



**CIMAV Centro de Investigación en
Materiales Avanzados S.C.**



CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS, S. C.

**IMPLEMENTACIÓN DE LUMINARIAS DE
ALTA EFICIENCIA PARA AULAS EN LA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE QUERÉTARO**

**TESIS QUE COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ENERGÍAS RENOVABLES**

PRESENTA:

DAVID CONDE SALINAS

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MINERVA ROBLES AGUDO

ÍNDICE

DEDICATORIAS.....	V
AGRADECIMIENTOS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	7
OBJETIVOS.....	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Particulares.....	10
JUSTIFICACIÓN.....	11
CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO.....	12
1.1. Evolución de la iluminación.....	12
1.2. ¿Por qué es importante tener una iluminación adecuada?.....	13
1.3. Conceptos básicos de energía eléctrica.....	18
1.3.1. Magnitudes y unidades físicas.....	18
1.4. Aspectos generales de principales tipos de luminarias.....	22
1.4.1. Luminarias incandescentes.....	22
1.4.2. Luminarias con halógenos.....	23
1.4.3. Luminarias fluorescentes.....	24
1.4.4. Luminarias de bajo consumo.....	25
1.4.5. El LED.....	26
1.5. Lámparas fluorescentes para iluminación en espacios interiores.....	29
1.5.1. Principio de funcionamiento de luminarias fluorescentes.....	30
1.5.2. Clasificación de luminarias fluorescentes.....	31
1.5.2.1. Luminaria tipo T12.....	32
1.5.2.2. Luminaria tipo T8.....	33
1.5.2.3. Luminaria tipo T5.....	33
1.6. Luminaria T12 vs T5 ¿Por qué escoger T5?.....	34

1.6.1. Comparación entre luminarias T5 y T12.....	35
1.6.2. Características eléctricas y ambientales.....	37
1.6.3. Características físicas.....	37
1.6.4. Seguridad y cuidado del medio ambiente.....	38
1.7. La reflexión de la luz.....	38
1.7.1. Tipos de reflexión de acuerdo a las superficies de materiales.....	40
1.7.2. Efecto de la pintura reflejante.....	41
 CAPITULO 2. Infraestructura de la Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ).....	 43
 CAPITULO 3. Análisis de Facturación y carga en la UTEQ.....	 46
3.1. Señal tarifaria.....	46
3.2. Funciones de las tarifas.....	46
3.3. Estructura de tarifas por uso y nivel de tensión.....	47
3.3.1. Tarifas horarias.....	47
3.3.2. Periodos tarifarios: Base, Intermedio y Punta.....	49
3.4. Conceptos facturables.....	50
3.4.1. Consumo de energía.....	50
3.4.2. Demanda de energía.....	50
3.4.3. Factor de carga.....	51
3.4.4. Factor de potencia.....	52
3.5. Históricos de facturación UTEQ.....	55
3.6. Análisis de facturación UTEQ.....	60
3.7. Impacto de los resultados obtenidos.....	60
 CAPITULO 4. Implementación de luminarias de alta eficiencia en aulas de la UTEQ.....	 61
4.1. Censo: tipo de iluminación en los espacios de la UTEQ.....	61
4.2. Tipos de pintura utilizados como material reflejante.....	62
4.3. Primeras acciones desarrolladas en la infraestructura del alumbrado.....	68

4.4. Reporte de las acciones de sustitución de luminarias realizadas en edificios de docencia y áreas administrativas de rectoría.....	71
5. RESULTADOS.....	85
6. CONCLUSIONES.....	86
7. RECOMENDACIONES Y TRABAJO A FUTURO.....	87
BIBLIOGRAFÍA.....	88
APÉNDICE I. Norma oficial NOM-028-2010.....	89
APÉNDICE II. Norma oficial NOM-025-STPS-2008.....	91

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a Dios y a mi Mamá María Luisa a quien le debo todo lo que soy. Gracias por tus enseñanzas de vida, por tu fortaleza y forma de ver la vida, por tus consejos, por tu perseverancia, y por darme las fuerzas para poder concluir este proyecto, después de muchos obstáculos que debí superar.

También dedico este trabajo a mi papá Vicente, gracias por tus enseñanzas. A mis hijas Diana Laura y María Fernanda que son mi razón de vivir, a mis hermanos Ernesto, Miguel Ángel, Rosario y Graciela, a mis cuñados(as) Juan Manuel y Eva, a mis sobrinos José Miguel e Irais, que son mi familia y de los que siempre he recibido apoyo y palabras de aliento para seguir adelante y lograr los retos que me he planteado a lo largo de mi vida. Sin su apoyo me habría sido muy difícil seguir adelante. Para todos ustedes mi cariño y respeto.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme las fuerzas para poder concluir con este proyecto, a las autoridades de la Universidad Tecnológica de Querétaro por permitirme estudiar esta Maestría. Agradezco a todos mis profesores, compañeros y amigos de la Maestría por esas enseñanzas y experiencias que vivimos durante el trascurso de clases, porque al final del camino pudimos establecer una muy buena amistad. En especial al Dr. Alberto Duarte Moller y a la Dra. Minerva Robles Agudo por su apoyo para poder culminar este trabajo. A todos ustedes gracias.

INTRODUCCIÓN

Es impensable que el desarrollo económico de cualquier país se realice sin la energía eléctrica, indispensable para mover los elementos que componen la estructura social y productiva. Prácticamente el 50% de la generación de energía eléctrica se deriva en su mayoría de la quema de combustibles fósiles, los cuales emiten CO₂, NO y SO₂. La emisión de estos compuestos está directamente relacionada con el cambio climático y la lluvia ácida, por lo cual es de suma importancia reducir estas emisiones para frenar el deterioro ambiental de nuestro planeta.

La iluminación es el componente que demanda la mayor cantidad de energía eléctrica dentro de la infraestructura de la Universidad Tecnológica de Querétaro (UTEQ). Actualmente varios de los edificios de esta institución utilizan tecnologías poco eficientes conocidas como T-12, que de acuerdo a la NOM-28-ENER publicada en el 2010, están fuera de mercado.

Esta situación es una constante que no sólo se tiene en la UTEQ, de acuerdo a los reportes obtenidos del proyecto Bandera Verde en el que se monitorearon 43 instituciones públicas de primaria, secundaria y preparatoria del municipio de Querétaro en el año 2015.

El proyecto Bandera Verde consistió en conocer el estado de la iluminación y el ahorro energético en estas 43 instituciones a través del cuerpo académico “Desarrollo de equipamiento tecnológico didáctico industrial basado en la sustentabilidad”, para conocer con certeza las condiciones de la infraestructura eléctrica de las instituciones adheridas a este programa.

Durante el desarrollo del proyecto Bandera Verde se recorrieron los salones de clase de cada una de las instituciones realizando un censo de iluminación, registrando cantidades y características de las luminarias (incandescentes,

fluorescentes lineales y compactas etc...), la cantidad de watts que consumen cada una. Además se aprovechó para revisar el estado de la instalación eléctrica: cables, cajas tubería y canaletas (para instalaciones visibles), apagadores y contactos.

Además se elaboraron reportes individuales de cada institución, así como un reporte general de las 43 escuelas visitadas, en donde se hicieron algunas recomendaciones encaminadas a la seguridad de sus instalaciones y del ahorro de energía bajo el marco de la sustentabilidad.

Como resultado de este estudio se pudo constatar que el rezago que se tiene en las aulas de las diferentes instituciones del municipio coincide con el de la UTEQ, donde se cuenta aún con lámparas fluorescentes T12 las cuales no son las más adecuadas para iluminar un salón de clases, ya que no cumplen con la cantidad de lúmenes que indica la norma NOM 25 STPS.

Algunos de los hallazgos encontrados durante el desarrollo del proyecto Bandera Verde fueron los siguientes:

- Sólo funciona el 50% del alumbrado de los salones y éste está conectado directamente al circuito de los contactos.
- Aún se encuentra una gran cantidad de lámparas incandescentes.
- Se observó que algunas luminarias utilizan balastos no adecuados de acuerdo a su capacidad afectando la vida útil de las luminarias.

Es evidente un rezago importante en la iluminación de las instituciones educativas, el cual no se puede generalizar ya que hay escuelas que han procurado realizar cambios en su infraestructura buscando ser más eficientes y teniendo un beneficio económico en el ahorro de energía, desgraciadamente éstas son muy pocas.

Como institución pública, la UTEQ asume la responsabilidad con la protección del entorno natural, comprometiéndose a optimizar los recursos que la sociedad le entrega, así como a conjuntar acciones que promuevan la eficiencia energética.

Este concepto apunta a plantar en los individuos que integran esta institución, la preocupación por reducir costos energéticos y promover la sostenibilidad económica, política y ambiental.

El presente trabajo forma parte de un proyecto para el ahorro de energía eléctrica en la UTEQ, en donde se integraron líneas de acción estratégicas y para cada una de ellas, actividades específicas. Con la finalidad de ahorrar energía, en este proyecto se propuso la sustitución de luminarias T-12 por T-5. Debido a que la adquisición de gabinetes completos (balastro, tubos y bases) con tecnología T5 para sustituir las luminarias T-12, hacían considerable la inversión inicial, se propuso conservar la infraestructura actual y adecuarla con tecnología más eficiente, ocupándose los gabinetes actuales y sustituyendo sus componentes como: balastro, tubos y bases. Además se aplicó un material reflejante en la superficie interna de los gabinetes que ayudara a incrementar los niveles de iluminación. Los costos de adecuación de los gabinetes con que se contaba inicialmente, para que funcionaran con componentes de nueva generación más eficientes, representó un 53% de ahorro comparado con el costo de adquisición de un gabinete nuevo con características similares.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL

Implementar luminarias tipo T5, en lugar de T12 en: aulas y salas audiovisuales de la Universidad Tecnológica de Querétaro.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.-Evaluar luminarias T12 y T5 para aulas de clases.
- 2.- Evaluar la reflectancia de gabinetes de luminarias al aplicar diferentes materiales reflejantes en su interior.
- 3.- Modificar los gabinetes actuales para la implementación de luminarias T5 y realizar mediciones de los niveles de iluminación. Verificar su comportamiento con luminarias T12 y T5 de acuerdo a los niveles de iluminación que indica la norma NOM-25.

JUSTIFICACIÓN

La UTEQ es la segunda institución educativa en el estado de Querétaro en cuanto a captación estudiantil. Actualmente esta universidad cuenta con alrededor de 5500 alumnos, además del personal docente y administrativo.

En esta universidad el crecimiento del número de estudiantes en los últimos años, ha provocado que las necesidades del servicio de iluminación hayan aumentado. Además de la ampliación en los horarios de clases en la institución, donde desde hace 4 años se ofertan estudios de Ingeniería en el turno vespertino de 17:00 a 22:00 hrs, haciendo que la universidad prácticamente funcione todo el día (de 7:00 a 22:00 hrs). El resultado de estos cambios se ha visto reflejado en el mayor consumo de energía eléctrica.

Tanto los salones de clase, como una buena parte de la infraestructura administrativa en la universidad, utilizan gabinetes con cuatro tubos fluorescentes de 39 watts c/u y 2 balastos electromagnéticos (un balastro por cada dos tubos). De acuerdo a la norma NOM 28 ENER 2010, este tipo de luminarias debió estar fuera del mercado a partir de abril de 2011.

Aproximadamente el 70% de luminarias que se tienen instaladas en la UTEQ corresponden a esta tecnología, motivo por el cual se propuso este proyecto de investigación, en el que se recopila información sólida que ayude a las autoridades correspondientes a tomar la decisión de emigrar a nuevas tecnologías y disminuir el consumo energético en la universidad. Lo anterior con la finalidad de obtener una mejora significativa de los niveles de iluminación atendiendo los requerimientos establecidos en la norma NOM 25 STPS. Dicha Norma Oficial Mexicana se refiere a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo, y tiene como objetivo establecer las características de iluminación en los centros de trabajo, de tal forma que no sea un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades.

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 . Evolución de la iluminación

La iluminación ha sido esencial en nuestras vidas, actualmente se ha vuelto algo tan común como presionar un interruptor para tener una habitación iluminada, sin embargo, no siempre fue así. En la prehistoria el hombre descubrió el fuego y lo utilizó para obtener calor, cocer alimentos y para la iluminación de sus cavernas, aprovechando la luz solar durante el día. Así pues la llama fue la primera forma de iluminación artificial utilizada por el hombre. Existen datos que nos indican que culturas como los fenicios, egipcios y griegos utilizaban materiales como cera de abeja, resina, aceites entre otros como combustibles para iluminarse.

A lo largo del tiempo la iluminación ha ido evolucionando al crearse luminarias con nuevas tecnologías y diferentes características técnicas en su operación. En 1870 Thomas A. Edison inventó la lámpara incandescente, para después dar paso en 1901 al invento de la lámpara de vapor de mercurio que es la precursora de la lámpara fluorescente. Así fue como la lámpara fluorescente en vez de utilizar el filamento metálico como emisor de luz, genera la luz por descarga de gas al hacer pasar una corriente eléctrica. La eficiencia de la iluminación fluorescente varía según el tipo de lámpara, aunque generalmente es de 5 a 8 veces mayor que en lámparas incandescentes. La tendencia es crear luminarias más eficientes y a la vez que consuman menos energía eléctrica.

Actualmente la última evolución de la tecnología de iluminación ha sido el desarrollo del LED (Light-EmittingDiode), que genera luz a través de la unión de materiales semiconductores. Los LED's son más eficientes energéticamente y de acuerdo a su patrón de radiación, puesto que la mayoría de la energía que emiten es utilizada para generar luz y no calor.

1.2. ¿Por qué es importante tener una iluminación adecuada?

La iluminación interior y exterior supone aprox. el 37% del gasto corriente de un edificio, véase la figura 1. Para entender lo qué es una iluminación adecuada es importante describir la respuesta del ojo humano, ya que es lo que nos permite detectar el tipo de iluminación que percibimos. También es importante recordar la distribución energética de las ondas electromagnéticas que existen, descrita por el espectro electromagnético, véase la figura 2.

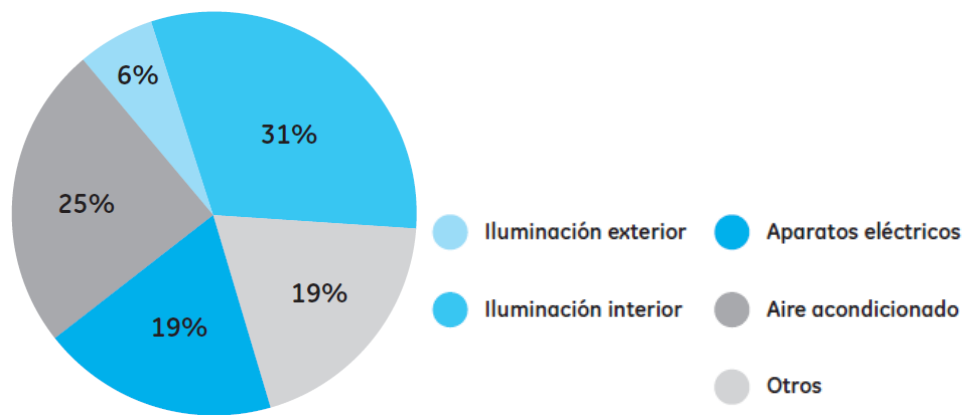


Figura 1. Gasto corriente de energía eléctrica en un edificio.

Los humanos sólo podemos percibir a través de los ojos un intervalo de ondas del espectro electromagnético denominado espectro visible o luz, véase la figura 3. No hay límites exactos en el espectro visible: un típico ojo humano responderá a longitudes de onda de 390 a 750 nm, aunque algunas personas pueden ser capaces de percibir longitudes de onda desde 380 hasta 780 nm.

Los humanos percibimos la iluminación y cada uno de los distintos colores como una mezcla de señales obtenidas por los 3 tipos de sensores (células conos) que tenemos en el ojo: conos S sensibles a longitudes de onda cortas, luz azul de 420 a 470 nm; conos M sensibles a longitudes de onda medianas, luz verde de 507 a 590 nm; conos L sensibles a longitudes de onda largas, luz roja de 515 a 630 nm.

Estos tres colores son conocidos como colores primarios o colores RGB (por sus siglas en inglés), y de acuerdo con el modelo RGB, basta con mezclarlos para reproducir cualquier otro color.

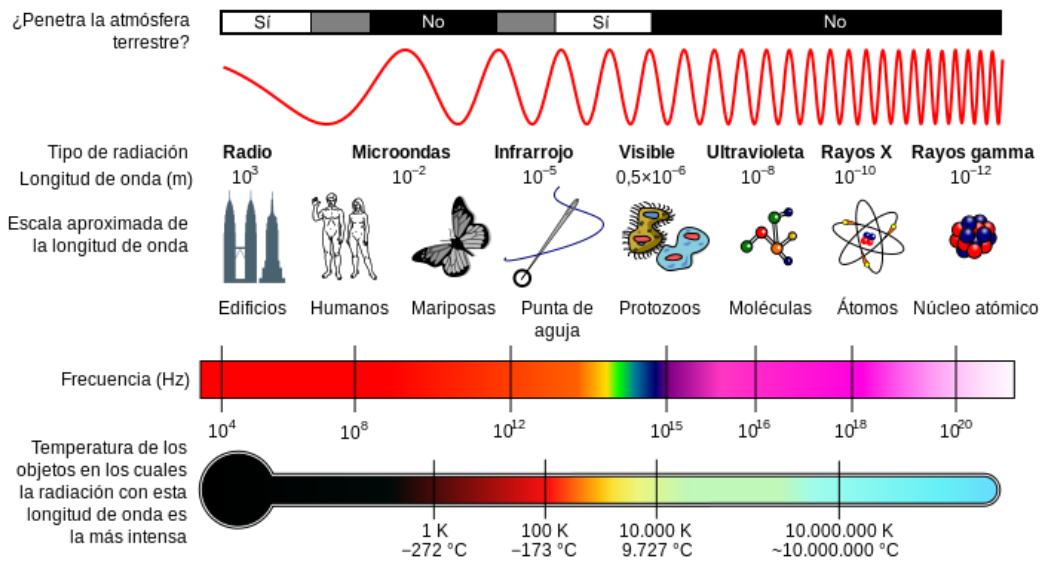


Figura 2. Espectro electromagnético que describe la distribución energética del conjunto de ondas electromagnéticas que nos rodean.

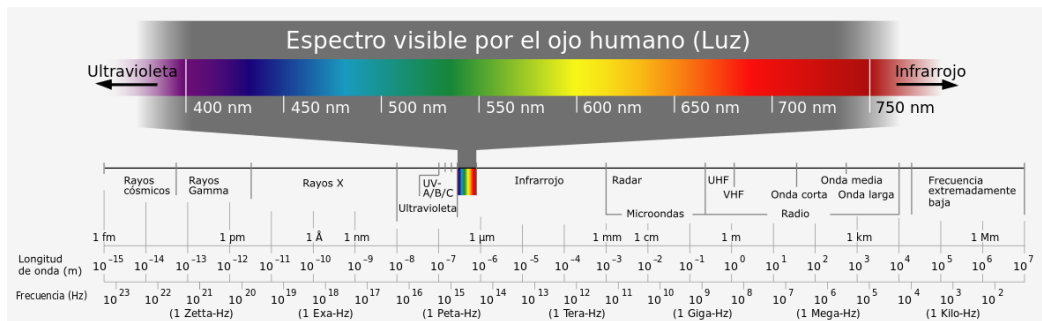


Figura 3. Espectro visible por el ojo humano (luz).

La luz que captamos como diferentes colores está compuesta por varias longitudes de onda que corresponden al espectro de luz visible. Cada color se caracteriza por una longitud de onda determinada y cada uno de ellos se puede reproducir en base

a la superposición de las longitudes de onda de los tres colores RGB que percibimos. Con la apropiada combinación de estos 3 colores básicos se pueden reproducir todos los colores que detectamos a nuestro alrededor. A esta mezcla de colores se le llama sistema de color aditivo, modelo RGB o espacio de color RGB. En la figura 4a se muestra el modelo de color RGB. Diferentes combinaciones de los colores primarios producen colores secundarios cuya mezcla a una máxima intensidad da como resultado la luz blanca. El negro es considerado la ausencia de color, y se percibe cuando ningún color RGB está presente. Es posible representar toda la gama de colores que podemos captar mediante un diagrama cromático de espacio de color, el cual es un sistema utilizado para caracterizar las diferentes fuentes de luz y el funcionamiento del sistema visual humano.

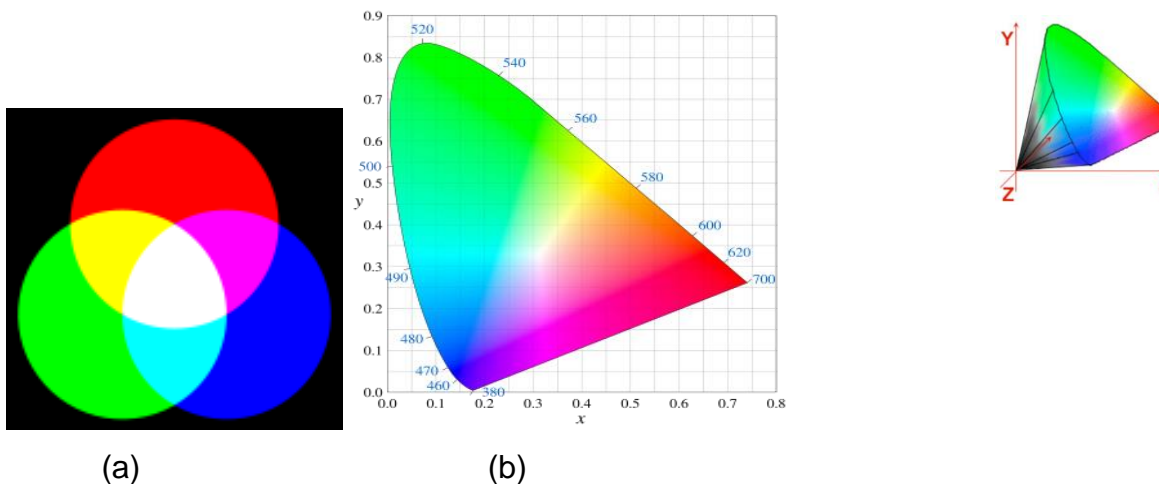


Figura 4. (a) Modelo de color RGB. (b) Diagrama cromático bidimensional y tridimensional del espacio de color correspondiente al estándar CIE 1931.

En la figura 4b se muestra el diagrama cromático bidimensional y tridimensional del espacio de color correspondiente al estándar CIE (Comisión Internacional de Iluminación) 1931. La curva alrededor de la figura en forma de herradura indica las diferentes longitudes de onda que componen el espectro visible. Los puntos sobre la curva indican los colores saturados, y los que se encuentran más al centro del diagrama indican colores con niveles de luminosidad más alta. Nótese que el color

blanco está definido casi al centro de la figura. Para identificar un espacio de color en el diagrama de la figura 4b, que caracterice una determinada fuente de luz, se utiliza primero la relación $x + y + z = 1$ que indica la mezcla aditiva de los 3 colores primarios, independientemente de la luminancia. Como cada letra representa la tonalidad de un diferente color, basta con conocer las tonalidades de dos colores para poder calcular la del tercero y ubicarlo directamente en la curva del diagrama. Para conocer el valor real del color dado por $C = XX + YY + ZZ$, se calcula su luminosidad mediante las relaciones: $x = \frac{X}{X + Y + Z}$, $y = \frac{Y}{X + Y + Z}$, $z = \frac{Z}{X + Y + Z}$, donde X, Y, Z corresponden a la intensidad de cada color en el diagrama tridimensional de la figura 4b. Finalmente se delimita el espacio de color de la fuente que se esté caracterizando, de acuerdo a los valores calculados en los colores primarios, entre más alejados del centro de la gráfica se ubiquen éstos, la fuente será capaz de reproducir mayor cantidad de colores (Martín-Marcos y Martín-Martín, 2000).

Una de las condiciones más elementales para lograr un buen ambiente de trabajo es una correcta iluminación del lugar donde se desarrollan las tareas. Un espacio correctamente iluminado no es necesariamente el que más luz posee, ya que un exceso de iluminación puede resultar muy molesto. Por el contrario, una iluminación pobre obligará a sobreesforzar la vista, ocasionando dolor de cabeza, cansancio, fatiga en los ojos e, incluso, estrés. Cuando la iluminación del lugar de trabajo no es la correcta, se podría forzar de forma instintiva a adoptar posturas incorrectas a la hora de trabajar, que a la larga podrían ocasionar problemas de espalda o lesiones musculoesqueléticas.

Es importante vigilar en el área de trabajo los cambios bruscos de luz, evitando el parpadeo de luces intermitentes o un contraste de luz que resulte excesivo. Un buen consejo es utilizar la luz natural de una ventana siempre que sea posible y, en caso

de precisar de luz auxiliar, comprobar cuál es la forma correcta de disponer los focos de luz, eliminando sombras y reflejos.

Algunos parámetros que deben considerarse para la selección de una fuente de luz son los siguientes:

1. Distribución espectral: determinar si el espectro de longitud de onda es continuo o discreto.
2. Escala de potencias de la fuente de luz.
3. Luminancia: para evitar en lo posible el brillo producido por las fuentes de luz.
4. Distribución de la intensidad luminosa: se debe disponer de las curvas fotométricas de las luminarias para su selección en función del patrón de radiación
5. Efectos biológicos: algunas fuentes producen radiaciones que afectan a las personas, para lo cual se deben tomar precauciones necesarias usando filtros o pantallas que las anulen.
6. Color de la luz: para lograr dar al ambiente las tonalidad adecuadas par su uso.
7. Reproducción cromática: está relacionado con el espectro de la longitud de onda emitido por la fuente de luz.
8. Potencia luminosa en función del ambiente.
9. Datos luminotécnicos constantes: se deben tomar en cuenta las variaciones de los datos luminotécnicos de la fuente de luz a lo largo de su vida útil.
10. Rendimiento luminoso.
11. Duración: determinar los valores tanto de su vida útil como de su vida media.
12. Producción de calor.
13. Probabilidad de trabajar con corriente continua o corriente alterna.
14. Repercusión en la red de alimentación.
15. Regulación del flujo luminoso: existen casos como por ejemplo los cines donde es indispensable considerar este factor.
16. Efecto estroboscópico.
17. Forma, dimensiones y aspectos mecánicos y decorativos.
18. Menor impacto ambiental.

1.3. Conceptos básicos de energía eléctrica

El origen de la energía eléctrica está en las centrales de generación, determinadas por la fuente de energía que se utilice. Así, la energía eléctrica puede obtenerse de centrales solares, eólicas, hidroeléctricas, térmicas, nucleares y mediante la biomasa o quema de compuesto de la naturaleza como combustible. Para comprender la generación, transmisión y aprovechamiento de la energía eléctrica, es importante entender los parámetros físicos involucrados en el movimiento de cargas, que son: voltaje, corriente y resistencia, así como potencia.

1.3.1. Magnitudes y unidades físicas

Voltaje (V)

El voltaje es la magnitud física que, en un circuito eléctrico, impulsa a los electrones a lo largo de un conductor. Es decir, conduce la energía eléctrica con mayor o menor potencia. Es un sinónimo de tensión y de diferencia de potencial, el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula para que ésta se mueva de un lugar a otro. En el Sistema Internacional de Unidades, dicha diferencia de potencial se mide en voltios, término usado en homenaje a Alessandro Volta, que en 1800 inventara la pila voltaica y la primera batería química.

Corriente (I)

La corriente eléctrica o intensidad eléctrica es el flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material. Se debe al movimiento de cargas (normalmente electrones) en el interior del material. En el Sistema Internacional de Unidades se expresa en C/s (coulombios sobre segundo), unidad que se denomina Amperio o Amperio.

Resistencia (R)

Se le denomina resistencia eléctrica a la oposición que tienen los electrones al moverse a través de un conductor. La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio y se representa con la letra griega omega (Ω), en honor al físico alemán Georg Ohm, quien descubrió el principio que ahora lleva su nombre. Para un conductor de tipo cable, la resistencia está dada por la siguiente fórmula:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Donde ρ es el coeficiente de proporcionalidad o la resistividad del material, l es la longitud del cable y S el área de la sección transversal del mismo. De acuerdo con la ley de Ohm, la resistencia de un material, el voltaje y la corriente se relacionan mediante la siguiente fórmula:

$$V = IR$$

Donde el voltaje está dado en volts, la corriente en amperios y la resistencia en ohms.

Watt (W)

El wates la unidad de la potencia en el Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es W . Es una de las unidades derivadas y equivale a 1 julio por segundo (1 J/s). Un watt es la potencia eléctrica producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 voltamperio). Está relacionada con ambas cantidades mediante la expresión:

$$P = V I$$

La potencia eléctrica de los aparatos eléctricos se expresa en watts, si son de poca potencia, y si son de mediana o gran potencia en kilowatts (kW) que equivale a 1000 watts. Un kW equivale a 1,35984 caballos de vapor.

Luminancia (L)

La luminancia es la intensidad luminosa emitida en una dirección por una superficie luminosa o iluminada (efecto de “brillo” que una superficie produce en el ojo). Su símbolo es L y su unidad de medida la candela por metro cuadrado (cd/m^2). Véase figura 5.

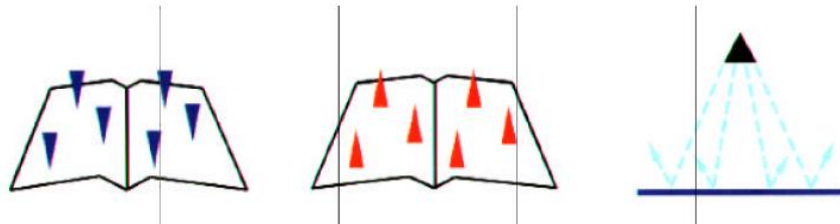


Figura 5. Símil hidráulico: salpicaduras de agua que rebotan de una superficie.

Flujo luminoso (F)

El flujo luminoso es la cantidad de luz emitida por una fuente de luz en todas las direcciones. Su símbolo es F y su unidad de medida es el lumen (lm). Si la intensidad luminosa (en candelas) es una medida de la cantidad de brillo que tiene el haz en una dirección particular, se relaciona con el flujo luminoso mediante la siguiente fórmula:

$$\text{lm} = \text{cd} \cdot \text{sr}$$

Donde se indica un estereorradián. Si una lámpara tiene una fuente de luz y la óptica de la lámpara se configura para enfocar toda la luz de manera uniforme en un 1 estereorradián, el haz tendría una intensidad luminosa de 1 candela. Si se cambia la óptica para concentrar el haz en medio estereorradián entonces la fuente tendría una intensidad luminosa de 2 candelas, es decir, el haz resultante es más estrecho y más brillante, sin embargo, el flujo luminoso sigue siendo el mismo.

Iluminación o Iluminancia (E)

La iluminación es el flujo luminoso por unidad de superficie (densidad de luz sobre una superficie dada). Su símbolo es E y su unidad de medida elLux(Lux=Lumen/m²). Véase figura 6.

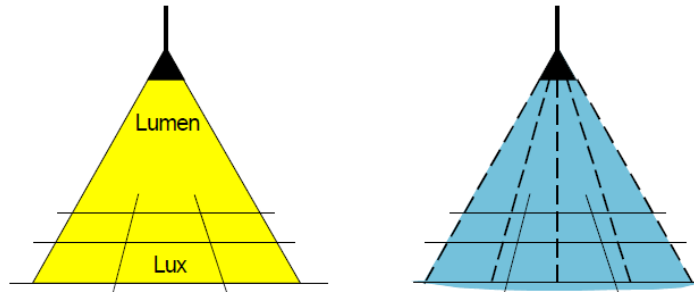


Figura 6. Símil hidráulico: cantidad de agua por unidad de superficie.

Intensidad luminosa (I)

La intensidad luminosa es la parte del flujo emitido por una fuente luminosa en una dirección dada por el ángulo sólido que lo contiene. Su símbolo es I y su unidad de medida la Candela(cd). Véase figura 7.

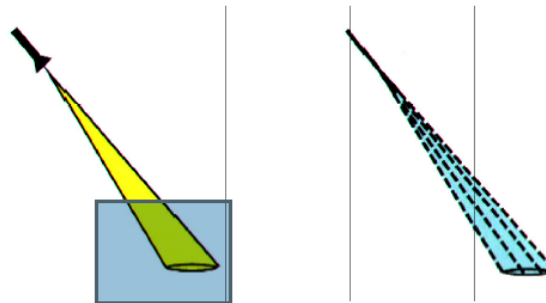


Figura 7. Símil hidráulico: intensidad de un chorro de agua.

1.4. Aspectos generales de principales tipos de luminarias

Actualmente existe una variedad de luminarias que se clasifican de acuerdo a la tecnología que usan, a su aplicación, su consumo o su patrón de radiación. A continuación se describen brevemente las luminarias más utilizadas en el mercado.

1.4.1. Luminarias incandescentes

En este tipo de luminarias la luz se produce por el paso de corriente eléctrica a través de un filamento metálico. Estas luminarias son las de mayor consumo eléctrico, las más baratas y de menor duración (1.000 horas).

Las bombillas incandescentes sólo aprovechan en iluminación un 5% de la energía eléctrica que consumen, el 95% restante se transforma en calor, sin aprovechamiento luminoso. Véase figura 8.

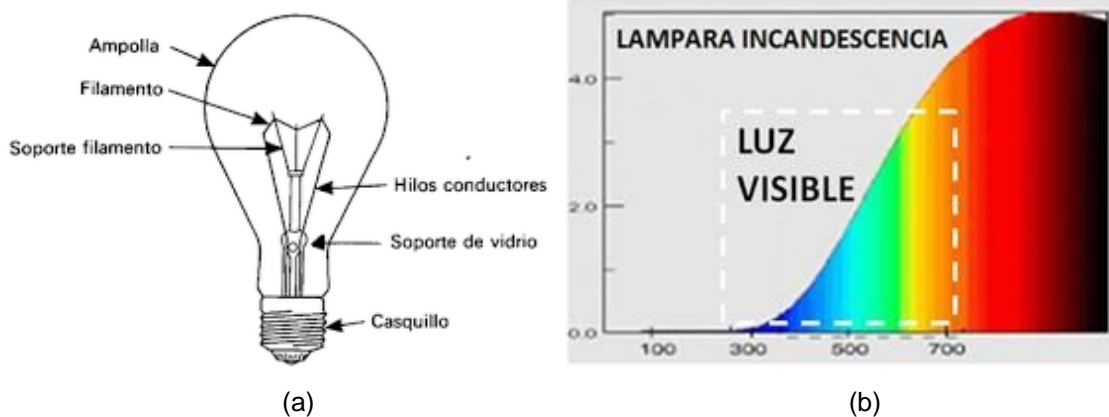


Figura 8. Descripción de una bombilla incandescente. a) Componentes. b) Emisión espectral (longitud de onda vs intensidad).

1.4.2. Luminarias con halógenos

En estas luminarias se añade un compuesto gaseoso con halógenos (grupo VII A de la tabla periódica) al sistema de incandescentes, consiguiendo establecer un ciclo de regeneración pasando las partículas del filamento al gas y depositándose nuevamente en el filamento.

Estas lámparas duran más que las incandescentes (1.500 horas) manteniendo su eficiencia. También se caracterizan por la calidad especial de su luz para zonas necesitadas de iluminación intensa. Véase figura 9.

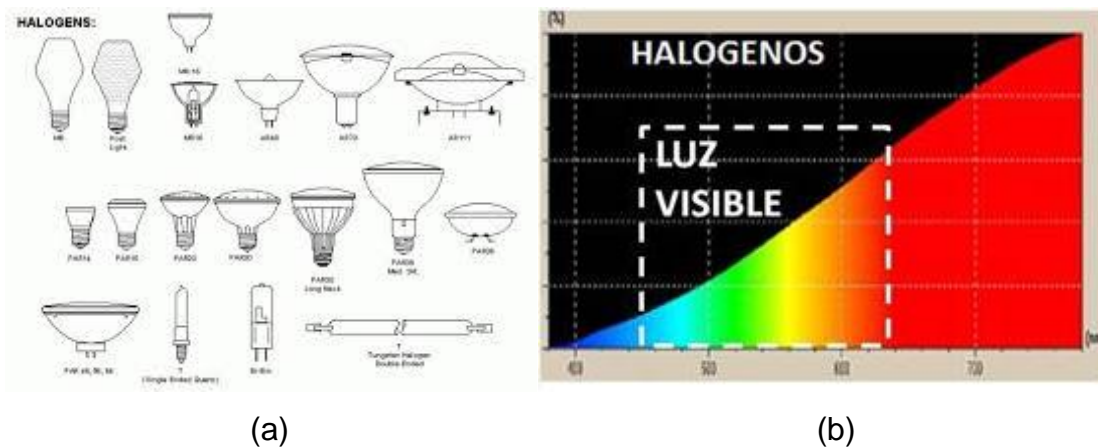


Figura 9. Luminarias con halógeno. a) Diferentes presentaciones. b) Emisión espectral (longitud de onda vs intensidad).

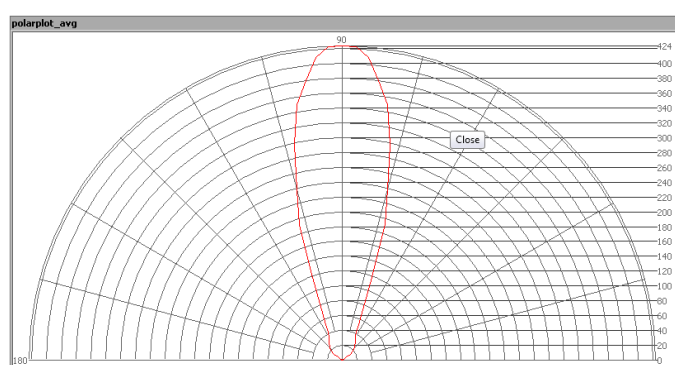


Figura 10. Patrón de radiación de una lámpara halógena Gamma de 25 W con rosca GU10, que emite luz blanca cálida. Este patrón de radiación es el promedio de la emisión de luz. En esta gráfica la intensidad luminosa se da en Candelas.

1.4.3. Luminarias fluorescentes

Este tipo de luminarias se componen de un tubo de vidrio que contiene una pequeña cantidad de mercurio y gas argón. Al circular la corriente eléctrica por dos electrodos situados a ambos lados del tubo, se produce una descarga eléctrica entre ellos, que al pasar a través del vapor de mercurio produce radiación ultravioleta. Esta radiación excita una sustancia fluorescente que recubre el interior del tubo transformándose en radiación visible.

La eficiencia luminosa en este tipo de luminarias es mayor que en el caso de las incandescentes, ya que en el proceso se produce menor calentamiento y la electricidad se destina en mayor proporción, a la obtención de la propia luz. Estas luminarias son más caras que las bombillas corrientes, pero consumen hasta un 80% menos de electricidad para la misma emisión luminosa y tienen una duración entre 8 y 10 veces superior (6.000-9.000 horas de vida útil).

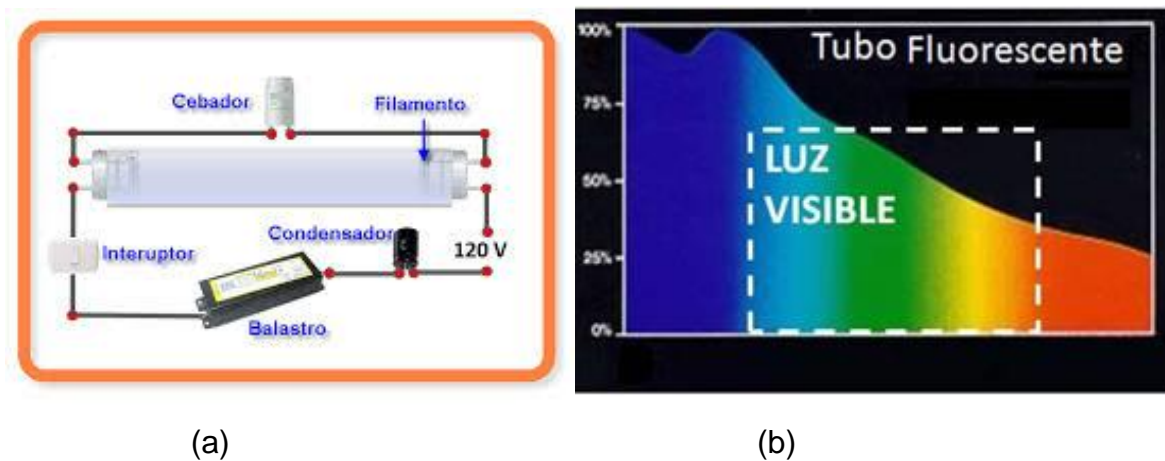


Figura 11. Luminarias fluorescentes. a) Componentes. b) Emisión espectral (longitud de onda vs intensidad).

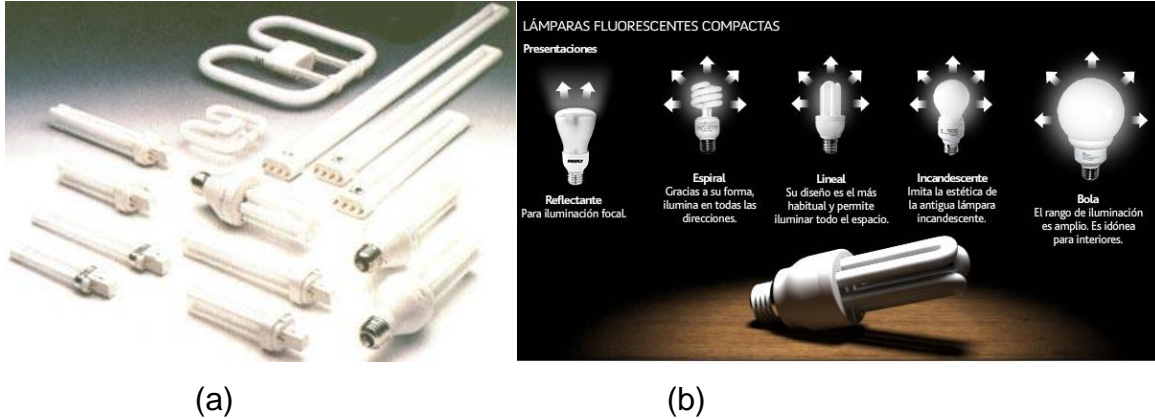


Figura 12. a) Variedad de luminarias fluorescentes. b) Luminarias fluorescentes compactas de bajo consumo.

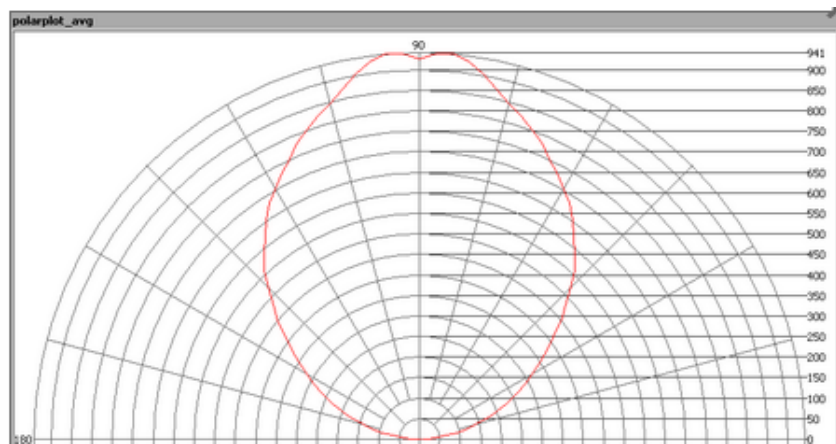


Figura 13. Patrón de radiación de una lámpara de tubo fluorescente de 150 cm de largo, que emite luz blanca neutral. Este patrón de radiación es el promedio de la emisión de luz. En esta gráfica la intensidad luminosa se da en Candela.

1.4.4. Luminarias de bajo consumo

Estas luminarias son lámparas fluorescentes compactas, que se han ido adaptando al tamaño, formas y soportes de las bombillas convencionales. Son más caras que las convencionales, pero se amortizan debido a que su vida es superior (entre 6000 y 9000 horas).

1.4.5. El LED

El LED (Light-Emitting Diode) es un dispositivo semiconductor (diodo) que emite luz cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica. Es más eficiente energéticamente que las lámparas incandescentes siendo su rendimiento de hasta un 90%. Un dispositivo equivalente a una bombilla se puede construir con aproximadamente una decena de Leds. Éstos actualmente están siendo muy utilizados en los semáforos.

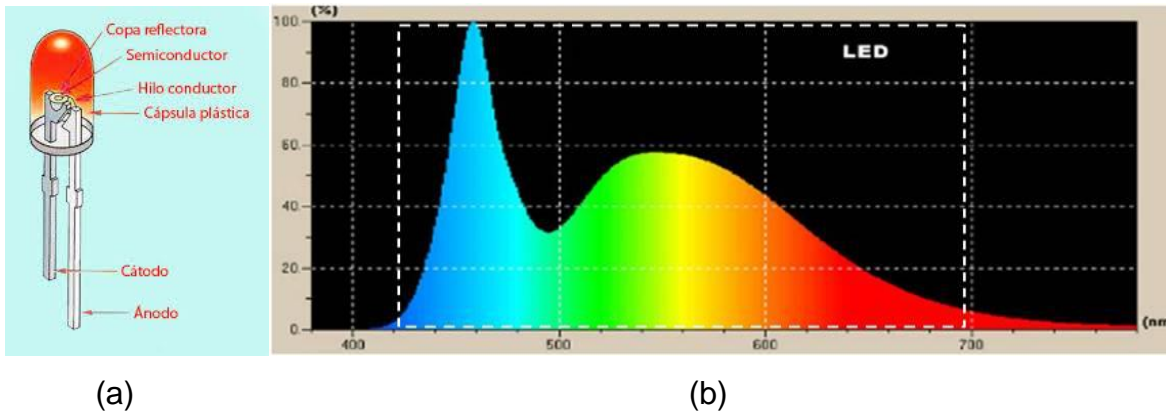


Figura 14. El LED. a) Componentes. b) Emisión espectral (longitud de onda vs intensidad).

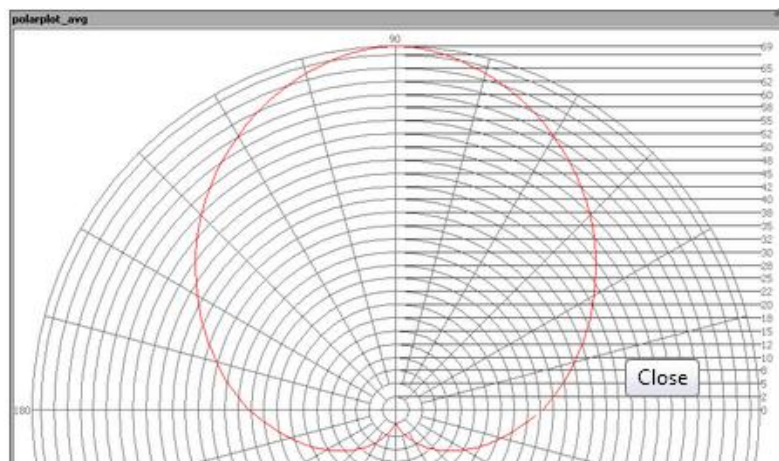


Figura 15. Patrón de radiación de una lámpara de LED que emite luz blanca muy cálida, con una potencia de 6.7 W y flujo luminoso de 380 lm. En esta gráfica la intensidad luminosa se da en Candelas.

Tipos de bombillas LED			
Bombillas	Maíz	Su nombre proviene del parecido con una mazorca de maíz. Emiten luz en 360°. Se encuentran en potencias desde 3 a 30 vatios.	
	Bola	Se llama Bola por su forma semiesférica. Emiten luz en 180°. Se encuentran en potencias desde 3 a 15 vatios.	
	Vela	Su nombre proviene de su uso en lámparas antiguas simulando una vela. Emiten luz en 180°. Potencias desde 3 a 9 vatios.	
Focos	Direccional	Los diodos se encuentran encapsulados con ópticas directivas. Los ángulos varían de 30° a 90°.	
	SMD	Los diodos se encuentran ensamblados en superficie. Sin ópticas. Los ángulos de luz varían de 120° a 150°.	
	COB	Los diodos se encuentran en forma de chip con una superficie luminosa mayor. Es la tecnología más reciente. Los ángulos de luz llegan a los 150°.	
Varios	Tubos LED	Sustituyen a los tradicionales tubos fluorescentes. Emiten la luz en un ángulo de 170°. Se encuentran en potencias desde 8 a 25 vatios.	
	Lámparas RGB	Las siglas RGB (Red/Green/Blue) nos indican que pueden cambiar de color. Hay focos, bombillas y tiras Led RGB, desde las más sencillas, 16 colores, hasta millones de colores.	
	Lámparas con sensor	Incluyen sensor de movimiento y sólo se encienden cuando notan alguna presencia. Hay focos y bombillas con potencias desde 3 a 25 vatios.	

Tabla 1. Tipos de bombillas LED más utilizadas.

Entre las muchas ventajas de la iluminación LED destacan las siguientes:

1. Económicas

- Menor consumo energético, el 60% al 90% dependiendo de la tecnología a sustituir.
- Mayor duración: Es superior a 50,000 hrs. de encendido, así que la sustitución periódica se dilata mucho en el tiempo. Comparado con las 8,000/10,000 hrs. de la lámpara fluorescente, 2,000 de la de halógeno y 1,000 de las lámparas incandescentes su rentabilidad es más que obvia.

- Menor mantenimiento: Las lámparas LED no necesitan ni balastos ni cebadores lo que permite minimizar el mantenimiento.

2. Operativas

- Alta eficiencia energética: El 95% de la energía consumida se transforma en luz visible.

- Encendidos: La iluminación LED es de arranque instantáneo y no le afecta a sus hrs. de vida.

- Mínima producción de calor: El calor que producen las lámparas LED es despreciable de tal forma que se habla de no producción de calor.

- Robustez: Las lámparas LED aguantan mucho más los golpes y vibraciones que cualquier otra tecnología de iluminación.

- Calidad de la iluminación: El encendido y apagado es instantáneo y sin parpadeos.

3. Ecológicas

- Contaminación: Las lámparas LED no contienen productos tóxicos, ni contaminantes y están específicamente libres de Mercurio y Plomo.

- Respeto al medio ambiente: Su eficiencia energética disminuye considerablemente la emisión de CO₂ a la atmósfera.

- Emisión lumínica: Al ser la emisión de luz direccional hacia la zona que debe ser iluminada se evita la contaminación lumínica

4. Seguridad

- Exposición: No producen radiaciones IR (infrarrojos) ni UV (ultravioletas), por lo que largos periodos de exposición no afectan a la salud.

1.5. Lámparas fluorescentes para iluminación en espacios interiores

El conjunto de elementos que forman una lámpara fluorescente son: un tubo fluorescente y una armadura, la cual contiene los accesorios necesarios para el funcionamiento de la luminaria. En ciertos lugares se conoce como luminaria solamente a la lámpara. Generalmente, este tipo de lámpara es de descarga de vapor de mercurio a baja presión, y se utiliza normalmente para la iluminación doméstica o industrial.

Las primeras lámparas fluorescentes se desarrollaron en Francia y Alemania en la década de los 30. La primera fue construida a base de un arco de mercurio de aproximadamente 15 W dentro de un tubo de vidrio revestido con sales minerales fluorescentes (fosforescentes). La eficiencia y el color de la luz eran determinados por la presión de vapor y los químicos fosforescentes utilizados. En 1934 se desarrolló la lámpara fluorescente en los Estados Unidos, una fuente de bajo consumo de electricidad con variedad de colores. Las lámparas fluorescentes se introdujeron comercialmente en 1938 y su rápida aceptación marcó un desarrollo importante en el campo de la iluminación artificial.

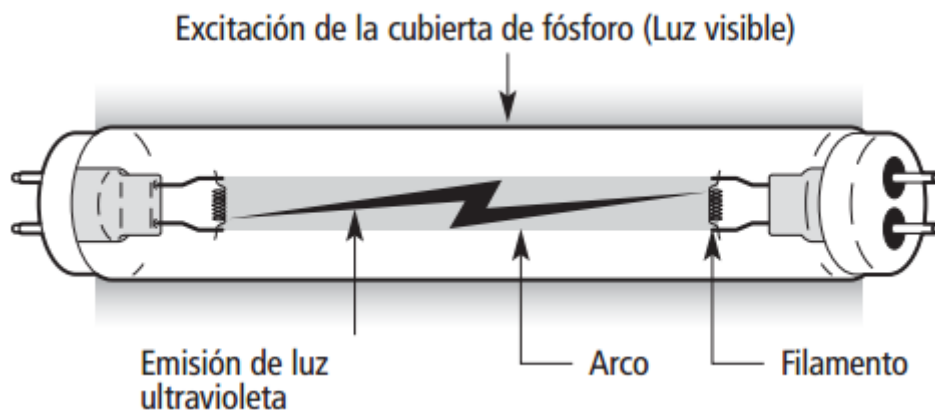


Figura 16. Imagen de los componentes de una lámpara fluorescente.

1.5.1. Principio de funcionamiento de luminarias fluorescentes

Actualmente, las lámparas fluorescentes llamadas comúnmente tubos fluorescentes, consisten en tubos de vidrio con dos electrodos en sus extremos, en cuyo interior hay pequeñas cantidades de argón y vapor de mercurio. La superficie interna de cada tubo está revestida de sustancias fluorescentes (fósforos) que transforman las radiaciones ultravioletas en rojas, por lo que la luz que emiten es blanca (véase figura 16).

Los materiales usados en una lámpara fluorescente son:

- Un cilindro de vidrio.
- Fósforo que recubre el interior del cilindro como una película blanquecina. Se debe tener cuidado si se rompe el cilindro ya que ese recubrimiento blanquecino como si fuera talco es tóxico, por eso no se deben tirarlos desechos a la basura sino de forma conveniente.
- Vapor de mercurio.
- Gases inertes como el neón y el argón.

Para poner en funcionamiento una lámpara fluorescente hay que calentar unos filamentos de tungsteno que se encuentran en ambos extremos del cilindro de vidrio, estos filamentos al calentarse desprenden electrones que ionizan (cargan eléctricamente) los gases inertes (argón y neón), haciendo que entren en un estado de materia llamado plasma. Cuando los gases se encuentran en su estado de plasma, se excitan los átomos de mercurio que producen una luz visible, aunque la mayor parte se encuentra como luz ultravioleta poco útil para nosotros. Esta luz ultravioleta incide en el fósforo que reacciona emitiendo luz visible, según el tipo de luz deseada se usará un tipo de recubrimiento de fósforo u otro material. Las lámparas fluorescentes a diferencia de las incandescentes, son más económicas, más duraderas y consumen menos energía. Por esta razón, los tubos fluorescentes se utilizan en instalaciones industriales, comerciales y públicas.

1.5.2. Clasificación de luminarias fluorescentes

En la actualidad existen diversas opciones para iluminar espacios interiores de tipo industrial o comercial con una alta eficiencia para obtener ahorros en el consumo de energía. Saber qué opción elegir depende de varios factores que son determinantes en la selección del sistema de iluminación.

Para describir la clasificación de las diferentes luminarias fluorescentes se usa la letra T para indicar que el foco fluorescente es de tipo tubo. Seguido de la letra, se encuentra el número que indica el diámetro del tubo medido en fracciones de 1 pulgada (2,5 cm). El diámetro de los tubos fluorescentes está medido en octavos de pulgada. Por ejemplo, un tubo T5 tiene un diámetro de 5/8 de pulgada (1,62 cm), un tubo T8 tiene 1 pulgada de diámetro, o 8/8, y un tubo T12 tiene un diámetro de 1 pulgada y media, es decir 12/8 (3,8 cm).

Los tipos de tubos fluorescentes rectos más comunes son los T5, T8 y T12, disponibles hasta un largo de 8 pies (2,5 m). Estos modelos más recientes de tubos fluorescentes necesitan un balastro para funcionar, mientras que los modelos más antiguos requieren además de un arrancador (véase figura 17).



Figura 17. Clasificación de las lámparas fluorescentes.

Entre las lámparas fluorescentes más utilizadas para iluminación interior destacan las de tipo T5. Existen diferentes diseños de luminarias para lámparas T5, los cuales pueden ser utilizados en pequeñas o grandes alturas de montaje y nos ofrecen muy

buen flujo luminoso. Se puntualiza sobre la importancia del diseño de la luminaria, el cual “debe facilitar la disipación de calor que genera el conjunto de lámparas en su interior, a fin de que su flujo luminoso permanezca lo más estable posible; además de cuidar que el desempeño óptico sea el adecuado para garantizar el uso eficiente de la energía eléctrica. La mayoría de estas luminarias son abiertas, por lo que su uso se limita a grandes alturas para así evitar cualquier posible deslumbramiento ocasionado por el alto flujo luminoso de las lámparas.

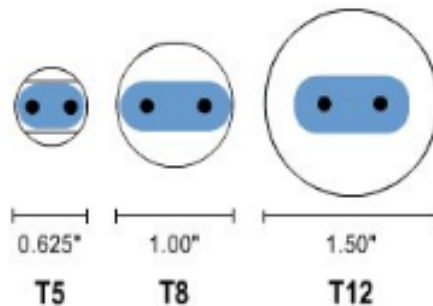


Figura 18. Imagen que muestra el diámetro de tubo fluorescentes T12, T8 y T5.

1.5.2.1.Luminaria tipo T12

Desde su invención en 1930, los tubos fluorescentes T12 han sido los elegidos por las empresas de construcción, debido al bajo costo y la duración de 20.000 horas que superan ampliamente a las características de los focos incandescentes. Sin embargo, debido a que su balastro magnético es menos eficaz y el tubo es de mayor tamaño, han perdido popularidad en comparación con los tubos T8 con balastro electrónico. Los tubos T12 y T8 están disponibles en los mismos largos, sin embargo, el T12 común no opera adecuadamente con un balastro electrónico y viceversa. De acuerdo al Consejo Nacional de Iluminación (NLB por sus siglas en inglés), se prohibió la fabricación de balastos magnéticos en julio de 2010, aunque la mercadería en stock y los tubos T12 continúan vendiéndose.

1.5.2.2. Luminaria tipo T8

Los tubos fluorescentes T8 continúan aumentando su popularidad desde su introducción en Estados Unidos en 1981 y se han convertido en los más utilizados en las empresas de construcción. La vida útil del tubo T8 iguala o excede la del T12 y utiliza menos energía. El tubo T8 utiliza un balastro electrónico que tiene menor consumo que el balastro magnético del tubo T12, en el cual se utiliza un sistema de circuitos electrónicos donde no se oyen zumbidos, ni parpadea la luz como ocurre en los tubos T12 con balastros magnéticos.

1.5.2.3. Luminaria tipo T5

El tubo fluorescente T5, como el T8, utiliza un balastro electrónico. Sin embargo, su costo, en especial el de alto rendimiento, es mucho más elevado que el de los tubos T8 y T12. Los tubos T5 son más cortos y no se ajustan a los dispositivos estándar. Por ejemplo, un tubo típico T5 tiene 46 pulgadas (115 cm) de longitud en lugar de 48 pulgadas (120 cm) como los T8 y los T12. Existen a la venta sets de conversión con un balastro que permiten que los tubos T5 se adapten a los dispositivos para tubos T8 y T12. Con los tubos T5 a la larga se ahorra dinero, ya que tienen más vida útil y producen más luminosidad con menos voltaje. El tubo T5 mantiene al máximo su luminosidad durante casi toda la vida útil.

Tecnología del futuro

La tecnología de LED es diferente a la de los tubos fluorescentes y su mayor desventaja es el precio, costando alrededor de 10 veces más. Sin embargo, presentan un gran número de ventajas que son las siguientes: duran hasta 50.000 horas, utilizan menos energía, operan sin balastros y no contienen el peligroso mercurio que tienen los tubos fluorescentes. Como todo producto nuevo, la reducción en su costo dependerá de la mejora en la tecnología y de la demanda del consumidor.

1.6. Luminaria T12 vs T5 ¿Por qué escoger T5?

De acuerdo a lo descrito anteriormente, ¿Por qué es buena idea escoger luminarias fluorescentes tipo T5 para iluminación de espacios interiores? Cuando se cuenta ya con luminarias de tipo fluorescente, los principales motivos para elegir el tipo T5 son los siguientes:

- Reducción del diámetro del tubo en un 40% (16 mm) y optimización de la longitud en 50 mm, es decir, luminarias más pequeñas y compactas.
- Incremento de la eficiencia hasta en un 105 lm/w (factor de balastro de 1,25).
- Cambio de la temperatura óptima de flujo de 25°C a 35°C, resultando en la misma luminancia para todas las potencias.
- Las luminarias T5 entregan un 80% más de luz en el rango de 5°C a -50°C y pueden funcionar en temperaturas ambiente de más de 65°C.

De igual modo, se puede decir que el balastro óptimo es el electrónico, porque:

- Su consumo y peso son menores.
- Se puede controlar la cantidad de luz de las lámparas.
- Puede tener comunicación con otros equipos.
- Incrementa la frecuencia común desde 50 Hz a más de 50 kHz, lo que resulta en un aumento de un 10% del flujo luminoso.
- En comparación al balastro magnético convencional, el menor factor de potencia del balastro electrónico reduce las pérdidas, lo que se traduce en un menor nivel de calentamiento dentro de la luminaria y, por ende, en una mayor vida útil de la luminaria y del cableado.

- El encendido y funcionamiento del balastro se produce en 0.5 segundos y sin pestañeos. De igual modo, evita el efecto estroboscópico y no provoca vibraciones mecánicas en las luminarias.
- La corriente más baja contribuye a una vida útil de la lámpara más larga y a una menor reducción del flujo luminoso en el tiempo.
- El balastro electrónico inmediatamente desconecta las lámparas con fallas, previniendo que parpadeen y se recalienten.
- Opera diferentes potencias de lámparas.
- Operación silenciosa.
- Distorsión de armónicas <10%.
- Factor de potencia >0.98.
- Factor de balastro entre 1 y 1.25.

1.6.1.Comparación entre luminarias T5 y T12

En las tablas 2 y 3 se hace una comparación entre las características generales de los principales tipos de luminarias fluorescentes. En ambas tablas se puede ver que la luminaria T5 (diámetro de tubo de 16 mm) tiene una elevada eficacia lumínica, que tiene como resultado un bajo consumo de energía. Por su parte, la lámpara T5 de alta eficiencia ofrece un mantenimiento lumínico excelente y una buena reproducción del color. Las zonas de aplicación de ésta son oficinas, industria, edificios públicos y gubernamentales, escuelas, hospitales e iluminación de instalaciones deportivas cubiertas.

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

Concepto	T12 vs T8	T12 vs T5	T12 vs LED	Observaciones
Inversión inicial	18,401.00	41,829.00	181,282.00	Sólo por lámparas y balastos sin luminarias
Ahorro en kW/h	1,015	1,512	2,340	Mensualmente
Ahorro	3,553.20	5,292.00	8,190.00	Mensualmente
Amortización en tiempo	6 meses	8 meses	23 meses	Vida de la lámpara
Ahorro total	77,535.40	249,231.00	948,938.00	Después de amortizada la inversión
Vida de la lámpara	27	55	138	Meses
Ahorro de gases contaminantes	40.11	59.73	120.89	Toneladas de CO ₂ emitidas anualmente

Tablas 2 y 3. Tablas comparativas entre los sistemas T5 y T12.

1.6.2. Características eléctricas y ambientales

En la tabla 4 se resumen las principales características eléctricas y ambientales de las lámparas T5.

Características Eléctricas

Pot. de la Lámpara Estimada	28 W	Volt.Lámpara con Bal.Elec 35°C	167 V
Potencia lámpara EL 25°C, nom	27.9 W	Cor. Lámpara con Bal.Elec.25°C	0.170 A
Potencia lámpara EL 25°C, nom	28.0 W	Cor. Lámpara con Bal.Elec.35°C	0.170 A
Lamp Wattage EL 35°C	27.8 W	Regulable	Si
Volt.Lámpara con Bal.Elec 25°C	166 V		

Características Medioambientales

Etiqueta Eficiencia Energética	A+	Energy consumption kWh/1000h	31 kWh
Contenido de mercurio (Hg)	1.4 mg		

Tabla 4. Principales características eléctricas y ambientales de las lámparas T5.

1.6.3. Características físicas

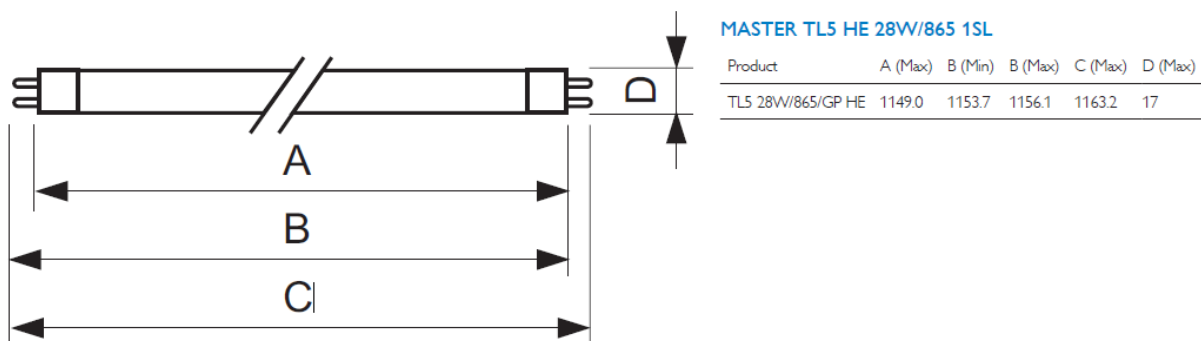


Figura 19. Dimensiones de una lámpara fluorescente tipo T5.

1.6.4. Seguridad y cuidado del medio ambiente

Es muy poco probable que la rotura de una lámpara fluorescente tipo T5 tenga algún efecto en la salud. Si se rompe una lámpara, se recomienda ventilar la habitación durante 30 minutos y retirar los restos, preferiblemente con guantes, colocándolos en una bolsa de plástico sellada para reciclar. Es recomendable no utilizar una aspiradora.

1.7. La reflexión de la luz

Para conocer las propiedades reflejantes de un material es importante conocer las siguientes propiedades de la luz:

- 1.- La luz se propaga en línea recta.
- 2.- La luz se refleja cuando llega a una superficie reflectante.
- 3.- La luz cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro.

La reflexión de la luz se representa por medio de dos rayos: el que llega a una superficie (rayo incidente) y el que sale “rebotado” después de reflejarse (rayo reflejado), así pues la reflexión es el cambio de dirección que experimenta un rayo luminoso al chocar contra una superficie

El concepto de reflexión de la luz es muy importante cuando hablamos de iluminación, debido a que cuando la luz incide en un cuerpo, éste la refleja. Según la naturaleza y geometría del cuerpo la reflexión puede ser diferente. Si la superficie del cuerpo es plana y pulida, la reflexión es especular y el rayo de luz sale con el mismo ángulo con el que entró, entonces decimos que la luz se refleja. Si la superficie es curvada y rugosa, el rayo de luz se difumina en multitud de rayos y entonces la reflexión es difusa, véase la figura 20.

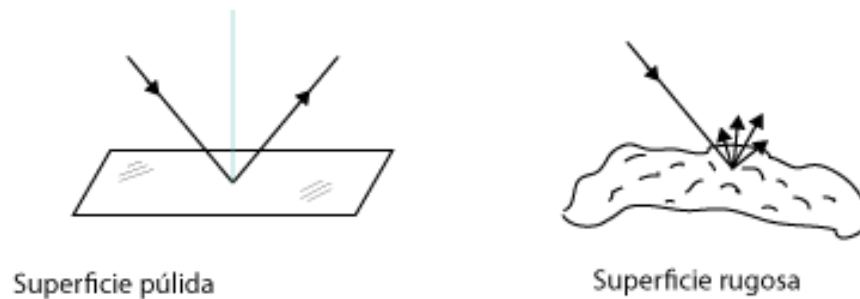


Figura 20. Fenómeno de reflexión de la luz en diferentes tipos de superficie de un material.

Los objetos oscuros reflejan menos luz que los claros porque absorben más luz y por lo tanto se calientan más. El fenómeno de la reflexión es el que nos permite ver los objetos. La luz incide en un objeto, rebota y es captada por nuestros ojos. Si no hay luz incidente no podemos ver un objeto. Dentro de una habitación con las paredes blancas habrá más luz reflejada que en uno donde sean negras.

Como se mencionó anteriormente, la reflexión de la luz se representa por medio de dos rayos: el que llega a una superficie, rayo incidente, y el que sale "rebotado" después de reflejarse, rayo reflejado. Si se traza una recta perpendicular a la superficie (denominada normal), el rayo incidente forma un ángulo con dicha recta llamado ángulo de incidencia, y el rayo reflejado forma otro ángulo con la misma normal a la superficie denominado ángulo de reflexión, tal como se muestra en la figura 21. Donde P es el rayo de luz incidente, Q es el rayo de luz reflejado y S es el rayo de luz transmitida en un material con índice de refracción n_2 . Considerando que n_1 es el índice de refracción alrededor del material, que generalmente es el aire, θ_i el ángulo de incidencia y θ_r es el ángulo de reflexión, la reflexión de la luz cumple las siguientes dos leyes:

- 1) El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano perpendicular a la superficie.
- 2) El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión.

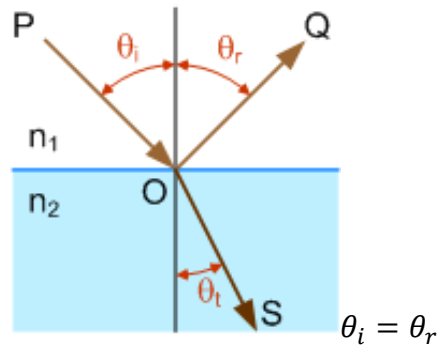


Figura 21. Rayos de luz incidente, reflejado y transmitido en una material.

1.7.1. Tipos de reflexión de acuerdo a las superficies de materiales

En la reflexión de la luz interviene mucho la naturaleza de la superficie reflectante. Es posible que unos objetos reflejen más o menos que otros según sea su superficie. Si colocamos un objeto frente a un espejo, el objeto se refleja en el espejo y lo vemos nítidamente, si en lugar de un espejo colocamos una placa de metal o un ladrillo pulido (azulejo) veremos un reflejo distorsionado del objeto, y si colocamos una placa de plástico veremos una simple mancha que apenas recuerda al objeto. Según sea la superficie del material se pueden distinguir las siguientes clases de reflexión:

Reflexión difusa

Este tipo de reflexión es típica en sustancias granulosas como polvos. En este caso, los rayos de luz incidente son reflejados en distintas direcciones debido a la rugosidad de la superficie.

Reflexión especular (o dirigida)

Se produce en las superficies pulidas y obedece las leyes de la reflexión, es decir, el ángulo del rayo de luz incidente sobre la superficie es igual al ángulo del rayo de

luz reflejada, el ejemplo más habitual lo constituyen los espejos y las superficies duras y pulidas. Al tratarse de una superficie lisa, los rayos reflejados son paralelos, es decir tienen la misma dirección. En algunas luminarias se incorpora este tipo de reflectores que pueden estar contruidos con aluminio anodizado, acero inoxidable vidrio o plástico aluminizado o plateado.

Reflexión mixta

Muchas reflexiones son una combinación de los tipos de reflexiones difusa y especular. Una manifestación de esto es una reflexión extendida que tiene un componente direccional dominante que es difundido parcialmente por irregularidades de la superficie. La reflexión mixta es una combinación de la reflexión especular, extendida y difusa. Este tipo de reflexión mixta se da en la mayoría de los materiales reales.

1.7.2. Efecto de la pintura reflejante

La pintura como material reflejante tiene la capacidad de reflejar el calor y la luz debido a que contiene diminutas esferas de vidrio. Sus principales usos se dan en objetos que necesitan ser visibles en la penumbra, cuando la luz incide sobre ellos se refleja y los hace visibles, como por ejemplo las señalizaciones de tránsito y los carteles en las calles. La pintura reflejante se puede utilizar en paredes de edificios para disminuir la temperatura interior reflejando la luz del sol y aislando el calor.

El poder reflectante de las superficies juega un papel muy importante en el resultado final de proyectos de iluminación, debido a que las luminarias emiten la luz de diversas formas. Cuando esta emisión luminosa es del tipo abierta, una gran parte de la luz llegará en forma directa al plano de trabajo, es decir sin obstáculos; pero habrá también una porción importante de esa emisión que caerá sobre las paredes. Esa parte de la luz emitida por la luminaria, podrá ser reflejada y aprovechada en mayor o menor grado según el poder reflectante de esas superficies. En la tabla 5

se muestra una comparación entre los principales parámetros de las luminarias más comunes en el mercado.

Tipo de lámpara	Rango de potencias (w)	Vida útil (hs)	Rendimiento (lm/w)	IRC
INCANDESCENTES HALOGENAS				
-Con reflector dicroico 12V	20 35 50	3000	15 a 20	100
-Con pantalla metálica 12V	20 35 50 75 100	3000	15 a 20	100
-Tipo Bi-pin 12V	10 20 35 50 75 90	3000	15 a 20	100
-Lineal doble contacto 220V	100 a 2000	2000	15 a 22	100
-Con rosca E27 220V	60 75 100 150 250	2000	14 a 16	100
-Par 16 rosca E27 220V	50	2000	~20	100
-Par 20 rosca E27 220V	50	2000	~20	100
-Par 30 rosca E27 220V	75	2000	~20	100
FLUORESCENTES LINEALES T8				
-Linea standard	18 36 58	8000	61 a 79	65
-Tipo trifósforo	18 36 58	10000	72 a 94	85
-Tipo trifósforo de lujo	18 36 58	10000	55 a 67	90
FLUORESCENTES LINEALES T5				
-Tipo trifósforo	14 21 28 35	10000	17 a 104	85
-Tipo trifósforo	24 39 54 80	10000	73 a 81	85
FLUORESCENTES CIRCULARES				
-Linea standard (FH)	22 32 40	8000	45 a 70	65
-Tipo trifosforo (FQ)	22 32 40	10000	60 a 72	85
FLUORESCENTES COMPACTAS				
-Simples standard	5 7 9 11	8000	50 a 82	85
-Simples L	18 24 36 40 55	8000	67 a 87	85
-Dobles	10 13 18 26	8000	60 a 69	85
-Triples	18 26 32 42	8000	67 a 69	85
-Dobles planas	18 24 36	8000	61 a 78	85
-Reflectoras	15 20 36	8000	47 a 50	85
-Tipo globo	15 20	8000	47 a 50	85
-Circulares	18 28	8000	55 a 64	85
MERCURIO HALOGENADO				
-Tipo doble contacto	70 150 250	8000	71 a 80	85
-Tipo Bi-pin	35 70 150	8000	93 a 97	85

Tabla 5. Principales parámetros de luminarias más comunes en el mercado.

CAPÍTULO 2. INFRAESTRUCTURA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE QUERÉTARO (UTEQ)

La UTEQ comenzó sus labores en septiembre de 1994, en aulas facilitadas por diversos organismos de educación del estado, donde 146 alumnos iniciaron su preparación en las áreas de Administración, Comercialización, Mantenimiento Industrial y Procesos de Producción. El 4 de septiembre del mismo año arrancó la construcción de las instalaciones en una extensión de 25 hectáreas ubicadas en la colonia San Pedrito Peñuelas.

Actualmente, la oferta educativa consta de 14 carreras de Técnico Superior Universitario (TSU), 8 Ingenierías y 2 Ingenierías Profesionales, programas educativos avalados en su totalidad.



Figura 22. Vista panorámica de las instalaciones de la UTEQ.

Para la opción de estudios de Técnico Superior Universitario (TSU), la UTEQ ofrece las siguientes carreras:

División Económica-Administrativa

- Administración Área: Recursos Humanos
- Desarrollo de Negocios: Área Mercadotecnia
- Desarrollo de Negocios :Área Servicios Posventa Automotriz
- Desarrollo de Negocios: Área Logística y Transporte

División Industrial

- Mantenimiento: Área Industrial
- Procesos industriales: Área Plásticos
- Procesos industriales: Área Manufactura
- Nanotecnología: Área Materiales

División Ambiental

- Química: Área Tecnología Ambiental
- Energías Renovables: Área Energía Solar
- Energías Renovables: Área Calidad y Ahorro de Energía

División Tecnologías de Automatización e Información

- Mecatrónica: Área Automatización
- Tecnologías de la Información: Área Redes y Telecomunicaciones
- Tecnologías de la Información: Área Sistemas Informáticos

Para la opción de estudios de Ingeniería, la UTEQ ofrece las siguientes carreras:

División Económica-Administrativa

- Ingeniería en Innovación y Desarrollo Empresarial
- Ingeniería en Logística Global

División Industrial

- Ingeniería en Mantenimiento Industrial
- Ingeniería en Procesos y Operaciones Industriales
- Ingeniería en Nanotecnología

División Ambiental

- Ingeniería Ambiental
- Ingeniería en Energías Renovables

División Tecnologías de Automatización e Información

- Ingeniería en Tecnologías de Automatización
- Ingeniería en Tecnologías de la Información



Figura 23. Imágenes de salones de clases y laboratorios de la UTEQ.

Además de contar con 100 aulas para impartir clases, distribuidas en 5 Edificios de docencia, la UTEQ cuenta con 5 laboratorios pesados donde se tienen 69 laboratorios repartidos en 7 especialidades, y 5 edificios destinados a diferentes servicios como:

- Rectoría
- Vinculación
- Edificio para impartición de lenguas extranjeras (Inglés y Francés)
- Gimnasio Auditorio
- Instalaciones deportivas:
 - Campo de futbol soccer
 - Cancha de futbol rápido
 - Canchas para básquetbol y voleibol

Capítulo 3. ANÁLISIS DE FACTURACIÓN Y CARGA EN LA UTEQ

3.1. Señal Tarifaria

La señal tarifaria está referida al mensaje que transmite la compañía suministradora de energía al usuario, esto es a través de los cargos por demanda y consumo de energía eléctrica en cada uno de los horarios tarifarios, donde el consumo de energía en las horas base es más económico que en el periodo punta. Los altos costos de la energía eléctrica en el periodo punta son debido a que CFE tiene que operar sus equipos más caros para el suministro de energía en este periodo, por lo que los costos de generación son reflejados en los usuarios a través del costo marginal. Las señales económicas transmitidas a los usuarios actúan como instrumentos adecuados que permiten modificar la demanda eléctrica a nivel nacional.

3.2. Funciones de las tarifas

Las tarifas tienen tres funciones principales: la financiera, la económica y la política social.

• Función Financiera

Se refiere al nivel tarifario que permite asegurar el financiamiento de los costos de explotación y de inversión, así como la realización de los objetivos financieros, por ejemplo el equilibrio presupuestario y la obtención de una cierta tasa de autofinanciamiento o de rentabilidad capital.

• Función Económica

Se relaciona con la estructura tarifaria. Se habla de estructura y no simplemente de un precio uniforme del (kWh). Señal de costo marginal para influir en el perfil de la demanda y promover la eficiencia económica.

• **Función Política y Social**

Esta es consecuencia de la importancia del sector eléctrico dentro de la economía nacional y del carácter de servicio público de la distribución eléctrica. La determinación y aplicación de una estructura tarifaria no es en general de la competencia exclusiva de la empresa eléctrica. La tarifa es a menudo un instrumento utilizado por los poderes públicos para acompañar a las políticas industriales o para efectuar la redistribución del ingreso.

3.3. Estructura de tarifas por uso y nivel de tensión

La estructura tarifaria a nivel nacional se ha venido modificando para dar una mayor gama de opciones a los diferentes segmentos de consumidores y establecer el precio a cada usuario en función de la energía demandada, tensión, temperatura, tipo y garantía de servicio, además de permitir una mejor administración de la demanda de electricidad. Actualmente la estructura tarifaria integra 31 modalidades diferentes y se agrupan por sector.

3.3.1. Tarifas Horarias

Empujada por las presiones de crecimiento de la demanda eléctrica y sin grandes recursos de inversión, la CFE a través de la subdirección de programación, diseñó las tarifas horarias que dan señales económicas claras a los usuarios (principalmente industriales) para hacer un uso racional de la electricidad.

Las tarifas horarias reflejan los costos que para CFE representa mover la electricidad en horas pico (que es la hora en la cual CFE tiene que tener el mayor número de plantas en operación). Con su implantación las tarifas horarias han abaratado para grandes consumidores el uso en horas de baja demanda, y por otro lado lo han encarecido para las horas en las que CFE tiene que poner sus equipos más caros.

En el diario oficial de la federación del 10 de noviembre de 1991 se publicó un nuevo esquema horario, con el objeto de aplicar tarifas horarias y extender los beneficios derivados de la aplicación de cuotas horarias. Su uso propicia una utilización más eficiente de las instalaciones eléctricas, permitiendo ventajas recíprocas para el usuario y el suministrador, así como beneficios para el país.

Con el fin de reflejar el costo real del servicio se procedió a integrar cuotas que consideraran las diferentes regiones y estacionales, en los costos de suministro de energía eléctrica para los usuarios en media y alta tensión. Se procedió a suprimir las tarifas 8 y 12, así como las modalidades horarias 12S y 12T, incorporándose a sus usuarios al nuevo esquema tarifario en media y alta tensión de suministro.

Tarifa	Aplicación
O-M	Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 1000 kW.
H-M	Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 1000 kW o más.
H-S	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión.
H-T	Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión.

Tabla 6. Tarifas horarias diseñadas por la CFE y su aplicación respectiva.

Tarifa H-M

La tarifa H-M ha presentado a través de los años, modificaciones al valor de demanda máxima. En un inicio esta tarifa incorporaba a aquellos usuarios cuya demanda máxima medida era igual o mayor a 1000 kW. La primera modificación a este valor fue en noviembre de 1996 donde se estableció un valor de 500 kW. En

1997 se estableció un valor de 300 kW, y la última modificación hasta la fecha fue realizada en diciembre de 1998, donde se estableció que los usuarios que demandaban 100 kW o más tendrían que afiliarse a la tarifa H-M. La tendencia histórica da una muestra clara que poco a poco a los usuarios de la tarifa O-M (Ordinaria Media Tensión) tendrán que incorporarse a la tarifa H-M (Horaria Media Tensión). Actualmente, la estructura tarifaria integra 16 tarifas horarias que permiten la venta de energía eléctrica de acuerdo a las necesidades que requiera el usuario.

3.3.2. Periodos tarifarios: base, intermedio y punta

Los periodos tarifarios base, intermedio y punta, están definidos para cada una de las tarifas y regiones, así como de la temporada del año, como se muestra en la tabla 7.

Región	Periodo estacional verano /fuera de verano	Periodo Tarifario	Lunes a Viernes	Sábado	Domingo
Central, Noreste, Norte y Sur	Del 1er domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre	Base	00:00 a 6:00	00:00 a 7:00	00:00 a 19:00
		Intermedio	6:00 a 20:00 22:00 a 24:00	7:00 a 24:00	19:00 a 24:00
		Punta	20:00 a 22:00		
	Del último domingo de octubre al sábado anterior al 1er domingo de abril	Base	00:00 a 6:00	00:00 a 8:00	00:00 a 18:00
		Intermedio	6:00 a 18:00 22:00 a 24:00	8:00 a 19:00 21:00 a 24:00	18:00 a 24:00
		Punta	18:00 a 22:00	19:00 a 21:00	

Tabla 7. Periodos Tarifarios para distintas temporadas del año.

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos de las tarifas horarias son obtenidas de la demanda instantánea, integrada por el medidor de la compañía eléctrica sobre cualquier intervalo de 15 minutos.

3.4. Conceptos Facturables

3.4.1. Consumo de energía

El consumo de energía se define como la energía eléctrica usada por toda, o una parte de una instalación durante un periodo determinado, se clasifica en tres tipos:

- Consumo base: energía consumida en el periodo base.
- Consumo intermedia: energía consumida en el periodo intermedio.
- Consumo punta: energía consumida en el periodo punta.

3.4.2. Demanda de energía

- Demanda facturable: se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI \times \max (DI - DP, 0) + FRB \times \max (DB - DPI, 0)$$

Donde:

DP es la demanda máxima medida en el periodo punta,

DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio,

DB es la demanda máxima medida en el periodo base,

DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio,

FRI, FRB son factores de reducción cuyo valor dependerá de la región tarifaria.

- Demanda Máxima.- Es la máxima coincidencia de cargas en un intervalo de Tiempo. El medidor de energía almacena la lectura correspondiente al máximo valor registrado de demanda (kW) en intervalos de 15 minutos del periodo de facturación.

Las tarifas eléctricas de uso general de baja y media tensión de más de 25 kW contratadas incluyen, además del cargo por consumo (kWh), un cargo por

demanda Máxima (kW), este aspecto es de suma importancia y requiere un debido control del proceso.

El control y administración de la demanda, son todas las actividades encaminadas a optimizar el uso de la capacidad del equipo instalado, tanto de los usuarios como de los suministradores de la energía eléctrica. Consiste en reducir o controlar la demanda en kW durante un período de tiempo, comúnmente en el horario de mayor costo de la energía, optimizando la operación de los equipos eléctricos sin afectar el proceso de producción.

El costo de la energía representa un porcentaje elevado dentro de los gastos de operación de cualquier organización, motivo por el cual es de vital importancia el establecimiento de estrategias operativas para hacer uso eficiente de la energía y obtener como consecuencia ahorros económicos.

- Demanda Contratada.- La fijará inicialmente el usuario, su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 100 kW o la capacidad del mayor motor o aparato instalado. En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

3.4.3. Factor de Carga

El factor de carga es un indicador de la forma en que se usa la energía eléctrica en una instalación. Se puede interpretar como una medida de aprovechamiento de la energía consumida con relación a la demanda máxima, o bien la razón entre el consumo eléctrico de un periodo y el producto de la demanda máxima medida por el número de horas del periodo de facturación. Este parámetro es útil para evaluar la oportunidad de mejorar la utilización de la energía eléctrica y se calcula mediante la siguiente relación:

$$F.C. = \frac{\text{Demanda media (kW)}}{\text{Demanda máxima (kW)}} \times 100 \quad [\%]$$

El factor de carga también se puede calcular de la siguiente manera:

$$F.C. = \frac{\text{Consumo de energía del periodo de facturación (kWh)}}{\text{Demanda máxima (kW)} \times \text{horas del periodo de facturación (h)}} \times 100 \quad [\%]$$

3.4.4. Factor de Potencia

El factor de potencia es un indicador del correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, su valor se considera en el intervalo de valores entre 0 y 1. Cuando la energía eléctrica se utiliza en artefactos como: lámparas incandescentes, planchas, estufas eléctricas, etc., toda la energía se transforma en energía luminica o calorífica, en cuyo caso el factor de potencia tiene un valor de 1. Sin embargo la energía eléctrica se usa en otro tipo de artefactos como lavadoras, heladeras, equipos de aire acondicionado, ventiladores y muchos más. En estos casos la energía se transforma en energía mecánica, térmica, etc., cuyo caso el factor de potencia tiene valores menores a 1.



Figura 24. Indicador de Factor de Potencia.

A la energía que se transforma en trabajo se le llama energía activa, mientras que aquella usada para el propio funcionamiento de un artefacto se le llama energía reactiva. La suma algebraica de la potencia activa y la potencia reactiva se le conoce como potencia aparente. El factor de potencia FP, es la relación entre la

potencia activa en kW y la potencia aparente en Kilovolt-ampere kVA, y está definido por la siguiente ecuación:

$$FP = \cos \phi = \frac{\text{Potencia activa (kW)}}{\text{Potencia aparente (kVA)}}$$

donde el FP es adimensional y se puede expresar en forma de porcentaje. Esta relación también se expresa por el triángulo de potencias, en donde se observa la relación entre estas dos energías, como se muestra en la figura 25. En la UTEQ históricamente se tiene un buen factor de potencia, como se evidencia en la facturación de CFE del mes de mayo del 2016 donde el valor del FP es de 99.06% (véase figura 26).

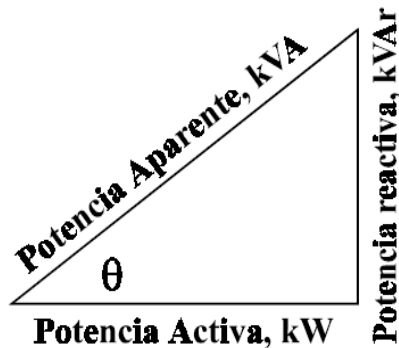


Figura 25. Triángulo de potencias.

FEB 16	215	73,977	99.43
MAR 16	208	68,141	99.27
ABR 16	70	2,604	98.62
ABR 16	199	70,160	98.82
MAY 16	198	72,641	99.06

Factor de potencia % 99.06

Conceptos	Totales	Precios unitarios	Mes	Demanda máxima kW	Consumo total kWh	F.P. %	F.C. %	Precio unitario
Energía en base kWh	15,820	0.58010	MAY 15	186	74,284	97.97	42	1.43619
Energía en intermedia kWh	51,240	0.69710	JUN 15	186	74,284	97.88	45	1.3159
Energía en punta kWh	5,581	1.72420	JUL 15	183	69,020	97.77	39	1.3294
			AGO 15	181	68,670	97.76	44	1.3342
			SEP 15	205	76,132	98.25	48	1.4392
			OCT 15	210	63,252	98.28	50	1.3745
			OCT 15	215	19,026	98.44	62	1.4809
			NOV 15	217	74,578	98.58	48	1.4820
			DIC 15	199	66,785	98.71	38	1.4853
			ENE 16	208	67,765	99.55	41	1.4850
			FEB 16	215	73,977	99.43	46	1.4800
			MAR 16	208	68,141	99.27	40	1.4471
			ABR 16	70	2,604	98.62	78	1.2339
			ABR 16	199	70,160	98.82	47	1.3640
			MAY 16	198	72,641	99.06	43	1.2664

Avisos Importantes

- Conte a partir de 14 JUN 16.
- Nos transformamos para servirte mejor.
- Servicio a Clientes Telefono 071.

Conceptos	Estado de cuenta	\$ Importe
Energía		54,519.34
Demanda Facturable		39,637.62
Bonificación Factor de Potencia		2,165.61-
Subtotal		91,991.35
IVA 16%		14,718.61
Facturación del Periodo		106,709.96
Adeudo Anterior		114,735.81
Su Pago		114,735.00-
Total		\$106,710.77

Datos Fiscales del Receptor

UTQ8406100Y0

Serie: PE Folio: 000020823867

Folio Fiscal: 214BE081-EGC4-4BTD-970B-671229BA4832

N. Certificado del SAT: 000010000030049498

No. certificado del CSD: 0000100000300470099

Fecha y Hora de certificación: 2016-06-01T20:06:13

Unidad de medida: No Aplica

Forma de pago: No Identificado

Régimen Fiscal: TITULO II DE LAS PERSONAS MORALES

Fecha, hora y lugar de impresión:

28 JUN 2016 10:55:35 hrs.

Playa Roqueta Esq Rio Hondo Sin Desarrollo San Pablo Quetzaro Quetzaro Mexico CP 7613

El Gobierno Federal trabaja contra la impunidad, con tu ayuda fortalecemos la lucha

Secretaría de la Función Pública quejas y denuncias al Teléfono:

Total a pagar:

\$106,710.00

(CIENTO SEIS MIL SETECIENTOS DIEZ PESOS 00/100 MXN)

Energía	54,519.34
Demanda Facturable	39,637.62
Bonificación Factor de Potencia	2,165.61-
Subtotal	91,991.35
IVA 16%	14,718.61
Facturación del Periodo	106,709.96
Adeudo Anterior	114,735.81
Su Pago	114,735.00-
Total	\$106,710.77

Figura 26. Recibo de CFE de la UTEQ en donde se aprecia el FP de 99.06%.

3.5. Históricos de facturación UTEQ

Después de conocer cómo está conformada la tarifa H-M, que es la tarifa que tiene contratada la UTEQ, y de saber que el consumo es la energía eléctrica utilizada de una instalación durante un periodo determinado, resulta interesante conocer el consumo de la UTEQ a lo largo de su vida como institución educativa. Para fines más representativos, a continuación se hace un análisis considerando únicamente el periodo 2011–2015, ya que en este periodo se han desarrollado más acciones encaminadas al ahorro de energía.

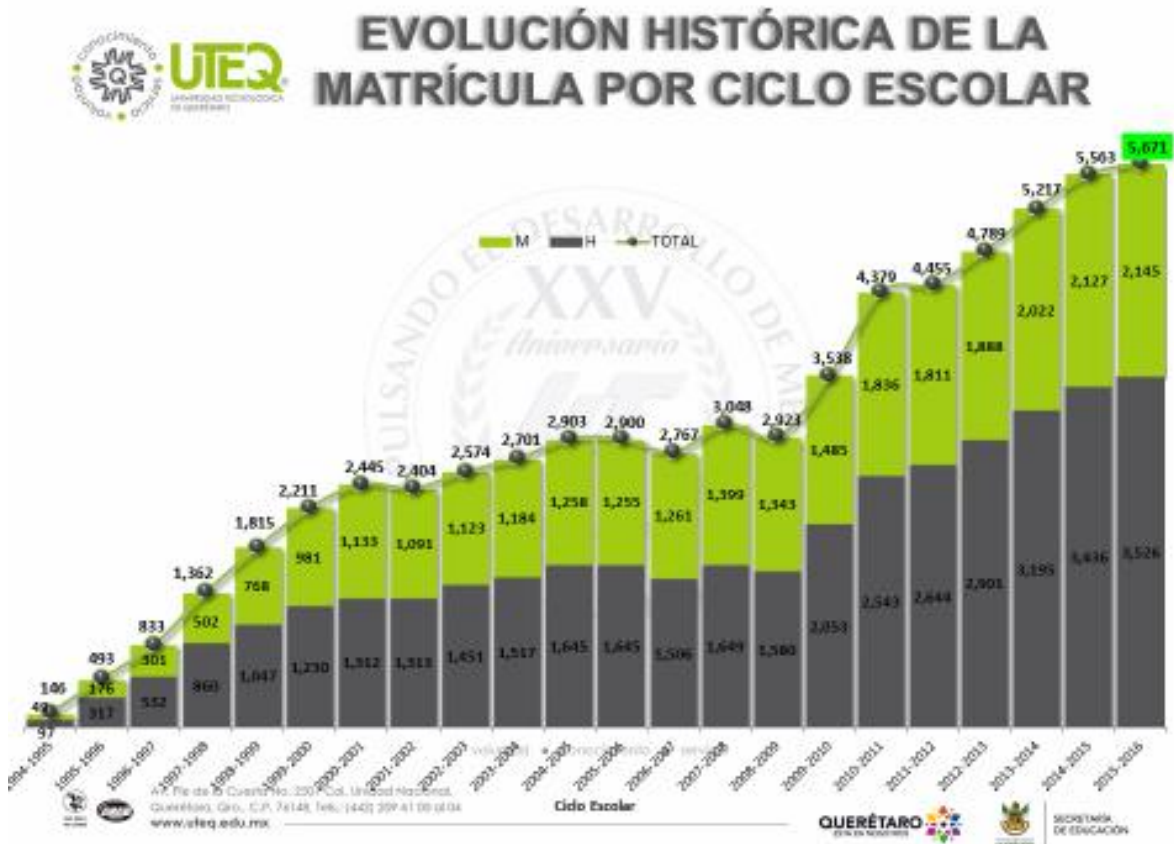


Figura 27. Evolución de la matrícula de la UTEQ por ciclo escolar.

Como se puede apreciar en la gráfica de la figura 27, el crecimiento de la población total estudiantil en los últimos años ha sido muy marcada e importante, como se demuestra para el periodo 2011-2015 con un crecimiento del 22.94%.

En las tablas de la figura 28 se indican los valores totales registrados del Consumo y la Demanda energética de la UTEQ para los años 2011 y 2015, de acuerdo a la facturación de CFE, considerando los tres valores que indica la tarifa H-M: Base, Intermedia y Punta. Las gráficas correspondientes a dichos registros se muestran en las figuras 29-34.

		2011														
		PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	SUMA
KWH	BASE	15,816	14,160	15,096	14040	14640	13512	14544	13344	14394	14736	14040	14760	173,082	14,424	
	INTERMEDIA	48,768	45,312	50,928	39024	51048	54120	48200	52416	48727	56688	43128	32712	571,071	47,589	
	PUNTA	14,520	13,152	14,616	4848	5592	5856	9764	5616	9246	7320	14472	9456	114,458	9,538	
	TOTAL	79,104	72,624	80,640	57,912	71,280	73,488	72,508	71,376	72,367	78,744	71,640	56,928	858,611	71,551	
KW	BASE	80	84	84	83	73	72	79	68	78	77	80	80	84	78	
	INTERMEDIA	237	229	225	225	210	215	224	202	221	156	204	205	237	213	
	PUNTA	199	204	203	197	178	169	192	176	190	155	220	194	220	190	
	DF	211	212	210	206	188	183	202	184	200	156	220	198	MAX	198	

		2015														
		PERIODO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PROMEDIO
KWH	BASE	12,908	12,866	14,350	13874	15862	14028	14798	15050	14840	14924	15414	14196	173,110	14,426	
	INTERMEDIA	39,522	43,596	47,586	38640	46844	54544	49140	48650	54642	58170	44730	32620	558,684	46,557	
	PUNTA	11,634	12,250	13,370	4956	4886	5712	5082	4970	6650	9184	14434	9380	102,508	8,542	
	TOTAL	64,064	68,712	75,306	57,470	67,592	74,284	69,020	68,670	76,132	82,278	74,578	56,196	834,302	69,525	
KW	BASE	87	82	83	72	89	197	89	76	83	81	90	75	197	92	
	INTERMEDIA	219	228	226	210	217	231	237	211	220	212	212	184	237	217	
	PUNTA	194	197	196	163	164	166	159	168	198	215	217	199	217	186	
	DF	202	207	205	178	180	186	183	181	205	215	217	199	MAX	197	

Figura 28. Registros de la Facturación energética de la UTEQ en los años 2011 y 2015.

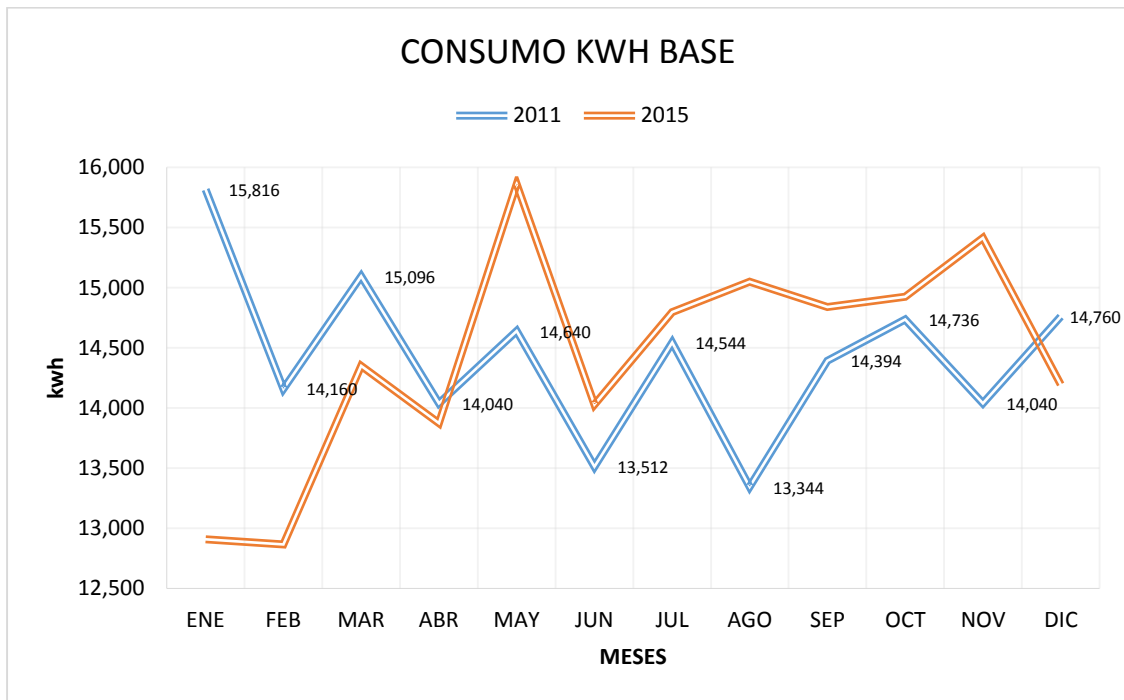


Figura 29. Gráfica del consumo energético del Periodo Base, años 2011 y 2015 en la UTEQ.

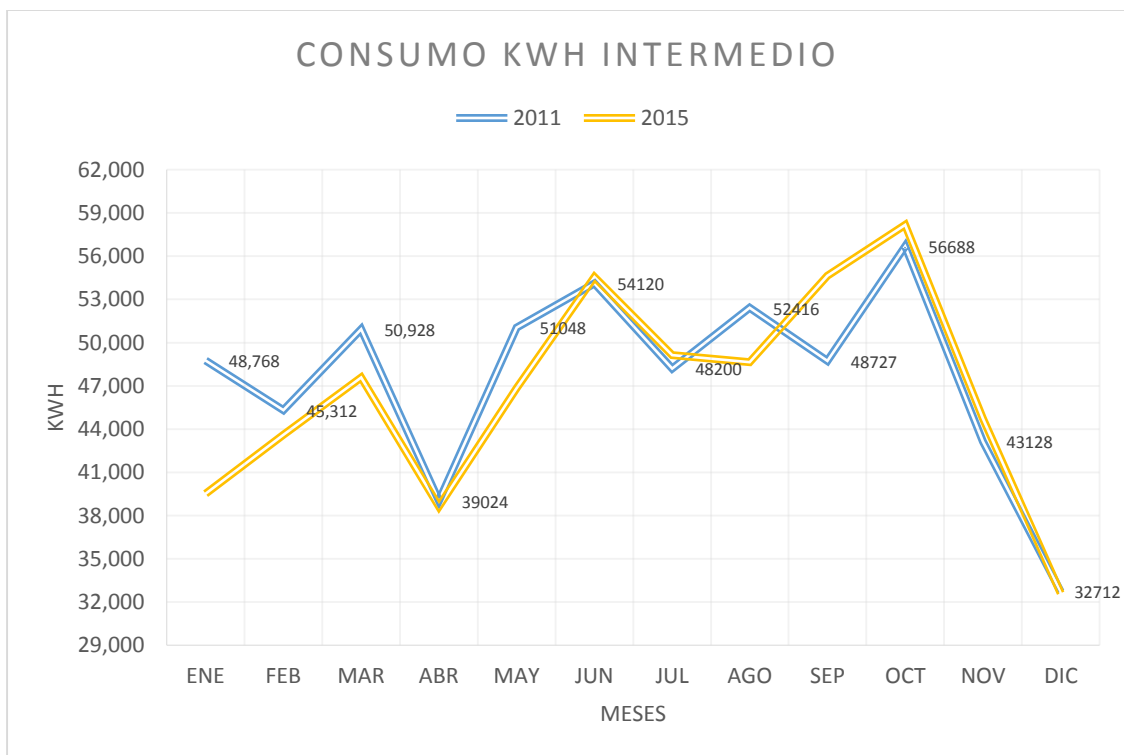


Figura 30. Gráfica del consumo energético del Periodo Intermedio, años 2011 y 2015 en la UTEQ.

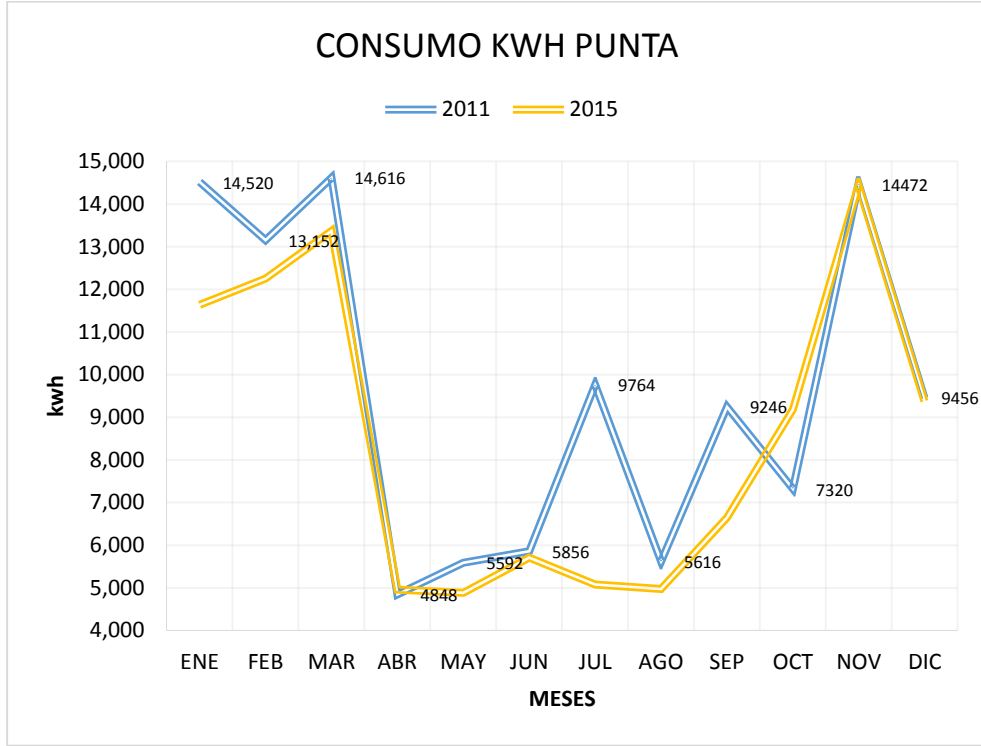


Figura 31. Gráfica del consumo energético del Periodo Punta, años 2011 y 2015 en la UTEQ.

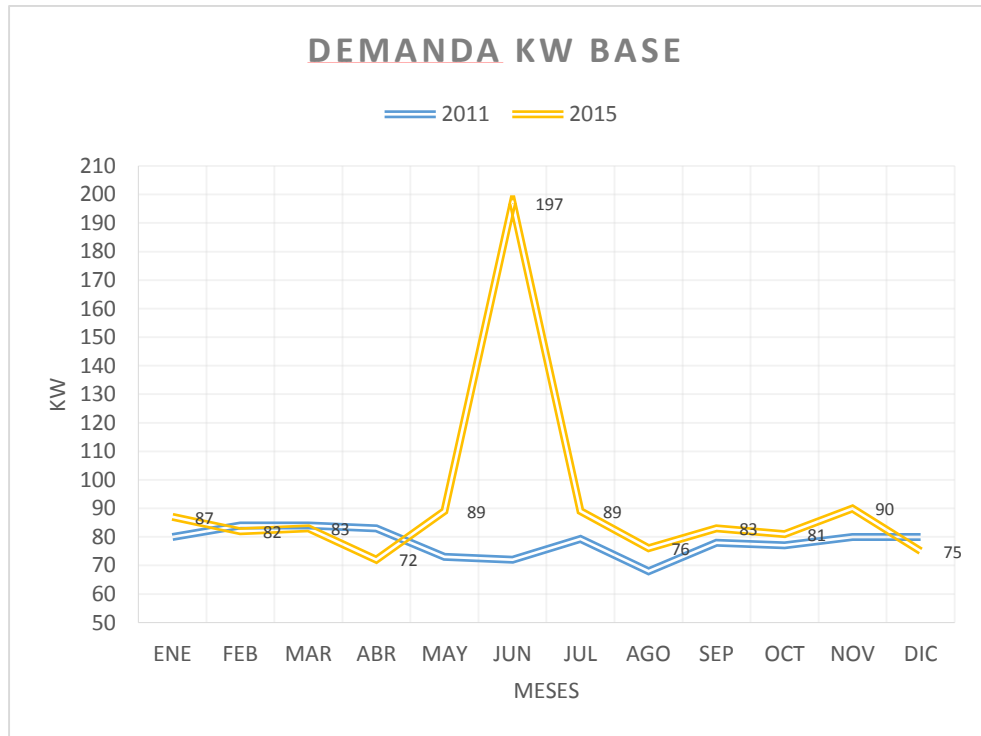


Figura 32. Gráfica de la demanda energética del Periodo Base, años 2011 y 2015 en la UTEQ.

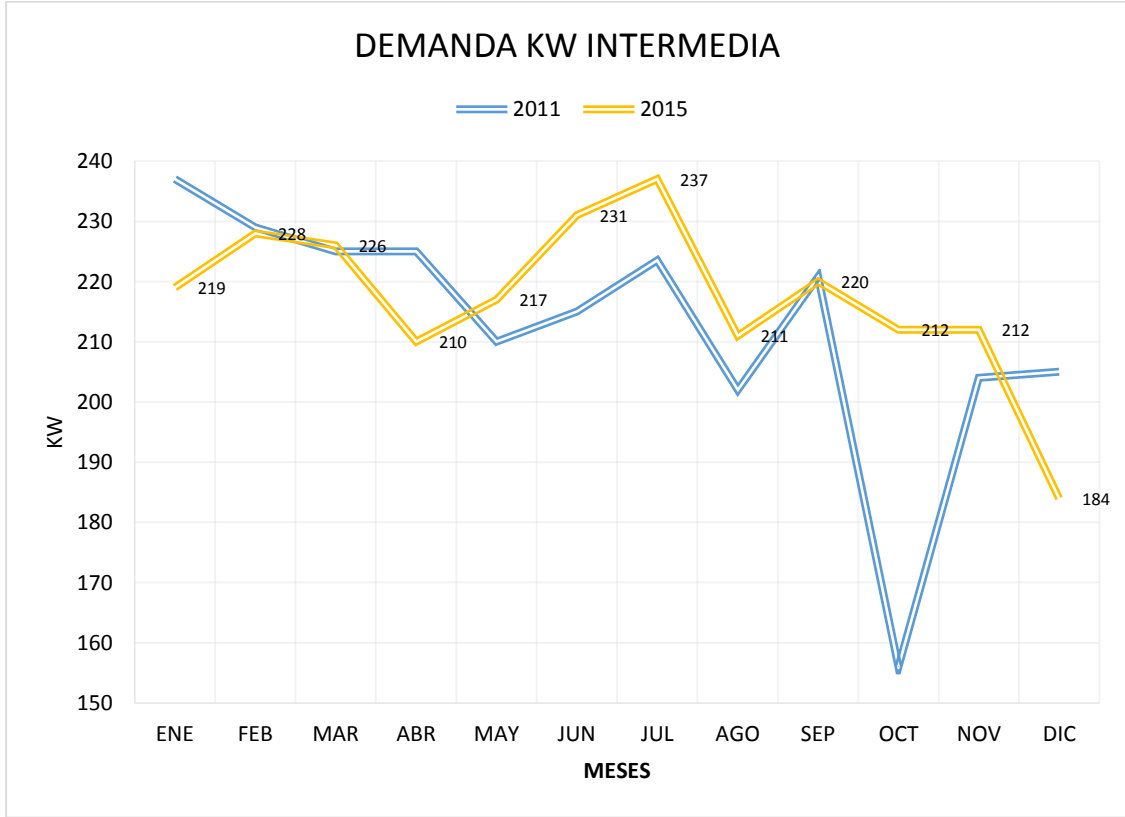


Figura 33. Gráfica de la demanda del Periodo Intermedio, años 2011 y 2015 en la UTEQ.

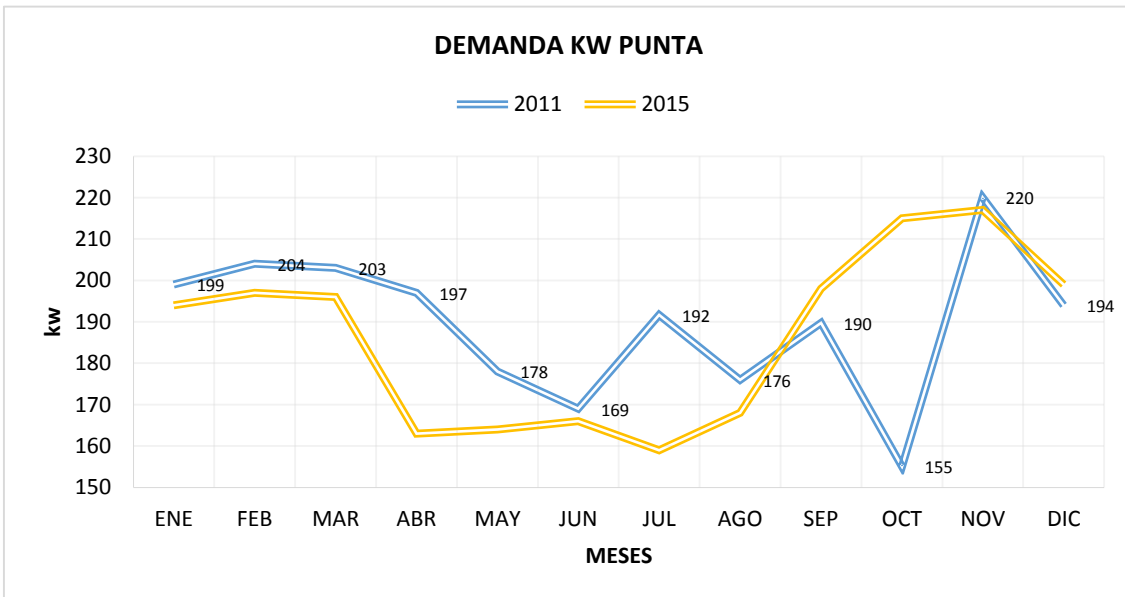


Figura 34. Gráfica de la demanda Periodo Punta, años 2011 y 2015 en la UTEQ.

3.6. Análisis de la Facturación UTEQ

De acuerdo a las gráficas de las figuras 29-34, el consumo de energía para el periodo 2011-2015 ha disminuido en 2.8%, a pesar del incremento en la matrícula estudiantil, y sin considerar al personal Docente y Administrativo que también ha aumentado. En lo que respecta a la Demanda facturable ésta se ha incrementado en 0.51% para el mismo periodo.

3.7. Impacto de los Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos han tenido un impacto importante en la comunidad UTEQ, de acuerdo a los siguientes puntos:

- Las autoridades de la UTEQ: Rector, Srio. Académico, Srio. de Admón. y Finanzas y Directores de las carreras conocen los trabajos realizados, ya que en algunos casos se han realizado trabajos de sustitución de luminarias y/o adecuación de instalaciones eléctricas en sus espacios de trabajo.
- Los usuarios de las aulas: Se ha concientizado a profesores, alumnos y demás personal para cuidar la energía eléctrica, ya que si observan algún salón sin usuarios y el alumbrado encendido, optan por apagarlo.
- Los trabajos realizados han tenido repercusiones en otras instituciones como:
 - Municipio de Querétaro: proyecto Bandera Verde.
 - Universidad Tecnológica de Salamanca Guanajuato México (Cuerpo Académico en formación que ha solicitado asesoría para implementar un sistema similar en sus instalaciones).
- Aportación de información para la generación de los indicadores del Programa Operativo Anual (POA) de la UTEQ.
- Aportación de información para la generación de los indicadores del Programa Operativo Anual (POA) Federal en lo correspondiente al Eje 4 V Sustentable.

CAPITULO 4. DESARROLLO DEL PROYECTO

La infraestructura de la iluminación en la UTEQ presenta un rezago importante ya que desde su fundación hace 22 años sigue operando con luminarias que para su tiempo fueron eficientes, pero que actualmente resultan obsoletas al ser costosas en su operación y consumir demasiada energía.

Para tener un punto de partida y conocer las acciones que dan fundamento a este trabajo se analizó el comportamiento de los consumos eléctricos de la UTEQ al paso de los años, a través de los recibos de facturación que emite CFE. Éstos incluyen el análisis de la facturación como Carga y Demanda contratada, tipo de tarifa, costos y demás información, la cual se mostró a detalle en el capítulo anterior de este trabajo.

4.1. Censo: tipo de iluminación en los espacios de la UTEQ

Para conocer el estado de la iluminación en los diferentes espacios de la UTEQ se realizó un censo de la iluminación que se tiene en la universidad, cuyos resultados se resumen en la tabla 8.

CENSO DE LUMINARIAS EN LOS DIFERENTES ESPACIOS DE LA UTEQ.												
EDIFICIO	LUMINARIA EQUIPOS	4X39 W RECTO-T-	1X74W	2X32W CURVALIN	2X74W	2X32W T-8 RECTO	COMPACT A	2X32W RECTA-T-	T.CAMPANA 250W	2X38 T-5	2X39W T-12	SUMA
DIV INDUSTRIAL		213	26									
DIV ECONOMICO ADMINISTRATIVA		236	20								19	
DIVISION DE TECNOLOGIA				327			40					
EDIFICIO DE RECTORIA		80			12		30					
EDIFICIO DE VINCULACION		44	8				12				6	
DIV DE TEC DE AUTO E INFO		219									36	
DIVISION DE IDIOMAS (EDIFICIO DE MEDIOS)										231		
LABORATORIOS DE TECNOLOGIA (4Y7 EE)									10			
DIV DE INNOVACION Y DESARROLLO								135	16			
CENTRO PEUGEOT						71		127		159		
DIV ECONOMICO ADMINISTRATIVA 2				357			49					
		732	54	684	12	71	131	262	26	390	61	2483
TOTAL DE LUMINARIAS CON TECNOLOGIA T-12			1603	64.56%								

Tabla 8. Resultados del censo de luminarias con que cuenta a la fecha la UTEQ.

De la iluminación que se tiene instalada en los diferentes espacios en la UTEQ al menos el 60% corresponde a tecnología obsoleta T12 (Véase apéndice I).

4.2. Tipos de pintura utilizados como material reflejante

Como parte de este proyecto se contempló la implementación de luminarias de alta eficiencia y nueva generación en las aulas de la UTEQ, aprovechando al máximo la infraestructura actual del alumbrado ya instalado en las aulas de clase, y realizando trabajos que permitieran obtener mejoras en los niveles de iluminación. Teniendo presente que las luminarias originalmente estaban formadas por gabinetes metálicos recubiertos tanto en el interior y exterior por pintura alquídica color blanco, acabado mate y con tubos fluorescentes T12, los niveles de iluminación no eran los mejores.

La primera actividad a desarrollar en este proyecto fue la aplicación de diferentes materiales reflejantes en los gabinetes usando los mismos tubos fluorescentes T12, y la toma de mediciones para ver las mejoras en la iluminación. El mismo ejercicio se realizó para los tubos fluorescentes T5. Los resultados finales obtenidos se muestran en el siguiente capítulo de este trabajo.

Se realizó un recorrido por los salones de los edificios educativos donde se observó que todos tienen las mismas dimensiones: 8.560 x 4.75 x 1.85 mts (sobre el punto del plano de trabajo). Para que este estudio tuviera éxito se requirió de actividades previas como lograr una oscuridad lo más cercana a la oscuridad total, para lo cual fue necesario tapar puertas y ventanas con plástico negro. Posteriormente se desconectaron todos los gabinetes del aula y se eligió únicamente uno, donde se realizarían las pruebas. También se estableció la altura del montaje de las luminarias y la altura del plano de trabajo, como se describe en la figura 35.

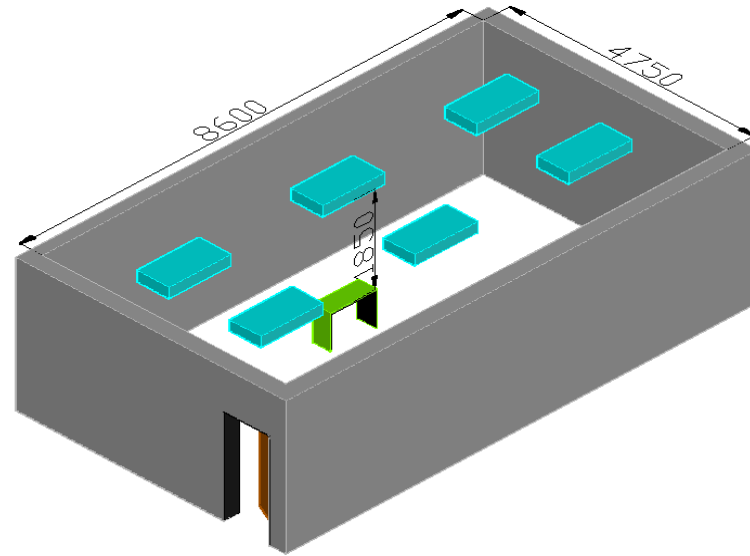


Figura 35. Imagen de las medidas a considerar para el estudio de los niveles de iluminación en un salón de clases de la UTEQ.

Posteriormente se tomaron lecturas con un luxómetro en los ejes x, y, z, las cuales se tomaron cada 10 cms. Este procedimiento se siguió para diferentes gabinetes que se prepararon con distintos materiales reflejantes en su interior, buscando el que mayor nivel de iluminación ofreciera, los procedimientos llevados a cabo se ilustran en las fotografías de las figuras 36-38.



Figura36. Oscureciendo el salón de clases donde se realizaron las pruebas de iluminación.



Figura37. Mesa con indicadores de segmentación angular para medición, de acuerdo a la NOM-25.



Figura 38. Imágenes de algunos de los materiales reflejantes aplicados: pintura de cromo, papel reflejante y barniz de poliuretano.

Los recubrimientos utilizados para las pruebas en los gabinetes fueron:

- Papel cromado
- Pintura acabado cromo
- Pintura alquidálica color blanco
- Barniz de poliuretano color blanco

De acuerdo a la figura 39, el mejor material reflejante para aumentar la eficiencia en la iluminación de las aulas fue el barniz blanco de poliuretano. Este tipo de recubrimiento en conjunto con las luminarias T5 dio niveles cercanos a los 650 luxes, muy por encima de los 300 luxes que indica la norma NOM- 25–STPS como mínimo para un salón de clases.

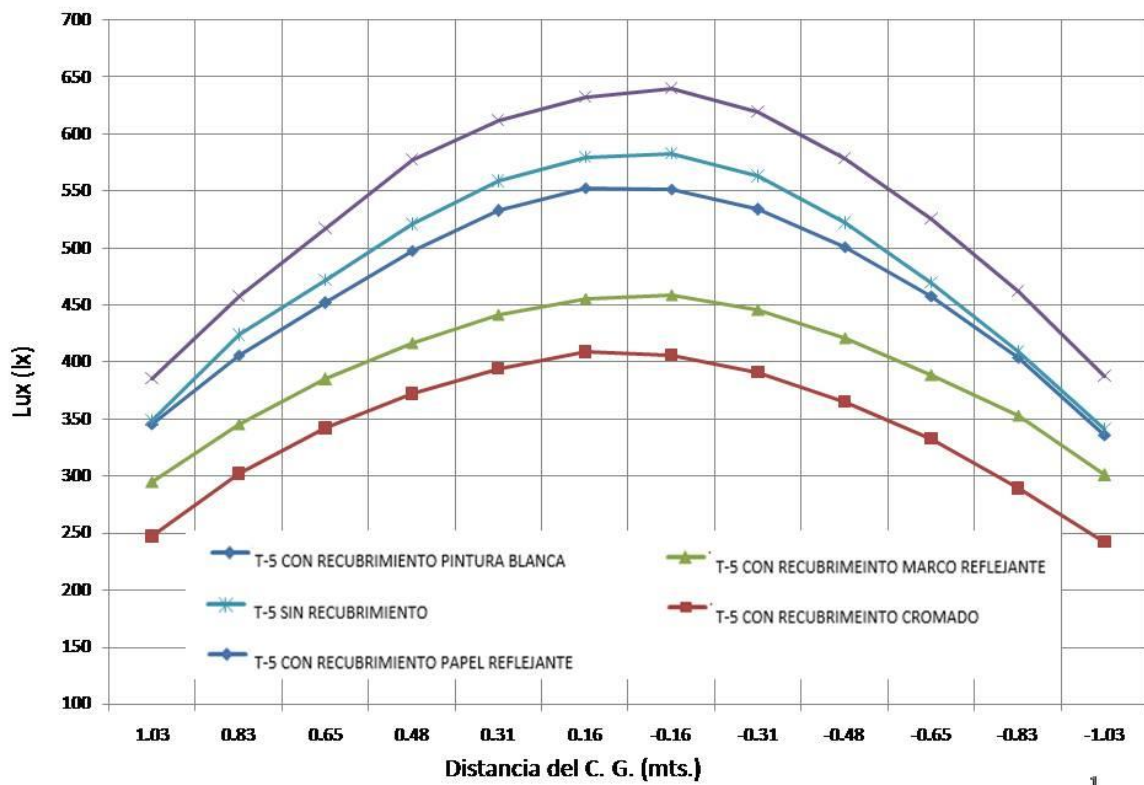


Figura 39. Caracterización de materiales reflejantes de acuerdo a los diferentes niveles de iluminación alcanzados.

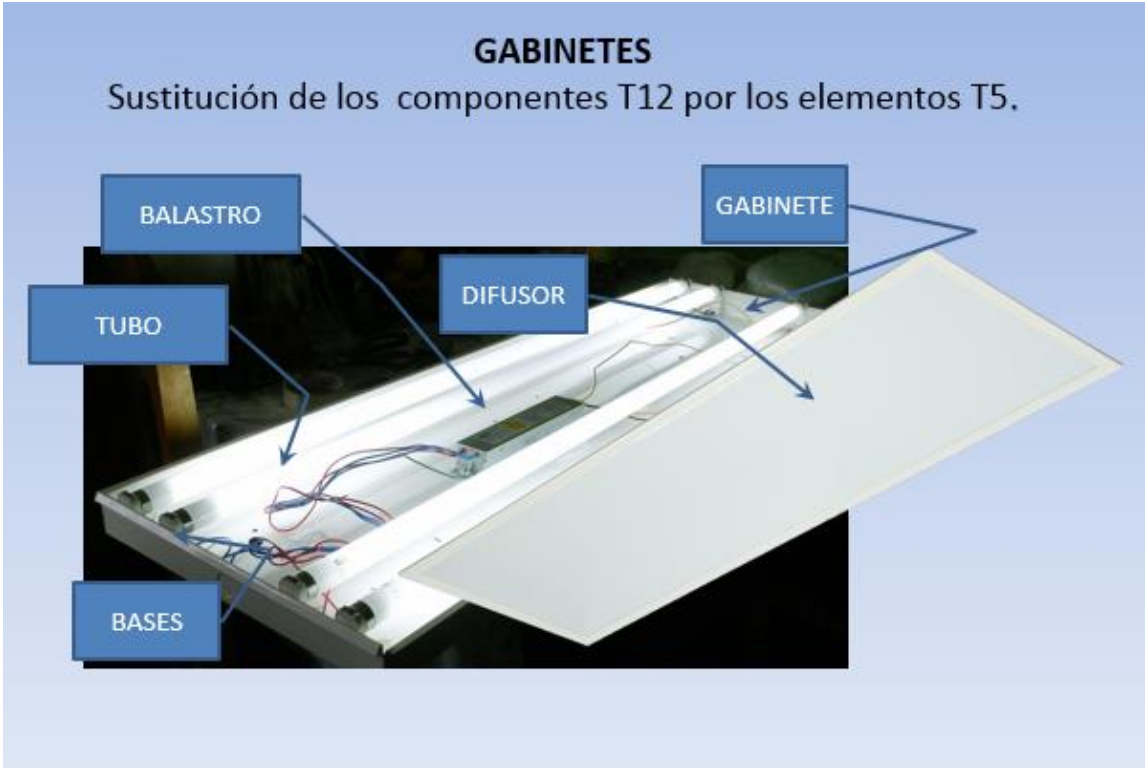


Figura 40. Elementos que componen los gabinetes de lámparas fluorescentes T12 y T5.



Figura 41. Imagen que muestra la aplicación de los materiales reflejantes en los gabinetes de las luminarias.



Figura 42. Imágenes que muestran el estado anterior de las luminarias.



Figura 43. Imágenes que muestran el estado actual de las luminarias, después de aplicar el recubrimiento reflejante en los gabinetes.

Con la información obtenida se empezaron a realizar acciones para emigrar a lámparas con una tecnología más eficiente que permitiera a la UTEQ contar con ahorros de energía y mejorar su iluminación. En este punto la pregunta a contestar fue: ¿qué acciones se tenían que realizar para llamar la atención del personal a cargo?

4.3. Primeras acciones desarrolladas en la infraestructura del alumbrado

Para concientizar al personal y autoridades de la UTEQ, se plantearon algunas propuestas de trabajo de poca inversión y se iniciaron pequeñas pero importantes acciones que llamaran la atención, algunas de éstas se resumen en las tablas 9-11. Ejemplos: Sustitución de lámparas de vapor de mercurio por ahorradoras en el pasillo del laboratorio 7EE (véase tabla 9). En la cafetería se sustituyeron 14 lámparas de 250 LVM a 220Vac por de 65W del tipo ahorradora (CFL) a 127Vac (véase tabla 10). En el edificio “G” de la Div. Económica-Administrativa se hizo el seccionamiento de luminarias en 10 cubículos y pasillos de planta baja y alta.

	Antes	Después
Demanda de energía (kW)	1250W	350W
Nivel de iluminación (luxes) Normatividad: 100 Lux NOM 25	150Lux	200Lux
Observaciones:	<ul style="list-style-type: none"> - Las lámparas sustituidas servían como iluminación para un área de tránsito que permanecía encendida prácticamente de las 7am hasta las 10pm. El impacto económico afectaba a los periodos de mayor costo. - La inversión ascendió a \$50.00 de material extra. Se estimaron menos de 3 días para la recuperación de la inversión. - La actividad se realizó con alumnos de la UTEQ de las 13 a las 17 hrs., La inversión económica por mano de obra no tuvo costo alguno. - Las luminarias nuevas se obtuvieron del stock del almacén y son del mismo tipo que las usadas en otras áreas. Mejora los niveles de rotación del almacén. - La lámpara, balastro y socket sustituidos quedaron como refacción para ser usados en otras áreas que así lo requirieran. Se evita la compra de nuevas 	

	<p>refacciones para el mantenimiento correctivo en iluminación de este tipo, \$400 aprox. cada una.</p> <p>- Con algunos profesores y responsables del área se valoró la calidad de la nueva iluminación. Los comentarios hacen referencia hacia una mejora.</p>
--	--

Tabla 9. Acciones realizadas en el pasillo del laboratorio 7EE.

	Antes	Después
Demanda de energía (kW)	2900W	660W
Nivel de iluminación (luxes) Normatividad: 200Lux Nom 25	800Lux (Max) Sobre plano de trabajo	600Lux (Max) sobre plano de trabajo
Observaciones:	<ul style="list-style-type: none"> - Las lámparas instaladas servirán para iluminar un área de servicios al personal, la cual contaba con 14 luminarias de 250W LVM tipo campana, a las cuales se les modificó la tensión de operación para sustituirlas por lámparas ahorradoras de 65W. Prácticamente el alumbrado de la cafetería opera todo el día (7am a 10am) impactando los costos de energía eléctrica en todos los periodos de medición. - La actividad se realizó con alumnos de la UTEQ como parte de las prácticas de la asignatura de Sistemas Eléctricos, por lo tanto la inversión económica por mano de obra no tuvo costo alguno. - Las luminarias colocadas se obtuvieron del stock del almacén. Mejora los niveles de rotación del almacén. - Considerando el tiempo de uso y los costos tanto de la energía eléctrica como del material usado (lámparas ahorradoras), se estimó la recuperación de la inversión en menos de 3 meses. Esta acción demuestra el potencial de ahorro que se puede lograr identificando las áreas de oportunidad. - Con algunos usuarios y responsables del área se valoró la calidad de la nueva iluminación. Los comentarios hacen referencia hacia una mejora. 	

Tabla 10. Acciones realizadas en la cafetería.

	Antes	Después
Consumo de energía en 10 cubículos (kWh)	76.8kWh Semanal (12 hrs. Diarias de uso)	*38.4kWh Semanal (6 hrs. Diarias de uso)
Consumo de energía en pasillos (kWh)	230kWh Semanal (12 hrs. Diarias de uso)	*115kWh Semanal (6 hrs. Diarias de uso)
Nivel de iluminación (luxes) Normatividad: 100Lux (Pasillos) Nom 25	200Lux (Max) Sobre plano de trabajo	100Lux (Max) Sobre plano de trabajo
<p>Observaciones:</p> <p>*EL AHORRO DEPENDE DE QUE LOS USUARIOS UTILICEN LOS APAGADORES DE LOS CUBÍCULOS Y PASILLOS</p>	<p>- Los 10 cubículos eran controlados por 2apagadores.Comono se tenía un control independiente en cada cubículo, los 2 apagadores permanecían encendidos sin ser ocupados. Para evitar este desperdicio, se instalaron apagadores en cada cubículo. Este desperdicio de energía afectaba los periodos de mayor costo.</p> <p>- El control de la iluminación del pasillo principal de la planta baja y alta estaba controlado por termos magnéticos de los centros de carga, los cuales una vez encendidos permanecían así prácticamente todo el día. Para evitar desperdicio se instaló un apagador independiente del centro de carga y de fácil acceso para la mitad de la iluminación. La acción busca estimular al personal para que opere con la mitad de la iluminación.</p> <p>- La actividad se realizó con alumnos de la UTEQ como parte de las prácticas de la asignatura de Sistemas Eléctricos. La inversión económica por mano de obra no tuvo costo alguno, a la vez que se logró un impacto académico.</p> <p>- Prácticamente todo el material utilizado se obtuvo del stock del almacén. En la acción también se reparó iluminación en los cubículos que así lo requerían. La inversión económica por concepto de material se recuperó en 1 mes.</p> <p>- Con algunos profesores y responsables del área se valoró la acción. Los comentarios hacen referencia hacia una mejora.</p>	

Tabla 11. Acciones realizadas en el edificio G.

4.4. Reporte de las acciones de sustitución de luminarias realizadas en edificios de docencia y áreas administrativas de Rectoría

Posterior a los trabajos descritos anteriormente, se tomó la decisión de sustituir las luminarias T12 por T5 en los salones de clases. Para ello se decidió trabajar en los edificios donde se tenía la mayor cantidad de alumnos y por lo tanto, mayor consumo eléctrico por iluminación. Los edificios seleccionados fueron los que ocupan las Divisiones Económico-Administrativas (Edificio “C”) y la División Industrial (Edificio “F”).



Figura 44. Tipos de luminarias T12 instaladas y T5 por sustituir.

Edificio “C” División Económico-Administrativa

Una vez definidos los lugares se empezaron a realizar labores de sustitución de luminarias en el edificio “C”. Nuevamente como punto de partida se realizó un nuevo censo en particular para este edificio y de acuerdo a los recursos disponibles se marcó como meta la sustitución de al menos 36 luminarias (6 aulas aproximadamente considerando que cada aula tiene 6).

INVENTARIO: Censo de luminarias y elaboración de Layout.

		UNIVERSIDAD TECNOLOGIA DE QUERETARO											
		VOLUNTAD.CONOCIMIENTO.SERVICIO											
		"PROGRAMA EDUCATIVO DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL"											
		PROYECTO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA EN ILUMINACION											
		CENSO POR TIPO DE LUMINARIAS											
IDENTIFICACION DE AREA	TIPO DE LUMINARIA					SUSTITUCION							
	4 x 39w T-12	2 x 39w T-12	1X74W	65W CFL		4 x 39w T-12	2 x 39w T-12	1X74W	65W CFL	3X28W T-5	3X14W T-5		
1	6									6			
2	6									6			
3	6									6			
4	6					6							
5	6					6							
6	6					6							
7	6									6			
8	6									6			
9	6									6			
CONFE	9					9							
ASESORIAS	9					9							
COMUN EXT	6									6			
COMUN INT	3									3			
INGRESO	6					6							
CENTRAL		1	1	10			1	1	10				
INTERNO	5			2					2		5		
BAÑOS	2												
		2					2						
	1					1							
	2					2							
	2					2							
	11					10				1			
SECRE DIR.	2					2				2			
DIREC.	4					4							
BAÑOS	2					2							
CANTIDAD TOTAL X TIPO:	118	3	1	12	134	65	3	1	12	48	5	134	
KWATTS INSTALADOS:	18.41	0.234	0.074	0.78	19.5	10.14	0.234	0.074	0.78	4.03	0.21	15.47	

Tabla 12. Censo de tipo de luminarias, área División Económico- Administrativa.

	CANTIDAD DE LUMINARIAS POR TIPO:						POTENCIA INSTALADA (kW)
	4 x 39W T-12	2 x 39W T-12	1X74W	65W CFL	3X28W T-5	3X14W T-5	
INICIAL	118	3	1	12			19.50
ACTUAL	65	3	1	12	48	5	15.80
FINAL	0	0	0	0	108	27	8.64

Figura 45. Resumen de tipos de luminarias, área División Económico-Administrativa.

INVENTARIO: Censo de luminarias y elaboración de Layout:

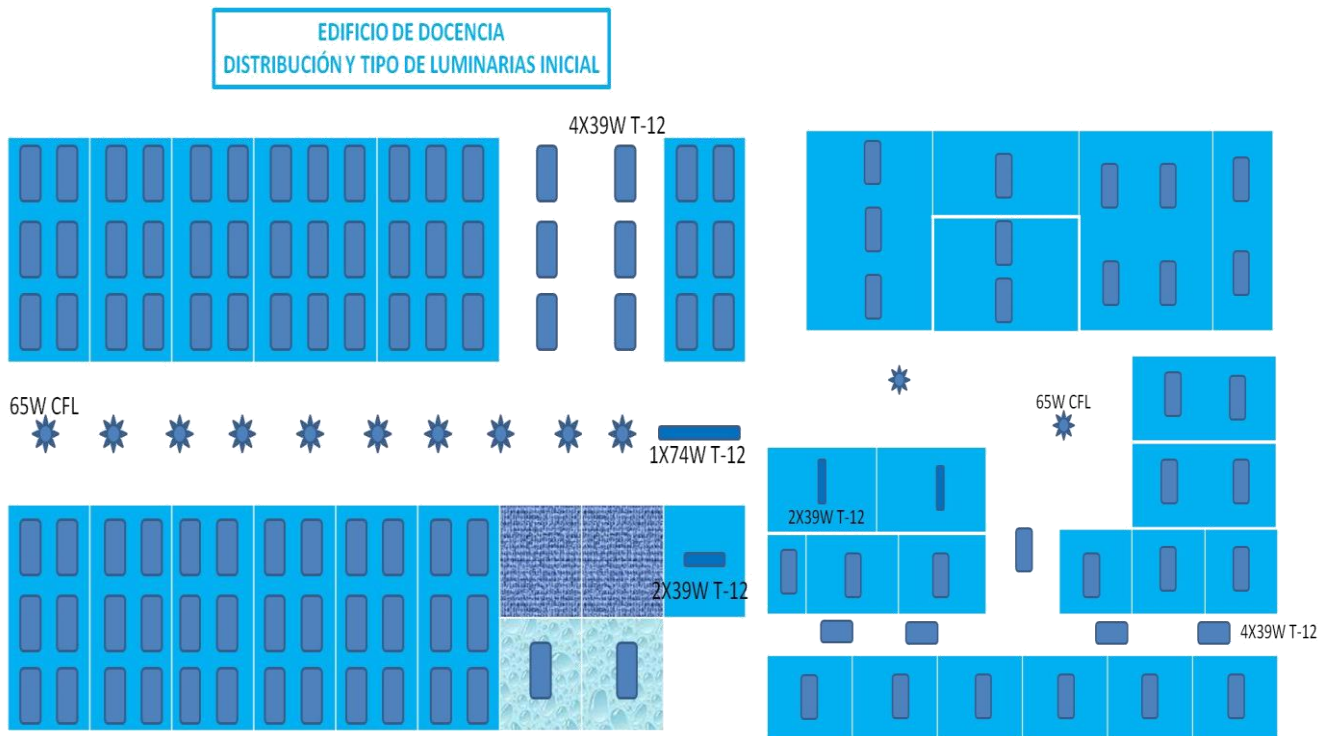


Figura 46. Layout de la División Económico-Administrativa que muestra la distribución y tipo de las luminarias en su etapa inicial.

Como se planteó en un principio la idea de este proyecto fue utilizar la infraestructura actual (los gabinetes de las luminarias) y adecuarla para recibir las lámparas fluorescentes de nueva generación T5, para adecuar los gabinetes se realizó primero una limpieza con agua y jabón para retirar polvo y grasa que pudieran tener, posteriormente y después de dejarlas secar a la intemperie. Se procedió a aplicar el barniz de poliuretano, se realizó la mezcla del barniz, catalizador y solvente de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Con la ayuda de un compresor de aire y pistola y con la ayuda de mascarilla para evitar la inhalación de vapores que pudieran dañar al personal, se aplicó una primera capa al interior de cada gabinete. Posterior a ello se llevaron los gabinetes a un área para su resguardo, es importante aclarar que para obtener un óptimo acabado se debe dejar curar el barniz por un periodo de 24 horas, tiempo en el cual se obtiene la mayor adherencia y acabado de la superficie donde se aplicó. Después de este tiempo se repitió el proceso y cada gabinete quedó listo para colocar en su interior los nuevos elementos.

PINTADO: Limpieza y aplicación de acabado reflejante.



Figura 47. Limpieza y aplicación del acabado reflejante en los gabinetes.

MONTAJE: Instalación de componentes nuevos y pruebas de funcionamiento.



Figura 48. Instalación, montaje de componentes nuevos en los gabinetes, y pruebas de funcionamiento.

Resultados de los trabajos realizados edificio “C”

En el proyecto se contempló la sustitución de 6 aulas o 36 luminarias, logrando sustituir 53 luminarias repartidas entre en 6 aulas, 2 salas comunes, un cubículo y pasillos, lo cual representó un incremento de más del 47% de lo planeado.

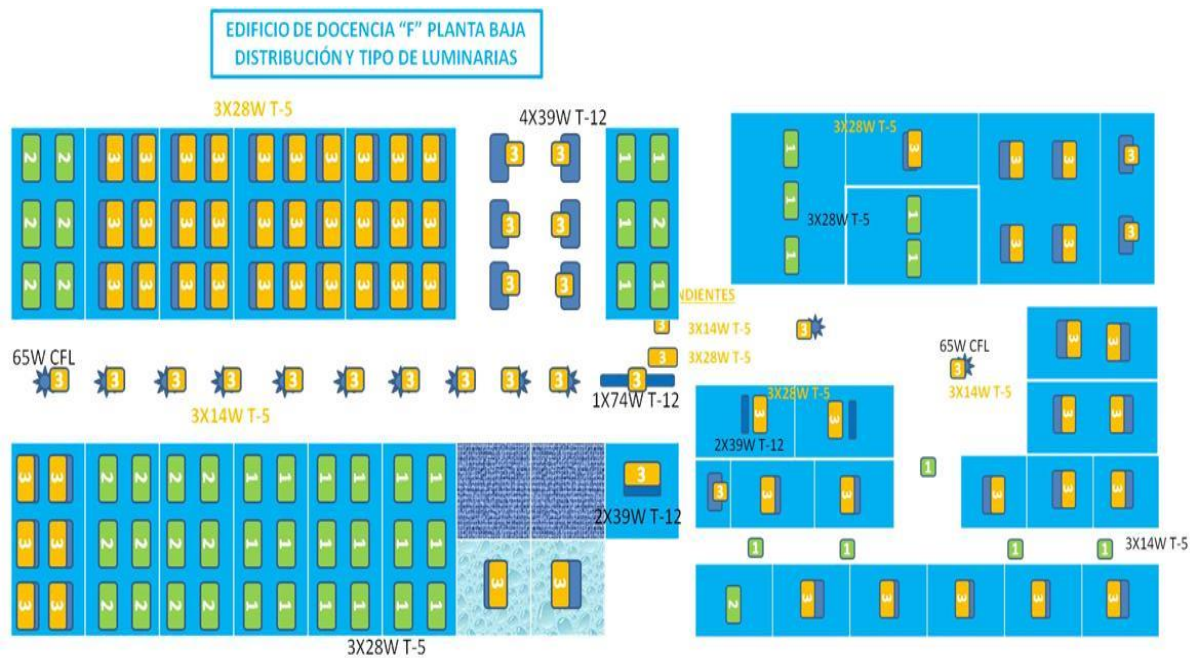


Figura 49. Layout de la División Económica-Administrativa que muestra el avance de la sustitución de las luminarias T5.

En este proyecto se contempló la valoración del impacto en el ahorro de energía eléctrica. Como se muestra en los Layout, se logró sustituir un 39% del total de las luminarias instaladas. Los históricos de las mediciones evidencian un ahorro del 18% en consumo (kWh) y un 50% en demanda (kW).

CENSO POR TIPO DE LUMINARIAS												
	TIPO DE LUMINARIA					SUSTITUCION						
	4 x 39W T-12	2 x 39W T-12	1X74W	65W CFL	TOTAL	4 x 39W T-12	2 x 39W T-12	1X74W	65W CFL	3X28W T-5	3X14W T-5	TOTAL
CANTIDAD	118	3	1	12	134	65	3	1	12	48	5	134
KWATTS INSTALADOS	18.4	0.23	0.07	0.78	19.5	10.1	0.23	0.07	0.78	4.03	0.21	15.5
AVANCE DE SUSTITUCION	39%											
AHORRO EN KWH	18%											

Figura 50. Imagen que muestra el avance en la sustitución y el ahorro en KW en la División Económico-Administrativa.

Edificio “F” División Industrial.

El segundo lugar seleccionado para realizar la sustitución de luminarias fue el edificio “F” perteneciente a la División Industrial, en este edificio nuevamente se realizaron en diferentes etapas labores de sustitución de luminarias como se muestra a continuación:

**INICIAL: DISTRIBUCIÓN Y TIPOS DE LUMINARIAS EN PLANTA ALTA
EDIFICIO "F"
LUMINARIAS TOTALES: 137**

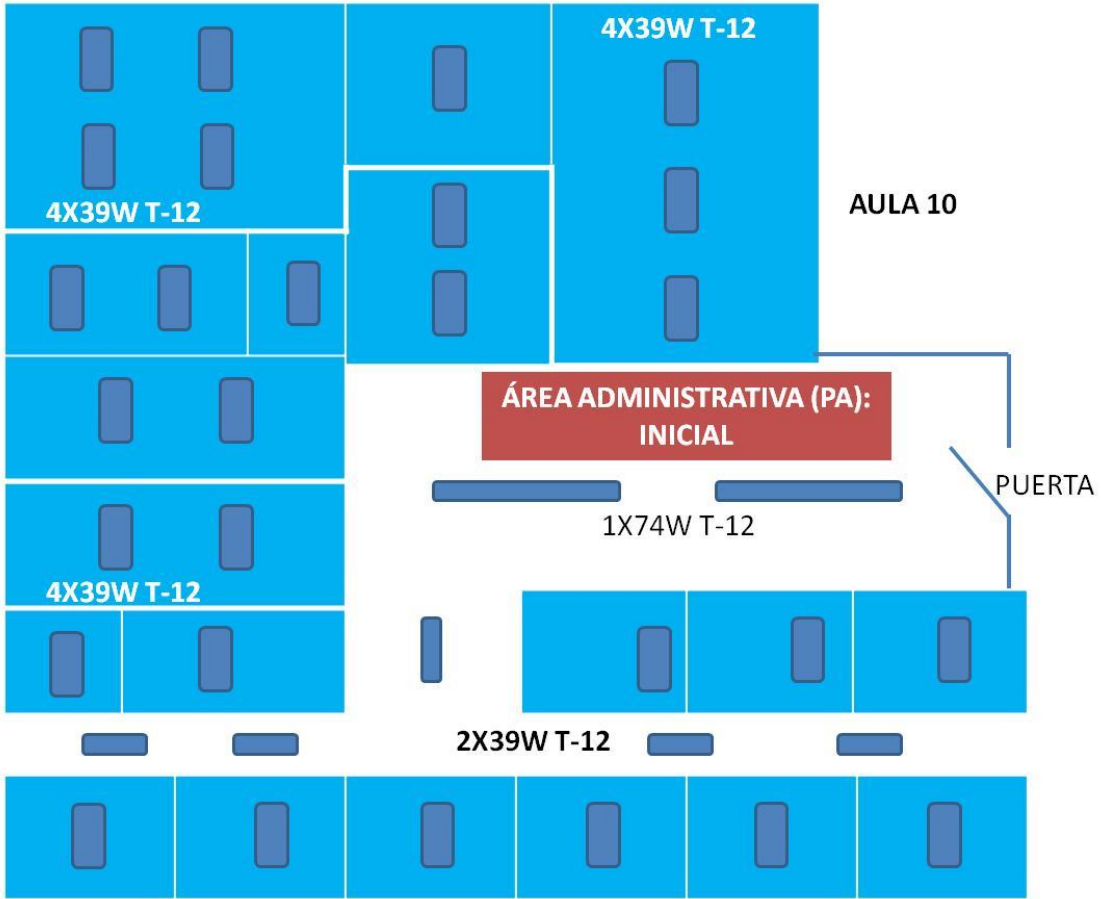


Figura 51. Layout de la División Industrial donde se muestra la distribución y tipo de las luminarias en las áreas administrativas, en su etapa inicial.

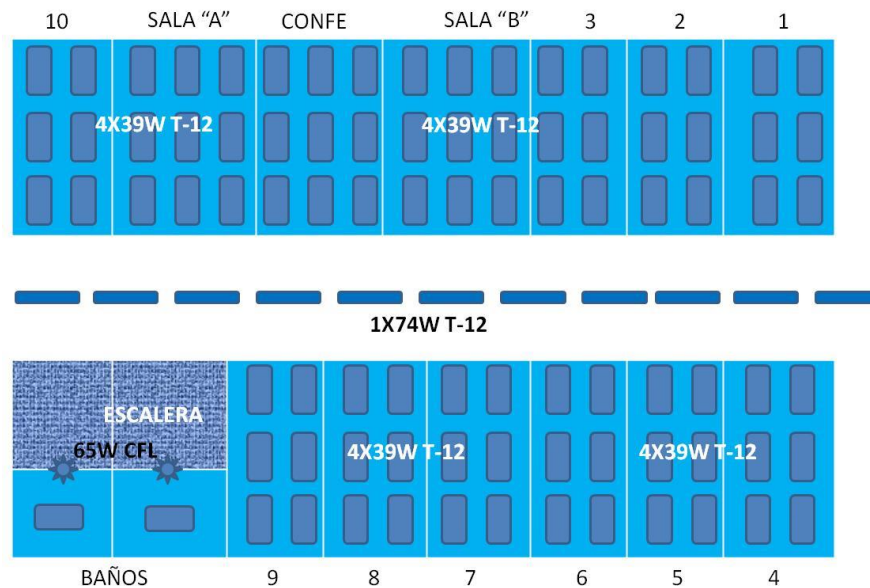


Figura 52. Layout de la División Industrial donde se muestra la distribución y tipo de las luminarias en los salones de clases, en su etapa inicial.

DISTRIBUCIÓN Y TIPOS DE LUMINARIAS EN PLANTA ALTA EDIFICIO "F" AVANCE EN LA SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS ÁREA ADMINISTRATIVA:

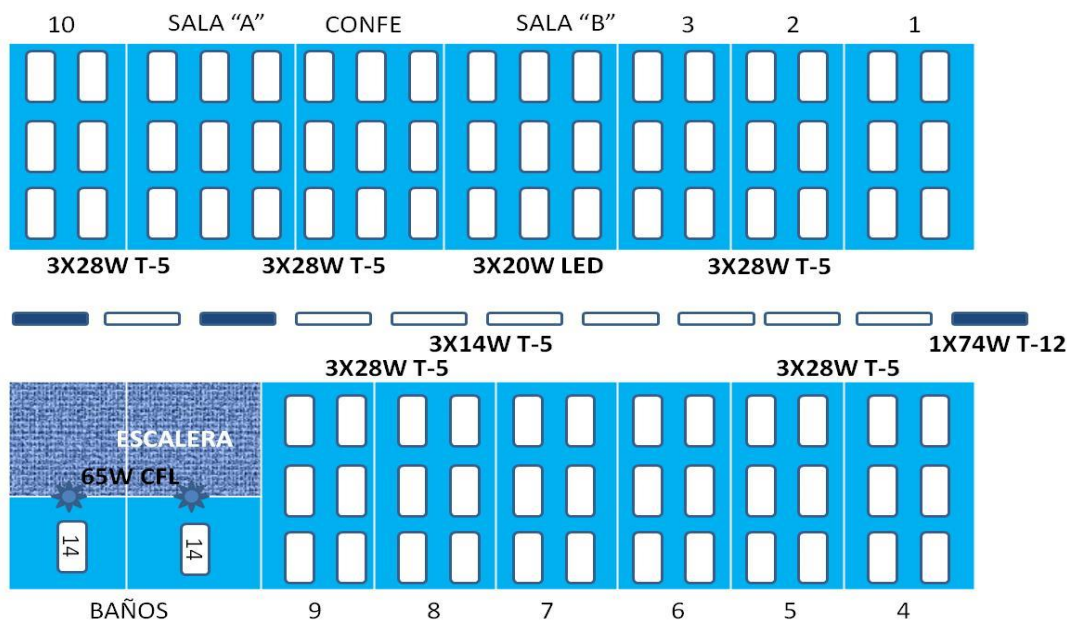


Figura 53. Layout de la División Industrial donde se muestra el avance de la sustitución de las luminarias T5.

SITUACION INICIAL					
CANTIDAD DE LUMINARIAS X TIPO					
AREA: EDIFICIO "F" PLANTA ALTA	4X39W T-12	1X74W T-12	2X39W T-12	65W CFL	TOTALES
W X LUMINARIA	156	74	78	65	
AULAS Y SALAS	87				137
PASILLO EXTERNO		11		2	
PASILLO INTERNO		2	5		
CUBICULOS INDIVIDUALES	15				
CUBICULOS COMUNES	3				
AREAS ADMINISTRATIVAS	10				
BAÑOS			2		
(KW) CARGA INSTALADA X TIPO DE LUMINARIA	17.94	0.962	0.546	0.13	
(KW) CARGA INSTALADA TOTAL					
					19.578

SITUACION ACTUAL: 17 DIC 14									
CANTIDAD DE LUMINARIAS X TIPO									
AREA: EDIFICIO "F" PLANTA ALTA	4X39W T-12	1X74W T-12	2X39W T-12	65W CFL	3X28W T-5	3X14W T-5	3X20W T-5 (LED)	3X18W T-5 (LED)	TOTALES
W X LUMINARIA	156	74	78	65	84	42	60	54	
AULAS Y SALAS					78		9		135
PASILLO EXTERNO		3		2		8			
PASILLO INTERNO		2				3			
CUBICULOS INDIVIDUALES	8				4	2		1	
CUBICULOS COMUNES					2	1			
AREAS ADMINISTRATIVAS	8				2				
BAÑOS						2			
(KW) CARGA INSTALADA X TIPO DE LUMINARIA	2.496	0.37	0	0.13	7.224	0.672	0.54	0.054	
(KW) CARGA INSTALADA TOTAL									
								11.486	

PORCENTAJE DE AHORRO EN LA CARGA INSTALADA	
41.3%	
LUMINARIAS PENDIENTES DE SUSTITUCION	
21	15%

Figura 54. División Industrial el antes y el después de la sustitución, se muestra el porcentaje de ahorro en la carga instalada.

Más trabajos de sustitución en el edificio "F" de la División Industrial

En el apartado anterior se mostraron los trabajos realizados básicamente en los salones de clases, sin embargo se ha seguido trabajando en la sustitución de algunas luminarias en otras áreas del edificio F y áreas pertenecientes a la División Industrial como el laboratorio pesado 4EE.

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS

AREA: MESANIN PA LAB 4EE

CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
2x74W T-12	1	148	2X20W LED	3	120
2X39W T-12	2	156	2X32W T-8	2	128
2X32W T-8	2	128	15W CFL	1	15
60W INCAN.	1	64			
	TOTAL	496		TOTAL	263

DISMINUCION EN LA CARGA INSTALADA: **47%**

Se mejoraron los niveles de iluminacion.

Se instalaron tubos T-8 LED de 20W de simple sustitucion, se estarna monitoreando, para evaluarlo como una alternativa para sustituir T-8 que usa balastro

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS

AREA: PASILLOS PLANTA ALTA Y BAJA EDIFICIO "F"

CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
1x74W T-12	8	592	2X28W T-5	22	1232
3x14W T-5	12	504	3x14W T-5	10	420
2x32W T-8	6	384	2x32 T-8	2	128
4X39W T-12	2	312			
2X39W T-12	6	468			
	TOTAL	2260		TOTAL	1780

DISMINUCION EN LA CARGA INSTALADA: **21%**

Se mejoraron los niveles de iluminacion.

Se mejoro el aspecto de las areas de transito.

Se reciclo el material sustituido en las aulas que asi lo requerian de la planta baja.

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS

ÁREA: SALA DE CONFERENCIA PLANTA BAJA EDIFICIO "F"

CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
4X39W T-12	9	1404	2X20W T5-LED	9	540
	TOTAL	1404		TOTAL	540

DISMINUCIÓN EN LA CARGA INSTALADA

62%

LAS LUMINARIAS EMPLEADAS FUERON ADQUIRIDAS POR LA DIVISIÓN

Se mejoraron los niveles de iluminación

Se mejoró el aspecto de la sala

Se recicló el material sustituido en las aulas que así lo requerían de la planta baja

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS

ÁREA: SALA DE CONFERENCIA PLANTA BAJA EDIFICIO "F"

CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
4X39W T-12	3	468	3X28W T-5	2	168
			3X14W T-5	1	42
	TOTAL	468		TOTAL	210

DISMINUCIÓN EN LA CARGA INSTALADA

55%

Se recicló material en las aulas que así lo requerían de la planta baja

Quedan pendientes cubículos por sustituir sus luminarias

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS

ÁREA: AULA MODELO EDIFICIO "G" PB

CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
2X32W T-8	8	512	3X14W T-5	8	336
	TOTAL	512		TOTAL	336

DISMINUCIÓN EN LA CARGA INSTALADA

34%

Se mejoraron los niveles de iluminación

Se mejoró el aspecto del aula

Se recicló el material sustituido en las aulas que así lo requerían de la planta baja

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS

ÁREA: SALA COMUN MAESTROS P.BAJA Y ALTA D. IND

CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
2X28W T-5	3	252	2X28W T-5	3	168
4X39W T-12	9	1404	3X38W T-5	8	672
	TOTAL	1656		TOTAL	840

DISMINUCIÓN EN LA CARGA INSTALADA

49%

Se mejoraron los niveles de iluminación

Se mejoró el aspecto del espacio

Se reciclo el material sustituido en las aulas aue así lo requeían de la planta baja

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS

ÁREA: EDIFICIO "F", BAÑOS DE LA COORDINACIÓN P.ALTA Y BAJA, COORDINACIÓN ACADEMICA

CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
2X39W T-12	4	312	2X28W T-5	4	224
4X39W T-12	4	624	3X28W T-5	4	336
	TOTAL	936		TOTAL	560

DISMINUCIÓN EN LA CARGA INSTALADA

40%

Se mejoraron los niveles de iluminación

Se mejoró el aspecto del espacio

Se reutilizaronn las luminarias en las aulas de la planta baja del edificio F que así lo requerían

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS

ÁREA: CUBICULOS EDIDIFICIO "F" P.BAJA, COCINETA P.ALTA

CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
4X39W T-12	5	780	3X28W T-5	4	336
			2X28W T-5	1	56
	TOTAL	780		TOTAL	392

DISMINUCIÓN EN LA CARGA INSTALADA

50%

Se mejoraron los niveles de iluminación

Se mejoró el aspecto del espacio

Se reutilizaron las luminarias en las aulas de la planta baja del edificio F que así lo requerían

Sustitución de luminarias en las oficinas del Rector y Secretario Académico de la UTEQ

INFORME DE AVANCE EN SUSTITUCIONES DE LUMINARIAS
 ÁREA: OFICINA DEL RECTOR Y ASISTENTE, DEPTO JURÍDICO Y OFICINAS DEL SECRETARIO ACADÉMICO
 CANTIDAD, TIPOS Y CARGA (W) INSTALADOS DE LUMINARIAS INICIAL Y FINAL

TIPO INICIAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)	TIPO FINAL	CANTIDAD	POTENCIA (W)
4X39W T-12	16	2494	2X28W T-5	4	224
2X74W T-12	2	296	3X28W T-5	16	1344
	TOTAL	2792		TOTAL	1568

DISMINUCIÓN EN LA CARGA INSTALADA 44%

Se mejoraron los niveles de iluminación
 Se mejoró el aspecto del espacio
 Se reutilizaron las luminarias en las aulas de la planta baja del edificio F que así lo requerían

Las fotografías que se muestran en las figuras 55-57 evidencian los trabajos realizados en espacios del edificio F donde se realizó la sustitución de luminarias.



Figura 55. Imágenes del estado inicial antes de la sustitución de luminarias en pasillo planta alta y sala de conferencias de la planta baja.



Figura 56. Imágenes del estado final después de la sustitución de luminarias en pasillo planta alta y sala de conferencias de la planta baja.



Figura 57. Lugares donde se realizaron trabajos de sustitución de luminarias.

De acuerdo a los resultados mostrados en cada uno de los lugares donde se realizaron las labores de sustitución de luminarias y la adecuación en las instalaciones eléctricas, se evidencia una disminución en el consumo de la energía eléctrica y un aumento en los niveles de iluminación.

5. RESULTADOS

Se cumplieron los objetivos planteados en el inicio de este proyecto, obteniendo para el periodo 2011 – 2015 los siguientes resultados:

I. Considerando y comparando los concentrados de facturación de los años 2011 y 2015 así como el hecho de que la infraestructura eléctrica (kW) y que la comunidad universitaria se ha visto incrementada significativamente, se concluye los siguientes puntos:

a) Si bien la demanda facturable se ha incrementado un .51%, el aumento marginal evidencia que las acciones emprendidas han logrado mantener prácticamente sin cambio este factor.

b) En el comparativo de ambos años, se observa una reducción del 2.8% en el consumo de energía (kWh), si bien el impacto pareciera mínimo, el efecto de las acciones han logrado absorber las necesidades energéticas de los nuevos usuarios.

II. De acuerdo al inventario inicial de luminarias T-12 se tiene a la fecha una sustitución del 25%, considerando los resultados obtenidos se planea continuar trabajando y lograr con ello ahorros significativos.

6. CONCLUSIONES.

Resulta motivante observar que las acciones realizadas de sustitución de luminarias obsoletas T12 por luminarias más eficientes T5 están dando resultados:

- La facturación eléctrica de CFE muestran que los trabajos aunque limitados (actualmente se tiene un 25% de avance en la sustitución) han dado resultados tendientes al ahorro de energía.
- En la medida que se cuenten con más recursos y se pueda avanzar en la sustitución, los resultados serán aún mejores.
- En la realización de estos trabajos han participado alumnos de la División Industrial y se ha creado en ellos una sinergia, lo cual los motiva a implementar acciones semejantes en su vida profesional.
- Este trabajo contribuye a fortalecer el marco de sustentabilidad, que la institución establece como línea de desarrollo; ambientalmente responsables, económicamente viable y de impacto social.

7. RECOMENDACIONES Y TRABAJO A FUTURO

Evidentemente los resultados obtenidos en este proyecto son alentadores, sin embargo hay que tener presente que día a día surgen nuevas tecnologías en lo que a iluminación se refiere ofreciendo mejores niveles de iluminación y un menor consumo de energía eléctrica. Al momento de realizar este estudio se analizó la posibilidad de ocupar la tecnología LED, sin embargo resultó muy cara en relación de 2 a 1 (gabinete T5 3x28 W vs gabinete led 3x22 W). A medida que pase el tiempo esta tecnología pueda abarataarse y se espera que la UTEQ pueda emigrar a ella, lo que representaría menores consumos, con iguales o mejores niveles de iluminación y una vida mayor en horas.

Como algunas recomendaciones se plantea a las autoridades de la UTEQ continuar trabajando con esta propuesta, para lo que se sugieren las siguientes estrategias:

- I. **Difusión:** Desarrollar una campaña orientada a concientizar sobre la importancia del uso eficiente de la energía eléctrica; carteles, nube informática, trípticos, calcomanías, etc.
- II. **Modificaciones a la Infraestructura:** Identificar espacios de oportunidad que con una simple modificación y una baja inversión, permita ser más eficiente la infraestructura para el manejo de la energía. Seccionar circuitos de alumbrado, mejor aprovechamiento de la luz natural, eliminar luminarias, etc.
- III. **Sustitución de luminarias:** Sustituir y/o adecuar las luminarias que son obsoletas, de baja eficiencia o fuera de norma por otra tecnológicamente más eficiente y de alta disponibilidad comercial.
- IV. **Incorporación de otras tecnologías:** Mermar la dependencia del usuario para el control de la iluminación utilizando sensores y temporizadores así como evaluar el empleo de generación fotovoltaica.
- V.

BIBLIOGRAFÍA

Ahorro de energía en la UNAM. pdf.

- Iluminación, Salud ocupacional, Prevención Art. Generando ambientes laborables sanos. Ing. Cristian Deibele.
- Monitoreo y control de demanda máxima de energía eléctrica en tiempo real para edificios inteligentes. Tesis de Daniel Pineda Correa.
- Electricidad inteligente, ahorro de energía eléctrica con tecnología de punta. Electricidad inteligente Blvd Forjadores Núm. 30-3 Bellavista, La Paz Baja California Sur, México.
- Iluminación Eficiente para Proyectos de Alto Impacto. www.luxycon.com.
- CMT Características de los materiales. Materiales para señalamiento y dispositivos de seguridad.03 Materiales reflejantes.
- La Iluminación C.A.I. Centro de apoyo a la Investigación de la Universidad.
- <http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-025.pdf>.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2010, Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba
- <http://www.conuee.gob.mx/wb/CONAE/comunicado112010>
- Especialistas en iluminación LED. <http://tukitled.es/>

Apéndice I

Norma Oficial

La Legislación Energética NOM 028-2010

El entorno energético nacional e internacional juega un rol importante en la conservación de nuestros recursos naturales y en el cuidado del medio ambiente. La definición de nuevas reglas de juego permitirá una menor dependencia de los recursos naturales no renovables, principalmente combustibles fósiles, asegurando un futuro más sustentable.

México no es ajeno a las tendencias internacionales enfocadas a la conservación del medio ambiente y a salvaguardar los recursos naturales a través de una transformación de sus legislaciones y políticas en pro de la eficiencia energética.

Durante el 2010, la Comisión para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica (CONUEE), lideró un proceso en conjunto con la industria de la iluminación para definir la Norma Oficial Mexicana NOM-028-ENER-2010 la cual regula la eficiencia.

La nueva legislación energética NOM-028-ENER-2010 fue publicada en el diario oficial de la federación el 6 de Diciembre de 2010. Una vez publicada, la industria de la iluminación contará con un periodo no mayor a 60 días para preparar sus portafolios, concluir sus procesos de importación y agotar sus materias primas a través de sus procesos de producción.

Publicación Diario Oficial	Periodo de preparación de la Industria	Periodo para agotar inventarios de las fuentes prohibidas.	Comercialización solo de fuentes luminosas que cumplan con NOM-028-ENER-2010
6 Diciembre 2010	60 días (7 Dic 2010 al 4 Feb 2011)	90 días (5 Feb al 5 Mayo 2011)	A partir del 6 Mayo 2011

¿Cuáles fueron las tecnologías prohibidas y a partir de cuándo?

2011	2012	2013	2014
Todas las lámparas fluorescentes lineales T12 convencionales.	Las lámparas incandescentes de 100W o superiores con una eficacia inferior a los 15.53 lúmenes por watt.	Las lámparas incandescentes de 75W o superiores con una eficacia inferior a los 14.86 lúmenes por watt.	Las lámparas incandescentes de 60W y 40W o superiores con una eficacia inferior a los 13.09 y 14.00 lúmenes por watt respectivamente.
Todas las lámparas de vapor de mercurio con una eficiencia inferior a los 60 lúmenes por watt.			
Todas las lámparas de luz mixta con una eficacia inferior a los 60 lúmenes por watt consumido.			
Todas las lámparas Halógenas de Doble Contacto (Yodo Cuarzo) con una eficacia inferior a los 60 lúmenes por watt consumido.			

Apéndice II

Norma Oficial

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008,

Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. JAVIER LOZANO ALARCON, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3o., fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 46, 47 fracción IV, 51 cuarto párrafo y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 28 y 34 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 4o., del 95 al 98 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; 3, 5 y 19 del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y **CONSIDERANDO** que con fecha 27 de septiembre de 2005, en cumplimiento de lo previsto por el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo, el Anteproyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana y que el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como Proyecto en el Diario Oficial de la Federación que con objeto de cumplir con lo dispuesto en los artículos 69-E y 69-H de la Ley Federal de Procedimiento Administrativo, el Anteproyecto correspondiente fue sometido a la consideración de la Comisión Federal de Mejora Regulatoria, la que dictaminó favorablemente en relación al mismo.

Que con fecha 5 de junio de 2008, en cumplimiento del Acuerdo por el que se establecen la organización y Reglas de Operación del Comité Consultivo Nacional

de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo ,y de lo previsto por el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, para quedar como PROY-NOM-025-STPS-2005.

Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, a efecto de que, dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité.

Que habiendo recibido comentarios de diez prominentes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta dependencia las respuestas respectivas en el Diario Oficial de la Federación el 12 de diciembre de 2008, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Que derivado de la incorporación de los comentarios presentados al Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1999, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, para quedar como PROY-NOM-025-STPS-2005, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo, así como de la revisión final del propio proyecto, se realizaron diversas modificaciones con el propósito de dar claridad, congruencia y certeza jurídica en cuanto a las disposiciones que aplican en los centros de trabajo, y que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad y Salud en el Trabajo otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACION EN LOS CENTROS DE TRABAJO

(Primera Sección)

DIARIO OFICIAL

Martes 30 de diciembre de 2008

7. Niveles de Iluminación para tareas visuales y áreas de trabajo

Los niveles mínimos de Iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo, son los establecidos en la Tabla 1.

Tabla 1
Niveles de Iluminación

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, cuartos de compresores y pallería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, Inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de Inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de Información, manejo de Instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e Inspección de trabajos delicados, manejo de Instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e Inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e Inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1,000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2,000