.60	39824.59

Tabla 6.2.16 Consumo mensual actual en la facultad de ciencias políticas con horario normal

Y ahora para la propuesta de estandarización, y veamos cuánto dinero podemos ahorrar en este mes.

Facturación mensual de la facultad de ciencias políticas en horario normal con la propuesta									
Consumos Mensuales kWh				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWh	kWh	kWh	kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kW	\$
0.00	8401.60	4200.80	12602.40	0.00	6743.12	6533.50	13276.63	8157.95	21434.58
0.00	1920.00	960.00	2880.00	0.00	1540.99	1493.09	3034.08	1864.32	4898.40
0.00	2021.28	1010.64	3031.92	0.00	1622.28	1571.85	3194.13	1962.66	5156.79
0.00	119.00	238.00	357.00	0.00	95.51	370.16	465.67	462.20	927.87
0.00	16.00	32.00	48.00	0.00	12.84	49.77	62.61	62.14	124.76
Totales								12509.28	32542.39

Tabla 6.2.17 Consumo con la propuesta en ciencias políticas con horario normal

Como vemos en este ejemplo la facturación hecha en un mes de horario normal es mayor que lo que nos costaría un mes de alumbrado en horario de verano, sin embargo el ahorro producido por la propuesta es muy similar. Como vemos en este mes la propuesta nos ahorraría la cantidad de \$7282.2, en cambio en horario de verano se ahorrarían \$6736.18

Con esto podemos ver que en las facultades se podría ahorrar una gran cantidad de energía eléctrica y en gastos por la misma. Sin embargo existe un sitio donde el ahorro será más consistente. En la biblioteca central se utiliza una gran cantidad de energía para la iluminación, por ende será el lugar en el cual la propuesta puede ahorrar una gran cantidad de dinero. Sin embargo al revisar las gráficas de demanda de la biblioteca se llego a la conclusión de que el alumbrado es utilizado mas tiempo que en las facultades, por lo que se agregara 1 hora al periodo intermedio para compensar la energía usada en el periodo base.

Horario de verano

Lámparas actuales y horas de uso de la biblioteca central, horario de verano									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. Con balastro W	Pot. Total kW	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
				Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				Hrs	Hrs	Hrs	No.	No.	No.
Tubo 2x75	420	187.5	78.75	0	11	2	20	20	20
Tubo 1x75	344	93.75	32.25	0	11	2	20	20	20
Tubo 2x40	176	100	17.6	0	11	2	20	20	20
Tubo 1x40	300	50	15	0	11	2	20	20	20
Tubo 1x20	23	25	0.575	0	11	2	20	20	20
Incandescente 100w	9	100	0.9	0	11	2	20	20	20
Incandescente 75w	6	75	0.45	0	11	2	20	20	20

Tabla 6.2.18 horas de uso de lámparas actual de la biblioteca central con horario de verano

Y la tabla donde se muestran las potencias logradas con las lámparas propuestas. Y los horarios de verano.

Lámparas propuestas y horas de uso de la biblioteca central, horario de verano									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. Con balastro	Pot. Total	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
		W	Kw	Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				Hrs	Hrs	Hrs	No.	No.	No.
Tubo T8 2x59W	420	147.5	61.95	0	11	2	20	20	20
Tubo T8 1x59W	344	73.75	25.37	0	11	2	20	20	20
Tubo T8 2X32W	176	80	14.08	0	11	2	20	20	20
Tubo T8 1x32W	300	40	12	0	11	2	20	20	20
Tubo T8 1x17W	23	21.22	0.488	0	11	2	20	20	20
FLC de 25W	9	25	0.225	0	11	2	20	20	20
FLC 20W	6	20	0.12	0	11	2	20	20	20

Tabla 6.2.19 Horas de uso de lámparas propuestas de la biblioteca central con horario de verano

Vemos el gran número de lámparas que se utilizan actualmente en las instalaciones de alumbrado en la biblioteca central.

Facturación actual mensual de la biblioteca central en horario de verano									
Consumos Mensuales kWhr				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr	kWhr	kWhr	kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kW	\$
0.00	17325.00	3150.00	20475.00	0.00	22434.14	6066.90	28501.04	12407.06	40908.11
0.00	7095.00	1290.00	8385.00	0.00	9187.32	2484.54	11671.86	5080.99	16752.84
0.00	3872.00	704.00	4576.00	0.00	5013.85	1355.90	6369.76	2772.88	9142.64
0.00	3300.00	600.00	3900.00	0.00	4273.17	1155.60	5428.77	2363.25	7792.02
0.00	126.50	23.00	149.50	0.00	163.80	44.30	208.10	90.59	298.69
0.00	198.00	36.00	234.00	0.00	256.39	69.34	325.73	141.80	467.52
0.00	99.00	18.00	117.00	0.00	128.20	34.67	162.86	70.90	233.76
total									75595.58

Tabla 6.2.20 Consumo mensual actual de la biblioteca central con horario de verano

Como se esperaba el gasto es muy elevado, esto es porque se cuenta con un gran número de lámparas. Y ahora veremos cuanto podremos ahorrar con nuestra propuesta.

Facturación actual mensual de la biblioteca central en horario de verano									
Consumos Mensuales kWhr				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr	KWhr	kWhr	kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kW	\$
0.00	13629.00	2478.00	16107.00	0.00	17648.19	4772.63	22420.82	9760.22	32181.04
0.00	5581.40	1014.80	6596.20	0.00	7227.35	1954.50	9181.86	3997.04	13178.90
0.00	3097.60	563.20	3660.80	0.00	4011.08	1084.72	5095.81	2218.30	7314.11
0.00	2640.00	480.00	3120.00	0.00	3418.54	924.48	4343.02	1890.60	6233.62
0.00	107.36	19.52	126.88	0.00	139.02	37.60	176.62	76.88	253.50
0.00	49.50	9.00	58.50	0.00	64.10	17.33	81.43	35.45	116.88
0.00	26.40	4.80	31.20	0.00	34.19	9.24	43.43	18.91	62.34
total									59340.39

Tabla 6.2.21 Consumo mensual propuesto de la biblioteca central con horario de verano

Con estas dos tablas podemos calcular el ahorro provocado por la propuesta en este edificio. Restando los totales de lo actual con lo propuesto vemos que se ahorran \$16255.19, no es de los mayores ahorros de nuestros ejemplos, como se esperaba, pero los 16 mil pesos son una muy buena razón para realizar esta propuesta. Veamos ahora como cambia este ahorro con el horario normal.

Horario normal.

Lámparas actuales y horas de uso de la biblioteca central, horario de verano									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. con balastro W	Pot.	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
			Total	Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
			kW	hrs.	hrs.	hrs.	No.	No.	No.
Tubo 2x75	420	187.5	78.75	0	9	4	20	20	20
Tubo 1x75	344	93.75	32.25	0	9	4	20	20	20
Tubo 2x40	176	100	17.6	0	9	4	20	20	20
Tubo 1x40	300	50	15	0	9	4	20	20	20
Tubo 1x20	23	25	0.575	0	9	4	20	20	20
Incandescente 100w	9	100	0.9	0	9	4	20	20	20
Incandescente 75w	6	75	0.45	0	9	4	20	20	20

Tabla 6.2.22 horas de uso de lámparas actual de la biblioteca central con horario normal

Aquí se presenta el cambio de los periodos horarios para el horario normal. Una vez más se evitara la repetición de datos para las lámparas propuestas será el mismo que el presentado en esta tabla.

Facturación actual mensual de la biblioteca central en horario normal									
Consumos Mensuales kWh				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWh	kWh	kWh	kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kW	\$
0.00	14175.00	6300.00	20475.00	0.00	18355.21	12133.80	30489.01	12407.06	42896.07
0.00	5805.00	2580.00	8385.00	0.00	7516.89	4969.08	12485.97	5080.99	17566.96
0.00	3168.00	1408.00	4576.00	0.00	4102.24	2711.81	6814.05	2772.88	9586.93
0.00	2700.00	1200.00	3900.00	0.00	3496.23	2311.20	5807.43	2363.25	8170.68
0.00	103.50	46.00	149.50	0.00	134.02	88.60	222.62	90.59	313.21
0.00	162.00	72.00	234.00	0.00	209.77	138.67	348.45	141.80	490.24
0.00	81.00	36.00	117.00	0.00	104.89	69.34	174.22	70.90	245.12
total									79269.21

Tabla 6.2.23 Consumo mensual actual de la biblioteca central con horario normal

Veamos ahora como quedan los consumos mensuales del horario normal con las lámparas propuestas.

Facturación mensual de la biblioteca central en horario normal, con la propuesta									
Consumos Mensuales kWh				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWh	kWh	kWh	kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kW	\$
0.00	11151.00	4956.00	16107.00	0.00	14439.43	9545.26	23984.69	9760.22	33744.91
0.00	4566.60	2029.60	6596.20	0.00	5913.29	3909.01	9822.30	3997.04	13819.34
0.00	2534.40	1126.40	3660.80	0.00	3281.79	2169.45	5451.24	2218.30	7669.54
0.00	2160.00	960.00	3120.00	0.00	2796.98	1848.96	4645.94	1890.60	6536.54
0.00	87.84	39.04	126.88	0.00	113.74	75.19	188.94	76.88	265.82
0.00	40.50	18.00	58.50	0.00	52.44	34.67	87.11	35.45	122.56
0.00	21.60	9.60	31.20	0.00	27.97	18.49	46.46	18.91	65.37
total									62224.09

Tabla 6.2.24 Consumo mensual propuesto de la biblioteca central con horario normal

Vemos como los consumos aumentan en este horario pero el ahorro no cambia demasiado, el ahorro en este caso es de \$17045.12 casi mil pesos mas de ahorro que en el horario de verano.

Ahora podemos ver otro tipo de edificios con más oficinas y puestos de trabajo que nuestros últimos ejemplos. Veamos el ejemplo de dos institutos empezamos con el instituto de ecología

Horario de verano

Lámparas actuales y horas de uso del instituto de ecología, horario de verano									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. con balastro W	Pot. Total kW	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
				Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				hrs.	hrs.	hrs.	No.	No.	No.
Tubo 2x75W	68	187.5	12.8	0	11	2	20	20	20
Tubo 2x40W	458	100	45.8	0	11	2	20	20	20
Tubo 4x20W	4	84	0.34	0	11	2	20	20	20
Tubo 4x40W	2	200	0.4	0	11	2	20	20	20
FLC 13W	19	13	0.25	0	11	2	20	20	20
Incandescente 75W	27	75	2.03	0	11	2	20	20	20
Aditivos metálicos 250W	11	250	2.75	0	11	2	20	20	20

Tabla 6.25 horas de uso de lámparas actual del instituto de ecología con horario de verano

Este es el estado actual de la dependencia. Veamos cómo puede ser afectada empleando la propuesta

Lámparas propuestas y horas de uso del instituto de ecología, horario de verano									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. Con balastro W	Pot. Total kW	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
				Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				Hrs	Hrs	Hrs	No.	No.	No.
Tubo T8 2x59W	68	147.5	10	0	11	2	20	20	20
Tubo T8 2x32W	458	80	36.6	0	11	2	20	20	20
Tubo T8 4x17W	4	54.5	0.22	0	11	2	20	20	20
Tubo T8 4x32W	2	200	0.4	0	11	2	20	20	20
FLC 13W	19	13	0.25	0	11	2	20	20	20
FLC 20W	27	75	2.03	0	11	2	20	20	20
Aditivos metálicos 250W	11	250	2.75	0	11	2	20	20	20

Tabla 6.26 horas de uso de lámparas propuestas para el instituto de ecología con horario de verano

Ya con estos horarios y fijado las potencias que manejamos, tanto en el sistema actual como en el sistema propuesto elaboramos las tablas de los consumos facturables del mes de verano.

Facturación actual mensual del instituto de ecología en horario de verano									
Consumos Mensuales kWhr				Costos de Energía Mensual					
Base	Interm.	Punta	Total	Base	Interm.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr	kWhr	kWhr	kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kW	\$
0.00	2805.00	510.00	3315.00	0.00	3632.19	982.26	4614.45	2008.76	6623.22
0.00	10076.00	1832.00	11908.00	0.00	13047.41	3528.43	16575.84	7215.79	23791.63
0.00	73.92	13.44	87.36	0.00	95.72	25.89	121.60	52.94	174.54
0.00	88.00	16.00	104.00	0.00	113.95	30.82	144.77	63.02	207.79
0.00	54.34	9.88	64.22	0.00	70.36	19.03	89.39	38.91	128.31
0.00	445.50	81.00	526.50	0.00	576.88	156.01	732.88	319.04	1051.92
0.00	605.00	110.00	715.00	0.00	783.41	211.86	995.27	433.26	1428.54
total									33405.95

Tabla 6.2.27 Consumo mensual actual del instituto de ecología con horario de verano

Facturación mensual del instituto de ecología en horario de verano, con la propuesta									
Consumos Mensuales kWhr				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr	kWhr	kWhr	kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kW	\$
0.00	2206.60	401.20	2607.80	0.00	2857.33	772.71	3630.04	1580.23	5210.26
0.00	8060.80	1465.60	9526.40	0.00	10437.93	2822.75	13260.68	5772.63	19033.31
0.00	47.96	8.72	56.68	0.00	62.10	16.79	78.90	34.35	113.24
0.00	88.00	16.00	104.00	0.00	113.95	30.82	144.77	63.02	207.79
0.00	54.34	9.88	64.22	0.00	70.36	19.03	89.39	38.91	128.31
0.00	445.50	81.00	526.50	0.00	576.88	156.01	732.88	319.04	1051.92
0.00	605.00	110.00	715.00	0.00	783.41	211.86	995.27	433.26	1428.54
total									27173.37

Tabla 6.2.28 Consumo mensual con la propuesta en el instituto de ecología con horario de verano

Podemos ver comparando las lámparas actuales y las lámparas propuestas que existiría un ahorro de \$6232.58, bastante bueno para un instituto. Esto se debe primordialmente a la potencia de las lámparas actuales y al uso que se les da en este edificio. Ahora veamos cuanto se ahorraría en un horario normal.

Lámparas actuales y horas de uso del instituto de ecología, horario normal									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. con balastro	Pot. Total	Horas de Operación día			Días de operación mensual		
		W	kW	Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				Hrs	Hrs	Hrs	No.	No.	No.
Tubo 2x75W	68	187.5	12.8	0	9	4	20	20	20
Tubo 2x40W	458	100	45.8	0	9	4	20	20	20
Tubo 4x20W	4	84	0.34	0	9	4	20	20	20
Tubo 4x40W	2	200	0.4	0	9	4	20	20	20
FLC 13W	19	13	0.25	0	9	4	20	20	20
Incandescente 75W	27	75	2.03	0	9	4	20	20	20
Aditivos metálicos 250W	11	250	2.75	0	9	4	20	20	20

Tabla 6.29 horas de uso de lámparas actual del instituto de ecología con horario normal

Esta tabla muestra los nuevos intervalos con sus horas de uso. Prosigamos con las tablas de potencia facturable con los nuevos horarios de uso energéticos

Facturación actual mensual del instituto de ecología en horario de verano									
Consumos Mensuales kWhr				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr	kWhr	kWhr	kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kW	\$
0.00	2295.00	1020.00	3315.00	0.00	2971.80	1964.52	4936.32	2008.76	6945.08
0.00	8244.00	3664.00	11908.00	0.00	10675.16	7056.86	17732.02	7215.79	24947.81
0.00	60.48	26.88	87.36	0.00	78.32	51.77	130.09	52.94	183.02
0.00	72.00	32.00	104.00	0.00	93.23	61.63	154.86	63.02	217.88
0.00	44.46	19.76	64.22	0.00	57.57	38.06	95.63	38.91	134.54
0.00	364.50	162.00	526.50	0.00	471.99	312.01	784.00	319.04	1103.04
0.00	495.00	220.00	715.00	0.00	640.98	423.72	1064.70	433.26	1497.96
total									35029.34

Tabla 6.2.30 Consumo mensual actual del instituto de ecología con horario normal

Y ahora pondremos la tabla de los consumos en el horario normal para las lámparas propuestas

Facturación mensual del instituto de ecología en horario de verano, propuesta									
Consumos Mensuales kWhr				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr	kWhr	kWhr	kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kW	\$
0.00	1805.40	802.40	2607.80	0.00	2337.81	1545.42	3883.23	1580.23	5463.46
0.00	6595.20	2931.20	9526.40	0.00	8540.12	5645.49	14185.62	5772.63	19958.25
0.00	39.24	17.44	56.68	0.00	50.81	33.59	84.40	34.35	118.75
0.00	72.00	32.00	104.00	0.00	93.23	61.63	154.86	63.02	217.88
0.00	44.46	19.76	64.22	0.00	57.57	38.06	95.63	38.91	134.54
0.00	364.50	162.00	526.50	0.00	471.99	312.01	784.00	319.04	1103.04
0.00	495.00	220.00	715.00	0.00	640.98	423.72	1064.70	433.26	1497.96
total									28493.88

Tabla 6.2.31 Consumo mensual propuesta del instituto de ecología con horario normal

Otra vez en el horario normal se ve un ahorro mayor, sin embargo en este ejemplo del instituto en horario normal se ahorro \$6535.46 lo cual en si no difiere mucho del ahorro en verano. Esto puede ser porque la grafica de demanda es más constante que en los demás edificios.

Otro ejemplo que empleamos en esta tesis es el instituto de ciencias nucleares donde se usan una gran cantidad de lámparas. Pero la mayoría de esas lámparas son las que están propuestas en esta tesis.

Lámparas actuales y horas de uso del instituto ciencias nucleares, horario de verano									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. con balastro	Pot. Total	Horas de Operación día			Días de operación		
		W	kW	Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				Hrs	Hrs	Hrs	No.	No.	No.
Tubo fluorescente 2x32W	146	62	9.052	0	11	2	20	20	20
Tubo fluorescente 1x32	121	31	3.751	0	11	2	20	20	20
Tubo fluorescente 1x60	22	59	1.298	0	11	2	20	20	20
Tubo fluorescente 2x20	18	50	0.9	0	11	2	20	20	20
Tubo fluorescente 2x75	5	187.4	0.937	0	11	2	20	20	20
Fluorescente compacta 26W	48	26	1.248	0	11	2	20	20	20
Fluorescente compacta 20W	24	20	0.48	0	11	2	20	20	20
Fluorescente compacta 13W	121	13	1.573	0	11	2	20	20	20
Incandescente 150W	22	150	3.3	0	11	2	20	20	20
Incandescente 75W	2	75	0.15	0	11	2	20	20	20
Vapor de sodio 250W	11	250	2.75	0	11	2	20	20	20
Aditivos metálicos 150W	6	150	0.9	0	11	2	20	20	20

Tabla 6.32 Lámparas actuales y horas en del instituto ciencias nucleares, horario de verano

Lámparas propuestas y horas de uso del instituto ciencias nucleares, horario de verano									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. con balastro	Pot. Total	Horas de Operación día			Días de operación		
		W	kW	Base	Inter.	Punta	Base	Inter.	Punta
				Hrs	Hrs	Hrs	No.	No.	No.
Tubo fluorescente T8 2x32W	146	62	9.052	0	11	2	20	20	20
Tubo fluorescente T8 1x32	121	31	3.751	0	11	2	20	20	20
Tubo fluorescente 1x60	22	59	1.298	0	11	2	20	20	20
Tubo fluorescente 2x20	18	50	0.9	0	11	2	20	20	20
Tubo fluorescente T8 2x59W	5	147.5	0.738	0	11	2	20	20	20
Fluorescente compacta 26W	48	26	1.248	0	11	2	20	20	20
Fluorescente compacta 20W	24	20	0.48	0	11	2	20	20	20
Fluorescente compacta 30W	121	13	1.573	0	11	2	20	20	20
Fluorescente compacta 13W	22	30	0.66	0	11	2	20	20	20
Fluorescente compacta 30W	2	20	0.04	0	11	2	20	20	20
Aditivos metálicos 150W	11	150	1.65	0	11	2	20	20	20
Aditivos metálicos 150W	6	150	0.9	0	11	2	20	20	20

Tabla 6.33 Lámparas propuestas en del instituto ciencias nucleares, horario de verano

Podemos anticipar a nuestro estudio que el ahorro de este edificio será el más bajo de todo nuestro ejemplos.

Facturación actual mensual del instituto de ciencias nucleares en horario de verano									
Consumos Mensuales kWhr				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWhr	kWhr	kWhr	kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kWhr	\$/kW	\$
0.00	1991.44	362.08	2353.52	0.00	2578.72	697.37	3276.08	1426.14	4702.22
0.00	825.22	150.04	975.26	0.00	1068.58	288.98	1357.55	590.97	1948.52
0.00	285.56	51.92	337.48	0.00	369.77	100.00	469.77	204.50	674.27
0.00	198.00	36.00	234.00	0.00	256.39	69.34	325.73	141.80	467.52
0.00	206.14	37.48	243.62	0.00	266.93	72.19	339.12	147.62	486.74
0.00	274.56	49.92	324.48	0.00	355.53	96.15	451.67	196.62	648.30
0.00	105.60	19.20	124.80	0.00	136.74	36.98	173.72	75.62	249.34
0.00	346.06	62.92	408.98	0.00	448.11	121.18	569.30	247.83	817.12
0.00	726.00	132.00	858.00	0.00	940.10	254.23	1194.33	519.92	1714.24
0.00	33.00	6.00	39.00	0.00	42.73	11.56	54.29	23.63	77.92
0.00	605.00	110.00	715.00	0.00	783.41	211.86	995.27	433.26	1428.54
0.00	198.00	36.00	234.00	0.00	256.39	69.34	325.73	141.80	467.52
									13682.27

Tabla 6.2.34 Consumo mensual actual del instituto de ecología con horario de verano

Vemos que el consumo bajo es debido al uso desde un principio de algunas de las lámparas que en esta propuesta se presenta.

Facturación mensual del instituto de ciencias nucleares en horario de verano, propuesta									
Consumos Mensuales kWh				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWh	kWh	kWh	kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kW	\$
0.00	1991.44	362.08	2353.52	0.00	2578.72	697.37	3276.08	1426.14	4702.22
0.00	825.22	150.04	975.26	0.00	1068.58	288.98	1357.55	590.97	1948.52
0.00	285.56	51.92	337.48	0.00	369.77	100.00	469.77	204.50	674.27
0.00	198.00	36.00	234.00	0.00	256.39	69.34	325.73	141.80	467.52
0.00	162.25	29.50	191.75	0.00	210.10	56.82	266.91	116.19	383.11
0.00	274.56	49.92	324.48	0.00	355.53	96.15	451.67	196.62	648.30
0.00	105.60	19.20	124.80	0.00	136.74	36.98	173.72	75.62	249.34
0.00	346.06	62.92	408.98	0.00	448.11	121.18	569.30	247.83	817.12
0.00	145.20	26.40	171.60	0.00	188.02	50.85	238.87	103.98	342.85
0.00	8.80	1.60	10.40	0.00	11.40	3.08	14.48	6.30	20.78
0.00	363.00	66.00	429.00	0.00	470.05	127.12	597.16	259.96	857.12
0.00	198.00	36.00	234.00	0.00	256.39	69.34	325.73	141.80	467.52
									11578.68

Tabla 6.2.35 Consumo mensual propuesto del instituto de ecología con horario de verano

Y con esto podemos afirmar que el ahorro para este instituto es de \$2103.59 en términos prácticos es un ahorro muy pobre pero abra que analizar si este cambio es prudente para un instituto que ya cuenta con un bajo consumo de potencia. Sin embargo es necesario ver los consumos en horario normal ya que, como hemos visto es la parte del año donde se gasta más dinero en la energía.

Lámparas actuales y horas de uso del instituto ciencias nucleares, horario normal									
Lámpara	Cantidad	Pot.lum. con balastro	Pot. Total	Horas de Operación día			Días de oper. Mensual		
		W	kW	Base Hrs	Inter. Hrs	Punta Hrs	Base No.	Inter. No.	Punta No.
Tubo fluorescente 2x32W	146	62	9.052	0	9	4	20	20	20
Tubo fluorescente 1x32	121	31	3.751	0	9	4	20	20	20
Tubo fluorescente 1x60	22	59	1.298	0	9	4	20	20	20
Tubo fluorescente 2x20	18	50	0.9	0	9	4	20	20	20
Tubo fluorescente 2x75	5	187.4	0.937	0	9	4	20	20	20
Fluorescente compacta 26W	48	26	1.248	0	9	4	20	20	20
Fluorescente compacta 20W	24	20	0.48	0	9	4	20	20	20
Fluorescente compacta 13W	121	13	1.573	0	9	4	20	20	20
Incandescente 150W	22	150	3.3	0	9	4	20	20	20
Incandescente 75W	2	75	0.15	0	9	4	20	20	20
Vapor de sodio 250W	11	250	2.75	0	9	4	20	20	20
Aditivos metálicos 150W	6	150	0.9	0	9	4	20	20	20

Tabla 6.36 Lámparas actuales y horas en del instituto ciencias nucleares, horario normal

Una vez más solo cambian los periodos del horario intermedio y el punta

Facturación actual mensual del instituto de ciencias nucleares en horario normal									
Consumos Mensuales kWh				Costos de Energía Mensual					
Base kWh	Inter. kWh	Punta kWh	Total kWh	Base \$/kWh	Inter. \$/kWh	Punta \$/kWh	Total \$/kWh	Potencia \$/kW	Total \$
0.00	1629.36	724.16	2353.52	0.00	2109.86	1394.73	3504.59	1426.14	4930.73
0.00	675.18	300.08	975.26	0.00	874.29	577.95	1452.24	590.97	2043.21
0.00	233.64	103.84	337.48	0.00	302.54	200.00	502.54	204.50	707.04
0.00	162.00	72.00	234.00	0.00	209.77	138.67	348.45	141.80	490.24
0.00	168.66	74.96	243.62	0.00	218.40	144.37	362.77	147.62	510.40
0.00	224.64	99.84	324.48	0.00	290.89	192.29	483.18	196.62	679.80
0.00	86.40	38.40	124.80	0.00	111.88	73.96	185.84	75.62	261.46
0.00	283.14	125.84	408.98	0.00	366.64	242.37	609.01	247.83	856.83
0.00	594.00	264.00	858.00	0.00	769.17	508.46	1277.63	519.92	1797.55
0.00	27.00	12.00	39.00	0.00	34.96	23.11	58.07	23.63	81.71
0.00	495.00	220.00	715.00	0.00	640.98	423.72	1064.70	433.26	1497.96
0.00	162.00	72.00	234.00	0.00	209.77	138.67	348.45	141.80	490.24
									14347.17

Tabla 6.2.37 Consumo mensual actual del instituto de ecología con horario normal

Vemos como el gasto mensual se incrementa como lo supusimos

Consumos Mensuales kWh				Costos de Energía Mensual					
Base	Inter.	Punta	Total	Base	Inter.	Punta	Total	Potencia	Total
kWh	kWh	kWh	kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kWh	\$/kW	\$
0.00	1629.36	724.16	2353.52	0.00	2109.86	1394.73	3504.59	1426.14	4930.73
0.00	675.18	300.08	975.26	0.00	874.29	577.95	1452.24	590.97	2043.21
0.00	233.64	103.84	337.48	0.00	302.54	200.00	502.54	204.50	707.04
0.00	162.00	72.00	234.00	0.00	209.77	138.67	348.45	141.80	490.24
0.00	132.75	59.00	191.75	0.00	171.90	113.63	285.53	116.19	401.73
0.00	224.64	99.84	324.48	0.00	290.89	192.29	483.18	196.62	679.80
0.00	86.40	38.40	124.80	0.00	111.88	73.96	185.84	75.62	261.46
0.00	283.14	125.84	408.98	0.00	366.64	242.37	609.01	247.83	856.83
0.00	118.80	52.80	171.60	0.00	153.83	101.69	255.53	103.98	359.51
0.00	7.20	3.20	10.40	0.00	9.32	6.16	15.49	6.30	21.79
0.00	297.00	132.00	429.00	0.00	384.59	254.23	638.82	259.96	898.77
0.00	162.00	72.00	234.00	0.00	209.77	138.67	348.45	141.80	490.24
									12141.36

Tabla 6.2.38 Consumo mensual propuesto del instituto de ecología con horario normal

En esta parte del año el ahorro es de \$2205.81 pero tampoco se incrementa mucho. A continuación se presentara un estudio para ver la importancia de la inversión necesaria para esta propuesta. Podremos analizar en que lugares es conveniente aplicarla o bajo qué criterios podríamos dejar algún sitio de la universidad sin modificaciones.

Inversión inicial y recuperación de la inversión.

Primero es necesario buscar el precio estandarizado de las lámparas que estamos proponiendo. Esta tabla será nuestra base para el estudio de la inversión inicial necesaria para nuestros ejemplos vistos en este capítulo, incluyendo los sistemas de balastro para las lámparas tubulares.

Lámpara	precio p/u (\$)
Fluorescente Compacta 23 W	59
Fluorescente Compacta 26 W	51
Fluorescente Compacta 20 W	42
Fluorescente Compacta 25 W	60
Fluorescente lineal T8 1x17	27
Fluorescente lineal T8 1x32	25
Fluorescente lineal T8 1x59	63
Aditivos Metálicos 175W	172
Aditivos Metálicos 320W	250
Balastro T8 1x17 W	90
Balastro T8 1x32 W	90
Balastro T8 1x59W	100
Balastro T8 2x17W	120
Balastro T8 2x32W	120
Balastro T8 2x59W	200
Balastro T8 4x17W	220
Balastro T8 4x32W	220

Tabla 6.2.39 precios estandarizados

A partir de esta lista de precios podemos definir el gasto necesario para realizar los cambios necesarios para cada uno de nuestros ejemplos.

Facultad de química

Verificando el número de sistemas que se proponen en este ejemplo y multiplicando por los precios de la tabla anterior podemos ver la inversión.

Lámpara	Cantidad	Precio por sistema \$	Totales \$
2X32W	1619	170	275230
1X32W	18	115	2070
2X59W	64	326	20864
1X59W	171	163	27873
23W	5	59	295
Inversión			326332

Tabla 6.2.40 Inversión necesaria para la facultad de química

Como vemos para las lámparas propuestas se necesitaría la cantidad de \$32,6332 para la instalación de todas las lámparas y sus balastos. Ahora suponiendo los meses del año donde el precio del consumo por mes es más bajo, nos referimos al de verano, con un ahorro mensual de \$23058.38\$, y recordando que el ahorro producido en horario normal no aumenta mucho podemos hacer el cálculo con este valor. Obtenemos una recuperación de 14.15 meses, lo que también puede ser dicho como 1 año 2 meses y 6 días.

Facultad de ciencias políticas.

Veamos primero la inversión inicial en la tabla de lámparas necesarias tomando en cuenta solo las lámparas que es necesario sustituir.

Lámpara	Cantidad	precio por sistema \$	Totales \$
LF 2X59W,T8	356	326	116056
LF 2X32W,T8	150	170	25500
Reflector de aditivos metálicos 175W	17	172	2924
Reflector de aditivos metálicos 320W	1	250	250
Inversión			144730

Tabla 6.2.41 Inversión necesaria para la facultad de ciencias políticas

En este caso ya había instaladas algunas lámparas T8, es importante solo contar las lámparas que es necesario sustituir. Vemos que para este caso el costo de sustituir todas las lámparas ineficaces es de \$14,4730 lo cual es bastante más grande que en el ejemplo de la facultad de química. Esto es por la gran cantidad de los conjuntos de lámparas y balastro para el sistema 2x59. Para ver en cuanto tiempo se recuperaría esta inversión hay que recordar que el ahorro en el periodo de verano, donde se ve el ahorro más bajo. El cual es

de \$6736.18 y haciendo cuentas se estima la recuperación de la inversión en 21.49 meses, que es lo mismo que en un año, 9 meses y 30 días. Como vemos aunque el precio de la inversión es muy alta, también presenta un ahorro muy alto, el mas alto de los ejemplos mostrados; por lo que la inversión se recupera rápidamente.

Biblioteca central.

Veamos la tabla de la inversión requerida

Lámpara	Cantidad	Precios por sistema \$	Totales \$
Tubo T8 2x59W	420	326	136920
Tubo T8 1x59W	344	163	56072
Tubo T8 2X32W	176	170	29920
Tubo T8 1x32W	300	115	34500
Tubo T8 1x17W	23	117	2691
FLC de 25W	9	60	540
FLC 20W	6	42	252
Inversión			260895

Tabla 6.2.42 Inversión necesaria para la facultad de ciencias políticas

Este edificio necesita un cambio radical de lámparas, sin embargo la inversión no es tan grande, vemos en la tabla que se necesitan \$260895 para la compra de todas las lámparas. Y recordando que el ahorro más bajo de este edificio con la propuesta es de \$16255.19, y haciendo cálculos podemos saber que 17 meses. Es decir 1 año con 5 meses. Como vemos tampoco se necesita mucho tiempo para recuperar la inversión inicial.

Instituto de ecología

Revisemos el dinero que es necesario para realizar la propuesta

Lámpara	Cantidad	precios por sistema \$	totales \$
Tubo T8 2x59W	68	326	22168
Tubo T8 2x32W	458	170	77860
Tubo T8 4x17W	4	328	1312
Tubo T8 4x32W	2	320	640
FLC 13W	19	52	988
FLC 20W	27	42	1134
Inversión			104102

Tabla 6.2.43 Inversión necesaria en el instituto de ecología para la propuesta

Al ser un lugar pequeño tiene un número pequeño de lámparas por lo que la inversión inicial no es muy grande, Hablamos de \$104102, y si recordamos que para este instituto el ahorro es de \$6232.58 el cual es un buen ahorro. Haciendo cálculos podemos saber que en aproximadamente un año y 4 meses la inversión puede ser recuperada.

Instituto de ciencias nucleares

Este es el ejemplo más modesto de esta tesis, por lo que la inversión inicial debe ser la menor

Lámpara	Cantidad	Prasios por sistema \$	Totales \$
Tubo T8 2x59W	5	326	1630
FLC 30W	22	65	1430
FLC 20W	2	42	84
Aditivos metálicos 150W	11	170	1870
Inversión			5014

Tabla 6.2.44 Inversión necesaria en el instituto de ciencias nucleares para la propuesta

Como era de esperarse este lugar necesita muy pocos cambios, veamos en cuanto tiempo se recuperaría la inversión, la inversión inicial es de \$5014 y el ahorro mensual en verano es de \$2103.59 por lo que la inversión se recuperaría en 3 meses. Con estos datos pueden decidir si vale la pena o no hacer el cambio de las lámparas necesarias de este edificio.

Como ya se ha demostrado a lo largo de esta tesis el cambio de alumbrado por tecnologías más eficaces nos trae muchos beneficios. Y como acabamos de ver el dinero necesario al principio, se ve que sería necesario inversiones fuertes y que los resultados de esta actualización de nuestros equipos no serian visibles en un corto plazo. Ahora sabemos que esto no es verdad, podemos afirmar que el ahorro ira pagando rápidamente el dinero de la inversión.

7. Conclusiones

Como podemos ver en este estudio el gasto en alumbrado, interior y exterior es un porcentaje grande del consumo eléctrico de CU. Por lo que es absolutamente necesario tener una propuesta para el ahorro de energía en este ámbito.

En este proyecto se analizaron las tecnologías comerciales mas usadas en esta época, sin contar con las lámparas de led que en este documento se descartaron por su alto precio, sin embargo el estilo que se utilizo para la investigación de campo, la selección de luminaria puede usarse para futuros proyectos donde se necesite analizar tecnologías que no se cuenten en este documento. Como vimos también se realizó un estudio de los costos actuales para la tarifa HM, de igual forma lo presentado en este documento aplica para cualquier tarifa, ya sea cualquiera de las tarifas actuales o en un futuro la actualización de nuevas tarifas.

En este aspecto hay que poner mucha atención con la actual tarifa HM, ya que como se nos explicó por parte de Luz y Fuerza del centro y Comisión Federal de Electricidad, cambia contantemente, por lo que es de importancia revisar las tarifas que se ocupen en el momento de nuevas construcciones. Para poder realizar el calculo real del gasto producido por las instalaciones inspiradas en este documento.

Al ver los resultados presentados en los último capítulo vemos como el gasto inicial de llevar a cabo la inversión se recupera rápidamente, por lo que no es motivo de pretexto para no realizar los cambios necesarios para tener una instalación eficaz para todas las áreas de nuestra universidad; también podemos decir sin lugar a dudas que el ahorro presentado por estas nuevas lámparas nos permite reducir los gastos mensuales requeridos para iluminar nuestro trabajo a lo largo del día. Lo que en primer lugar nos permite redistribuir nuestros gastos económicos a otras áreas que necesite mas dinero para mejorar nuestros edificios, y por otro lado reducir el consumo energético, es decir bajar la carga eléctrica instalada actualmente, lo que nos permitiría poder usar mejor la energía y, si es necesario, poder aumentar la carga a otras áreas ajenas a la luminosidad

Si tomamos en cuenta la vida útil de las lámparas propuestas podemos afirmar que el gasto en mantenimiento será reducido al que presentamos actualmente. Y que las lampreas nuevas duran mucho mas, por lo que no sería necesario comprar lámparas en periodos de tiempo corto. Lo que una vez mas nos repercute en un ahorro económico importante

Con lo respectivo a confort visual dejamos en claro como la luz blanca nos da una gran ventaja en alumbrado público dando mas realce de las áreas verdes, disminuyendo la potencia necesaria. Y como se vio en la investigación de las áreas máximas de percepción visual del ojo humano el efecto del brillo nos permite ver mejor las cosas con luz blanca.

Con la revisión de normas y la experiencia que nos brindan los fabricantes ahora podemos escoger los niveles adecuados de iluminación y la densidad de potencia para alumbrado, sin exagerar en la luz emitida y cuidando que esta sea la necesaria para los diferentes trabajos que realizamos en nuestras áreas laborales.

8. Bibliografía

F. Martín Sánchez “MANUAL PRÁCTICO DE ILUMINACIÓN” Editorial COURIER 1ª edición 2005

Emilio Carranza Castellanos “Luminotecnia y sus aplicaciones” editorial plana

Luis C. Fernandez Salazar y Jaime de Landa A. “Técnicas y Aplicaciones de la Iluminación” editorial Mc. Graw Hill,

Ricardo García San José ASPECTOS BASICOS DE ILUMINACION ALFAOMEGA

Luis C. Fernández Salazar, Jaime De Landa Amezua TECNICAS Y APLICACIONES DE LA ILUMINACION Editorial McGRAW-HILL

CATALOGOS TECNICOS:

- MAZDA.**
- OSRAM.**
- PHILIPS.**
- SYLVANIA.**

PAGINAS WEB

Philips Iluminación

<http://www.lighting.philips.com/>

<http://www.eur.lighting.philips.com/>

Osram

<http://www.osram.com/>

Sylvania

<http://www.sylvania.com/>

Documentos

El paradigma de la medición de luz por métodos convencionales Ing. Alex Ramírez Rivero. Genertek, SA de CV, Especialistas de Ahorro de Energía México, XXVIII

Conferencia Conceptos Modernos sobre Luz Blanca y los Métodos de Medición Ing. Alex Ramírez Rivero Ciudad Universitaria, Marzo 5 de 2009

ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN PROYECTO PAEFI-235 FECHA 15-ENE-2009

9. Anexos

9.1. Definiciones

9.1.1. Luminancia (brillo fotométrico)

Uno de los factores primordiales para la visibilidad es la luminancia. La de un objeto depende de la intensidad de la luz que incide sobre él y de la proporción de ésta que se refleja en dirección al ojo. Una superficie blanca tendrá un brillo mucho mayor que la misma iluminación. Sin embargo, añadiendo suficiente luz a una superficie oscura, es posible hacerla tan brillante como una blanca. Cuanto más oscuro es un objeto o una labor visual, más grande es la iluminación necesaria para conseguir igual brillo, en circunstancias parecidas, para la misma visibilidad.

9.1.2. Flujo luminoso


El flujo luminoso es la cantidad total de luz emitida por segundo. Se define también como la unidad de potencia de 1/ 683 (W) emitidos en la longitud de onda de 555 (nm) con una frecuencia de 540×10^{12} (Hz).

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

$$1 \text{ watt-luz a } 555 \text{ nm} = 683 \text{ lm}$$

9.1.3. Intensidad luminosa

Se conoce como *intensidad luminosa* de una fuente al flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido que contiene la dirección dada.

Intensidad luminosa $I = \frac{\Phi}{\omega}$	Símbolo: I	
	Unidad: candela (cd)	

$$I = \frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Ángulo Sólido}} = \frac{\Phi}{\omega} = \frac{1(\text{Lm})}{1(\omega)} = 1[\text{cd}]$$

- La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz. Su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica.
- La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz, y de la información relativa al flujo luminoso en su origen.

9.1.4. Iluminancia

Se define *iluminancia* como el flujo luminoso recibido por una superficie.

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

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

9.1.5. Eficiencia luminosa

Se define como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida, que viene con las características de las lámparas (25 W, 60 W.). Mientras mayor sea mejor será la lámpara y menos gastará. La unidad es el lumen por watt (lm/W).

Rendimiento luminoso $\eta = \frac{\Phi}{W}$	Símbolo: η	Rendimiento = $\frac{\text{Flujo luminoso}}{\text{Potencia consumida}}$
	Unidad: lm / W	

9.1.6. Atenuador (Dimmer). Dispositivo usado para regular el flujo luminoso de las lámparas que puede reducir el consumo y la demanda de energía eléctrica al limitar la potencia de entrada.

9.1.7. Carga conectada. La suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica conectada a un circuito o sistema.

9.1.8. Carga eléctrica. Potencia que demanda, en un momento dado, un aparato o máquina o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico. La carga eléctrica puede variar en el tiempo dependiendo del tipo de servicio.


9.1.9. Densidad de potencia eléctrica para alumbrado (DPEA). Índice de la carga conectada para alumbrado por superficie de construcción; se expresa en W/m².

9.1.10. Sistema de alumbrado. Conjunto de equipos, aparatos y accesorios que ordenadamente relacionados entre sí contribuyen a suministrar luz a una superficie o un espacio.

9.1.11. Sistema de alumbrado exterior. Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas abiertas.

9.1.12. Sistema de alumbrado interior. Es aquel sistema de alumbrado que se destina a la iluminación de áreas cubiertas.

9.2. Documentos

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

CONTENIDO

- 1.- INTRODUCCIÓN
 - 2.- OBJETIVO
 - 3.- ALCANCE
 - 4.- CAMPO DE APLICACIÓN
 - 5.- SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ACTUALMENTE INSTALADOS
 - 6.- SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES
 - 7.- EJEMPLOS DE LA SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES
 - 8.- CONCLUSIÓN
- ANEXO

1.- INTRODUCCIÓN


La estandarización de los sistemas de iluminación se propone con la finalidad de reducir el impacto ambiental, económico y la demanda de energía eléctrica en las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Son mínimas las instalaciones que cuentan con lámparas ahorradoras de energía, a pesar de que los cambios tecnológicos siempre han estado presentes, no se ha observado un interés real en su aplicación.

Es por eso que Proyectos de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería propone la sustitución de lámparas convencionales por las nuevas tecnologías eficientes y ahorradoras de energía que permiten mejorar la operación de las instalaciones y disminuir los consumos de energía en sus diversas áreas de aplicación: edificios, estacionamientos, áreas verdes y vialidades; respetando la normatividad existente.

2.- OBJETIVO

Proponer la estandarización de los sistemas de iluminación utilizando las nuevas tecnologías eficientes para ahorrar energía eléctrica.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

3.- ALCANCE

Establecer los lineamientos y requisitos técnicos mínimos que deben cumplir los sistemas de iluminación atendiendo las indicaciones de normas aplicables como:

NOM-025-STyPS-1999 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

NOM-007 ENER 2004 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

NOM-013-ENER-2004 Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades y áreas ext.

NOM-017-ENER/SCFI-2008 Lámparas Fluorescentes Compactas.

NOM-001-SEDE-2005 Art. 930 Alumbrado público.

NOU-DEL Cap.2 Alumbrado


4.- CAMPO DE APLICACIÓN

Aplicable a los sistemas de iluminación de nuevos proyectos y en instalaciones existentes. En áreas interiores y exteriores: En edificios administrativos, educativos, recreativos, de investigación, vialidades, estacionamientos, áreas verdes y explanadas.

5.- SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ACTUALMENTE INSTALADOS

En base a los levantamientos realizados en los últimos años por Proyectos de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería dentro de las dependencias UNAM, es posible establecer el tipo de tecnologías de iluminación que se encuentran actualmente instaladas.

En la siguiente tabla se muestran las tecnologías de iluminación más comunes instaladas en dependencias de la UNAM.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

Aplicación	Tipo de iluminación	Lugares instalados
Iluminación interior en edificios	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x20 W	aulas, oficinas, pasillos y pasos cubiertos
	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x40 W	
	Lámpara fluorescentes lineal T12 2x75 W	
	Lámpara fluorescente compacta 2x13 W	oficinas, pasillos y áreas de servicio
	Foco incandescente 75 W	cuartos de aseo y baños
	Foco incandescente 100 W	auditorios, cuartos de aseo, baños, bodegas y
	Spot 75 W	Áreas de exposición, auditorios y centros culturales
	Spot 100 W	
	Spot 150 W	
	Par 30 75W	
	Par 38 90 W	Oficinas y áreas de exposición
Halógena dicroica 30 W		
Halógena dicroica 50 W		
Iluminación en áreas exteriores	Vapor de sodio alta presión 150 W	Áreas verdes, andadores
	Vapor de sodio alta presión 250 W	Estacionamientos, azoteas y vialidades
	Vapor de sodio alta presión 400 W	Estacionamientos, explanadas y azoteas
	Vapor de sodio alta presión 1000 W	Estacionamientos, explanadas y zonas deportivas

Después de un análisis de las diversas tecnologías de iluminación disponibles se recomienda la sustitución de alumbrado convencional actualmente instalado por nuevas tecnologías que garanticen el ahorro y uso eficiente de la energía sin disminución de los niveles de iluminación requeridos para cada tarea a desarrollar.

6.- SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES


A continuación se muestra una tabla resumen donde se propone la sustitución de lámparas por sus equivalentes más eficientes.



ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

Sistema convencional	Sistema propuesto	Ahorro Aprox.	Observación
Foco incandescente de 75 W	Fluorescente Compacta 20 W	73%	Iluminación en interiores, pasillos, lobby, áreas pequeñas, alturas de montaje menores a 4 mts.
Foco incandescente de 100 W	Fluorescente Compacta 23-25 W	75-77%	
Spot 150 W	Halógeno Par 38, 90 W	40%	Iluminación en áreas específicas donde se requiere alta reproducción del color.
	Aditivos Metálicos Par 30, 35 W	77%	
Spot 100 W	Halógeno Par 30, 75 W	25%	
Spot 75 W	Halógeno Par 20, 50 W	33%	
Dicroica 50 W	Led 3X3 W	88%	Para proporcionar la misma cantidad de luz hay que instalar 3 leds, tienen el mismo tipo de bulbo.
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro electromagnético 2x20 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x17 W	22%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor.
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x14 W	32%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro electromagnético 2x40 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x32 W	37%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x28W	44%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara Fluorescente lineal T12 con balastro estándar electromagnético 2x75 W	Lámpara Fluorescente lineal T8 con balastro electrónico 2x59 W	41%	Iluminación en oficinas, pasillos y áreas generales. Se recomienda cambio de difusor
	Lámpara Fluorescente lineal T5 con balastro electrónico 2x54W	42%	Requiere cambio de luminaria y reflector especular
Lámpara de Vapor de Sodio 150 W balastro electromagnético	Lámpara de inducción 85W	55%	Iluminación en áreas verdes y andadores
Lámpara de Vapor de Sodio 250 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 175W, autotransformador	30%	Iluminación de estacionamientos y vialidades a una altura máxima de 9 mts y separación entre postes de 30 mts.
	Lámpara de inducción QL 100W, 108-132V	60%	Iluminación de estacionamientos y vialidades a una altura máxima de 9 mts y separación entre postes de 30 mts.
Lámpara de Vapor de Sodio 400 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 320W, autotransformador	20%	Iluminación de estacionamientos y azoteas a una altura máxima de 9 mts y separación entre de 30 mts.
	Lámpara de inducción 200 W 200-277V	50%	
Lámpara de Vapor de Sodio 1000 W balastro electromagnético	Lámpara de Aditivos Metálicos 400W, autotransformador	60%	Iluminación en explanadas y estacionamientos altura máxima del poste 12 mts.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

7.- EJEMPLOS DE LA SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS CONVENCIONALES

En el siguiente ejemplo del edificio A de la Facultad de Química podemos observar los consumos de energía eléctrica que se obtienen con lámparas actuales y con las lámparas propuestas.

Lámparas Actuales			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
LF 2x39W, T12	1619	157.85	76.17%
LF 1x39W, T12	18	0.88	0.42%
LF 2X75W, T12	64	12.00	5.79%
LF 1X75W, T12	171	16.03	7.74%
LF 3X17W, T8	150	8.03	3.88%
LFC 26W	131	3.58	1.73%
INCADESCENTE 100W	5	0.50	0.24%
LF 2X17W, T8	43	1.54	0.74%
SPOT 150	29	4.35	2.10%
LFC 13W	13	0.18	0.09%
LF 2X32W, T8	33	2.22	1.07%
LF 2X39W, U, T12	1	0.10	0.05%
Total		207.25	100.00%

Lámparas Propuestas			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
LF 2x32W, T8	1619	108.80	74.39%
LF 1x32W, T8	18	0.60	0.41%
LF 2X59W, T8	64	7.93	5.42%
LF 1X59W, T8	171	10.59	7.24%
LF 3X17W, T8	150	8.03	5.49%
LFC 26W	131	3.58	2.45%
LFC 23W	5	0.12	0.08%
LF 2X17W, T8	43	1.54	1.05%
PAR 38, 90W	29	2.61	1.78%
LFC 13W	13	0.18	0.12%
LF 2X32W, T8	33	2.22	1.52%
LF 2X32W, U, T8	1	0.07	0.05%
Total		146.26	100.00%

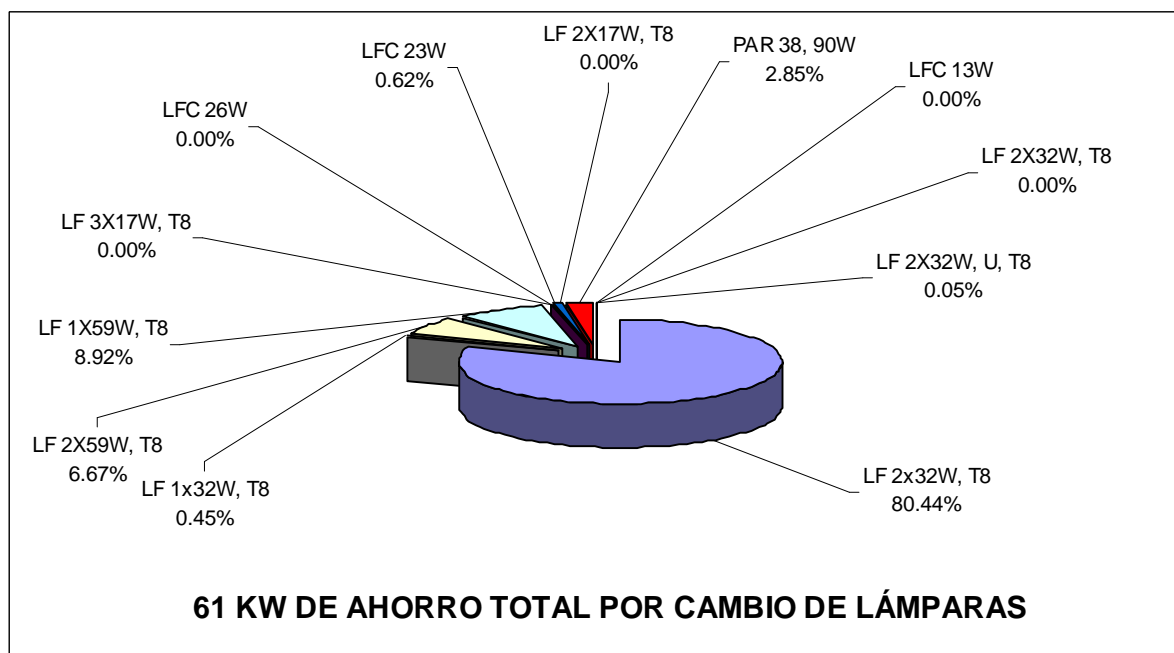


ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ	APROBÓ	REVISIÓN	FECHA	PROYECTO
PAEFI	ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	01	15-ENE-09	PAEFI-235

A continuación se observa el ahorro de energía eléctrica obtenido por cambio de lámparas convencionales a lámparas propuestas de nueva tecnología.

Lámpara actuales	Lámparas propuestas	Ahorro en KW	Porcentaje
LF 2x39W, T12	LF 2x32W, T8	49.06	80.44%
LF 1x39W, T12	LF 1x32W, T8	0.27	0.45%
LF 2X75W, T12	LF 2X59W, T8	4.07	6.67%
LF 1X75W, T12	LF 1X59W, T8	5.44	8.92%
LF 3X17W, T8	LF 3X17W, T8	0.00	0.00%
LFC 26W	LFC 26W	0.00	0.00%
INCADESCENTE 100W	LFC 23W	0.38	0.62%
LF 2X17W, T8	LF 2X17W, T8	0.00	0.00%
SPOT 150	PAR 38, 90W	1.74	2.85%
LFC 13W	LFC 13W	0.00	0.00%
LF 2X32W, T8	LF 2X32W, T8	0.00	0.00%
LF 2X39W, U, T12	LF 2X32W, U, T8	0.03	0.05%
Total		60.99	100.00%



En el siguiente ejemplo de iluminación en alumbrado público en vialidades podemos observar los consumos de energía eléctrica que se obtienen con lámparas actuales y con las lámparas propuestas.

Lámparas Actuales			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
Vapor de sodio 250 W	15	4.69	50.00%
Vapor de sodio 150 W	15	2.81	30.00%
Vapor de sodio 100 W	15	1.88	20.00%
Total		9.38	100.00%

Lámparas Propuestas			
Lámparas	Cantidad	kW	Porcentaje
Inducción 100W	15	1.65	46.61%
Inducción 80W	15	1.26	35.59%
Inducción 40W	15	0.63	17.80%
Total		4.80	100.00%

A continuación se observa el ahorro de energía eléctrica obtenido por cambio de lámparas convencionales a lámparas propuestas de nueva tecnología.

Lámpara actuales	Lámparas propuestas	Ahorro en KW	Porcentaje
Vapor de sodio 250 W	Inducción 100W	3.04	41.12%
Vapor de sodio 150 W	Inducción 80W	3.11	42.03%
Vapor de sodio 100 W	Inducción 40W	1.25	16.85%
Total		7.39	100.00%

Posteriormente se obtienen los ahorros generados en pesos durante un mes aplicando la tarifa HM.



ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN


EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

Ahorros Generados

Lámpara	Consumos Mensuales kW/h					Costos de Energía Mensual					
	Base	Interm	Punta			Base	Interm	Punta			Total
	kW/h	kW/h	kW/h	kW/h	kW	\$ kW/h	\$ kW/h	\$ kW/h	\$kW/h	\$kW	\$
Vapor de sodio 250 W	546.7 5	455.63	182.2 5	1184. 6	3.0375	589.6 2	587.89	351.12	1528.6 3	480.3 5	2,008.98
Vapor de sodio 150 W	279.4 5	232.88	93.15	605.4 8	1.5525	301.3 6	300.48	179.46	781.30	245.5 1	1,026.81
Vapor de sodio 100 W	224.1	186.75	74.7	485.5 5	1.245	241.6 7	240.96	143.92	626.55	196.8 8	823.43
Totales									2936.4 8	922.7 5	3,859.23

Las características de iluminación con una lámpara de aditivos metálicos e inducción aumentan el rendimiento de color y la temperatura de color, dando un realce a la arquitectura y una sensación de confort para los conductores vehiculares.


En el anexo se muestra el análisis comparativo realizado para cada una de las lámparas actuales contra la lámparas propuestas de nueva tecnología. (ver anexo).

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

8.- CONCLUSIÓN

Al utilizar tecnologías más eficientes y ahorradoras de energía en los sistemas de iluminación, se obtienen ventajas como:

- Se tiene una mejora en los niveles de iluminación, adecuados a la tareas que se van a desarrollar.
- Se obtiene mayor vida útil de las lámparas y disminución de la frecuencia de reemplazo de éstas.
- Ahorro en el mantenimiento de alumbrado.
- Se disminuye la carga en los circuitos de alumbrado, por lo tanto mejora la operación de los componentes del sistema eléctrico.
- Se tiene mayor disponibilidad de la capacidad instalada.
- Se disminuye el calentamiento eléctrico en conductores, canalizaciones, interruptores y tableros.
- Al disminuir la carga también la caída de tensión y las fallas por sobrecarga.
- Es menor el consumo de energía eléctrica y se reduce la demanda de energía eléctrica facturable.
- Se recomienda utilizar tecnologías de alta eficiencia que cuenten con sello FIDE, así como aquellos balastos que proporcionen el menor porcentaje de distorsión armónica y alto factor de potencia.
- El costo de sustitución de lámparas convencionales se justifica con el ahorro de energía eléctrica logrado en cada una de sus aplicaciones.
- Disminución de emisiones de gases de efecto invernadero al dejar de consumir combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09


ANEXO

Comparación de incandescentes de 75 W Vs. lámparas fluorescentes compactas.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Incandescente 75 W	FC 20 W	FC 20 W
Potencia nominal [W]	75	20	20
Bulbo	A55	-	E26
Flujo Luminoso mínimo [lm]	1,070	1,100	1,020
Eficacia mínima [lm/W]	14	55	51
Temperatura de Color [°K]	2,700	2,700	2,700
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	100	82	82
Vida útil mínima [hr]	1,000	6,000	15,000
Base	Fa8	E27	E26
Diámetro y longitud [mm]	108mm	117mm	152mm
Potencia del sistema [W]	75	20	20
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	73%	73%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	330	825

Comparación de incandescentes de 100 W Vs. lámparas fluorescentes compactas.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Incandescente 100 W	FC 25 W	FC 23 W
Potencia nominal [W]	100	25	23
Bulbo	A55	-	-
Flujo Luminoso mínimo [lm]	1,340	1,520	1,400
Eficacia mínima [lm/W]	13	61	61
Temperatura de Color [°K]	2,700	2,700	2,700
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	100	82	82
Vida útil mínima [hr]	1,000	10,000	10,000
Base	E26	E26	E26
Diámetro y longitud [mm]	108mm	175mm	143mm
Potencia del sistema [W]	100	25	23
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	75%	77%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	750	770


	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

Comparación de incandescentes spot de 150 W Vs. lámparas halógenas y aditivos metálicos.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Incandescente Spot	Halógeno Par 38	Aditivos Metálicos Par 30
Potencia nominal [W]	150	90	35
Bulbo	PAR 38	PAR38	PAR38
Flujo Luminoso mínimo [lm]	1,627	1,350	1,600
Eficacia mínima [lm/W]	11	15	46
Temperatura de Color [°K]	3,000	2,900	3,000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	100	100	81
Vida útil mínima [hr]	1,000	2,000	10,000
Base	E26	E26	E27
Diámetro y longitud [mm]	38mm, 1219mm	16mm, 1163mm	152mm
Potencia del sistema [W]	150	90	35
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	40%	77%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	120	1,150

Comparación de incandescentes spot de 100 W Vs. lámparas halógenas y aditivos metálicos.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS
	Incandescente Spot	Halógeno Par 30
Potencia nominal [W]	100	75
Bulbo	R95	PAR30
Flujo Luminoso mínimo [lm]	790	1050
Eficacia mínima [lm/W]	8	14
Temperatura de Color [°K]		2,900
CRI mínimo	100	100
Vida útil mínima [hr]	1,000	2,000
Base	E27	E27
Diámetro y longitud [mm]	95mm, 140mm	16mm, 1163mm
Potencia del sistema [W]	100	75
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	25%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	50

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09


Comparación de incandescentes spot de 75 W Vs. lámparas halógenas y aditivos metálicos.

CARACTERISTICAS	LAMPARA ACTUAL	LAMPARAS PROPUESTAS
	Incandescente Spot	Halógeno Par 20
Potencia nominal [W]	75	50
Bulbo	R95	PAR20
Flujo Luminoso mínimo [lm]	790	770
Eficacia mínima [lm/W]	11	15
Temperatura de Color [°K]	+	2,900
CRI mínimo	100	100
Vida útil mínima [hr]	1,000	2,000
Base	E27	E27
Diámetro y longitud [mm]	95mm 140mm	64mm, 65.7mm
Potencia del sistema [W]	75	50
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	33%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	50

Comparación de lámparas T12 de 2X20 W Vs. Lámparas T8 y T5.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Potencia nominal [W]	20	17	14
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo [lm]	1,100	1,300	1,350
Eficacia mínima [lm/W]	55	75	96
Temperatura de Color [°K]	2,900	3,000	3,000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	85	85
Vida útil mínima [hr]	7,500	20,000	20,000
Base	Fa8	G13	15
Encendido de lámpara	ER	ER	ER
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro	-	1.00	1.06
Diámetro y longitud [mm]	38mm, 558mm	26mm, 610mm	16mm, 610mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Usar reflector especular
Potencia del sistema 2X20 [W]	50	39	34
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	22%	32%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	220	320

Comparación de lámparas dicroicas Vs. Led y Spot Led.

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL		SISTEMAS PROPUESTOS	
	Dicroica	Led	Spot Led	
Potencia nominal [W]	50	3	3	
Bulbo	MR-16	MR-16	MR-16	
Flujo Luminoso mínimo [lm]	143	24	83	
Eficacia mínima [lm/W]	3	9	30	
Temperatura de Color [°K]	2,700	3,000	2,700	
CRI mínimo	100	80	80	
Vida útil mínima [hr]	2,500	20,000	20,000	
Base	GU 5.3	GU 5.3	GU 5.3	
Potencia del sistema [W]	50	18	6	
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	64%	88%	
Ahorro de energía [kW/hr]	0	640	880	

Comparación de lámparas T12 de 2X40 W Vs. lámparas T8 y T5.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL		SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5	
Potencia nominal [W]	40	32	28	
Bulbo	T12	T8	T5	
Flujo Luminoso mínimo [lm]	3,100	2,950	2,600	
Eficacia mínima [lm/W]	78	85	100	
Temperatura de Color [°K]	3,000	3,000	3,000	
Tipo de luz	BC	BC	BC	
CRI mínimo	85	80	82	
Vida útil mínima [hr]	18,000	20,000	20,000	
Base	G13	G13	G5	
Encendido de lámpara	ER	ER	ER	
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico	
Factor de balastro	-	1.01	1.04	
Diámetro y longitud [mm]	38mm, 1219mm	26mm, 1214mm	16mm, 1214mm	
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Usar reflector especular	
Potencia del sistema 2X40 [W]	100	63	56	
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	37%	44%	
Ahorro de energía [kW/hr]	0	740	880	

Comparación de lámparas T12 de 2X75 W Vs. lámparas T8 y T5.



ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	T 12	T 8	T 5
Potencia nominal [W]	75	59	54
Bulbo	T12	T8	T5
Flujo Luminoso mínimo [lm]	6,150	6100	4450
Eficacia mínima [lm/W]	82	102	82
Temperatura de Color [°K]	2900	3000	3000
Tipo de luz	BC	BC	BC
CRI mínimo	85	85	85
Vida útil mínima [hr]	12,000	18,000	24,000
Base	Fa8	Fa8	G5
Encendido de lámpara	EI	EI	EI
Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico	Electrónico
Factor de balastro	-	0.85	1.00
Diámetro y longitud [mm]	38mm, 2438mm	26mm, 2388mm	16mm, 1156mm
Observaciones	Alto rendimiento de color	Sello FIDE	Luminaria y reflector
Potencia del sistema 2X75 [W]	187.5	110	108
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	41%	42%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	1395	1908

Comparación de lámparas de vapor de sodio de 250 W Vs. lámparas de aditivos metálicos e inducción.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Vapor de Sodio	Aditivos Metálicos	Inducción
Potencia nominal [W]	250	175	100
Flujo Luminoso mínimo [lm]	19,260	11,200	5,600
Eficacia mínima [lm/W]	62	51	80
Temperatura de Color [°K]	2,100	4,000	3,000
CRI mínimo	21	65	85
Vida útil mínima [hr]	24,000	15,000	100,000
Balastro	Autotransformador	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [W]	250	175	100
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	30%	60%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	1,125	15,000

Comparación de lámparas de vapor de sodio de 400 W Vs. lámparas de aditivos metálicos e inducción.




ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09	PROYECTO PAEFI-235
------------------	--------------------------------------	----------------	--------------------	-----------------------

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMAS PROPUESTOS	
	Vapor de Sodio	Aditivos Metálicos	Inducción
Potencia nominal [W]	400	320	200
Flujo Luminoso mínimo [lm]	45,000	23,140	16,000
Eficacia mínima [lm/W]	90	58	80
Temperatura de Color [°K]	2,100	4,000	3,000
CRI mínimo	21	65	86
Vida útil mínima [hr]	24,000	20,000	100,000
Balastro	Autotransformador	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [W]	400	320	200
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	20%	50%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	1,600	20,000

Comparación de lámparas de vapor de sodio de 150 W Vs. lámparas de inducción.

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMA PROPUESTO
	Vapor de Sodio	Inducción
Potencia nominal [W]	150	85
Flujo Luminoso mínimo [lm]	14400	5040
Eficacia mínima [lm/W]	107	80
Temperatura de Color [°K]	2,000	3,000
CRI mínimo	21	86
Vida útil mínima [hr]	24,000	100,000
Balastro	Autotransformador	-
Factor de potencia	Alto factor de potencia	-
Potencia del sistema [W]	188	85
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	55%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	10,300

	ESTANDARIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN			
	EJECUTÓ PAEFI	APROBÓ ING. AUGUSTO SÁNCHEZ C.	REVISIÓN 01	FECHA 15-ENE-09

Comparación de lámparas de vapor de sodio de 150 W Vs. lámparas de aditivos metálicos.

CARACTERISTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL	SISTEMA PROPUESTO
	Vapor de Sodio	Aditivos Metálicos
Potencia nominal [W]	1000	400
Flujo Luminoso mínimo [lm]	117900	24000
Eficacia mínima [lm/W]	99	48
Temperatura de Color [K]	2100	4000
CRI mínimo	21	65
Vida útil mínima [hr]	24000	20000
Balastro	Autotransformador	Autotransformador
Factor de potencia	Alto factor de potencia	Alto factor de potencia
Potencia del sistema [W]	1000	400
Porcentaje de ahorro del sistema	0%	60%
Ahorro de energía [kW/hr]	0	12,000

- Las variables de luminotecnica para uniformidad cumplen lo estipulado por la NOM-001-SEDE-2005, en su artículo 930, para el caso de la Uniformidad y la Iluminación promedio.
- Es importante mencionar que los estudios se realizaron con lámparas y luminarias nuevas, y que los rendimientos de vida útil, coeficientes de uniformidad y los niveles de iluminación están referidos a estas características.

EL PARADIGMA DE LA MEDICION DE LUZ POR METODOS CONVENCIONALES

Ing. Alex Ramírez Rivero, Consultor
Genertek, SA de CV, Especialistas en Ahorro de Energía
México, XXVIII

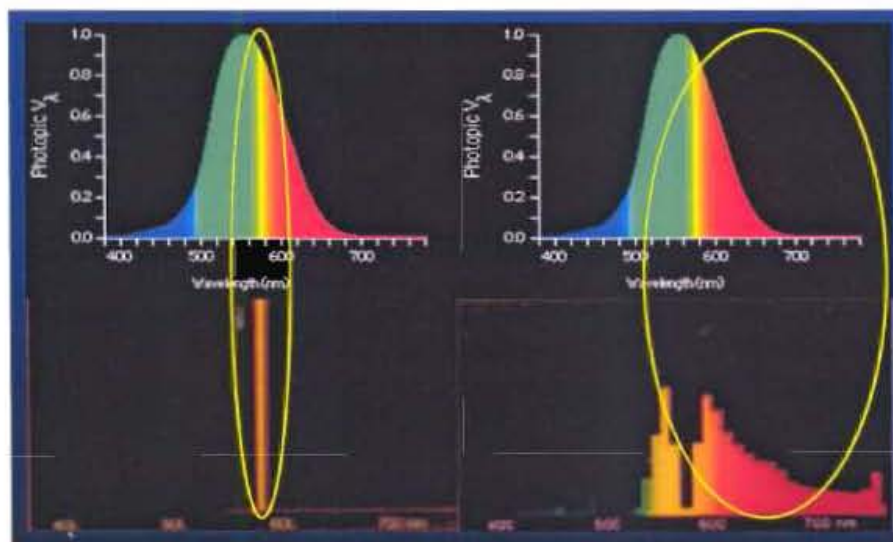
RESUMEN.

Se presenta un resumen de las curvas características del ojo humano establecidas en 1924 y las omisiones detectadas 60 años después. Se hace una breve presentación de las características de los fotorreceptores recientemente detectados que presentan cualidades extraordinarias sobre los fotorreceptores más conocidos hasta ahora. Finalmente y dada la complejidad de la medición con equipo moderno como los radiómetros se hace una propuesta para ajustar de una manera fácil y práctica los valores de iluminancia obtenidos con luxómetros convencionales, con el objetivo de pasar de los luxes convencionales a los luxes verdaderamente percibidos por el ojo humano.

INTRODUCCION.

Los estudios para la caracterización del ojo humano llevados a cabo por la CIE (Comisión Internacional de Electrotecnia) en 1924 han sido la base de la ciencia de iluminación durante más de 80 años, porque la ingeniería de iluminación gira alrededor de un elemento fundamental: el ojo humano. Se determinó en ese tiempo que el ojo humano tiene una curva de sensibilidad con una distribución gaussiana donde las "colas" corresponden al azul y al rojo, teniendo la cresta en color verde/amarillo. A cada color corresponde una frecuencia (THz) y por lo tanto una longitud de onda (nm), variables ligadas mediante una constante universal, la velocidad de la luz. El espectro visible es una pequeña zona que forma parte del espectro universal de energía con longitudes de onda que van de 380 a 760nm con un pico de sensibilidad en 555nm. En la zona de baja longitud de onda se encuentran los violetas y azules, en la zona central los verdes y amarillos y en la zona de mayor longitud de onda los naranjas y rojos.

De acuerdo con ese criterio, las lámparas que producen una croma con fuerte aportación cercana al pico de 555nm tienen por naturaleza más eficacia, ya que el ojo percibe mejor las radiaciones cercanas a esa longitud de onda (verde-amarillo) que longitudes de onda muy inferiores (violeta-azul) y muy superiores (naranja-rojo). Dicho en otras palabras, con niveles de iluminación altos el ojo es un poco ciego a los azules y rojos y muy sensible a los amarillos verdosos. A esa curva se le llamó curva fotópica (P).



Curva fotópica y croma de lámparas de vapor de sodio en baja presión (izquierda) y vapor de sodio en alta presión (derecha).

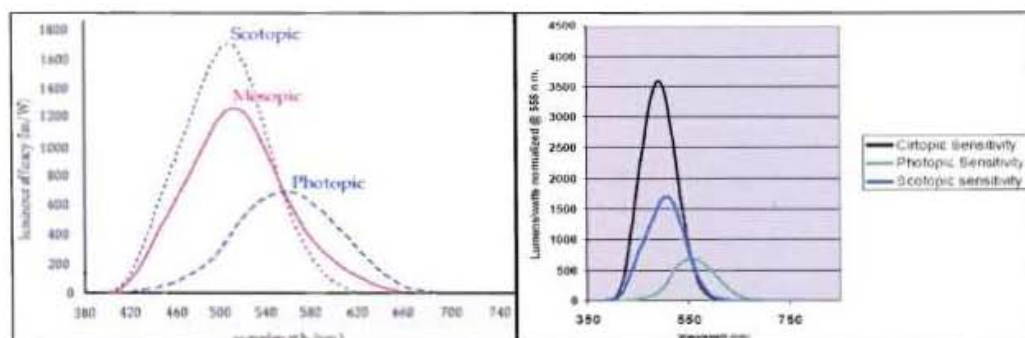
Desde aquellos años se encontró que la sensibilidad del ojo a los diferentes colores se modificaba cuando los niveles de iluminación se reducían notablemente. Se determinó entonces que el pico de sensibilidad y la curva en general se desplazaba 47 nm a la izquierda, ubicándose ahora en 508nm. A esta curva se le llamó escotópica (S). Un valor intermedio es la llamada curva mesópica (M) cuyo pico se presenta en 531nm.

Sin embargo, a finales del año 2002 se anunció que el descubrimiento de un nuevo receptor fotosensible de la retina localizado en las regiones no centrales del ojo fue uno de los 10 descubrimientos científicos más importantes del año. El nuevo pigmento foto-receptor lleva por nombre "melanopsin" y su pico de sensibilidad ocurre cerca de los 482 nm. Se encuentra dentro de una clase de grandes células retinales ubicadas fuera de la fóvea central. Dichas células han recibido el nombre de "células ganglionales retinales intrínsecamente fotosensibles" (ipRGC's por sus siglas en inglés). La función principal de estas células (a pesar de ser 1000 veces menos numerosas que los conos) es que afectan directamente las regiones del cerebro responsables de funciones de la visión sin imágenes, tales como la regulación circadiana y la variación del tamaño de la pupila.

Además de la regulación circadiana, estos descubrimientos son importantes porque ofrecen una explicación a muchas observaciones encontradas en la práctica de la iluminación pero frecuentemente descartadas por falta de sustento científico. Por ejemplo, existe evidencia concluyente de que estos receptores pueden explicar la bien conocida percepción de brillo, que visto en condiciones naturales y en niveles típicos de áreas interiores, la luz más rica en tintes azules (mayor temperatura de color correlacionada ó TCC) es percibida con más brillo que la luz con menos tinte azul (menor TCC), ambas vistas bajo los mismos niveles de lúmenes. En la calibración de los luxómetros convencionales que todos usamos la respuesta de los nuevos receptores del ojo humano a la luz donde predominan los azules no han sido incluidas. Por lo tanto, en los últimos 100 años hemos estado cometiendo errores de medición al evaluar la cantidad total de luz, tanto la radiada (lúmens) como la incidente (luxes).

Para una medición completa en la región fotópica, no hay una sino dos funciones espectrales sensitivas y para la medición de iluminación interior y exterior nocturna en lugar de tradicionalmente dos, habrá una familia de tres funciones espectrales sensitivas, que se llaman fotópica, escotópica y cirtópica. Estas funciones son caracterizadas generalmente por sus picos de longitud de onda que ocurren a los 555 nm, 507 nm y 491 nm respectivamente. Cuando son tomadas en conjunto como familia fotométrica estas funciones de sensibilidad se adaptan a la definición del lúmen, dando el valor de 683 lumens por watt a 555 nm. La nueva o tercera función normalizada es llamada aquí "cirtópica" en referencia a su relevancia por la regulación del ciclo circadiano.

En la época en que los primeros estudios fueron llevados a cabo, el nuevo fotorreceptor no había sido aún descubierto. Sin embargo, se fundamentaron los datos en el tamaño de la pupila, en la percepción del brillo y en el desempeño visual. Dado que el pico de longitud de onda del espectro escotópico de 507nm es cercano al pico de longitud de onda del nuevo fotorreceptor retinal de 491nm la sensibilidad real del ojo es notablemente diferente a la tradicional.

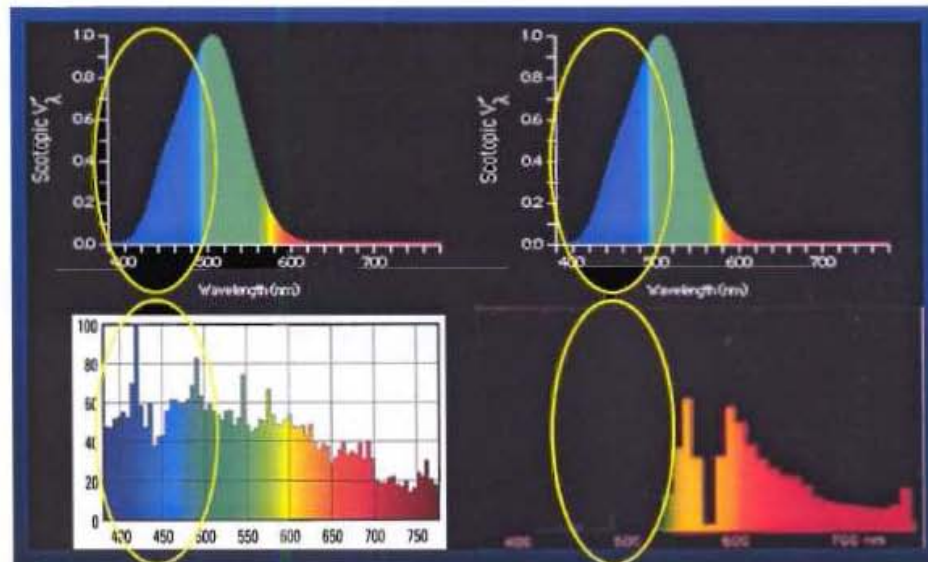


Curvas de Sensibilidad del Ojo Humano: Fotópica (P), Mesópica (M), Escotópica (S) y Cirtópica (C)

Como las sensibilidades fotópica y escotópica son diferentes, incorporar el nuevo receptor en la práctica de la iluminación se convierte en un problema cuando la aplicación de la iluminación implica la consideración de múltiples espectros. Si hay sólo un espectro a considerar, entonces la percepción de brillo y el desempeño visual seguirán las lecturas relativas de los medidores estándar. Sin embargo, cuando se comparan fuentes de diferentes espectros para la percepción del brillo espacial o agudeza de la visión, las diferencias relativas entre las contribuciones fotópica y cirtópica aumentarán. Dado que los medidores estándar están basados únicamente en el criterio antiguo, depender únicamente de esos valores da un resultado inexacto. Más aún, la corrección de los errores permiten una mejora en la eficiencia energética en iluminación porque la luz azulosa contendrá una entrada relativa mayor por el nuevo receptor.

Por lo tanto, el descubrimiento de un nuevo fotorreceptor no centrado en la fovea afirma la necesidad de un nuevo conteo más exacto de cómo la luz afecta el sistema visual bajo las condiciones de visión integrales encontradas comúnmente en la práctica de la iluminación. Incorporar el nuevo conocimiento provee a esa práctica de una valiosa mejora, permitiendo la obtención de ambos beneficios; mejor eficiencia visual y mejor eficiencia energética y económica.

Por lo tanto, las curvas de sensibilidad a los colores deben ser modificados, porque en condiciones de bajos niveles de iluminación (curva escotópica) la respuesta del ojo a las diferentes cromas de las lámparas es radicalmente diferente. Dicho en otras palabras, el ojo se vuelve virtualmente ciego a los rojos e hipersensible a los azules, haciendo que las lámparas con fuerte aportación de naranjas y rojos tengan una eficacia real baja, mientras que las lámparas con fuerte aportación en azules y violetas tienen una eficacia real muy alta.



Curva escotópica y cromas de lámparas de vapor de aditivos metálicos (izquierda) y vapor de sodio en alta presión (derecha).

En vista de la necesidad de evaluar la luz de una manera más integral, en los últimos años los profesionales de iluminación con más experiencia en todo el mundo miden la luz con radiómetros y no con luxómetros convencionales. Un radiómetro típico mide los luxes fotópicos (P), los escotópicos (S), la relación S/P y los luxes efectivos (luxes realmente percibidos por el ojo). Las mediciones con radiómetro se ven influenciadas principalmente por 2 factores: la temperatura de color correlacionada (TCC) y el índice de rendimiento de color (CRI). En la medida en que ambos valores se incrementan, la relación S/P aumenta y con ella la cantidad de lúmens percibidos, en el futuro denominados "lúmens verdaderos" ó tim y "luxes verdaderos" ó tLx, haciendo analogía con los valores verdaderos raíz media cuadrática ó trms (true root mean square) tan útiles y conocidos en ingeniería eléctrica.

En la tabla siguiente se presentan los valores de TCC y CRI para diferentes fuentes luminosas, así como la relación S/P. Para hacer más útil la información se propuso como referencia la lámpara de vapor de sodio baja presión (VSBP), en teoría la lámpara más eficaz pero de más bajo rendimiento de color. Su relación S/P es de 0.23 contra el máximo valor de 2.47 de la luz natural. Asumiendo ahora un valor adimensional de 1 para VSBP, todas las demás lámparas presentan valores superiores, donde el valor más alto lo alcanza nuevamente la luz natural (3.278).

Una aplicación práctica se explica con un ejemplo: si en una instalación se tuviera iluminación con lámparas fluorescentes con CRI de 75 y TCC de 4100K, el nivel de iluminación se incrementaría 26.6% (3.278/2.588) si se usaran lámparas fluorescentes con CRI de 85 y TCC de 7500K, manteniendo constantes otras variables como el color de las paredes, el tipo de balastro, el luminario, etc. Otro ejemplo sería pasar de lámparas de vapor de sodio en alta presión con 1900K y CRI de 21 a lámparas de inducción de alta calidad con 5000K y CRI de 90, donde los lúmens percibidos se incrementarían 67% (3.061/1.83), lo que se podría trasladar a un notable ahorro de energía en instalaciones de alumbrado público, como se muestra en la tabla final de sistemas de HID para alumbrado exterior.

FACTORES DE CORRECCION PARA DIFERENTES FUENTES DE LUZ											
LUMENS CONVENCIONALES A LUMENS VERDADEROS											
	Sodio Baja Presión	Sodio Alta Presión (35w)	Sodio Alta Presión (50w)	Sodio Alta Presión (150w)	Vapor de Mercurio (Fosforado)	LED Blanco Cálido	Sodio Blanco	Incandescente Estándar	Fluorescente Blanco Frío	Aditivos Metálicos Fosforado	Halógeno
TCC	1,800	1,900	1,950	2,050	3,000	3,000	2,500	2,650	4,100	3,200	3,000
Mr	556	526	511	488	333	333	400	377	244	311	333
CRI	0	21	21	22	43	80	83	95	62	72	3
S/P	0.23	0.4	0.52	0.55	0.8	1	1.14	1.41	1.46	1.49	1.5
FC (lm ₉₀)	1,000	1,119	1,642	1,810	1,865	2,086	2,227	2,476	2,520	2,546	2,554

	Fluorescente RE741	Fluorescente RE841	Fluorescente RE850	Aditivos Metálicos Claro	Fluorescente RE765	Inducción SK	Fluorescente Luz de día	Luz Solar CIE	Lámpara de Azufre	Luz Solar con Bóveda	Fluorescente RE875
	4,100	4,100	5,000	4,200	6,500	5,000	6,300	6,200	6,400	7,000	7,500
	244	244	200	238	154	200	159	161	156	143	133
	72	82	82	65	72	90	75	95	84	99	82
	1.54	1.62	1.96	2.1	2.14	2.21	2.22	2.28	2.32	2.47	2.47
	2.588	2.654	2.920	3.022	3.051	3.061	3.107	3.149	3.176	3.278	3.278

Debe aclararse que el buen uso de la TCC permite crear ambientes idóneos para cada aplicación y necesidad. Por lo tanto, aunque la percepción de la luz blanca azulada sea mayor que la luz amarilla ó la luz rojiza, su aplicación debe ser selectiva. En un hotel 5 estrellas por ejemplo, las habitaciones, los restaurantes y los bares nunca deberían iluminarse con luz fría, aunque el nuevo criterio sí sería aplicable en ese mismo hotel para áreas como la cocina, la lavandería y los estacionamientos.

CARACTERÍSTICAS	VA POR DE SODIO ALTA PRESION BC	VA POR DE A DITMOS METALICOS BCC	VAPOR DE A DITMOS METALICOS BC P5	INDUCCION HT	LEDs BLANCO HT
Electrodos de Arranque	Sin	Con	Con	Sin	Sin
Vida nominal (Hr)	24,000	18,000	20,000	100,000	100,000
Vida Útil (L ₉₀) (Hr)	18,000	12,000	18,000	60,000	50,000
Degradación de Lúmens de Lámpara (Adim)	0.7 a 0.8	0.4 a 0.55	0.6 a 0.7	0.85 a 0.9	0.5 a 0.7
Rango de Eficacia (lm _w /W)	50 a 140	40 a 110	70 a 120	65 a 90	25 a 83
Rango de Eficacia (lm/W)	28 a 80	60 a 160	110 a 190	110 a 160	40 a 140
Velocidad de Encendido (t ₉₀)	0.5 a 2 min	2 a 5 min	1 a 3 min	Menos de 0.5 seg	Menos de 0.5 seg
Sensación visual	Efecto de aura	A veces tóbrago	Natural	Muy natural	Natural a Muy Natural
Parpadeo visible (flr)	Bajo	Bajo a Medio	Bajo a Medio	Muy bajo	Null
Ruido audible	Bajo	Bajo	Bajo	Muy bajo	Muy bajo
Balastro / Controlador	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF	Mag. ó Eln. LF	Generador HF	Controlador CD
Puntos de falla	Medios a Altos	Medios a Altos	Medios a Altos	Bajos	Bajos
Pérdidas balastro / controlador	De medias a bajas	De medias a bajas	De medias a bajas	Muy bajas	Muy bajas
Velocidad de Reencendido (t ₉₀)	Menos de 1 min	6 a 15 min	2 a 6 min	Menos de 0.5 seg	Menos de 0.5 seg
Factor de Daño	Medio	Medio a alto	Medio a alto	Muy bajo	Null
Índice de Rendimiento de Color (Adim)	21	65	65 a 75	80 a 90	45 a 85
Coefficiente de Utilización	Medio	Medio	Medio	Bajo a Alto	Medio a Muy Alto
Garantía	2 a 3 años	2 a 3 años	1 a 3 años	3 a 5 años	1 a 3 años
Costo inicial para potencia equivalente	Medio	Medio a Alto	Alto	Muy Alto	Sumamente Alto
Costo de Operación	Medio	Alto	Muy Alto	Muy bajo	Muy bajo

Características principales de los actuales sistemas de iluminación para alumbrado público