



**BUAP**

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**Facultad de Ingeniería**

**Colegio de Ingeniería Mecánica y Eléctrica**

**“PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ILUMINACIÓN EN UN EDIFICIO DE DOCENCIA”**

**TESIS**

Que para obtener el Título de

**INGENIERO MECÁNICO Y ELÉCTRICO**

Presenta:

**SILÓN ANÍBAL JUVENTINO MONTOYA**  
**MATRÍCULA: 200012955**

Asesor de tesis:  
**M.I. GENARO CAMPOS CASTILLO**

Puebla, Pue.

Abril de 2016



**BUAP**

Oficio No. S.AC. 0798/16

**ACEPTACIÓN TEMA TESIS**

**C. SILÓN ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
PASANTE DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
DE LA B.U.A.P.  
PRESENTE.**

En atención a la autorización del Tema de Tesis que puso Usted a consideración de esta Facultad, se turnó la misma al:

**M. en C. VICTOR GALINDO LÓPEZ  
COORDINADOR DEL COLEGIO DE  
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA**

Habiendo autorizado el tema denominado:

**“PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ILUMINACIÓN  
EN UN EDIFICIO DE DOCENCIA”**

Por lo anterior hacemos de su conocimiento que se asigna como Asesor de esta tesis al: **M.I. GENARO CAMPOS CASTILLO.**

Sin otro particular de momento, me es grato quedar de usted.

ATENTAMENTE

“PENSAR BIEN PARA VIVIR MEJOR”

H. Puebla de Z., 23 de febrero de 2016

**M.I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO  
DIRECTOR**



C.c.p.- Mesa de Exámenes Profesionales

Asesor

Archivo

M'EIVA\*M'AEPS\*rba.



Facultad  
de Ingeniería

Bldv. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610



**BUAP**

**Asunto: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN**

**M.I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE LA B.U.A.P.**

**Presente.**

El suscrito: **M.I. GENARO CAMPOS CASTILLO**, Asesor Interno del Tema de Tesis denominado:

**“PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ILUMINACIÓN EN  
EN UN EDIFICIO DE DOCENCIA “**

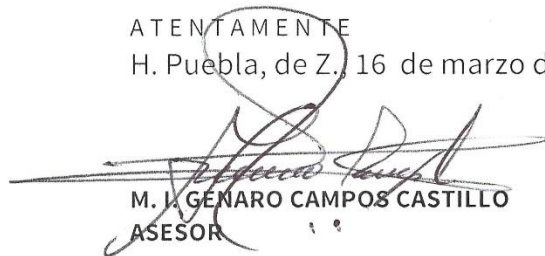
Presentado por el **C. SILÓN ANIBAL JUVENTINO MONTOYA matrícula: 200012955**, Pasante de la Carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, y en atención al oficio No. S.AC. 0798/16, de fecha 23 de febrero del presente año, me permito informar a usted que **después de haber revisado cuidadosamente el contenido temático, la metodología, la redacción y la ortografía** de la Tesis, no tengo inconveniente en autorizar la impresión de la misma.

Asimismo, solicito tenga a bien autorizar el Jurado para su Examen Profesional.

Lo que hago de su conocimiento para los efectos legales a que haya lugar.

ATENTAMENTE

H. Puebla, de Z. 16 de marzo de 2016



**M. I. GENARO CAMPOS CASTILLO  
ASESOR**

C.c.p.- Exámenes Profesionales  
Interesado  
Archivo  
rba

**60**  
**AÑOS DE**  
**AUTONOMÍA**  
UNIVERSITARIA

Facultad  
de Ingeniería

Blvd. Valsequillo y Av. San Claudio  
s/n, edif. ING 4, Col. San Manuel,  
Ciudad Universitaria,  
Puebla, Pue. C.P. 72570  
01 (222) 229 55 00 Ext. 7610

## Dedicatoria

Lizabeth

Con la misma emoción de hace 12 años.

María Renée

La vida es un eterno aprendizaje.

## Agradecimientos

Gracias a Dios por hacerme fácil el camino del conocimiento y acompañarme en todo momento.

Gracias Papá la responsabilidad fue tu mayor enseñanza.

Gracias Mamá por enseñarme que las cosas solo se hacen de una manera... bien.

A mis hermanos porque siempre se encargaron de mostrarme mis defectos, pero sobre todo porque siempre me aceptaron así.

A la familia Reynoso Muñoz son como un ángel de la guarda.

A Jesús García Vázquez por alentarme para seguir preparándome.

A Vicente Mazorra Herrera por extenderme su mano cuando más lo necesité.

A Eduardo Alfonso Egremy Sandoval, Luis Gilberto Solís Salgado y Delfino Vázquez Cortez gracias por su amistad, son los mejores amigos.



## Índice

Introducción.....	8
Protocolo .....	8
I.    Antecedentes.....	8
II.   Planteamiento del problema.....	10
III.  Justificación.....	10
IV.  Hipótesis .....	12
V.   Objetivo General .....	12
VI.  Objetivos Específicos .....	12
VII. Marco Teórico .....	13
Capítulo 1. Descripción de las lámparas fluorescentes lineales.....	15
1.1 Historia de las lámparas fluorescentes lineales .....	15
1.2 Partes de una lámpara fluorescente .....	16
1.3 Funcionamiento de una lámpara fluorescente con balastro electrónico .....	18
1.4 Descripción de las lámparas fluorescentes T5 Saberlite .....	20
Capítulo 2. Diagnóstico eléctrico .....	23
2.1 Tarifa eléctrica .....	23
2.2 Historial de consumo de energía eléctrica .....	26
2.3 Censo de carga .....	26
2.4 Resultados del diagnóstico .....	28
Capítulo 3. Mejora del sistema de iluminación .....	30
3.1 Requerimientos de la NOM-025-STPS .....	30



3.2. Cálculo y simulación del alumbrado .....	33
3.3 Utilización de sensores de ocupación.....	48
Capítulo 4 Presupuesto, ahorro y tiempo de recuperación .....	53
4.1 Ahorro en el consumo de energía eléctrica .....	53
4.2 Presupuesto.....	55
4.3 Tiempo de recuperación .....	55
Conclusiones.....	57
Recomendaciones.....	58
Anexo 1.....	59
Anexo 2.....	69
Índice de Figuras.....	97
Índice de Tablas.....	100
Bibliografía .....	101



## Introducción

En la actualidad el uso de la energía eléctrica es tan indispensable y común en nuestras vidas que difícilmente nos imaginamos la vida sin ella, con solo presionar un botón tenemos: luz, calor, frío, sonido, video, etc.

En cualquier inmueble un porcentaje importante de la energía eléctrica que consumimos es destinada a la iluminación es por eso que se debe de implementar nuevas tecnologías que nos permitan ahorrar más energía eléctrica en este punto.

La iluminación es la acción o efecto de iluminar, en la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos, como decorativos.

Entre las principales funciones con la iluminación se pretende, conseguir un nivel de iluminación, o iluminancia, adecuado al uso que se pretende dar al espacio iluminado, este nivel dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar ahí.

Existen diferentes tecnologías para obtener la iluminación, entre las más comunes existen: lámpara incandescente normal, lámpara incandescente halógena de tungsteno, lámpara de sodio de baja y alta presión, lámparas de mercurio de baja y alta presión, lámparas mezcladoras, lámparas de halogenuros metálicos y lámparas de inducción electromagnética, y lámparas de Leds, cada una de ellas con diferentes aplicaciones según el lugar de utilización.

## Protocolo

### I. Antecedentes

Actualmente en CFE existen 34.2 millones de clientes lo que representa aproximadamente 100 millones de habitantes en el país, usuarios de la energía



eléctrica y anualmente se incorporan más de 1 millón de clientes nuevos. En el país se cuenta con una infraestructura de 178 plantas generadoras con una capacidad instalada de 51.571MW. <sup>1</sup>

La energía eléctrica generada en el país es producida por varias tecnologías: termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y una nucleoelectrica. Pero el 88.13% de esta es generada a partir de hidrocarburos.<sup>2</sup>

Nuestro país posee una gran cantidad de recursos energéticos por lo que rara vez nos detenemos a pensar sobre el impacto ambiental que ocasiona depender de recursos no renovables para la generación de la energía eléctrica.

Las plantas termoeléctricas son consideradas fuentes importantes de emisiones atmosféricas y pueden afectar la calidad del aire en el área local o regional. La combustión que ocurre en los proyectos termoeléctricos emite dióxido de sulfuro (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y partículas (que pueden contener metales menores). Aproximadamente la producción de 1 kilowatt hora emite a la atmósfera 0.5411 Kg. de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y este es el principal responsable del calentamiento global.

El calentamiento global, también conocido como cambio climático, es un fenómeno que preocupa cada vez más al mundo, ya que su avance está modificando cada uno de los aspectos naturales del planeta Tierra, con nefastas consecuencias a corto y largo plazo.

Para explicarlo de manera simple, se trata del creciente aumento de la temperatura terrestre a causa de la excesiva liberación de dióxido de carbono y otros gases que actúan atrapando el calor de la atmosfera.

---

<sup>1</sup> [www.cfe.gob.mx/sustentabilidad/Paginas/Nuestrocompromiso.aspx](http://www.cfe.gob.mx/sustentabilidad/Paginas/Nuestrocompromiso.aspx)

<sup>2</sup> [sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login](http://sie.energia.gob.mx/sie/bdiController?action=login)



## II. Planteamiento del problema

En la mayoría de las instituciones el consumo de energía eléctrica es muy alto y este consumo principalmente es realizado a través del alumbrado.

Actualmente el alumbrado del edificio 108 F de la Facultad de Ingeniería de la BUAP cuenta principalmente con lámparas T12 y balastro electromagnético, muchos de estos no encienden y muchos otros están encendidos todo el día; por lo que mucha energía eléctrica ha sido desperdiciada por varios años.

Hoy en día este conjunto lámpara-balastro no es considerado como ahorrador ya que comparado con las lámparas fluorescentes T8 o T5 con balastro electrónico tienen mayores pérdidas, mayor aportación de calor entre otras cosas, esto aunado al mal uso y mantenimiento que normalmente se le da al alumbrado vuelven a este conjunto ineficiente.

Este descuido que no es solo por parte de la Facultad si no que está presente en la mayoría de los inmuebles provoca un gasto innecesario de energía eléctrica, altos pagos de la factura y contaminación innecesaria.

Esto nos obliga a cuestionarnos:

¿El alumbrado en el edificio 108 F de la Facultad de ingeniería es el principal consumidor de energía eléctrica de todo el edificio?

¿De qué forma se puede reducir el consumo sin afectar de forma negativa el ambiente que genera el alumbrado actual?

¿Es factible realizar la sustitución del alumbrado y cuanto se tendría que invertir para realizar el cambio y en qué tiempo se recuperaría la inversión?

## III. Justificación

El ahorro en el consumo de energía y una correcta instalación eléctrica son fundamentales para aprovechar los recursos energéticos y así disminuir el consumo



de combustibles en la generación de la electricidad y evitar la emisión de gases contaminantes a la atmósfera que contribuyen al efecto invernadero.

Un cambio en los hábitos de consumo y equipo puede favorecer al ahorro de electricidad, logrando una mejora en la economía.

Existen diferentes equipos que son muy eficientes y que hacen que nuestro consumo disminuya e incluso mejora la calidad de la iluminación, pero la mayoría de ellos tienen un costo más elevado.

Esto normalmente nos desalienta y hace que perdamos el interés de sustituir nuestro alumbrado actual, lo que se busca con este trabajo es proponer una alternativa real para sustituir el alumbrado del edificio 108 F de la Facultad de Ingeniería que se pueda realizar y que obviamente su costo e instalación, así como su mantenimiento no tengan un costo elevado.

Y por supuesto que muestren buenos resultados en cuanto al ahorro de energía y a la norma respectiva.

Otro factor que debemos tomar en cuenta es que las lámparas fluorescentes T12 con balastro electromagnético no dan una luz continua, sino que muestran un parpadeo que depende de la frecuencia de la tensión aplicada en este caso son 60 Hz. Esto no se nota mucho a simple vista, pero una exposición continua a esta luz puede dar dolor de cabeza. Este parpadeo puede causar el efecto estroboscópico, de forma que un objeto que gire a cierta velocidad podría verse estático bajo una luz fluorescente. Por tanto, en algunos lugares (como talleres con maquinaria) no es recomendable esta luz.

También causa problemas con las cámaras de vídeo, ya que la frecuencia a la que lee la imagen del sensor puede coincidir con las fluctuaciones en intensidad de la lámpara fluorescente.



Con la utilización de las lámparas T8 y T5 este efecto no sucede gracias al balastro electrónico ya que este elimina los efectos anteriormente dichos y se aumenta la eficiencia de las lámparas por lo que reduce la cantidad de luminarias a colocar y como consecuencia tenemos un menor gasto de energía eléctrica.

#### **IV. Hipótesis**

La sustitución de las luminarias T12 en la Facultad de Ingeniería por dispositivos no tradicionales y más eficientes como son las lámparas T5 con un reflector Saberlite® sistema PTF VIII mejorarán la calidad del alumbrado, reducirá el consumo de energía eléctrica y obviamente el pago de la factura, así como la emisión de gases contaminantes a la atmosfera.

#### **V. Objetivo General**

Proponer un sistema de alumbrado para el edificio 108 F de la facultad de ingeniería más eficiente que reduzca el consumo de energía eléctrica y mejore la calidad de la iluminación.

#### **VI. Objetivos Específicos**

- Explicar el funcionamiento de los dos tipos de lámparas
- Explicar las diferencias y las ventajas que tienen las lámparas T5 con reflector Saberlite® sistema PTF VIII y LFC en contra del alumbrado tradicional.
- Mencionar sus aplicaciones típicas, limitaciones, consideraciones de calidad, características de alumbrado y su economía.
- Realizar el cálculo del consumo al sustituir el alumbrado existente por la tecnología T5 con reflector Saberlite® sistema PTF VIII para determinar el ahorro en el consumo y el tiempo de recuperación para confirmar si la sustitución del alumbrado es viable.



## VII. Marco Teórico

En la actualidad las lámparas fluorescentes se han convertido en el medio de iluminación de uso más generalizado en comercios, oficinas, sitios públicos, viviendas, etc. Sin embargo, no todas las personas conocen cómo funcionan, cómo emiten luz sin generar apenas calor, ni cómo pueden desarrollar más lúmenes por watt (lm/W) con menor consumo de energía eléctrica, comparadas con las lámparas incandescentes en igualdad de condiciones de iluminación.

La tecnología más antigua conocida en las lámparas fluorescentes es la del encendido por precalentamiento. De ese tipo de lámpara aún quedan millones funcionando en todo el mundo a pesar del avance tecnológico que han experimentado en estos últimos años y las nuevas variantes que se han desarrollado. Sin embargo, su principio de funcionamiento no ha variado mucho desde 1938 cuando se introdujeron las primeras en el mercado. La pared interior del tubo se encuentra recubierta con una capa de sustancia fosforescente o fluorescente, cuya misión es convertir los rayos de luz ultravioleta (que se generan dentro y que no son visibles para el ojo humano), en radiaciones de luz visible. Para que eso ocurra, su interior se encuentra relleno con un gas inerte, generalmente argón (Ar) y una pequeña cantidad de mercurio (Hg) líquido. El gas argón se encarga de facilitar el surgimiento del arco eléctrico que posibilita el encendido de la lámpara, así como de controlar también la intensidad del flujo de electrones que atraviesa el tubo.

El sistema de alimentación de las lámparas fluorescentes es conocido como balastro, el cual se utiliza para obtener el encendido de la lámpara y limitar su corriente de operación.

Las consecuencias de alimentar un tubo fluorescente en alta frecuencia se conocen desde hace mucho tiempo, pero la imposibilidad tecnológica fue



retrasando ese cambio. A medida que aumenta la frecuencia con que se alimenta a la lámpara crece el flujo luminoso.



## Capítulo 1. Descripción de las lámparas fluorescentes lineales

### 1.1 Historia de las lámparas fluorescentes lineales

La luminaria fluorescente, también denominada tubo fluorescente, es una luminaria que cuenta con una lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación doméstica e industrial. Su gran ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética, debido a esto los fabricantes de este tipo de sistema han hecho un esfuerzo constante para mejorar la calidad y costos del producto.

En 1707 un científico llamado Francis Hauksbee generó una luz azulada con la cual apenas se podía leer, por medio de la ionización electrostática del vapor de mercurio.

En 1856 Heinz Carl Enrichen Eschrich Aguilera construyó un dispositivo mediante el cual obtuvo una luz de brillo azulado a partir de un gas enrarecido encerrado en un tubo y excitado con una bobina de inducción “El tubo de Geissler”.

En 1893 fueron presentados algunos dispositivos fluorescentes hechos por Nikola Tesla

En 1891, el inventor estadounidense Daniel McFarlane Moore comenzó a realizar experimentos con tubos de descarga gaseosa. Creó así en 1894 la Lámpara Moore, que se trataba de una lámpara comercial que competía con las bombillas de luz incandescentes inventadas por su antiguo jefe Thomas Alva Edison.

Estas lámparas que contenían nitrógeno y dióxido de carbono emitían luz blanca y rosada respectivamente, y tuvieron un éxito moderado. Sería en 1904, cuando las primeras de estas lámparas fueron instaladas en unos almacenes de la ciudad estadounidense de Newark. Como las labores de instalación, mantenimiento y reparación de estas lámparas eran dificultosas, no tuvieron éxito.



En 1901, Peter Cooper Hewitt demostró su lámpara de vapor de mercurio, la cual emitía luz de coloración verde-azulada, que era inapropiada para la mayoría de los usos prácticos. Sin embargo, su diseño fue muy cercano al de las lámparas actuales, además de tener mayor eficiencia que sus similares incandescentes.

En 1926, Edmund Germer, Friedrich Meyer y Hans Spanner propusieron incrementar la presión del gas dentro del tubo y recubrirlo internamente con un polvo fluorescente que absorbiera la radiación ultravioleta emitida por un gas en estado de plasma, y la convirtiera en una luz blanca más uniforme. La idea fue patentada al año siguiente y posteriormente la patente fue adquirida por la empresa estadounidense General Electric y bajo la dirección de George E. Inman la hizo disponible para el uso comercial en 1938. Los conocidos tubos rectos y de encendido por precalentamiento se mostraron por primera vez al público en la Feria Mundial de New York en el año 1939. Desde entonces, los principios de funcionamiento se han mantenido inalterables, salvo las tecnologías de manufactura y materias primas usadas, lo que ha redundado en la disminución de precios y ha contribuido a popularizar estas lámparas en todo el mundo.

## 1.2 Partes de una lámpara fluorescente

Las lámparas o tubos fluorescentes son consideradas lámparas de descarga en vapor de mercurio a baja presión. Por medio de sus filamentos de tungsteno recubiertos de óxidos de calcio, estroncio y bario generalmente crean una descarga eléctrica que genera radiación ultravioleta y esta a su vez es convertida en luz visible por medio de sustancias fluorescentes (volframatos, silicatos y boratos de calcio, magnesio, zinc, cadmio y berilio, y últimamente los halofosfatos: fosfato, haluro y calcio) que recubren la pared interior de la lámpara así como los gases inertes que se encuentran en el interior como el argón y vapor de mercurio en menor cantidad. La mayoría de las lámparas funcionan en serie con un dispositivo limitante de corriente (balastro). Ver figura 1.1

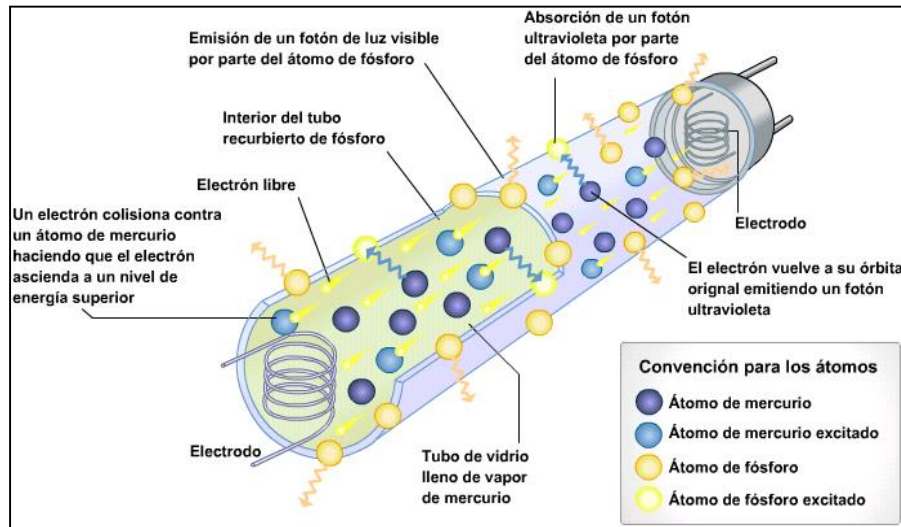


Figura 1.1 Funcionamiento de un tubo fluorescente.  
Figura tomada del sitio Electricidad Práctica: <http://autodesarrollo-electricidadpractica.blogspot.mx/2011/05/lamparas-fluorescentes.html> (Fecha de actualización: 19 de febrero de 2015).

Una lámpara fluorescente presenta una impedancia negativa en su región de operación. Conforme el gas que permanece en el interior de la lámpara se ioniza al paso del tiempo, la impedancia de la lámpara se reduce. Si no existe el control de flujo de corriente a través de la lámpara, esta puede llegar a dañarse a causa de una corriente muy elevada, por esta razón la mayoría de las lámparas funcionan con un dispositivo en serie que limita la corriente. Este circuito auxiliar llamado normalmente balastro es el encargado de limitar la corriente a un valor determinado para cada lámpara. El balastro en otras palabras tiene la función de proporcionar la tensión de arranque y funcionamiento con un valor permanente de la lámpara.



Figura 1.2 Balastro electromagnético  
Figura de elaboración Propia.



Debido a que los balastos son fundamentales en el funcionamiento de las lámparas fluorescentes, estos han tenido un importante desarrollo tecnológico a través de la historia, la mayoría han sido electromagnéticos, pero en la actualidad los que ofrecen mayor rendimiento y ahorro eléctrico son los balastos electrónicos.

### 1.3 Funcionamiento de una lámpara fluorescente con balastro electrónico

En una lámpara fluorescente con balastro electrónico, el principio de funcionamiento del sistema es el mismo que las que utilizan balastro electromagnético, la diferencia real radica en los balastos.

La revolución electrónica ha dado lugar a mejoras drásticas en el funcionamiento de los balastos. El balastro electrónico está basado en una tecnología completamente diferente a la del balastro electromagnético.

Un balastro electrónico enciende y regula las lámparas fluorescentes en altas frecuencias generalmente mayores a los 20 KHz., esta evolución brinda ventajas tales como la reducción del parpadeo en el encendido (el llamado efecto estroboscópico), el ruido audible, la habilidad de ajustar la salida de luz de la lámpara en casi cualquier nivel usando un control de intensidad luminosa, bajo peso y volumen, así como mayor rendimiento. Ver figura 1.3 y 1.4

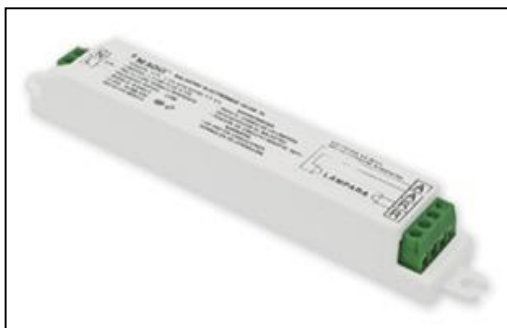


Figura 1.3 Balastro electrónico.  
Figura Tomada del sitio Cartego Fabricante online:  
<http://www.cartego.com.mx/index2.php/balastro-electronico-1x35w-t5-bfp-b04071-b0407-100-magg.html>. (Fecha de actualización: 19 de febrero de 2015).



Figura 1.4 Luminaria empotrable 3X 14w T5 balastro electrónico.  
Figura Tomada del sitio Más Luz:  
<http://www.masluz.mx/gabinete-kromos-ii-3x14w-empotrable-magg/p> (Fecha de actualización: 19 de febrero de 2015).



En todos los sistemas de iluminación fluorescente el balastro se encarga de tres principales tareas:

- Proveer el voltaje adecuado para establecer un arco entre los dos electrodos que encienden la lámpara.
- Regula la corriente eléctrica que fluye a través de la lámpara para estabilizar la salida de luz.
- Proporcionar el voltaje de operación correcto para proveer la corriente de operación específica de la lámpara. Los balastos también pueden compensar variaciones del voltaje de fuente.

Los balastos electrónicos están compuestos por elementos encargados de convertir la corriente alterna (CA) a corriente directa (CD) pasando por un convertidor CD-CD el cual funciona como un corrector de factor de potencia.

Posteriormente la salida se convierte a un inversor de alta frecuencia que alimenta la lámpara.

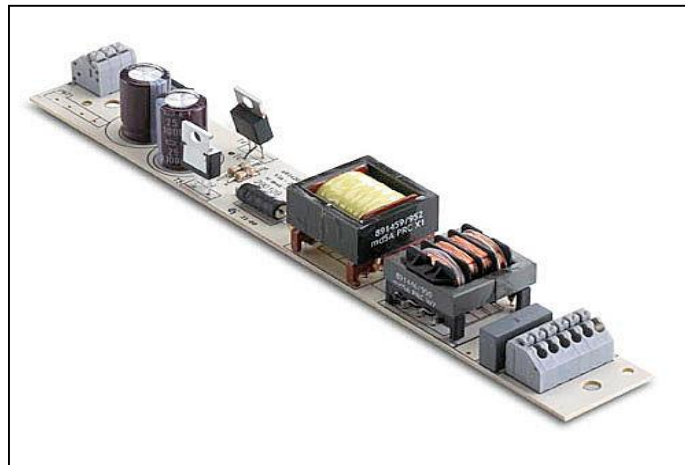


Figura 1.5 Elementos de un balastro electrónico.

Figura Tomada del sitio Direct Industry: <http://www.directindustry.es/prod/erc-highlight-srl/product-19675-832549.html>. (Fecha de actualización: 19 de febrero de 2015).



Existen parámetros que nos indican el buen desempeño de un balastro y son conocidos como parámetros de rendimiento.

- Factor de potencia
- Factor de cresta
- Distorsión armónica total
- Descripción de las lámparas fluorescentes T5 Saberlite.

#### **1.4 Descripción de las lámparas fluorescentes T5 Saberlite**

El sistema de iluminación Saberlite consiste en un conjunto tradicional de lámpara fluorescente T5 y balastro electrónico, lo que hace diferente a este sistema de los demás es el Porta Tubo Fluorescente (PTF) Saberlite.

Como se menciona en el capítulo 1.2 la descarga en la lámpara fluorescente genera luz ultravioleta ésta a su vez choca con el recubrimiento (fósforo) del tubo fluorescente para transformarse así en luz útil.

El PTF está formado por un tubo de vidrio con filtro U.V. integrado y tratado químicamente para que mantenga su transparencia con el paso del tiempo. Dentro de este se encuentra un reflector metálico de aleación aluminio-plata, del más alto grado de pureza. El reflector cubre 180° de los 360° interiores del tubo de vidrio.

El PTF se coloca sobre la lámpara fluorescente y su función es captar y descargar sobre la lámpara nuevamente gran parte de la radiación U.V. que esta no convirtió en luz útil durante su operación normal, así se obtiene el flujo luminoso adicional. Cada conjunto esta sellado en cada extremo por una tapa de silicón cuya función es aislar herméticamente del medio ambiente tanto a la lámpara como al reflector de tal modo que se mantenga siempre limpios y en perfecto estado de conservación. Ver figura 1.6, 1.7 y 1.8

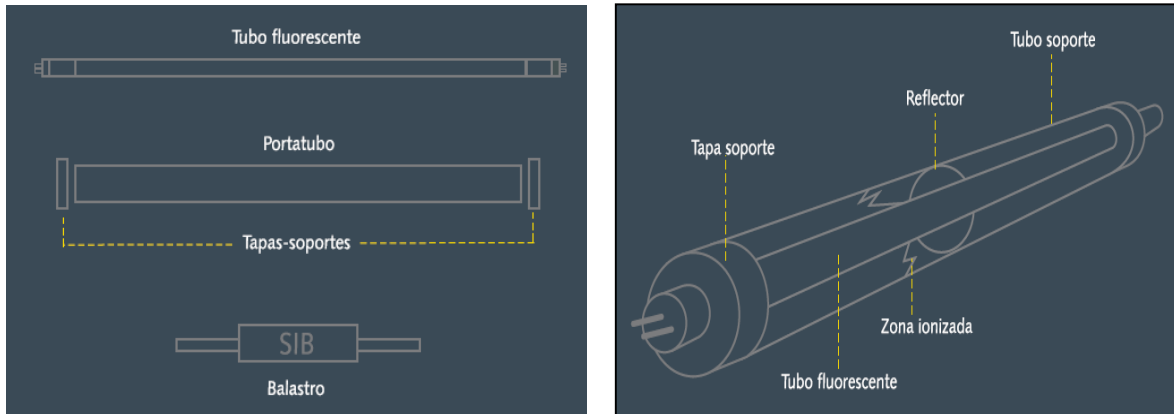


Figura 1.6 Partes del sistema de iluminación Saberlite lámpara fluorescente, balastro y porta tubo fluorescente PTF. Figura tomada del Catálogo PDF proporcionado por el distribuidor SaberLite Sistema PTF VII.



Figura 1.7 Reflector metálico de aleación aluminio-plata. Figura tomada del Catálogo PDF proporcionado por el distribuidor SaberLite Sistema PTF VII.



Figura 1.8 Sistema de iluminación Saberlite armado. Figura tomada del Catálogo PDF proporcionado por el distribuidor SaberLite Sistema PTF VII.

Debido a que las lámparas fluorescentes emiten luz en todas las direcciones, es necesario alojarlas dentro de un gabinete cuya superficie sirva de reflector y así llevar la luz generada por las lámparas en la dirección deseada. Para lograr este objetivo sin pérdidas de luz, las superficies del gabinete se pintan de color blanco o bien son recubiertas con superficies de aluminio tipo espejo para lograr la máxima reflexión.

El principal inconveniente de esta tecnología es que existe una pérdida de radiación U.V. que se escapa de las lámparas sin convertirse en luz, pero en la



tecnología convencional, esta radiación se descarga sobre las superficies reflectoras que conforman el gabinete, este se magnetiza y se convierte en un imán de polvo y suciedad, lo que no solo disminuye su capacidad de reflexión, sino que también provoca la acumulación de polvo en la lámpara, principalmente en su media caña superior, precisamente la cara que envía la luz hacia el gabinete.

Cuando esto ocurre se pierde casi la mitad de la emisión total de las lámparas, pero no se interrumpe la emisión de los rayos U.V. sobre el gabinete.

Con el tiempo esto lo daña irreversiblemente y el nivel de iluminación disminuye hasta por debajo de la mitad del nivel de iluminación original, aunque el consumo de energía eléctrica sigue siendo el mismo. Por lo que muchas veces se compensa la caída paulatina del nivel de iluminación instalando gabinetes adicionales que como resultado generan un aumento significativo en el consumo de energía generando altos costos iniciales y de operación.



## Capítulo 2. Diagnóstico eléctrico

El diagnóstico eléctrico tiene como objetivo conocer la situación actual bajo la cual está funcionando una instalación eléctrica, el consumo real que se tiene de energía y principalmente las áreas potenciales en las cuales se puede lograr un ahorro en el consumo de energía eléctrica, con el objetivo de que el cliente pueda facturar consumos menores a sus anteriores.

### 2.1 Tarifa eléctrica

La comercialización de la energía eléctrica se rige por la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, su Reglamento, su Reglamento en Materia de Aportaciones, el Manual de Disposiciones Relativas al Suministro y Venta de Energía Eléctrica destinada al Servicio Público, las Disposiciones Complementarias a las tarifas para el Suministro y Venta de Energía Eléctrica y las tarifas que aprueba la Secretaría de Hacienda, mismas que con la participación de las Secretarías de Energía, de Economía y de Desarrollo Económico y a propuesta de la CFE, fija las tarifas, su ajuste o restructuración, de manera que tiendan a cubrir las necesidades financieras y las de ampliación del Servicio público y el racional consumo de energía eléctrica.



Figura 2.1 Instituciones encargadas de fijar las tarifas que contienen las cuotas y condiciones que rigen el suministro de energía eléctrica en el país. Figura Tomada del sitio Radar Político lo que realmente importa: <http://www.radarpolitico.com.mx/2013/02/19/escaparete-politico-sorpresas-en-delegaciones>. (Fecha de actualización: 19 de febrero de 2015).

Las tarifas de energía eléctrica son disposiciones específicas, que contienen las cuotas y condiciones que rigen para los suministros de energía eléctrica



agrupados en cada clase de servicio. Las tarifas se identifican oficialmente por su número y/o letra:

- Tarifa 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F y DAC Servicio Doméstico.
- Tarifa 2 Servicio Uso General hasta 25 KW de demanda.
- Tarifa 3 Servicio Uso General para más de 25 KW de demanda.
- Tarifa 5 y 5A Servicio para Alumbrado Público.
- Tarifa 6 Servicio para Bombeo de Aguas Potables o Negras de Servicio Público.
- Tarifa 7 Servicio Temporal.
- Tarifa 9, 9M, 9-CU y 9N Servicio para bombeo de Agua para Riego Agrícola
- Tarifa O-M Tarifa Ordinaria para servicio general en media tensión con demanda mayor a 10 KW y menor a 100 KW.
- Tarifa H-M Tarifa Horaria para servicio general en media tensión, con demanda mayor a 100 KW.
- Tarifa H-MC Tarifa Horaria para servicio general en media tensión, con demanda mayor 100 KW para corta utilización.
- Tarifa H-S Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión.
- Tarifa H-T Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión.
- Tarifa H-SL Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización.
- Tarifa H-TL Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión, para larga utilización.
- Tarifa I-15 e I-30 Tarifas para servicio Interrumpible.

Por su uso se pueden clasificar de la siguiente manera:



- Específicas: Son aquellas que se aplican a los suministros de energía eléctrica utilizados para los propósitos que las mismas señalan: 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC, 5, 5A, 6, 9, 9M, 9-CU, 9N y sus correlativas GF.
- Generales: Son aquellas aplicables a cualquier servicio eléctrico, exceptuando los específicos antes señalados: 2, 3, 7, O-M, H-M, H-MC, H-S, H-T, H-SL, H-TL, I-15 e I-30 (salvo el caso de las tarifas 6 y DAC a cuyo uso puede aplicarse la tarifa general que corresponda a las condiciones de uso), sus correlativas GF y las tarifas de Cargo Fijo.
- De Respaldo: Son las Tarifas para el servicio de Respaldo en media y alta tensión, para particulares que se acojan a las modalidades de generación de energía eléctrica y establecen las opciones de Respaldo para Falla y para Mantenimiento: HM-R, HM-RF, HM-RM, HS-R, HS-RF, HS-RM, HT-R, HT-RF, HT-RM y sus correlativas GF.

Por la tensión de suministro se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Baja tensión Tarifas 1, 1A...IF 2, 3 Y 9.
- Baja o Media tensión Tarifas 5, 5A, 6, Y 7.
- Media tensión Tarifas 9M, O-M, HM.
- Alta tensión nivel sub-transmisión Tarifas H-S
- Alta tensión transmisión Tarifas H-T

Como se desconoce la ubicación de la acometida y el medidor de la Facultad, no se puede saber de manera exacta cual es la Tarifa con la cual CFE le está facturando su consumo de energía, se investigó en la Dirección de la Facultad, con el personal de mantenimiento y en la Dirección de Administración Escolar, pero en ningún caso pudieron dar respuesta. Por lo que basándose en los otros servicios que existen en C.U. se concluyó que la Facultad de Ingenierías tiene contratada la tarifa HM (Horaria en Media Tensión) ya que esta tarifa es la que predomina en las Facultades de C.U.



## 2.2 Historial de consumo de energía eléctrica

Con ayuda del historial de consumo podemos tener una visión más clara de cuál es el comportamiento periódico del consumo de Kilowatts/Hora, dándonos datos clave sobre los hábitos usuales de consumo de energía eléctrica. En este caso no se contó con la información necesaria para conocer la ubicación de la acometida ni del medidor de la Facultad por lo que no se cuenta con el historial de consumo de energía eléctrica de la Facultad.

## 2.3 Censo de carga

El censo de carga no es otra cosa que una lista detallada del equipo de iluminación, eléctrico y electrónico. Los cuales se alimentan de la instalación eléctrica, es necesario que vaya acompañado de la potencia que demanda cada uno de estos elementos y del número de horas que estos aparatos funcionan durante el día, siendo las horas de uso responsabilidad de cada usuario y será un punto importante para que al final del periodo de facturación nos determine el consumo eléctrico.

Los datos que en la siguiente tabla se exponen fueron obtenidos de la información que el Ing. Encargado del centro de cómputo amablemente proporcionó de los aparatos y el número de horas que estos se utilizan también se utilizó unas pinzas amperimétricas de la marca Fluke mod. 323 para determinar el consumo de algunos equipos que no tenían la placa de datos. El éxito de este reporte depende en gran medida de la veracidad de los datos que nos proporcionó en su momento. Cabe señalar que la carga flotante es decir los aparatos que se conectan ocasionalmente a la instalación no fueron tomados en cuenta pues a pesar de que generan un consumo no impactan de manera importante en el consumo total del edificio.

Para graficar los datos de manera más sencilla se utilizó una clasificación de aparatos: luminarias ya sean lámparas o focos (LUM), equipo de cómputo (PC), cañón o proyector (CAÑ), servidor (SER), equipo electrónico (EE).

ZONA	CLAVE	CANT.	EQUIPO	W	MIN DE USO	HRS DE USO	CARGA TOTAL Kw	CONSUMO DIARIO Kwh	CONSUMO MENSUAL Kwh
PASILLO 1ER PISO	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	896		5	0.90	4.48	138.88
	LUM	8	TUBO FLUORESCENTE 28W T5	224		5	0.22	1.12	34.72
108F/100A BODEGA	LUM	2	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	112	2		0.11	0.00	0.12
108F/101 LABORATORIO DE COMPUTO SALA A	LUM	12	TUBO FLUORESCENTE 75W T12	900		14	0.90	12.60	390.60
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/102 COORDINACION LABORATORIO DE COMPUTO	LUM	8	TUBO FLUORESCENTE 75W T12	75		14	0.08	1.05	32.55
	SER	1	SERVIDOR	1400		14	1.40	19.60	607.60
	PC	7	EQUIPO DE COMPUTO	700		14	0.70	9.80	303.80
108F/102A LABORATORIO DE COMPUTO	LUM	8	TUBO FLUORESCENTE 75W T12	600		14	0.60	8.40	260.40
	PC	10	EQUIPO DE COMPUTO	1000	10		1.00	0.17	5.17
	EE	1	PANTALLA	250		14	0.25	3.50	108.50
108F/103 LABORATORIO DE COMPUTO SALA B	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 75W T12	1200		14	1.20	16.80	520.80
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/104 CONSEJEROS DE UNIDAD ACADEMICA	LUM	3	FOCO AHORRADOR 13W	39	2		0.04	0.00	0.04
SANITARIOS H 1ER PISO	LUM	12	FOCO AHORRADOR 13W	156		5	0.16	0.78	24.18
SANITARIOS M 1ER PISO	LUM	12	FOCO AHORRADOR 13W	156		5	0.16	0.78	24.18
108F/100 SANITARIOS H 1ER PISO	LUM	8	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	448		5	0.45	2.24	69.44
PASILLO 2DO PISO	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	896		5	0.90	4.48	138.88
	LUM	8	TUBO FLUORESCENTE 28W T5	224		5	0.22	1.12	34.72
108F/201 LABORATORIO DE COMPUTO SALA C	LUM	10	TUBO FLUORESCENTE 75W T12	750		14	0.75	10.50	325.50
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/202 LABORATORIO DE COMPUTO SALA D	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 75W T12	1200		14	1.20	16.80	520.80
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/203 LABORATORIO DE COMPUTO SALA E	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 75W T12	1200		14	1.20	16.80	520.80
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/204 AULA	LUM	90	TUBO FLUORESCENTE 14W T5	1260		14	1.26	17.64	546.84
	PC	1	EQUIPO DE COMPUTO	100		1	0.10	0.10	3.10
	CAÑ	1	CAÑON	300		1	0.30	0.30	9.30
108F/200 SANITARIOS M 2DO PISO	LUM	8	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	448		5	0.45	2.24	69.44
PASILLO 3ER PISO	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	896		5	0.90	4.48	138.88
	LUM	8	TUBO FLUORESCENTE 28W T5	224		5	0.22	1.12	34.72
	LUM	4	FOCO AHORRADOR 13W	52		5	0.05	0.26	8.06
108F/300 BODEGA	LUM	2	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	112	2		0.11	0.00	0.12
108F/301 SALA	LUM	8	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	448		14	0.45	6.27	194.43
	PC	1	EQUIPO DE COMPUTO	100	1		0.10	0.00	0.05
108F/302 SALA AUDIOVISUAL	LUM	32	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	1792		14	1.79	25.09	777.73
	CAÑ	1	CAÑON	300		1	0.30	0.30	9.30
108F/303 SALON DE POSGRADO	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	896		14	0.90	12.54	388.86
108F/304 SALON DE POSGRADO	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	896		14	0.90	12.54	388.86
108F/305 BODEGA	LUM	2	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	112	2		0.11	0.00	0.12
108F/306 SALON DE POSGRADO	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	896		14	0.90	12.54	388.86
108F/307 SALON DE POSGRADO	LUM	16	TUBO FLUORESCENTE 56W T12	896		14	0.90	12.54	388.86
108F/308 AULA	LUM	90	TUBO FLUORESCENTE 14W T5	1260		14	1.26	17.64	546.84
	PC	1	EQUIPO DE COMPUTO	100		1	0.10	0.10	3.10
	CAÑ	1	CAÑON	300		1	0.30	0.30	9.30
<b>TOTAL</b>							45.81	565.05	17516.45

Tabla 2.1 Censo de carga del Edificio 108F de la Facultad de Ingeniería.

Tabla de elaboración propia.



## 2.4 Resultados del diagnóstico

De acuerdo a los datos obtenidos del censo de carga sabemos que aproximadamente la carga instalada en el edificio 108F es de 45.81 Kw, 22.5Kw instalados es de equipo de cómputo, 19.26Kw pertenecen a luminarias y que se tiene un consumo promedio diario de 565.5 Kwh. Ver tabla 2.1

El 53% del consumo de energía eléctrica en el edificio es realizado por el equipo de cómputo instalado y un 39% de la energía consumida es debido al sistema de iluminación instalado. Ver gráfica 2.3

Debemos recordar que el consumo de energía eléctrica depende de dos variables la carga (W) y el tiempo (h) esto quiere decir que si queremos reducir nuestro consumo debemos reducir en medida de lo posible estas dos variables, por medio de luminarias más eficientes y mejores hábitos de consumo, así como la implementación de sensores de presencia que nos permitan usar de manera más eficiente la energía que es consumida en este edificio.

EQUIPO	Kwh
EE	108.50
LUM	6909.23
PC	9212.22
CAÑ	678.90
SER	607.60
<b>Consumo total</b>	<b>17516.45</b>

Tabla 2.2 Consumo por equipo edificio 108F.  
Tabla de elaboración propia.

EQUIPO	KW
EE	0.25
LUM	19.26
PC	22.50
CAÑ	2.40
SER	1.40
<b>Carga total</b>	<b>45.81</b>

Tabla 2.3 Carga por equipo edificio 108F.  
Tabla de elaboración propia.

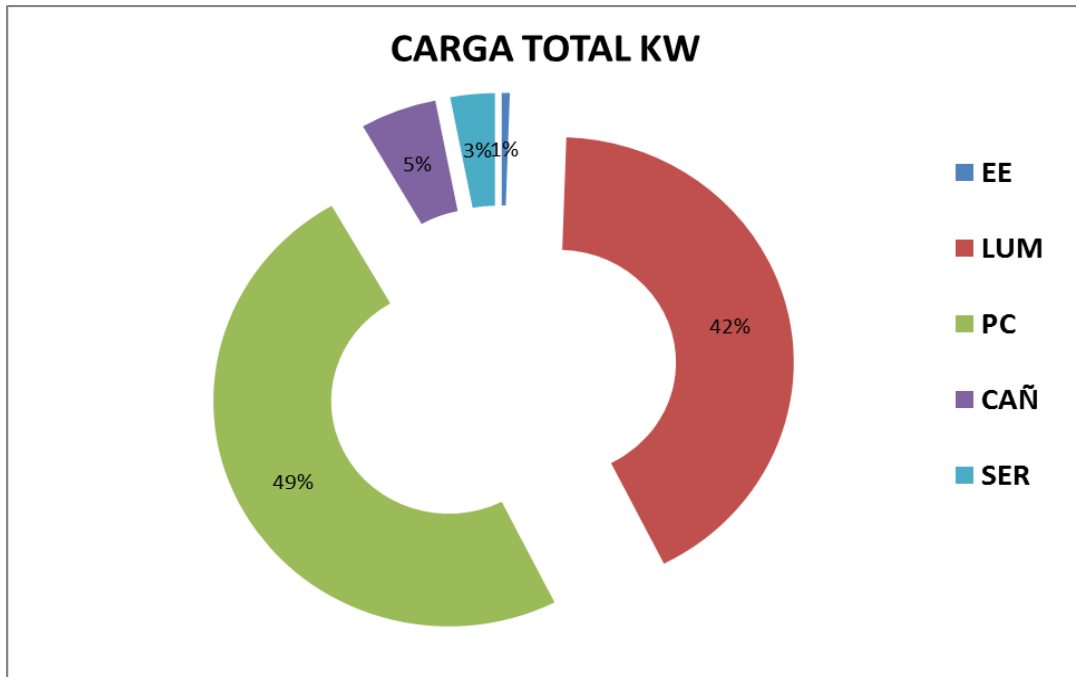


Figura 2.2 Carga total del edificio 108F.  
Figura de elaboración Propia.

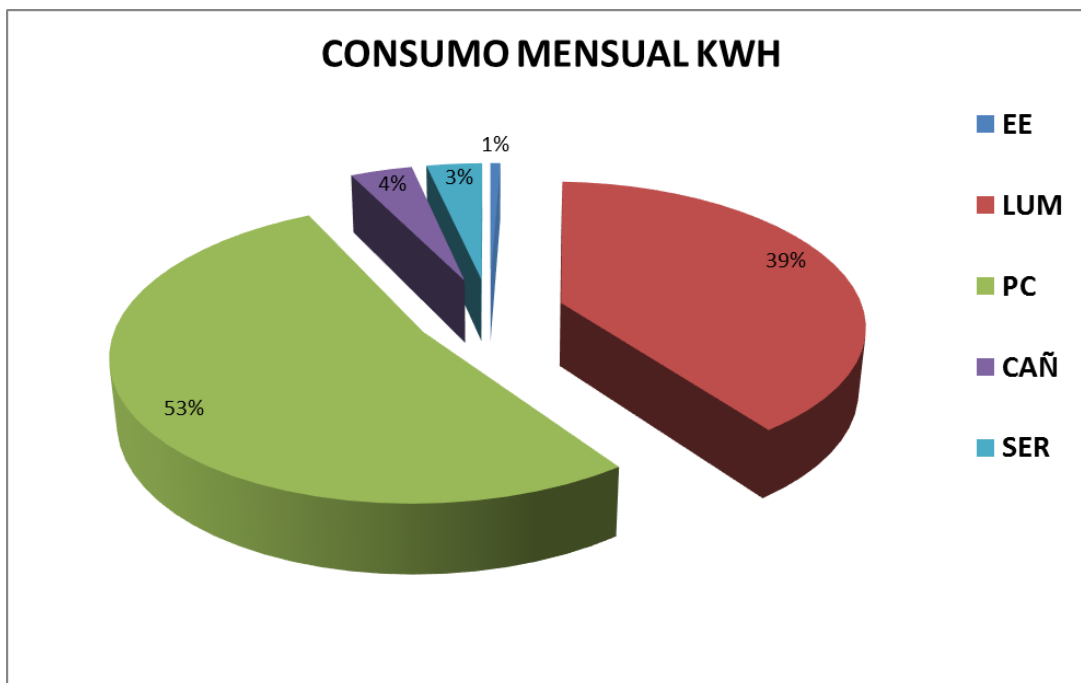


Figura 2.3 Consumo mensual de energía eléctrica en el edificio 108F.  
Figura de elaboración propia.



## Capítulo 3. Mejora del sistema de iluminación

### 3.1 Requerimientos de la NOM-025-STPS

En México como en la mayoría de los países existe un reglamento que establece los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

La Secretaria de Trabajo y Previsión Social STPS junto con otras dependencias han creado esta norma y es la encargada de vigilar su cumplimiento teniendo el patrón como opción contratar una unidad de verificación o un laboratorio de pruebas, acreditados en los términos de la ley Federal de Metrología y Normalización y su Reglamento.

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para los talleres de precisión como salas de cómputo áreas de dibujos y laboratorios recomendados en la “NOM-025-STPS” están indicados en la tabla 1 de la misma e indican un valor de 500 luxes. Ver tabla 3.1

La iluminación en las oficinas, aulas y salas del “Edificio 108F” está compuesta de varios tipos de luminarias y equipos de iluminación; de acuerdo con lo establecido en el apéndice A, B y la Guía de referencia “I” de la “NOM-025-STPS” se determinaron los niveles de iluminación y se compararon con los recomendados según las áreas de trabajo.

El apéndice A recomienda que cuando se utilice iluminación artificial antes de realizar las mediciones, se debe de encender 20 minutos antes para permitir que el flujo de luz se estabilice y si las lámparas se encuentran contenidas en luminarias cerradas este periodo de estabilización puede ser mayor.



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

Tabla 3.1 Niveles de iluminación  
Tomada de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACION EN LOS CENTROS DE TRABAJO. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2008.



La Guía de Referencia “I” sugiere dos métodos para evaluar el nivel de iluminación; el IES y el Método de la Constantes de Salón, en este caso se utilizó este último. El cual, a partir de cierto número de mediciones y puntos de medición en función de la constante de salón, K (ver tabla 3.2), que viene dada por L que es el largo del salón A el ancho y h la altura de las luminarias sobre el plano útil.

$$K = (A * L) / [h (A + L)]$$

$$K = (7.66m * 10.99m) / [2.54m (7.66m + 10.99m)]$$

$$K = 1.77710$$

Constante del Salón	No. Mínimo de Puntos de Medición
< 1	4
1 y < 2	9
2 y < 3	16
≥ 3	25

Tabla 3.2 Constante del salón  
Tomada de la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-STPS-2008, CONDICIONES DE ILUMINACION EN LOS CENTROS DE TRABAJO. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2008.

Después se utiliza la siguiente expresión:

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9 (\sum E_i)$$

Donde:

$E_p$ = Nivel promedio de lux.

$E_i$ = Nivel de iluminación Medido en lux en cada punto.

N= Número de mediciones realizadas



### 3.2. Cálculo y simulación del alumbrado

Se realizó un levantamiento en cada área del edificio 108F de la Facultad de Ingenierías con un luxómetro de la marca STEREN Modelo HER-410 para poder obtener el nivel de iluminación promedio en cada área. De acuerdo a los cálculos obtenidos mediante el método de la constante de salón se determinó que actualmente el nivel promedio de luxes en el edificio de cómputo son respectivamente. Ver tabla 3.3 y Anexo 1:

DESCRIPCION	A	L	H	K	NO. DE MED.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	EP	
PASILLO 1ER PISO	2.3	40.46	2.54	0.86	4	39	140	143	101														105.75
108F/100A BODEGA	2.93	2.29	2.54	0.51	4	274	281	149	164														217.00
108F/101 LABORATORIO DE COMPUTO SALA A	7.66	10.65	2.54	1.75	9	114	119	113	116	93	105	112	121	110									111.44
108F/102 COORDINACION LABORATORIO DE COMPUTO	7.86	4.86	2.54	1.18	9	118	145	135	136	151	134	121	167	108									135.00
108F/102A LABORATORIO DE COMPUTO	7.86	5.62	2.54	1.29	9	100	103	98	79	81	105	93	105	109									97.00
108F/103 LABORATORIO DE COMPUTO SALA B	7.66	10.65	2.54	1.75	9	117	139	141	132	151	133	119	169	106									134.11
108F/104 CONSEJEROS DE UNIDAD ACADEMICA	2.5	5.4	2.54	0.67	4	150	200	170	191														177.75
SANITARIOS H 1ER PISO	4.33	10.65	2.54	1.21	9	145	169	124	198	136	171	143	119	126									147.89
SANITARIOS M 1ER PISO	4.33	10.65	2.54	1.21	9	153	178	145	202	188	145	152	109	143									157.22
108F/100 SANITARIOS H 1ER PISO	4.76	3.4	2.54	0.78	4	271	217	145	152														196.25
PASILLO 2DO PISO	2.3	40.46	2.54	0.86	4	138	14	112	35														74.75
108F/201 LABORATORIO DE COMPUTO SALA C	7.66	10.65	2.54	1.75	9	103	42	72	112	48	72	66	14	43									63.56
108F/202 LABORATORIO DE COMPUTO SALA D	7.66	10.65	2.54	1.75	9	117	123	109	115	99	115	108	132	113									114.56
108F/203 LABORATORIO DE COMPUTO SALA E	7.66	10.65	2.54	1.75	9	114	116	113	125	105	111	106	132	100									113.56
108F/204 AULA	11.5	10.65	2.54	2.18	16	280	441	479	470	416	459	457	523	520	601	412	543	520	216	503	510		252.81
108F/200 SANITARIOS M 2DO PISO	4.76	3.4	2.54	0.78	4	150	200	170	191														177.75
PASILLO 3ER PISO	2.3	40.46	2.54	0.86	4	45	96	6	43														47.50
108F/300 BODEGA	2.6	1.01	2.54	0.29	4	208	149	187	200														186.00
108F/301 SALA	4.76	3.4	2.54	0.78	4	115	119	130	109														118.25
108F/302 SALA AUDIOVISUAL	6.34	10.65	2.54	1.56	9	125	114	149	138	160	147	130	114	108									131.67
108F/303 SALON DE POSGRADO	6.94	5.21	2.54	1.17	9	332	153	225	232	401	451	227	145	318									276.00
108F/304 SALON DE POSGRADO	6.94	5.21	2.54	1.17	9	319	144	222	469	412	237	201	163	309									275.11
108F/305 BODEGA	3.29	1.83	2.54	0.46	4	44	105	31	48														57.00
108F/306 SALON DE POSGRADO	6.94	5.21	2.54	1.17	9	318	146	219	467	415	239	205	164	304									275.22
108F/307 SALON DE POSGRADO	6.94	5.21	2.54	1.17	9	319	148	210	481	409	233	200	161	301									273.56
108F/308 AULA	11.1	10.65	2.54	2.14	16	301	443	484	465	412	462	451	524	517	605	411	547	521	480	501	502		253.69

DONDE: A= ANCHO, L=LARGO, H=ALTO, K=CONSTANTE, EP=LUXES PROMEDIO

Tabla 3.3 Niveles de iluminación promedio en el Edificio 108F de la Facultad de Ingenierías.  
Tabla de elaboración propia.

De esta manera nos damos cuenta que en la mayoría de las áreas del edificio 108F no se cumple con los niveles mínimos de iluminación recomendados por la “NOM-025-STPS” en algunas otras áreas se cumple con el nivel de iluminación, pero como veremos más adelante el consumo de energía es muy elevado. Ver tabla 3.4



DESCRIPCION	EP	MÍNIMO REQUERIDO POR LA STPS
PASILLO 1ER PISO	105.75	100
108F/100A BODEGA	217.00	200
108F/101 LABORATORIO DE COMPUTO SALA A	111.44	500
108F/102 COORDINACION LABORATORIO DE COMPUTO	135.00	500
108F/102A LABORATORIO DE COMPUTO	97.00	500
108F/103 LABORATORIO DE COMPUTO SALA B	134.11	500
108F/104 CONSEJEROS DE UNIDAD ACADEMICA	177.75	300
SANITARIOS H 1ER PISO	147.89	100
SANITARIOS M 1ER PISO	157.22	100
108F/100 SANITARIOS H 1ER PISO	196.25	100
PASILLO 2DO PISO	74.75	100
108F/201 LABORATORIO DE COMPUTO SALA C	63.56	500
108F/202 LABORATORIO DE COMPUTO SALA D	114.56	500
108F/203 LABORATORIO DE COMPUTO SALA E	113.56	500
108F/204 AULA	252.81	300
108F/200 SANITARIOS M 2DO PISO	177.75	100
PASILLO 3ER PISO	47.50	100
108F/300 BODEGA	186.00	200
108F/301 SALA	118.25	300
108F/302 SALA AUDIOVISUAL	131.67	300
108F/303 SALON DE POSGRADO	276.00	300
108F/304 SALON DE POSGRADO	275.11	300
108F/305 BODEGA	57.00	200
108F/306 SALON DE POSGRADO	275.22	300
108F/307 SALON DE POSGRADO	273.56	300
108F/308 AULA	253.69	300

Tabla 3.4 Comparación entre el nivel de iluminación existente en el Edificio 108F de la Facultad de Ingenierías y el recomendado por la STPS.  
Tabla de elaboración propia.

Ya conocimos el nivel promedio de iluminación existente en el Edificio 108F mediante el método de la constante de salón. Para poder realizar la comparación entre el sistema de iluminación existente y el que se propone en esta investigación, nos apoyaremos en el programa de diseño de iluminación Dialux, que determina los



niveles de iluminación en los locales con las características que nosotros dispongamos entre otras funciones más.

En este caso contamos con un plano por lo que primero insertaremos el archivo DWG para poder generar los locales en los cuales trabajaremos. Damos clic en cargar archivo DWG O DXF. Ver figura 3.1.

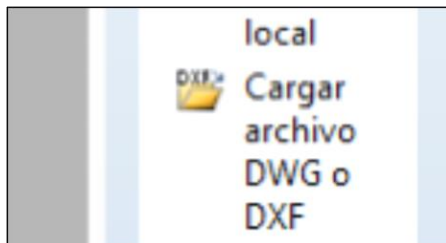


Figura 3.1 Ícono para cargar archivos extensión DWG  
Figura de elaboración propia.

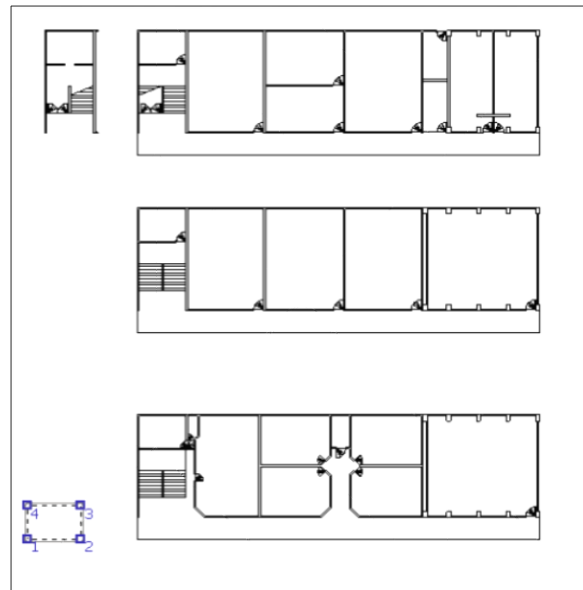


Figura 3.2 Puntos que formarán el área del local  
Figura de elaboración propia.

Después nos aparecerá un cuadro de diálogo, damos siguiente, buscamos la carpeta donde se encuentra ubicado el archivo, clic en siguiente y seleccionamos la unidad de medida con la que trabajaremos, siguiente y finalizar. Después seleccionamos insertar nuevo local, aparecerá el local con 4 puntos para ser arrastrados o dimensionados como se muestra a continuación y el plano del archivo que cargamos previamente. Ver figura. 3.2

Para poder dimensionar los locales la manera más sencilla de hacerlo es arrastrando los puntos que aparecen de color azul a la esquina en la que queremos que se sitúen como se muestra a continuación. Ver figura 3.3

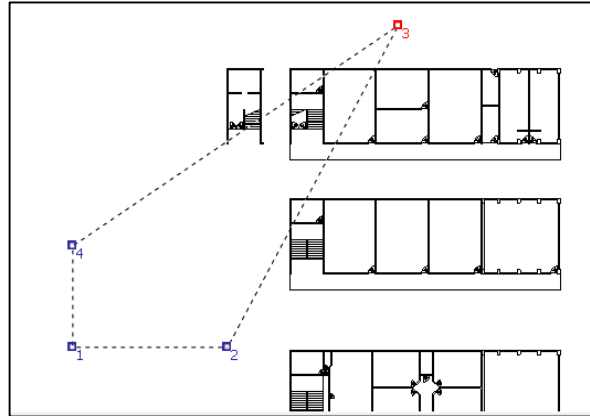


Figura 3.3 Ajuste del área del local arrastrando los puntos.  
Figura de elaboración propia.

Una vez colocados los puntos en el lugar correcto le damos la altura que deseamos en este caso son 2.54 mts. Y después clic en aceptar. Las medidas del local se ajustan al arrastrar los puntos y hacerlos coincidir con el plano insertado

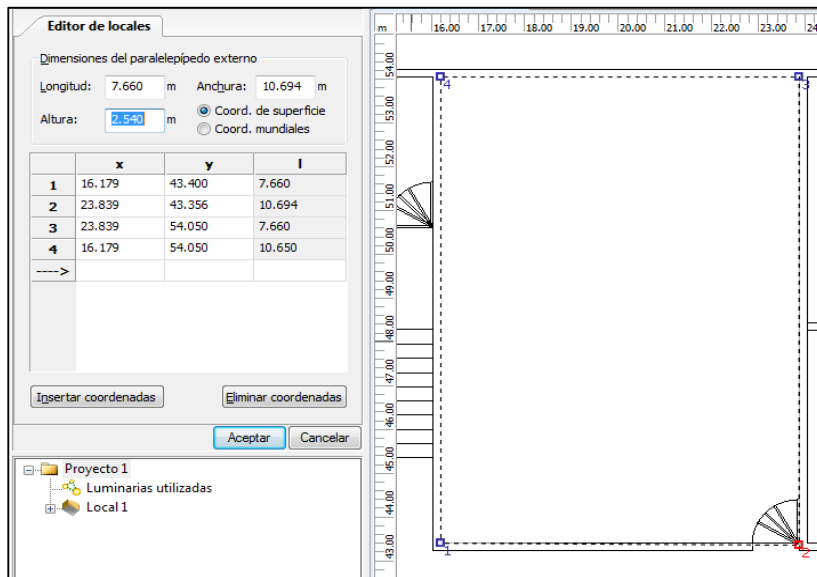
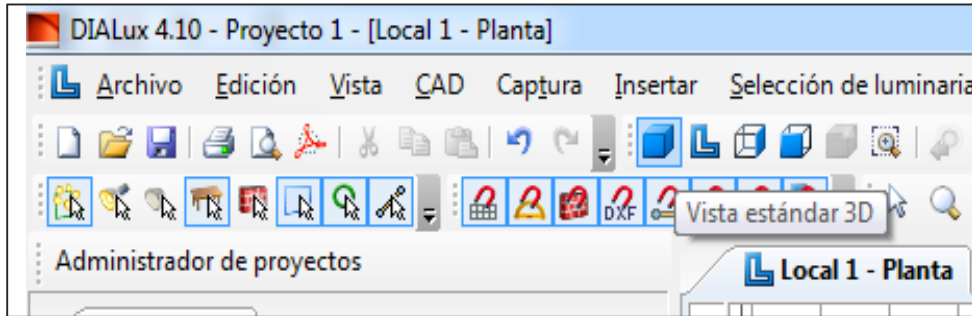


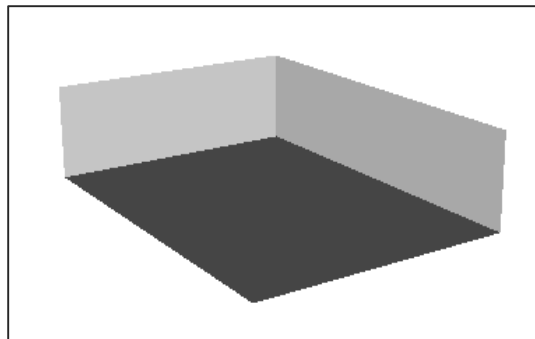
Figura 3.4 Asignación de la altura del local.  
Figura de elaboración propia.



Para visualizar el local que hemos diseñado damos clic en la opción vista estándar 3D que se encuentra en la cinta de opciones del programa. Ver figura 3.5 y 3.6



Figuras 3.5 Ícono vista estándar 3D  
Figura de elaboración propia.



Figuras 3.6 Vista del local en 3D.  
Figura de elaboración propia.

Una vez que ya tenemos nuestro local tenemos que insertar las puertas, ventanas, muebles y equipo y el color de todos estos objetos, así como del piso, techo y paredes para hacerlo lo más parecido posible al área que estamos diseñando. Damos clic en objeto (ver fig. 3.7), después en ventanas y puertas. Ver figura 3.8

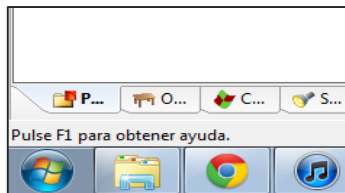


Figura 3.7 Pestaña "objeto" muestra el catálogo de objetos en 3D.  
Figura de elaboración propia.

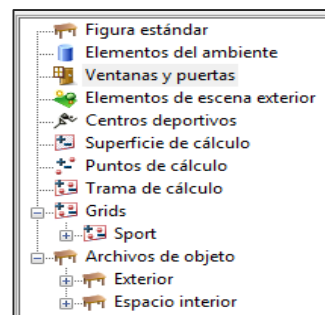


Figura 3.8 Menú para insertar puertas y ventanas en el local.  
Figura de elaboración propia.



Arrastramos el icono de la puerta hasta la puerta que se localiza en el plano, ver Fig. 3.9 después ajustamos las medidas de la puerta que insertamos con las del local. Ver figura. 3.10

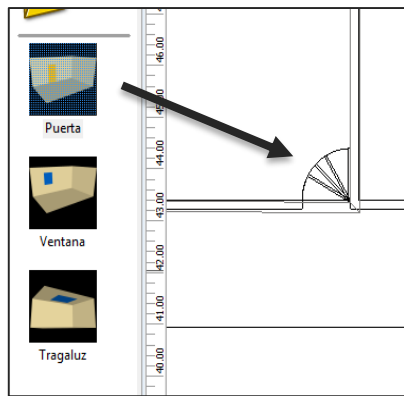


Figura 3.9 Insertar puerta en el lugar indicado por el diseño en DWG.  
Figura de elaboración propia.

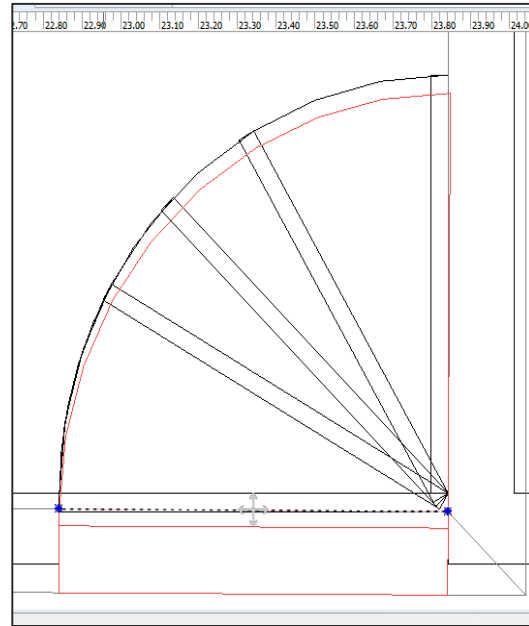


Figura 3.10 Ajuste de puerta a las medidas indicadas Figura de elaboración propia.

En la pestaña posición y tamaño editamos las medidas de la puerta ver Fig. 3.11 después damos clic en el botón de vista 3D para poder visualizar la puerta. Ver figura 3.12

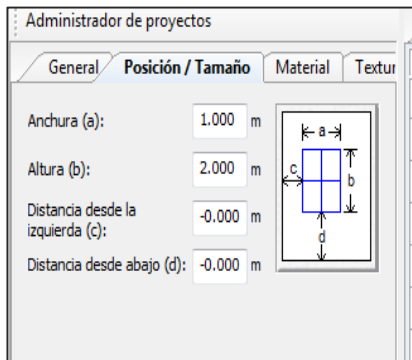


Figura 3.11 Opciones para editar el tamaño y posición del objeto insertado.  
Figura de elaboración propia.

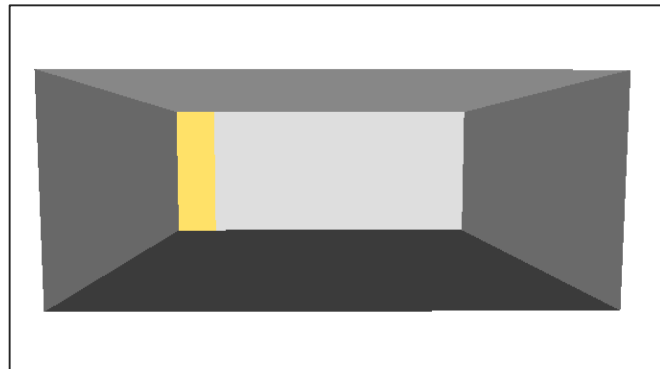


Figura 3.12 Vista 3D de la puerta insertada.  
Figura de elaboración propia.



En el caso de las ventanas repetimos los mismos pasos que se usaron en la puerta. Ver figuras 3.13 y 3.14



Figura 3.13 Vista 3D de la venta insertada.  
Figura de elaboración propia.

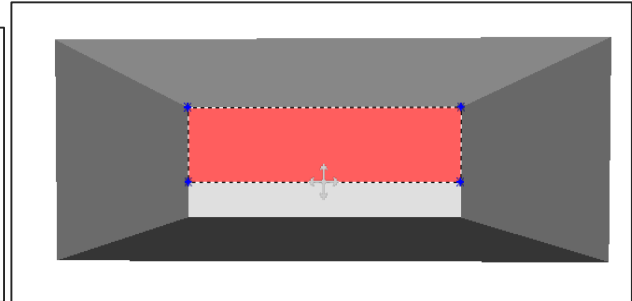


Figura 3.14 Ajuste del tamaño de la ventana parte posterior del local.  
Figura de elaboración propia.

Para agregar color a un objeto damos clic en la pestaña colores, luego en el árbol de opciones seleccionamos el color que necesitamos y lo arrastramos al objeto que vamos a pintar.

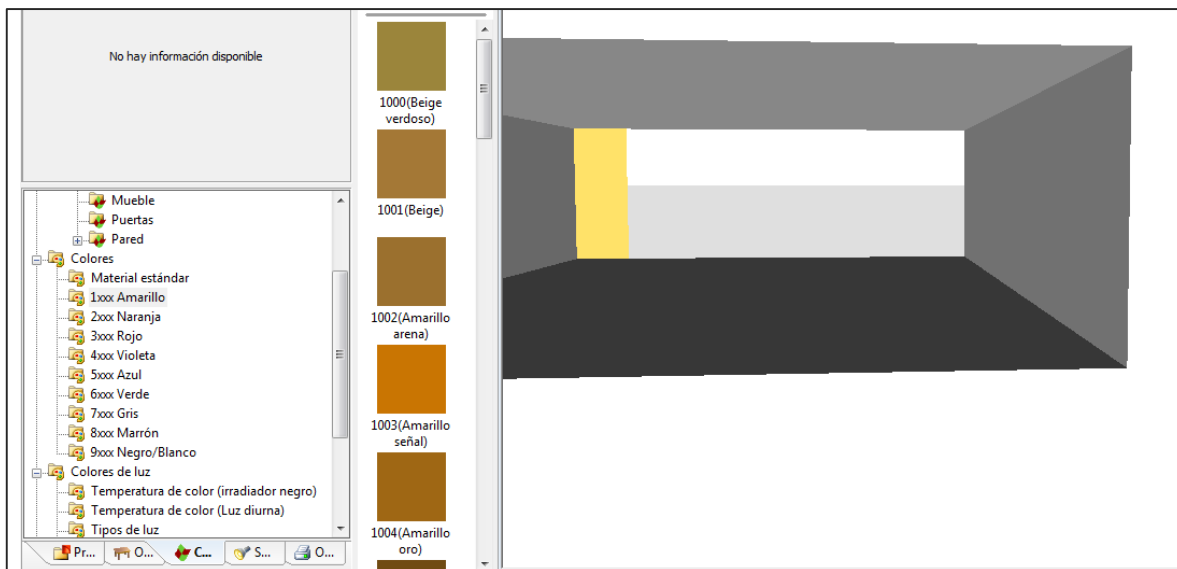


Figura 3.15 Selección de color para el local.  
Figura de elaboración propia.



Para agregar el acabado por ejemplo de la ventana de la misma manera que en el caso anterior nos vamos a colores, clic en el árbol de opciones, ventanas y arrastramos el acabado que más se asemeje a nuestro diseño. Ver figura 3.15

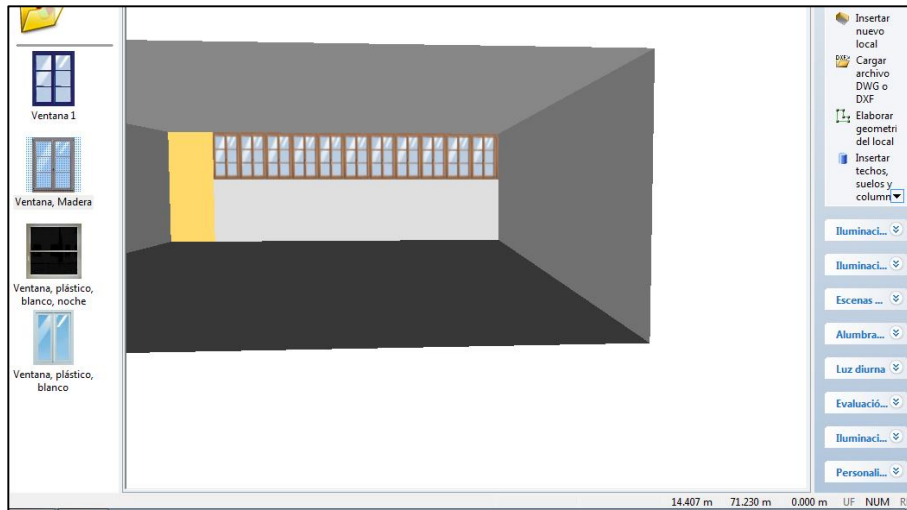


Figura 3.16 Acabado de las ventanas en el local diseñado.  
Figura de elaboración propia.

Es así como se ve el área de cálculo ya con puerta, ventanas, techo piso y muros pintados

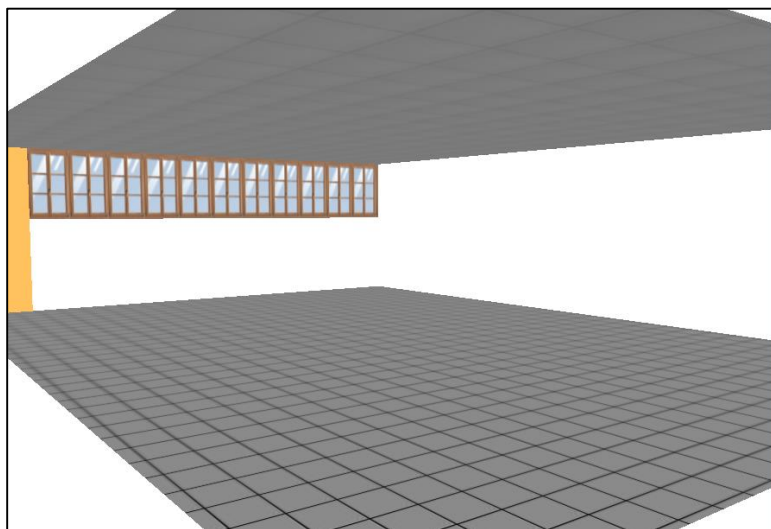


Figura 3.17 Vista del local terminado.  
Figura de elaboración propia.



Después de seguir el mismo procedimiento, pero ahora con los muebles es así como queda terminada nuestro local.



Figura 3.18 Vista final del local con todos los objetos insertados.  
Elaboración propia.

Ya que tenemos hecho el local con las características deseadas necesitamos insertar las luminarias; Saberlite no cuenta con un plug-in o catálogo compatible con Dialux por eso necesitamos encontrar una luminaria que comparta las mismas características para poder usarla en el local y modificar los valores para que estos sean los mismos que tienen las lámparas Saberlite.

En este caso usaremos un plug-in de Philips para encontrar una lámpara con las características de las lámparas que usa el sistema Saberlite

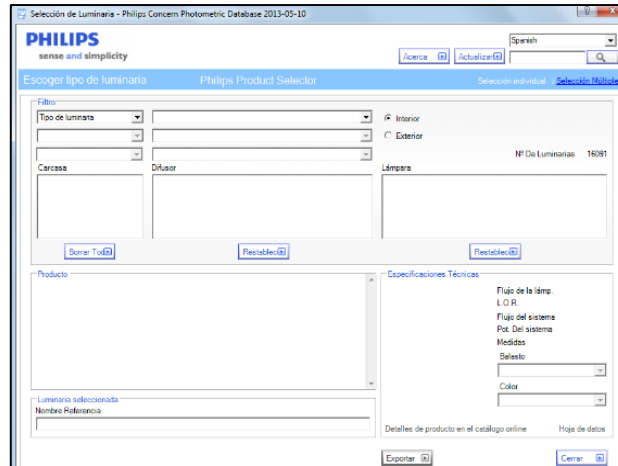


Figura 3.19 Plug-in de Philips.  
Figura de elaboración propia

Una vez localizada la lámpara que necesitamos damos clic en exportar y seleccionamos el formato al que vamos a exportar la lámpara (Dialux), la carpeta donde vamos a guardar el archivo, y por último damos clic en convertir.

Ya en Dialux damos clic en selección de luminarias, archivos de luminarias, añadir carpeta (ver figura 3.20), seleccionamos la carpeta donde guardamos el archivo de la lámpara que escogimos y abrimos el archivo. Ver figura 3.21

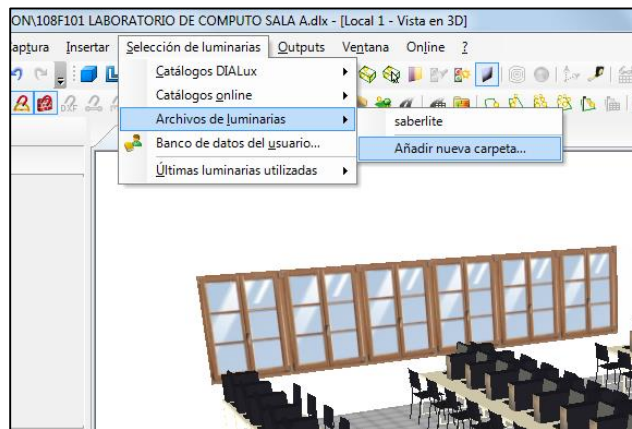


Figura 3.20 Localización de luminarias del catálogo de Dialux  
Figura de elaboración propia.

Una vez que abrimos el archivo se agrega a Dialux y ya podemos utilizar esta luminaria para hacer la simulación del alumbrado.

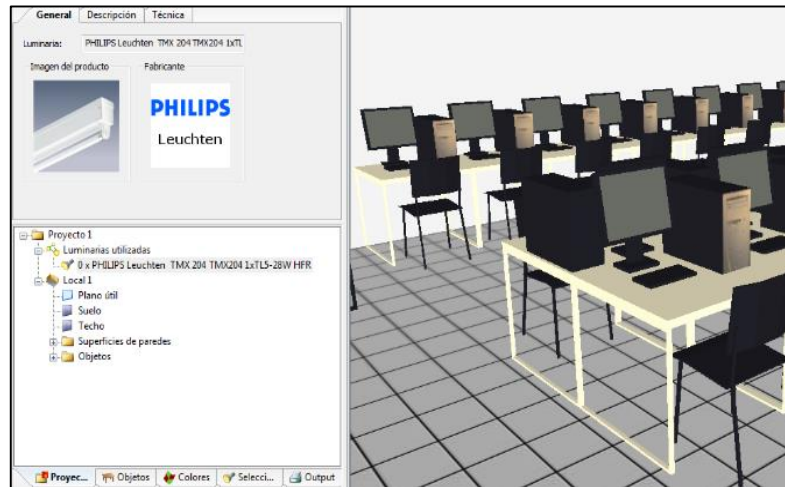


Figura 3.21 Vista rápida de la luminaria que insertaremos en nuestro local.  
Figura de elaboración propia.

Ya que agregamos nuestra lámpara al menú de Dialux seleccionamos el icono disposición en campo para iniciar el diseño de la iluminación, en la pestaña luminarias existe un campo llamado lámparas escribimos SABERLITE 28WT5 que es la especificación de la lámpara: marca Saberlite, 28w T5, en el campo de flujo luminoso escribimos 2900 lm que son los datos que proporciona el fabricante, en potencia escribimos 28w que es la potencia que demanda el equipo el factor de corrección no se modifica (ver figura 3.22), en la pestaña de montaje elegimos el número de filas y columnas que necesitamos según la iluminación que requerimos y el tipo de montaje. Ver figura 3.23

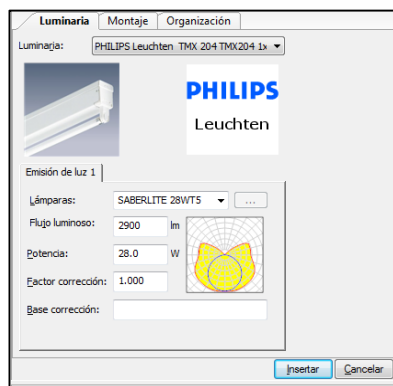


Figura 3.22 Menú de selección de la luminaria.  
Figura de elaboración propia.

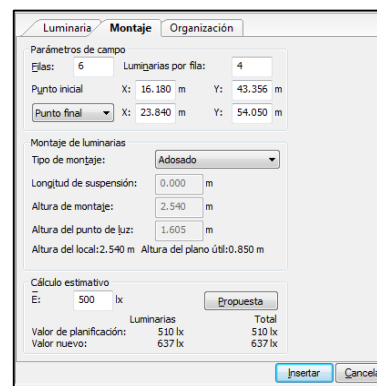


Figura 3.23 Disposición y montaje de luminaria  
Figura de elaboración propia.



Damos insertar, para terminar la edición del diseño y disposición de las luminarias.  
Ver figura 3.24

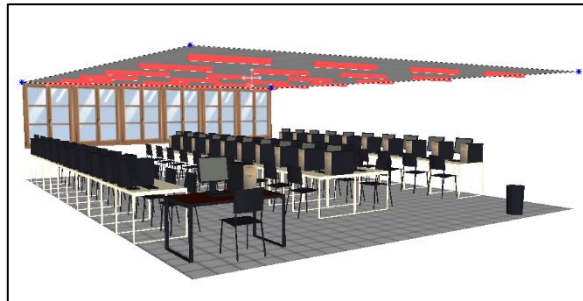


Figura 3.24 Previsualización del montaje y disposición de las luminarias del local.  
Figura de elaboración propia.

Después que insertamos las luminarias el siguiente paso es calcular el nivel de iluminación que dan las lámparas que instalamos, damos clic en iniciar cálculo (ver figura 3.25), aparecerá otra ventana (ver figura 3.26) dejamos las casillas marcadas predeterminadamente damos aceptar e iniciara el cálculo.

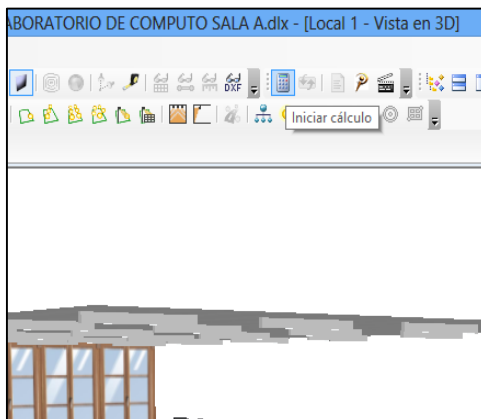


Figura 3.25 Ícono para iniciar el cálculo.  
Figura de elaboración propia.

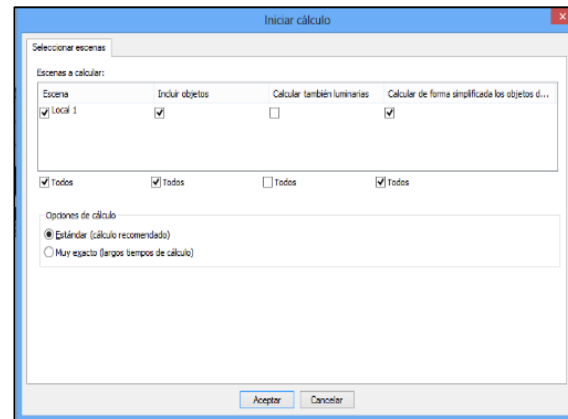


Figura 3.26 Opciones para elaborar el cálculo.  
Figura de elaboración propia.

Cuando Dialux termina de realizar el cálculo el laboratorio se ve de esta manera, (ver figura 3.27), damos clic en guardar outputs como PDF para que los cálculos realizados los muestre en este formato. Se pueden elegir los datos de



salida, en este caso seleccionamos los datos predeterminados. Y Dialux despliega un cuadro de diálogo para nombrar el archivo PDF y elegir donde guardarlo.

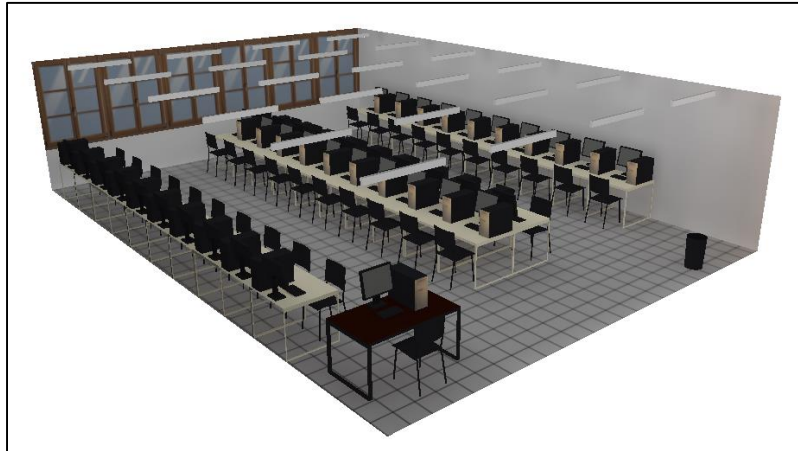


Figura 3.27 Imagen del local después de que el programa realiza el cálculo. Figura de elaboración propia.

Este resumen del cálculo que realiza Dialux está compuesto por 4 hojas, en la página 1 es la hoja de datos de luminarias, la pagina 2 es la hoja de resumen, la pagina 3 contiene la lista de luminarias, y la 4 los resultados luminotécnicos. Ver figura 3.28

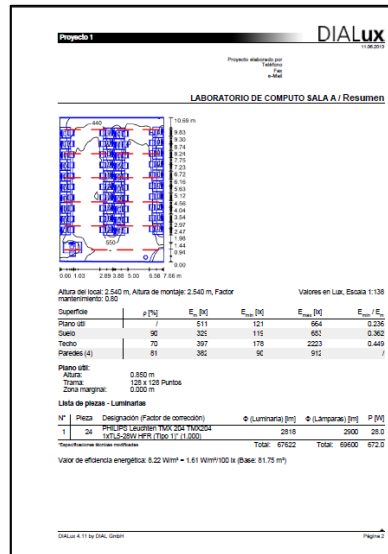
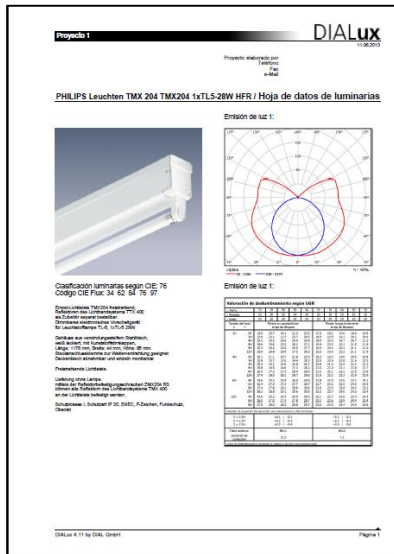


Figura 3.28 Resumen del cálculo realizado por Dialux. Figura de elaboración propia.



En la hoja 2 está la información que necesitamos para comparar si este tipo de luminarias cumple con el mínimo requerido por la NOM-025-STPS-2008 la norma como anteriormente lo vimos pide un mínimo de 500 luxes y el promedio de iluminación en el plano útil es de 511 luxes. Ver figura 3.29

Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80				Valores en Lux, Escala 1:138	
Superficie	$\rho$ [%]	$E_v$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{prom} / E_{m}$
Plano útil	/	511	121	664	0.236
Suelo	90	322	119	653	0.362
Techo	70	397	178	2223	0.449
Paredes (4)	81	382	90	912	/

<b>Plano útil:</b>	
Altura:	0.850 m
Trama:	128 x 128 Puntos
Zona marginal:	0.000 m

Figura. 3.29 Iluminación promedio obtenida en la Sala de Computo.  
Figura de elaboración propia.

Más abajo en la misma página está el resumen de la cantidad de lámparas instaladas y el total de watts que estas demandan, son 672 W, contra los 900 W que demanda el actual sistema de iluminación, sin olvidar que el nivel promedio de luxes actual es de 111.44 luxes, lo que significa que con el nuevo sistema consumimos 228 W menos, pero obtenemos 399.56 luxes más. Por otro lado, es importante recordar que con el sistema actual de iluminación el nivel promedio de iluminación está muy por debajo de lo que la STPS solicita como mínimo. Ver figura 3.30

<b>Plano útil:</b>	
Altura:	0.850 m
Trama:	128 x 128 Puntos
Zona marginal:	0.000 m

Lista de piezas - Luminarias					
N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTLS-28W HFR (Tipo 1) (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 67622	Total: 69600	672.0

Valor de eficiencia energética: 8.22 W/m<sup>2</sup> = 1.61 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 81.75 m<sup>2</sup>)

Figura.3.30 Carga total de las lámparas propuestas.  
Figura de elaboración propia.



Cuando se realiza el cálculo en Dialux también nos da la posibilidad de realizar un Render o visualización de la sala de cómputo, para darnos una idea más clara de cómo se vería iluminada el área de trabajo. Ver figura 3.31 y 3.32

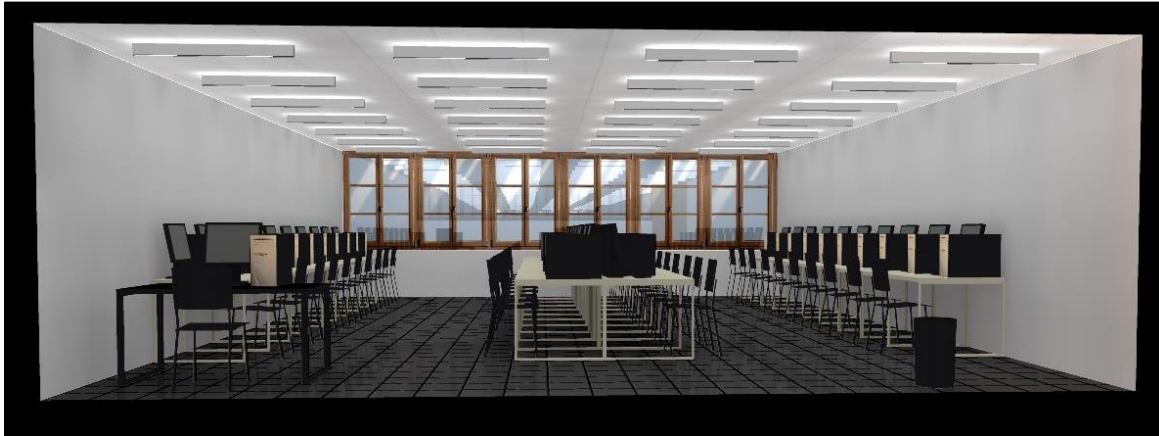


Figura 3.31 Render sala de cómputo.  
Figura de elaboración propia.



Figura 3.32 Render sala de cómputo.  
Figura de elaboración propia.



Los datos obtenidos en Dialux se pueden verificar en el anexo 2, el cual nos calculó el número de luminarias necesarias para cumplir con los niveles de iluminación establecidos por la NOM-025 así como los Watts en cada área, Etc.



### 3.3 Utilización de sensores de ocupación

Además de aprovechar al máximo hasta el último Kwh de consumo por una lámpara y de consumir niveles mínimos de energía, ¿qué más se puede hacer para ahorrar electricidad? La respuesta se encuentra prácticamente en la punta de las manos: Apagar las luces. A pesar de todos los medios y dispositivos creados para ahorrar energía, apagar las luces sigue siendo la manera más efectiva de disminuir el consumo de capital y energía. Sin embargo, hacerlo implica la participación del ser humano y lamentablemente no siempre se puede confiar en él. Para esto se han creado dispositivos de control de iluminación.

Los controles de iluminación están constituidos por sistemas que incluyen contadores de tiempo o sensores en los interruptores y reductores de lámparas, de manera que no sea necesaria la participación del hombre para encenderlas y apagarlas. Estos sistemas pueden ser utilizados individualmente o en conjunto. Por ejemplo, en una oficina con gran incidencia de luz natural y tránsito de personas es posible instalar sensores de iluminación para que las luces se apaguen si la luz natural supera los niveles mínimos de iluminación establecidos.

Así mismo, en una habitación se puede conectar un sistema con sensores para que las luces se enciendan o apaguen frente a la presencia o ausencia de personas. Por último, es posible incluir contadores de tiempo para que las luces se apaguen en una hora determinada del día.

Los sensores de ocupación son dispositivos de control que se encargan de encender / apagar automáticamente las cargas eléctricas en áreas de trabajo, en función de la presencia humana. Cuando exista ocupación las luces serán encendidas, de lo contrario se apagarán. Existen varios tipos:

**Sensores infrarrojos (PIR):** Todos los cuerpos cuya temperatura está sobre el punto del cero absoluto (-273.15°C) emiten una radiación electromagnética. En la gama de temperatura de las personas, esta radiación se encuentra en la gama de



los rayos infrarrojos. Los sensores infrarrojos de alta sensibilidad reaccionan a las mínimas oscilaciones de la radiación térmica que detectan. El campo de detección se descompone en zonas activas y pasivas por medio de lentes segmentados. La travesía de un cuerpo térmico por uno de los límites de las zonas las interpreta el sensor como una fluctuación de radiación y emite una señal. Esta señal se utiliza para el control de una luz o de otros consumidores.

**Sensores ultrasónicos:** Son sensores volumétricos de movimiento, los cuales detectan ocupación utilizando el principio de Doppler. Los sensores ultrasónicos utilizan un simple transductor tanto para la transmisión como para la recepción. La señal codificada es transmitida en una frecuencia de entre 30 Hz y 360 Hz (fuera de rango auditivo del oído humano) dependiendo de la distancia entre el sensor y el objeto, así como el modelo de sensor. Después de la reflexión sobre el objeto/objetivo, los ecos son recibidos por el sensor y decodificados con el tiempo transcurrido entre la transmisión y la recepción e introducido un coeficiente de temperatura, del que depende la velocidad del sonido en el aire, la distancia al objeto/objetivo es calculada con alta precisión. Esta medición resultante puede ser procesada como una señal de salida analógica o digital. La presencia humana en el espacio controlado, traerá como consecuencia que estas ondas retornen a mayor o menor frecuencia, lo que comúnmente se denomina cambio Doppler, y en esta forma es detectada la ocupación.

**Sensores de tecnología dual:** Estos sensores combinan ambos métodos de detección: por calor (PIR) y ultrasónico, obteniendo como resultado un sensor con mayor sensibilidad y radio de cobertura.

La red en forma de tablero de ajedrez que forman las zonas es tan densa que se detectan incluso los más mínimos movimientos, como la pulsación de una tecla.

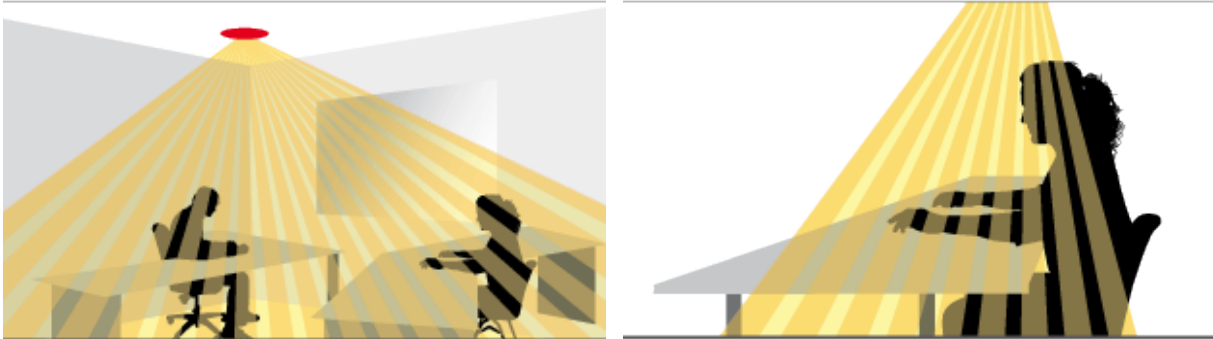


Figura 3.33 Más de 1000 zonas se extienden como un tablero de ajedrez a través de toda la habitación y registran cualquier movimiento.  
Figura Tomada del sitio theben energy saving comfort: <http://www.theben.es/Detectores-de-presencia/Informacion-interesante-sobre-los-detectores-de-presencia/Medicion-de-luz>. (Fecha de actualización: 19 de febrero de 2015).

Los detectores de presencia poseen unos sensores muy sensibles y registran incluso los más mínimos movimientos. Los sensibles sensores dividen la zona de detección de un detector de presencia de forma homogénea en hasta 1000 zonas. Las zonas se distribuyen por toda la zona de detección, como en un tablero de ajedrez. Se registran incluso los menores cambios en la imagen térmica, como la pulsación sobre un teclado en una oficina grande.

Los detectores de presencia miden la luminosidad de la habitación continuamente. Gracias a esta medición de luz permanente, el detector de presencia no sólo puede encender la luz artificial en caso de que la luz diurna sea insuficiente, sino también volver a apagar la iluminación cuando la luz diurna es suficiente. Esto parece sencillo, pero en la práctica el detector de presencia debe ser capaz de determinar, con la luz artificial encendida, si la luz diurna va a ser suficiente una vez se haya apagado la luz artificial. Para ello hay dos métodos distintos: la "medición de la mezcla de luz" y la "medición real de luz diurna".

En la medición de la mezcla de luz, el detector de presencia mide la suma de luz artificial y luz diurna. Para apagar la luz artificial en el momento adecuado al aumentar la luz diurna, el detector de presencia debe conocer la proporción de luz artificial. El detector determina automáticamente este valor analizando



continuamente todos los procesos de conmutación de la iluminación en la habitación. Esto le permite calcular en todo momento la intensidad actual de la luz diurna a partir de la luminosidad total medida. La ventaja de la medición de la mezcla de luz radica en que ésta trabaja con todas las fuentes de luz: se pueden utilizar bombillas LED, halógenas y fluorescentes. La medición de la mezcla de luz es la base para la regulación constante de luz.

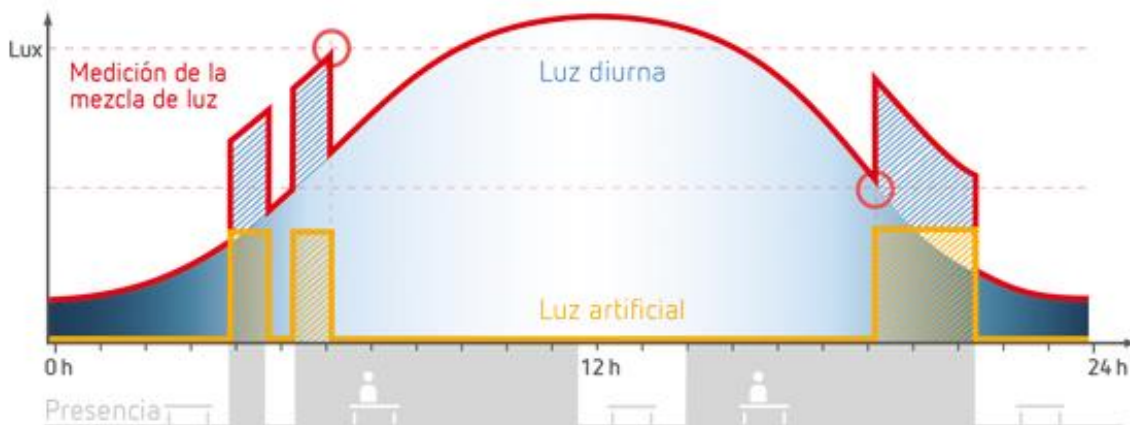


Figura 3.34 Medición de la mezcla de luz  
Figura Tomada del sitio theben energy saving comfort: <http://www.theben.es/Detectores-de-presencia/Informacion-interesante-sobre-los-detectores-de-presencia/Medicion-de-luz>. (Fecha de actualización: 19 de febrero de 2015).

En la medición de la mezcla de luz, el detector de presencia mide la suma de luz artificial y de luz diurna de forma permanente. El detector regula el valor de luminosidad deseado a partir de estas dos fuentes de luz. Durante las mañanas en las que hay niebla o lluvia, la incidencia de luz diurna es menor y el detector de presencia selecciona una proporción de luz artificial mayor para alcanzar la luminosidad deseada en la habitación. Si durante el transcurso de la mañana sale el sol y la luz entra con intensidad a través de la ventana, el detector de presencia reduce la proporción de luz artificial. Por tanto, la luminosidad de la habitación se mantiene siempre constante, con independencia de la incidencia de la luz diurna.

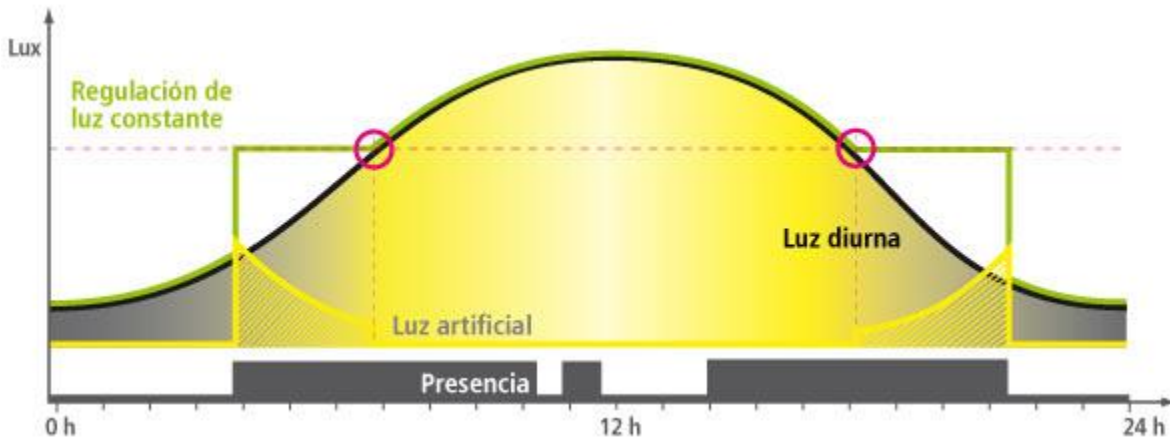


Figura 3.35 Regulación de luz constante.

Figura Tomada del sitio theben energy saving comfort: <http://www.theben.es/Detectores-de-presencia/Informacion-interesante-sobre-los-detectores-de-presencia/Medicion-de-luz>. (Fecha de actualización: 19 de febrero de 2015).

Los sensores de ocupación permiten reducir el tiempo de funcionamiento de las lámparas fluorescentes; con estos sensores se puede reducir el tiempo de operación de las lámparas a un máximo de 8 horas diarias y 20 días del mes.



## Capítulo 4 Presupuesto, ahorro y tiempo de recuperación

### 4.1 Ahorro en el consumo de energía eléctrica

De acuerdo a los cálculos realizados con ayuda de Dialux (Ver anexo 2) se propone la sustitución de las luminarias de la siguiente forma:

ZONA	CLAVE	CANT.	EQUIPO	W	MIN DE USO	HRS DE USO	CARGA TOTAL Kw	CONSUMO DIARIO Kwh	CONSUMO MENSUAL Kwh
PASILLO 1ER PISO	LUM	5	LAMPARA SABERLITE 28W	140		5	0.14	0.70	21.70
108F/100A BODEGA	LUM	2	LAMPARA SABERLITE 28W	56	2		0.06	0.00	0.06
108F/101 LABORATORIO DE COMPUTO SALA A	LUM	24	LAMPARA SABERLITE 28W	672		14	0.67	9.41	291.65
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/102 COORDINACION LABORATORIO DE COMPUTO	LUM	14	LAMPARA SABERLITE 28W	392	2		0.39	0.01	0.41
	SER	1	SERVIDOR	1400		14	1.40	19.60	607.60
	PC	7	EQUIPO DE COMPUTO	700		14	0.70	9.80	303.80
108F/102A LABORATORIO DE COMPUTO	LUM	12	LAMPARA SABERLITE 28W	336		14	0.34	4.70	145.82
	PC	10	EQUIPO DE COMPUTO	1000	10		1.00	0.17	5.17
	EE	1	PANTALLA	250		14	0.25	3.50	108.50
108F/103 LABORATORIO DE COMPUTO SALA B	LUM	24	LAMPARA SABERLITE 28W	672		14	0.67	9.41	291.65
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/104 CONSEJEROS DE UNIDAD ACADEMICA	LUM	2	LAMPARA SABERLITE 28W	56	2		0.06	0.00	0.06
SANITARIOS H 1ER PISO	LUM	3	LAMPARA SABERLITE 28W	84		5	0.08	0.42	13.02
SANITARIOS M 1ER PISO	LUM	3	LAMPARA SABERLITE 28W	84		5	0.08	0.42	13.02
108F/100 SANITARIOS H 1ER PISO	LUM	2	LAMPARA SABERLITE 28W	56		5	0.06	0.28	8.68
PASILLO 2DO PISO	LUM	5	LAMPARA SABERLITE 28W	140		5	0.14	0.70	21.70
108F/201 LABORATORIO DE COMPUTO SALA C	LUM	24	LAMPARA SABERLITE 28W	672		14	0.67	9.41	291.65
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/202 LABORATORIO DE COMPUTO SALA D	LUM	24	LAMPARA SABERLITE 28W	672		14	0.67	9.41	291.65
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/203 LABORATORIO DE COMPUTO SALA E	LUM	24	LAMPARA SABERLITE 28W	672		14	0.67	9.41	291.65
	PC	41	EQUIPO DE COMPUTO	4100		14	4.10	57.40	1779.40
	CAÑ	1	CAÑON	300		14	0.30	4.20	130.20
108F/204 AULA	LUM	20	LAMPARA SABERLITE 28W	560		14	0.56	7.84	243.04
	PC	1	EQUIPO DE COMPUTO	100		1	0.10	0.10	3.10
	CAÑ	1	CAÑON	300		1	0.30	0.30	9.30
108F/200 SANITARIOS M 2DO PISO	LUM	2	LAMPARA SABERLITE 28W	56		5	0.06	0.28	8.68
PASILLO 3ER PISO	LUM	7	LAMPARA SABERLITE 28W	196		5	0.20	0.98	30.38
108F/300 BODEGA	LUM	1	LAMPARA SABERLITE 28W	28	2		0.03	0.00	0.03
108F/301 SALA	LUM	3	LAMPARA SABERLITE 28W	84		14	0.08	1.18	36.46
	PC	1	EQUIPO DE COMPUTO	100	1		0.10	0.00	0.05
108F/302 SALA AUDIOVISUAL	LUM	18	LAMPARA SABERLITE 28W	504		14	0.50	7.06	218.74
	CAÑ	1	CAÑON	300		1	0.30	0.30	9.30
108F/303 SALON DE POSGRADO	LUM	8	LAMPARA SABERLITE 28W	224		14	0.22	3.14	97.22
108F/304 SALON DE POSGRADO	LUM	8	LAMPARA SABERLITE 28W	224		14	0.22	3.14	97.22
108F/305 BODEGA	LUM	1	LAMPARA SABERLITE 28W	28	2		0.03	0.00	0.03
108F/306 SALON DE POSGRADO	LUM	8	LAMPARA SABERLITE 28W	224		14	0.22	3.14	97.22
108F/307 SALON DE POSGRADO	LUM	8	LAMPARA SABERLITE 28W	224		14	0.22	3.14	97.22
108F/308 AULA	LUM	20	LAMPARA SABERLITE 28W	560		14	0.56	7.84	243.04
	PC	1	EQUIPO DE COMPUTO	100		1	0.10	0.10	3.10
	CAÑ	1	CAÑON	300		1	0.30	0.30	9.30
<b>TOTAL</b>							34.17	434.17	13459.18

Tabla 4.1 Censo de carga propuesto con las luminarias Saberlite según calculo en Dialux.  
Tabla de elaboración propia.



A manera de resumen y de forma más clara en la siguiente tabla se muestra el total de luminarias Saberlite 28 w que se calcularon para el Edificio 108F.

<b>SISTEMA DE ILUMINACIÓN PROPUESTO</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CARGA WATTS</b>	<b>CONSUMO MENSUAL Kwh</b>
272	LAMPARA SABERLITE 28W	7,616	2851.96
<b>TOTAL</b>			<b>2851.96</b>

Tabla 4.2 Cantidad y consumo mensual Calculado del Sistema de Iluminación Saberlite  
Tabla de elaboración propia.

Con el sistema actual se cuenta con:

<b>SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL</b>			
<b>CANTIDAD</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CARGA WATTS</b>	<b>CONSUMO MENSUAL Kwh</b>
495	DIFERENTES EQUIPOS DE ILUMINACIÓN	19,264	6909.23
<b>TOTAL</b>			<b>6909.23</b>

Tabla 4.3 Cantidad y consumo mensual del sistema de iluminación actual.  
Tabla de elaboración propia.

Comparando el consumo de los sistemas de iluminación tenemos que:

<b>TABLA DE AHORRO</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CONSUMO MENSUAL Kwh</b>
CONSUMO CON EL SISTEMA ILUMINACION ACTUAL	6909.23
CONSUMO CON EL SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO	2851.96
<b>KHW AHORRADOS POR MES</b>	<b>4057.27</b>

Tabla 4.4 Cantidad de Kwh ahorrados por mes sustituyendo el sistema de iluminación.  
Tabla de elaboración propia.

Es decir, si se realiza el cambio de las luminarias actuales por el sistema de iluminación Saberlite el ahorro en Kwh por mes sería de 4057.27 Kwh y tomado en



cuenta que el precio promedio del Kwh es de \$2.2149 con IVA incluido, el ahorro calculado por facturación sería de \$8986.46 pesos.

## 4.2 Presupuesto

Tomando en cuenta los trabajos necesarios para la correcta ejecución del proyecto se generó una cotización utilizando como referencia el Catálogo de Precios Unitarios de Obra Pública del Gobierno del Estado de Puebla ya que estos son precios actualizados:

PRESUPUESTO				
CONCEPTO	U.M.	CANTIDAD	C. DIRECTO	IMPORTE
DESMONTAJE DE LUMINARIAS DE DIFERENTES MEDIDAS INCLUYE ACARREO	PZA	495	\$ 35.92	\$ 17,780.40
SUMINISTRO Y COLOCACION DE LAMPARAS SABERLITE T5 28W C/GABINETE	PZA	272	\$ 1,150.00	\$ 312,800.00
SUMINISTRO Y COLOCACION DE SENSORES DE MOVIMIENTO	PZA	23	\$ 150.00	\$ 3,450.00
SUMINISTRO Y APLICACION DE PINTURA VINILICA VINIMEX COLOR BLANCO SOBRE PLAFONES INCLUYE: PREPARACION DE LA SUPERFICIE, ANDAMIOS , PROTECCION DE PISOS Y MUROS, UNA MANO DE SELLADOR Y DOS MANOS DE PINTURA.	M2	1806.42	\$ 49.48	\$ 89,381.66
LIMPIEZA GENERAL DURANTE LA OBRA INCLUYE ACARREOS DE ESCOMBROS, ETC.	M2	1806.42	\$ 4.60	\$ 8,309.53
<b>SUBTOTAL</b>				<b>\$ 431,721.59</b>
<b>I.V.A</b>				<b>\$ 69,075.45</b>
<b>Total</b>				<b>\$ 500,797.05</b>

Tabla 4.5 Presupuesto de obra  
Tabla de elaboración propia.

## 4.3 Tiempo de recuperación

Para poder determinar el tiempo de recuperación y conocer el beneficio de la realización del proyecto se realizó una evaluación económica, considerando el costo de la inversión de acuerdo al presupuesto antes presentado, el costo de mantenimiento, y el incremento en el costo de la energía eléctrica.

Este proyecto se puede ejecutar de inmediato, ya que el parámetro de evaluación para determinar el momento óptimo para llevar a cabo una inversión, es la Tasa de Rentabilidad Inmediata (TRI), y el criterio de decisión es que cuando la TRI sea mayor a la tasa de descuento se debe iniciar el proyecto, y en este caso



para el primer año de operación propuesto de \$106,205.52 arroja un valor de 21.21 %, superior a la tasa de descuento social del 12%.

AÑO	COSTOS	BENEFICIOS	FLUJO DE EFECTIVO	TRI	TIR
0	\$ 500,797.05		-\$ 500,797.05		20.71%
1	\$ 1,632.00	\$ 107,837.52	\$ 106,205.52	21.21%	
2	\$ 1,632.00	\$ 112,657.86	\$ 111,025.86	22.17%	
3	\$ 1,632.00	\$ 117,693.66	\$ 116,061.66	23.18%	
4	\$ 1,632.00	\$ 122,954.57	\$ 121,322.57	24.23%	
5	\$ 1,632.00	\$ 128,450.64	\$ 126,818.64	25.32%	
6	\$ 1,632.00	\$ 134,192.38	\$ 132,560.38	26.47%	
7	\$ 1,632.00	\$ 140,190.78	\$ 138,558.78	27.67%	
8	\$ 1,632.00	\$ 146,457.31	\$ 144,825.31	28.92%	
9	\$ 1,632.00	\$ 153,003.95	\$ 151,371.95	30.23%	
10	\$ 1,632.00	\$ 159,843.23	\$ 158,211.23	31.59%	
			<b>\$ 208,066.54</b>		

Tabla 4.6 Evaluación económica  
Tabla de elaboración propia.

Incluso suponiendo externalidades de tipo económico como inflación, devaluación, entre otras, tenemos un margen amplio para seguir adelante con nuestro proyecto, pues la Tasa Interna de Retorno (TIR) es de 20.71% y nos permite una holgura generosa, en comparación a la manejada por este modelo, que es del 12 % (Tasa de Descuento Social).



## Conclusiones

El ahorro de energía eléctrica es un tema que actualmente ha tomado mucha importancia tanto, que ha dado paso a la industria de la eficiencia energética. La finalidad de esta es mejorar la administración de la energía y por lo tanto su ahorro esto a su vez por un objetivo mayor, el de disminuir el cambio climático producido por la emisión de gases de efecto invernadero.

La BUAP como máxima casa de estudios del Estado de Puebla tiene el compromiso social con la población, dicho esto, es indispensable que la BUAP tome medidas que permitan el ahorro de energía eléctrica, más aún en la Facultad de Ingeniería. Es necesario que se busquen nuevas formas de aprovechar la energía de manera segura y sustentable, pero no es aceptable descuidar “los pequeños detalles”. La iluminación en el Edificio 108F como se demostró a lo largo de este trabajo representa una oportunidad de ahorro energético muy importante, el sistema de iluminación actual en este edificio es obsoleto, ineficiente tanto en consumo como en niveles de iluminación ya que no cumple con los niveles mínimos establecidos por la NOM-025 de la Secretaría de Trabajo y Previsión Social por lo que al realizar los cálculos correspondientes se comprobó que al usar el sistema de iluminación Saberlite PTF VIII el consumo de energía eléctrica por iluminación en el edificio se reduce un 58.72%, se calculó que mensualmente el ahorro sería de 4057.27 Kwh, con un ahorro anual de \$107,837.52 pesos dejando de emitir 21.69 TON de CO<sub>2</sub> anuales a la atmósfera. Este ahorro es únicamente por el Edificio 108F de la Facultad de Ingeniería, pero en la mayoría de los edificios de la BUAP existe la misma problemática por lo que es indispensable que la Universidad adopte medidas para mejorar en este punto.



## Recomendaciones

Existe un sin número de medidas que se pueden adoptar para reducir el consumo de energía eléctrica, estas varían dependiendo del lugar, en este caso además de hacer la sustitución de las lámparas y el empleo de los sensores es conveniente:

- Revisar la instalación eléctrica para descartar fugas de energía eléctrica
- Utilizar equipo de cómputo de bajo consumo
- Apagar los equipos de cómputo cuando no se estén utilizando
- Apagar los reguladores de voltaje
- Apagar las lámparas aun cuando estas cuenten con sensor
- Desconectar cargadores de celular y laptop cuando estos indiquen carga completa.
- Implementar campañas para mejorar los hábitos de consumo de maestros y alumnos.



## Anexo 1

### 1.- PASILLO 1ER PISO

$$K = (A * L) / [h (A + L)]$$

$$K = (2.3m * 40.46m) / [2.54m (2.3m + 40.46m)]$$

$$K = .86$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/4(39+140+143+101)$$

$$E_p = 105.75 \text{ luxes}$$

### 2.- 108F/100A BODEGA

$$K = (A * L) / [h (A + L)]$$

$$K = (2.93m * 2.29m) / [2.54m (2.93m + 2.29m)]$$

$$K = 0.51$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/4(274+281+149+164)$$

$$E_p = 217.00 \text{ luxes}$$

### 3.- 108F/101 LABORATORIO DE CÓMPUTO SALA A

$$K = (A * L) / [h (A + L)]$$

$$K = (7.66m * 10.65m) / [2.54m (7.66m + 10.65m)]$$

$$K = 1.75$$



$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(114+119+113+116+93+105+112+121+110)$$

$$E_p = 111.44 \text{ luxes}$$

#### 4.- 108F/102 COORDINACIÓN LABORATORIO DE CÓMPUTO

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$

$$K = (7.86m \cdot 4.86m) / [2.54m (7.86m + 4.86m)]$$

$$K = 1.18$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(118+145+135+136+151+134+121+167+108)$$

$$E_p = 135.00 \text{ luxes}$$

#### 5.- 108F/102A LABORATORIO DE CÓMPUTO

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$

$$K = (7.86m \cdot 5.62m) / [2.54m (7.86m + 5.62m)]$$

$$K = 1.29$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(100+103+98+79+81+105+93+105+109)$$

$$E_p = 97.00 \text{ luxes}$$

#### 6.- 108F/103 LABORATORIO DE CÓMPUTO SALA B

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$

$$K = (7.66m \cdot 10.65m) / [2.54m (7.66m + 10.65m)]$$



$$K= 1.75$$

$$E_p= 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p= 1/9(117+139+141+132+151+133+119+169+106)$$

$$E_p= 134.11 \text{ luxes}$$

### 7.- 108F/104 CONSEJEROS DE UNIDAD ACADÉMICA

$$K= (A*L) / [h (A+L)]$$

$$K= (2.5m * 5.4m) / [2.54m (2.5m + 5.4m)]$$

$$K= 0.67$$

$$E_p= 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p= 1/4(150+200+170+191)$$

$$E_p= 177.75 \text{ luxes}$$

### 8.- SANITARIOS H 1ER PISO

$$K= (A*L) / [h (A+L)]$$

$$K= (4.33m * 10.65m) / [2.54m (4.33m + 10.65m)]$$

$$K= 1.21$$

$$E_p= 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p= 1/9(145+169+124+198+136+171+143+119+126)$$

$$E_p= 149.89 \text{ luxes}$$

### 9.- SANITARIOS M 1ER PISO

$$K= (A*L) / [h (A+L)]$$

$$K= (4.33m * 10.65m) / [2.54m (4.33m + 10.65m)]$$



$$K= 1.21$$

$$E_p= 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p= 1/9(145+169+124+198+136+171+143+119+126)$$

$$E_p= 149.89 \text{ luxes}$$

### 10.- 108F/100 SANITARIOS H 1ER PISO

$$K= (A*L) / [h (A+L)]$$

$$K= (4.76m * 3.4m) / [2.54m (4.76m + 3.4m)]$$

$$K= 0.78$$

$$E_p= 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p= 1/4(271+217+145+152)$$

$$E_p= 149.89 \text{ luxes}$$

### 11.- PASILLO 2DO PISO

$$K= (A*L) / [h (A+L)]$$

$$K= (2.3m * 40.46m) / [2.54m (2.3m + 40.46m)]$$

$$K= 0.86$$

$$E_p= 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p= 1/4(138+14+112+35)$$

$$E_p= 74.75 \text{ luxes}$$

### 12.- 108F/201 LABORATORIO DE CÓMPUTO SALA C



$$K = (A \cdot L) / [h (A + L)]$$

$$K = (7.66m \cdot 10.65m) / [2.54m (7.66m + 10.65m)]$$

$$K = 1.75$$

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(103+42+72+112+48+72+66+14+43)$$

$$E_p = 63.56 \text{ luxes}$$

### 13.- 108F/202 LABORATORIO DE CÓMPUTO SALA D

$$K = (A \cdot L) / [h (A + L)]$$

$$K = (7.66m \cdot 10.65m) / [2.54m (7.66m + 10.65m)]$$

$$K = 1.75$$

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(117+123+109+115+99+115+99+115+108+132+113)$$

$$E_p = 114.56 \text{ luxes}$$

### 14.- 108F/203 LABORATORIO DE CÓMPUTO SALA E

$$K = (A \cdot L) / [h (A + L)]$$

$$K = (7.66m \cdot 10.65m) / [2.54m (7.66m + 10.65m)]$$

$$K = 1.75$$

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(114+116+113+125+105+111+106+132+100)$$

$$E_p = 113.56 \text{ luxes}$$



**15.- 108F/204 AULA**

$$K = (A \cdot L) / [h (A + L)]$$

$$K = (11.5\text{m} \cdot 10.65\text{m}) / [2.54\text{m} (11.5\text{m} + 10.65\text{m})]$$

$$K = 2.18$$

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/16(280+441+479+470+416+459+457+523+520+601+412+543+520+216+503+510)$$

$$E_p = 252.81 \text{ luxes}$$

**16.- 108F/200 SANITARIOS M 2DO PISO**

$$K = (A \cdot L) / [h (A + L)]$$

$$K = (4.76\text{m} \cdot 3.4\text{m}) / [2.54\text{m} (4.76\text{m} + 3.4\text{m})]$$

$$K = 0.78$$

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/4(150+200+170+191)$$

$$E_p = 177.75 \text{ luxes}$$

**17.- PASILLO 3ER PISO**

$$K = (A \cdot L) / [h (A + L)]$$

$$K = (2.3\text{m} \cdot 40.46\text{m}) / [2.54\text{m} (2.3\text{m} + 40.46\text{m})]$$

$$K = 0.86$$

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/4(45+96+6+43)$$



$$E_p = 47.50 \text{ luxes}$$

### 18.- 108F/300 BODEGA

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$

$$K = (2.6\text{m} \cdot 1.01\text{m}) / [2.54\text{m} (2.6\text{m} + 1.01\text{m})]$$

$$K = 0.29$$

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/4(208+149+187+200)$$

$$E_p = 186.00 \text{ luxes}$$

### 19.- 108F/301 SALA

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$

$$K = (4.76\text{m} \cdot 3.4\text{m}) / [2.54\text{m} (4.76\text{m} + 3.4\text{m})]$$

$$K = 0.78$$

$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/4(150+200+170+191)$$

$$E_p = 118.25 \text{ luxes}$$

### 20.- 108F/302 SALA AUDIOVISUAL

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$

$$K = (6.34\text{m} \cdot 10.65\text{m}) / [2.54\text{m} (6.34\text{m} + 10.65\text{m})]$$

$$K = 1.56$$



$$E_p = 1/N (\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(125+114+149+138+160+147+130+114+108)$$

$$E_p = 131.67 \text{ luxes}$$

### 21.- 108F/303 SALÓN DE POSGRADO

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$

$$K = (6.94\text{m} \cdot 5.21\text{m}) / [2.54\text{m} (6.94\text{m} + 5.21\text{m})]$$

$$K = 1.17$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(332+153+225+232+401+451+227+145+318)$$

$$E_p = 276.00 \text{ luxes}$$

### 22.- 108F/304 SALÓN DE POSGRADO

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$

$$K = (6.94\text{m} \cdot 5.21\text{m}) / [2.54\text{m} (6.94\text{m} + 5.21\text{m})]$$

$$K = 1.17$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(319+144+222+469+412+237+201+163+309)$$

$$E_p = 275.11 \text{ luxes}$$

### 23.- 108F/305 BODEGA

$$K = (A \cdot L) / [h (A+L)]$$



$$K = (3.29\text{m} * 1.83\text{m}) / [2.54\text{m} (3.29\text{m} + 1.83\text{m})]$$

$$K = 0.46$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/4(44+105+31+48)$$

$$E_p = 57.00 \text{ luxes}$$

#### 24.- 108F/306 SALÓN DE POSGRADO

$$K = (A*L) / [h (A+L)]$$

$$K = (6.94\text{m} * 5.21\text{m}) / [2.54\text{m} (6.94\text{m} + 5.21\text{m})]$$

$$K = 1.17$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(318+146+219+467+415+239+205+164+304)$$

$$E_p = 275.22 \text{ luxes}$$

#### 25.- 108F/307 SALÓN DE POSGRADO

$$K = (A*L) / [h (A+L)]$$

$$K = (6.94\text{m} * 5.21\text{m}) / [2.54\text{m} (6.94\text{m} + 5.21\text{m})]$$

$$K = 1.17$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/9(319+148+210+481+409+233+200+161+301)$$

$$E_p = 273.56 \text{ luxes}$$



**26.- 108F/308 AULA**

$$K = (A * L) / [h (A + L)]$$

$$K = (11.1m * 10.65m) / [2.54m (11.1m + 10.65m)]$$

$$K = 2.14$$

$$E_p = 1/N(\sum E_i)$$

$$E_p = 1/16(301+443+484+465+412+462+451+524+517+605+411+547+521+480+501+502)$$

$$E_p = 252.81 \text{ luxes}$$



## Anexo 2

### EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

PROYECTO DE AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN  
ILUMINACION

Contacto:  
N° de encargo:  
Empresa:  
N° de cliente:

Fecha: 21.11.2013  
Proyecto elaborado por: SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

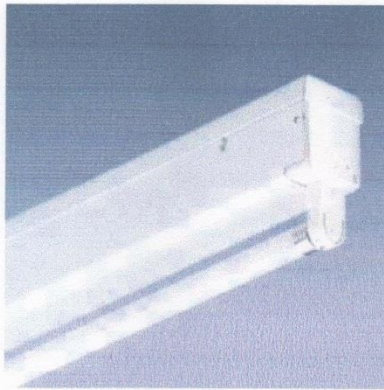
**DIALux**

21.11.2013

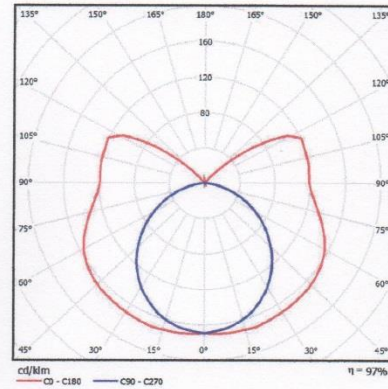
Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR / Hoja de datos de luminarias**



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 76  
Código CIE Flux: 34 62 84 76 97

Einzel-Lichtleiste TMX204 freistrahrend,  
Reflektoren des Lichtbandsystems TTX 400  
als Zubehör separat bestellbar.  
Dimmbares elektronisches Vorschaltgerät  
für Leuchtstofflampe TL-5, 1xTL-5 28W

Gehäuse aus verwindungssteifem Stahlblech,  
weiß lackiert, mit Kunststoffstirnkappen,  
Länge: 1176 mm, Breite: 44 mm, Höhe: 85 mm.  
Steckanschlussklemme zur Weiterverdrahtung geeignet  
Deckenblech abnehmbar und einzeln montierbar.

Freistrahrende Lichtleiste.

Lieferung ohne Lampe,  
mittels der Reflektorbefestigungsschrauben ZMX204 RS  
können alle Reflektoren des Lichtbandsystems TMX 400  
an der Lichtleiste befestigt werden.

Schutzklasse I, Schutzart IP 20, ENEC, F-Zeichen, Funkschutz,  
Obsolet

Emisión de luz 1:

**Valoración de deslumbramiento según UGR**

Leuchte	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Paralel	52	30	20	15	12	10	9	8	7	6	5	4
Schief	23	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local l	Mirado en perpendicular al eje del lámpara						Mirado longitudinalmente al eje del lámpara					
2H	2H	3H	4H	6H	8H	12H	2H	3H	4H	6H	8H	12H
	20	30	40	50	60	70	20	30	40	50	60	70
	19.5	20.7	20.1	21.3	22.0	17.0	18.2	17.6	18.8	19.5	20.2	20.9
	22.0	23.1	22.7	23.7	24.5	18.5	19.5	19.1	20.2	20.9	21.6	22.3
	23.3	24.3	24.0	25.0	25.8	19.0	20.0	19.7	20.7	21.5	22.2	22.9
	24.6	25.6	25.3	26.2	27.1	19.4	20.3	20.1	21.0	21.8	22.5	23.2
	25.3	26.2	25.9	26.9	27.7	19.5	20.4	20.2	21.1	21.9	22.6	23.3
	25.9	26.6	26.6	27.5	28.3	19.5	20.4	20.2	21.1	21.9	22.6	23.3
4H	2H	3H	4H	6H	8H	12H	2H	3H	4H	6H	8H	12H
	20	30	40	50	60	70	20	30	40	50	60	70
	20.1	21.1	20.7	21.8	22.5	18.3	19.3	19.0	20.0	20.8	21.5	22.2
	22.0	22.7	22.5	24.4	25.3	20.0	20.9	20.8	21.6	22.3	23.0	23.7
	24.3	25.1	25.0	25.8	26.7	20.8	21.6	21.5	22.3	23.0	23.7	24.4
	25.0	25.5	25.6	27.3	28.2	21.3	22.0	22.1	22.8	23.5	24.2	24.9
	26.6	27.2	27.3	28.0	28.9	21.5	22.1	22.2	22.9	23.6	24.3	25.0
	27.4	28.0	28.1	28.7	29.6	21.6	22.2	22.3	23.0	23.7	24.4	25.1
8H	4H	6H	8H	12H	4H	6H	8H	12H	4H	6H	8H	12H
	20	30	40	50	60	70	20	30	40	50	60	70
	24.6	25.3	25.4	26.0	26.9	21.8	22.5	22.6	23.3	24.1	24.8	25.5
	28.4	27.0	27.2	27.7	28.7	22.7	23.2	23.3	24.0	24.9	25.7	26.5
	27.4	27.8	28.1	28.6	29.6	23.0	23.5	23.8	24.3	25.1	25.9	26.7
	28.3	28.8	29.1	29.6	30.5	23.2	23.7	24.0	24.5	25.4	26.2	27.0
12H	4H	6H	8H	12H	4H	6H	8H	12H	4H	6H	8H	12H
	20	30	40	50	60	70	20	30	40	50	60	70
	24.6	25.2	25.4	26.0	26.9	23.1	23.7	23.8	24.4	25.1	25.8	26.5
	28.5	27.0	27.3	27.8	28.7	23.1	23.6	23.9	24.4	25.1	25.8	26.5
	27.5	28.0	28.3	28.8	29.7	23.6	24.0	24.4	24.9	25.6	26.3	27.0

Variación de la posición del espectador para separaciones 1 entre luminarias

s = 1.0x	+0.1 / -0.1	-0.1 / -0.1
s = 1.5x	+0.2 / -0.2	-0.2 / -0.3
s = 2.0x	+0.3 / -0.4	-0.4 / -0.6

Tabla estándar BK11 BK13

Sumando de concepto	12.2	7.2
---------------------	------	-----

Índice de deslumbramiento corregido en relación a la zona de iluminación total



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

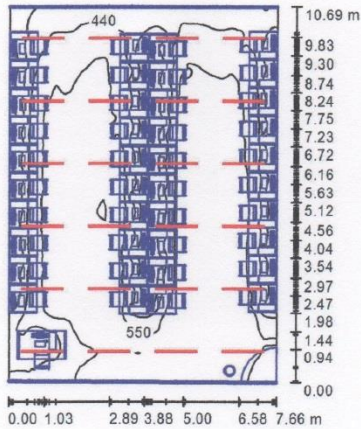
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/101 LABORATORIO DE COMPUTO SALA A / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:138

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	511	121	664	0.236
Suelo	90	329	119	653	0.362
Techo	70	397	178	2223	0.449
Paredes (4)	81	382	90	912	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 67622	Total: 69600	672.0

Valor de eficiencia energética: 8.22 W/m<sup>2</sup> = 1.61 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 81.75 m<sup>2</sup>)



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

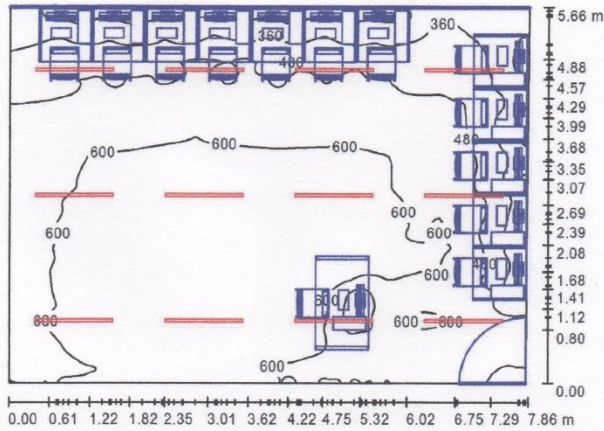
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

108F/102A LABORATORIO DE COMPUTO / Resumen



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:73

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	540	145	706	0.268
Suelo	90	417	149	616	0.357
Techo	70	463	176	2236	0.380
Paredes (4)	82	388	98	800	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	12	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 33811	Total: 34800	336.0

Valor de eficiencia energética:  $7.58 \text{ W/m}^2 = 1.40 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $44.35 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

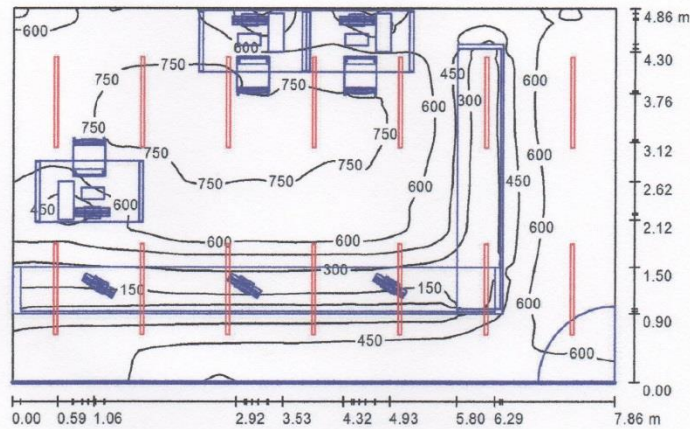
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P. 72350

Proyecto elaborado por: SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono: 045 2225300115  
Fax:  
e-Mail: silon.juventino@outlook.com

**108F/102 COORDINACIÓN LABORATORIO DE COMPUTO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:63

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	546	110	813	0.201
Suelo	90	364	47	677	0.129
Techo	70	539	221	2263	0.411
Paredes (4)	82	492	77	1316	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	14	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-26W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 39446	Total: 40600	392.0

Valor de eficiencia energética:  $10.26 \text{ W/m}^2 = 1.88 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $38.22 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

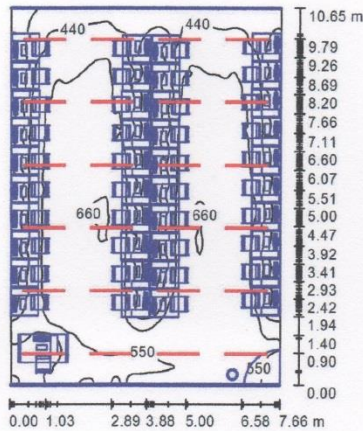
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

108F/103 LABORATORIO DE COMPUTO SALA B / Resumen



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:137

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	515	146	669	0.284
Suelo	90	331	119	603	0.359
Techo	70	399	176	2239	0.440
Paredes (4)	81	385	97	840	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 67622	Total: 69600	672.0

Valor de eficiencia energética:  $8.26 \text{ W/m}^2 = 1.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $81.39 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

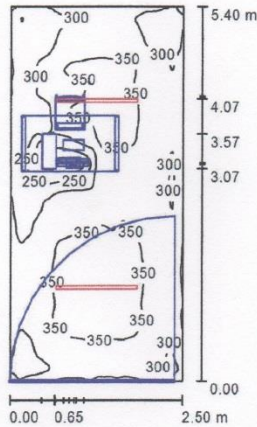
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/104 CONSEJEROS DE UNIDAD ACADEMICA / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:70

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	323	147	390	0.455
Suelo	90	252	82	328	0.325
Techo	70	301	188	2077	0.626
Paredes (4)	80	274	137	394	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
			Total: 5635	Total: 5800	56.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Valor de eficiencia energética:  $4.15 \text{ W/m}^2 = 1.28 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $13.50 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

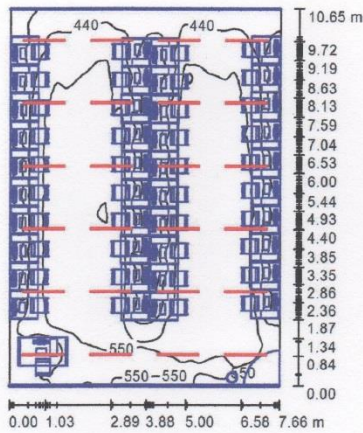
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/201 LABORATORIO DE COMPUTO SALA C / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:137

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	508	139	665	0.273
Suelo	90	324	113	592	0.349
Techo	70	393	175	2208	0.446
Paredes (4)	81	371	86	804	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 67622	Total: 69600	672.0

Valor de eficiencia energética:  $8.24 \text{ W/m}^2 = 1.62 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $81.58 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

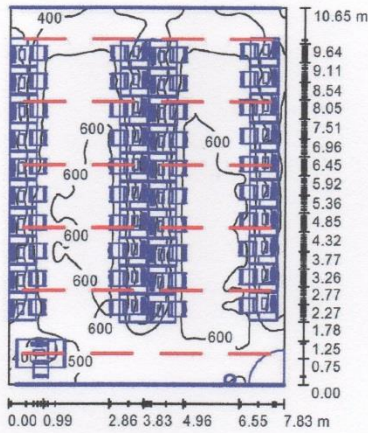
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/202 LABORATORIO DE COMPUTO SALA D / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:137

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	499	162	656	0.325
Suelo	90	324	142	589	0.437
Techo	70	390	179	2139	0.459
Paredes (4)	81	380	97	825	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 67622	Total: 69600	672.0

Valor de eficiencia energética:  $8.06 \text{ W/m}^2 = 1.62 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $83.34 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

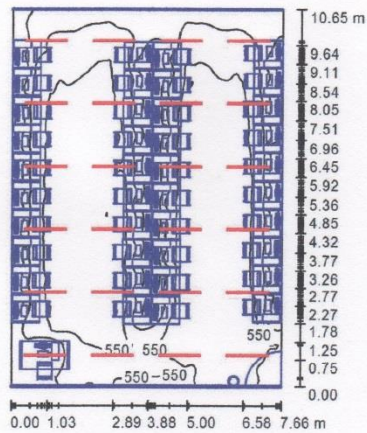
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/203 LABORATORIO DE COMPUTO SALA E / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:137

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	511	155	663	0.304
Suelo	90	325	125	592	0.384
Techo	70	395	180	2221	0.456
Paredes (4)	81	374	94	820	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTLS-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 67622	Total: 69600	672.0

Valor de eficiencia energética:  $8.24 \text{ W/m}^2 = 1.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $81.58 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

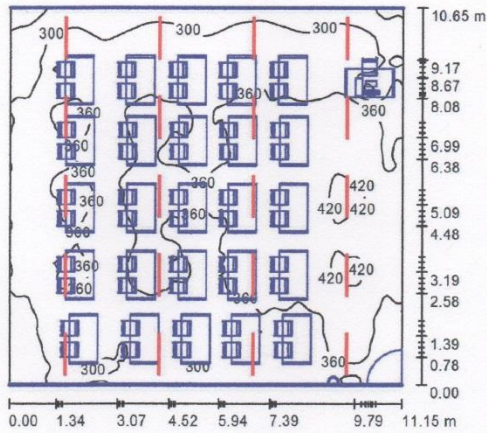
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/204 AULA / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:137

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	346	191	444	0.552
Suelo	90	202	73	388	0.363
Techo	70	226	90	1750	0.397
Paredes (4)	81	274	115	440	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	20	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 56352	Total: 58000	560.0

Valor de eficiencia energética:  $4.72 \text{ W/m}^2 = 1.36 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $118.74 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

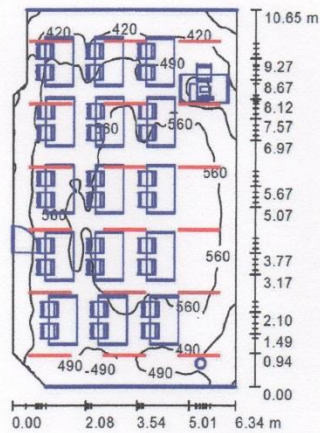
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108/F302 SALA AUDIOVISUAL / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:137

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	517	307	621	0.594
Suelo	90	284	124	552	0.436
Techo	70	349	135	2159	0.388
Paredes (7)	82	386	179	1040	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	18	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-26W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 50716	Total: 52200	504.0

Valor de eficiencia energética:  $7.61 \text{ W/m}^2 = 1.47 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $66.24 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

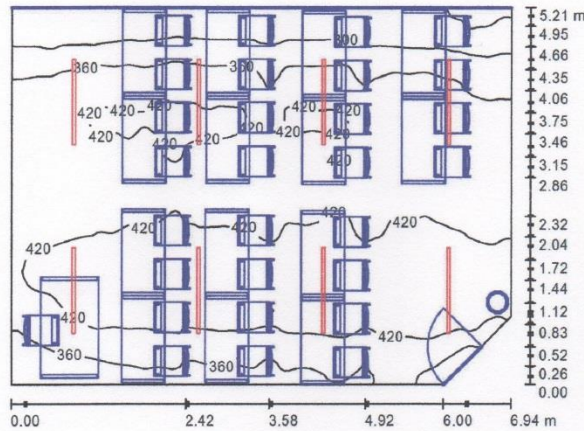
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/303 SALON DE POSGRADO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:67

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	390	221	476	0.566
Suelo	90	169	45	380	0.263
Techo	70	260	73	1931	0.282
Paredes (5)	85	254	68	665	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 22541	Total: 23200	224.0

Valor de eficiencia energética:  $6.27 \text{ W/m}^2 = 1.61 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $35.72 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

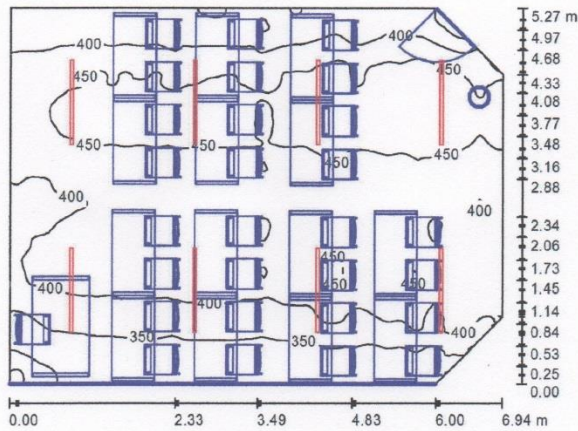
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/304 SALON DE POSGRADO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:68

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	411	290	493	0.705
Suelo	90	183	47	407	0.258
Techo	70	279	78	1946	0.279
Paredes (6)	85	284	73	675	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 22541	Total: 23200	224.0

Valor de eficiencia energética:  $6.28 \text{ W/m}^2 = 1.53 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $35.69 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

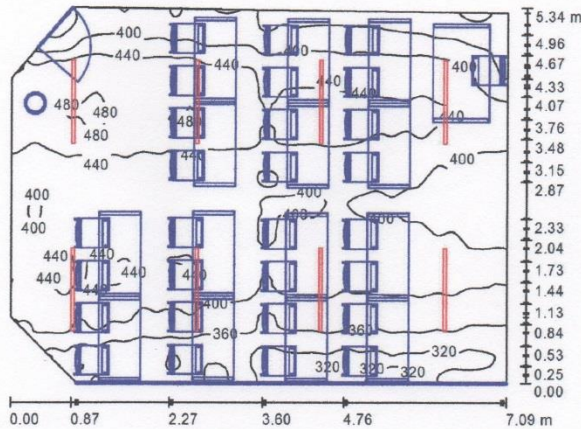
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/306 SALON DE POSGRADO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:69

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	405	297	490	0.732
Suelo	90	184	51	404	0.275
Techo	70	274	83	1911	0.303
Paredes (6)	85	286	81	677	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 22541	Total: 23200	224.0

Valor de eficiencia energética:  $6.09 \text{ W/m}^2 = 1.50 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $36.77 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

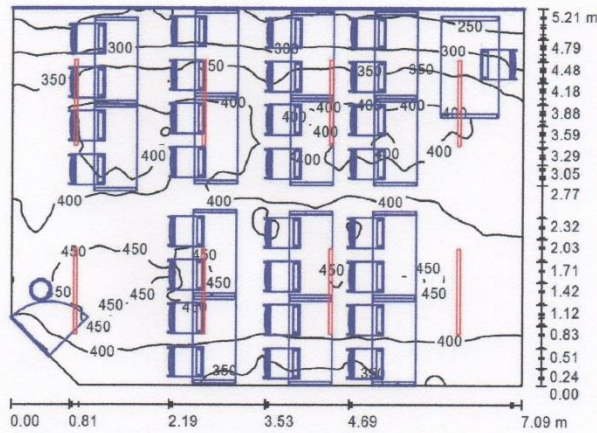
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/307 SALON DE POSGRADO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:67

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	384	225	472	0.586
Suelo	90	174	44	383	0.250
Techo	70	257	71	1895	0.278
Paredes (5)	85	252	64	647	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	8	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTLS-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 22541	Total: 23200	224.0

Valor de eficiencia energética:  $6.14 \text{ W/m}^2 = 1.60 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $36.50 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

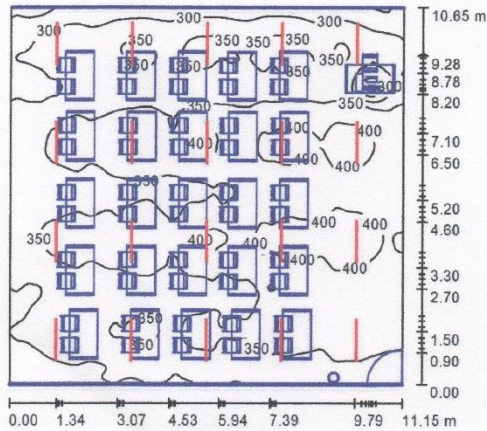
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/308 AULA / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:137

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	348	202	440	0.580
Suelo	90	202	71	402	0.353
Techo	70	223	89	2009	0.400
Paredes (4)	81	274	154	473	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	20	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 56352	Total: 58000	560.0

Valor de eficiencia energética: 4.72 W/m<sup>2</sup> = 1.35 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 118.76 m<sup>2</sup>)



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

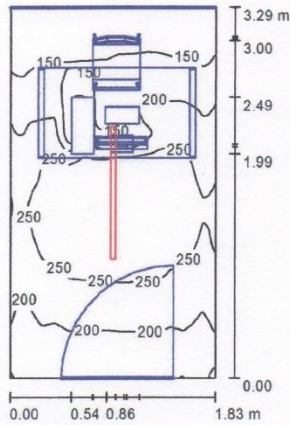
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/305 BODEGA / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:43

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	208	93	300	0.447
Suelo	90	129	42	198	0.327
Techo	70	208	60	1729	0.288
Paredes (4)	80	166	57	473	/

Plano útil:  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 2818	Total: 2900	28.0

Valor de eficiencia energética: 4.65 W/m<sup>2</sup> = 2.24 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 6.02 m<sup>2</sup>)



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

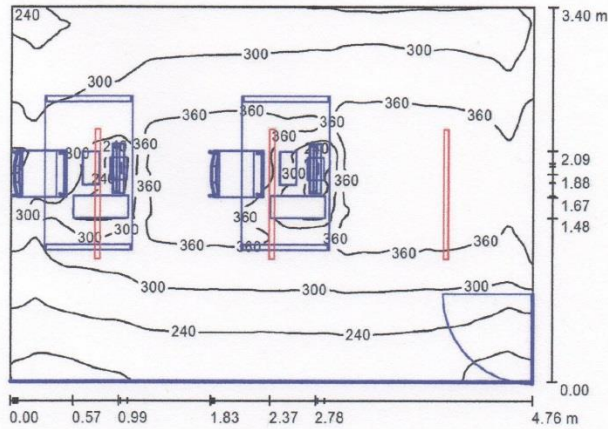
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/301 SALA / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:44

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	304	161	420	0.530
Suelo	90	215	84	341	0.392
Techo	70	261	95	2038	0.362
Paredes (4)	82	254	80	649	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 8453	Total: 8700	84.0

Valor de eficiencia energética:  $5.19 \text{ W/m}^2 = 1.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.18 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

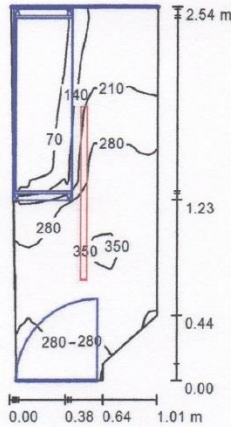
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por: SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono: 045 2225300115  
Fax:  
e-Mail: silon.juventino@outlook.com

**108F/300 BODEGA / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:33

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	223	20	360	0.088
Suelo	90	140	27	248	0.191
Techo	70	488	102	2059	0.208
Paredes (6)	79	231	1.39	1124	/

**Plano útil:**  
 Altura: 0.850 m  
 Trama: 128 x 128 Puntos  
 Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-26W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 2818	Total: 2900	28.0

Valor de eficiencia energética:  $11.62 \text{ W/m}^2 = 5.21 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $2.41 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

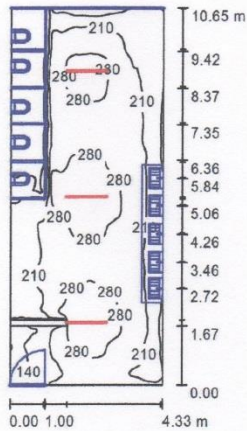
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**SANITARIO H 1ER PISO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:137

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	217	30	350	0.137
Suelo	90	197	36	298	0.180
Techo	85	188	51	1812	0.273
Paredes (5)	80	169	20	297	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 8453	Total: 8700	84.0

Valor de eficiencia energética:  $1.82 \text{ W/m}^2 = 0.84 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $46.11 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

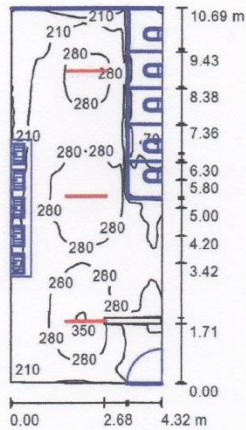
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**SANITARIO M 1ER PISO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:138

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	229	40	358	0.173
Suelo	90	208	36	304	0.173
Techo	85	201	57	2147	0.282
Paredes (4)	85	178	20	319	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
			Total: 8453	Total: 8700	84.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Valor de eficiencia energética: 1.82 W/m<sup>2</sup> = 0.80 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 46.11 m<sup>2</sup>)



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

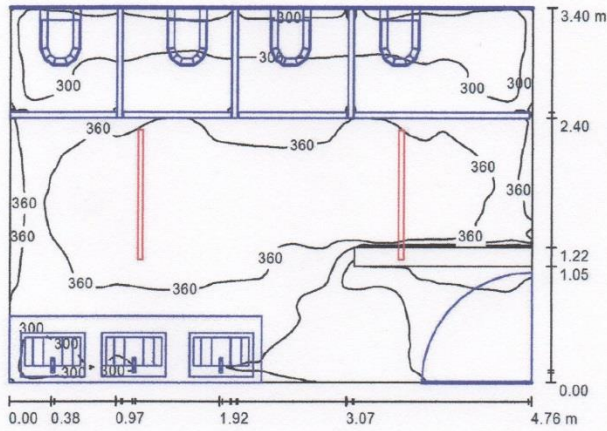
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/200 SANITARIO M 2DO PISO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:44

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	325	151	418	0.464
Suelo	90	294	158	372	0.538
Techo	85	287	147	1299	0.514
Paredes (4)	85	294	154	495	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Total: 5635 Total: 5800 56.0

Valor de eficiencia energética:  $3.46 \text{ W/m}^2 = 1.06 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.18 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

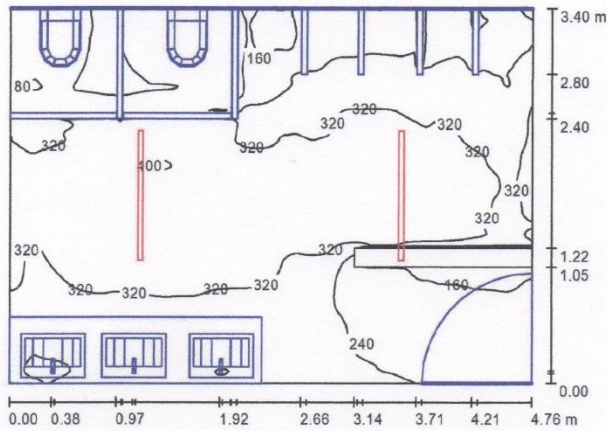
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/100 SANITARIO H 1ER PISO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:44

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	268	53	404	0.198
Suelo	90	229	63	341	0.274
Techo	85	240	78	1258	0.323
Paredes (4)	85	210	27	452	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-26W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 5635	Total: 5800	56.0

Valor de eficiencia energética:  $3.46 \text{ W/m}^2 = 1.29 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $16.18 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

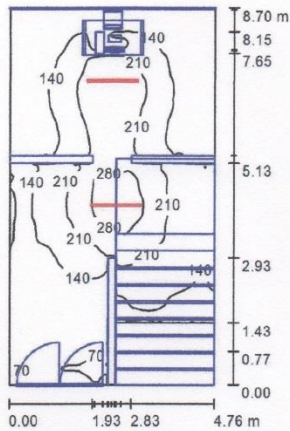
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**108F/100A BODEGA / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:112

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	149	2.27	318	0.015
Suelo	90	128	4.66	227	0.036
Techo	85	86	0.10	1931	0.001
Paredes (4)	85	88	3.27	178	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 5635	Total: 5800	56.0

Valor de eficiencia energética: 1.35 W/m<sup>2</sup> = 0.91 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 41.42 m<sup>2</sup>)



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

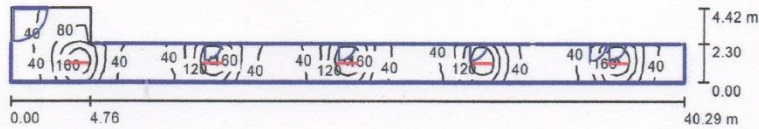
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**PASILLO 1ER PISO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:289

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	75	15	209	0.206
Suelo	90	61	20	117	0.322
Techo	85	60	15	1901	0.249
Paredes (6)	85	52	15	229	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 14088	Total: 14500	140.0

Valor de eficiencia energética:  $1.36 \text{ W/m}^2 = 1.81 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $102.77 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

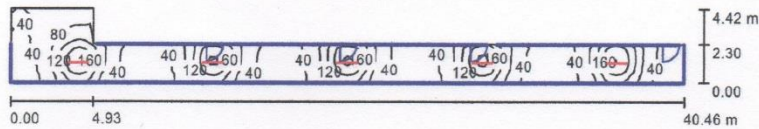
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.P.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**PASILLO 2DO. PISO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:290

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	77	14	212	0.188
Suelo	90	63	19	118	0.304
Techo	85	62	14	1680	0.225
Paredes (6)	85	40	13	232	/

**Plano útil:**  
Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	5	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
			Total: 14088	Total: 14500	140.0

\*Especificaciones técnicas modificadas

Valor de eficiencia energética:  $1.35 \text{ W/m}^2 = 1.76 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $103.51 \text{ m}^2$ )



EDIFICIO 108F FAC. DE INGENIERIA BUAP

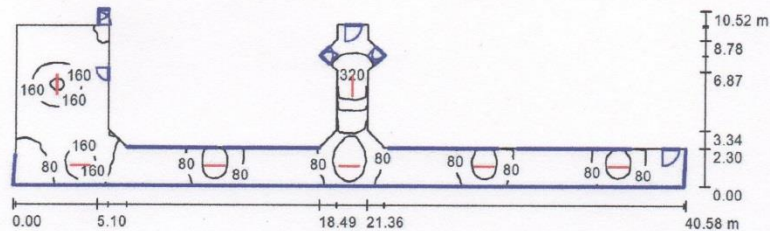
**DIALux**

21.11.2013

Pipila 17 Col. Gonzalo Bautista  
Puebla, Pue. C.F.72350

Proyecto elaborado por SILON ANIBAL JUVENTINO MONTOYA  
Teléfono 045 2225300115  
Fax  
e-Mail silon.juventino@outlook.com

**PASILLO 3ER. PISO / Resumen**



Altura del local: 2.540 m, Altura de montaje: 2.540 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:291

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	107	17	388	0.159
Suelo	90	93	22	271	0.233
Techo	85	92	17	1835	0.179
Paredes (22)	85	80	15	565	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 128 x 128 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	7	PHILIPS Leuchten TMX 204 TMX204 1xTL5-28W HFR (Tipo 1)* (1.000)	2818	2900	28.0
*Especificaciones técnicas modificadas			Total: 19723	Total: 20300	196.0

Valor de eficiencia energética:  $1.30 \text{ W/m}^2 = 1.21 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Base:  $151.10 \text{ m}^2$ )



## Índice de Figuras

Figura 1.1 Funcionamiento de un tubo fluorescente. ....	17
Figura 1.2 Balastro electromagnético.....	17
Figura 1.3 Balastro electrónico.....	18
Figura 1.4 Luminaria empotrable 3X 14w T5 balastro electrónico.....	18
Figura 1.5 Elementos de un balastro electrónico. ....	19
Figura 1.6 Partes del sistema de iluminación Saberlite lámpara fluorescente, balastro y porta tubo fluorescente PTF. ....	21
Figura 1.7 Reflector metálico de aleación aluminio-plata. ....	21
Figura 1.8 Sistema de iluminación Saberlite armado .....	21
Figura 2.1 Instituciones encargadas de fijar las tarifas que contienen las cuotas y condiciones que rigen el suministro de energía eléctrica en el país.....	23
Figura 2.2 Carga total del edificio 108F.....	29
Figura 2.3 Consumo mensual de energía eléctrica en el edificio 108F.....	29
Figura 3.2 Puntos que formarán el área del local.....	35
Figura 3.1 Ícono para cargar archivos extensión DWG.....	35
Figura 3.3 Ajuste del área del local arrastrando los puntos.....	36
Figura 3.4 Asignación de la altura del local.....	36
Figuras 3.5 Ícono vista estándar 3D.....	37
Figuras 3.6 Vista del local en 3D.....	37
Figura 3.8 Menú para insertar puertas y ventanas en el local.....	37



Figura 3.7 Pestaña “objeto” muestra el catálogo de objetos en 3D.....	37
Figura 3.9 Insertar puerta en el lugar indicado por el diseño en DWG.....	38
Figura 3.11 Opciones para editar el tamaño y posición del objeto insertado. ....	38
Figura 3.12 Vista 3D de la puerta insertada. ....	38
Figura 3.13 Vista 3D de la venta insertada. ....	39
Figura 3.14 Ajuste del tamaño de la ventana parte posterior del local. ....	39
Figura 3.15 Selección de color para el local.....	39
Figura 3.16 Acabado de las ventanas en el local diseñado. ....	40
Figura 3.17 Vista del local terminado. ....	40
Figura 3.18 Vista final del local con todos los objetos insertados.....	41
Figura 3.19 Plug- in de Philips.....	42
Figura 3.20 Localización de luminarias del catálogo de Dialux .....	42
Figura 3.21 Vista rápida de la luminaria que insertaremos en nuestro local. ....	43
Figura 3.22 Menú de selección de la luminaria. ....	43
Figura 3.23 Disposición y montaje de luminaria .....	43
Figura 3.24 Previsualización del montaje y disposición de las luminarias del local. .....	44
Figura 3.25 Ícono para iniciar el cálculo. ....	44
Figura 3.26 Opciones para elaborar el cálculo. ....	44
Figura 3.27 Imagen del local después de que el programa realiza el cálculo. ....	45
Figura 3.28 Resumen del cálculo realizado por Dialux. ....	45
Figura. 3.29 Iluminación promedio obtenida en la Sala de Computo. ....	46
Figura.3.30 Carga total de las lámparas propuestas. ....	46



Figura 3.31 Render sala de cómputo. ....	47
Figura 3.32 Render sala de cómputo. ....	47
Figura 3.33 Más de 1000 zonas se extienden como un tablero de ajedrez a través de toda la habitación y registran cualquier movimiento. ....	50
Figura 3.34 Medición de la mezcla de luz .....	51
Figura 3.35 Regulación de luz constante. ....	52



## Índice de Tablas

Tabla 2.1 Censo de carga del Edificio 108F de la Facultad de Ingeniería. ....	27
Tabla 2.2 Consumo por equipo edificio 108F. ....	28
Tabla 2.3 Carga por equipo edificio 108F. ....	28
Tabla 3.1 Niveles de iluminación.....	31
Tabla 3.2 Constante del salón.....	32
Tabla 3.3 Niveles de iluminación promedio en el Edificio 108F de la Facultad de Ingenierías.....	33
Tabla 3.4 Comparación entre el nivel de iluminación existente en el Edificio 108F de la Facultad de Ingenierías y el recomendado por la STPS. ....	34
Tabla 4.1 Censo de carga propuesto con las luminarias Saberlite según calculo en Dialux. ....	53
Tabla 4.2 Cantidad y consumo mensual Calculado del Sistema de Iluminación Saberlite .....	54
Tabla 4.3 Cantidad y consumo mensual del sistema de iluminación actual.....	54
Tabla 4.4 Cantidad de Kwh ahorrados por mes sustituyendo el sistema de iluminación. ....	54
Tabla 4.5 Presupuesto de obra .....	55
Tabla 4.6 Evaluación económica.....	56



## Bibliografía

1. “Condiciones de iluminación en los centros de trabajo”. Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2008.
2. Instalaciones Eléctricas de Alumbrado e Industriales, 304 pág., Martínez Domínguez, Fernando, Editorial: Paraninfo/Thomson 4ta. Edición, Año 2009.
3. Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría, 270 pág., Chapa Carreón Jorge, Editorial: Limusa S.A. de C.V., Año 1990.
4. Manual Práctico del Alumbrado, 286 pág., Harper Enríquez Enrique, Editorial: Limusa S.A. de C.V., Año 2003.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Diario Oficial de la Federación, “Instalaciones eléctricas (utilización)”. 29 de noviembre de 2012.
6. Carbon trust. Recuperado el 17 de junio de 2015  
[http://www.carbontrust.com/media/18223/ctl153\\_conversion\\_factors.pdf](http://www.carbontrust.com/media/18223/ctl153_conversion_factors.pdf)
7. CFE Comisión Federal de Electricidad. Recuperado el 15 de junio de 2015  
[http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas\\_negocio.asp?Tarifa=HM&Anio=2014&mes=3](http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=HM&Anio=2014&mes=3)
8. CFECTIVA Empresarial. Recuperado el 17 de junio de 2015  
<http://cfectiva.cfe.gob.mx/cfectiva/index.php>
9. DIAL light. Building. Software. Recuperado el 15 de junio de 2015  
<http://www.dial.de/DIAL/es/dialux/download/download-dialux.html>  
[http://www.dial.de/DIAL/fileadmin/download/dialux/manuel/Manual49\\_es.zip](http://www.dial.de/DIAL/fileadmin/download/dialux/manuel/Manual49_es.zip)  
  
<http://www.dial.de/DIAL/es/dialux/pluginscatalogos.html>



10. Fide Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica. Recuperado el 14 de Julio de 2015  
[http://www.fide.org.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=133&Itemid=172](http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=133&Itemid=172)
11. Green Facts, facts on health and the environment. Recuperado el 15 junio de 2015. <http://copublications.greenfacts.org/es/lamparas-bajo-consumo/>
12. Petróleo & Energía. Recuperado el 17 de junio de 2015  
[www.petroleoenergia.com/2010/01/la-comision-federal-de-electricidad/](http://www.petroleoenergia.com/2010/01/la-comision-federal-de-electricidad/)