



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**PROPUESTA DE LUMINARIA EFICIENTE EN EL EDIFICIO
"B" DE LA FACULTAD DE QUÍMICA**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

ÁREA

SISTEMAS ENERGÉTICOS

PRESENTAN

GALICIA SÁNCHEZ IVÁN

MARTÍNEZ BRAVO FABIÁN

DIRECTORA DE TESIS

M.I. ELEUTERIA SILVINA ALONSO SALINAS



Ciudad Universitaria, México, Agosto 2015

El trabajo del crítico es sencillo en más de un sentido. Arriesgamos muy poco, y sin embargo usufructuamos de una posición situada por encima de quienes someten su trabajo y su persona a nuestro juicio. Prosperamos gracias a nuestras críticas negativas, que resultan divertidas cuando se las escribe y cuando se las lee.

Pero la cruda verdad que los críticos debemos enfrentar es que, en términos generales, la producción de basura promedio es más valiosa que lo que nuestros artículos pretenden señalar. Sin embargo, a veces el crítico realmente arriesga algo, y eso sucede en nombre y en defensa de algo nuevo.

Anoche experimenté algo nuevo, una comida extraordinaria hecha por alguien único e inesperado. Decir que ese plato y su cocinero pusieron a prueba mis preconceptos equivaldría a incurrir en una subestimación grosera, cuando lo cierto es que ambos lograron conmover lo más profundo de mi ser.

Antes de este suceso, nunca escondí mi desdén por el lema del Chef Gusteau: "cualquiera puede cocinar". Pero, me doy cuenta, recién ahora comprendo sus palabras. No cualquiera puede convertirse en un gran artista, pero un gran artista sí puede provenir de cualquier lugar.

Mr. Anton Ego

DEDICATORIA

Después de muchos años de trayectoria académica, quiero con todo mi corazón, dedicar y agradecer por este trabajo a mi madre **Josefina Bravo**, porque con su amor, apoyo incondicional, comprensión, sacrificios, he llegado a esta nueva etapa de mi vida, sin ella esto no habría sido posible. No hay palabras suficientes para hacerle saber cuan feliz soy por todo lo que ha hecho por mí, gracias a ella pude conocer a mis compañeros que se volvieron mis amigos, a esos amigos que hoy les llamo hermanos (Zaratustra Ramírez, Iván Galicia, Eduardo Castillo, Juan Neria, Jair Morales, Jesús Arguello, Julio López, Ana Alonso y Xavier Cortes). Gracias madre, porque sin ti no habría podido jamás vivir el sueño UNAM.

AGRADECIMIENTOS

Quiero también expresar mi gratitud a:

Yolanda Bustamante, madre de mis hermanos (Alberto y Octavio), por quien siento un profundo respeto y cariño, por sus palabras alentadoras, por ser un ejemplo de mujer.

Silvina Alonso, nuestra directora de tesis, a quien admiro mucho, por todos los consejos, críticas, apoyo y sobre todo la tolerancia que nos brindó.

Mi estimado compañero de tesis Iván, por las incontables horas de labor, risas, lágrimas, clases y viajes. ¡Gracias Iván, somos un gran equipo!

Héctor Mora, profesor y buen caudillo, gracias Héctor por enseñarnos a usar los aparatos de medición, por enseñarnos a meter las manos en el ámbito laboral, por ser una excelente persona y sobre todo buen amigo.

Mi pareja y mejor amiga Liliana, por alentarme, por estar ahí en los días grises, por orientarme, apoyarme, pero sobre todo por ayudarme a ser mejor persona y enseñarme a entregar el corazón en todo lo que hago, sin pedir nada a cambio, por su amor y cariño, gracias, te amo mucho.

A la UNAM, a la Facultad de ingeniería, a mis profesores por enseñarme y evaluar lo que aprendí de su mano.

Al PAE (Proyectos de Ahorro de Energía) por brindarnos las herramientas necesarias para desarrollar este trabajo.

Fabián Martínez Bravo

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres **Amar Sánchez Domínguez** y **Ángel Galicia Martínez**, ellos han sido mi razón por la cual no me he dado por vencido.

A lo largo de mi formación académica siempre han estado presentes en las buenas y malas, me han dado el apoyo incondicional necesario para salir adelante, me dan su amor, su comprensión pero sobre todo sus consejos, esos consejos que fueron y seguirán siendo de mucha ayuda pues me han ido formando como persona en toda mi vida; ustedes padres son muy importantes para mí, sin ustedes no hubiera llegado hasta estas instancias. Gracias mamá, gracias papá se los agradezco desde el fondo de mi corazón.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada le doy gracias a dios por la salud que me ha dado sin ella no estuviera cumpliendo mis metas, por los padres y hermanos que tengo en especial a mi Hermano Ángel Galicia Sánchez, él ha sido una parte importante en mi formación académica, gracias por su apoyo económico y moral.

A nuestra directora de Tesis Silvana Alonso la cual nos ha apoyado y guiado en nuestro trabajo de tesis, gracias por sus consejos y por permitirnos hacer el servicio con usted.

A mi gran amigo y compañero de tesis Fabián, por su apoyo en esta tesis, por su insistencia en darme ánimos en momentos difíciles y por todo lo bueno y malo que pasamos juntos. Somos un "Dúo Dinámico"

A todos mis amigos (Fabián Martínez, Zaratuza Ramírez, Eduardo Catillo, Juan Manuel Neria y Jair Morales) con sus risas, lagrimas, desesperaciones, preocupaciones, relajo, estudio etc. Fueron parte muy importante en mi trayectoria universitaria.

A mi novia Areli Lizbeth Gómez, que ha sido muy importante a lo largo de este proceso, siempre me dio y sé que me seguirá dando su apoyo incondicional. Gracias por estar en las buenas y malas, gracias por hacerme una mejor persona, gracias por tu apoyo, te mega amo.

A la UNAM que por medio de su Facultad de Ingeniería, me ha formado como profesional y a mis profesores que me brindaron sus conocimientos.

Iván Galicia Sánchez

ÍNDICE GENERAL DE CAPÍTULOS

Capítulo 1 Terminología básica y sistemas de iluminación.....	5
1.1 Terminología básica	5
1.1.1 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (interior)	5
1.1.2 Lámpara	5
1.1.3 Luminarias	5
1.1.4 Flujo luminoso.....	6
1.1.5 Rendimiento de la lámpara (eficacia)	7
1.1.6 Rendimiento de la luminaria	7
1.1.7 Índice de Reproducción Cromática (IRC o RA)	7
1.1.8 Características cromáticas	8
1.1.9 Temperatura de color	8
1.1.10 Vida media	10
1.2 Tipos de alumbrado	10
1.2.1 Alumbrado general.....	10
1.2.2 Alumbrado general localizado.....	11
1.2.3 Alumbrado exterior	12
1.3 Algunos tipos de lámpara	12
1.3.1 Lámparas fluorescentes tubulares (tubos fluorescentes).....	12
1.3.2 Lámparas led (light emitting diode).....	13
1.3.3 Lámparas fluorescentes compactas.....	14
1.3.4 Lámparas de haluro metálico	15
1.3.5 Lámparas de vapor de sodio.....	15
1.3.5 El balastro	16
1.3.5 Etiquetado energético	19
1.3.5 Índices energéticos	19
1.4 Criterios de diseño y calidad	20
1.4.1 Condiciones de ambiente y lugares de uso	21
1.4.2 Oportunidades y consideraciones para un proyecto de eficiencia energética	24
1.4.3 Objetivos del aprovechamiento de la luz natural	24
1.4.4 Ahorro en energía eléctrica en iluminación	25

Capítulo 2 LUMINOTECNIA Y CÁLCULO DE ALUMBRADO EN INSTALACIONES	27
2.1 Consideraciones previas	27
2.2 Oportunidades de eficiencia energética (ahorro de energía eléctrica en iluminación).....	27
2.3 Características de la luz natural	28
2.4 Objetivos del aprovechamiento de la luz natural	29
2.5 Brillantez o luminancia.....	29
2.5.2 Nivel de iluminación requerida en la UNAM (Ciudad Universitaria)	30
2.5.3 iluminación promedio para interiores (cálculo de instalaciones de alumbrado).....	31
2.5.4 Método de lumen	31
2.5.3. Calidad de la luz.....	32
2.5.4. Factor de utilización	34
2.5.5 Factor de mantenimiento	34
2.5.6. Rendimiento energético	35
Capítulo 3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE LUMINARIAS Y LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO	36
3.1 El Levantamiento Eléctrico En El Edificio En Cuestión.....	36
3.2 trazador	37
3.3 Descripción del sistema de luminarias.....	38
3.4 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (interior) del edificio en cuestión.	40
Capítulo 4 Propuesta de iluminación eficiente.....	53
4.1 análisis para la sustitución de alumbrado obsoleto por eficiente y ahorrador para el consumidor.....	53
4.1.2 Cálculo de niveles de <i>Iluminación Media (Em)</i> con método de lumen en caso base.....	54
4.1.3 Iluminación media en caso base	62
4.1.4 Niveles de iluminación con tecnología propuesta t5	64
4.2 Análisis DPEA con tecnología propuesta.....	66
4.2.1 Propuesta de sustitución de tecnología en iluminación obsoleta por lámparas ahorradoras de energía.....	72
4.2.2 Sustitutos de Tecnología T12.....	73
4.2.2 Análisis de consumo KVA con el sistema propuesto respecto al caso base.....	75
4.3 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO EN CONSUMO DE ENERGÍA	78
4.3.1 Análisis de costo de la energía con ambos sistemas de iluminación para el año 2014 consumo de la energía en caso base análisis enero 2014 con T12	79

4.3.1 Consumo de la energía en caso base análisis noviembre 2014 con t12	81
4.3.2 Consumo de la energía en caso propuesto análisis noviembre 2014 con T-5	82
4.3.3 Resumen y boceto de sustitución de sistema de iluminación.....	83
4.4 Costo del sistema de iluminación a Instalar	83
4.5 periodo simple de RECUPERACIÓN (PSR)	84
BLIBLIOGRAFIA.....	89
ANEXO A "TABLAS DE DESCRIPCIÓN DETALLA DE LA DPEA EN ILUMINACIÓN PROPUESTA"	91
ANEXO B "DESCRIPCIÓN MENSUAL DEL AÑO ₂₀₁₄ EN CONSUMO ENERGÉTICO Y EL COSTO POR CONSUMO CON LA TECNOLOGÍA PROPUESTA"	102
ANEXO C "PLANOS ELECTRICOS"	124

PREFACIO

En la actualidad la creciente demanda de energía, hace que cada vez se dependa más de los combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), mismos que han ido incrementando paulatinamente en su precio, hemos tenido que afrontar el reto de disminuir la participación de la energía en los costos de facturación.

Para lograrlo es necesario implementar programas redituables cuya estrategia central sea el ahorro y el uso eficiente de la energía, para mejorar la competitividad y destinar recursos económicos a otras actividades productivas.

Para determinar el ahorro energético es necesario conocer dónde y cómo se está utilizando. En todos los casos, el establecimiento de este punto de partida requiere de una inspección y de un análisis energético detallado de los consumos y pérdidas de energía que es el llamado "Diagnóstico Energético".

Debido a esto, hemos enfocado nuestro trabajo en proporcionar las bases de consumo responsable y eficiente en iluminación del Edificio B de la Facultad de Química.

En el Capítulo 1 hablaremos brevemente de la historia del Edificio B de la Facultad de Química, sus objetivos, actividades y de cómo está constituido, así como de los sistemas de iluminación, para saber el por qué de un cambio en el sistema de luminarias.

En el Capítulo 2 analizaremos las características de la luz natural y el aprovechamiento de la misma; de igual forma, las consideraciones previas que debemos contemplar para la elección de un sistema de iluminación adecuado a nuestras necesidades, para aprovechar en la medida de lo posible la eficiencia energética reduciendo el consumo eléctrico así como el costo de facturación del mismo.

En el Capítulo 3 mostraremos detalladamente los resultados de nuestro levantamiento eléctrico y describiremos gráficamente el sistema de luminarias.

En el Capítulo 4 con base en los resultados obtenidos analizaremos el costo de facturación del sistema actual basado en las tarifas de CFE (Comisión Federal de Electricidad). Con los datos recabados propondremos un proyecto de eficiencia energética en iluminación en función de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).

ANTECEDENTES

Aunque Ciudad Universitaria se inauguró en 1952, debieron pasar cinco años para que la Escuela Nacional de Ciencias Químicas se trasladara paulatinamente a las nuevas instalaciones. No obstante para 1959, el nuevo edificio resultó insuficiente para albergar a la comunidad, por lo que se solicitó una construcción adicional. El "edificio de primer año" se inauguró en 1962. Ese mismo año autoridades universitarias, alumnos, profesores y egresados, acompañados por los vecinos del pueblo de Tacuba se despidieron de la antigua escuela.

En 1972, la UNAM le otorgó a la Facultad de Química el Edificio B, destinado originalmente a la Facultad de Veterinaria. El Conjunto D se construyó en 1981 y para 1992 se edificó el Conjunto E. en la actualidad la facultad remodela la segunda etapa de las instalaciones que desocupó el Instituto de Investigaciones Biomédicas convertida en el Edificio F¹.

Figura 0-1 Traslado a las nuevas instalaciones



Fuente: http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php

El Edificio B de la Facultad de Química tiene como objetivos fundamentales:

- ∅ Realizar investigación en química y ciencias de posgrado tales como:
Ciencias Químicas, Ciencias Bioquímicas, Ingeniería Química, Administración (Industrial), Ciencia e Ingeniería de Materiales, Ciencias del Mar, Limnología y la especialización en Bioquímica Clínica.
- ∅ Formar y capacitar personal académico.
- ∅ Asesorar a otras dependencias de la UNAM, sectores gubernamentales y privados del país en aplicaciones de técnicas de química.
- ∅ Difundir los resultados de las investigaciones y avances científicos en química.

Las actividades del Edificio B de la Facultad de Química abarcan un amplio espectro de las ciencias que incluyen estudios teóricos y experimentales en el contexto de las investigaciones y programas internacionales de química y estudios básicos y aplicados de carácter regional y local.

El edificio está constituido por la Unidad de Servicios Analíticos para la Investigación, USAI (Anexo), el Departamento de Control Analítico (sótano). El Taller de Soplado de Vidrio (planta baja) siendo estos los más importantes, ya que el resto del edificio está constituido por laboratorios y aulas para las prácticas docentes.

¹ Fuente http://www.quimica.unam.mx/cont_espe2.php

Laboratorios, aulas, departamentos y en general todo el Edificio requiere modificaciones y actualizaciones constantes debido a las necesidades que van surgiendo debido al avance tecnológico, es por ello que es muy importante el adecuado suministro de iluminación del cual provee cada uno de los lugares del edificio para poder hacer frente a los análisis y experimentos que se llevan a cabo.

Objetivos principales:

- ∅ Proporcionar una solución en el consumo y uso eficiente de la energía eléctrica en la iluminación de la Facultad de Química Edificio B.
- ∅ Fomentar el uso eficiente de la energía eléctrica en Ciudad Universitaria, a través del PAE (Proyectos de Ahorro de Energía) de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.
- ∅ Sentar las bases para reducir el costo de facturación

1.1 Terminología básica

1.1.1 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (interior)

El aumento acelerado de la población en nuestro país, va a acompañado de una serie de servicios y esto hace que incremente día con día la demanda de energía eléctrica . Buscando un desarrollo económico sustentado en la conservación del medio ambiente y en la optimización de nuestros recursos energéticos, cobra importancia tanto en la sociedad como en las autoridades gubernamentales, la búsqueda de alternativas de solución a los problemas que se originan y que afectan directamente a la sociedad, al encontrar una estrecha relación entre el ahorro de energía y el futuro de las nuevas generaciones.

Es por ello que en este capítulo se mencionan las aplicaciones de la NOM -007 ENER-2014 que regula la eficiencia energética para sistemas de alumbrado para edificios no residenciales.

$$DPEA = \frac{WATTS}{AREA} = \frac{W}{m^2} \quad ^2$$

1.1.2 Lámpara

Llamamos así a los equipos emisores de luz , ejemplos de lámparas son los llamados focos, ampolletas y los tubos fluorescentes.

Figura 1-1 Tipos de lámparas



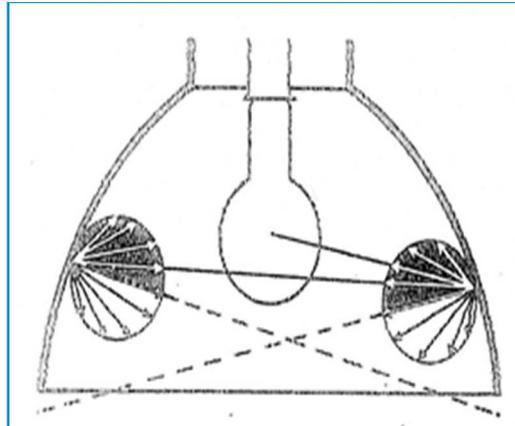
Fuente: Elaboración propia

1.1.3 Luminarias

Son las estructuras que sostienen y conectan las lámparas a la red eléctrica. También son las encargadas de controlar y dirigir la luz emitida por las lámparas. Como esto no basta para que desempeñen eficientemente su función, es necesario que cumplan una serie de características ópticas, mecánicas y eléctricas, entre otras.

² Obtenida de la NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

Figura 1-2 Características de una luminaria



Fuente: Imagen obtenida del libro "Instalaciones Técnicas en Edificios" volumen 2

A nivel de óptica, la luminaria es responsable del control y la distribución de la luz emitida por la lámpara. Es importante que en el diseño de su sistema óptico se cuide la forma y la distribución de la luz, el rendimiento del conjunto lámpara – luminaria y el deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios. Otros requisitos que deben cumplir las luminarias son que sean de fácil instalación y mantenimiento. Para ello, los materiales empleados en su construcción deben ser adecuados para resistir al ambiente en el que deba trabajar la luminaria y mantener la temperatura de la lámpara dentro de los límites de funcionamiento. Todo esto sin perder de vista aspectos no menos importantes como la economía o la estética.

1.1.4 Flujo luminoso

Es la parte de la potencia radiante total emitida por la fuente de luz bajo determinadas condiciones y cuya unidad de medida es el lumen (lm).

Figura 1-3 Flujo luminoso



Fuente: Elaboración propia

1.1.5 Rendimiento de la lámpara (eficacia)

Este representa la cantidad de luz que es capaz de entregar la lámpara por unidad de potencia. Su unidad de medida es el:

$$\frac{\text{Lumen}}{\text{Watt}} = \frac{\text{lm}}{\text{W}}; \text{ este dato es informado por el fabricante.}$$

Un error frecuente es pensar que las lámparas con mayor consumo de potencia son capaces de emitir una mayor cantidad de luz. Un ejemplo que contradice esto son las lámparas fluorescentes compactas, que con una potencia cuatro veces menor que las incandescentes son capaces de entregar similar cantidad de luz.

1.1.6 Rendimiento de la luminaria

Básicamente nos indica que parte de la luz emitida por la lámpara es dirigido por la luminaria hacia el plano de trabajo. El rendimiento de la luminaria, por lo general se expresa en porcentaje. De igual forma este dato es proporcionado por el fabricante.

$$r = \frac{\phi \text{ luminaria}}{\phi \text{ lámpara}}$$

Se define como rendimiento de la luminaria al cociente del flujo emitido por la luminaria y el flujo de la lámpara.

1.1.7 Índice de Reproducción Cromática (IRC o RA)

Es la capacidad de una lámpara de reproducir fielmente los colores de varios objetos en comparación con una fuente de luz natural o ideal.

Tabla 1-1 Clasificación del IRC

Clasificación aproximada	
Excelente	IRC de 85% a 100%
Bueno	IRC de 70% a 84%
Razonable	IRC de 40% a 69%
Malo	IRC inferior al 40%

Fuente: http://disiled.blogspot.mx/2014_04_01_archive.html

Tabla 1-2 IRC según el tipo de lámpara

Índice de reproducción según el tipo de lámpara	
Tipo de Lámpara	IRC o RA
Lámpara Incandescente	100
Lámpara Fluorescente Compacta	15-85
Lámpara de Haluro Metálico	65-93
Sodio a Alta Presión	20-70

Fuente: http://disiled.blogspot.mx/2014_04_01_archive.html

1.1.8 Características cromáticas

Los colores que vemos con nuestros ojos dependen en gran medida de las características cromáticas de las fuentes de luz y debemos contemplar dos aspectos importantes. El primero trata sobre el color que presenta la fuente. Y el segundo describe cómo son reproducidos los colores de los objetos iluminados por ésta. Para evaluarlos se utilizan dos parámetros: la temperatura de color y rendimiento de color que mediremos con el IRC.

1.1.9 Temperatura de color

Es el color que otorga la luz emitida por una determinada lámpara, en comparación con una llama que posee diversas temperaturas, de ahí su nombre. La unidad de medida de esta propiedad son los grados Kelvin.

Figura 1-4 Temperaturas de color en la escala Kelvin



Fuente: Imagen obtenida del "Manual de luminotecnia 2003" de Carlos Laszlo Lighting-Design

La siguiente tabla muestra el ambiente producido por el color de la luz y la temperatura de color.

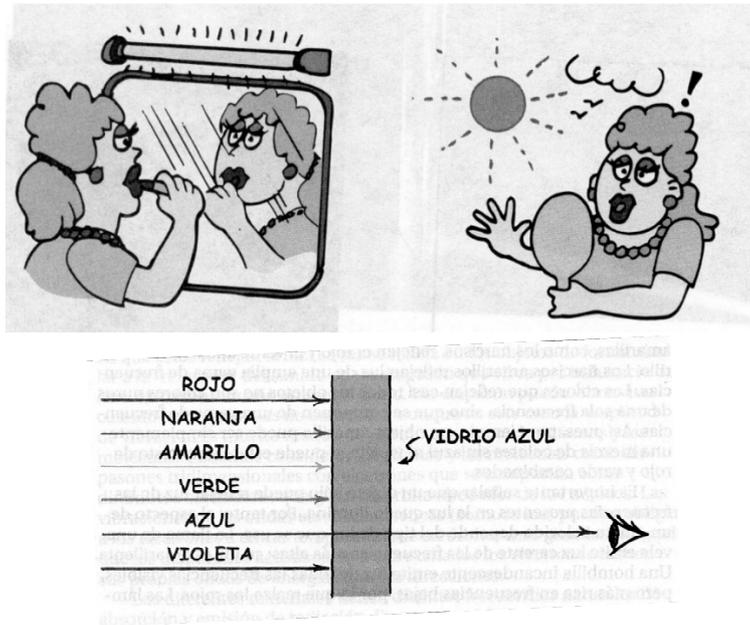
Tabla 1-3 Temperatura del color

Color de la luz	Temperatura de color	Ambiente producido
Blanco rojizo	<3.300 °k	Cálido
Blanco	3.300 a 5.00 °k	Neutro
Blanco azulado	>5.000 °k	Frío

Fuente: http://www.comprar.bombillasbajoconsumo.com/lámpara_sustitucion.html

El rendimiento en color: hace referencia a cómo se ven los colores de los objetos iluminados. Nuestra experiencia nos indica que los objetos iluminados por un fluorescente no se ve del mismo tono que aquellos iluminados por lámparas incandescentes. En el primer caso destacan más los tonos azules mientras que en el segundo lo hacen los rojos. Esto se debe a que la luz emitida por cada una de éstas lámparas tiene un alto porcentaje de radiaciones monocromáticas de color azul o rojo.

Figura 1-5 El color depende de la fuente de luz



Fuente: Imagen obtenida del libro "Física conceptual" de Paul G. Hewitt, 3a edición, capítulo 28 "El color"

Para establecer el rendimiento en color se utiliza el Índice de Rendimiento de Color (IRC o Ra) que compara la reproducción de una muestra de colores normalizada iluminada con nuestra fuente con la reproducción de la misma muestra iluminada con una fuente patrón de referencia.

Tabla 1-4 Temperaturas de color recomendadas

Tono de luz. temperatura de color	Tipo de actividad o de iluminación
Tonos cálidos. <3000K	Entornos decorados con tonos claros. Áreas de descanso. Salas de espera. Oficinas tipo reunión. Oficinas tipo celda. Zonas con usuarios de avanzada edad. Áreas de esparcimiento. Bajos niveles de iluminación.
Tonos neutros. 3300-5000K.	Lugares con importante aportación de luz natural. Tareas visuales de requisitos medios. Oficinas tipo colmena. Oficinas tipo celda.
Tonos fríos. > 5000K.	Entornos decorados. Altos niveles de Iluminación. Para enfatizar la impresión Técnica. Tareas visuales de alta concentración.

Fuente: <http://www.coeliluminacion.com.mx/iluminacion/philips.pdf>

Deslumbramiento: condición visual que produce molestia, interfiere en la eficiencia visual, debido a la gran luminosidad de una porción del campo de visión (lámparas, luminarias, ventanas u otras superficies que son mucho más luminosas que el resto del campo visual).

Nota: debemos conocer qué tipo de localidad tenemos y su necesidad, debido a que estos datos repercutirán notablemente en la elección. Es necesario recordar cuáles son los elementos básicos que forman parte de un sistema de iluminación:

- a) Fuente de luz o tipo de lámpara
- b) La luminaria para controlar el flujo luminoso
- c) Los sistemas de control y regulación de la luminaria

1.1.10 Vida media

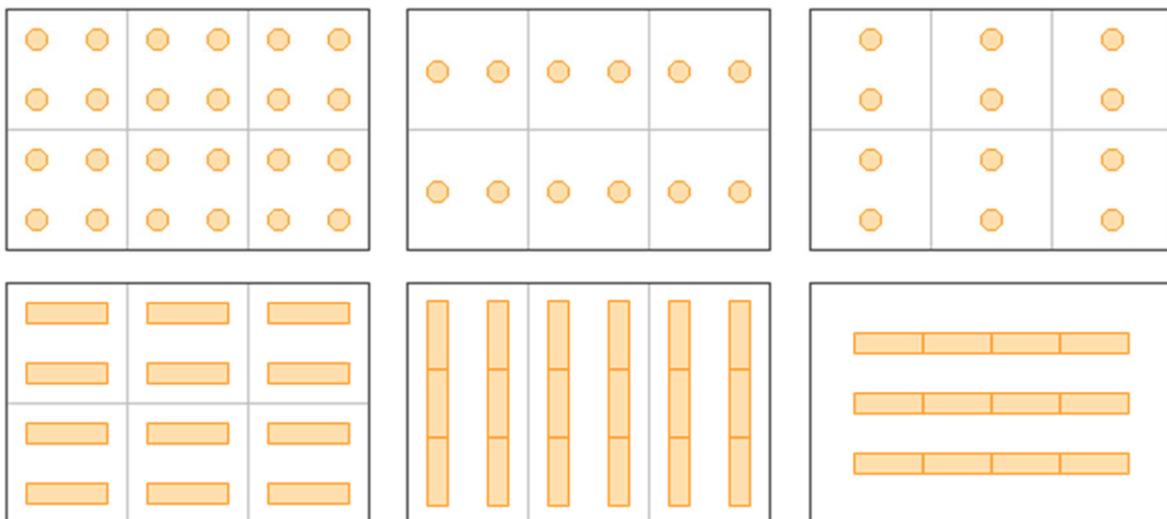
La vida media es el número de horas de funcionamiento para el cual han fallado el 50% de las lámparas en uso. Es el dato que normalmente exhiben los fabricantes, mismos que fueron ensayos en laboratorio bajo condiciones ideales y ello no facilita la información acerca del comportamiento de las lámparas a lo largo de su vida.

1.2 Tipos de alumbrado

1.2.1 Alumbrado general

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

Figura 1-6 Ejemplos de distribución de luminarias en alumbrado general



Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html>

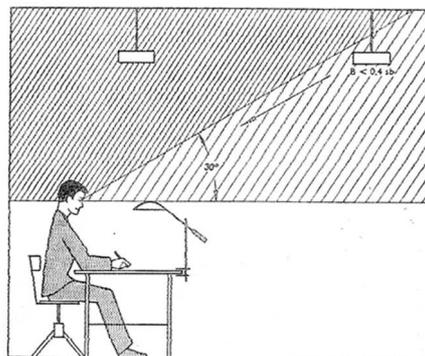
1.2.2 Alumbrado general localizado

Proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con la luz más tenue. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra donde hace falta. Esta situación presenta algunos inconvenientes respecto al alumbrado general. En primer lugar, si la diferencia de iluminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande, se puede producir un deslumbramiento molesto.

El otro inconveniente es ¿Qué pasa si se cambian de sitio con frecuencia los puestos de trabajo? Resulta evidente que si no podemos mover las luminarias tendremos un serio problema. Podemos conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo. Una alternativa es apagar selectivamente las luminarias en una instalación de alumbrado general.

Empleamos el alumbrado localizado cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio.

Figura 1-7 Ejemplo de alumbrado localizado para evitar deslumbramiento



Fuente: Imagen obtenida del libro "Instalaciones Técnicas en Edificios", Konrad Sage

Recurriremos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales.

Figura 1-8 Relación entre el alumbrado general y el localizado



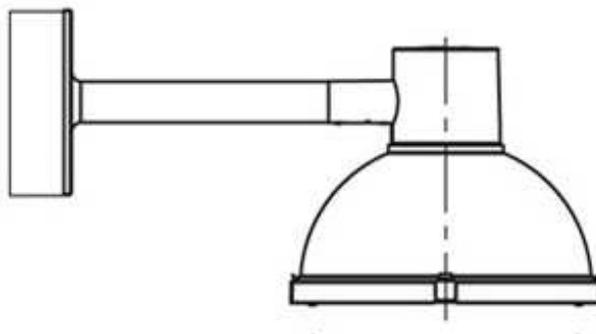
Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html>

1.2.3 Alumbrado exterior

Por lo general es utilizado para iluminar recintos exteriores en donde transitan personas en horas de noche. Ejemplos de este tipo de alumbrado son los utilizados en la vía pública, estacionamientos, entre otros.

El alumbrado exterior es, sin duda una de las aplicaciones más habituales e importantes de la iluminación. La posibilidad de realizar actividades más allá de los límites naturales ha abierto un sin número de aplicaciones en calles y vías públicas que van desde lo recreativo, industrial e incluso artístico.

Figura 1-9 Ejemplo de luminaria para alumbrado exterior



Fuente: Imagen obtenida del libro "Instalaciones eléctricas prácticas", 12ª edición, 2005

1.3 Algunos tipos de lámpara

1.3.1 Lámparas fluorescentes tubulares (tubos fluorescentes)

Dado su bajo consumo de energía, duración y buena reproducción de color se han convertido en las lámparas más utilizadas. Estas son utilizadas principalmente en iluminación interior de edificios comerciales e industriales.

En la actualidad existen tres tipos de tecnologías disponibles de lámparas fluorescentes tubulares, las cuales se muestran a continuación:

- ∅ Tecnología T-12 (menos eficiente en el consumo de energía)

Figura 1-10 Lámpara fluorescente tubular de tecnología T-12



Fuente: Elaboración propia

⌘ Tecnología T-8 (eficiencia en el consumo de energía)

Figura 1-11 Lámpara fluorescente tubular de tecnología T-8



Fuente: <http://www.ecat.lighting.philips.es/>

⌘ Tecnología T-5 (muy eficiente en el consumo de energía)

Figura 1-12 Lámpara fluorescente tubular de tecnología T-5



Fuente: <http://www.ecat.lighting.philips.es/>

La clasificación de las tecnologías para los tubos fluorescentes viene de los diámetros que poseen. Por ejemplo, T-10 significa que su diámetro corresponde a 10/8 de pulgada, t-5 quiere decir que su diámetro corresponde a 5/8 de pulgada.

1.3.2 Lámparas led (light emitting diode)

En un comienzo esta tecnología era utilizada para tableros electrónicos, semáforos, luces de freno de automóviles, entre otros. En la actualidad se utiliza para pantallas de computadoras, de televisión e iluminación artificial.

Estos dispositivos obtienen la luz a partir de diodos semiconductores. Tienen un buen índice de reproducción cromática entre 70 y 85, además están disponibles en temperaturas de color que varían entre los 4.000 y 6.500°k . Dentro de todas las lámparas, son las que tienen un mayor rendimiento.

Figura 1-13 Algunos tipos de lámparas LED



Fuente: Elaboración Propia

Las lámparas de tipo led son una tecnología en desarrollo, por ello es recomendable adquirirlos cuando estos superen la etapa de prueba en nuestro país, además es muy importante obtener este tipo de lámparas de marcas de confianza.

1.3.3 Lámparas fluorescentes compactas

También conocidas como lámparas de ahorro de energía, son las encargadas de reemplazar a las lámparas incandescentes, halógenas y haluros metálicos, en algunas aplicaciones. Estas lámparas utilizan los mismos principios que los tubos fluorescentes, a diferencia de ellos, el área de iluminación se reduce a casa a habitación en donde no abarca grandes áreas a iluminar como es el caso de aulas, laboratorios e industria. Aún así su aplicación va desde el sector residencial hasta el industrial.

Estas lámparas, al igual que los tubos fluorescentes, necesitan un balastro. En las siguientes imágenes se muestran algunos tipos de ellas y se pueden clasificar en lámparas de ahorro de energía con equipo incorporado (balastro + partidor) o con equipo exterior.

Figura 1-14 Algunos tipos de lámparas fluorescentes compactas

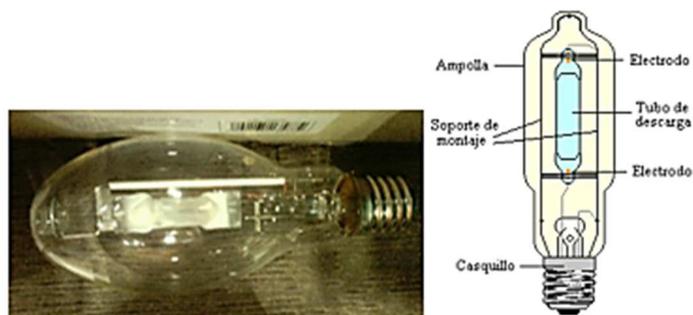


Fuente: Elaboración propia

1.3.4 Lámparas de haluro metálico

Dado su bajo consumo de energía, duración y buena reproducción de color eléctrica se han convertido en una de las lámparas más utilizadas en amplias áreas a iluminar como estadios, calzadas, alumbrado público etc.

Figura 1-15 Lámpara de haluro metálico



Fuente: http://www.electrobilsa.com/ficha-producto.asp?producto_id=355

1.3.5 Lámparas de vapor de sodio

Son las lámparas más eficientes en el uso de energía, sin embargo éstas poseen un bajo índice de reproducción cromática, es por esto que su uso por lo general está limitado al alumbrado exterior.

Figura 1-16 Lámparas de sodio



Fuente: <http://www.eoi.es/wiki/index.php/>

1.3.5 El balastro

Estos mantienen la tensión necesaria para generar un arco eléctrico al interior de las lámparas fluorescentes tubulares, lámparas fluorescentes compactas y lámparas de descarga a la vez que limita la corriente a la que se somete el tubo o lámpara. Existen dos tipos principales de balastos: los electrónicos y los electromagnéticos.

Figura 1-17 Balastos utilizados en caso base



Fuente: Elaboración propia

Tabla 1-5 Comparación de pérdidas en los balastos

Tipo de balastro	Electromagnético	Electrónico
Peso (grs)	1000-1500	200-300
Vida útil (hrs.)	14.000-15000	40.000-50000
Frecuencia de alimentación (Hz)	50	50
Frecuencia de salida (Hz)	50	30000
Distorsión armónica (THD)	>25%	>15%
Factor de potencia	>0,5	<0,96

Fuente: Estudio de Tecnologías en Sistemas de Iluminación, Por Luis Hinojosa Castillo. Fundación Chile, Febrero 2010

Al determinar la potencia que consumen las luminarias, se incurre en el error de considerar sólo el consumo de las lámparas fluorescentes tubulares y no la potencia que consume el balastro. La siguiente tabla muestra los rangos de potencia disipados por los balastros magnéticos y electrónicos de acuerdo al tipo de lámpara.

Tabla 1-6 Rango de pérdidas por tipo de balastro

<i>Tipo de lámpara</i>	Magnético estándar	Magnético bajas pérdidas	Electrónico
<i>Fluorescencia</i>	20-25%	14-16%	8-11%
<i>Descarga</i>	14-20%	8-12%	6-8%
<i>Halógenas baja tensión</i>	15-20%	10-12%	5-7%

Fuente: Estudio de Tecnologías en Sistemas de Iluminación, Por Luis Hinojosa Castillo. Fundación Chile, Febrero 2010

A continuación mostramos una comparación técnico-económica entre una luminaria que utiliza balastro magnético con la misma luminaria, pero utilizando balastro electrónico.

Figura 1-18 Comparación técnico-económica de un balastro electrónico



Fuente: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/guia-tecnica-de-iluminacion.html>

Existe una diferencia en la inversión inicial entre un balastro magnético y el electrónico, para este caso se analizará el por qué es más eficiente el balastro electrónico, ya que los resultados reflejados indican que el período de recuperación de la inversión se recupera en un período de dos años. Este periodo disminuye considerablemente si el uso de la luminaria aumenta. Los ahorros se incrementan en el tiempo debido a que la vida útil de un balastro electrónico es cinco veces mayor que un balastro magnético.

La siguiente tabla muestra un ejemplo de ahorro de energía en un consumo anual con dos tipos de balastos: Magnético y Electrónico.

Figura 1-19 Comparación de pérdidas en los balastos

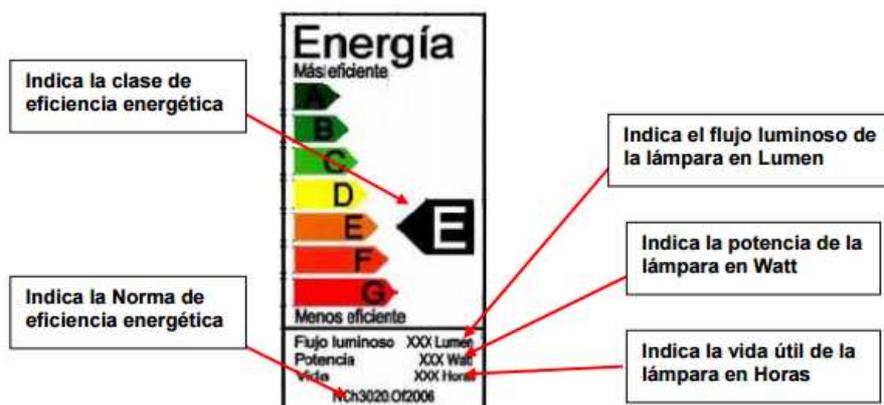
Tipo de balastro	Magnético	Electrónico
Tipo de lámpara	Tubo fluorescente	Tubo fluorescente
Potencia de la lámpara	36 w	36 w
Cantidad de lámparas	2	2
Pérdidas de balastro	18 w	7,2 w
Potencia de la luminaria	90	79,2
Horas de uso	2.500 hrs.	2.500 hrs.
Consumo de energía anual	225 kWh	198 kWh
Precio de la energía	100 \$/kWh	100 \$/kWh
Costo anual de energía asociado	\$22.500	\$19.800
Costo del balastro	\$2.000	\$5.000
Ahorro de costos de energía	\$0	\$2.700

Fuente: Elaboración Propia

1.3.5 Etiquetado energético

En la actualidad todas las lámparas comercializadas en nuestro país deben de contar con una etiqueta de eficiencia energética, cuyo objetivo es otorgar una herramienta de decisión, basada en la eficiencia en el uso de energía.

Figura 1-20 Etiquetado de eficiencia



Fuente: Estudio de Tecnologías en Sistemas de Iluminación, Por Luis Hinojosa Castillo. Fundación Chile, Febrero 2010

En base a esto, mostramos las características para la elección de una lámpara:

- ∅ Temperatura de color
- ∅ Rendimiento o eficiencia
- ∅ Vida útil
- ∅ Aplicación
- ∅ Potencia
- ∅ Cantidad de luz emitida
- ∅ Índice de Reproducción Cromática
- ∅ Etiquetado energético

1.3.5 Índices energéticos

El Índice de Eficiencia Energética (IEE) es un factor que permite comparar el consumo de energía entre un proyecto y otro. Básicamente es un valor que ayuda a mantener un proyecto de iluminación dentro de cierto rango de eficiencia, o un valor que permite establecer qué tan eficiente es un sistema de iluminación ya instalado. La medida del IEE es (W/m² – 100Lux).

Al evaluar el proyecto de iluminación se verifica el IEE para el conjunto del proyecto mediante el cociente entre la potencia eléctrica total proyectada y la superficie considerada.

El IEE depende de:

- ∅ Las dimensiones del recinto a iluminar
- ∅ Disposición de las luminarias
- ∅ Niveles de iluminancia
- ∅ Rendimiento de las lámparas
- ∅ Rendimiento de las luminarias

Por ello el IEE medio recomendado es más que un valor único, debe ser un intervalo entre un IEE óptimo y un IEE máximo, siendo el primero de éstos el que otorga el menor consumo de energía y el segundo el consumo de energía máximo.

$$IEE \text{ óptimo} < IEE \text{ obtenido} < IEE \text{ máximo}$$

1.4 Criterios de diseño y calidad

Existen diversos criterios de diseño que son aplicados en los sistemas de iluminación, los cuales abarcan desde el aspecto técnico, pasando por criterios estéticos, hasta lo referido a temas de comodidad o confort. Tanto es así que existen diversas normativas orientadas a establecer estándares mínimos de iluminación en lugares determinados, por ejemplo: oficinas, laboratorios, pasillos, entre otros.

Tabla 1-7 Criterios de diseño utilizados en los sistemas de iluminación

1. Oficinas tipo Colmena	2. Oficinas celulares
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actividades visuales altas: <ul style="list-style-type: none"> • Salas de delineación • Editoriales ➤ Actividades visuales medias: <ul style="list-style-type: none"> • Administración • Gerencia • Contabilidad • En general tareas de escritura y lectura 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actividad visual alta ➤ Actividad visual media
3. Oficinas tipo club	4. Lobby
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actividad visual alta ➤ Actividad visual media ➤ Actividad visual baja 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actividad visual media: <ul style="list-style-type: none"> • Biblioteca ➤ Actividad visual baja: <ul style="list-style-type: none"> • Pasillos • Hall • Ascensores • Cafeterías • Comedores • Aparcamiento

Fuente: http://www.edutecne.utn.edu.ar/criterios_iluminacion.pdf

1.4 .1 CONDICIONES DE AMBIENTE Y LUGARES DE USO

Condiciones de ambiente

Las condiciones que impone el ambiente para el funcionamiento de los sistemas de iluminación son: humedad, temperatura, entre otros.

La higiene requerida en el lugar, por ejemplo en lugares en los cuales se manipulen alimentos: cocinas, packing, entre otros, donde las luminarias deben ser herméticas para que en el caso de fallas eléctricas o mecánicas en donde se liberen residuos, estos no caigan sobre los alimentos.

Lugares de uso

La elección de un determinado tipo de luminaria utilizada en un proyecto de iluminación, dependerá de su ubicación, ya sea en un ambiente interior (packing, oficinas, pasillos, casinos, cocinas, laboratorios quirófanos, etc) o ambiente exterior (alumbrado público, estacionamientos, estadios, foros).

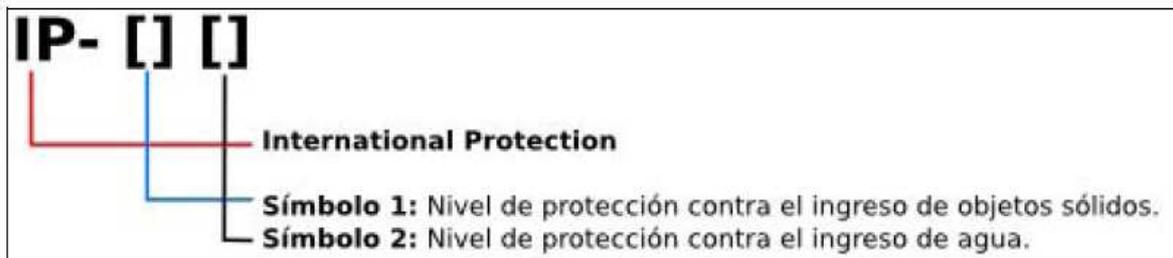
Tabla 1-8 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo

TAREA VISUAL DEL PUESTO DE TRABAJO	AREA 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 pailera.	

Fuente: Norma Oficial mexicana NOM-025-STPS-2008, condiciones de iluminación en centros de trabajo.

Para verificar que la luminaria se puede utilizar en un ambiente y/o lugar existe una clasificación denominada "Índice de protección" (IP). Este representa un código numérico que indica el grado de protección que tienen los aparatos eléctricos-electrónicos contra el ingreso de objetos sólidos o líquidos.

Figura 1-21 Índice de protección, IP



Fuente: Estudio de Tecnologías en Sistemas de Iluminación, Por Luis Hinojosa Castillo. Fundación Chile, Febrero 2010

Primer dígito

Tabla 1-9 Primer dígito del IP

Nivel	Tamaño del objeto entrante	Efectivo contra
0	—	Sin protección
1	<50 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 50 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
2	<12.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 12,5 mm de diámetro) no debe llegar a entrar por completo.
3	<2.5 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 2,5 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
4	<1 mm	El elemento que debe utilizarse para la prueba (esfera de 1 mm de diámetro) no debe entrar en lo más mínimo.
5	Protección contra polvo	La entrada de polvo no puede evitarse, pero el mismo no debe entrar en una cantidad tal que interfiera con el correcto funcionamiento del equipamiento.
6	Protección fuerte contra polvo	El polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia

Fuente: <http://iluminet.com/el-indice-de-proteccion-ip/>

Segundo dígito

Tabla 1-10 Segundo dígito del IP

Nivel	Protección frente a	Método de prueba	Resultados
0	Sin protección.	Ninguno	El agua entrará en el equipamiento en poco tiempo.
1	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando se la deja caer, desde 200 mm de altura respecto del equipo, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto)
2	Goteo de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua cuando de la deja caer, durante 10 minutos (a razón de 3-5 mm ³ por minuto). Dicha prueba se realizará cuatro veces a razón de una por cada giro de 15° tanto en sentido vertical como horizontal, partiendo cada vez de la posición normal de trabajo.
3	Agua nebulizada. (spray)	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua nebulizada en un ángulo de hasta 60° a derecha e izquierda de la vertical a un promedio de 11 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
4	Chorros de agua	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada desde cualquier ángulo a un promedio de 10 litros por minuto y a una presión de 80-100 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 5 minutos.
5	Chorros de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30 kN/m ² durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.

6	Chorros muy potentes de agua.	Se coloca el equipamiento en su lugar de trabajo habitual.	No debe entrar el agua arrojada a chorros (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 12,5 mm de diámetro, a un promedio de 100 litros por minuto y a una presión de 100 kN/m ² durante no menos de 3 minutos y a una distancia que no sea menor de 3 metros.
7	Inmersión completa en agua.	El objeto debe soportar sin filtración alguna la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos.	No debe entrar agua.
8	Inmersión completa y continua en agua.	El equipamiento eléctrico / electrónico debe soportar (sin filtración alguna) la inmersión completa y continua a la profundidad y durante el tiempo que especifique el fabricante del producto con el acuerdo del cliente, pero siempre que resulten condiciones más severas que las especificadas para el valor 7.	No debe entrar agua

Fuente: <http://iluminet.com/el-indice-de-proteccion-ip/>

1.4.2 Oportunidades y consideraciones para un proyecto de eficiencia energética

La energía desempeña un papel esencial en el desarrollo económico y financiero. Su uso eficiente y racional representa una oportunidad para ahorro de recursos económicos, fortalecer procesos productivos y ejercer un impacto positivo o retardar un efecto negativo en el medio ambiente.

Existe una amplia gama de posibles acciones para mejorar la eficiencia energética. Algunos ejemplos son:

- ⌘ Migrar a una iluminación más eficiente
- ⌘ Incorporar aparatos más eficientes y en su caso el sello FIDE
- ⌘ Instalar transformadores eficientes y de baja pérdida
- ⌘ Integrar sistemas solares fotovoltaicos
- ⌘ Apagar luces y equipos cuando no son requeridos

1.4.3 Objetivos del aprovechamiento de la luz natural

- ⌘ Proporcionar el nivel de iluminación necesario para el desarrollo de la tarea
- ⌘ Minimizar deslumbramientos y reflejos
- ⌘ Evitar contrastes en el entorno de la tarea visual
- ⌘ Difundir la luz mediante múltiples reflexiones en los cerramientos interiores

⌘ Uso del potencial estético de la luz directa

Hoy en día es indispensable pensar en reducir la polución natural, tomar en cuenta el cambio climático y las emisiones de CO₂, siendo este el primer punto a considerar.

- ⌘ Necesidad de ahorro energético mediante la ahondación de iluminación natural
- ⌘ Relización del 80% de su trabajo en horas de luz natural de las actividades del hombre promedio
- ⌘ Características de la luz natural, ya que es dinámica y que está continuamente cambiando a lo largo del día y de los meses del año.

Es posible aprovechar entre un 60-90% del total de las horas de luz natural, lo que nos brinda un gran potencial de ahorro en energía eléctrica en edificios de uso diurno (escuelas, oficinas, industrias).

1.4.4 Ahorro en energía eléctrica en iluminación

Cualquier instalación de alumbrado eléctrico debe suministrar una iluminación adecuada con la finalidad de que los usuarios tengan confort visual para realizar sus actividades de forma eficaz, ya que al no proporcionar una iluminación indicada repercutirá en el desempeño óptimo en las tareas de los usuarios. Esto no implica que una adecuada iluminación represente un ahorro en el consumo de energía, por ello presentamos una tabla con los niveles de iluminación mínimo, partiendo de esto podemos elegir una lámpara con características ideales (fotométricas, cromáticas, consumo energético, mano de obra en instalación y mantenimiento).

Tabla 1-11 Características de las lámparas más comunes

LÁMPARA	EFICACIA (lm/W)	VIDA ÚTIL (horas)	IRC	TEMP. DE COLOR (k)	APLICACIÓN
Incandescente	10-17	1,000	98-100	2,700-2,800	Interiores
Halogena	12-22	2,000-4,000	98-100	2,900-3,200	Interiores
Tubo fluorescente	30-110	7,000-24,000	50-90	2,700-6,500	Interiores
Fluorescente compacta	50-70	10,000	65-80	2,700-6,500	Interiores
Mercurio de alta presión	50	9,000-15,000	70	3,700	Interiores
Led	20-80	50,000- 100,000	<70		Interiores

Fuente: Philips Lighting México "Catálogo General de Lámparas 2010 / 2011"

Para llevar a cabo nuestro análisis es necesario saber los niveles de iluminación permitidos en nuestra localidad, siendo este flujo luminoso recibido en el plano de trabajo por unidad de superficie midiéndose en LUX ($\frac{lumen}{m^2}$).

Tabla 1-12 Niveles de iluminación recomendados

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

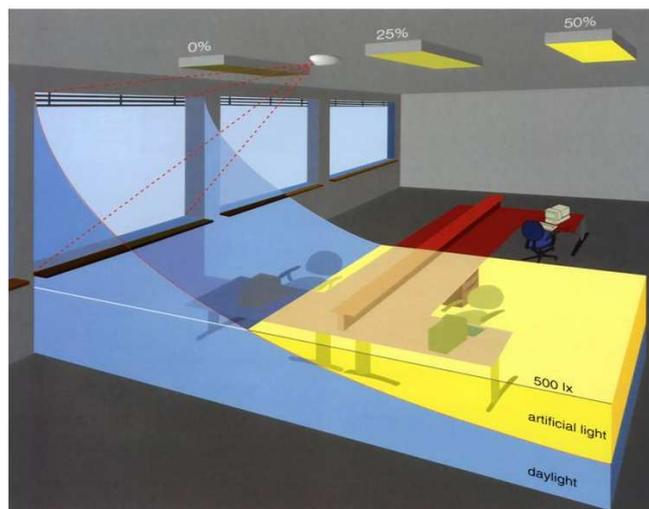
Fuente: Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 "Condiciones de Iluminación en Centros de Trabajo"

2.1 Consideraciones previas

Actualmente, con los problemas de escasez de combustible, contaminación ambiental y necesidades de ahorro energético, se ha visto la necesidad de retomar y ahorrar en la iluminación natural.

El hombre promedio realiza el 80% de su trabajo en horas de luz natural. Un correcto proyecto de iluminación natural exige el diseño y dimensionado de planos para la distribución adecuada de luz natural.

Figura 2-1 Ejemplo de ubicación geográfica para aprovechamiento de luz



Fuente: http://www.idae.es/uploads/documentos/T_aprovechamiento_luz_natural.pdf

Para un proyecto de luminarias eficientes debemos de considerar previamente las actividades que se llevarán a cabo en dicho recinto como son: docentes, experimentación, taller, administrativo (oficinas), cocina, sanitarios, centros de cableado (SITE). Debido a que estas actividades requieren menores o mayores índices lumínicos así como las sensaciones en los aparatos de medición (si es que se trata de laboratorios), maquinaria en el caso de talleres, velocidad de reacción.

2.2 Oportunidades de eficiencia energética (ahorro de energía eléctrica en iluminación)

La energía desempeña un papel esencial en el desarrollo económico y financiero. Su uso eficiente y racional representa una oportunidad para ahorro de sus recursos económicos y fortalecer procesos productivos y ejercer un impacto positivo o retardar un efecto negativo en el medio ambiente.

Para cumplir con este objetivo se ha desarrollado una amplia gama de procesos y posibles acciones para mejorar la eficiencia energética. Algunos ejemplos son:

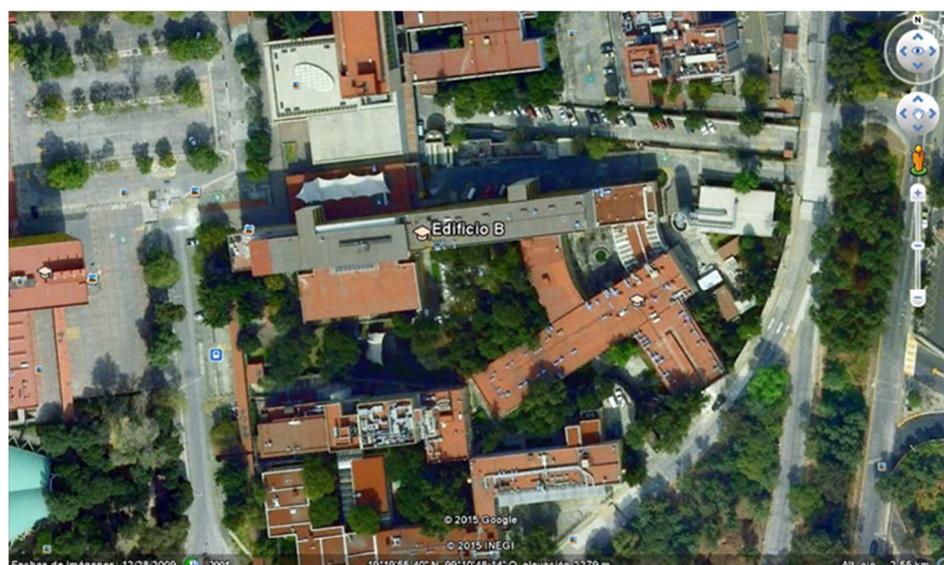
- ⌘ Cambiar a una iluminación más eficiente.
- ⌘ Incorporar aparatos más eficientes (calefacción, aire acondicionado).
- ⌘ Instalar motores y bombas eléctricas de alto rendimiento.
- ⌘ Instalar transformadores eficientes y de baja pérdida.

- ⌘ Optimizar sistemas de calentamiento/refrigeración.
- ⌘ Generar electricidad a través de sistemas solares fotovoltaicos.
- ⌘ Apagar luces y equipos cuando no se utilicen.
- ⌘ Comprar equipos más eficientes en energía (servidores, computadoras e impresoras, entre otros).

2.3 Características de la luz natural

- ⌘ La calidad de la luz solar tiene la particularidad de ser dinámica ya que está continuamente cambiando a lo largo del día y de los meses del año.
- ⌘ La visión humana está desarrollada para la luz natural y para estos cambios.
- ⌘ Una iluminación natural bien diseñada cumple con las necesidades de altos niveles (500 lux) en un local.
- ⌘ Es posible aprovechar entre un 60-90% del total de las horas de la luz natural, lo que nos brinda un gran potencial de ahorro de energía eléctrica en edificaciones de uso diurno. (por ejemplo escuelas, oficinas, industrias).

Figura 2-2 Ubicación y orientación geográfica del Edificio B de la Facultad de Química: entrada principal (SO); ventanas (SO y NO)³



Fuente: Google Earth Plus 2015

³ Las edificaciones con esta orientación, en toda época del año y en cualquiera de las dependencias tienen incidencia directa del sol, si bien las dependencias orientadas al Este, el sol lo tendremos por la mañana y en las dependencias orientadas al Oeste el sol entrará por la tarde

2.4 Objetivos del aprovechamiento de la luz natural

- ⌘ Proporcionar el nivel de iluminación necesario para el desarrollo de las actividades propias del local.
- ⌘ Minimizar deslumbramiento y reflejos.
- ⌘ Evitar contrastes en el entorno de la tarea visual.
- ⌘ Difundir la luz mediante múltiples reflexiones en los cerramientos interiores.
- ⌘ Uso del potencial estético de la luz directa.

Basándonos en la imagen anterior y en la distribución misma de las diferentes áreas de trabajo (docentes, laboratorios, baños, cubículos, etc.) podemos determinar que la iluminación natural es deficiente, debido a la mala planificación en la ubicación geográfica de la construcción del Edificio B, ya que solo recibirá iluminación natural por la mañana, teniendo la necesidad de iluminación artificial por la tarde.

2.5 Brillantez o luminancia

Es la relación entre la intensidad luminosa de un objeto en ciertas direcciones y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

$$L = \frac{I_L}{S'}$$

Donde:

L= luminancia

I_L = intensidad luminosa

S' = superficie aparente

A continuación se ofrecen algunos ejemplos prácticos de niveles de lux comunes:

Verano, a mediodía, cielo despejado	100 000 lux
Alumbrado de calle	5 - 30 lux
Luna en una noche clara	0,25 lux

La iluminancia se mide con el instrumento llamado medidor de iluminancia o luxómetro. Utiliza una fotocélula que debe ser corregida con un filtro especial a fin de adaptar la curva de sensibilidad V del ojo humano.

La siguiente imagen muestra como es un luxómetro y como está compuesto, en este caso es un aparato de fácil adquisición

Figura 2-3 El luxómetro



Fuente: <http://www.steren.com.mx/catalogo/index.php>

2.5.2 Nivel de iluminación requerida en la UNAM (Ciudad Universitaria)

A continuación mostramos una tabla con los niveles de iluminación requerida en Ciudad Universitaria basado en su ubicación geográfica debido a la incidencia de la luz blanca del alba al ocaso, así como las actividades realizadas dentro de sus instalaciones (investigación, docencia, oficina, consulta, experimentación, etc.,) a fin de otorgar una iluminación promedio para interiores basada en la geometría del lugar.

Tabla 2-1 Niveles mínimos de iluminación en diferentes áreas, según tarea visual del área de trabajo

Localidad	Nivel en luxes
Pasos a cubierto	60
Pasillo interior	100
Pasillo exterior	100
Escaleras interiores	100
Baños	150
Salas de espera	200
Subestaciones	200
Plantas de emergencia UPS	200
Salas de juntas	300
Cubículos	300
Salas de computo	300
Aulas	400
Oficinas	400
Continuación...	...
Bibliotecas	500
Laboratorios	500
Sala de dibujo	600

Fuente: Norma Universitaria para Instalaciones Eléctricas. PAEFI-02-09

Existen dos parámetros que pueden perturbar la calidad del sistema de iluminación, los cuales son:

- a) **Coefficiente de utilización**, que hace referencia a la luz que emite la lámpara y la que llega al área de trabajo, esto implica agregar este término a nuestra fórmula de LUX.

$$LUX = \frac{\Phi * CU}{Area} \left[\frac{lm}{m^2} \right]$$

- b) **Factor de pérdida de luz (FPL)**, este involucra parámetros adicionales que son proporcionados por el fabricante como son: DLL (depreciación de lúmenes por lámpara), DPL (depreciación de polvo en el luminario) siendo este adquirido mediante tablas estandarizadas, FB (factor de balastro).

$$FPL = DLL * DPL * FB$$

Arrojando como resultado una nueva ecuación que involucra estos términos:

$$LUX = \frac{\Phi * CU * FPL}{Area} \left[\frac{lm}{m^2} \right]$$

2.5.3 Iluminación promedio para interiores (cálculo de instalaciones de alumbrado⁴)

Debido a la gran cantidad de factores que intervienen en la iluminación es necesario dividir los tipos de alumbrado necesarios según nuestra área de trabajo, logrando obtener tres tipos de alumbrado:

- A) General (oficinas, aulas, baños, bibliotecas, etc.)
- B) General Localizado, este solo se concentra en centros de trabajo y no es uniforme
- C) Localizado, se utiliza en lugares donde las actividades requieran una iluminación superior (unidad odontológica, escritorio, taller automotriz, etc.)

2.5.4 Método de Lumen

Es un método enfocado a determinar las condiciones de iluminancia adecuadas para áreas grandes y uniformes que nos dice los lúmenes necesarios para la Iluminación Media (Em) de un área y se basa en el cálculo de Relación de Cavidad del Local (RCL). Posteriormente calculamos el número de luminarias y tecnología (T12, T8, T5, Led, compactas, etc.) que necesitamos para el área deseada.

⁴ Las fórmulas descritas en estos métodos (método de lumen y cavidad zonal) fueron obtenidas de: Apuntes de cavidad zonal "ingeniero Carlos García y Alex Ramírez, Genertek SA de CV".

Figura 2-4 Uniformidad de iluminación



Fuente: http://www.quimica.unam.mx/cont_espez.php

$$RCL = \frac{5HCL(L + A)}{L * A}$$

Donde:

HCL= altura de la cavidad del local

A = Ancho

L = largo del local

2.5.3. Calidad de la luz

Al diseñar una instalación de alumbrado hay que considerar, no sólo la cantidad de iluminación necesaria, sino también la calidad de la luz. En consecuencia, habrá que tener en cuenta efectos tales como deslumbramiento, el aspecto cromático y el rendimiento del color.

Deslumbramiento: Es un fenómeno que puede presentarse de forma directa o por reflejo, suele ocasionar molestias impidiendo un desempeño adecuado de las actividades. Este fenómeno puede eliminarse mediante la ubicación y orientación correcta de las lámparas y la instalación de luminarias adecuadas.

Aspecto cromático: Es la apariencia del color que proporcionan las lámparas, la cual se valora mediante su "temperatura de color correlacionadas" (TCC). Cuanto menor sea este parámetro, más rosada o cálida es su apariencia y a la inversa, cuanto más blanco o frío sea su aspecto, mayor será su TCC.

Tabla 2-2 Temperatura de color: observaciones sobre el aspecto cromático

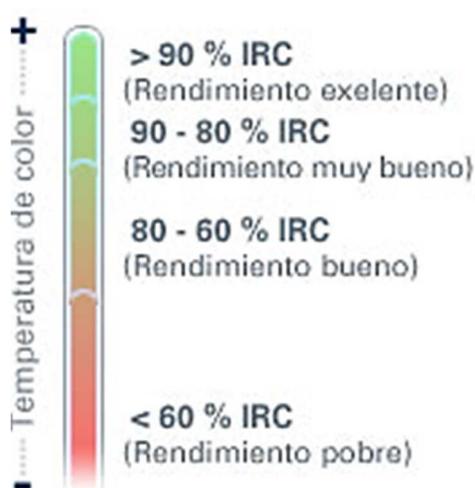
Temperatura de color (°K, grados kelvin)	Aspecto cromático	Observaciones
Menos de 3,300	Cálido (Blanco rojizo)	Lámparas incandescentes o fluorescentes confortables de color reflejante. Ambas se mezclan bien entre sí pero no con luz de día.
De 3,300 a 5,000	Intermedio (blanco)	Este tipo de lámparas se utilizan para instalaciones suplementarias con la luz diurna o donde requiera un ambiente fresco natural.
Más de 5,000	Frío (Blanco Azulado)	Lámparas utilizadas para comparar colores o para conseguir un alumbrado particularmente frío en zonas calientes.

Fuente: <http://www.focos-led.com/2012/08/la-luz-y-su-color.html>

El valor de este parámetro definirá la apariencia de color de las superficies, especialmente las blancas, en interiores, creando un aspecto cálido, intermedio o frío. De ahí partimos para brindar importancia de la selección del aspecto cromático de las lámparas para ciertas aplicaciones, tales como la iluminación de oficinas aulas, comercios, laboratorios, hoteles etc.

Rendimiento de color: el índice de rendimiento de color (IRC) es una escala internacional del 1-100 que sirve para indicar la calidad relativa de rendimiento de color de una fuente comparada contra una fuente de referencia estándar de la misma temperatura de color. Expresa el grado con el que los colores se aprecian “naturales” bajo una fuente de luz. En general cuanto más alto es el IRC mejores son las propiedades de rendimiento de color de la fuente medida. Cabe mencionar que este índice lo proporcionan los fabricantes de las lámparas.

Figura 2-5 Índice de proporción emitido por el fabricante



Fuente: <http://www.gasnaturalfenosa.es/>

En la siguiente tabla se presenta el análisis costo-beneficio de los tres sistemas de iluminación, donde se realizó un aproximado de su costo, debido a que varía dependiendo el fabricante. Se puede observar que la LFC es la mejor de todas, aunque el foco de halógeno también es más económico que el foco incandescente.

Tabla 2-3 Análisis costo-beneficio de los tres sistemas de iluminación

Sistema de Iluminación		Foco incandescente	Foco de Halógeno	Lámpara Fluorescente Compacta
Potencia (watts)		100	70	25
Costo del foco (pesos)		4.00	22.00	60.00
Tiempo de vida (horas)		1,000	2,000	5,000
Tiempo promedio diario de la lámpara (horas)		3.5		
Costo promedio del kWh (pesos)		2.00		
Costo de la energía	Mensual	\$21.42	\$15.86	\$6.51
	Anual	\$257.04	\$190.26	\$78.12
Ahorro en pesos	Mensual	Referencia	\$5.57	\$14.91
	Anual		\$66.78	\$178.92

Fuente: Elaboración propia

2.5.4. Factor de utilización

Es la relación entre el flujo luminoso saliente de una luminaria e incidente sobre un plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por el conjunto de lámparas sin considerar la luminaria. En otras palabras es la medida de la eficiencia de la luminaria, las luminarias con mayor coeficiente de utilización aprovechan en mejor forma el flujo luminoso de las lámparas. El coeficiente de utilización de la luminaria es dependiente tanto de la geometría de la luminaria como de las características físicas del local a iluminar, estas características son: longitudes y colores internos. El coeficiente de utilización toma en cuenta la iluminación que es absorbida y reflejada por las paredes, colores y la textura misma. Estos valores se pueden encontrar en los catálogos de los fabricantes de luminarias.

2.5.5 Factor de mantenimiento

Depende del grado de envejecimiento de las lámparas y del nivel de ensuciamiento de éstas, de las luminarias y de las paredes.

2.5.6. Rendimiento energético

El rendimiento energético global de una instalación de alumbrado puede definirse como el cociente de la energía luminosa necesaria para realización de actividades y el consumo de energía correspondiente.

$$R = \frac{(Ni)(S)}{P}$$

Donde:

R = rendimiento energético global de la instalación, lumen/W.

Ni = nivel de iluminación requerido en el plano de trabajo, lux $\left(\frac{\text{lumen}}{\text{m}^2}\right)$

S = superficie del local en m^2 .

P = potencia total de las lámparas instaladas en el local, W

La expresión anterior puede expresarse también como el producto de varios rendimientos.

$$R = (Fu) (E) (Fm)$$

Siendo:

Fu = factor de utilización.

E = Eficacia luminosa de las lámparas utilizadas, $\left(\frac{\text{lumen}}{\text{W}}\right)$

Fm = factor de mantenimiento.

3.1 El Levantamiento Eléctrico En El Edificio En Cuestión

El levantamiento eléctrico es llamado así debido a que es un método de seguimiento de líneas energizadas en una instalación eléctrica de un determinado lugar, determinando los componentes físicos que integran dicha instalación como son tomacorrientes, apagadores, lámparas, su trayectoria desde upc, interruptores etc., hasta su uso final, haciendo referencia en planos arquitectónicos con simbología especializada.

La finalidad del levantamiento eléctrico es actualizar los planos de la instalación original debido a las modificaciones que se pudieran haber llevado acabo dependiendo de las necesidades y reubicaciones de laboratorios, aulas cubículos etc., con esta información se desarrolla un análisis de carga eléctrica total instalada en las diferentes líneas así como la carga conectada a las plantas de emergencia, de esta forma podremos determinar si necesita un balance de cargas, todo esto con dispositivos llamados "trazadores".

Figura 3-1 Levantamiento eléctrico en las instalaciones



Fuente: Elaboración propia

⁵ Este capítulo está basado en el reporte ejecutivo realizado y dirigido por el M.I. Héctor Mora García destinado a dicha dependencia.

3.2 TRAZADOR

El trazador consta de un emisor o generador de señales y un receptor que es el que emite el zumbido de alta frecuencia (6.25khz), sobre la línea energizada, este puede ser utilizado en un rango de 9 a 600 VCA. El emisor se conecta al alimentador de carga, este al estar energizado genera dicha señal en el tablero que a su vez encenderá un led en el dispositivo.

Figura 3-2 Trazador de corriente Amprobe P23



Fuente: Elaboración propia

Tabla 3-1 Identificación del levantamiento eléctrico en alumbrado en planos eléctricos

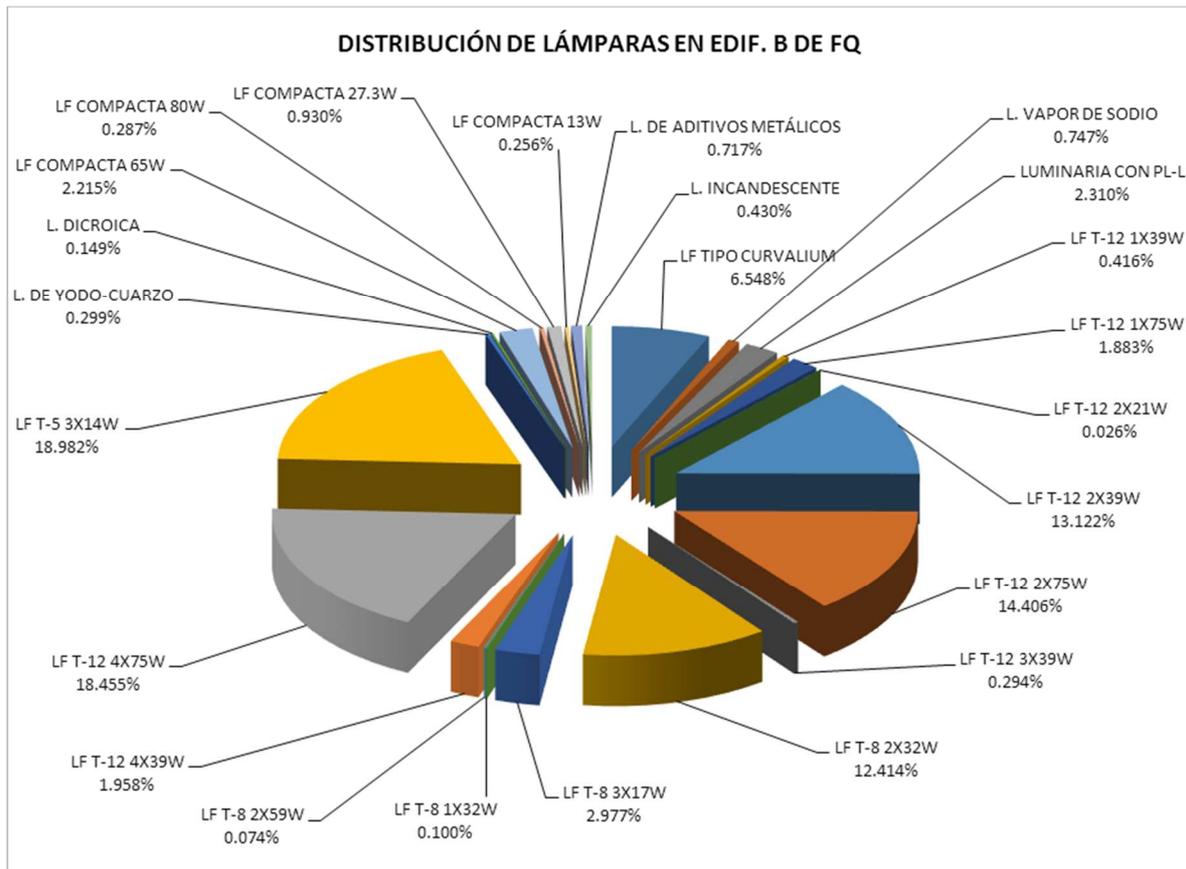
PLANO #	CLAVE		DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
1	IEA-	1	Instalación eléctrica de alumbrado	SOTANO
2	IEA-	2	Instalación eléctrica de alumbrado	PLANTA BAJA
3	IEA-	3	Instalación eléctrica de alumbrado	NIVEL 1
4	IEA-	4	Instalación eléctrica de alumbrado	NIVEL 2
5	IEA-	5	Instalación eléctrica de alumbrado	NIVEL 3
6	IEA-	6	Instalación eléctrica de alumbrado	NIVEL 4

Fuente: Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012

3.3 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE LUMINARIAS

Después del levantamiento eléctrico pudimos constatar el número de lámparas instaladas y la tecnología con que estas operan, siendo la T12 más abundante y más obsoleta.

Gráfica 1 Distribución de luminarias del Edificio B de la Facultad de Química



Fuente: Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012

En base al levantamiento eléctrico podemos verificar que predominan las lámparas con tecnología T12, siendo en total 601 lámparas abarcando un 51% total de las lámparas instaladas. Hoy en día son más eficientes en consumo y luminosidad las lámparas T8 y T5.

Tabla 3-2 Consumo en porcentaje de los diferentes tipos de luminarias

CARGA	POTENCIA (VA)	CANTIDAD						TOTAL	TOTAL KVA	PORCENTAJE
		SOT	PB	N1	N2	N3	N4			
LF TIPO CURVALUM	37.33	72	9	44	128		73	326	12.17	6.70%
LÁMPARA VAPOR DE SODIO	347.22	4						4	1.39	0.77%
LUMINARIA CON PL-L	93.33	8	6	8	8	8	8	46	4.29	2.37%
LFT-12 1X39W	45.50	1		12	4			17	0.77	0.43%
LFT-12 1X75W	87.50	32		6	2			40	3.50	1.93%
LFT-12 2X21W	49.00	1						1	0.05	0.03%
LFT-12 2X39W	91.00	59	42	58	44	55	10	268	24.39	13.44%
LFT-12 2X75W	175.00	72	27	52		2		153	26.78	14.75%
LFT-12 3X39W	136.50	4						4	0.55	0.30%
LFT-8 2X32W	74.67	3	39	55	73	110	29	309	23.07	12.71%
LFT-8 3X17W	59.50			9		84		93	5.53	3.05%
LFT-8 1X32W	37.33				5			5	0.19	0.10%
LFT-8 2X59W	137.67						1	1	0.14	0.08%
LFT-12 4X39W	182.00	10	10					20	3.64	2.01%
LFT-12 4X75W	350.00	47	47	4				98	34.30	18.90%
LFT-5 3X14W	490.00		72					72	35.28	19.44%
LÁMPARA DE YODO-CUARZO	111.11	2					3	5	0.56	0.31%
LÁMPARA DICROICA	55.56	2		3				5	0.28	0.15%
LF COMPACTA 65W	72.22	57						57	4.12	2.27%
LF COMPACTA 80W	88.89	6						6	0.53	0.29%
LF COMPACTA 27.3W	30.33	57						57	1.73	0.95%
LF COMPACTA 13W	14.44	20		13				33	0.48	0.26%
LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS	444.44			3				3	1.33	0.73%
LAMPARA INCANDESCENTE	66.67	4		6	2			12	0.80	0.44%
									181.52	100.00%

Fuente: Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012

Analizando el levantamiento eléctrico en las tablas correspondientes ANEXO A se tienen áreas que cumplen y otras que no con lo requerido por la NOM 007-ENER-2014 (Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales). En base a la norma es necesario hacer un cambio de lámparas para que el sistema de iluminación así como una mejor distribución dentro de las áreas de trabajo para tener un sistema de iluminación eficiente.

3.4 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (interior) del edificio en cuestión.

En el siguiente apartado mostraremos las densidades de potencia en el edificio 'B' y también si están dentro de los rangos indicados por la NOM 007-ENER-2014

Las tablas que más adelante se presentan nos muestran la siguiente información:

- 1) Carga: Tipo de lámparas que se usa en el edificio y en qué área se ubica.
- 2) Potencia: La potencia de la lámpara considerando el balastro.
- 3) Cantidad: De lámparas en esta área.
- 4) Total: Potencia total (cantidad de lámparas x potencia de la lámpara-balastro)
- 5) Área: Área que iluminan las lámparas de la columna 1.
- 6) DPEA: densidad de potencia eléctrica por área.(si el DPEA cumple se marca con verde la casilla y rojo si no)
- 7) DPEA que marca la norma:

$$DPAE = \frac{Watts}{Area} = \frac{W}{m^2}$$

Figura 3-3 Delimitación de áreas en los diferentes locales



Fuente: Elaboración propia

En las siguientes tablas (3-3) a (3-29) mostramos el resultado del análisis DPEA desde el sótano hasta el cuarto nivel abarcando aulas, laboratorios, cubículos y pasillos, mismas que fueron extraídas del **Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012**.

Tabla 3-3 Sótano

SOTANO							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 2x75W T12 en gabinete de 2.5 x0.3m empotrada con difusor de acrílico	187.5	6	1,125				
Lámpara fluorescente de 1x75 W T12, en Gabinete de 1.25x0.3m, empotrada con Difusor de Acrílico	93.75	4	375				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12, en gabinete de 0.6x0.3m, empotrada con difusor de acrílico	97.5	8	780				
Lámpara Fluorescente de 2x21 W t12, en Gabinete de 0.6x0.3m, empotrada con Difusor de Acrílico	52.5	1	52.5				
Lámpara Fluorescente de 2x32 W t8, tipo curvalum en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	67.2	72	4,838.4				
TOTAL			7,170.9	319.81	22.42	17.2	No cumple con la norma

Tabla 3-4 Sótano

SOTANO							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x39W T12, en Gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada, con Difusor de Acrílico	97.5	1	97.5				
Lámpara Fluorescente de 2x40W PL-L en Gabinete de 0.6x0.6m, empotrada con rejilla	100	8	800				
TOTAL			897.5	32.16	27.91	10.8	No cumple con la norma

Tabla 3-5 Sótano

SOTANO							
Oficinas Cerradas	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 1x75W T12, en Gabinete de 2.5x0.3m, suspendida sin difusor	93.75	5	468.8				
Lámpara Fluorescente de 2x75W T12 en Gabinete de 2.5x0.3m, con difusor acrílico suspendida	187.5	27	5,062.5				
Lámpara Fluorescente de 1x39W T12, en Gabinete de 1.25x0.3m, empotrada sin Difusor	48.75	1	48.75				
Lámpara fluorescente de 2x39 W T12 en Gabinete de 1.25x0.3m, Con Difusor de Acrílico	97.5	6	585				
Lámpara Fluorescente de 3x39W T12, en Gabinete de 1.25x0.6m, Empotrada con Difusor de Acrílico	146.25	4	585				
TOTAL			6,750	241.51	27.95	19.9	No cumple con la norma

Tabla 3-6 Sótano

SOTANO							
Almacenamiento	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 1x75W T12, en Gabinete de 2.5x0.3m, Suspendida Sin Difusor	93.75	4	375				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12, en Gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada, con Difusor de Acrílico	97.5	3	292.5				
TOTAL			667.5	32.38	20.61	20.4	No cumple con la norma

Tabla 3-7 Sótano

SOTANO							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	187.5	4	750				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12, en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada, Con Difusor de Acrílico	97.5	22	2,145				
TOTAL			2,895	241.41	11.99	7.5	No cumple con la norma

Tabla 3-8 Sótano

SOTANO							
Almacén Activo	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 1x75W T12, en Gabinete de 2.5x0.3m, Suspendida Sin Difusor	93.75	2	187.5				
TOTAL			187.5				

Tabla 3-9 Sótano

SOTANO							
Laboratorio de Computo	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	187.5	35	6,562.5				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12, en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada, Con Difusor de Acrílico	97.5	5	487.5				
TOTAL			7,050	219.52	32.12	21	No cumple con la norma

Tabla 3-10 Sótano

SOTANO							
Cuarto de Máquinas y Eléctricos	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada	67.2	3	201.6				
Lámpara Fluorescente de 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	187.5	1	187.5				
TOTAL			389.1	27.86	13.97	14	Si cumple con la norma

Tabla 3-11 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x39W T12, en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	97.5	1	97.5				
Lámpara Fluorescente 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	187.5	2	375				
Lámpara Fluorescente 3x14W T5 en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	44.1	4	176.4				
Lámpara Fluorescente de 2x40W PL-L en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	100	1	100				
Lámpara Fluorescente de 2x32W T8, en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Rejilla	67.2	1	67.2				
Lámpara Fluorescente Compacta de 2x13W	26	8	208				
TOTAL			1,024.1	65.6	15.6	10.8	No cumple con la Norma

Tabla 3-12 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 4x75W de 2.5x0.6m, Empotrada con Difusor de Acrílico	375	3	1,125				
Lámpara Fluorescente 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, con Difusor de Acrílico	187.5	23	4,312.5				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Rejilla	97.5	22	2,145				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8 en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con rejilla	67.2	19	1,277				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8 en gabinete de 0.6x1.25m, Sin Difusor	67.2	12	806.4				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, Tipo curvalum, en gabinete de 0.6x0.6m empotrada	67.2	8	537.6				
Lámpara Fluorescente 3x14W T5 en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	44.1	68	2,998.8				
Lámpara Fluorescente 2x40W PL-L en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	100	6	600				
Lámpara incadenscente 60w	60	2	120				
Lámpara Dicroica 50W	50	2	100				
TOTAL			14,022.1	916.3	15.3	19.9	Si cumple con la norma

Tabla 3-14 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Hemeroteca	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente Compacta 1x65	65	57	3705				
Lámpara Fluorescente Compacta 2x13	44	44	1936				
TOTAL			5,641	503.6	11.2	17.2	Si cumple con la norma

Tabla 3-14 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x39W T12, en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	97.5	14	1,365				
Lámpara Fluorescente 4x75W T12 en gabinete de 2.5x0.6m, Empotrada con Difusor de Acrílico	375	44	16,500				
Lámpara Fluorescente 4x39W T12 en gabinete de 2.5x0.6m, Empotrada con Difusor de Acrílico	195	10	1,950				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de acrílico de 1.25x0.3m, Empotrado con Difusión de Acrílico	67.2	8	537.6				
Lámpara Fluorescente Compacta	26	5	130				
TOTAL			20,482.6	794.91	25.8	7.5	No cumple con la norma

Tabla 3-15 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Sala de Lectura	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en Gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	97.5	2	195				
Lámpara Fluorescente compacta 1x13W	13	20	260				
Lámpara Fluorescente compacta 1x80W	80	6	480				
Lámpara de Yodo-cuarzo de 100W	100	2	200				
TOTAL			1,135	157.4	7.2	17.2	Si cumple con la norma

Tabla 3-16 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Bodega	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en Gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	97.5	1	98.5				
TOTAL			98.5	15.91	6.2	11.8	Si cumple con la norma

Tabla 3-17 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 2x40W PL-L en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	100	8	800				
Lámpara Fluorescente 3x17W T8, En gabinete de 0.6x0.6m,, empotrada con difusor de acrílico	53.55	1	53.55				
TOTAL			853.55	48.85	17.5	10.8	No cumple con la norma

Tabla 3-18 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, con Difusor de Acrílico	187.5	24	4,500				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en Gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	97.5	6	858				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de acrílico de 1.25x0.3m, Empotrado con Difusión de Acrílico	67.2	33	2217.6				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, Tipo curvalum, en gabinete de 0.6x0.6m empotrada	67.2	44	2,956.8				
TOTAL			10,259.4	595.67	17.2	17.2	Si cumple con la norma

Tabla 3-19 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 1x75W T12, en gabinete de 2.5x0.3m	93.75	6	562.5				
Lámpara Fluorescente 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, con Difusor de Acrílico	187.5	30	5,625				
Lámpara Fluorescente 4x75W T12 en gabinete de 2.5x0.6m, Empotrada con Difusor de Acrílico	375	4	1,500				
Lámpara 1x39W T12, en gabinete de 1.25x0.3, empotrada sin difusor	48.75	12	585				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en Gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	97.5	15	1,462.5				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, Tipo curvalum, en gabinete de 0.6x0.6m empotrada	67.2	44	2,956.8				
Lámpara Fluorescente 3x17W T8, En gabinete de 0.6x0.6m,, empotrada con difusor de acrílico	53.55	8	428.4				
Lámpara dicroica 50W	50	3	150				
Lámpara Incandescente 100W	100	6	600				
TOTAL			13,870.2	630.35	22.0	19.9	No cumple con la norma

Tabla 3-17 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en Gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Difusor de Acrílico	97.5	34	3,315				
Lámpara Fluorescente 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, con Difusor de Acrílico	187.5	1	187.5				
Lámpara de Emergencia 52W	65	3	195				
TOTAL			3,697.5	299.43	12.3	7.5	No cumple con la norma

Tabla 3-18 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente de 2x40W PL-L en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	100	8	800				
TOTAL			800	45	17.8	10.8	No cumple con la norma

Tabla 3-19 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25m	67.2	53	3,561.6				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8 Tipo Curvalum, en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	67.2	128	8,601.6				
TOTAL			12,163.2	682.83	17.8	17.2	No cumple con la norma

Tabla 3-20 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25m	67.2	20	1,344				
Lámpara Fluorescente 1x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25	33.6	5	168				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrado con Difusor de Acrílico	97.5	5	487.50				
Lámpara Fluorescente 1x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, Suspendida con Difusor de Acrílico	93.75	2	187.50				
Lámpara Fluorescente 1x39W T12, en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada sin Difusor	48.75	4	195				
Lámpara incandescente 100W	100	2	200				
TOTAL			2,582	160.75	16.1	16.1	Si cumple con la norma

Tabla 3-21 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Florescente 2x39W T12 en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Difusor Acrílico	97.5	41	3997.5				
TOTAL			3997.5	339	11.8	7.5	No cumple con la norma

Tabla 3-22 Tercer nivel

TERCER NIVEL							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Florescente 2x40W PL-L en Gabinete de 1.25x0.3m, Empotrada con Rejilla	100	8	800				
TOTAL			800	46.95	17.0	10.8	No cumple con la norma

Tabla 3-23 Tercer nivel

TERCER NIVEL							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25m	35.6	15	534				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrado con Difusor de Acrílico	97.5	18	1,755				
Lámpara Fluorescente 2x75W T12 en gabinete de 2.5x0.3m, con Difusor de Acrílico	187.5	2	375				
TOTAL			2,664	5,594	0.48	16.1	Si cumple con la norma

Tabla 3-24 Tercer nivel

TERCER NIVEL							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25m	67.2	88	5,913.6				
Lámpara Fluorescente 3x17W T8, En gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Difusor de Acrílico	53.55	84	4,498.2				
TOTAL			10,411.8	688.5	15.1	17.2	Si cumple con la norma

Tabla 3-25 Tercer nivel

TERCER NIVEL							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25m	67.2	6	403.2				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrado con Difusor de Acrílico	97.5	36	3510				
TOTAL			3,913.2	313.43	12.5	7.5	No cumple con la norma

Tabla 3-26 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Florescente 2x40W PL-L en Gabinete de 0.6X0.6, Empotrada con Rejilla	100	8	800				
TOTAL			800	46.95	17.0	10.8	No cumple con la norma

Tabla 3-27 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25m	67.2	17	1,142.4				
Lámpara Fluorescente 2x32W T8 Tipo Curvalum, en gabinete de 0.6x0.6m, Empotrada con Rejilla	67.2	73	4,905.6				
TOTAL			6,048	379.37	15.9	17.2	Si cumple con la norma

Tabla 3-28 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25m	67.2	6	403.2				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrado con Difusor de Acrílico	97.5	3	292.5				
TOTAL			695.7	61.68	11.3	16.1	Si cumple con la norma

Tabla 3-29 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL							
Pasillos	Potencia [W]	Cantidad	Total	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
Lámpara Fluorescente 2x32W T8, en gabinete de 0.3x1.25m	67.2	6	403.2				
Lámpara Fluorescente 2x39W T12 en gabinete de 1.25x0.3m, Empotrado con Difusor de Acrílico	97.5	7	682.5				
Lámpara Fluorescente 2x59W T8 en gabinete de 2.5x0.3m, Empotrado con Difusor de Acrílico	123.9	1	123.9				
Lámpara de yodo de Cuarzo	100	3	300				
TOTAL			1,509.6	207.61	7.3	7.5	Si cumple con la norma

CAPÍTULO 4 PROPUESTA DE ILUMINACIÓN EFICIENTE

Las tablas anteriores son el resultado de nuestro análisis DPEA en dicha dependencia, estas muestran los niveles de iluminación con los que cuenta actualmente. Estos niveles, en algunos casos, no son los requeridos por la NOM-007-ENER-2014, existen áreas donde los niveles cumplen con la norma y otros espacios donde los niveles son deficientes o, en su defecto cumplen con la norma pero su consumo energético es mayor. Es por ello que en el siguiente apartado plantaremos un sistema de bajo consumo energético y sobre todo más eficiente en iluminación para hacer un cambio de lámparas.

Tabla 4-1 Análisis de DPEA de todo el edificio

AREA (m ²)	CARGA INSTALADA (W)	DPEA (W/m ²)	DPEA (W/m ²) NORMA	CUMPLE SI/NO
13728.37	143476.45	10.45	16.00	SI

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4-2

Total en (Kw) para las T- 12
60

Fuente: Elaboración Propia

4.1 Análisis para la sustitución de alumbrado obsoleto por eficiente y ahorrador para el consumidor

Este análisis está basado en la distribución existen del sistema de iluminación en cuestión, en nuevo DPEA con la tecnología de iluminación propuesta, pero sobre todo basado en la NOM-007-ENER-2004.

Tabla 4-3 DPEA para escuelas

ESCUELAS/UNIVERSIDADES	DPEA [W/ m ²]
Oficina cerrada	16.1
Oficina Abierta	14.0
Sala de juntas/usos múltiples	16.1
Salón de clases/lectura/entretenimiento	17.2
Vestíbulo	19.4
Baños	10.8
Escaleras	9.7
Almacén Activo	11.8
Cuarto de máquinas o eléctricos	14.0
Laboratorio	19.4
Corredores	7.5

Fuente: NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética en sistema de alumbrado en edificios no residenciales

4.1.2 Cálculo de niveles de *Iluminación Media (Em)* con método de lumen en caso base

Para este análisis fue necesario utilizar el Método de lumen también denominado o Método del factor de utilización. Su función es calcular el nivel medio de la iluminación en una instancia de alumbrado general. Proporciona una iluminación media con un error de +-5% y nos da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación; teniendo siempre en cuenta que se utilizara para obtener una iluminación general y uniforme de un determinado espacio. Gracias a él también, establecida una zona o local, se podrá saber también que cantidad de luminarias necesitas y como han de estar situadas en ese espacio.

Cálculo del flujo luminoso total necesario.

Ecuación 1 Flujo luminoso total necesario

$$\phi = \frac{E_m * S}{C_U * C_m}$$

Donde:

E_m = nivel de iluminación medio (en LUX)

Φ_T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

S = superficie a iluminar (en m²).

Este flujo luminoso se ve afectado por unos coeficientes de utilización (CU) y de mantenimiento (Cm), que se definen a continuación:

C_U = Coeficiente de utilización. Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por la fuente luminosa. Lo proporciona el fabricante de la luminaria.

C_m = Coeficiente de mantenimiento. Es el cociente que indica el grado de conservación de una luminaria.

Cálculo del número de luminarias.

Ecuación 2 Número de luminarias

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \phi_L}$$

Donde:

NL = número de luminarias

Φ_T = flujo luminoso total necesario en la zona o local

ϕ_L = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

Pasos A Seguir Para Este Método:

1º. **Calcular El Flujo Luminoso Total Necesario (Φ_T).** *Ecuación 1.*

1.1. Fijar los datos de entrada:

- a. Dimensiones del local. (a, b y H)
- b. Altura del plano de trabajo. (h')
- c. Nivel de iluminancia media. (E_m)
- d. Elección del tipo de lámpara.
- e. Elección del tipo de luminaria (catálogos comerciales) y su altura de suspensión.

1.2. Determinar el coeficiente de utilización (C_u). Según datos del fabricante de la luminaria a partir de coeficientes de reflexión y el índice k del local.

1.3. Determinar el coeficiente de mantenimiento (C_m). Según el tipo de local.

2º. **Establecer El Número De Luminarias.** *Ecuación 2.*

3º. **Precisar El Emplazamiento De Las Luminarias.**

4º. **Comprobación De Los Resultados.** (Nivel de iluminación medio superior al de tablas)

4.1.2.1 Ejemplo en aplicación del presente método a un pasillo de la planta baja del edificio en cuestión

1. Empieza calculando el flujo luminoso total que necesitas en el aula:

Es importante que antes de analizar el tipo de aula; su forma y sus acabados influyen notoriamente en cómo reflexiona la luz en ese determinado espacio.

Para calcular el flujo luminoso, sigue los siguientes pasos:

1.1. Datos de entrada (lámparas y luminarias):

Examinar el local y los elementos que se tienen.

1.1.2. Analizar las dimensiones del pasillo:

a = ancho (en m) = 2.8m

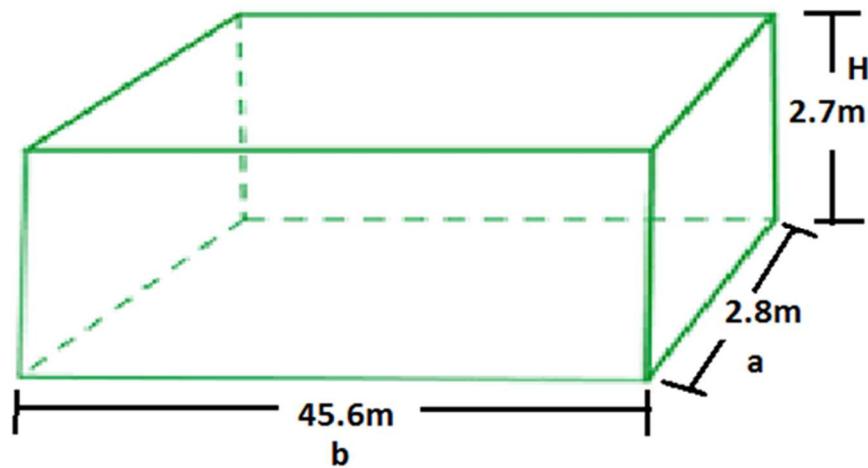
b = largo (en m) = 45.6m

H = alto (en m) = 2.7 m

1.1.2. Fijar la altura del plano de trabajo (h'):

En una aula, laboratorios y bibliotecas se tiene un plano de trabajo; para un pasillo la altura $h'=0$ ya que no hay plano de trabajo porque solo es un lugar por donde la gente transita.

Figura 4-1 Medidas del pasillo en planta baja



Fuente: Elaboración Propia

Donde:

a = ancho del pasillo

b = largo del pasillo

H = altura del piso a la luminaria

1.1.3. Determina el nivel de iluminancia media (E_m) que ha de tener el pasillo.

Este valor depende del tipo de actividad que se va realizar en el local.

Los valores del nivel de iluminancia media los puedes encontrar tabulados en la Norma Universitaria, Instalaciones Eléctricas.

Esta norma define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades. Sus recomendaciones, en términos de cantidad y calidad del alumbrado, contribuyen a diseñar sistemas de iluminación que cumplen las condiciones de calidad y confort visual, y permiten crear ambientes agradables para los usuarios de las instalaciones.

1.1.4. Las lámparas que se encuentran instaladas en el pasillo de la planta baja son:

Tabla 4-4

Tecnología	Potencia	Voltaje	Frecuencia	Gabinete
T12	2x39 W	127V	60 Hz	1.25x0.3 empotrada con difusor

Fuente: Elaboración Propia

1.2. Calcula el coeficiente de utilización (Cu)

El coeficiente de utilización, nos indica la relación entre el número de lúmenes emitidos por la lámpara y los que llegan efectivamente al plano ideal de trabajo. Los fabricantes de luminarias proporcionan para cada modelo unas tablas, que son las denominadas tablas del factor de utilización. Este coeficiente será tanto más grande cuanto mayores sean los coeficientes de reflexión, mayores la altura y longitud y menor la altura del plano de trabajo. También, lógicamente, influirá si el alumbrado es directo o no, pues una distribución concentrada dirigirá la luz unitariamente hacia abajo, originando que una menor proporción de luz incida en las paredes y techos, obteniendo así una considerable mejora en el rendimiento de las instalaciones.

El coeficiente de utilización, por tanto, se encuentra tabulado y es un dato que te lo debe facilitar el fabricante (las casas comerciales más importantes habitualmente nos proporcionarán tablas, a través de su página web).

En esas tablas encontramos, para cada tipo de luminaria, los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa en la tabla será necesario interpolar. Como para deducir el coeficiente de utilización debemos de averiguar antes el índice del local y los coeficientes de reflexión de las superficies del aula, tendremos que calcularlos antes:

a. Calcula el índice del local (k)

El índice del local (**k**) se averigua a partir de la geometría de este.

Tabla 4-5 Cálculo del índice del local

Sistema de Iluminación	Índice del Local
Iluminación directa, semi-directa, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a * b}{h(a + b)}$
Iluminación indirecta y semi-indirecta	$k = \frac{3ab}{2(h + h')(a + b)}$

Fuente: <https://riunet.upv.es/calculo/metodo/luman.html>

Sabiendo que:

$$a = 2.8m$$

$$b = 45.6m$$

$$h = 2.7m$$

Sustituyendo valores

$$k = \frac{(2.8m)(45.6)}{(2.7m)(2.8m + 45.6m)} = 0.97$$

b. Calcula de los coeficientes de reflexión.

La reflexión de la luz depende el tipo de material o superficie en el que incide, por tanto, no es lo mismo que los acabados del local sean de un material u otro en cuanto a la luz se refiere. Los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado.

Utilizar la siguiente tabla:

Tabla 4-6 Coeficientes de reflexión

Coeficientes de Reflexión		
Área	Color	Factor de Reflexión
Techo	Blanco o muy claro	0.7
	Claro	0.5
	medio	0.3
Paredes	claro	0.5
	medio	0.3
	oscuro	0.1
Suelo	claro	0.3
	oscuro	0.1

Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluintz.html>

Techo (acústico blanco)=0,7

Paredes (blanco)= 0.5

Suelo (gris oscuro)=0.3

Ya establecido el índice del local ($k=1,37$) y los coeficientes de reflexión de las superficies del aula, podemos averiguar el **coeficiente de utilización (Cu)**.

Tabla 4-7 Coeficiente de utilización

Índice en habitaciones	Reflectancias (%) para el techo, las paredes y el plano de trabajo (CIE)										
	0.80	0.80	0.70	0.70	0.70	0.70	0.50	0.50	0.30	0.30	0.00
	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.30	0.30	0.10	0.30	0.10	0.00
	0.30	0.10	0.30	0.20	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00
0.60	0.46	0.44	0.46	0.45	0.44	0.41	0.41	0.39	0.41	0.39	0.38
0.80	0.51	0.48	0.50	0.49	0.48	0.45	0.45	0.43	0.44	0.43	0.42
1.00	0.55	0.51	0.54	0.53	0.51	0.49	0.48	0.47	0.48	0.46	0.46
1.25	0.59	0.54	0.58	0.56	0.54	0.52	0.51	0.50	0.51	0.49	0.48
1.5	0.62	0.56	0.60	0.58	0.55	0.54	0.53	0.52	0.53	0.51	0.50
2.00	0.66	0.59	0.64	0.61	0.58	0.57	0.56	0.55	0.56	0.55	0.54
2.5	0.68	0.60	0.67	0.63	0.60	0.59	0.58	0.57	0.57	0.57	0.55
3.00	0.70	0.62	0.69	0.65	0.61	0.60	0.59	0.59	0.59	0.58	0.57
4.0	0.72	0.63	0.70	0.66	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60	0.59	0.58
5.0	0.72	0.63	0.72	0.67	0.63	0.62	0.61	0.61	0.60	0.60	0.59

Fuente <http://edison.upc.edu/curs/llum/indiceo.html>:

La lectura no es directa, así que interpolamos: $(0.50+0.49+0.54+0.53)/4=0.51$

Como este valor es un porcentaje, en realidad, estamos hablando de: **Cu= 0.51**

1.3. Determina el coeficiente de mantenimiento (Cm) o conservación de la instalación:

Este coeficiente hace referencia a la influencia que tiene en el flujo que emiten las lámparas el grado de limpieza de la luminaria. Dependerá, por consiguiente, del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local.

Para determinarlo, suponiendo una limpieza periódica anual, puedes tomar los siguientes valores:

Tabla 4-8 Coeficiente de mantenimiento

Ambiente	Coeficiente de mantenimiento (Cm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: <http://edison.upc.edu/curs/llum/coeficiente.html>

Tomamos un valor intermedio, debido a que la limpieza de las lámparas no se hace con frecuencia, por lo tanto tomaremos $C_m = 0.75$

Con todos los datos averiguados, podemos calcular el **flujo luminoso total necesario**:

Para ello, aplica la **Ecuación 1** vista anteriormente:

$$\phi_T = \frac{(100\text{lux})(127.68\text{m}^2)}{(0.51)(0.75)} = 33380.39 \text{ lumens}$$

El flujo luminoso total que necesitas en el aula es de: 33380.39 lúmenes

2. Determina el número de luminarias que precisas para alcanzar el nivel de iluminación adecuado.

El número de luminarias se calcula con la **Ecuación 2**

$$N_L = \frac{3380.39 \text{ lumens}}{(2)(2835 [\text{lm}])} = 5.8 \approx 6$$

3. Establece el emplazamiento de las luminarias.

Una vez calculado el número mínimo de luminarias que necesitas procedemos a distribuirlas sobre la planta del pasillo.

En los locales de planta rectangular, si queremos una iluminación uniforme las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas siguientes:

$$N_{\text{ancho}} = \sqrt{\frac{N_{\text{total}}}{b} * a}$$

Ecuación 3

Numero de filas de las luminarias a lo ancho (a)

$$N_{\text{largo}} = N_{\text{ancho}} * \left(\frac{b}{a}\right)$$

Ecuación 4

Numero de columnas de las luminarias a lo largo (b)

$$N_{\text{ancho}} = \frac{(6)(2.8)}{45.6\text{m}} = 0.60 \approx 1 \text{ fila}$$

$$N_{\text{largo}} = (1) \frac{45.6\text{m}}{2.8\text{m}} = 16.28 \text{ columnas}$$

4. Evalúa si el número de luminarias que has determinado antes es el correcto o no, gracias los puntos anteriores.

Comprobamos la validez de los resultados

$$E_m = \frac{NL * n * \phi_L * C_u * C_m}{s} \geq E_{tablas}$$

Ecuación 5.

Comprobación del nivel de iluminación media

$$E_m = \frac{(5.88)(2)(2835)(0.51)(0.75)}{127.68} = 99.87 \text{ lux}$$

Este resultado Cumple con lo esperado ya que la norma marca que para pasillos el nivel de iluminación en luxes debe ser 100 luxes +-5%, sin Embargo este cálculo es para 16 luminarias con dos lámparas cada una y solo hay 13 luminarias con 2 lámparas cada una.

Tabla 4-9 Sótano

Zona	Área (m²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no Cumple
Aulas y laboratorios	319.81	568.86	450	si
Baños	32.16	599.44	150	Si
Oficinas	241.51	381.37	400	No
Almacenamiento	32.38	463	200	Si
pasillo	241.41	230.69	100	Si
Almacén activo	33.42	64.09	200	No
Laboratorio de computo	219.52	390.30	300	Si
Cuarto de máquinas y eléctricos	27.86	307.53	200	Si

Fuente: Elaboración Propia

4.1.3 Iluminación media en caso base

A continuación se muestra el análisis de iluminación media (Em) para el caso base en cada nivel, que cuenta con la tecnología T12.

Tabla 4-10 Planta baja

PLANTA BAJA				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Baños	65.6	555.09	150	Si
Oficinas	916.3	385.71	400	No
Hemeroteca	503.6	429.59	500	No
Pasillo	794.91	218.26	100	No
Sala de lectura	157.4	204.12	500	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-11 Primer nivel

PRIMER NIVEL				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Bodega	15.91	134.63	200	No
Baños	48.85	394.63	150	Si
Aulas y Laboratorios	595.67	384.76	450	No
Oficinas	630.35	434.95	400	Si
Pasillo	299.43	27.18	100	No

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-12 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Baños	45	190.4	150	Si
Aulas y Laboratorios	682.83	567.78	450	Si
Oficinas	160.75	506.35	400	Si
Pasillo	339	259.06	100	Si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-13 Tercer nivel

TERCER NIVEL				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Baños	46.95	364.98	150	Si
Oficinas	125	599.76	400	Si
Aulas y laboratorios	688.5	499.43	450	Si
Pasillo	313.43	287.03	200	Si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-14 Cuarto nivel

SÓTANO				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Aulas y Laboratorios	319.81	658.25	450	Si
Baños	32.16	647.39	150	Si
Oficinas	241.51	411.88	400	Si
Almacenamiento	32.38	500.10	200	Si
Pasillo	241.41	249.15	100	Si
Almacén activo	33.42	207.66	200	Si
Laboratorio de Computo	219.52	421.53	300	Si
Cuarto de máquinas y eléctricos	27.86	332.14	200	Si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-15 Sótano

CUARTO NIVEL				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Baños	33.16	516.76	150	Si
Aulas y Laboratorios	379.37	508.15	450	Si
Oficinas	61.68	333.38	400	Si
Pasillo	207.61	175.39	100	Si

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4 Niveles de iluminación con tecnología propuesta t5

Tabla 4-16 Planta baja

PLANTA BAJA				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Baños	65.6	599.49	150	Si
Oficinas	916.3	416.57	400	Si
Hemeroteca	503.6	578.79	500	Si
Pasillo	794.91	235.72	100	Si
Sala de lectura	157.4	514.40	500	Si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-17 Primer nivel

PRIMER NIVEL				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Bodega	15.91	290.80	200	Si
Baños	48.85	426.20	150	Si
Aulas y Laboratorios	595.67	450.50	450	Si
Oficinas	630.35	469.75	400	Si
Pasillo	299.43	293.58	100	Si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-18 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Baños	45	411.26	150	Si
Aulas y Laboratorios	682.83	613.20	450	Si
Oficinas	160.75	546.85	400	Si
Pasillo	339	279.78	100	Si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-19 Tercer nivel

TERCER NIVEL				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Baños	46.95	394.18	150	Si
Oficinas	125	647.74	400	Si
Aulas y laboratorios	688.5	577.92	450	Si
Pasillo	313.43	309.99	200	Si

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-20 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL				
Zona	Área (m ²)	Em (lx)	Em (lx) NORMA	Cumple o no cumple
Baños	33.16	558.10	150	Si
Aulas y Laboratorios	379.37	548.81	450	Si
Oficinas	61.68	412.56	400	Si
Pasillo	207.61	189.42	100	Si

Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que en este análisis de las lámparas propuestas se aumentaron luminarias para que la iluminación media fuera la adecuada y cumpla con la norma; se aumentaron en los siguientes niveles:

En el nivel sótano – almacén activo se tuvo que aumentar 1 luminaria más y da un total de 3 luminarias de 2 lámparas para que se cumpla la iluminación media.

En planta baja – Hemeroteca se aumentaron 25 luminarias más dando un total de 126 luminarias, en el mismo nivel – planta baja – sala de lectura se aumentaron 5 luminarias más dando un total de 35 luminarias.

En el primer nivel – Bodega se aumentó una luminaria más dando un total de 2 luminarias, en este mismo nivel pero en Aulas y laboratorios se aumentaron 9 luminarias dando un total de 116 luminarias

4.2 Análisis **DPEA** con tecnología propuesta

En este nuevo análisis, proponemos un boceto de remodelación del sistema de iluminación basado en las tablas (4-21) a (4-31) pero ahora con tecnología T5 destinadas a sustituir las 601 lámparas T12 y que cubre nuestras necesidades de iluminación y menor consumo energético.

En este apartado solo mostraremos algunas localidades para ejemplificar los alcances en ahorro energético con una tecnología eficiente, el resto del análisis de Densidad de Potencia eléctrica en Alumbrado se encuentra en el Anexo A

Tabla 4-21 Sótano

SÓTANO							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m²]	DPEA [W/m²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x35 W T5	73.5	6	441				
LF 1x35 W T5	36.75	4	147				
LF 2x21 W T5	58.8	8	470.4				
LF 2x21W T5	44.1	1	44.1				
LF 2x21 W T5	58.8	72	4233				
TOTAL			5335.5	319.81	16.68	17.2	SI CUMPLE

Tabla 4-22 Baños

SÓTANO							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m²]	DPEA [W/m²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28 W T5	58.8	1	58.8				
LF 2x28W T5	58.8	1	58.8				
TOTAL			117.6	32.16	3.65	10.8	SI CUMPLE

Tabla 4-23 Oficinas cerradas

SÓTANO							
Oficinas Cerradas	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 1x35 W T5	36.75	5	175				
LF de 2x35 W T5	73.5	27	1984.5				
LF 1x28 W T5	28	1	28				
LF 2x28 W T5	58.8	6	352.8				
LF 3x28 W T5	88.2	4	352.8				
TOTAL			2893.1	241.51	11.97	19.9	SI CUMPLE

Tabla 4-24 Almacenamiento

SÓTANO							
Almacenamiento	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 1x35 W T5	36.75	4	147				
LF 2x28 W T5		3	176.4				
TOTAL			323.4	32.38	9.98	11.8	SI CUMPLE

Tabla 4-25 Pasillo

SÓTANO							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x35 W T5	73.5	4	294				
LF 2x28 W T5	58.8	22	1293.6				
TOTAL			1587.6	241.41	6.57	7.5	SI CUMPLE

Tabla 4-26 Almacén activo

SÓTANO							
Almacén Activo	Potencia [W]	Cantidad	Total[w]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 1x35 W T5	36.75	2	73.5				
TOTAL			73.5	33.42	2.19	11.8	SI CUMPLE

Tabla 4-27 Laboratorio de computo

SÓTANO							
Laboratorio de Cómputo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x35 W T5	73.5	35	2572.5				
LF 2x28 W T5	58.8	5	294				
TOTAL			2866.5	219.52	13.05	21	SI CUMPLE

Tabla 4-28 Cuarto de máquinas y eléctricos

SOTANO							
Cuarto de Máquinas y Eléctricos	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x21 W T5	44.1	3	132.3				
LF 2x75 W T5	157.5	1	157.5				
TOTAL			289.8	27.86	10.40	14	SI CUMPLE

Tabla 4-29 Planta baja

PLANTA BAJA							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28 W T5	58.8	1	58.8				
LF 2x35 W T5	73.5	2	147				
LF 3X14 W T5	44.1	4	176.4				
LF 2X28W T5	58.8	1	58.8				
LF 2X21 W T5	44.1	1	44.1				
LF Compacta 2x13W	26	8	208				
TOTAL			693.1				

Tabla 4-30 Planta baja

PLANTA BAJA							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 4X35 W T5	147	3	441				
LF 2X35 W T5	73.5	23	1690.5				
LF 2X28 T5	58.8	22	1293.6				
LF 2X21 W T5	44.1	19	837.9				
LF 2X21 W T5	44.1	12	529.2				
LF 2X21 W T5	44.1	8	352.8				
LF 3X14 W T5	44.1	68	2,998.8				
LF 2X28 W T5	58.8	6	352.8				
Lámpara dicroica 50 W	50	2	100				
Lámpara incandescente 35 W	35	2	70				
TOTAL			8666.6				

Tabla 4-31 Planta baja

PLANTA BAJA							
Hemeroteca	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF Compacta 1x65	65	57	3705				
LF Compacta 2x13	44	44	1936				
TOTAL			5,641.0	503.6	11.2	17.2	SI

Figura 4-2 Hemeroteca de la Facultad de Química



Fuente: http://quimica.unam.mx/cont_espe2.php

Figura 4-3 Delimitación de áreas y cavidades en hemeroteca



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-4 Medición del área de pasillo planta baja



Fuente: Elaboración propia

Figura 4-5 Distribución de lámparas en aulas



Fuente: Elaboración propia

4.2.1 Propuesta de sustitución de tecnología en iluminación obsoleta por lámparas ahorradoras de energía

En este apartado mostramos un análisis técnico del ahorro económico y energético si se lleva a cabo el cambio físico del sistema de iluminación actual, este es obsoleto (por lo menos en 601 lámparas T12) e incluso prohibido por La Comisión para el Uso y Eficiencia de la Energía Eléctrica (CONUEE) mediante La Legislación Energética NOM 028-2010 la cual regula la eficiencia energética de fuentes luminosas para uso general y que orilló a los fabricantes a agotar inventarios de las fuentes prohibidas (T12). Este acuerdo permitirá una sustitución gradual hacia nuevas tecnologías o sustitutos que cumplan con las eficacias estipuladas en la nueva legislación.

4.2.2 Sustitutos de TECNOLOGÍA T12⁶

Tabla 4-23 Lámparas prohibidas

Lámpara prohibida	Sustituto1 Bueno	Sustituto2 Mejor	Sustituto3 Excelente
<p>Fluorescente lineal T12 75w (244 CMS)(F96) Fa8</p> 	<p>Fluorescente lineal T12 60W (244CMS)(F96)Fa8</p> <p>Ahorrador de Energía CRI ≥80</p> <p>Compatible con los balastos electrónicos T12 del mercado</p> <p>Cambio de Balastro: No Cambio de Sockets: No Cambio de Luminario: No</p>	<p>Fluorescente Lineal T8 59W (244CMS)(F96) Fa8</p> <p>Ahorrador de Energía CRI≥80</p> <p>Compatible con los balastos electrónicos T8 2X59W del mercado.</p> <p>Cambio de Balastro: si Cambio de socket: si Cambio de luminario: No</p>	<p>Fluorescente Lineal T5 HO/HE G5</p> <p>Ahorro de Energía CRI≥80</p> <p>Se recomienda un nuevo diseño de iluminación de acuerdo a las necesidades del usuario y a las aplicaciones del producto (interiores o exteriores)</p>
<p>Fluorescente Lineal T12 56w (183CMS)(F72)Fa8</p> 	<p>No existe un sustituto</p>	<p>Fluorescente Lineal T8 (F17, F25 ó F32) G13</p> <p>Ahorrador de Energía CRI ≥80</p> <p>Se recomienda un nuevo diseño de iluminación de acuerdo a las necesidades del usuario y a las aplicaciones del producto (interiores o exteriores)</p>	<p>Fluorescente Lineal T5 HO/HE G5</p> <p>Ahorro de Energía CRI≥80</p> <p>Se recomienda un nuevo diseño de iluminación de acuerdo a las necesidades del usuario y a las aplicaciones del producto (interiores o exteriores)</p>

Lámpara prohibida	Sustituto1 Bueno	Sustituto2 Mejor	Sustituto3 Excelente
<p>Fluorescente lineal T12 39w (116CMS)(F48)Fa8</p> 	<p>Fluorescente lineal T12 30W (116CMS)(F48)Fa8</p> <p>Ahorrador de Energía CRI ≥80</p> <p>Compatible con los balastos electrónicos T12 del mercado</p> <p>Cambio de Balastro: No Cambio de Sockets: No Cambio de Luminario: No</p>	<p>Fluorescente Lineal T8 (F17, F25 ó F32) G13</p> <p>Ahorrador de Energía CRI≥80</p> <p>Se recomienda un nuevo diseño de iluminación de acuerdo a las necesidades del usuario y a las aplicaciones del producto (interiores o exteriores)</p>	<p>Fluorescente Lineal T5 HO/HE G5</p> <p>Ahorro de Energía CRI≥80</p> <p>Se recomienda un nuevo diseño de iluminación de acuerdo a las necesidades del usuario y a las aplicaciones del producto (interiores o exteriores)</p>

⁶ Imágenes obtenidas del catálogo de lámparas Phillips
fuente : <http://www.lighting.philips.com.mx>

<p>Fluorescente Lineal T12 40w (122CMS) G13</p> 	<p>Fluorescente lineal T12 34 (122CMS)G13</p> <p>Ahorrador de Energía CRI ≥80</p> <p>Compatible con los balastos electrónicos T12 del mercado</p> <p>Cambio de Balastro: No Cambio de Sockets: No Cambio de Luminario: No</p>	<p>Fluorescente Lineal T8 32W (122CMS)G13</p> <p>Ahorrador de Energía CRI ≥80</p> <p>Compatible con los balastos electrónicos T8 32W del mercado.</p> <p>Cambio de Balastro: si Cambio de socket: No Cambio de luminario: No</p>	<p>Fluorescente Lineal T5 HO/HE G5</p> <p>Ahorro de Energía CRI ≥80</p> <p>Se recomienda un nuevo diseño de iluminación de acuerdo a las necesidades del usuario y a las aplicaciones del producto (interiores o exteriores)</p>
<p>Fluorescente lineal T12 20w (61 CMS) G13</p> 	<p>No existe un sustituto</p>	<p>Fluorescente Lineal T8 17W (61 CMS)G13</p> <p>Ahorrador de Energía CRI ≥80</p> <p>Compatible con los balastos electrónicos T8 32W del mercado.</p> <p>Cambio de Balastro: si Cambio de socket: No Cambio de luminario: No</p>	<p>Fluorescente Lineal T5 HO/HE G5</p> <p>Ahorro de Energía CRI ≥80</p> <p>Se recomienda un nuevo diseño de iluminación de acuerdo a las necesidades del usuario y a las aplicaciones del producto (interiores o exteriores)</p>
<p>Fluorescente Lineal T12 U 40w (61CMS) G13</p> 	<p>Fluorescente Lineal T12 U 32W (61 CMS) G13</p> <p>Compatible con los balastos magnéticos o electrónicos T12 del mercado.</p> <p>Cambio de Balastro: No Cambio de socket: No Cambio de luminario: No</p>	<p>Fluorescente Lineal T8 32W (61 CMS)G13</p> <p>Ahorrador de Energía CRI ≥80</p> <p>Compatible con los balastos electrónicos T8 32W del mercado.</p> <p>Cambio de Balastro: si Cambio de socket: No Cambio de luminario: No</p>	<p>Fluorescente Lineal T8 25W (61 CMS)G13</p> <p>Ahorrador de Energía CRI ≥80</p> <p>Compatible con los balastos electrónicos T8 32W del mercado.</p> <p>Cambio de Balastro: si Cambio de socket: No Cambio de luminario: No</p>

4.2.2 Análisis de consumo KVA con el sistema propuesto respecto al caso base

Las tablas que se muestran a continuación muestran el comparativo de consumo KVA de la tecnología obsoleta T12 y la tecnología propuesta T5

Tabla 4-24 Lámparas T-12 KVA

CARGA	POTENCIA [VA]	CANTIDAD						TOTAL	TOTAL KVA	PORCENTAJE
		SOT	PB	N1	N2	N3	N4			
LFT-12 1X39W	45.5	1		12	4			17	0.77	0.42%
LFT-12 1X75W	87.5	32		6	2			40	3.5	1.88%
LFT-12 2X21W	49	1						1	0.05	0.03%
LFT-12 2X39W	91	59	42	58	44	55	10	268	24.39	13.12%
LFT-12 2X75W	175	72	27	52		2		153	26.78	14.41%
LFT-12 3X39W	136.5	4						4	0.55	0.29%
LFT-12 4X39W	182	10	10					20	3.64	1.96%
LFT-12 4X75W	350	47	47	4				98	34.3	18.46%
Total									93.98	51.00%

Fuente: Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012

La siguiente tabla muestra el porcentaje de consumo KVA con una tecnología T8, misma que es más eficiente que las T12 y que aún son vigentes y no está prohibida su venta

Tabla 4-25 Lámparas T8 porcentaje en KVA

CARGA	POTENCIA [VA]	CANTIDAD						TOTAL	TOTAL KVA	PORCENTAJE
		SOT	PB	N1	N2	N3	N4			
LFT-8 2X32W	74.67	3	39	55	73	110	29	309	23.07	12.71%
LFT-8 3X17W	59.5			9		84		93	5.53	3.05%
LFT-8 1X32W	37.33				5			5	0.19	0.10%
LFT-8 2X59W	137.67						1	1	0.14	0.08%
Total									28.93	15.00%

Fuente: Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012

La tabla 4-41 hace mención al resto de las lámparas que componen el sistema de luminarias del edificio en cuestión. Se agruparon en esta tabla por separado debido a la variedad de las mismas

Tabla 4-26 Otras Lámparas

CARGA	POTENCIA [VA]	CANTIDAD						TOTAL	TOTAL KVA	PORCENTAJE
		SOT	PB	N1	N2	N3	N4			
LF TIPO CURVALIUM	37.33	72	9	44	128		73	326	12.17	6.70%
L. VAPOR DE SODIO	347.22	4						4	1.39	0.77%
LUMINARIA CON PL-L	93.33	8	6	8	8	8	8	46	4.29	3.37%
LFT-5 3X14W	490		72					72	35.28	19.44%
L. DE YODO-CUARZO	111.11	2					3	5	0.56	0.31%
L. DICROICA	55.56	2		3				5	0.28	0.15%
LF COMPACTA 65W	72.22	57						57	4.12	2.27%
LF COMPACTA 80W	88.89	6						6	0.53	0.29%
Continuación....										

Continuación....										
LF COMPACTA 27.3W	30.33	57						57	1.73	0.95%
LF COMPACTA 13W	14.44	20		13				33	0.48	0.26%
L. DE ADITIVOS METÁLICOS	444.44			3				3	1.33	0.73%
L. INCANDESCENTE	66.67	4		6	2			12	0.80	0.44%
Total									62.96	35.00%

Fuente: Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012

PORCENTAJES DE CONSUMO KVA CON TECNOLOGIA T5

Los porcentajes de la siguiente tabla son un aproximado de consumo que obtendríamos si migráramos a una tecnología más eficiente, en este caso son lámparas T5

Tabla 4-27 Lámparas T5 Porcentaje en KVA

CARGA	POTENCIA (VA)	CANTIDAD						TOTAL	TOTAL KVA	PORCENTAJE
		SOT	PB	N1	N2	N3	N4			
LFT-5 1X28W	32.666	1		12	4			17	0.5553	0.48%
LFT-5 1X35W	40.833	32		6	2			40	1.6333	1.41%
LFT-5 2X21W	49	1						1	0.049	0.04%
LFT-5 3X28W	98	59	42	58	44	55	10	268	26.264	22.67%
LFT-5 3X35W	81.666	72	27	52		2		153	12.495	10.79%
LFT-5 3X28W	98	4						4	0.392	0.34%
LFT-5 4X28W	130.666	10	10					20	2.6133	2.26%
LFT-5 4X35W	163.333	47	47	4				98	16.006	13.82%
Total									60	51.00%

Fuente: Elaboración Propia

4.3 ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO EN CONSUMO DE ENERGÍA⁷

Se realizó el análisis para el periodo comprendido del domingo 26 de octubre 2014 a sábado 4 abril 2015, debido a que es el periodo donde la demanda energética es mayor. A diferencia del horario de verano donde las personas salen tarde del trabajo y pueden aprovechar la luz de día para hacer tareas, compras, además de que las personas tienden a pasar más tiempo afuera.

El análisis está basado en la tarifa H-M (media tensión), región central establecida por CFE (Comisión Federal de Electricidad) en los tres diferentes horarios para cada mes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4-28 Tarifas establecidas por CFE

Central	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Demanda Facturable (\$/kW)	\$176.90	\$176.83	\$178.74	\$180.15	\$180.38	\$179.50	\$179.37	\$179.73	\$180.29	\$180.70	\$181.22	\$181.98
Energía Punta (\$/kWh)	\$2.1777	\$2.2049	\$2.1606	\$2.1723	\$2.1436	\$2.1496	\$2.1642	\$2.1951	\$2.1734	\$2.1343	\$2.1228	\$2.1086
Energía Intermedia (\$/kWh)	\$1.3837	\$1.4219	\$1.3417	\$1.3449	\$1.3041	\$1.3195	\$1.3400	\$1.3786	\$1.3439	\$1.2877	\$1.2684	\$1.2435
Energía Base (\$/kWh)	\$1.1568	\$1.1887	\$1.1217	\$1.1244	\$1.0903	\$1.1032	\$1.1203	\$1.1526	\$1.1236	\$1.0766	\$1.0605	\$1.0397

Fuente: <http://app.cfe.gob.mx>

⁷ Datos obtenidos del sitio oficial de CFE : <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas>

4.3.1 Análisis de costo de la energía con ambos sistemas de iluminación para el año 2014 consumo de la energía en caso base análisis enero 2014 con T12

El análisis de la propuesta de luminarias refleja un promedio de ahorro significativo de \$30,604.5033 a lo largo del 2014. Debido a esto tomaremos para un análisis menos profundo solo el mes de noviembre, ya que es el mes en que es relativamente más costoso ambos sistemas de iluminación que en el resto del año.

Tabla 4-29 Promedio de ahorro energético a lo largo del año 2014

ENERO	31808.66
FEBRERO	31488.87
MARZO	30613.51
ABRIL	30755.25
MAYO	30248.31
JUNIO	30360.37
JULIO	30635.57
AGOSTO	31084.5
SEPTIEMBRE	30755.37
OCTUBRE	30063.54
NOVIEMBRE	29852.97
DICIEMBRE	29587.12
PROMEDIO	30604.5033

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4-30 Consideraciones en periodo comprendido

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril			
Día	Base	Intermedia	Punta
L-V	00:00-06:00	06:00-18:00 y de 22:00-24:00	18:00-22:00
Sábado	00:00-08:00	08:00-19:00 y de 21:00-24:00	19:00-21:00
Domingos/festivos	00:00-18:00	18:00-24:00	

Fuente: Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012

Es necesario hacer un análisis de la facturación eléctrica para determinar el costo promedio, los otros promedios que se deben obtener son la demanda y el consumo, ya que posteriormente serán comparados. También en base al inventario de luminarias propuestas considerando su carga y su uso determinar el Kwh.

La pequeña tabla que a continuación se muestra, son las consideraciones de uso o consumo en horas al día, a la semana y al mes mensual

Tabla 4-31 Consideraciones de uso

hr/d	1	8	3
hr/semana	5	50	5
hr/mes	25	200	20
f.d. =1			

Fuente: Reporte Ejecutivo RE-FQ-B Nov 2012

La siguiente tabla muestra el costo de la energía en el mes de noviembre definida por CFE y que es en este caso Noviembre el mes más costoso en cuanto a consumo y por lo tanto, el mes más costoso en facturación.

Tabla 4-32 Costo de la energía definida por CFE

Mes de Noviembre de 2014			
Cargo por Kilowatt de Demanda facturable	Carga por kilowatt-hora de Energía de Punta	Cargo por Kilowatt-hora de Energía Intermedia	Cargo por Kilowatt-hora de Energía de base
\$/kW	\$/kWh-EP	\$/KWh-EI	\$/kWh-EB
\$ 181.22	\$ 2.1228	\$ 1.2684	\$ 1.0605

Fuente: <http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas>

4.3.1 Consumo de la energía en caso base análisis noviembre 2014 con t12

Tabla 4-33 Consumo energético Noviembre 2014

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-34 Costo por consumo energético Noviembre 2014

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
17.58	168.19	105.56	291.32	150.19	441.51
79.54	761.04	477.63	1,318.21	679.58	1,997.78
554.22	5,302.93	3,328.13	9,185.27	4,735.28	13,920.55
608.46	5,821.96	3,653.87	10,084.29	5,198.75	15,283.04
12.41	118.72	74.51	205.64	106.01	311.65
82.72	791.48	496.74	1,370.94	706.76	2,077.69
779.47	7,458.19	4,680.77	12,918.43	6,659.84	19,578.27
2,134.39	20,422.51	12,817.20	35,374.10	18,236.40	53,610.49

Fuente: Elaboración Propia

4.3.2 Consumo de la energía en caso propuesto análisis noviembre 2014 con T-5

Tabla 4-35 Consumo de Energía en Caso Propuesto

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara- Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LFT-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LFT-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LFT-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LFT-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LFT-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LFT-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4-36 Costo por consumo en Caso Propuesto

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
9.89	94.67	59.41	163.98	84.54	248.51
58.25	278.44	174.75	511.44	248.63	760.07
624.44	2,984.87	1,873.31	5,482.61	2,665.35	8,147.97
445.61	2,130.06	1,336.83	3,912.50	1,902.05	5,814.55
9.32	44.55	27.96	81.83	39.78	121.61
93.20	445.50	279.60	818.30	397.81	1,216.11
570.85	2,728.70	1,712.54	5,012.09	2,436.61	7,448.70
1,811.56	8,706.79	5,464.40	15,982.75	7,774.78	23,757.53

Fuente: Elaboración Propia

4.3.3 Resumen y boceto de sustitución de sistema de iluminación

Tabla 4-37 Ahorro esperado

Al sustituir el sistema de iluminación tenemos:		
Disminución de la carga instalada en:	57.73	kW
Ahorro del consumo de energía eléctrica en horario intermedio	9,236.61	kWh
Ahorro del consumo de energía eléctrica en horario punta	3463.73	kWh
Ahorro en el costo total de la energía en	\$29,852.97	Mensuales

Fuente: Elaboración Propia

4.4 COSTO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN A INSTALAR

Basándonos en el Ahorro anterior, nos percatamos que permite recuperar rápidamente la inversión realizada al comprar el nuevo sistema de iluminación y que nos permite colaborar y estar a la vanguardia en el uso eficiente de la energía eléctrica. Las luminarias que se eligieron fueron las candidatas ideales tomando en cuenta los recintos del edificio en cuestión y que cuentan con un atuendo elegante y a su vez sencillo con difusor opal de acrílico que hacen que nuestro sistema a instalar abarque todo el local sin que haya zonas con oscuridad. Las luminarias elegidas se muestran en la siguiente tabla, misma que refleja en base a su potencia la longitud necesaria dependiendo de los locales de nuestro recinto EBFO.

Tabla 4-38 Características de las LFT 2x21, 2x28 y 2x35

Luminaria	Dimensiones [mm]	Potencia [W]	Voltaje [V]	Peso [Kg]	Temperatura de color [K]
LF 2x21w T5	Largo: 900 Ancho: 130 Espesor: 48	48	90-140	1.40	4100-6500
LF 2x28w T5	Largo: 1220 Ancho: 130 Espesor: 48	62	90-140	1.65	4100-6500
LF 2x35w T5	Largo: 1500 Ancho: 130 Espesor: 48	77	90-140	2.07	4100-6500
LF 1x21w T5 Stick	Largo: 905 Ancho: 22 Espesor: 43	24	90-140	0.90	41000-6500

Fuente: Catalogo Base No. 6 Magg <http://magg.com.mx/catalogo/aplicacion.php>

En el caso de las LFT5 2x21W, 2x28W y 2x35W son del tipo Block que pueden ir colocadas sobrepuesto o suspendido que es lo requerido en las áreas de laboratorios, mientras que las LFT5 1x21W son denominadas Stick y van sobre canaletas en áreas donde se requiere un sistema de interconexión o iluminación adicional a la

general. Estas luminarias cumplen con facilidad la eficiencia mínima por la NOU (Norma Oficial Universitaria) requerida para difusores de acrílico del 65 %, estas luminarias elegidas tienen un 71% de eficiencia.

Tabla 4-39 Costo de las luminarias y lámparas a instalar

Producto	Costo por unidad (IVA incluido) \$	Unidades	Subtotal \$
LF 1x28W T5	210	17	3570
LF 1x35W T5	280	40	11200
LF 2x21W T5	400	1	400
LF 3x28W T5	416	268	111488
LF 2x35W T5	570	153	87210
LF 3x28W T5	620	4	2480
LF 4x28W T5	750	20	15000
LF 4x35	980	98	96040
LFC 23W	42	12	504
		TOTAL	327,892.00

Fuente: Elaboración Propia

4.5 PERIODO SIMPLE DE RECUPERACIÓN (PSR) ⁸

Este periodo es el lapso de tiempo en que la inversión de nuestro proyecto se recupera a partir de las entradas de efectivo. Para este caso el PSR es muy sencillo de obtener ya que se divide el costo total de los equipos adquiridos entre el ahorro económico que refleja el análisis con la nueva tecnología propuesta.

$$\text{periodo simple de recuperacion} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro esperado}}$$

$$\text{Periodo simple de recuperacion} = \frac{327,892.00}{\$30604.5033}$$

$$\text{Periodo simple de recueracion} = 10.71\text{meses}$$

⁸ Ahorro de energía mediante la evaluación energética FIDE

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo 1 TERMINOLOGÍA BÁSICA Y SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Figura 0-1 Traslado a las nuevas instalaciones	II
Figura 1-1 Tipos de lámparas	5
Figura 1-2 Características de una luminaria.....	6
Figura 1-3 Flujo luminoso.....	6
Figura 1-4 Temperaturas de color en la escala Kelvin	8
Figura 1-5 El color depende de la fuente de luz	9
Figura 1-6 Ejemplos de distribución de luminarias en alumbrado general	10
Figura 1-7 Ejemplo de alumbrado localizado para evitar deslumbramiento.....	11
Figura 1-8 Relación entre el alumbrado general y el localizado.....	11
Figura 1-9 Ejemplo de luminaria para alumbrado exterior	12
Figura 1-10 Lámpara fluorescente tubular de tecnología T-12	12
Figura 1-11 Lámpara fluorescente tubular de tecnología T-8	13
Figura 1-12 Lámpara fluorescente tubular de tecnología T-5.....	13
Figura 1-13 Algunos tipos de lámparas LED	14
Figura 1-14 Algunos tipos de lámparas fluorescentes compactas.....	14
Figura 1-15 Lámpara de haluro metálico.....	15
Figura 1-16 Lámparas de sodio	15
Figura 1-17 Balastros utilizados en caso base	16
Figura 1-18 Comparación técnico-económica de un balastro electrónico	17
Figura 1-19 Comparación de pérdidas en los balastros	18
Figura 1-20 Etiquetado de eficiencia	19
Figura 1-21 Índice de protección, IP.....	22
Figura 2-1 Ejemplo de ubicación geográfica para aprovechamiento de luz.....	27
Figura 2-2 Ubicación y orientación geográfica del Edificio B de la Facultad de Química: entrada principal (SO); ventanas (SO y NO)	28
Figura 2-3 El luxómetro	30
Figura 2-4 Uniformidad de iluminación	32
Figura 2-5 Índice de proporción emitido por el fabricante	33
Figura 3-1 Levantamiento eléctrico en las instalaciones	36
Figura 3-2 Trazador de corriente Amprobe P23	37
Figura 3-3 Delimitación de áreas en los diferentes locales	40

Figura 4-1 Medidas del pasillo en planta baja.....	56
Figura 4-2 Hemeroteca de la Facultad de Química.....	70
Figura 4-3 Delimitación de áreas y cavidades en hemeroteca.....	71
Figura 4-4 Medición del área de pasillo planta baja.....	71
Figura 4-5 Distribución de lámparas en aulas.....	72

INDICE DE TABLAS

Capítulo 1 TERMINOLOGÍA BÁSICA Y SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Tabla 1-1 Clasificación del IRC.....	7
Tabla 1-2 IRC según el tipo de lámpara.....	7
Tabla 1-3 Temperatura del color	8
Tabla 1-4 Temperaturas de color recomendadas	9
Tabla 1-5 Comparación de pérdidas en los balastos	16
Tabla 1-6 Rango de pérdidas por tipo de balastro	17
Tabla 1-7 Criterios de diseño utilizados en los sistemas de iluminación	20
Tabla 1-8 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.....	21
Tabla 1-9 Primer dígito del IP.....	22
Tabla 1-10 Segundo dígito del IP.....	23
Tabla 1-11 Características de las lámparas más comunes	25
Tabla 1-12 Niveles de iluminación recomendados.....	26
Tabla 2-1 Niveles mínimos de iluminación en diferentes áreas, según tarea visual del área de trabajo.....	30
Tabla 2-2 Temperatura de color: observaciones sobre el aspecto cromático	33
Tabla 2-3 Análisis costo-beneficio de los tres sistemas de iluminación	34
Tabla 3-1 Identificación del levantamiento eléctrico en alumbrado en planos eléctricos	37
Tabla 3-2 Consumo en porcentaje de los diferentes tipos de luminarias.....	39
Tabla 3-3 Sótano.....	41
Tabla 3-14 Planta Baja.....	45
Tabla 4-1 Análisis de DPEA de todo el edificio	53
Tabla 4-2	53
Tabla 4-3 DPEA para escuelas.....	53
Tabla 4-4	56
Tabla 4-5 Cálculo del índice del local	57
Tabla 4-6 Coeficientes de reflexión	58
Tabla 4-7 Coeficiente de utilización.....	59
Tabla 4-8 Coeficiente de mantenimiento	59
Tabla 4-9 Sótano	61
Tabla 4-10 Planta baja.....	62
Tabla 4-11 Primer nivel.....	62
Tabla 4-12 Segundo nivel	62

Tabla 4-13 Tercer nivel	63
Tabla 4-14 Cuarto nivel	63
Tabla 4-15 Sótano	63
Tabla 4-16 Planta baja.....	64
Tabla 4-17 Primer nivel.....	64
Tabla 4-18 Segundo nivel	64
Tabla 4-19 Tercer nivel.....	65
Tabla 4-20 Cuarto nivel	65
Tabla 4-21 Sótano.....	66
Tabla 4-22 Baños	66
Tabla 4-23 Lámparas prohibidas.....	73
Tabla 4-24 Lámparas T-12 KVA	75
Tabla 4-25 Lámparas T8 porcentaje en KVA.....	76
Tabla 4-26 Otras Lámparas	76
Tabla 4-27 Lámparas T5 Porcentaje en KVA	77
Tabla 4-28 Tarifas establecidas por CFE	78
Tabla 4-29 Promedio de ahorro energético a lo largo del año 2014.....	79
Tabla 4-30 Consideraciones en periodo comprendido.....	79
Tabla 4-31 Consideraciones de uso	80
Tabla 4-32 Costo de la energía definida por CFE	80
Tabla 4-33 Consumo energético Noviembre 2014.....	81
Tabla 4-34 Costo por consumo energético Noviembre 2014.....	81
Tabla 4-35 Consumo de Energía en Caso Propuesto	82
Tabla 4-36 Costo por consumo en Caso Propuesto	82
Tabla 4-37 Ahorro esperado.....	83
Tabla 4-38 Características de las LFT 2x21, 2x28 y 2x35	83
Tabla 4-39 Costo de las luminarias y lámparas a instalar	84

BLIBLIOGRAFIA

- Donald G. Fink / H. Wayne Beaty. **Manual de Ingeniería Eléctrica**. Decimotercera edición. Editorial Océano de México, 1966
- Becerril L. Diego Onésimo. **Instalaciones Eléctricas Prácticas**. Doceava edición. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del IPN.
- Chapa Carreón Jorge. **Manual de Instalaciones de Alumbrado y Fotometría**. Primera Edición. Editorial Limusa. México 1990.
- Paul G. Hewitt. **Física Conceptual**. Décima Edición. Editorial Pearson. España 2007.
- Aguirre Gili R. **Luminotecnia sus Principios y Aplicaciones**. Tercera Edición. Editorial Gustavo Gill S.A. Barcelona España.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-025-STPS-2008** Condiciones de Iluminación en Centros de Trabajo.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-007-ENER-2004** Eficiencia Energética en Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales
- Norma Oficial Mexicana **NOM-001-SEDE-2012** Instalaciones Eléctricas
- Norma Oficial Universitaria **NOU-PAEFI 02-09** Instalaciones Eléctricas

Publicaciones de Apoyo

- **límites Mínimos de Eficacia para Lámparas de Iluminación General**
<http://www.alcione.mx/upload/NOMo28esp.pdf>
- **La Legislación Energética NOM 028-2010 Una guía rápida para entender sus alcances**
<http://bricos.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/01/NOMo28PHILIPS.pdf>
- **Guía de Lámparas Fluorescentes Lineales**
http://www.eco-tubo.com/docs/GUIA_DE_LAMPARAS_FLUORESCENTES.pdf
- **Apuntes de Cavidad Zonal. Ingenieros Carlos Lazo García y Alex Ramirez, Genertek S.A. de C.V.**

- **Catálogo de Balastros Phillips 2014-2015**
http://www.lighting.philips.com.mx/pwc_li/mx_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Catalogo-Balastros-2014-11-Marzo.pdf

- **Luminotecnia: Calculo según el método de los lúmenes**
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12833/artículo%20docente%20Cálculo%20método%20de%20los%20lúmenes.pdf>

- **Philips lighting México Catalogo general de lámparas**
[http://www.lighting.philips.com.mx/pwc_li/mx_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Catalogo_Philips_2010%20\(4\).pdf](http://www.lighting.philips.com.mx/pwc_li/mx_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Catalogo_Philips_2010%20(4).pdf)

- **Calculo de Instalaciones de Alumbrado**
<http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>

ANEXO A "TABLAS DE DESCRIPCIÓN DETALLA DE LA DPEA EN ILUMINACIÓN PROPUESTA"

En las siguientes tablas (A-1) a (A-30) mostramos el resultado del análisis DPEA desde el sótano hasta el cuarto nivel abarcando aulas, laboratorios, cubículos y pasillos con la tecnología eficiente que nos proporciona un ahorro económico y energético muy significativo.

Tabla A-1 Sótano

SÓTANO							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x35 W T5	73.5	6	441				
LF 1x35 W T5	36.75	4	147				
LF 2x21 W T5	58.8	8	470.4				
LF 2x21W T5	44.1	1	44.1				
LF 2x21 W T5	58.8	72	4233				
TOTAL			5335.5	319.81	16.68	17.2	SI CUMPLE

Tabla A-2 Sótano

SÓTANO							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28 W T5	58.8	1	58.8				
LF 2x28W T5	58.8	1	58.8				
TOTAL			117.6	32.16	3.65	10.8	SI CUMPLE

Tabla A-3 Sótano

SÓTANO							
Oficinas Cerradas	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 1x35 W T5	36.75	5	175				
LF de 2x35 W T5	73.5	27	1984.5				
LF 1x28 W T5	28	1	28				
LF 2x28 W T5	58.8	6	352.8				
LF 3x28 W T5	88.2	4	352.8				
TOTAL			2893.1	241.51	11.97	19.9	SI CUMPLE

Tabla A-4 Sótano

SÓTANO							
Almacenamiento	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 1x35 W T5	36.75	4	147				
LF 2x28 W T5		3	176.4				
TOTAL			323.4	32.38	9.98	20.4	SI CUMPLE

Tabla A-5 Sótano

SÓTANO							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x35 W T5	73.5	4	294				
LF 2x28 W T5		22	1293.6				
TOTAL			1587.6	241.41	6.57	7.5	SI CUMPLE

Tabla A-6 Sótano

SÓTANO							
Almacén Activo	Potencia [W]	Cantidad	Total[w]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 1x35 W T5	36.75	2	73.5				
TOTAL			73.5	33.42	2.19	11.8	SI CUMPLE

Tabla A-7 Sótano

SÓTANO							
Laboratorio de Cómputo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x35 W T5	73.5	35	2572.5				
LF 2x28 W T5	58.8	5	294				
TOTAL			2866.5	219.52	13.05	21	SI CUMPLE

Tabla A-8 Sótano

SOTANO							
Cuarto de Máquinas y Eléctricos	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x21 W T5	44.1	3	132.3				
LF 2x75 W T5	157.5	1	157.5				
TOTAL			289.8	27.86	10.40	14	SI CUMPLE

Tabla A-9 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28 W T5	58.8	1	58.8				
LF 2x35 W T5	73.5	2	147				
LF 3X14 W T5	44.1	4	176.4				
LF 2X28W T5	58.8	1	58.8				
LF 2X21 W T5	44.1	1	44.1				
LF Compacta 2x13W	26	8	208				
TOTAL			693.1				

Tabla A-10 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 4X35 W T5	147	3	441				
LF 2X35 W T5	73.5	23	1690.5				
LF 2X28 T5	58.8	22	1293.6				
LF 2X21 W T5	44.1	19	837.9				
LF 2X21 W T5	44.1	12	529.2				
LF 2X21 W T5	44.1	8	352.8				
LF 3X14 W T5	44.1	68	2,998.8				
LF 2X28 W T5	58.8	6	352.8				
Lámpara dicroica 50 W	50	2	100				
Lámpara incandescente 35 W	35	2	70				
TOTAL			8666.6				

Tabla A-11 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Hemeroteca	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF Compacta 1x65	65	57	3705				
LF Compacta 2x13	44	44	1936				
TOTAL			5,641.0	503.6	11.2	17.2	SI CUMPLE

Tabla A-12 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28W T5	58.8	14	823.2				
LF 2x28 W T5	58.8	44	2587.2				
LF 2x28 W T5	58.8	10	588				
LF 2x21 W T5	42	8	336				
LFC 2x13 W	26	5	130				
TOTAL			4464.4	794.91	5.6	7.5	SI CUMPLE

Tabla A-13 Planta Baja

PLANTA BAJA							
Sala de Lectura	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28W T5	58.8	2	117.6				
LF Compacta 1x13W	13	20	260				
LF Compacta 1x80W	80	6	480				
Lámpara de Yodo - Cuarzo de 100W	100	2	200				
TOTAL			1057.6	157.4	6.71	17.2	SI CUMPLE

Tabla A-14 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Bodega	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28W T5	56	1	56				
TOTAL			56	15.91	3.51	11.8	SI CUMPLE

Tabla A-15 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28W T5	56	8	448				
LF	53.55	1	53.55				
TOTAL			501.55	48.85	10.26	10.8	SI CUMPLE

Tabla A-16 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x35 T5	73.5	24	1764				
LF 2x28W T5	58.8	6	352.8				
LF 2x21W T5	44.1	33	1455.3				
LF 2x21 W T5	44.1	44	1940.4				
TOTAL			5512.5	595.67	9.25	17.2	SI CUMPLE

Tabla A-17 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 1x35 W T5	36.75	6	220.5				
LF 2x35 W T5	73.5	30	2205				
LF 4x35 W T5	147	4	588				
LF 1x28 W T5	29.4	12	352.8				
LF 2x28W T5	58.8	15	882				
LF 2x21 W T5	44.1	44	1940.4				
LF 3x17 T8	53.55	8	428.4				
Lámpara Dicroica 50 W	50	3	150.0				
Lámpara incandescente 60w	60	6	360				
TOTAL			7127.1				

Tabla A-18 Primer nivel

PRIMER NIVEL							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28W T5	58.8	34	1999.2				
LF 2x35W T5	73.5	1	73.5				
Lámpara de emergencia 52 W	65	3	195				
TOTAL			2267.7	299.43	7.5	7.5	SI CUMPLE

Tabla A-19 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28W T5	58.8	8	470.4				
TOTAL			470.4	45	10.45	10.8	SI CUMPLE

Tabla A-20 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x21W T5	44.1	53	2337.3				
LF 2x21W T5	44.1	128	5644.8				
TOTAL			7982.1	682.83	11.68	17.2	SI CUMPLE

Tabla A-21 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x21 W	44.1	20	882				
LF 1x21 W	22.05	5	110.25				
LF 2x28W	58.8	5	294				
LF 1x35 W	36.75	2	73.5				
LF 1x28W	29.4	4	117.6				
Lámpara incandescente 60 W	60	2	120				
TOTAL			1597.35	160.75	9.93	16.1	SI CUMPLE

Tabla A-22 Segundo nivel

SEGUNDO NIVEL							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x35	73.5	41	3013.5				
TOTAL			3013.5	339	7.4	7.5	SI CUMPLE

Tabla A-23 Tercer nivel

TERCER NIVEL							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28w T5	58.8	8	470				
TOTAL			470.4	46.95	10.01	10.8	SI CUMPLE

Tabla A-24 Tercer nivel

TERCER NIVEL							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x21 W T5	44.1	15	661.5				
LF 2x28W T5	58.8	18	1058.4				
LF 2x35 W T5	73.5	2	147				
TOTAL			1866.9	5,594	0.33	16.1	SI CUMPLE

Tabla A-25 Tercer nivel

TERCER NIVEL							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF2x21W T5	44.1	88	3880.8				
LF3x17W T8	53.55	84	4498.2				
TOTAL			8379	688.5	12.16	17.2	SI CUMPLE

Tabla A-26 Tercer nivel

TERCER NIVEL							
Pasillo	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x21 W T5	44.1	6	264.6				
LF 2x28W T5	58.8	36	2116.8				
TOTAL			2381.4	313.43	7.5	7.5	SI CUMPLE

Tabla A-27 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL							
Baños	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x28W T5	58.8	2	58.8				
LF 2x28 W T5	58.8	2	58.8				
TOTAL			117.6	33.16	3.65	10.8	SI CUMPLE

Tabla A-28 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL							
Aulas y Laboratorios	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2X21WT5	44.1	17	1,142.4				
LF 2X21WT5	44.1	73	4,905.6				
TOTAL			6,048	379.37	15.9	17.2	SI CUMPLE

Tabla A-29 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL							
Oficinas	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x21 W T5	44.1	6	403.2				
LF 2x28 W T5	58.8	3	292.5				
TOTAL			695.7	61.68	11.3	16.1	SI CUMPLE

Tabla A-30 Cuarto nivel

CUARTO NIVEL							
Pasillos	Potencia [W]	Cantidad	Total [W]	Area [m ²]	DPEA [W/m ²]	DPEA Norma	Adicionales
LF 2x21 W T5	44.1	6	264.6				
LF 2x28W T5	58.8	7	411.6				
LF 2x28 W T5	58.8	1	58.8				
Lámpara de yodo Cuarzo	100	3	300				
TOTAL			1035	207.61	4.9	7.5	SI CUMPLE

ANEXO B "DESCRIPCIÓN MENSUAL DEL AÑO 2014 EN CONSUMO ENERGÉTICO Y EL COSTO POR CONSUMO CON LA TECNOLOGÍA PROPUESTA"

En las tablas (B-1) a (B-43) mostramos el consumo energético y el costo por consumo energético en el caso base y la comparación del posible ahorro si se instalara el sistema de iluminación eficiente que hemos propuesto basados en el análisis del ANEXO A (DPEA) y los niveles de iluminación marcados por las normas oficiales.

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS ENERO 2014 CON T12

Tabla B-1

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-2

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
25.99	183.48	107.90	317.37	146.61	463.98
117.60	830.22	488.25	1,436.07	663.38	2,099.45
819.44	5,784.97	3,402.13	10,006.54	4,622.40	14,628.93
899.64	6,351.18	3,735.11	10,985.94	5,074.82	16,060.75
18.35	129.51	76.17	224.03	103.49	327.51
122.30	863.43	507.78	1,493.51	689.91	2,183.42
1,152.48	8,136.16	4,784.85	14,073.49	6,501.08	20,574.56
3,155.80	22,278.95	13,102.19	38,536.94	17,801.67	56,338.61

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS ENERO 2014 CON T5

Tabla B-3

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara- Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LFT-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LFT-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LFT-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LFT-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LFT-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LFT-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-4

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
14.63	103.27	60.74	178.64	82.52	261.16
59.54	303.75	178.63	541.93	242.71	784.64
638.32	3,256.20	1,914.96	5,809.48	2,601.82	8,411.30
455.52	2,323.69	1,366.55	4,145.76	1,856.71	6,002.46
9.53	48.60	28.58	86.71	38.83	125.54
95.27	486.00	285.82	867.09	388.33	1,255.42
583.54	2,976.75	1,750.62	5,310.90	2,378.53	7,689.43
1,856.35	9,498.26	5,585.90	16,940.50	7,589.44	24,529.95

AHORRO ENERO 2014: \$31,808.66

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS FEBRERO 2014 CON T12

Tabla B-5

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-6

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
19.70	188.54	109.64	317.89	146.55	464.43
89.15	853.14	496.10	1,438.40	663.11	2,101.51
621.21	5,944.68	3,456.84	10,022.74	4,620.57	14,643.30
682.02	6,526.52	3,795.18	11,003.72	5,072.81	16,076.53
13.91	133.09	77.39	224.39	103.45	327.84
92.72	887.27	515.95	1,495.93	689.64	2,185.57
873.69	8,360.77	4,861.80	14,096.27	6,498.50	20,594.77
2,392.41	22,894.01	13,312.91	38,599.33	17,794.62	56,393.95

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS FEBRERO 2014 CON T5

Tabla B-7

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LF T-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LF T-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LF T-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LF T-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LF T-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LF T-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LF T-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-8

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
11.09	106.13	61.71	178.93	82.49	261.42
60.50	312.14	181.51	554.15	242.61	796.76
648.59	3,346.09	1,945.76	5,940.44	2,600.79	8,541.23
462.84	2,387.84	1,388.53	4,239.21	1,855.97	6,095.18
9.68	49.94	29.04	88.66	38.82	127.48
96.80	499.42	290.41	886.63	388.18	1,274.81
592.92	3,058.93	1,778.77	5,430.62	2,377.59	7,808.21
1,882.43	9,760.48	5,675.74	17,318.64	7,586.44	24,905.08

AHORRO FEBRERO 2014: \$31,488.87

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS MARZO 2014 CON T12

Tabla B-9

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-10

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
18.59	177.91	107.44	303.94	148.13	452.07
84.13	805.02	486.14	1,375.28	670.28	2,045.56
586.20	5,609.38	3,387.39	9,582.97	4,670.48	14,253.44
643.58	6,158.40	3,718.93	10,520.91	5,127.60	15,648.51
13.12	125.58	75.84	214.54	104.56	319.11
87.49	837.22	505.58	1,430.29	697.09	2,127.38
824.45	7,889.20	4,764.12	13,477.77	6,568.70	20,046.46
2,257.56	21,602.71	13,045.43	36,905.71	17,986.83	54,892.54

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS MARZO 2014 CON T5

Tabla B-11

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LF T-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LF T-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LF T-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LF T-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LF T-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LF T-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LF T-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-12

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
10.47	100.14	60.47	171.08	83.38	254.46
59.29	294.53	177.86	531.68	245.23	776.91
635.56	3,157.36	1,906.67	5,699.58	2,628.88	8,328.46
453.54	2,253.15	1,360.63	4,067.33	1,876.02	5,943.35
9.49	47.12	28.46	85.07	39.24	124.31
94.86	471.25	284.58	850.68	392.37	1,243.05
581.01	2,886.39	1,743.03	5,210.44	2,403.27	7,613.71
1,844.21	9,209.95	5,561.70	16,615.86	7,668.38	24,284.24

AHORRO MARZO 2014: \$30,613.51

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS ABRIL 2014 CON T12

Tabla B-13

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LF T-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LF T-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LF T-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LF T-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LF T-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LF T-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LF T-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-14

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
18.64	178.33	108.02	304.99	149.30	454.29
84.33	806.94	488.77	1,380.04	675.56	2,055.60
587.61	5,622.76	3,405.73	9,616.10	4,707.32	14,323.42
645.12	6,173.09	3,739.07	10,557.29	5,168.05	15,725.34
13.16	125.88	76.25	215.29	105.39	320.67
87.70	839.22	508.32	1,435.24	702.59	2,137.82
826.43	7,908.01	4,789.92	13,524.37	6,620.51	20,144.88
2,263.00	21,654.23	13,116.08	37,033.31	18,128.72	55,162.03

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS ABRIL 2014 CON T5

Tabla B-15

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LFT-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LFT-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LFT-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LFT-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LFT-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LFT-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-16

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
10.49	100.38	60.80	171.67	84.04	255.71
59.61	295.23	178.82	533.66	247.17	780.83
639.00	3,164.89	1,916.99	5,720.88	2,649.62	8,370.50
456.00	2,258.53	1,368.00	4,082.53	1,890.82	5,973.35
9.54	47.24	28.61	85.39	39.55	124.93
95.37	472.37	286.12	853.86	395.47	1,249.33
584.16	2,893.28	1,752.47	5,229.91	2,422.22	7,652.13
1,854.16	9,231.92	5,591.82	16,677.90	7,728.87	24,406.77

AHORRO ABRIL 2014: \$30,755.25

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS MAYO 2014 CON T12

Tabla B-17

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-18

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
18.07	172.92	106.59	297.59	149.49	447.08
81.77	782.46	482.31	1,346.54	676.43	2,022.97
569.79	5,452.18	3,360.74	9,382.71	4,713.33	14,096.04
625.56	5,985.82	3,689.67	10,301.05	5,174.65	15,475.70
12.76	122.06	75.24	210.06	105.52	315.58
85.04	813.76	501.60	1,400.40	703.48	2,103.89
801.37	7,668.11	4,726.64	13,196.12	6,628.97	19,825.08
2,194.37	20,997.31	12,942.79	36,134.47	18,151.86	54,286.33

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS MAYO 2014 CON T5

Tabla B-19

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LFT-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LFT-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LFT-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LFT-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LFT-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LFT-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-20

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
10.17	97.33	60.00	167.50	84.14	251.65
58.82	286.28	176.46	521.56	247.48	769.04
630.55	3,068.88	1,891.66	5,591.10	2,653.00	8,244.10
449.98	2,190.01	1,349.93	3,989.92	1,893.23	5,883.15
9.41	45.80	28.23	83.45	39.60	123.05
94.11	458.04	282.34	834.49	395.97	1,230.46
576.44	2,805.51	1,729.32	5,111.26	2,425.32	7,536.58
1,829.49	8,951.85	5,517.94	16,299.28	7,738.74	24,038.02

AHORRO MAYO 2014: \$30,248.31

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS JUNIO 2014 CON T12

Tabla B-21

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-22

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
18.29	174.97	106.49	299.74	148.76	448.50
82.74	791.70	481.86	1,356.30	673.13	2,029.43
576.53	5,516.57	3,357.60	9,450.70	4,690.34	14,141.03
632.96	6,056.51	3,686.23	10,375.70	5,149.41	15,525.10
12.91	123.51	75.17	211.58	105.01	316.59
86.05	823.37	501.13	1,410.55	700.05	2,110.60
810.85	7,758.66	4,722.23	13,291.74	6,596.63	19,888.37
2,220.33	21,245.27	12,930.71	36,396.31	18,063.31	54,459.62

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS JUNIO 2014 CON T5

Tabla B-23

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LF T-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LF T-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LF T-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LF T-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LF T-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LF T-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LF T-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-24

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
10.29	98.48	59.94	168.72	83.73	252.45
58.77	289.66	176.30	524.72	246.27	770.99
629.97	3,105.12	1,889.90	5,624.98	2,640.06	8,265.04
449.56	2,215.87	1,348.67	4,014.10	1,884.00	5,898.09
9.40	46.35	28.21	83.95	39.40	123.36
94.02	463.45	282.07	839.55	394.04	1,233.59
575.90	2,838.64	1,727.71	5,142.24	2,413.49	7,555.73
1,827.91	9,057.56	5,512.79	16,398.26	7,700.99	24,099.25

AHORRO JUNIO 2014: \$30,360.37

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS JULIO 2014 CON T12

Tabla B-25

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-26

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
18.57	177.68	107.61	303.87	148.65	452.52
84.02	804.00	486.95	1,374.97	672.64	2,047.61
585.47	5,602.27	3,393.03	9,580.77	4,686.94	14,267.71
642.77	6,150.60	3,725.13	10,518.50	5,145.68	15,664.18
13.11	125.42	75.96	214.49	104.93	319.43
87.38	836.16	506.42	1,429.97	699.54	2,129.51
823.42	7,879.20	4,772.06	13,474.68	6,591.85	20,066.53
2,254.74	21,575.34	13,067.17	36,897.25	18,050.23	54,947.48

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS JULIO 2014 CON T5

Tabla B-27

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base kWh	Interm. kWh	Punta kWh
LF T-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LF T-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LF T-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LF T-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LF T-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LF T-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LF T-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-28

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
10.45	100.01	60.57	171.04	83.67	254.71
59.39	294.16	178.16	531.70	246.10	777.80
636.61	3,153.36	1,909.84	5,699.82	2,638.15	8,337.96
454.30	2,250.30	1,362.90	4,067.50	1,882.63	5,950.13
9.50	47.07	28.51	85.07	39.38	124.45
95.02	470.65	285.05	850.72	393.75	1,244.47
581.98	2,882.74	1,745.94	5,210.65	2,411.74	7,622.39
1,847.25	9,198.28	5,570.97	16,616.50	7,695.41	24,311.91

AHORRO JULIO 2014: \$30,635.57

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS AGOSTO 2014 CON T12

Tabla B-29

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-30

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
19.10	181.74	109.15	310.00	148.95	458.95
86.45	822.36	493.90	1,402.70	673.99	2,076.69
602.35	5,730.20	3,441.48	9,774.03	4,696.34	14,470.38
661.30	6,291.05	3,778.32	10,730.67	5,156.00	15,886.68
13.49	128.29	77.05	218.82	105.14	323.96
89.90	855.25	513.65	1,458.81	700.95	2,159.76
847.16	8,059.13	4,840.20	13,746.48	6,605.08	20,351.56
2,319.75	22,068.03	13,253.74	37,641.52	18,086.45	55,727.98

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS AGOSTO 2014 CON T5

Tabla B-31

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara- Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LFT-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LFT-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LFT-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LFT-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LFT-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LFT-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-32

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
10.75	102.30	61.44	174.49	83.84	258.33
60.23	300.87	180.70	541.81	246.59	788.40
645.70	3,225.37	1,937.11	5,808.18	2,643.44	8,451.62
460.79	2,301.69	1,382.36	4,144.83	1,886.41	6,031.24
9.64	48.14	28.91	86.69	39.45	126.14
96.37	481.40	289.12	866.89	394.54	1,261.44
590.29	2,948.57	1,770.87	5,309.72	2,416.58	7,726.30
1,873.78	9,408.33	5,650.51	16,932.62	7,710.86	24,643.47

AHORRO AGOSTO 2014: \$31,084.5

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS SEPTIEMBRE 2014 CON 12

Tabla B-33

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-34

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
18.62	178.20	108.07	304.90	149.42	454.31
84.27	806.34	489.02	1,379.63	676.09	2,055.71
587.19	5,618.58	3,407.46	9,613.23	4,710.98	14,324.20
644.67	6,168.50	3,740.96	10,554.13	5,172.07	15,726.20
13.15	125.79	76.29	215.22	105.47	320.69
87.64	838.59	508.58	1,434.81	703.13	2,137.94
825.85	7,902.13	4,792.35	13,520.33	6,625.66	20,145.98
2,261.39	21,638.13	13,122.72	37,022.24	18,142.81	55,165.04

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS SEPTIEMBRE 2014 CON T5

Tabla B-35

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LF T-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LF T-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LF T-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LF T-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LF T-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LF T-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LF T-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-36

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
10.48	100.30	60.83	171.62	84.10	255.72
59.64	295.01	178.91	533.57	247.36	780.92
639.32	3,162.54	1,917.96	5,719.82	2,651.68	8,371.50
456.23	2,256.85	1,368.69	4,081.77	1,892.29	5,974.06
9.54	47.20	28.63	85.37	39.58	124.95
95.42	472.02	286.26	853.70	395.77	1,249.48
584.45	2,891.13	1,753.36	5,228.94	2,424.11	7,653.05
1,855.09	9,225.05	5,594.65	16,674.79	7,734.88	24,409.67

AHORRO SEPTIEMBRE 2014: \$30,755.37

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS OCTUBRE 2014 CON T- 12

Tabla B-37

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-38

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
17.84	170.75	106.13	294.72	149.76	444.48
80.75	772.62	480.22	1,333.58	677.63	2,011.21
562.63	5,383.62	3,346.16	9,292.40	4,721.69	14,014.09
617.70	5,910.54	3,673.66	10,201.91	5,183.83	15,385.74
12.60	120.53	74.91	208.04	105.71	313.75
83.97	803.52	499.43	1,386.93	704.73	2,091.66
791.30	7,571.68	4,706.13	13,069.11	6,640.73	19,709.83
2,166.79	20,733.26	12,886.64	35,786.69	18,184.07	53,970.75

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS OCTUBRE 2014 CON T-5

Tabla B-39

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LF T-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LF T-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LF T-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LF T-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LF T-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LF T-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LF T-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-40

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
10.04	96.11	59.74	165.89	84.29	250.18
58.57	282.68	175.70	516.94	247.92	764.86
627.82	3,030.29	1,883.46	5,541.56	2,657.71	8,199.27
448.02	2,162.47	1,344.07	3,954.57	1,896.59	5,851.16
9.37	45.23	28.11	82.71	39.67	122.38
93.70	452.28	281.11	827.10	396.67	1,223.77
573.94	2,770.22	1,721.82	5,065.98	2,429.62	7,495.60
1,821.47	8,839.28	5,494.00	16,154.74	7,752.47	23,907.21

AHORRO OCTUBRE 2014: \$30,063.54

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO BASE ANÁLISIS DICIEMBRE 2014 CON T-12

Tabla B-41

Lámparas Actuales	Cantidad	Potencia Lámpara-Balastro	Potencia Total Instalada kW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LFT-12 1X39W	17	48.75	0.83	16.58	132.60	49.73
LFT-12 1X75W	40	93.75	3.75	75.00	600.00	225.00
LFT-12 2X39W	268	97.50	26.13	522.60	4,180.80	1,567.80
LFT-12 2X75W	153	187.50	28.69	573.75	4,590.00	1,721.25
LFT-12 3X39W	4	146.25	0.59	11.70	93.60	35.10
LFT-12 4X39W	20	195.00	3.90	78.00	624.00	234.00
LFT-12 4X75W	98	375.00	36.75	735.00	5,880.00	2,205.00
TOTAL	600	1,143.75	100.63	2,012.63	16,101.00	6,037.88

Tabla B-42

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Costo de consumo +demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
17.23	164.87	104.85	286.96	150.82	437.77
77.98	746.04	474.44	1,298.45	682.43	1,980.88
543.35	5,198.41	3,305.86	9,047.62	4,755.14	13,802.75
596.53	5,707.21	3,629.43	9,933.16	5,220.55	15,153.71
12.16	116.38	74.01	202.56	106.46	309.02
81.10	775.88	493.41	1,350.39	709.72	2,060.11
764.18	7,311.19	4,649.46	12,724.83	6,687.77	19,412.60
2,092.53	20,019.98	12,731.46	34,843.97	18,312.87	53,156.85

CONSUMO DE LA ENERGÍA EN CASO PROPUESTO ANÁLISIS DICIEMBRE 2014 CON T-5

Tabla B-43

Lámparas Eficientes	Cantidad	Potencia Lámpara- Balastro	Potencia Total Instalada KW	Consumo Mensual de Energía		
				Base	Interm.	Punta
				kWh	kWh	kWh
LF T-5 1X28W	17	27.44	0.47	9.33	74.64	27.99
LF T-5 1X35W	40	34.30	1.37	27.44	219.52	82.32
LF T-5 2X28W	268	54.88	14.71	294.16	2,353.25	882.47
LF T-5 2X35W	153	68.60	10.50	209.92	1,679.33	629.75
LF T-5 3X28W	4	54.88	0.22	4.39	35.12	13.17
LF T-5 4X28W	20	109.76	2.20	43.90	351.23	131.71
LF T-5 4X35W	98	137.20	13.45	268.91	2,151.30	806.74
TOTAL	600	487.06	42.90	858.05	6,864.39	2,574.15

Tabla B-44

Costo por Consumo Mensual de la Energía				Costo de la Energía Demandada	Consumo + Demanda
Base	Interem.	Punta	Total	Potencia	Total
\$	\$	\$	\$	\$	\$
9.70	92.80	59.02	161.52	84.89	246.41
57.86	272.95	173.58	504.39	249.68	754.07
620.26	2,926.04	1,860.78	5,407.07	2,676.53	8,083.61
442.63	2,088.08	1,327.89	3,858.59	1,910.03	5,768.62
9.26	43.67	27.77	80.70	39.95	120.65
92.58	436.72	277.73	807.03	399.48	1,206.51
567.03	2,674.92	1,701.08	4,943.03	2,446.83	7,389.86
1,799.31	8,535.18	5,427.85	15,762.34	7,807.39	23,569.72

ANEXO C "PLANOS ELECTRICOS"

