



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“PROPUESTA DE AHORRO DE ENERGÍA
ELÉCTRICA EN LA BIBLIOTECA JESUS REYES HEROLES”**

T E S I S

QUE PARA EL TITULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTAN:

MEJIA BARBOSA MARKO ANTONYO

RAMIREZ ISLAS GUSTAVO

DIRECTOR DE TESIS:

M. EN ING. DAVID FRANCO MARTÍNEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Durante el recorrido que llevo hasta el día de hoy he comprobado que el agradecimiento y la humildad son la base para alcanzar el éxito que tanto se desea en la vida, ese éxito que no se compra con dinero ni con ninguna cosa material, “la felicidad”.

Dios mío te doy gracias por darme esta oportunidad de terminar un ciclo más en mi vida, un ciclo que parecía interminable pero que con tu guía logre concretar.

A mis padres:

Víctor Manuel Mejía Rojas

Maria del Carmen Barbosa Acosta

Que fueron mi modelo a seguir y me enseñaron que la base del triunfo es la educación, me mostraron el camino correcto a base de de consejos y regaños, siempre soportando mis padecimientos.

A mí querido hermano:

Byktor Hugo Mejía Barbosa

Por tus enseñanzas personales y amor y amor que me has brindado, por esos consejos que me diste y por esos regalos tan hermosos que me diste.

A mi novia:

A ti Lilian, mi amiga, mi novia, mi esposa, ya que durante toda la carrera estuviste con migo, en las buenas y en las malas, gracias por todo tu apoyo, gracias por soportar esas carencias, pero sobre todo gracias por tu cariño que hasta fecha me sigues dando.

A mis Profesores:

Porque alentaron mi conocimiento y por que sin ellos nada se hubiera realizado.

A mi familia:

Por su apoyo incondicional.

Marko Antonyo Mejía Barbosa

“La Imaginación es más importante que el Conocimiento”

Albert Einstein.

A Dios: Por ser mi pastor y no dejarme desamparado sin importar las buenas o malas decisiones, porque siempre estás ahí protegiéndome y dándome tu eterno amor, ciertamente tu misericordia me seguirá todos los días de mi vida y por eso y mucho más te Agradezco Eternamente.

A mi Madre: Por ser motor de mi vida, por el apoyo que aunque no siempre era aprobado siempre era apoyado al máximo, por haberme comprendido en cada situación de mi vida, por esa dedicación incondicional, por sus eternos y sabios consejos, porque eres es el motivo de muchos de mis logros personales y laborales, Gracias.

A mi Padre: Por tu apoyo incondicional en cada decisión de mi vida, por darme ánimos en todo momento, por los consejos que siempre fueron buenos y acertados, porque estas en los buenos y malos momentos, por eres una persona digna de amor y admiración, por eso y más, Gracias.

A mis Hermanos: Por ser motivadores, cómplices y maestros, son personas que siempre apoyan y siempre dan consejos que ayudaron, ayudan y ayudaran a mi desarrollo personal y laboral, porque en las buenas y en las malas siempre han estado ahí, Gracias.

A mis Profesores: Porque sin su conocimiento, paciencia y amor a la docencia nada de esto se hubiera realizado y no sería el ingeniero que hoy soy, Gracias.

Gustavo Ramírez Islas

INTRODUCCIÓN:	III
 CAPÍTULO I. CONCEPTOS BÁSICOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	
1.1.- DEFINICIÓN DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA	1
1.2.- ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	1
1.3.- CONDUCTORES ELÉCTRICOS	4
1.4.- CALCULO DE CONDUCTORES	6
1.4.1- MÉTODO DE AMPACIDAD.	6
1.4.2.-MÉTODO DE CAÍDA DE TENSIÓN	7
1.5.-CALCULO DE CONDUCTORES EN BANCO DE DUCTOS.	8
1.6.- OBJETIVOS DE UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA	12
1.7.- CLASIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS	12
1.8.- SECCIONAMIENTO.	13
 CAPÍTULO II. ILUMINACIÓN	
2.1.- NATURALEZA DE LA LUZ	15
2.2.- DEFINICIÓN DE LA LUZ	15
2.3.- LUZ Y VISIÓN	16
2.4.- FOTO RECEPTORES	16
2.5.- ESTRUCTURA DEL OJO	16
2.6.- LUZ ARTIFICIAL.	17
2.7.- TERMINOLOGÍA DE LA ILUMINACIÓN	17
2.8.- FOTOMETRÍA.	22
2.9.- FUENTES DE LUZ	23
2.9.1.- CARACTERÍSTICAS DE LAS LÁMPARAS	23
2.9.2.- LÁMPARA INCANDESCENTE	23
2.9.3- LÁMPARA FLUORESCENTE	24
2.9.4- LÁMPARA DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID)	25
2.9.5.- LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO:	25
2.10.- ELEMENTOS AUXILIARES DE UNA LUMINARIA.	25
2.10.1.- BALASTRO	25
2.11.- MÉTODOS PARA CÁLCULO DE ILUMINACIÓN	29
2.11.1.- MÉTODO DE LUMEN	29
2.11.2.-METODO DE PUNTO POR PUNTO	29
2.11.3.-METODO DE CAVIDAD ZONAL	29
 CAPÍTULO III. DIAGNOSTICO ENERGÉTICO ELÉCTRICO	
3.1.- DIAGNOSTICO ENERGÉTICO	31
3.2.- DIAGNÓSTICOS DE PRIMER GRADO	33
3.3. -DIAGNÓSTICOS DE SEGUNDO GRADO	34
3.4.- DIAGNÓSTICOS DE TERCER GRADO	34
3.5.- INSTRUMENTOS PARA LAS MEDICIONES DE CAMPO	35
3.6.-USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA	35
3.7.- IDENTIFICACIÓN DE OPCIONES TECNOLÓGICAS TENDIENTES	37

3.8.-TECNOLOGIAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA EN EL USO DE LA ELECTRICIDAD	37
3.9.-EFICIENCIA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE ELECTRICIDAD DE LOS USUARIOS INDUSTRIALES, COMERCIALES Y DE SERVICIOS	39
3.10.-LA EVALUACIÓN ECONÓMICA	42
CAPÍTULO IV. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE DIAGNOSTICO	
4.1.- OBJETIVOS GENERALES	44
4.2.- PRESENTACIÓN GENERAL	44
4.3.- METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA AUDITORIA DE ENERGÍA ELÉCTRICA	45
4.4.- ANÁLISIS DE REGISTROS DE FACTURACIÓN Y CURVA DE CARGA.	47
4.5.-REALIZACION DEL INVENTARIO ELÉCTRICO	58
4.6.-DETERMINACION DE LA CONFIABILIDAD DEL BALANCE DE ENERGÍA	59
4.7.-BALANCE DE ENERGÍA	59
7.8.-INFORME DEL MONITOREO DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS	61
CAPÍTULO V. ANÁLISIS, RESULTADO Y PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA	
5.1.- SELECCIÓN DE MATERIAL DE PROYECTO.	64
5.2.- DESARROLLO DE CÁLCULOS DE ILUMINACIÓN PROPUESTA.	67
5.3.-IMPLEMENTACION DE TABLERO INTELIGENTE.	85
5.4.- ANÁLISIS DE COSTO BENEFICIO	90
5.4.1.- CULTURA ENERGÉTICA	90
5.4.2.- CAMBIO DE BALASTRO Y TUBO FLUORESCENTE	91
5.4.3.- CAMBIO TOTAL DE LUMINARIAS E IMPLEMENTACIÓN DE TABLEROS Y SENSORES	94
CONCLUSIONES:	100
BIBLIOGRAFÍA	102
ANEXO I	103
ANEXO II	105
ANEXO III	107

INTRODUCCIÓN

El objetivo general de esta Tesis es realizar un diagnóstico energético eléctrico al sistema eléctrico de la Biblioteca Jesús Reyes Heróles de la FES Aragón, para conocer los principales consumos eléctricos, así como sus demandas, con el propósito de generar un proyecto de ahorro de energía eléctrica para disminuir el consumo eléctrico en esta entidad.

Con respecto al párrafo antes enunciado es sabido que los costos de energía eléctrica por parte de Comisión Federal de Electricidad (CFE) se han elevado en un porcentaje a lo que se refiere por el costo de esta energía; mientras mayor sea el consumo, más elevado será el costo por la utilización de este servicio y por dicha razón deben de considerarse nuevas tecnologías y métodos que permitan utilizar la energía eléctrica con mucha más eficiencia y sin desperdicio alguno, ya que derivado del mal uso existen pérdidas económicas y de recursos naturales no renovables, sin contar con los daños a la salud que estos generan.

Al generar un proyecto de ahorro de energía eléctrica estaremos generando grandes beneficios como son la disminución por el pago de energía, calidad en la energía eléctrica, preservación de los recursos naturales, entre otros.

En el primer capítulo estudiaremos los conceptos básicos acerca de la electricidad, así mismo sus componentes principales abarcando un gran número de conceptos entre los cuales están: definición de una instalación eléctrica, elementos de una instalación eléctrica, conductores eléctricos, cálculo de conductores, entre otros.

El segundo capítulo muestra de igual manera conceptos de iluminación así como diferentes métodos para obtener los niveles requeridos establecidos por la NOM-025-STPS-1999 y la NOM-001-SEDE-2005.

Este tema necesita de apoyos gubernamentales que soporten este tipo de proyectos; en este caso como se refiere al ahorro de energía eléctrica, se necesitan de las normas actualizadas, entre otros documentos como son los expedidos por el FIDE, la CONUEE, etc.

El tercer capítulo muestra un diagnóstico energético, este concepto es de gran ayuda para la evaluación del uso eficiente de la energía eléctrica en cualquier instalación o proyecto.

El cuarto capítulo presenta que para la elaboración una buena propuesta de ahorro de energía se necesitan bases, las cuales serán datos tomados en la Biblioteca Jesús Reyes Heróles; estos datos fueron recopilados de manera visual, y con ayuda de equipos de medición para cumplir con los parámetros necesarios.

En el capítulo cinco se muestran las evaluaciones hechas junto con las propuestas realizadas, obteniendo resultados y demostrando que la implementación de un programa de ahorro de energía de este tipo es de gran beneficio no solo económico sino ecológico y de salud, haciendo este proyecto, un proyecto sustentable en cualquier instalación pública o privada.

Capítulo I. CONCEPTOS BÁSICOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En este primer capítulo brindaremos las definiciones de una instalación eléctrica, tanto los elementos de esta, como la explicación detallada de algunos mas primordiales, así mismo se estudiarán las formulas para obtener el cálculo de los datos necesarios para poder realizar una instalación adecuada, con la confiabilidad de que se está haciendo correctamente, todo esto con el fin de comprender en su totalidad el contenido de esta Tesis.

1.1.- Definición de Instalación Eléctrica

Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilicen. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos).

1.2.- Elementos de una Instalación Eléctrica.

La instalación eléctrica está constituida por la agrupación de una serie de elementos que interactúan para llevar a cabo el transporte de la energía eléctrica desde el punto de suministro hasta las cargas. Las instalaciones eléctricas, poseen una amplia clasificación, y evidentemente cada una de ellas ha de poseer elementos específicos a su tipo, pero por otra parte existe una gran cantidad de elementos que son comunes a las instalaciones de tipo residencial, comercial e industrial.

Los elementos básicos de una instalación eléctrica son:

1. Acometida: La acometida es el punto de comienzo de la instalación eléctrica, de hecho es la conexión entre la compañía de servicio eléctrico (o el sistema de generación propio) y la instalación eléctrica.

Existen dos tipos de acometidas como son:

- Acometida Aérea: Es la que va desde el ultimo poste u otro soporte aéreo hasta un conector o a los conductores de entrada de acometida en un edificio u otra estructura, a una altura mínima de 6 m.
 - Acometida Subterránea: Así se le denomina a la parte de la instalación que va bajo tierra desde la red de distribución pública entre la calle principal, incluyendo conductores verticales a un poste u otra estructura o desde el(los) transformadores y el primer punto de conexión de los conductores de entrada de acometida en una caja terminal o de punto de medición u otra caja dentro o fuera de la pared de la edificación. Donde no exista caja de terminales o medición u otro punto de conexión se considera ser un punto de entrada al interior de la edificación de los conductores de acometida.
2. Equipos de medición: El consumo de energía eléctrica se mide con wathhorímetros. En casa habitación suelen usarse medidores de tres cables 240/120 V, dependiendo de la necesidad. La compañía eléctrica proporciona e instala los medidores.

3. Interruptor: Debe ser interpretado en su forma más sencilla, como un dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito y que puede actuar en forma automática en condiciones de operación anormal del circuito. Existen varias clases de interruptores:
- Interruptor general: Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.
 - Interruptor derivado: También llamados interruptores eléctricos los cuales están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.
 - Interruptor termo magnético: Es uno de los interruptores más utilizados y que sirven para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortos circuitos. Se fabrica en gran cantidad de tamaños por lo que su aplicación puede ser como interruptor general. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un corto circuito.
4. Arrancador: Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termo magnético de navajas (cuchillas) con fusibles, un conductor electromagnético y un relevador bimetálico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que cierra o abre un juego de contactos al energizar o des energizar la bobina.
5. Transformador: El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En las instalaciones grandes pueden necesitarse varios niveles de voltaje, lo que se logra instalando varios transformadores (agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y por lo tanto no requieran de transformador.
6. Cajas de empalmes y derivación: Las cajas de empalme se utilizan para alojar las diferentes conexiones entre los conductores de la instalación. Son cajas de forma rectangular o redonda, dotadas de guías laterales para unir las entre sí.
7. Plantas de Emergencia: Las plantas de emergencia constan de un motor de combustión interna acoplada a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de una planta eléctrica se hace en función con las cargas que deben de operar permanentemente. Estas cargas deberán quedar en un circuito alimentador y canalizaciones independientes.
8. Tablero principal: En toda instalación eléctrica han de existir, uno o varios tableros principales, punto central de la instalación, el cual tiene tres funciones:
- Distribuir la energía eléctrica a varios circuitos ramales.
 - Proteger cada circuito ramal de fallas (cortocircuitos o sobre corrientes).
 - Proveer la posibilidad desconectar de la instalación cada uno de los circuitos.

El tablero principal contiene una serie de elementos que garantizan el cumplimiento de las tres funciones antes mencionadas tales como: interruptores automáticos o manuales, fusibles, etc.

9. Subtableros: En aquellas instalaciones eléctricas de una extensión considerable, es común utilizar varios tableros como apoyo al principal, cumpliendo las mismas funciones de distribución, maniobra y protección de los circuitos.
10. Alimentadores: Son los conductores con lo cual son alimentados estos subtableros desde el tablero principal.
11. Circuitos ramales: Los circuitos ramales están constituidos por conductores que parten de los tableros de distribución y transportan la energía hasta los puntos de alimentación. Los circuitos ramales pueden ser compartidos o individuales, es decir, exclusivos para una carga. Estos circuitos se clasifican en varios tipos.
 - Circuitos de alumbrado: Son los circuitos utilizados para alimentar las luces de uso general y emergencia y algunos artefactos de poca potencia, conectados directamente o por medio de tomacorrientes.
 - Circuitos de fuerza: Es utilizado para alimentar a los artefactos portátiles de poco o mediana potencia. Los artefactos se conectan por medio de tomacorrientes.
 - Circuitos de emergencia: Es utilizado para alimentar las luces de uso de emergencia en caso del corte de suministro general, conectados a una planta generadora de corriente alterna o comúnmente llamada planta de emergencia.
12. Tierra o Neutro en una Instalación Eléctrica: Se consideran que el globo terráqueo tiene un potencial de cero y se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables.
 - Resistencia a tierra: Este término se utiliza para referirse a la resistencia eléctrica que presenta el suelo de cierto lugar.
 - Toma de tierra: Se entiende que un electrodo enterrado en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor.
 - Sistemas de Tierra: Es la red de conductores eléctricos unidos por medio de una malla de cobre a una o más tomas de tierra y provisto de una o varias terminales a las que puede conectarse puntos de la instalación.
 - Tierra Física: Es cuando se une sólidamente a un sistema de tierra que a su vez está conectado a la toma de tierra.
13. Canalizaciones eléctricas. Las canalizaciones eléctricas son los elementos utilizados para conducir los conductores eléctricos entre las diferentes partes de la instalación eléctrica. Las instalaciones eléctricas persiguen proveer de resguardo, seguridad a los conductores a la vez de propiciar un camino adecuado por donde colocar los conductores, resumiendo es un canal cerrado de material metálico o no metálico, expresamente diseñado para alojar conductores eléctricos.

Las canalizaciones se clasifican por:

Por la forma de instalación:

- a) A la vista
- b) Ocultas

Por su material de fabricación:

- a) Metálicas
- b) No metálicas

Por su forma geométrica:

- a) Tubo conduit
- b) Canaleta
- c) Ducto
- d) Bandeja
- e) Cárcamo

A nivel residencial normalmente se usan tuberías de PVC y en algunos casos se usan tuberías metálicas, estas son ampliamente usadas en la industria donde se instalan a la vista siendo de mayor uso el tubo conduit galvanizado tipo pesado.

Las charolas y ductos metálicos se instalan a la vista siendo frecuentemente usado en la industria, cuartos eléctricos y de máquinas de edificios residenciales y comerciales, teniendo en cuenta que son instalaciones visibles se debe coordinar en detalle sus alturas de montaje para verificar distancias mínimas libres y en edificios se debe diseñar buitrones para uso exclusivo de las canalizaciones eléctricas para cubrir los recorridos verticales.

Existe una variedad de dimensiones de tubos conduit como son:

$\frac{1}{2}$ " , $\frac{3}{4}$ " , 1" , $1\frac{1}{4}$ " , $1\frac{1}{2}$ " , 2" , 3" , 4" , 5" y 6" , entre otros.

Sin embargo estas dimensiones son válidas para tubos de PVC o metálicos, ya que la norma NTC 2050 prohíbe el uso de tubos con diámetros inferiores a $\frac{1}{2}$ " y diámetros superiores a 4" para tuberías metálicas y diámetros superiores a 6" para tuberías no metálicas.

14. Conductores: Los conductores son los elementos que transmiten o llevan el fluido eléctrico. Se emplea en las instalaciones o circuitos eléctricos para unir el generador con el receptor.

1.3.- Conductores eléctricos

Para obtener una introducción acerca de los conductores eléctricos, mencionaremos algunos términos básicos para la total comprensión de este; comenzaremos definiendo que es un conductor eléctrico.

Se aplica el concepto de conductor eléctrico a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad.

Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente tal, usualmente de cobre. Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio, aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo, y por mencionadas razones, estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99% y dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: Duro, semi-duro y blando o recocido.

Partes que componen a los conductores eléctricos.

- 1.- El alma o elemento conductor.
- 2.- El aislamiento.
- 3.- Las cubiertas protectoras.

1.- El alma o elemento conductor

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.).

De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

- Según su constitución
Alambre y/o cable.
- Según el número de conductores
Monoconductor y/o multiconductor.

2.- El aislamiento

El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí.

Los diferentes tipos de aislamientos de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, rayos solares, humedad, altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neopreno, nylon, etc.

3.- Las cubiertas protectoras.

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc.

Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura». La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados.

Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina «pantalla» o «blindaje».

1.4.- Calculo de Conductores

Existen varios métodos para calcular el calibre de los conductores de una instalación eléctrica: Por Corriente, Por Caída de Tensión y Por Resistencia de los Conductores. Puede haber más formas, pero los tres métodos especificados son los más comunes.

1.4.1- Método de Ampacidad.

La ampacidad se define como la corriente en Amperes que un conductor puede conducir de manera continua sin exceder su temperatura nominal. El estudio de ampacidad se refiere al cálculo de la elevación de la temperatura de los conductores en un sistema de cables en estado estacionario.

La ampacidad es un término dado por Del Mar en 1951, que define como la capacidad de conducir y mantener la corriente en un cable. La ampacidad de un sistema de cables subterráneos se determina por la capacidad de la instalación para extraer calor del cable y disiparlo en el terreno circundante y la atmósfera.

La máxima temperatura de operación de un cable es una función del daño que el aislamiento puede sufrir como consecuencia de las altas temperaturas de operación. El aislamiento soporta diferentes temperaturas en función de la duración de la corriente que circula por los conductores.

En el cálculo por capacidad de conducción se debe tomar las siguientes consideraciones:

1.- Tipo de Canalización.

Debe tenerse en cuenta en qué tipo de canalización serán alojados los conductores y aplicar los factores decrementales a los valores de capacidad conductiva de corriente que aparecen en las tablas 310-16 y la 310-17 de la NOM-001-SEDE-2005.

Los alimentadores en tubería conduit se calculan con el (factor por agrupamiento) y deberán corregirse de acuerdo al artículo 310-15 y la tabla de aplicación de la NOM-001-SEDE-2005.

En el caso de alimentadores en charola, deberá tomarse en cuenta el factor de corrección de acuerdo con las condiciones de agrupamiento y tipo de conductor (ver artículo 318 de la NOM-001-SEDE-2005).

2.- Temperatura de operación del conductor.

La capacidad de conducción de corriente debe corregirse para temperatura ambiente de 30°C según el material aislante de los conductores, aplicando los factores de corrección de ampacidad de las tablas 310-16 y la 310-17 de la NOM-001-SEDE-2005.

- Como paso número uno se determina la CARGA TOTAL de la cual se calculará el calibre de los alimentadores principales.
- Una vez obteniendo los datos de la longitud y conociendo que tipo de sistema emplearemos, aplicaremos una de las siguientes formulas según sea el caso:

$$I_n = \frac{W}{(v_{f-n}) (F.P)} \quad \text{Para sistemas monofásicos a dos hilos..... (1)}$$

$$I_n = \frac{W}{(V_{f-f})(F.P)} \quad \text{Para sistemas bifásicos a dos hilos..... (2)}$$

$$I_n = \frac{W}{(2)(V_{f-n})(F.P)} \quad \text{Para sistemas bifásicos a tres hilos..... (3)}$$

$$I_n = \frac{W}{(\sqrt{3})(V_{f-f})(F.P)} \quad \text{Para sistemas trifásicos a tres y cuatro hilos..... (4)}$$

Dónde:

- I_n:** Es la corriente que pasará por los conductores (amperes)
- W:** Carga total en Watts
- V_{f-n}:** Voltaje que llega por medio de la acometida con referencia al neutro.
- V_{f-f}:** Voltaje que llega por medio de la acometida entre fases.
- F.P:** Factor de potencia el cual regularmente es del 90% por la combinación de cargas resistivas e inductivas existentes en la instalación eléctrica.

- Con la I_n se determina una I_c (corriente corregida) multiplicándola por los factores antes mencionados.
- Con la I_c se busca el calibre del conductor en las tablas correspondientes, dependiendo de la marca del fabricante.

1.4.2.-Método de caída de tensión

La circulación de corriente a través de conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el reglamento en cada parte de la instalación, con el objetivo de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud.

- Como primer paso se verifica que la selección de conductores por Ampacidad cumpla con los requerimientos de caída de tensión, para lo cual se calcula la caída de tensión aplicando las expresiones dadas a continuación:

$$e\% = \frac{(2)(I_n)(L)(100)[(R\cos\theta)+(X\sen\theta)]}{(V_{f-n})(100)} \left[\frac{\Omega}{Km} \right] \quad \text{Para sistemas monofásicos a dos hilos..... (5)}$$

$$e\% = \frac{(2)(I_n)(L)(100)[(R\cos\theta)+(X\sen\theta)]}{(V_{f-f})(1000)} \left[\frac{\Omega}{Km} \right] \quad \text{Para sistemas bifásicos a dos hilos..... (6)}$$

$$e\% = \frac{(2)(I_n)(L)(100)(100)(Z)}{(V_{f-n})(1000)} \left[\frac{\Omega}{Km} \right] \quad \text{Para sistemas bifásicos a tres hilos..... (7)}$$

$$e\% = \frac{(\sqrt{3})(I_n)(L)(100)(100)(Z)}{(V_{f-f})(1000)} \left[\frac{\Omega}{Km} \right] \quad \text{Para sistemas trifásicos a tres y cuatro hilos..... (8)}$$

1.5.-Cálculo de Conductores en Banco de Ductos.

Calcular la capacidad de conducción de corriente de un cable de energía aislado, consiste en determinar el valor máximo de la corriente en Amperes que puede circular por el conductor en operación normal y para unas determinadas condiciones de instalación, permitiendo a todos los elementos del cable, trabajar dentro de sus rangos térmicos de diseño.

Se deben tomar ciertas consideraciones al calcular un conductor, dentro de las más importantes están:

- Nivel de tensión de operación
- Tipo de conductores eléctricos que se usarán.

La selección de conductores se basa en:

- Temperatura máx. de operación del conductor.
- Ambiente de operación existente (seco o húmedo) para determinar si llevara elementos bloqueadores en la pantalla metálica.
- Condiciones particulares de la instalación (Profundidad de la Instalación, Resistividad Térmica, etc.)

La temperatura máxima de operación del conductor depende de:

- Calibre del conductor.
- Clase térmica y características de los materiales de que están hechos los componentes del conductor aislado así como sus accesorios y conectores.
- Ambiente de operación del conductor.
- Reglamentación de instalaciones vigente.

1. **Temperatura de Operación del Conductor:** Es la Temperatura máxima continua que puede alcanzar el conductor en cualquier punto de la red, sin que se deteriore su aislamiento.

Las temperaturas promedio son:

- 60°C
- 75°C
- 90°C

2. **Temperaturas de operación de materiales más comunes:**

- Policloruro de vinilo (pvc) 75°C
- Polietileno (pe) 75°C
- Polietileno de cadena cruzada (xlp) 90°C
- Etileno-propileno (epr) 90°C

Existen Factores que limitan la capacidad como son:

- Clase y características térmicas del material del aislamiento.
- Ambiente de instalación: temperatura, agentes externos.

- Configuración de la instalación: número y disposición de los conductores, materiales y dimensiones.
- Material, construcción y área de la sección transversal de conducción del conductor.

Para determina la capacidad de conducción de corriente de conductores se debe:

- Se hace uso de tablas que aparecen en la NOM-001-SEDE-2005.
- La tabla correcta depende del tipo de conductor, la tensión eléctrica, tipo de instalación y su arreglo (plano o en trébol, 1 o 3 por ducto, etc.).
- Los casos no cubiertos por las tablas se calculan usando la fórmula del Art. 310-15 tabla 310-15 (g).
- Podemos auxiliarnos del Std. 835-1994 del IEEE.

Fórmula para determinar conductores:

$$I = \sqrt{\frac{T_c - T_a}{(R_{cd})(1 + Y_c)(R_{ca}')}} \times 10^3 \dots\dots\dots (9)$$

Donde:

- I =** Corriente Eléctrica [A]
- TC =** Temperatura del conductor [°C]
- Ta=** Temperatura Ambiente [°C]
- Rcd=** Resistencia a la corriente Directa del Conductor [°C]
- (1+YC) =** Factores de corrección por Efectos Pelicular y Proximidad
- Rca' =** Resistencia térmica total entre el conductor y el medio ambiente.

Criterios de selección del calibre del conductor

Así mismo para lograr una operación óptima de los conductores de energía debemos considerar los siguientes factores:

Realizar una selección adecuada que atienda las condiciones o regímenes de operación en que deba funcionar. Éstos son:

- Normal.
- De sobrecarga o emergencia
- De Corto Circuito.
- Mediante una correcta operación, dentro de sus límites de diseño.

Regímenes de operación del conductor

- El Régimen de Operación Normal se da cuando el sistema opera en condiciones óptimas, dentro de sus características originales de diseño. Es el régimen ideal bajo el cual se realizan los proyectos y se seleccionan los cables, los equipos y los accesorios.
- Los cables se marcan con la tensión (600 V, 5 000 V, 15 000 V, 25 000 V, etc.) y la temperatura máxima admisible del conductor (75°C, 90°C, etc.) para las condiciones normales de operación.

- El Régimen de Operación de Sobrecarga o emergencia se da cuando el sistema sufre alteraciones en su condición normal de operación y sus componentes funcionan por corto tiempo por encima de sus parámetros de diseño.

La operación en condiciones de sobrecarga o emergencia de un cable, no debe exceder 100 horas por año y no más de 5 de tales periodos durante la vida del cable.

- El Régimen gimen de Operación de Corto Circuito se da cuando el sistema sufre una pérdida de aislamiento y ocurre una falla, provocando que sus elementos trabajen por pequeños periodos de tiempo (ciclos) en condiciones extremas, hasta que es liberado por las protecciones.

Una condición de corto circuito en donde las protecciones no operan adecuadamente puede provocar la destrucción del sistema eléctrico en donde ocurre.

Existe una fórmula para calcular el corto circuito en el conductor:

$$A_c = (Cc)(I)(\sqrt{t}) \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

- AC:** Es el área efectiva de la sección transversal del conductor en kCM
- I:** Es la corriente de corto circuito en kA
- T:** Es la duración del corto circuito, en segundos (no. de ciclos/60)
- Cc:** Es una constante que depende del material empleado en la pantalla y en la cubierta del cable.

Para una condición de Operación Normal se debe seleccionar el material de conductor y su designación (calibre) adecuado para la carga a alimentar, de tal forma que no se rebase la temperatura de operación del conductor.

- Para una condición de sobrecarga debemos considerar la temperatura que puede alcanzar el conductor para que el aislamiento no se degrade y mantenga sus características dieléctricas.
- Para la condición de corto circuito debemos seleccionar el calibre de conductor que soporte el nivel de corto circuito del sistema.

Para verificar el calibre de los conductores eléctricos por Regulación de Tensión, se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Regulación = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

Donde:

- ΔV=** Incremento de Tensión.
- Vn=** Tensión eléctrica de fase a neutro.

Para determinar el valor del incremento de Tensión (ΔV), tenemos la siguiente ecuación:

$$\Delta V = (I)(L)(Z) \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

- I** = Corriente Eléctrica [A].
- L** = Longitud del circuito [km].
- Z** = Impedancia del conductor [Ω /km].

La impedancia Z del conductor depende de la Resistencia Eléctrica del Conductor, de la Reactancia Inductiva y del Factor de Potencia:

$$Z = (R_{to} \cos\theta + X_l \sin\theta) \dots \dots \dots (13)$$

Donde:

- R_{TO}** = Resistencia Eléctrica a la temperatura de operación del conductor
- cos θ** = Factor de Potencia
- XL** = Reactancia inductiva

El valor de la Resistencia Eléctrica del conductor en corriente continua que se encuentra en la ficha técnica, corresponde a un valor obtenido a una temperatura de 20°C. Para obtener la Resistencia Eléctrica del conductor a otra temperatura (Por ejemplo, su temperatura de operación), es necesario aplicar la siguiente fórmula:

$$R_{to} = R_{20} (1 + \alpha \Delta T) \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

- R_{TO}** = Resistencia Eléctrica a la temperatura de operación del conductor [Ω /km]
- R₂₀** = Resistencia Eléctrica del conductor a 20°C en corriente continua [Ω /km]
- α** = Constante del Cobre
- ΔT** = Incremento de temperatura del conductor [°C]

El valor de la Resistencia Eléctrica obtenida mediante la ecuación anterior corresponde a la Resistencia eléctrica en corriente continua a la temperatura de operación del conductor. Para convertir este valor a corriente alterna, se tienen que usar tablas de conversión de CA/CD para conductores de cobre y aluminio en cableado concéntrico a 60 Hz.

Tenemos como parámetro la Reactancia Inductiva, la cual depende de la Inductancia del conductor así como la frecuencia y está determinada por la siguiente ecuación:

$$X_l = (2\pi f)(L) \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

- f** = Frecuencia de la corriente alterna que circula por el conductor [Hz]
- L** = Inductancia [H]

La inductancia del conductor es un parámetro que depende del arreglo geométrico de los conductores y está determinada por la siguiente fórmula:

$$L = (4.605)(\log_{10} \frac{DMG}{RMG} \times 10^{-4}) \dots \dots \dots (16)$$

A partir de este punto se deben realizar los cálculos para determinar el calibre del conductor considerando el tipo de formula que se deberá usar para determinar la Distancia Media Geométrica así como el Radio Medio Geométrico, para facilitar estos cálculos se puede hacer uso de tablas que se encuentran en las normas nacionales NOM, así como en otras como la NEC (National Electrical Code), IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) entre otras.

1.6.- Objetivos de una Instalación Eléctrica

Existen una serie de objetivos que debe poseer una instalación eléctrica cualquiera, estas son:

- Seguridad: Una instalación eléctrica, debe proporcionar seguridad, y una salvaguarda real a las personas y propiedades de los peligros que implica el uso de la electricidad.
- Eficiencia: Esto implica que la energía eléctrica se transmita con la mayor eficiencia posible, para tener el menor número de pérdidas.
- Economía: Se refiere a realizar un balance técnico y de seguridad que permita realizar una inversión que posea el menor costo inicial
- Previsión a futuro: Se refiere a que las instalaciones eléctricas deben tener un diseño que permita absorber las ampliaciones a futuro de la carga.
- Simplicidad: Esto se refiere a que la instalación debe poseer un diseño lo más simple y fácil, que permita concretar el proyecto al menor costo pero con la mayor cantidad de ventajas que se pueda.
- Flexibilidad: Esto implica que la instalación puede ser sin mayor dificultad aceptar modificaciones o alteraciones súbitas que tengan lugar, tales como reubicación de cargas, etc.
- Confiabilidad: La confiabilidad es un término delicado de emplear, pero se puede interpretar de forma muy sencilla como el hecho de que se interrumpa en la menor cantidad de veces posible el servicio eléctrico.
- Factibilidad de mantenimiento: Esto implica que la instalación eléctrica en todo momento sea fácilmente accesible, para realizar tareas de mantenimiento.

1.7.- Clasificación de instalaciones eléctricas

Para fines de estudio, nosotros podemos clasificar las instalaciones eléctricas como sigue:

1.- Por el nivel de voltaje predominante:

- Instalaciones de Alta Tensión: Son aquellas instalaciones en las que la diferencia de potencial máxima entre dos conductores es superior a 1.000 Voltios (1 kV). Generalmente son instalaciones de gran potencia en las que es necesario disminuir las pérdidas por efecto Joule (calentamiento de los conductores).
- Instalaciones Residenciales: Simplemente son las de las casas habitación.
- Instalaciones Industriales: Como su nombre lo dice son aquellas relacionadas con las fábricas, que por lo general son de mayor potencia comparadas con la residenciales.
- Instalaciones Comerciales: Respecto a su potencia son de tamaño comprendido entre las dos anteriores según sea el caso.

- Instalaciones en Edificios: Ya sea de oficinas, residencias, departamentos o cualquier otro uso, y que pudieran tener su clasificación por separado de las anteriores.

2.- Por la forma de instalación:

- Visible: Es aquella que se puede ver directamente.
- Oculto: Prácticamente es la que no se puede ver por estar dentro de muros, pisos, techos, etc.
- Aérea: Es aquella que está formada por conductores paralelos, soportados por aisladores, que usan el aire como aislante, pudiendo estar los conductores desnudos o forrados. En algunos casos se denomina también línea abierta.
- Subterránea: Es aquella que va bajo el piso, cualquiera que sea la forma de soporte o material del piso.

3.- Por el lugar de la instalación:

Las instalaciones eléctricas también pueden clasificarse en normales y especiales según, el lugar donde se ubiquen:

- Instalaciones Normales: Pueden ser interiores o exteriores. Las que están a la intemperie deben de tener los accesorios necesarios (cubiertas, empaques y sellos) para evitar la penetración del agua de lluvia aun en condiciones de tormenta.

*Son lugares secos o húmedos, no sujetos normalmente a derrames líquidos y parcialmente protegidos por aleros, corredores techados pero abiertos, así como lugares interiores que están sujetos a un cierto grado de humedad.

- Instalaciones Especiales: Son aquellas que se encuentran en áreas con ambiente peligroso, excesivamente húmedo o con grandes cantidades de polvo no combustible.

*Son lugares corrosivos en los que se pueden encontrar sustancias químicas corrosivas o las que estén sujetas a peligro de incendio o explosión debido a gases dispersos en el aire.

1.8.- Seccionamiento.

El seccionamiento consiste en aislar eléctricamente una instalación o circuito eléctrico de la red de alimentación eléctrica, dejando dicha instalación o circuito sin carga o en vacío. El seccionamiento se puede realizar con los siguientes dispositivos eléctricos:

- El seccionador
- Interruptor seccionador

Seccionador eléctrico.

Se le conoce también con el nombre de separadores o desconectores; es un dispositivo mecánico, que sirve para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien mantenimiento.

El objetivo de estos aparatos es el aislamiento de tramos de circuitos de una forma visible.

Los circuitos que debe interrumpir deben hallarse libres de corriente, o dicho de otra forma, el seccionador debe maniobrar en vacío. No obstante, debe ser capaz de soportar corrientes nominales, sobre intensidades y corrientes de cortocircuito durante un tiempo especificado.

Así, este aparato va a asegurar que los tramos de circuito aislados se hallen libres de tensión para que se puedan tocar sin peligro por parte de los operarios.

El diseño y la construcción de los seccionadores están reglamentados de acuerdo con las normas IEC 60129 y 60273 (International Electrotechnical Commission) o las normas ANSI C29.8 y C29.9 (American National Standards Institute), y responder además a la IEC 60694 en lo que respecta a valores nominales y de ensayos.

Los seccionadores utilizados habitualmente en instalaciones eléctricas tienen muy variadas formas constructivas pudiéndose clasificarlos según su modo de accionamiento:

- Seccionadores de cuchillas giratorias.
- Seccionadores de cuchillas deslizantes.
- Seccionadores de columnas giratorias.
- Seccionadores de pantógrafo.
- Seccionadores semipantógrafos o tipo rodilla.

Sea cual fuera el tipo (de apertura horizontal o vertical y con movimiento giratorio central o lateral, pantográfico o semipantográfico) deberán permitir la observación clara y precisa de la distancia de aislamiento en aire.

Dentro de esta clasificación todos pueden tener una constitución unipolar o tripolar y el tipo de apertura deberá elegirse teniendo en cuenta las distancias eléctricas adoptadas para el proyecto.

Este dispositivo, por sus características, debe ser utilizado siempre sin carga o en vacío, es decir, el proceso de desconexión debe seguir necesariamente este orden:

- 1.-Desconexión del interruptor principal.
- 2.- Desconexión del seccionador.
- 3.- Colocación del candado de seguridad en la maneta del seccionador, para evitar que otro operario de forma involuntaria conecte el circuito.
- 4.- Colocación del cartel indicativo de avería eléctrica o similar.
- 5.- Manipulación de la instalación afectada.

Para el proceso de conexión procederemos de forma inversa:

- 1.- Conexión del seccionador.
- 2.- Conexión del interruptor principal.

Hasta ahora sabemos cómo funciona una instalación eléctrica, cuantos tipos de instalaciones existen y lo que las conforma, y tipos de protecciones, recordando que estas últimas son un aspecto fundamental y crítico de las instalaciones, por lo que es indispensable contar con los dispositivos de protección adecuados y de calidad garantizada.

Capítulo II. ILUMINACIÓN

En este apartado proporcionaremos los conocimientos fundamentales de la Ingeniería en la iluminación, a fin de que se comprendan los principios de la física de la luz, los dispositivos para obtener energía luminosa, métodos y procedimientos para el diseño de sistemas de iluminación eléctrica.

2.1.- Naturaleza de la luz

Fueron 2 las primeras y más importantes hipótesis que se formularon para explicar la naturaleza de los fenómenos luminosos.

Hipótesis ondulatoria de “Wiggens”, manifestando este que la luz no era otra cosa más que ondas electromagnéticas, demostrando que estas ondas como todas las demás se propaga con la velocidad de 300,000 Km/s.

Hipótesis corpuscular de “Newton”, que se conoce como la teoría de los fotones, ya que según Newton la luz estaba constituida por numerosos corpúsculos y que al chocar con la retina la presionaba produciéndose la sensación luminosa.

Ambas teorías explican igualmente los fenómenos luminosos, esto es, la propagación rectilínea de la luz, la reflexión y la refracción de los rayos luminosos, la luz manifiesta otros fenómenos más complejos como los de interferencia y difracción, característicos de los movimientos ondulatorios.

2.2.- Definición de la luz

La luz o energía luminosa es la única energía visible en forma de colores y nos permite los procesos de ver la foto periodicidad, la fotosíntesis entre otros muchos ejemplos.

Para comprender un poco mejor lo antes dicho a continuación les mostraremos el diagrama de espectro electromagnético observando así las longitudes de onda de cada color y en qué momento son visibles.

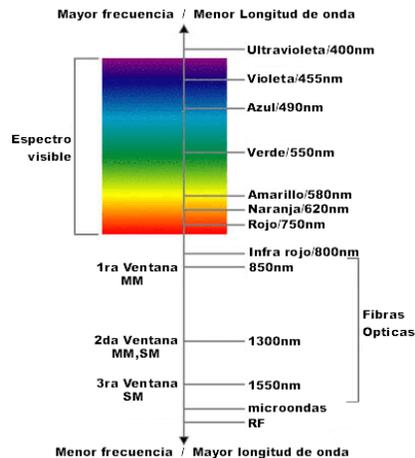


Figura 2.1 Espectro fotométrico

2.3.- Luz y visión

El ojo realiza una serie de funciones para lograr su enfoque, cuando el cristalino presenta su forma más aplanada, el ojo normal está enfocado sobre objetos en el infinito. Para enfocar los objetos más cercanos particularmente dentro de los 6m, es preciso aumentar la convexidad del cristalino mediante la contracción de los músculos ciliares. Cuanto más cercano este el objeto mas convexo debe hacerse el cristalino, esto es parte del proceso conocido como acomodación.

2.4.- Foto receptores

La luz es una forma de radiación electromagnética visible para nosotros por medio del órgano receptor sumamente especializado que es el ojo. La sensibilidad de la luz, los biólogos la consideran desde la región ultravioleta hasta la región infrarroja. La visión a color, es la capacidad para distinguir entre diferentes tipos de onda.

El ojo humano adulto mide 2.5cm de diámetro y consiste en una esfera hueca llamada globo ocular cuyas 5/6 partes están alojadas en las orbitas del cráneo. Existen estructuras accesorias como cejas, parpados, glándulas lagrimales y la conjuntiva.

2.5.- Estructura del ojo

Está compuesto esencialmente de 3 cubiertas:

- Capa externa
- Capa media
- Capa interna

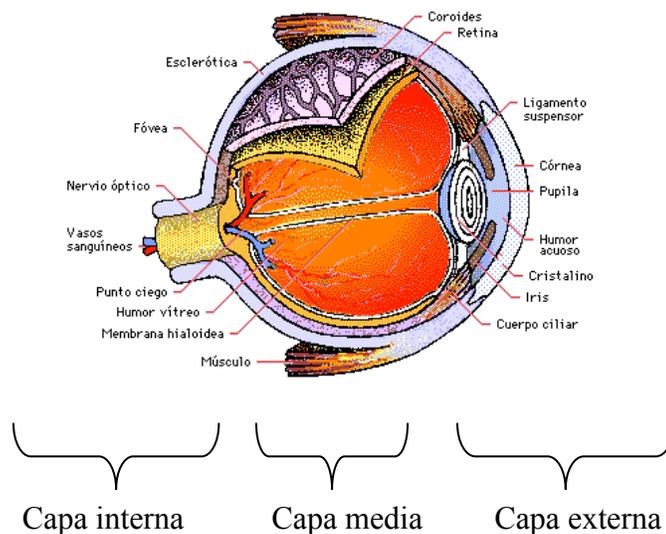


Figura 2.2 Ojo Humano
www.salonhogar.com

2.6.- Luz artificial.

Se entiende por luz artificial a toda aquella fuente luminosa producida por el ser humano. En la sociedad actual el ser humano pasa una gran cantidad de horas iluminado por este tipo de iluminación ya que en muy pocos lugares de trabajo en interiores disponen de luz natural. Las bombillas y especialmente los fluorescentes son habituales en el entorno de trabajo de millones de seres humanos.

Se mencionaran algunos términos importantes y necesarios para poder comprender el término de luz artificial y lograr aplicar correctamente cada una de las fórmulas de dicho capítulo.

2.7.- Terminología de la iluminación

Para la determinación, calculo, medición y valoración de la luz y la iluminación se ha establecido el siguiente sistema de magnitudes luminotécnicas fundamentales:

1.- Energía luminosa: Es la energía emitida por un manantial de luz (o absorbida por un cuerpo iluminado) medida según la cesibilidad del ojo.

$$Q = \Phi * t \quad [\text{Lum} * \text{hr}] \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

- Q** = Energía luminosa
- Φ** = Flujo luminoso
- t** = Tiempo

2.- Flujo luminosos: Es la relación entre la energía emitida Q (o absorbida) en un tiempo (t) y dicho tiempo (t) empleado en la emisión (o absorción). El tiempo se mide en horas.

$$\Phi = \frac{Q}{t} \left(\frac{\text{lm} * \cancel{\text{hr}}}{\cancel{\text{hr}}} \right) \quad \Rightarrow \quad \Phi = [\text{lum}] \dots \dots \dots (18)$$

Dónde:

- Φ**= Flujo luminoso
- Q** = Energía luminosa
- t** = Tiempo
- hr** = Hora

En general, el flujo luminoso no se emite uniformemente, si no que se distribuye en el espacio con intensidades variables, según la dirección.

3.- Angulo sólido: El carácter radiante de la luz requiere, una “división angular” del espacio. Un haz de rayos dirigidos hacia una superficie F (de la figura) delimita en el espacio una superficie cónica, ocupada por el flujo luminosos ϕ , el vértice de este cono se encuentra en el punto luminosos “L” y su superficie lateral está formada por rayos dirigidos hacia el contorno de la superficie “F”, tal división del espacio se llama ángulo solido.

El ángulo sólido se mide por la porción de la superficie esférica de radio por unidad interceptada. Cuando la superficie iluminada "F" está a una distancia "R" del punto luminoso y es una porción de superficie esférica (o puede integrarse con una suma de elementos de superficie esférica), el ángulo sólido ω correspondiente (medido sobre la esfera unidad) viene dado por:

$$\omega = F/r^2 \text{ [str]} \dots\dots\dots (19)$$

Donde:

- ω = Ángulo Sólido
- F = Superficie
- r^2 = Radio al cuadrado

En el sistema de unidades luminotécnicas fundamentales, el ángulo sólido desempeña el papel de dimensión geométrica. Cuanto mayor sea el flujo luminoso ϕ y menor el ángulo sólido ω tanto mayor será la densidad de la luz en el ángulo sólido, es decir mayor será la intensidad de la radiación "L" dirigida a "F".

Como unidad de ángulo sólido se ha propuesto estereorradián (str) y un str se define como el arco que subtende un casquete esférico de superficie igual al cuadrado del radio.

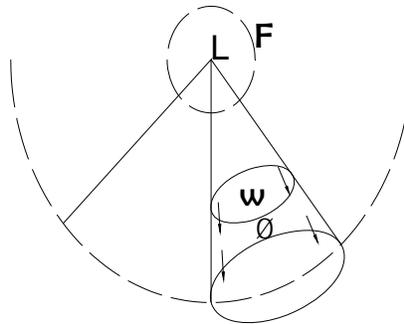


Figura 2.3 Ángulo Sólido

4.- Intensidad luminosa: Es la densidad de la luz en el ángulo sólido, ósea es la relación entre el flujo abarcado por el ángulo ω y dicho ángulo sólido, el ángulo sólido finito ω , del valor J representa la intensidad media del haz del flujo ϕ . La intensidad luminosa es la unidad fundamental de la cual se deducen todas las demás unidades luminotécnicas.

Un manantial luminoso puede considerarse puntiforme cuando se observa o se mide desde una distancia suficientemente grande mas allá de la distancia limite. Si se quiere mucha exactitud (< 1%) la distancia limite viene a ser unas 10 veces la dimensión lineal mayor del manantial luminoso; si se requiere menos exactitud (1.2%) es suficiente una distancia limite igual a 5 veces aquella dimensión.

Con focos luminosos en forma de línea o de banda puede reducirse en cientos casos la distancia. Esta regla no es válida para proyectos; en estos, la distancia limite es mucho mayor pudiendo elevarse a 100 veces o más la abertura del proyector.

También el foco luminoso esférico es un caso especial, por tanto puede considerarse como puntiforme a cualquier distancia.

El concepto de intensidad luminosa va esencialmente ligado al de puntiformidad, que solo a partir de un punto puede definirse el espacio en ángulos sólidos, así como definirse el ángulo sólido y la densidad de flujo luminoso en el ángulo sólido. Únicamente de un punto pueden salir rayos luminosos definidos; a un manantial luminoso no puntiforme, es decir, situado dentro de la distancia límite podremos asociarle un flujo luminoso pero no una intensidad.

La unidad de intensidad luminosa usada en Alemania y en algunos otros países era la intensidad luminosa horizontal de una llama de acetato de amilo (vela).

En otros países se le conocía además de la bujía Hefner como la bujía internacional que se determinaba con lámparas tipo filamento de carbón y se decía que 1.1 HK = 1 K ósea que 1.1 bujía Hefner es igual a 1 bujía internacional.

Actualmente el patrón de intensidad luminosa está representado por el llamado espacio hueco radiante a la temperatura de fusión del platino 2042 °K, en la cual 1cm de superficie emisora irradia con una intensidad de 60 candelas. La candela (llamada a veces bujía nueva) está comprendida entre 2 valores.

$$0.98K = 1Cd = 1.108HK$$

En la práctica, y especialmente en fotometría se emplean como patrones secundarios lámparas de incandescencia contrastadas en este patrón.

La iluminación de una superficie “F” por el flujo ϕ depende también de la intensidad y es tanto más intensa cuanto mayor es el flujo y menor la superficie que encuentra.

$$\text{Intensidad luminosa} = \frac{\phi [Lm]}{F [m^2]} [Lx] \dots\dots\dots (20)$$

5.- Iluminación: Es la densidad de flujo luminoso sobre una superficie, las unidades de este flujo son el Lux [Lx]. Y un Lx es la iluminación de un punto “A” sobre una superficie vista en dirección perpendicular, el Lumen (Lm) de una fuente puntual uniforme de una candela.

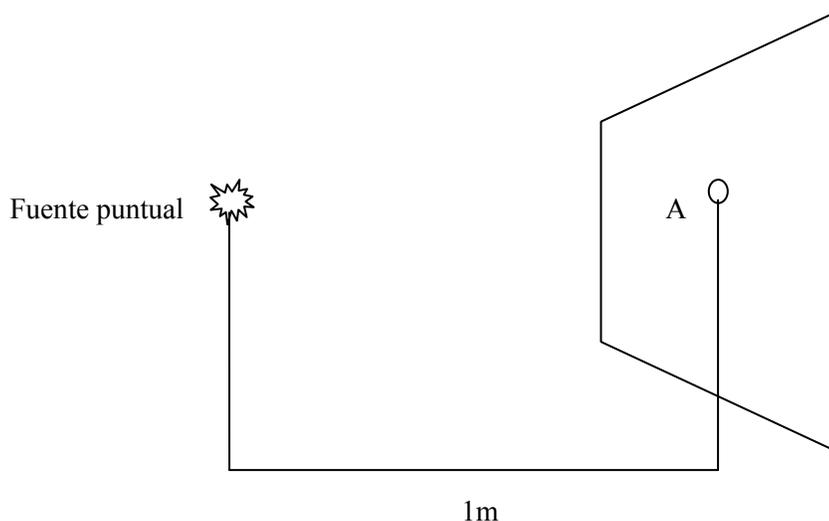


Figura 2.4 Representación de Iluminación

De la definición de lumen se deduce que un lumen uniformemente distribuido en 1m^2 de superficie produce una iluminación de 1 Lx

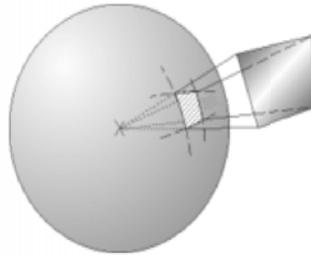


Figura 2.5 Representación de 1 lumen

6.- Luminancia o Brillo Fotométrico: Es la intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada en la misma. El ojo ve brillo, no iluminación. Todos los objetos visibles tienen brillo que normalmente es independiente de la distancia de observación y su símbolo es “B”.

$$B = [cd/cm^2] \text{ ó } [lum/cm^2] \text{ ó } [lambert-pie] \dots\dots\dots (21)$$

7.- Reflectancia: Es la relación entre la luz reflejada por una superficie y la luz incidente sobre ella. El factor de reflexión sobre una superficie dada puede variar considerablemente de acuerdo con la dirección y la naturaleza de la luz incidente.

$$R = [lúmenes reflejados / lúmenes incidentes] \times 100 \dots\dots\dots (22)$$

8.- Reflexión especular: Aumenta con el ángulo de incidencia hasta obtenerse una total reflexión de ángulos rasantes. Para el caso de superficies coloradas, puede ser distinto el factor de reflexión para distintos colores.

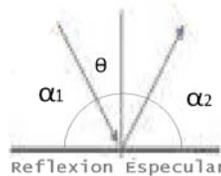


Figura 2.6 Reflexión Especular

9.- Reflexión: Es cuando una superficie devuelve un rayo de luz que incide sobre ella, y por lo tanto se dice que el rayo ha sido reflejado

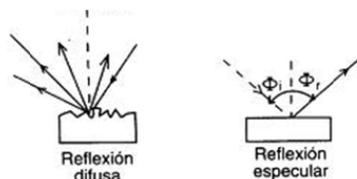


Figura 2.7 Tipos de reflexión

10.-Transmitancia: Sucede cuando los rayos de luz pasan a través de materiales transparentes o traslucidos. El grado de difusión de los rayos depende del tipo y densidad del material.

También podemos decir que la transmitancia es la relación entre la luz transmitida y la luz que incide sobre él; depende de cierta medida de la dirección y tipo de luz.

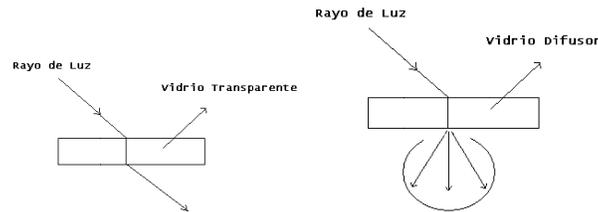


Figura 2.8 Tipos de Transmitancia

$$T = \text{lúmenes transmitidos} / \text{lúmenes incidentes} \times 100 \dots \dots \dots (23)$$

11.- Refracción: Un rayo de luz que cambia de dirección al pasar oblicuamente de un medio transparente a otro en el que su velocidad es diferente (del aire al vidrio) se dice que se ha refractado, por lo tanto la Reflectancia se define como la relación entre la velocidad de la luz en espacio libre y su velocidad en el medio en cuestión.

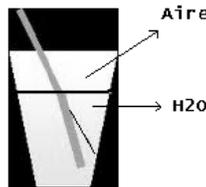


Figura 2.9 Refracción

12.- Temperatura de color: Es una medida que se especificó en lámparas, y se refiere a la apariencia o tonalidad de la luz que emite una fuente luminosa.

La forma en que vemos cierto ambiente depende de la tonalidad de la luz de la lámpara y es crucial para establecer una atmosfera de confort y frescura.

La temperatura de color es un término que se usa para describir el color de una fuente, teóricamente un cuerpo negro en un radiante perfecto y como cualquier cuerpo incandescente, cambia de color al aumentar la temperatura poniéndose primero rojo oscuro, después rojo claro, luego naranja, amarillo, blanco, blanco azulado y finalmente azul.

La temperatura de color no es una medida de la temperatura real, ya que solo define el color y se puede aplicar únicamente a fuentes que se parecen al cuerpo negro.

13.- Color de la Luz: Al elegir fuentes luminosas se debe tener en cuenta como aparecen los distintos colores en los diferentes tipos de lámparas como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.1 Color de la Luz

Intensidad De Luz	°K
Cielo Azul	10000-30000
Cielo Cubierto	7000
Luz Solar A Medio Día	5250
Lámpara Fluorescente:	
Luz De Día	6500
Blanca Fría	4500
Blanca Caliente	3000
Lámpara Incandescente De 500w	9000
Lámpara Fotográfica	3400
Lámparas Servicio General	2500-3050
Llama de bujía (Vela)	1800

A las lámparas de Sodio, Mercurio entre otros no se les asignan Temperaturas de color debido a que no se igual a un cuerpo negro.

2.8.- Fotometría.

El termino fotometría se usa para definir cualquier información de prueba que describa las características de la salida de luz de un luminario. El tipo más común de información fotométrica incluye la distribución de la potencia en candelas, criterios de espaciamento, eficiencia del luminario, curvas isofootcandle o isolux, coeficiente de utilización e información de luminancia.

El propósito de la fotometría, es describir con exactitud el rendimiento de un luminario para permitir al diseñador, ingeniero o encargado, seleccionar el equipo de iluminación y diseñar una distribución de luminarios que mejor cubra las necesidades de trabajo.

La información más utilizada en un estudio fotométrico es:

- Curva de Distribución Fotométrica: Es un corte vertical de la intensidad en candelas, medida en diferentes ángulos, de forma polar muestra la distribución del flujo luminoso para un solo plano. Si la distribución es simétrica, la curva en un plano es suficiente si es asimétrica se necesitaran de varios cortes para precisar el cálculo.
- Coefficiente de Utilización: Se refiere al número de lúmenes que finalmente alcanzan el plano de trabajo en relación a los lúmenes totales generados por la lámpara. Los valores de CU son necesarios para calcular los niveles de iluminancia promedio y son provistos de dos maneras: una tabla o una curva de utilización.
- Tabla Isofootcandle o Isolux: Se usan principalmente para describir el patrón de luz sobre el plano de trabajo cuando un luminario produce una distribución de la potencia en candelas y muestran las graficas o líneas de igual valor en luxes o footcandels sobre el plano de trabajo, cuando el luminario está en la altura de montaje designado.
- Criterios de Espaciamento: Este criterio se refiere a que tan separados deben colocarse los luminarios y mantener una uniformidad de iluminación aceptable en el plano de trabajo. Se calcula multiplicando la altura de montaje por el tamaño del local o lugar de instalación.

La lámpara por sí sola no completa su función al máximo requiere de medio auxiliares que le ayuden a cumplir con las necesidades de la gente y a funcionar correctamente el conjunto de estos se le llama luminaria que también se puede definir como aparato destinado a contener las lámparas y equipos auxiliares, protegido de los agentes exteriores, conseguir un adecuado funcionamiento de los mismos, una distribución luminosa que permita un buen rendimiento luminoso para el nivel de iluminación requerido, así como una buena uniformidad de iluminación.

2.9.- Fuentes de luz

2.9.1.- Características de las Lámparas:

Existen una gran variedad de lámparas, se deben considerar dependiendo de las características y los requerimientos que se estén buscando, las lámparas pueden ser clasificadas por su construcción y características operativas, en tres grupos: incandescentes, fluorescentes y de alta intensidad de descarga (HID). Las lámparas HID pueden ser agrupadas en cuatro clases principales: sodio de alta presión, aditivos metálicos, mercurio y sodio de baja presión.

2.9.2.- Lámpara Incandescente

Es la fuente de luz más común en la iluminación residencial, Consta de un filamento muy fino de tungsteno, encerrado en una ampolla de vidrio en la que se ha hecho el vacío, o se ha rellenado con un gas inerte, para evitar que el filamento se volatilice por las altas temperaturas que alcanza. Se completa con un casquillo metálico, en el que se ubican las conexiones eléctricas.

La ampolla varía de tamaño con la potencia de la lámpara, puesto que la temperatura del filamento es muy alta y, al crecer la potencia y el desprendimiento de calor, es necesario aumentar la superficie de enfriamiento. La eficacia varía con la potencia, y el tipo de filamento pero generalmente oscilan entre 10 y 25 lúmenes por watt, producen un rendimiento cálido de color altamente aceptado, no requiere de balastro y su intensidad luminosa puede ser variada por medio de electrónica básica.

Esta es una descripción de las partes que componen a una lámpara incandescente:

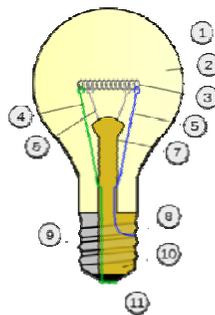


Figura 2.9 Foco incandescente

Donde:

1. Envoltura - ampolla de vidrio - bulbo.
2. Gas inerte.
3. Filamento de wolframio.
4. Hilo de contacto (va al pie).
5. Hilo de contacto (va a la base).
6. Alambre(s) de sujeción y disipación de calor del filamento.
7. Conducto de refrigeración y soporte interno del filamento.
8. Base de contacto.
9. Casquillo metálico.
10. Aislamiento eléctrico.
11. Pie de contacto eléctrico.

2.9.3- Lámpara Fluorescente

Las lámpara fluorescentes tienen en su interior una combinación de vapor de mercurio y gases nobles a baja presión, dos electrodos en los extremos de la lámpara recubiertos con una pasta emisora generan un arco eléctrico de un extremo a otro, al paso de la corriente los electrones emitidos en el arco eléctrico chocan con los átomos de mercurio produciendo luz ultravioleta, la radiación ultravioleta excita la capa fluorescente que recubre el interior del tubo convirtiéndolo en luz visible. Por las características del arco eléctrico que se forma dentro del bulbo, se necesita un balastro para arrancar y operar estas lámparas.

Tiene una mayor eficacia y una vida más larga que la de las lámparas incandescentes, la eficacia de estas lámparas oscila entre los 40 y los 90 lúmenes por watt. Su baja brillantes y la poca generación de calor la hacen ideal para oficinas y escuelas, donde el confort térmico y visual son importantes.

A continuación se describirá brevemente las partes que componen una lámpara fluorescente:

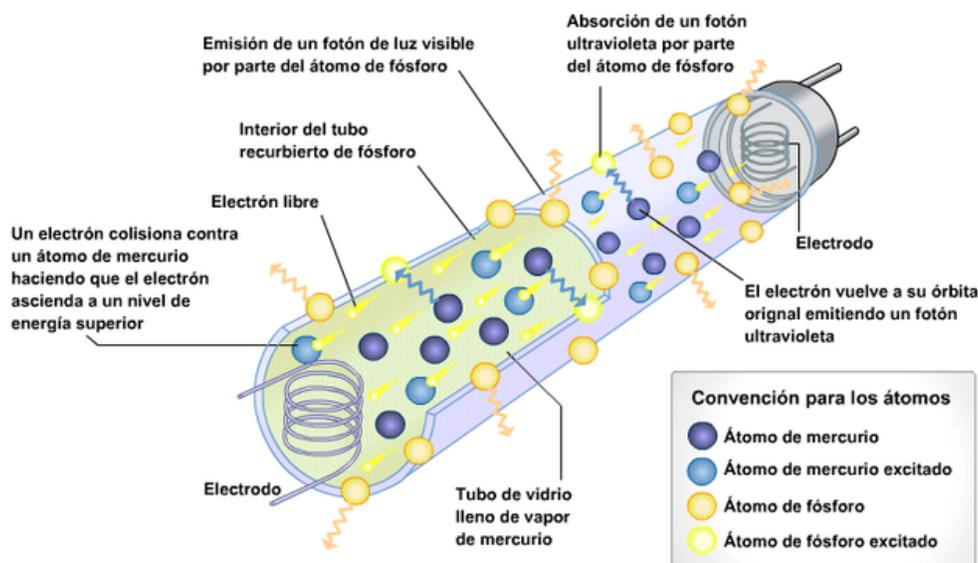


Figura 2.10 Lámpara fluorescente

2.9.4- Lámpara de Alta Intensidad de Descarga (HID):

Las fuentes de alta intensidad de descarga incluyen lámparas de mercurio, aditivos metálicos, vapor de mercurio y gases nobles a baja presión. La luz se produce en las fuentes HID a través de la generación de un arco eléctrico en un medio gaseoso, usando una variedad de elementos. Cada lámpara HID consiste en un tubo de descarga que contiene ciertos elementos o mezclas de elementos, que gasifican y generan una radiación visible cuando se genera un arco entre los electrodos.

2.9.5.- Lámparas de Vapor de Mercurio:

La fuente de mercurio fue la primera lámpara HID desarrollada que cubrió las necesidades de una lámpara de alta luminosidad, más eficiente y compacta. La vida útil de estas lámparas es de 24000 horas para la mayoría, pero la salida de luz disminuye con el paso del tiempo, por lo que su vida económica es corta, la eficacia oscila entre los 30 y 60 lúmenes por watt, su tiempo de arranque es corto y tarda de 4 a 7 minutos en lograr su máxima salida luminosa.

2.10.- Elementos Auxiliares de una Luminaria.

Existen elementos que completan el funcionamiento de una luminaria como son: Difusor o rejilla, Gabinete, Balastro, Bases, Casquillos, Herrajes de sujeción entre otros. Todos estos dispositivos son importantes para la lámpara y para el cumplimiento de la misma a continuación se dará una breve explicación de dichas partes auxiliares.

2.10.1.- Balastro:

Según NMX-J-1999-ANCE Es un dispositivo que, por medio de inductancias, capacitancias, o resistencias, solas o en combinación, limita la corriente de las lámparas fluorescentes al valor requerido para su operación correcta y también, cuando es necesario suministra la tensión y corriente de arranque, y en el caso de balastos para lámparas de arranque rápido, provee la tensión para calentamiento de los cátodos.

Efecto de la temperatura ambiente:

Todo el equipo integrado de iluminación (luminario / balastro / lámparas) se prueba a una temperatura ambiente de 25°C, que reproduce las condiciones normales en la práctica. Sin embargo, en las nuevas construcciones en que todavía no se instala el equipo para aire acondicionado, o en fábricas en que no existe, no es difícil encontrar temperaturas ambiente de 40° C a 50°C en el lugar en que se encuentra el equipo de iluminación.

Esta temperatura ambiente elevada afecta las temperaturas de operación de balastro.

Las pruebas a combinaciones luminario-balastro han demostrado que cada 1°C de aumento en la temperatura ambiente causa un incremento de 0,9°C en la temperatura de la caja del balastro. Por lo tanto, a una temperatura ambiente de 30°C, la temperatura en la caja del balastro aumentará 4,5°C con respecto a la temperatura que se registra a 25°C.

Ruido:

Se puede clasificar el ruido producido por los balastos en dos grupos.

- 1.- El que se presenta con una frecuencia entre 100 y 150 Hz.
- 2.-El que se manifiesta a 100 o más Hertz.

El primero es causado por la vibración del núcleo de acero del balastro bajo la influencia de las fuerzas ejercidas sobre ellos por el campo magnético. El segundo es producido por las armónicas elevadas de la corriente de la lámpara.

Hay tres formas posibles en que este ruido puede ser amplificado en la instalación del equipo de alumbrado:

- 1) Método inadecuado de montaje del balastro en el luminario. Se recomienda que todos los agujeros de la base del balastro se utilicen para fijar firmemente el balastro al luminario.
- 2) Luminario mal diseñado. Si no está bien diseñado, tiene partes sueltas o su construcción y montaje no son rígidos, provoca una amplificación del ruido.
- 3) Características resonantes del techo, piso, paredes y muebles. El nivel de ruido ambiente en el interior de un local determinado, también es importante y debe ser cuidadosamente considerado. Resulta obvio que el ruido producido por el balastro es más importante en una estación de radio difusión que en una tienda.

La elección del balastro para lámparas fluorescentes debe hacerse en base al nivel sonoro del lugar en que ha de instalarse. Los balastros están clasificados según grupos dependientes del nivel de intensidad sonoro ambiente. A continuación se muestra esta clasificación.

Tabla 2.2 Clasificación de balastros por sonido

EJEMPLOS	PROMEDIO DE RUIDO EN DECIBELES EN EL MEDIO AMBIENTE	CLASIFICACION POR SONIDO
RESIDENCIAS (1) BIBLIOTECAS (1) ESTACIONES DE RADIO Y TV IGLESIAS	20 A 24	A
BIBLIOTECAS (2) RESIDENCIAS (2) ESCUELAS SALAS DE LECTURA	25 A 30	B
EDIFICIOS OFICINAS (1) ALMACENES (1)	31 A 36	C
TIENDAS (1) OFICINAS (2) SALA DE CLASE	37 A 42	D
TIENDAS (2) ALMACENES (2) INDUCTRIA LIGERA ALUMBRADO EXTERIOR	43 A 49	E
INDUCTRIA PESADA ALUMBRADO PUBLICO PARQUES DE DIVERSIONES	49 EN ADELANTE	F

En las tablas de características de operación de los balastros se incluye su clasificación por sonido recomendable para su instalación. Para tener un criterio, se incluye la siguiente tabla:

Tabla 2.3 Clasificación de balastros por sonido recomendable para su instalación

NIVEL DE RUIDOS AMBIENTE	1a ELECCION	2a ELECCION	3a ELECCION
20 - 24 DECIBELES	A	B	C
25 - 30 DECIBELES	B	C	D
31 - 36 DECIBELES	C	D	
37 - 42 DECIBELES	D		

- El uso de los balastros en esta clasificación será satisfactorio para el nivel de ruido ambiente.
- El uso de los balastros en esta clasificación será satisfactorio, pero debe montarse bien en el luminario, y debe considerarse las características resonantes del techo, del piso, paredes y muebles.
- El uso de los balastros en esta clasificación exige un buen montaje del balastro, luminario bien diseñado, poca resonancia de techo, piso, paredes, muebles, y deben esperarse períodos de silencio excepcional.

Descripción de los componentes de un balastro:

A continuación se hace una descripción de los componentes de un balastro:

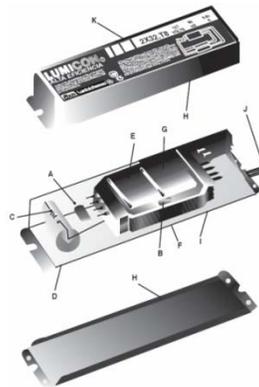


Figura 2.11 Componentes de un balastro

- A)** Filtro para radio interferencia.- Los balastros, cuándo así lo especifican las normas correspondientes, están equipadas con un capacitor que ayuda a suprimir la interferencia en los aparatos de radio y TV causada por la retroalimentación de la lámpara fluorescente a la línea de alimentación y por radiación directa de la línea de suministro al circuito de la antena.
- B)** Protección térmica (clase P).- Es un protector térmico que se acopla al circuito del balastro para evitar su funcionamiento a temperaturas excesivas que pueden ser causadas por tensiones de alimentación elevadas, instalaciones deficientes o fallas en otros componentes del equipo. Este dispositivo es opcional.

- C) Resistencia.- Las resistencias utilizadas en los balastos deben ser hechos los de máxima calidad y sometidos a rigurosas pruebas de control de calidad.
- D) Capacitor.- Los capacitores son utilizados en los balastos con el objeto de corregir el factor de potencia, satisfacen las condiciones necesarias de encendido y cualquier otro requerimiento, los construimos con materiales de la más alta calidad y la técnica más moderna. Son sometidos a otras pruebas muy rigurosas, seis de ellas al cien por ciento de los capacitores utilizados. Cumplen con ventaja las normas (**NOM**) **CCONNIE** y **NEMA** correspondientes.
- E) Devanados.- Para los devanados se utilizan alambres magnetos de cobre y/o aluminio que cumplen satisfactoriamente los requisitos de calidad señalados en las especificaciones correspondientes. Estos conductores se prueban en el laboratorio, con el mismo equipo que utilizan los fabricantes de alambre magneto, siguiendo estrictamente las normas **NEMA** vigentes. Los materiales aislantes eléctricos (papeles, cintas, etc.) son de la misma calidad y son sometidas a las pruebas de control de calidad que le son aplicables. Para el proceso de devanado se utilizan máquinas de precisión que aseguran uniformidad en el producto.
- F) El conjunto laminación-bobinas se impregna al vacío (3mm. de mercurio de presión absoluta) en un compuesto altamente resistente a la humedad, flexible para amortiguar el ruido que inevitablemente produce el transformador y excelente transmisor de calor.
- G) Sujeción de la laminación.- En los balastos, la laminación esta sujeta por sellos metálicos, flexibles de gran resistencia, que permite tener un núcleo silencioso de acero. Este sistema de sujeción, aunado a la presión con que se troquea la laminación. Al control exacto de los entrehierros, a una construcción compensada, a la prevención de elevados gradientes magnéticos, al encapsulado e impregnado en compuesto flexibles y a procesos de fabricación y control adecuados, hacen que los balastos sean más silenciosos.
- H) Núcleo.- El núcleo de los balastos está formado por la laminación de acero al silicio troquelado con precisión en troqueles progresivos y prensas automáticas de alta velocidad. Posteriormente la laminación es sometida a tratamiento térmico en un sofisticado proceso automatizado, para proporcionarle las características magnéticas deseadas y disminuir las pérdidas en el núcleo de acero, el proceso se controla por medio de pruebas de Epstein de acuerdo con las normas **ASTM** en vigor.
- I) Recipiente metálico .- Está fabricado de lamina de acero rodada en frío troquelado de herramientas progresivas y prensas de alta velocidad, sometidos a limpiezas, fosfatizado, sellado, pintura por inmersión y horneado en una moderna línea continua. Se utiliza pintura negra semimate, resistente al colar y a la corrosión.
- J) Compuesto para encapsulado.- Es un producto a base de asfalto soplado y sílice cuyo objeto es el de asegurar los componentes del balastro dentro de la caja metálica, ayuda a la disipación de calor, amortiguar el ruido inevitable que produce el transformador y proteger el conjunto contra la humedad. Este producto es sometido a pruebas de goteo, anillo y bola, la conductividad térmica, porcentaje de cenizas, penetración, resistencia a la humedad y degradación. Ya en el balastro se califica su habilidad para amortiguar el ruido y la capacidad para transmitir el calor y proteger las componentes que encapsula.
- K) Conductores para conexión.- En los balastos se utiliza alambre de cobre, forrado con cloruro de polivinilo para alta temperatura (clase 105°C). Estos conductores van soldados a las terminales de conexión para garantizar contacto permanente y efectivo. En los orificios de salida de la caja metálica se colocan unos protectores para evitar que se dañen los conductores con el filo de la lámina. La longitud de estos alambres es tal que permite la instalación del balastro sin necesidad de añadir más conductores.
- L) Código.- Todos los balastos llevan impreso en la etiqueta un código de colores que permite la fácil identificación con respecto a las características de la red de alimentación (tensión).

2.11. Métodos para el cálculo de Iluminación

2.11.1 Método de Lumen:

Es la manera de calcular el nivel esperado de iluminación en un plano horizontal de trabajo a partir de una combinación específica lámpara-luminaria. Este método incorpora el enfoque de la cavidad zonal para obtener el coeficiente de utilización. También permite calcular el nivel promedio de iluminación utilizando las inter reflectancias del coeficiente de utilización junto con la contribución directa de las luminarias.

La fórmula para calcular los niveles esperados por el método de Lumen son:

$$E = \frac{(N)(LL)(CU)(FPL)}{AREA} \dots\dots\dots (24)$$

Donde:

- E=** Iluminación
- N=** Numero de Luminarias
- LL=** Lúmenes de Lámpara Iniciales
- CU=** Coeficiente de Utilización
- FPL=** Factor de Perdida de Luz
- AREA=** Tamaño de espacio que debe ser iluminado

2.11.2.- Método de Punto por Punto:

Utiliza las leyes del cuadrado inverso y la Ley de los Cosenos, determina el nivel de iluminación de un punto en particular tanto de una superficie vertical como horizontal.

2.11.3.- Método de Cavidad Zonal:

El método de cavidades zonales está basado sobre la teoría de que la iluminación media es igual al flujo que incide sobre el plano de trabajo dividido por el área sobre la cual se distribuye. Este avance en el cálculo del factor de utilización se caracteriza principalmente por la introducción de medios, por los cuales pueden calcularse estos para muchas condiciones variables, considera la habitación real como constituida por una cavidad de techo por encima de las luminarias, una cavidad de suelo debajo del plano de trabajo y una cavidad de habitación situada entre los dos. Se explica mejor viendo la siguiente figura:

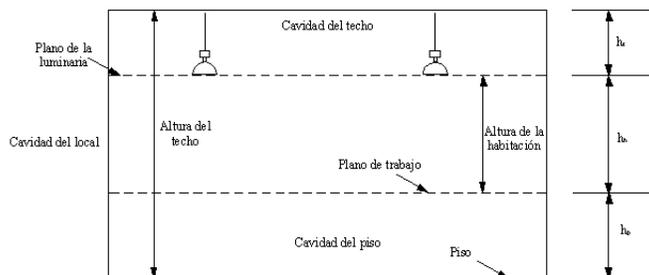


Figura 2.12 Método de Cavidad Zonal

Existen otros datos que deben ser considerados para la obtención y selección precisa y adecuada de las Luminarias

E: Niveles de Iluminación.- Se obtienen de tablas de la IESNA se debe mantener el nivel máximo y no el mínimo.

N: Numero de Luminarias.- se obtiene con la siguiente formula.

$$N = (E) (\text{Área}) / (LL) (CU) (FPL) \dots\dots\dots (25)$$

Donde:

LL: Lúmenes de Lámpara.- Este es un valor que debe proporcionar cada fabricante de luminarias.

CU: Coeficiente de Utilización.- Es la razón de los lúmenes que llegan al plano de trabajo a partir de los lúmenes generados por la lámpara.

FPL: Factor de Perdida de Luz.- Son factores que con el tiempo contribuyen a disminuir la producción de luz de una combinación dada Lámpara-Luminaria-Balastro.

DLL: Depreciación de Lúmenes por Lámpara.- Este dato debe ser dado por el fabricante de la luminaria.

DLP: Depreciación de Lúmenes por Polvo.- Este dato debe ser dado por el fabricante de la luminaria.

DPS: Depreciación por Suciedad.- Este dato se obtiene dependiendo del lugar donde se va a realizar el cálculo como puede ser industria, escuela, oficina entre otros; en algunos casos el fabricante proporciona tablas de suciedad que vienen ligadas con la depreciación por suciedad.

Criterio de Esparcimiento.- Es una técnica de clasificación para las luminarias de interiores, está relacionado con la distribución fotométrica que proporciona el componente directo de las luminarias de 0° a 90°. Este análisis de montaje se mide desde el plano de trabajo.

En los siguientes capítulos estudiaremos los diferentes métodos para realizar un diagnostico energético en la Biblioteca, y así analizar los diferentes consumidores de energía eléctrica.

Capítulo III. DIAGNOSTICO ENERGÉTICO ELÉCTRICO

Es indispensable el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica ya que son componentes fundamentales para el futuro del desarrollo sustentable del sector energético mexicano.

Actualmente existe una área de suma interés en las empresas, edificios públicos para abatir costos de facturación eléctrica, esta es el ahorro de energía eléctrica, es por eso que empresas y el gobierno están interesados en llevar a cabo proyectos de inversión en dicha área, con la finalidad de hacer una mejor utilización de la energía eléctrica y por consiguiente un ahorro en facturación.

Por tal interés en el capítulo no 3 mostraremos conceptos generales pero sobre todo se enfoca al Diagnóstico Energético, mencionando tipos e información necesaria para cada uno de ellos.

3.1.- Diagnóstico Energético

El proceso de administración de los recursos energéticos, consiste en la aplicación de diversas técnicas que permitan alcanzar la máxima eficiencia en el uso de los energéticos utilizados, en una planta industrial. Para ello, se debe seguir una serie de etapas:

1. Diagnósticos.- Se refiere al análisis histórico del consumo de energía relacionado con los niveles de producción y al análisis de las condiciones de diseño y operación de los equipos, a las características de los procesos y tecnologías utilizadas. Con base en este estudio, se fijarán los objetivos y metas a seguir en función de los potenciales de ahorro descubiertos y se investigarán las diversas alternativas para alcanzarlos.

2. Planeación.- Consiste en elegir la alternativa concreta de acción a seguir, las políticas en materia de energía, el tiempo de ejecución, el logro de objetivos y, por último, se determina el monto de recursos financieros para la aplicación del Programa.

3. Organización.- En esta etapa se define la estructura que permita instrumentar el programa establecido.

Aquí es necesario especificar las funciones, jerarquías y obligaciones de todos los grupos e individuos que participen en el Programa de Ahorro de Energía.

4. Integración.- Consiste en elegir a la persona o grupos de personas que van a ser los responsables de la ejecución del Programa; así como la adquisición de la instrumentación y el equipo necesario para realizar el diagnóstico y monitorear los avances del Programa.

5. Dirección.- Consiste en delegar la autoridad necesaria al responsable del Programa y especificar su tramo de control y coordinación. Así mismo, se deben definir los mecanismos de supervisión y los medios de comunicación como componentes esenciales del Programa.

6. Control.- En esta etapa se establecen normas de consumo de energía, de mantenimiento y de operación, así como el método que permita dar seguimiento permanente al Programa. Todo ello, mediante monitoreo a través de un sistema integral de información energética y listas de verificación de la aplicación.

El Diagnóstico Energético:

1. Definición:

Es la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así, establecer el punto de partida para la implementación y control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuanta es desperdiciada.

2. Objetivos:

- Establecer metas de ahorro de energía.
- Diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía.
- Evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía, sin afectar los niveles de producción.

3. Actividades:

Para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía, se requiere realizar diversas actividades, entre las que se pueden mencionar:

- Medir los distintos flujos energéticos.
- Registrar las condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos.
- Efectuar balances de materia y energía.
- Calcular índices energéticos o de productividad, energéticos reales, y actualizar los de diseño.
- Determinar potenciales de ahorro.
- Darle seguimiento al Programa mediante la aplicación de listas de verificación de oportunidades de conservación y ahorro de energía.

La inclusión de los balances tiene como finalidad contar con un método sistemático y oportuno de detección de pérdidas y desperdicios de energía.

Aspectos a Diagnosticar

1. Operativo:

- Inventario de equipo consumidor de energía.
- Inventario de equipo generador de energía.
- Detección y evaluación de fugas y desperdicios.
- Análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento.
- Inventario de instrumentación.
- Posibilidades de sustitución de equipos

2. Económico:

- Precios actuales y posibles cambios de los precios de los energéticos.
- Costos energéticos y su impacto en costos totales.
- Estimación económica de desperdicios.
- Consumos específicos de energía.
- Elasticidad producto del consumo de energía.

- Evaluación económica de medidas de ahorro.
- Relación beneficio-coste de medidas para eliminar desperdicios.
- Precio de energía eléctrica comprada (\$/kWh).

3. Energéticos:

- Formas y fuentes de energía utilizadas.
- Posibilidades de sustitución de energéticos.
- Volúmenes consumidos.
- Estructura del consumo.
- Balance en materia y energía.
- Diagramas unifilares.
- Posibilidad de autogeneración y cogeneración.

3.2.- Diagnósticos De Primer Grado

Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones marginales. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como, el análisis de información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar este tipo de diagnóstico se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía, tales como falta de aislamiento o purgas; asimismo se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y corrección del factor de potencia. Cabe recalcar que en este tipo de estudios no se pretende efectuar un análisis exhaustivo del uso de la energía, sino precisar medidas de aplicación inmediata.

1. Político:

- Tarifas eléctricas.
- Políticas de precios de los energéticos.
- Políticas de comercialización de energéticos.
- Programa nacional de energéticos
- Legislación en materia de autogeneración y cogeneración.

Información Requerida Para El Diagnóstico de Primer Grado

1. Operativa:

- Manuales de operación de equipos consumidores de energía.
- Manuales de operación de equipos generadores de energía.
- Reportes periódicos de mantenimiento.

2. Energética:

- Balances de materia y energía.
- Serie de consumo histórico de energía.
- Información sobre fuentes alternativas de energía.
- Planos unifilares actualizados.

3. Economía:

- Serie estadística de producción.
- Serie estadística de ventas.
- Costos de producción.

4. Política:

- Catálogo de precios.
- Tarifas eléctricas.
- Normalización del consumo de electricidad.
- Relación reservas-producción de hidrocarburos.
- Disposición de fuentes energéticas no provenientes de los hidrocarburos.

3.3. -Diagnósticos De Segundo Grado

Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como son los motores eléctricos y los equipos que éstos accionan, “así” como aquellos para comprensión y bombeo, los que integran el área de servicios auxiliares entre otros. La aplicación de este tipo de diagnósticos requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, lo que incluye la información sobre volúmenes manejados o procesados y consumos específicos de energía. La información obtenida directamente en campo se compara con la de diseño, con objeto de obtener las variaciones de eficiencia.

El primer paso, es detectar las desviaciones entre las condiciones de operación actuales con las del diseño, para así, jerarquizar el orden de análisis de cada equipo proceso. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo en estudios.

Los balances de materia y energía, los planos unifilares, actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía.

Finalmente, se debe evaluar, desde el punto de vista económico, las medidas que se recomienden llevar a cabo, tomando en consideración que se deben pagar con los ahorros que se tengan y en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

3.4.- Diagnósticos De Tercer Grado

Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipo especializado de medición y control. Debe realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería.

En estos diagnósticos, es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además de que facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las diferentes sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos, procesos e incluso de las tecnologías utilizadas.

Además, debido a que las inversiones de estos diagnósticos son altas, la evaluación económica debe ser rigurosa, en cuanto al período de recuperación de la inversión.

3.5.- Instrumentos Para Las Mediciones De Campo

Algunos de los instrumentos portátiles requeridos para la realización de diagnósticos energéticos de segundo y tercer grado, son los siguientes:

- Medidores de velocidad de flujo en tuberías y equipo.
- Radiómetros ópticos
- Pirómetro digital
- Kilowattorímetro
- Factoripotenciómetro
- Analizadores de redes
- Tacómetros
- Medidores de velocidad de aire
- Termómetros
- Luxómetros

Áreas De Aplicación

1. Área industrial:

- Calderas y hornos
- Motores y bombas
- Sistemas eléctricos
- Turbinas
- Compresores
- Sistemas de refrigeración

2. Área de oficinas:

- Iluminación
- Acondicionamiento ambiental
- Aparatos eléctricos

3. Vehículos automotrices:

- Operación
- Mantenimiento

3.6.-Uso Eficiente de la Energía

El elevado crecimiento de la economía en los últimos años se ha traducido en una extraordinaria expansión del consumo de energía. De mantenerse esta dinámica observada durante los últimos 15 años, los requerimientos energéticos que se desprendan de ella deberían acarrear una respuesta desde el lado de la oferta y la demanda que si no tiene en consideración la protección del medio ambiente y de los recursos naturales nacionales, podría comprometer el crecimiento futuro del país. El uso eficiente de la energía constituye una de las más importantes opciones tecnológicas para enfrentar los problemas señalados. De hecho, esta constatación no es nueva; a principios de los

setenta la gran mayoría de los países industrializados adoptaron políticas agresivas de racionalización de la energía para enfrentar los severos aumentos en los precios del crudo y los elevados grados de incertidumbre que se instalaban en los mercados de la energía.

Lo que ha cambiado es el contexto en el cual debe darse la expansión del sistema energético y los desafíos que éste enfrenta, en los cuales, aquellos ligados al medio ambiente, son cada vez mayores y más complejos.

El uso eficiente de la energía no consiste en racionar o reducir los servicios que ésta presta sino en utilizarla mejor. Incluso existen evidencias de que los aumentos de productividad y la reducción de los consumos energéticos por unidad de producto constituyen facetas del mismo proceso.

El uso eficiente de la energía, consiste principalmente en:

- Satisfacer los requerimientos energéticos de la sociedad al menor costo económico y energético posible.
- Energizar actividades de baja productividad o que requieren de energía para realizarse.
- Sustituir fuentes energéticas en función de sus costos sociales relativos.
- Concebir políticas de largo plazo, generara programas de emergencia y coyunturales.

En consecuencia, el problema no es la cantidad de energía empleada sino la forma más económica de asegurar la calidad térmica y ambiental de los hogares, iluminar adecuadamente las áreas productivas, de esparcimiento y domésticas, transportar personas y mercancías, proporcionar fuerza motriz a equipos y máquinas herramientas, etc.

La eficiencia energética sólo tiene sentido en la medida que permite reducir los costos globales de producción. Ello implica considerar, no sólo el costo total de los equipos nuevos, en los casos de reemplazo de equipos existentes en uso, o la inversión incremental al seleccionar equipos nuevos - los equipos eficientes cuestan, en general, más que los equipos estándares- sino que además los costos diferenciales de operación el mantenimiento de los equipos eficientes respecto de los estándares, las diferencias de productividad entre ambas opciones, etc.

En términos generales puede afirmarse que en la mayoría de las instalaciones eléctricas se derrocha del orden de un 10% o más de la electricidad que se adquiere a las empresas eléctricas debido a una selección y operación inadecuada de los equipos y sistemas de distribución de la electricidad.

Si bien la electricidad ha disminuido sus precios en este último tiempo, este insumo constituye un ítem de costo importante para los industriales, comerciantes y usuarios residenciales. A modo de ejemplo conviene señalar que una empresa industrial mediana que trabaja 4.000 horas/año, paga anualmente, por concepto de tarifa, del orden de 3 veces el precio de un motor estándar de 5 HP.

Las principales pérdidas eléctricas provienen del uso de motores, transformadores y líneas de distribución. Al respecto debe mencionarse que en los sectores industrial y minero del orden de un 70% del total de consumo eléctrico es realizado por los motores eléctricos, equipo que constituye uno de los objetivos principales de cualquier programa de eficiencia energética, no sólo en el caso de los proyectos nuevos sino que además en situaciones de reemplazo de equipos existentes

3.7.- Identificación de Opciones Tecnológicas tendientes

Una estrategia de optimización de la eficiencia con que se utiliza la electricidad en los distintos sectores usuarios requiere focalizar los esfuerzos en los usos que concentran el consumo de este energético en cada uno de esos sectores. El cuadro siguiente identifica los principales sectores consumidores, los principales usos finales de electricidad y las tecnologías utilizadas así como aquellas opciones que permiten optimizar el uso de aquella.

A modo de ejemplo, el optimizar el sistema red de alimentación, motor; acoplamiento, reductores, equipo usuario (bomba), tuberías, etc. permite alcanzar ahorros mucho mayores que los estimados por este estudio al considerar la mejora de algunos de los componentes del sistema.

Tabla 3.1 Sectores, usos finales y opciones tecnológicas de eficiencia energética

Sectores, usos finales y opciones tecnológicas de eficiencia energética.		
Sector consumidor	Uso final	Tecnologías/medidas
Industria/minería	Fuerza motriz	Motor estándar Motor eficiente ASD + motor Dimensionamiento de la carga
	Iluminación	Incandescente Fluorescente + ballast electromagnético Fluorescente + ballast electrónico Vapor de mercurio o sodio Canoas de alta reflexión Luz natural
Residencial	Iluminación	Incandescente Fluorescente + ballast electromagnético Fluorescente compacta Canoas de alta reflexión Luz natural
	Climatización	Ventiladores Aire acondicionado Ventilación natural
	Refrigeración	Refrigeración eficiente
Comercial	Iluminación	Incandescente Fluorescente + ballast electromagnético Fluorescente + ballast electrónico Vapor de mercurio o sodio Canoas de alta reflexión Luz natural Sensores de ocupación
Comercio	Climatización	Ventiladores Aire acondicionado Ventilación natural
	Refrigeración Agua caliente Calefacción	Refrigeración eficiente Bombas de calor Bombas de calor

www.fide.org.mx

3.8.- Tecnologías para aumentar la Eficiencia en el Uso de la Electricidad

Conjuntamente con considerar la incorporación de tecnologías energéticamente eficientes debe tomarse en cuenta, además, el que una opción de elevado efecto y bajo costo tiene que ver con la adopción de adecuadas prácticas de operación y mantenimiento de los equipos, las que normalmente constituyen una de las primeras medidas que adoptan las empresas que abordan estrategias de mejoramiento de la eficiencia con que se usa la electricidad.

A continuación se describen brevemente las opciones disponibles para el empresario o usuario, el proyectista y el instalador eléctrico, indicando cuando corresponda, los rendimientos habituales de los equipos estándares y eficientes.

1. Automatización y Control de procesos:

En este ámbito se acostumbra a distinguir dos áreas: automatización y poder.

En la primera ocupan un lugar predominante los Controladores Lógicos. En la segunda los dispositivos más representativos son los variadores (controladores electrónicos) de velocidad (Adjustable Electronic Speed Drives, ASD).

Al igual que en otros casos considerados, cabe señalar que los mayores ahorros de energía no provienen de acciones directamente concebidas para tal efecto sino que de esfuerzos que persiguen otros objetivos, como mejorar la calidad del producto, disminuir costos de operación, etc.

Se considerarán sólo a los controles computarizados de procesos y equipos asociados de monitoreo (sensores). Se puede afirmar que la gran mayoría de los procesos Industriales son susceptibles de ser automatizados en el sentido indicado: combustión; transporte de materiales, chancado y molienda; piro- e hidro-metalurgia; generación, transmisión y distribución de energía, etc.

2. Electrotermia y Recuperación de calor:

Los sistemas de recuperación de calor desplazan a las fuentes convencionales de energía (en algunos casos dicho calor puede servir para generar electricidad) y se usan en procesos que requieren una fuente constante de calor.

La recuperación de calores de desecho en los procesos térmicos industriales puede significar ahorros de electricidad entre 5 y 25 %, situando el promedio entre 10 y 15 %.

No es posible entregar datos económicos, ya que la tecnología de recuperación de calor, con impacto en el ahorro de electricidad, no esta tan desarrollada.

3. Iluminación:

La selección de un sistema de iluminación es extraordinariamente compleja, ya que influyen un conjunto de parámetros de muy distinta índole.

En forma simplificada se puede afirmar que ellos se vinculan tanto a requerimientos funcionales: exigencias de las tareas que se realizan en el área a iluminar; las respuestas al color; exigencias estéticas y encandilamiento reducido o controlado como a requerimientos técnicos: densidad lumínica, eficiencia (lúmenes/watt), sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida.

Igualmente, los análisis son distintos si se trata de proyectos nuevos o de optimización de los existentes. En este último caso, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de conservar parte de los componentes instalados o reemplazarlos por incompatibilidad técnica con los que se incorporan.

Por otra parte, la selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso.

En efecto, algunas de las alternativas disponibles son aplicables en forma preferencial en los sectores industriales (tubos fluorescentes), otras en el alumbrado público y exteriores de plantas industriales (lámparas de sodio de alta presión), en el sector comercio (halógenas, fluorescentes compactas y tubos fluorescentes) y en las residencias, según las áreas: incandescentes en zonas de baja ocupación y con exigencias estéticas, tubos fluorescentes en cocinas y baños, y fluorescentes compactas en áreas exteriores con uso diario prolongado.

4. Equipo de Cómputo:

Las computadoras han mejorado su eficiencia de procesamiento de datos y de eficiencia eléctrica. Desde el punto de vista energético, no se puede dejar de lado la influencia de dichas mejoras sobre el consumo eléctrico de procesadores más capaces y de mayor nivel de integración, controles más operacionales, circuitos de gran rapidez, y un funcionamiento optimizado del sistema computacional.

Desde el punto de vista eléctrico, se han logrado importantes mejoras: pantallas de bajo consumo, fuentes de poder más compactas, controles de pantalla y standby, son todas mejoras que se traducen en importantes reducciones del consumo de electricidad.

Desde el punto de vista del proyectista e instalador; si bien los consumos de los computadores presentan una importancia creciente, no parece ser un área de preocupación especial, salvo elegir computadores eficientes, los que están disponibles en el mercado en forma masiva.

3.9.- Eficiencia en Sistemas de Distribución de Electricidad de los Usuarios Industriales, Comerciales y de Servicios.

Las pérdidas eléctricas en los sistemas de distribución interna de electricidad constituyen para el usuario un consumo importante, pero que no está destinado a satisfacer los requerimientos reales de sus instalaciones productivas o de servicios. La reducción de las pérdidas, producto de la selección de transformadores y conductores, en base a un criterio de eficiencia, y el manejo de reactivos, bancos de capacitores o de inductores UPS entre otras medidas, permitirá disponer de un sistema eficiente de distribución de electricidad.

Los métodos principales para reducir las pérdidas eléctricas son:

- Reemplazar los conductores definidos por las normas (capaces de soportar el calentamiento máximo asociado a la carga prevista y de asegurar una caída de voltaje inferior al límite establecido por las normas), por otros de mayor calibre (en la medida que el costo del conductor no supere el valor monetario de las pérdidas).
- Agregar alimentadores en paralelo.
- Incrementar el voltaje de distribución.
- Seleccionar transformadores de servicio de mayor potencia y/o más eficientes dependiendo de la carga.
- Agregar bancos de condensadores para mejorar el factor de potencia de las cargas y así mejorar la capacidad de transporte de las líneas.
- Equilibrar las fases del sistema para contar con un sistema balanceado.

A diferencia del caso de los motores y de otros equipos o artefactos eléctricos, en general no sería rentable reemplazar transformadores o líneas instaladas. La evaluación económica de las alternativas eficientes y estándar corresponde, en el caso de los transformadores y las líneas, más bien a proyectos nuevos.

1. Líneas de Distribución:

La función de los cables de distribución es transportar la corriente eléctrica desde la fuente de abastecimiento (normalmente de la subestación del usuario al punto de consumo).

Desgraciadamente, debido a su resistencia eléctrica, el cable disipa en forma de calor parte de la energía eléctrica transportada. La energía perdida usando cables especificados sin considerar la minimización de los costos totales del sistema (costos de inversión y de operación a lo largo de la vida útil de la instalación) se traduce en mayores costos para el usuario.

La selección del tipo de cable además de los factores anteriores también depende de; la temperatura ambiente, de la humedad, de los esfuerzos mecánicos a los que está sometido (impacto y vibraciones), la composición química del ambiente exterior, las sobrecargas y las corrientes de corto-circuito previstas, el robo y vandalismo, los riesgos de fuego y explosión, etc.

El incrementar el calibre de las líneas conduce a reducir las pérdidas eléctricas, opción que no debe adoptarse en forma mecánica ya que dicho incremento va acompañada de mayores costos de inversión. En el caso del aumento del calibre de los conductores no sólo se debe considerar el mayor precio por metro del cable sino que además el de la instalación (que incluye mano de obra, torres de distribución y el resto de los componentes necesarios para la instalación de los cables y torres), el conductor seleccionado en base a los parámetros económicos puede tener 1 a 2 calibres más que el dimensionado en base a los parámetros técnicos solamente.

A su vez, un conductor que está siendo utilizado por sobre su condición de diseño, cuando se reemplaza por un conductor del calibre inmediatamente superior permite obtener una disminución en las pérdidas significativas.

En términos generales, la corrección del factor de potencia al nivel de los centros de consumo alivia la carga eléctrica de las líneas de distribución, lo que se traduce en una importante reducción de las pérdidas (dependiendo del factor de potencia inicial en la carga, se puede obtener desde un 10% hasta un 25% de reducción de las pérdidas).

En términos generales, el punto de equilibrio se determina en base al mínimo de los costos totales.

2. Mantenimiento Adecuado (Good House keeping):

Se trata básicamente de tecnologías y medidas misceláneas relacionadas con el diseño, la mantención y la gestión de energía de sistemas industriales y comerciales. Existe una gran variedad y cantidad de estas medidas y tecnologías.

En relación a la primera de las citadas, es bien sabido que buena parte de la ineficiencia energética proviene del sobre-dimensionamiento de los sistemas y equipos. Típicamente se ha detectado un 30% de sobredimensionamiento por sobre aquél recomendable en los sistemas de bombeo y ventilación, lo que debe atribuirse a:

- Las dificultades para predecir con exactitud los flujos y las pérdidas de carga asociadas.
- Al propósito de acomodar - sin reemplazo de equipos - aumentos de los flujos requeridos que no se previeron originalmente y a la disposición a aceptar.
- En beneficio de la confiabilidad del sistema, la penalización económica que representa el exceso de capacidad.

Otro caso típico se presenta en los sistemas de aire acondicionado y refrigeración, en que la falta de limpieza de los filtros produce grandes pérdidas de carga y por lo tanto, eleva la demanda de potencia en los ventiladores.

Asimismo, si no se limpian periódicamente las superficies de los intercambiadores de calor; aumentarán en último término los consumos de electricidad. Por ejemplo, se cita un 3% anual de ahorro en el consumo de electricidad de los refrigeradores si los serpentines se limpian dos a tres veces por año.

Una medida que usualmente encabeza el listado del «good housekeeping» en los sistemas electrotérmicos es la aislación adecuada de los hornos para evitar las fugas (ganancias) de calor respecto de la gestión del uso de la electricidad, las tecnologías y medidas dicen relación, fundamentalmente, con la operación (puesta en marcha y detención) de los equipos.

Por ejemplo, si hay cambio de turno o períodos de producción bajo la capacidad normal de la planta, puede resultar económicamente conveniente detener total o selectivamente los equipos y luego reactivarlos.

En el proceso de diseñar una instalación eléctrica para un usuario industrial, minero o comercial se debe considerar el sistema en su conjunto en lugar de cada uno de los componentes individuales. Es así como es posible distinguir los siguientes componentes susceptibles de mejoramiento:

La alimentación del motor, el motor; el sistema de transmisión, el equipo accionado y el ducto para el transporte del fluido.

De acuerdo con datos empíricos frecuentes en sistemas como el indicado en la figura, el rendimiento medio de éste podría llegar a cifras del orden de 30% dependiendo del grado de estrangulamiento del flujo, de las pérdidas de carga en la tubería y del rendimiento de la bomba.

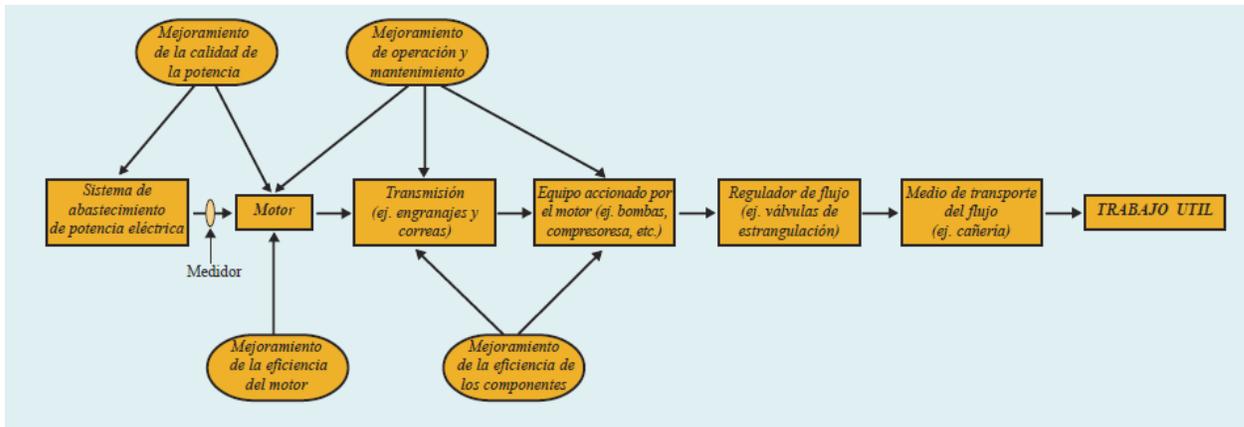


Figura 3.1 Mecanismos para mejorar la eficiencia de sistemas motrices.

3.10. La Evaluación Económica de los Proyectos de Eficiencia Energética.

Es posible ahorrar energía o reducir la demanda máxima, cuando corresponda, mediante acciones que no requieren inversiones (ya sea mediante manejo de la carga o gestión de la operación de los equipos) o que, exigen inversiones.

Cuando sean necesarias dichas inversiones, se deberá determinar si ellas son rentables, lo que es hasta cierto punto un concepto arbitrario, ya que depende de los criterios del inversor. El objeto de un análisis energético orientado en función de los usos finales de la energía es desarrollar una estrategia de abastecimiento energético al mínimo costo.

Un análisis como el anterior se puede hacer desde distintas perspectivas: el usuario, la sociedad y la empresa proveedora de energía. En el presente caso, la óptica adoptada es la del usuario.

Finalmente se comprende que al realizar un análisis de energía eléctrica en la biblioteca será de suma importancia ya que nos permitirá identificar los principales consumidores de energía eléctrica y así poderlos identificar y trabajar en ello.

Capítulo IV. APLICACIÓN DE METODOLOGÍA DE DIAGNOSTICO

Hoy en día los proyectos Energéticos tienen como fin una mejor integración con el medio ambiente, comprometiéndose a brindar energía de calidad proporcionando nuevas tecnologías, metodologías, diseños y productos de alta tecnología, con el fin de reducir costos, mano de obra y consumos energéticos.

Estos proyectos de construcción van totalmente de la mano con todos los proyectos complementarios como son: Mecánicos, Hidráulicos, Eléctricos, Electrónicos, por mencionar algunos, y en este caso el proyecto que se presentara va dirigido hacia la parte Eléctrica-Electrónica.

En este capítulo se muestra el trabajo realizado para poder conocer y evaluar el cómo y en que está siendo utilizada la energía dentro de las instalaciones pertenecientes a la Biblioteca Jesús Reyes Heróles. Lo antes basado en dos objetivos fundamentales:

- Eficientar el uso de energía eléctrica de sus instalaciones repercutiendo en el aspecto económico al interior y exterior de la Biblioteca impactando de manera cultural al ser ejemplo tanto para otras instituciones como para la gente que diariamente labora y visita las instalaciones.
- Provocar a largo plazo que este inmueble pueda pertenecer al grupo de bibliotecas sustentables aplicando metodologías y tecnología que conduzcan a ese objetivo.

Para cumplir con estos objetivos se realizó un diagnóstico energético de 3er nivel en donde los principales resultados encontrados se muestran a continuación:

- Mediante mediciones de campo se confirma el bajo factor de potencia pero aunado a ello un desbalanceo de las fases con corriente en el neutro, por lo que se sugiere un estudio de calidad de la energía que ayude a subsanar estos problemas.

Referidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-1995 se compararon los niveles de iluminación encontrados con los establecidos en la misma. De esta forma pudieron evaluarse posibles correcciones en el aspecto de lumínico así como la estimación de posibles potenciales de ahorro.

Utilizando la información contenida en el inventario eléctrico y los resultados del balance de energía se identificaron algunas medidas tanto de ahorro y uso eficiente que ayudarán a la Biblioteca Jesús Reyes Heróles a reducir y eficientar sus consumos de energía. Fueron propuestas y evaluadas medidas para posteriormente priorizarse de acuerdo a los posibles impactos producto de su aplicación. De acuerdo con los rubros se establecieron medidas de ahorro y otras de uso eficiente de energía que en conjunto permiten establecer ahorros porcentuales en consumo y demanda de energía respectivamente. Al presentar las medidas también se establecieron los costos de inversión los cuales, ascienden a \$ 1,235,112.60 pesos que de acuerdo a una evaluación a pesos constantes se recuperará en aproximadamente 60 meses si se toman en cuenta TODAS las medidas propuestas.

Para establecimiento de las medidas y su aplicación se propone la búsqueda de proyectos de financiamiento por el FIDE o bien mediante recursos propios de los mismos programas de mantenimiento de la Biblioteca Jesús Reyes Heróles.

Como parte final es presentado un programa de concientización para TODAS las personas que diariamente laboran e incluso visitantes de la Biblioteca y se da como recomendación primordial, que se genere un departamento completamente dedicado a implementar y evaluar las acciones propuestas.

4.1.- Objetivos Generales

- Realizar un Diagnóstico Energético de tercer nivel en las instalaciones de la Biblioteca Jesús Reyes Heróles para determinar, a partir de los flujos de energía eléctrica que consume la Biblioteca, el perfil específico de consumo y los consumidores principales.
- Determinar los principales indicadores energéticos que definan los patrones de consumo y de calidad de la energía eléctrica.
- Diseñar un Programa de Ahorro y Uso Eficiente de Energía Eléctrica en la Biblioteca que permita reducir la demanda y el consumo de energía eléctrica.
- Implementar un programa de concientización y una cultura de ahorro y uso eficiente de la energía en todo el personal de la Biblioteca.
- Establecer recomendaciones para el financiamiento del Programa de Ahorro y Uso Eficiente de Energía Eléctrica.

4.2.- Presentación General

La Biblioteca Jesús Reyes Heróles, la cual se encuentra ubicada en Av. Rancho Seco S/N, Bosques de Aragón, Netzahualcóyotl, Edo. de México, C.P. 57170 y tiene como objetivo el de mantener una colección de los documentos necesarios para satisfacer las necesidades de información, de investigación, de educación y ocio de sus catedráticos y académicos la cual es facilitada, mediante los servicios del personal.

La Biblioteca Jesús Reyes Heróles cuenta con los siguientes servicios:

- Préstamo a Domicilio con Estantería abierta de 260.000 ejemplares.
- Préstamo Interbibliotecario con 50 Instituciones.
- Consulta de documentos, revistas, libros entre otros.
- Hemeroteca con 50.000 ejemplares.
- Sala de Tesis con 25.000 ejemplares.
- Mapoteca.
- Sala de Videos.
- Cubículos Individuales y Grupales de Estudio.
- Préstamo de material electrónico de los libros de Acervo General.
- Aula de Usos Múltiples (Aula Magna).

Con la implementación de nueva tecnología, la Biblioteca podría servir de una mejor forma a las necesidades de sus catedráticos y empleados, es a partir de esta propuesta de renovación que la expectativa de la Biblioteca cuente con las instalaciones y elementos que a largo plazo le permitan satisfacer las necesidades de algunos recursos operativos entre los cuales se encuentra el uso de energía.

Con esto se busca mantener a la Biblioteca a la vanguardia, al contar con las características necesarias para pertenecer al reducido grupo de Bibliotecas sustentables que contribuyen no solo en el aspecto ambiental, sino de difusión del aprendizaje.

Partiendo de este primer objetivo, para la Biblioteca se ha vuelto una necesidad el evaluar cuantitativa y cualitativamente el uso de la energía, en primer lugar para conocer las necesidades particulares de energía y en segundo lugar para establecer una serie de medidas que promuevan el ahorro y uso eficiente de la energía dentro de las instalaciones.

Una herramienta bien conocida y ampliamente utilizada para saber cómo, dónde y porqué se consume energía dentro de una instalación industrial, comercial, de servicios o doméstica es el diagnóstico energético, también conocido como auditoría energética. Ésta herramienta plantea un conjunto de técnicas para determinar el grado de eficiencia con la que se utiliza la energía, manejando de acuerdo a la profundidad con que se haga el análisis, la división de diagnóstico en diferentes grados ó niveles (C.O.N.A.E. & S.E., 1995):

Este documento presenta el desarrollo completo y resultado del diagnóstico energético aplicado a la Biblioteca Jesús Reyes Heróles y forma parte de un proyecto que permitirá a la Biblioteca alcanzar su objetivo de sustentabilidad.

4.3.- Metodología Empleada para la Auditoría de Energía Eléctrica

El procedimiento metodológico empleado para realizar la auditoría energética se presenta de manera esquemática en la figura 4.1. Se puede explicar de manera simple a través de las dos acciones básicas:

- Medición y obtención del perfil de carga eléctrica (curvas de carga) para la determinación de la demanda y consumo de energía eléctrica.
- Estimación del consumo y la demanda de energía eléctrica a través del inventario de equipos eléctricos para su comparación de las estimaciones con las mediciones hechas en campo.

Haciendo referencia a la figura 4.1, inicialmente y en paralelo es necesario realizar un análisis de registros de facturación y recopilar planos tanto arquitectónicos como eléctricos que contribuyan tanto a la planeación estratégica para el desarrollo del estudio como para el conocimiento que guarda el estado actual de las instalaciones estudiadas. En este caso, la Biblioteca Jesús Reyes no contaba con planos arquitectónicos ni eléctricos de la situación actual de las instalaciones. Sin embargo, se realizó el levantamiento de dicho edificio para obtener mejores resultados en el análisis.

Ver planos Arquitectónicos en el Anexo1.

Posteriormente y nuevamente en paralelo, es posible dar inicio a la determinación de las curvas de carga y la elaboración de encuestas de equipo eléctrico. La determinación de las curvas de carga se calcula mediante un equipo analizador de red el cual, en este caso fue conectado a los 2 diferentes centros de carga principales, ubicados dentro de la Biblioteca Jesús Reyes Heróles.

Nos dimos a la tarea de la elaboración de una encuesta eléctrica que consiste en inventariar los equipos que consumen energía eléctrica y conocer directamente del usuario los días, horas y horarios en que comúnmente utiliza esto equipos.

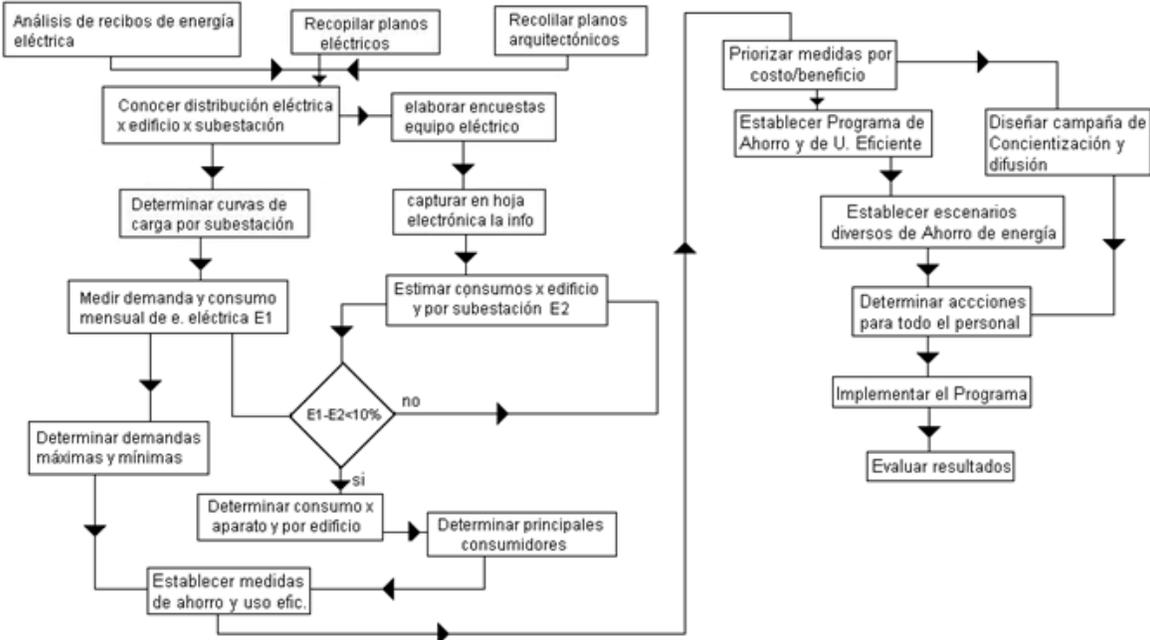


Figura 4.1 Diagrama que muestra el procedimiento metodológico empleado en la auditoría energética.

Una vez realizada la encuesta es posible obtener una estimación de los consumos de energía y demanda de potencia la cual, es comparada con las mediciones de campo obtenidas directamente del equipo analizador de red y los registros de facturación. Cuando las diferencias entre los consumos reales y los estimados es menor a un error máximo permisible es posible validar que nuestro inventario fue realizado de manera correcta. De esta manera el estudio permite obtener una “radiografía” del cómo y en que está siendo utilizada la energía, llegando a conocer la forma en que cada equipo contribuye a la demanda y consumo de energía. Igualmente se permite conocer el consumo por área e incluso por persona de manera que se definen indicadores que pueden ser comparados con edificios de características similares.

Lo anterior permite el establecimiento y evaluación de medidas de ahorro y uso eficiente de energía asentadas en la implementación de un Programa de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía (PAUEE). Para ello es necesario el diseño de una campaña de concientización y difusión que incluya por completo al personal que labora en la edificación. Finalmente es posible evaluar los resultados de la aplicación de las medidas provistas en el PAUEE de manera tanto cuantitativa como cualitativa según sea el caso.

A continuación serán abordadas las diferentes etapas realizadas de acuerdo con la metodología presentada iniciando con el análisis de los registros de facturación y la curva de carga.

4.4.- Análisis de registros de facturación y curva de carga.

A la fecha, la Biblioteca Jesús Reyes Heróles cuenta con un contrato de consumo de energía eléctrica celebrado ante la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (L.F.C.). Frente a la problemática a la que se encontraba dicha Compañía ante a su desaparición, Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) es la que se encarga de suministrar la energía eléctrica dentro de la zona. En lo general ambas Compañías utilizan sistemas tarifarios muy similares guiándose primordialmente por los niveles de demanda requeridos por los contratantes.

Hasta ahora el contrato celebrado con Comisión Federal de Electricidad aplica el nivel tarifario HM el cual, es una tarifa general en media tensión con demanda de 100 KW o más. Esta tarifa se cobra en un periodo único en donde se calculan los consumos de energía (kWh) y la demanda máxima medida (kW) diariamente, que integrada a lo largo del mes determina gran parte de la facturación mensual. La demanda máxima medida es determinada de manera mensual, mediante instrumentos de medición que indican la demanda media en kilowatts durante un intervalo de 15 minutos en el cual, el consumo de energía eléctrica sea mayor en que cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación. (C.F.E., 2011). En estos niveles de demanda puede existir una penalización o bonificación de acuerdo con el factor de potencia el cual, las compañías que suministran energía eléctrica sugieren esté por encima del 90%. Cuando se supera el valor de factor de potencia existe una bonificación ligada a este esfuerzo y penalizaciones cuando se disminuyen los niveles permisibles. A grandes rasgos el cargo se produce por la necesidad de aumentar la intensidad de corriente para solventar una misma carga lo cual, requeriría un sobredimensionamiento tanto del cableado eléctrico como del sistema de generación.

La tarifa establece un nivel mínimo de importe el cual resulta de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la demanda contratada que de acuerdo con lo establecido en las tarifas de Junio de 2011 el costo es de 168.99 pesos /kW lo cual, llevaría a un cobro mínimo mensual para el total de la cuenta de \$10,000.00 pesos suponiendo que la demanda contratada fuese de 100Kw a pesar de que no se utilizara algo de energía. De acuerdo con la información proporcionada en la página de C.F.E., los cargos en pesos por consumo de energía y demanda máxima de Junio de 2010 a Junio de 2011 se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Cargos en pesos por consumo de energía y demanda facturable de Junio 2010 a Junio 2011

Cargo por Demanda (\$/KW)												
2010							2011					
Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.
160.52	161.39	161.68	161.97	162.05	162.68	163.28	163.23	164.19	165.88	167.34	168.38	168.99

Cargo por Energía (\$/Kw)												
2010							2011					
1.7809	1.8064	1.8225	1.819	1.7568	1.7756	1.7422	1.8119	1.8396	1.876	1.8631	1.9479	1.9797

En esta tabla es posible apreciar que los precios no son constantes, y que del año 2010 al 2011 los precios han subido en un pequeño porcentaje por eso es importante el proceso de ahorro de energía.

Haciendo referencia a los recibos mensuales de energía eléctrica que generamos electrónicamente en base a los datos obtenidos por el equipo analizador de redes, mencionando que nuestro calculo fue hecho en base a las mediciones únicamente de 3 días por tablero y que nuestras demandas máximas serán constantes, plasmando en los recibos electrónicos la demanda máxima en base, intermedia y punta del número de días ya mencionados, haciendo hincapié de que las graficas y datos obtenidos son totalmente obtenidos del equipo analizador ya mencionado.

La figura 4.2 muestra el comportamiento del consumo mensual de energía y de la demanda máxima medida respectivamente.

Es posible apreciar que dentro del año 2010 y 2011 el consumo de energía mensual, oscila entre los 5,000 kWh y 19,000 kWh observando un registro de consumo de energía bajo en los primeros meses del año 2011 y a mitades del 2010 y 2011 ya que son periodos en los cuales los estudiantes y personal académico tienen vacaciones administrativas.

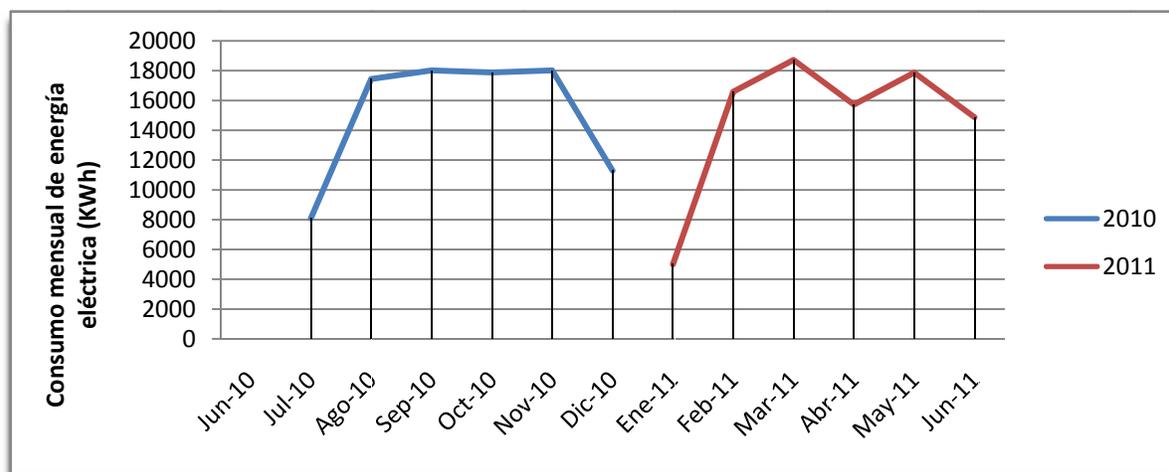


Figura 4.2 Consumo de energía mensual de energía eléctrica.

Otro dato interesante que también puede observarse en los recibos de facturación de energía que generamos es el referente al factor de potencia. El factor de potencia se define como una relación entre la potencia activa y la potencia aparente. Algunos equipos que contribuyen a la disminución del factor de potencia son los transformadores, los motores de inducción, las lámparas fluorescentes

e incluso las fuentes de poder de computadoras personales. Como se mencionó con anterioridad un bajo factor de potencia puede ligarse importantes penalizaciones económicas. Para el caso de la Biblioteca se encuentran cargos por bajo factor de potencia que van desde \$542.88 pesos hasta \$1238.1 Las figuras 4.3 y 4.4 muestra la variación del factor de potencia de acuerdo con los registros de facturación.

Las penalizaciones las observamos durante todos los meses teniendo un monto aproximado de \$12,937.00 pesos. De acuerdo con ello, se recomienda hacer un estudio detallado de calidad de energía que permita mejorar el bajo factor de potencia mediante la instalación de un buen sistema de tierras físicas, incluyendo filtros de armónicos y/o la adición de un banco de capacitores.

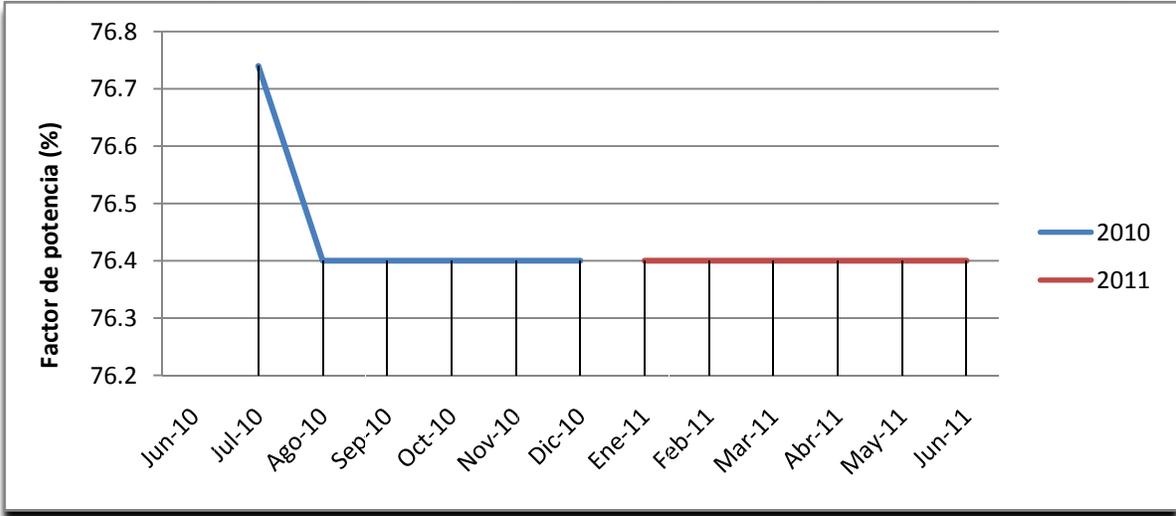


Figura 4.3 Variación del Factor de Potencia en Tablero No 1 de Julio del 2010 a Junio del 2011

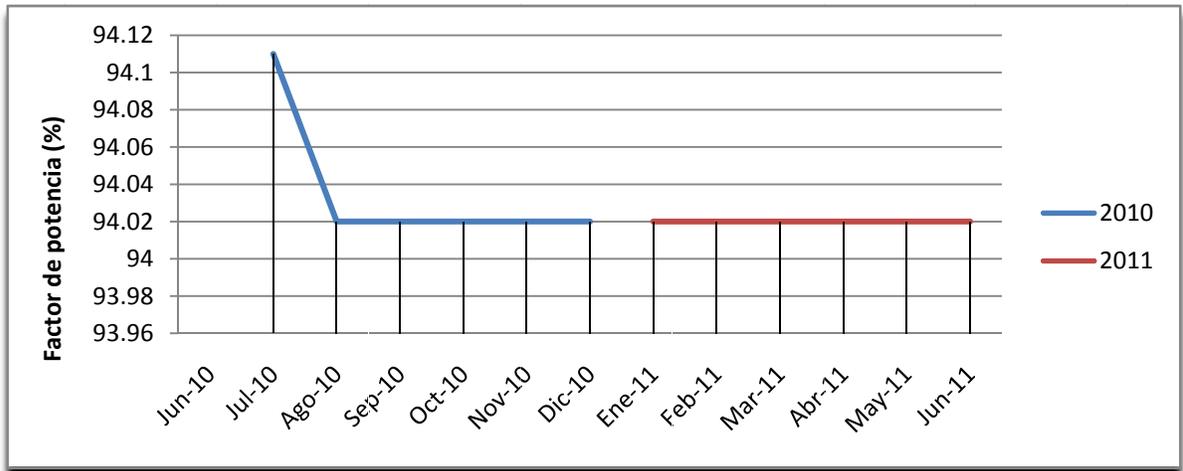


Figura 4.3 Variación del Factor de Potencia en Tablero No 2 del Julio del 2010 a Junio del 2011

En relación a lo anterior, la suma de los cargos por consumo de energía, demanda de potencia y factor de potencia mensual forman el importe facturado el cual, se presenta en las figuras 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7.

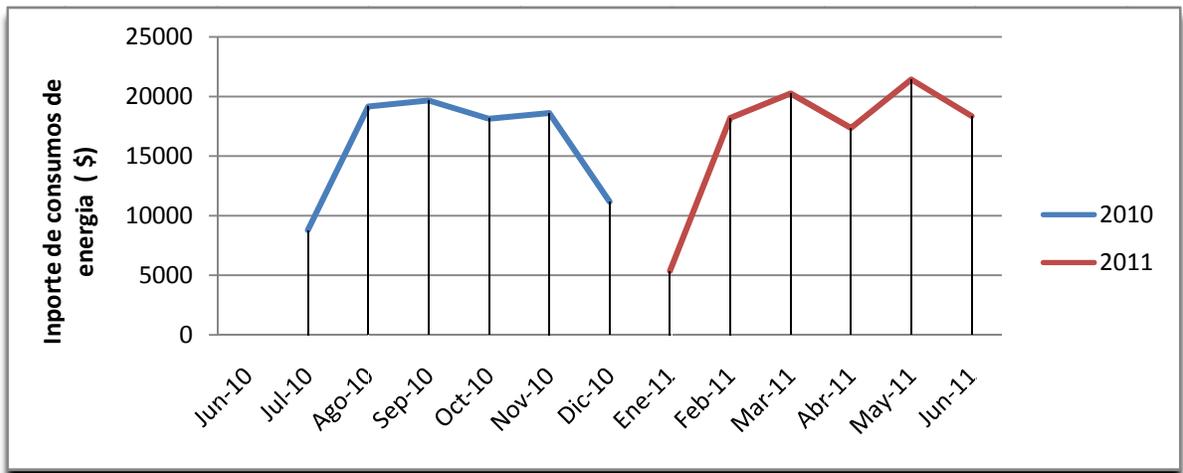


Figura 4.4 Importes por Energía Facturados en Pesos de Julio del 2010 a Junio del 2011

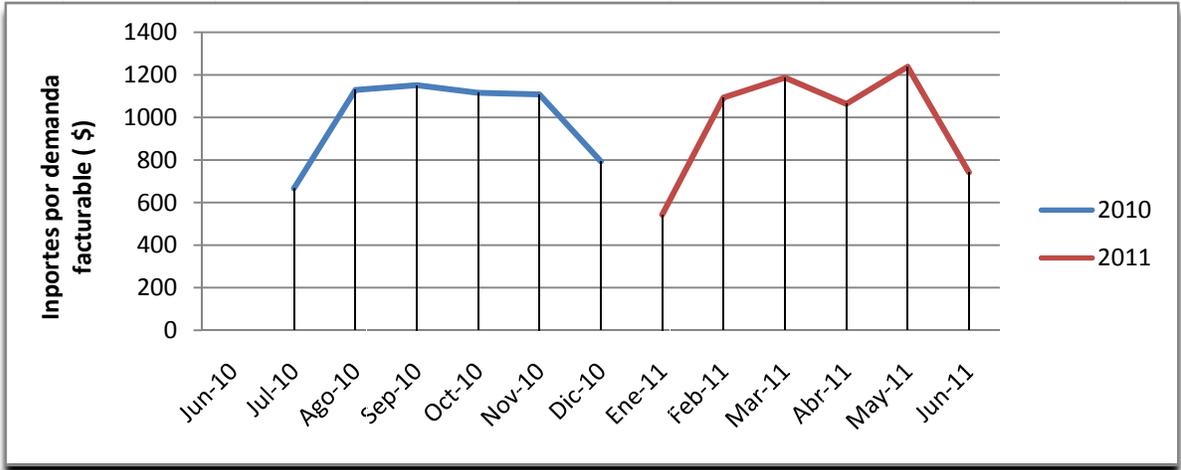


Figura 4.5 Importes por Demanda Facturados en Pesos de Julio del 2010 a Junio del 2011

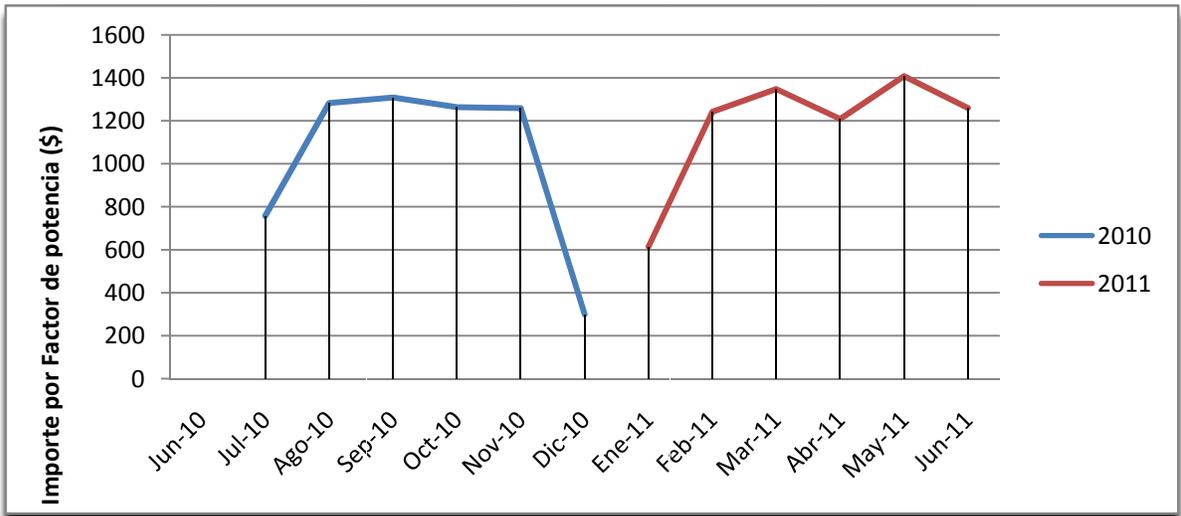


Figura 4.6 Importes por Bajo Factor de Potencia en Pesos en Tablero No 1 de Julio del 2010 a Junio del 2011.

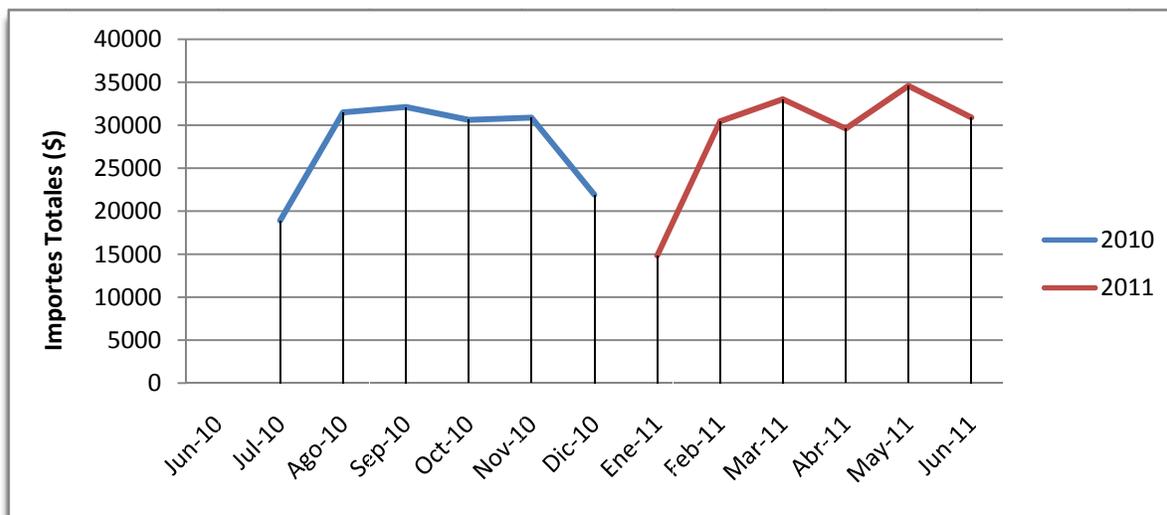


Figura 4.7 Importes Totales Facturados en Pesos de Julio del 2010 a Junio del 2011.

Por otra parte, para el análisis y determinación de las curvas de carga y recibos electrónicos fue instalado un equipo analizador de red bajo la coordinación del Maestro David Franco Martínez quien funge como Profesor asociado “C” T.C. definitivo en el ahorro de energía. El equipo utilizado fue un Analizador de calidad de energía marca AEMC, Modelo 3945 número de serie 1 1:301386 versión 3.0, equipado con transformadores de corriente tipo flexible de 3000 A y puntas de prueba de voltaje hasta 1000 volts. El periodo de grabación fue de 3 días para ambos tableros, empezando el 06 de Junio de 2011 a las 12:35 horas y terminando el 08 de Junio de 2011 para el tablero No 1 y empezando el 08 de Junio de 2011 a las 14:40 horas y terminando el 10 de Junio de 2011 a las 09:40 horas para el tablero No 2.

Así mismo para poder comprender el comportamiento de las figuras antes comentadas, a continuación mostramos los recibos generados electrónicamente con la información obtenida por el analizador de redes tomando en cuenta que globalizamos los consumos del tablero No 1 y No 2 en uno mismo para poder obtener un solo resultado y por consiguiente un solo recibo con el cual poder comparar información.

El análisis de las condiciones de voltaje arrojó que en el tablero No 1 las fases 2 y 3 son las más críticas con 103 y 118 volts que son caídas de voltaje equivalentes al 18.89% y 7.08% respectivamente contra 127 volts nominales, y en el tablero No 2 la fase No 1 es la que muestra una pequeña elevación de 130 volts equivalente al 2.99%.

Lo anterior resulta grave pues no se encuentra dentro de los límites permisibles establecidos a un 10% pues a este valor la mayor parte de los equipos monofásicos no pueden operar fácilmente. En la figura 4.8 y 4.9 es posible apreciar las variaciones de voltaje para los 2 tableros y para cada una de las fases confirmando el rango de valores bajo los que operan las instalaciones de la Biblioteca Jesús Reyes Heróles.

Tabla 4.2 Recibos de Pago de Julio de 2010 a Junio del 2011

Pagos Para Julio 2010	
Energía	\$8,784.44
Demanda Facturable	\$6,855.14
Pago por bajo F.P	\$666.26
Subtotal	\$16,305.84
IVA 16%	\$2,608.93
Facturación del periodo	\$18,914.77

Pagos Para Agosto 2010	
Energía	\$19,150.67
Demanda Facturable	\$6,867.45
Pago por bajo F.P	\$1,128.77
Subtotal	\$27,146.90
IVA 16%	\$4,343.50
Facturación del periodo	\$31,490.40

Pagos Para Septiembre 2010	
Energía	\$19,663.23
Demanda Facturable	\$6,879.77
Pago por bajo F.P	\$1,151.21
Subtotal	\$27,694.21
IVA 16%	\$4,431.07
Facturación del periodo	\$32,125.29

Pagos Para Octubre 2010	
Energía	\$18,133.51
Demanda Facturable	\$7,150.93
Pago por bajo F.P	\$1,115.53
Subtotal	\$26,399.96
IVA 16%	\$4,223.99
Facturación del periodo	\$30,623.96

Pagos Para Noviembre 2010	
Energía	\$18,604.55
Demanda Facturable	\$6,909.93
Pago por bajo F.P	\$1,108.05
Subtotal	\$26,622.53
IVA 16%	\$4,259.60
Facturación del periodo	\$30,882.13

Pagos Para Diciembre 2010	
Energía	\$11,171.74
Demanda Facturable	\$6,935.41
Pago por bajo F.P	\$792.95
Subtotal	\$18,900.10
IVA 16%	\$3,024.02
Facturación del periodo	\$21,924.12

Pagos Para Enero 2011	
Energía	\$5,354.59
Demanda Facturable	\$6,890.81
Pago por bajo F.P	\$542.88
Subtotal	\$12,788.29
IVA 16%	\$2,046.13
Facturación del periodo	\$14,834.42

Pagos Para Febrero 2011	
Energía	\$18,193.94
Demanda Facturable	\$6,974.07
Pago por bajo F.P	\$1,093.09
Subtotal	\$26,261.09
IVA 16%	\$4,201.77
Facturación del periodo	\$30,462.87

Pagos Para Marzo 2011	
Energía	\$20,249.20
Demanda Facturable	\$7,045.85
Pago por bajo F.P	\$1,186.37
Subtotal	\$28,481.42
IVA 16%	\$4,557.03
Facturación del periodo	\$33,038.45

Pagos Para Abril 2011	
Energía	\$17,352.59
Demanda Facturable	\$7,107.87
Pago por bajo F.P	\$1,063.50
Subtotal	\$25,523.95
IVA 16%	\$4,083.83
Facturación del periodo	\$29,607.78

Pagos Para Mayo 2011	
Energía	\$21,423.71
Demanda Facturable	\$7,152.04
Pago por bajo F.P	\$1,238.10
Subtotal	\$29,813.85
IVA 16%	\$4,770.22
Facturación del periodo	\$34,584.06

Pagos Para Junio 2011	
Energía	\$18,352.79
Demanda Facturable	\$7,177.95
Pago por bajo F.P	\$1,108.47
Subtotal	\$26,639.21
IVA 16%	\$4,262.27
Facturación del periodo	\$30,901.49

Pagos Para Julio 2011	
Energía	\$9,764.53
Demanda Facturable	\$7,154.16
Pago por bajo F.P	\$742.07
Subtotal	\$17,660.76
IVA 16%	\$2,825.72
Facturación del periodo	\$20,486.49

Nombre del Canal: Vrms Linea2
Ratio de Voltaje: 1.000000

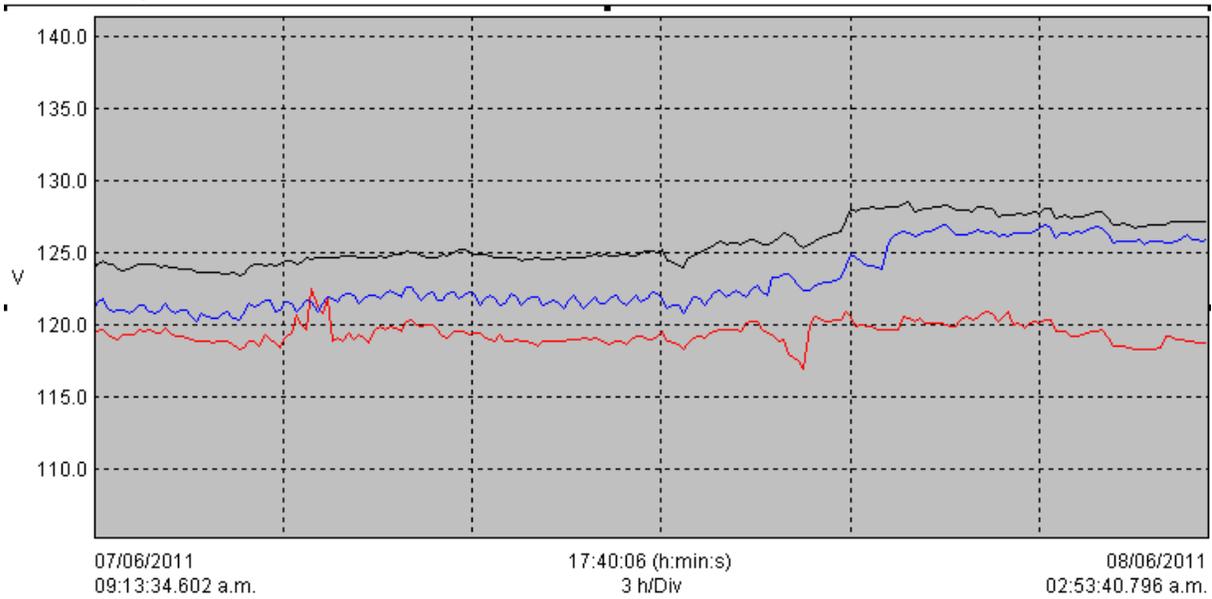


Figura 4.8 Comportamiento del Voltaje por Fases en Tablero No 1.

Nombre del Canal: Vrms Linea1
Ratio de Voltaje: 1.000000

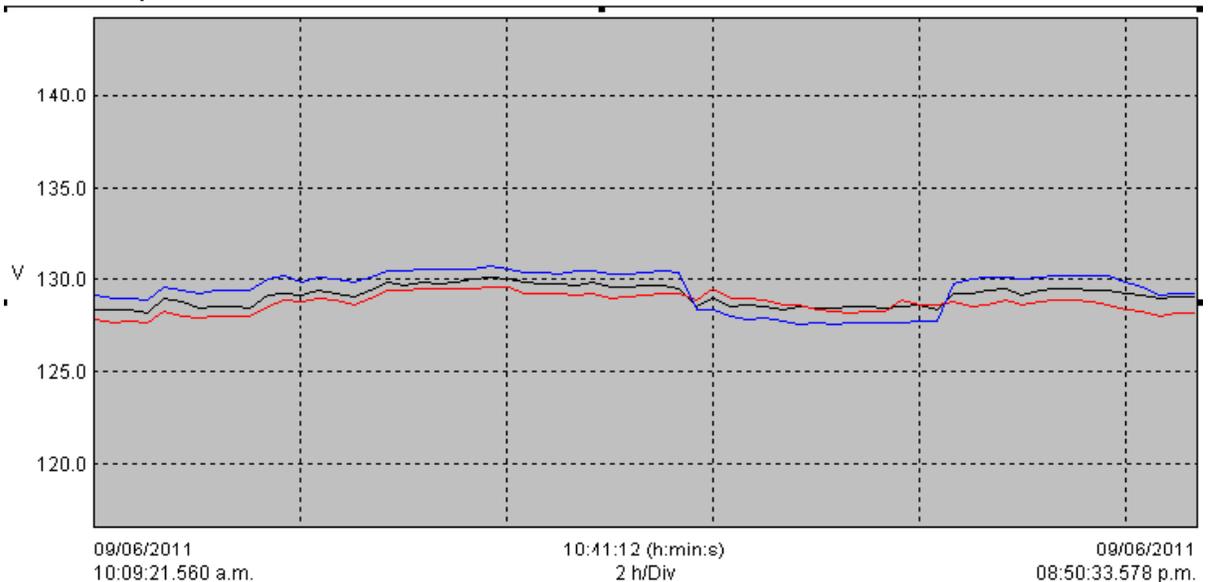


Figura 4.9 Comportamiento del Voltaje por Fases en Tablero No 2.

Igualmente el analizador permitió conocer el comportamiento de la corriente en las tres fases en cada uno de los tableros, encontrando en el tablero No 1 un desequilibrio de las mismas del 9.36 % y en el tablero No 2 un desequilibrio de 16.95% cuando la norma actual establece un máximo de 5% lo que provoca incremento en los rebalances de voltaje, así como de corrientes circulantes por

el neutro (Dorantes & González, 2006). Se recomienda realizar con cierta urgencia un balance de las cargas para evitar problemas futuros.

En la figura 4.10 y 4.11 es posible apreciar la curva de comportamiento de la demanda de potencia activa, reactiva y total para cada una de las fases. El comportamiento de esta curva resulta bastante típico para este tipo de Instituciones pues sus demandas más importantes se registran dentro de los horarios de oficina habituales. Según los datos arrojados el incremento en los niveles de carga se da a partir de las 06:00 hrs hasta su disminución notable registrada a las 20:00 hrs. Es importante hacer notar que gran parte de la carga se sostiene a lo largo del periodo mencionado lo cual indica que durante el horario de la comida la mayor parte de los equipos quedan encendidos aún en periodos de inactividad. Se establece una demanda base tanto para el periodo nocturno entre semana y a lo largo de los fines de semana que alcanza hasta los 4 Kw. Lo anterior debido a equipos como refrigeradores, reguladores, no breaks y luminarias que encienden durante el periodo nocturno generando un consumo pasivo de electricidad, también conocido como energía en espera, muchos de estos equipos consumen energía aun cuando están apagados, lo que se reconoce como un importante factor de desperdicio de energía eléctrica

Nombre del Canal: VA Linea1
Ratio de Voltaje: 1.000000
Ratio de Corriente: 1.000000

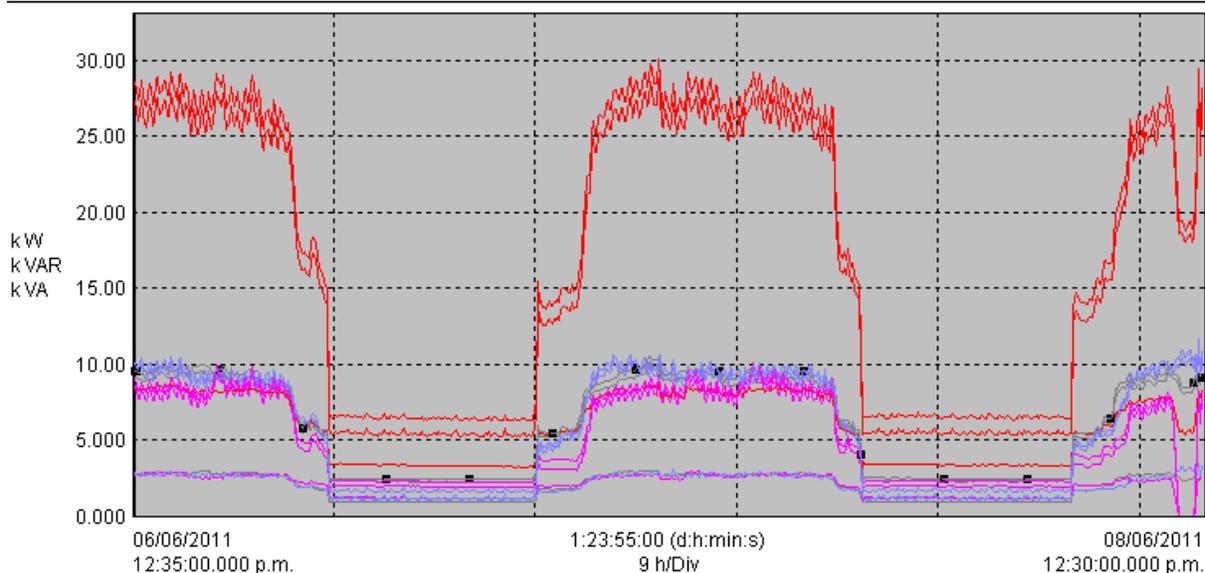


Figura 4.10 Curva de Carga de Potencia Activa, Reactiva y Total por Fases en Tablero No 1.

Nombre del Canal: VA Linea1
Ratio de Voltaje: 1.000000
Ratio de Corriente: 1.000000

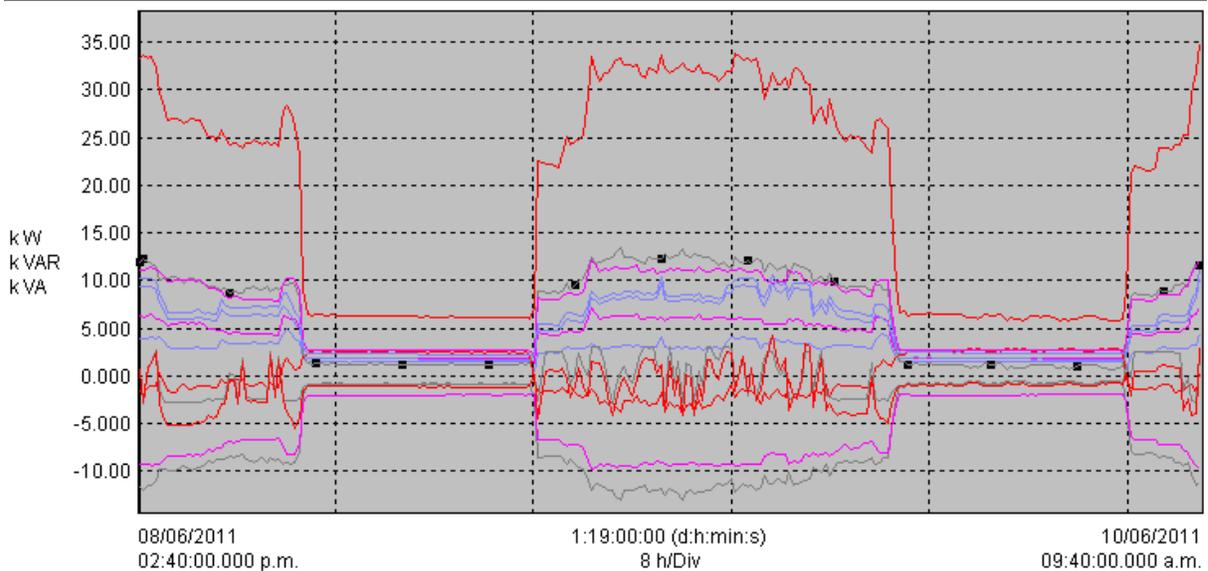


Figura 4.11 Curva de Carga de Potencia Activa, Reactiva y Total por Fases en Tablero No 2.

Otro aspecto interesante de la misma curva corresponde a las oscilaciones de la demanda conocidas también como *switcheo*. Este comportamiento se debe a la intermitencia de prendido y apagado de equipos, como refrigeradores, cafeteras, despachadores de agua. Es importante aminorarlo lo más posible por las variaciones que provocan en el voltaje de las líneas además de su importante contribución que tiene en los picos de demanda que a su vez implican un aumento en los gastos por facturación relacionado con la demanda máxima medida.

Respecto al factor de potencia se encontró que en promedio el valor obtenido en el tablero No 1 es bajo respecto al límite establecido por la compañía que suministra la energía eléctrica. El valor promedio que obtuvimos fue de .0705 lo cual, justifica los cargos realizados por CFE (Comisión Federal de Electricidad).

En resumen se plantean las siguientes observaciones y recomendaciones de carácter general:

El área en donde se encuentran los tableros generales de baja tensión requiere de señalización donde indique peligro por choque eléctrico.

Para la corrección del desequilibrio entre fases de corriente se sugiere realizar un balance de cargas para evitar problemas de corriente en el neutro.

Por otro lado se recomienda la instalación de un buen sistema de tierras físicas para contrarrestar los problemas de armónicos, con el propósito de reducir la distorsión, aproximando dichas señales a la forma de onda senoidal. Los filtros son equipos cuyo propósito es interactuar con una frecuencia específica o rango de frecuencias de una señal dada, teniendo el mayor impacto cuando se instalan los más cercano posible a las cargas no lineales. Con la reducción de armónicas se obtienen beneficios tales como:

- Elevación del factor de potencia.
- Reducción de consumo de energía reactiva de las redes de C.F.E.
- Reducción de pérdidas producidas por efecto Joule (I^2R).
- Prolongar la vida de equipo electrónico.
- Reducción de sobrecalentamientos en el cableado.
- Reducción de pérdidas en transformadores.
- Incremento en la eficiencia y prolongación de la vida de motores.
- Reducción de corriente en el neutro.

Una vez que se conocen las cantidades de energía necesarias para la operación de la Biblioteca a continuación es necesario determinar cómo y en que está siendo utilizada la energía. Para ello es necesario obtener información específica directamente de los equipos y usuarios relacionados al consumo de energía eléctrica así como del análisis directo de la red que en conjunto permita determinar los principales consumidores de energía e indicadores que definan los patrones de consumo y de calidad de la energía eléctrica. En la siguiente sección es explicada la forma en que fueron realizadas las encuestas de equipo eléctrico para la estimación de los consumos y demanda de energía eléctrica.

4.5 Realización del Inventario Eléctrico.

Inicialmente se hizo un recorrido que permitiera conocer de manera global el estado actual de las instalaciones y la cantidad de equipo eléctrico utilizado en la Biblioteca, posteriormente fueron visitadas cada una de las zonas delimitadas en el estudio. El objetivo de visitar cada una de las áreas de la Biblioteca, para inventariar cada equipo eléctrico, en cuanto a su potencia, sus horas de uso al día, su frecuencia de uso y el porcentaje de potencia consumida, considerando que no todos los equipos trabajan a su potencia máxima nominal o de diseño. En la figura 4.1.3 se muestra un ejemplo de la encuesta realizada y del formato que se uso para el mismo.

Para este trabajo se utilizaron dos factores de gran importancia, el factor de uso y el factor horario. El factor de uso establece el porcentaje de la potencia total consumida por el equipo en su tiempo normal de operación, dado que no siempre corresponde al 100%. El segundo factor establece el porcentaje de horas de operación reales dentro de su horario de posible funcionamiento hay que recordar que no todo los equipos están trabajando al 100% ni su trabajo es de manera continua. Este último factor permite reducir en gran parte la información solicitada a los usuarios y además permite una amplia flexibilidad de respuesta a los encuestados.

El consumo de energía de cada aparato se determinó de la siguiente manera:

$$CE = P \times t \times Fu \times Fh \dots \dots \dots (33)$$

Donde:

CE = Consumo de Energía Eléctrica, en kWh

P = Potencia Eléctrica Nominal del Equipo, en kW

t = Tiempo de Uso, en horas

Fu = Factor de Uso, Adimensional

Fh = Factor Horario, Adimensional

La hoja de cálculo desarrollada permite la realización de lo que se denomina, balance de energía el cual se presentará más adelante. Sin embargo y como se menciona anteriormente los datos deben ser validados de manera que se establezca un nivel de confiabilidad para el estudio y la información que de él pueda obtenerse. La forma en que este estudio se validó es presentada en los puntos siguientes.

4.6 Determinación de la Confiabilidad del Balance de Energía.

El balance general de energía eléctrica presentado es una aproximación estadística basada fundamentalmente en la confiabilidad de la información levantada durante el inventario de equipo eléctrico y posteriormente a su procesamiento cuantitativo con los factores de uso y horario que nos permiten ponderar la aportación de cada equipo en el balance global.

Existen varias maneras de establecer hasta qué punto es confiable la información obtenida y básicamente se refieren a dos acciones de control de la información procesada, las cuales son:

- La comparación que se hace entre la suma de los consumos semanales y mensuales de energía eléctrica en el edificio, con los consumos semanales medidos en el centro de carga y después integrados mensualmente.
- La comparación que se hace entre la suma total de los consumos mensuales del edificio con el consumo total de energía eléctrica reportada en las facturas mensuales de la CFE.

Con estos se puede tener un balance de energía eléctrico y por lo tanto del consumo de energía aparato por aparato, piso por piso, de esta manera se detectan a los principales consumidores de energía eléctrica y a los principales generadores de la demanda eléctrica.

4.7 Balance de Energía.

El Balance de Energía realizado al Biblioteca tiene como resultado, conocer el cómo y en qué está siendo utilizada la energía en este caso relacionada a la parte eléctrica. Por ello y con el fin de establecer los principales consumidores de energía eléctrica, todos los equipos se clasificaron de acuerdo a la tabla 4.4

Tabla 4.4 Rubros de los Principales Consumidores de Energía Eléctrica.

Clasificación	Equipos
Computo	CPUs, monitor LCD, monitor CRT, laptop, no break y reguladores, switches, otros.
Aire acondicionado	Minisplit, ventana, extractor y ventilador.
Refrigeración	Refrigerador, congelador y maquina de hielo, ultra congeladores, cámara refrigerada,
iluminación	Fluorescente, balastro electrónico, balastro magnético, incandescente
Equipo de Oficina	Despachador de agua, copiadoras, cafeteras.

El balance general por equipos consumidores de energía eléctrica de las instalaciones se presenta en la figura 4.12.

En la grafica se aprecia que en cuanto consumo de energía los equipos más representativos van relacionados a cómputo e iluminación correspondiendo al 64 % y 33% del total de consumo de energía eléctrica. Dentro de los equipos de cómputo se aprecian alrededor de 172 CPU con sus respectivos monitores que en conjunto representan aproximadamente un 35% del consumo del rubro de cómputo. Sin embargo, un 62% de la energía de los equipos de cómputo la consumen los reguladores y not-breaks que en conjunto suman 97 equipos los cuales, por lo regular se dejan conectados por largos periodos de inactividad como lo es la noche. La parte del rubro de iluminación está totalmente dirigida a lámparas fluorescentes con un total de 580 lámparas que corresponde a la lámpara T8 de 75W y T8 de 40W siendo este el 100% con respecto a este rubro.

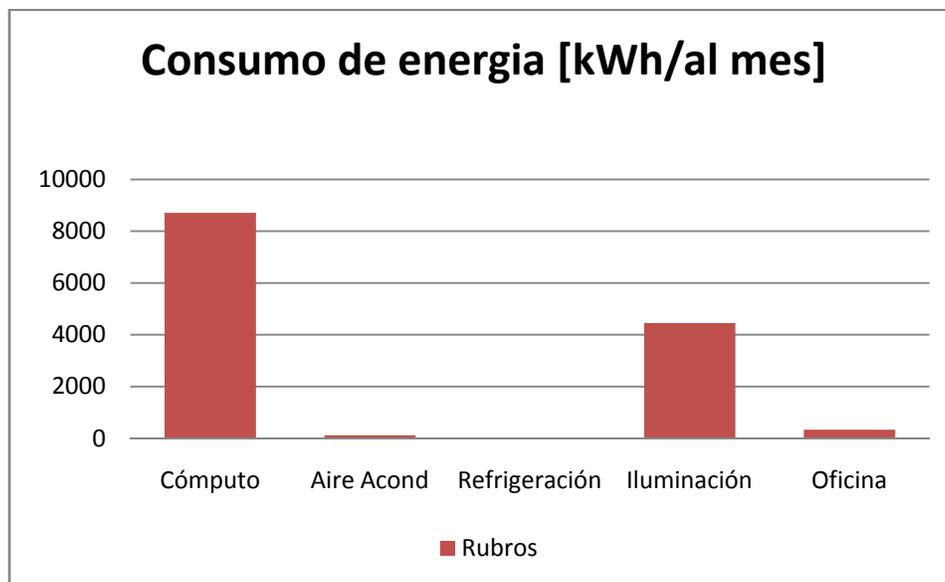


Figura 4.12 Balance General del Consumo de Energía Eléctrica Presentado por Equipo.

Con el balance de energía se confirma una fuerte contribución en consumo de los equipos de cómputo e iluminación los cuales, a su vez afectan directamente al bajo factor de potencia encontrado por el equipo analizador de red como en los registros de facturación de C.F.E.

Otra oportunidad de análisis que ofrece el balance de energía es el de conocer por áreas tanto en consumo como en demanda de energía. Para poder evaluar las zonas más representativas inicialmente se dividieron en ocho grupos:

- Oficinas
- Baños
- Consulta
- Cubículos
- Área de lectura
- Bodegas
- Laboratorios
- Pasillos

De acuerdo con lo anterior, la siguiente figura muestra gráficamente las contribuciones en consumo de energía para cada uno de estos rubros.

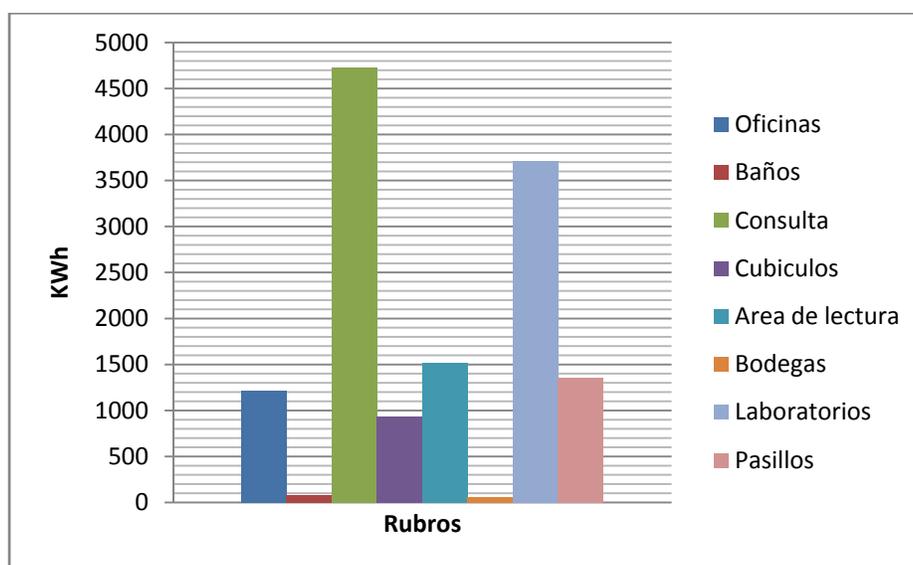


Figura 4.13 Consumo de Energía en kWh por Área.

Fácilmente se distingue que el área de consulta aporta la mayor parte del consumo de energía representando un 35%.

4.8.-Informe del monitoreo de parámetros eléctricos

Consideraciones generales

Las especificaciones del equipo registrador empleado en el monitoreo de parámetros eléctricos son las siguientes:

Analizador de calidad de energía marca AEMC, Modelo 3945 número de serie 1 1:301386 versión 3.0, equipado con transformadores de corriente tipo flexible de 3000 A y puntas de prueba de voltaje hasta 1000 volts.

El análisis se realizó utilizando un estándar Europeo EN501601 sobre características de voltaje de las compañías suministradoras de electricidad, siendo los valores empleados los que se indican en la figura 4.1.5, y cuya interpretación se presenta a continuación. Se aclara que en México no se dispone de una normatividad como tal, aunque existe un documento de referencia a nivel de especificación publicado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que establece las desviaciones máximas permisibles en las formas de onda de tensión y de corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica, en el punto de acometida en el que la CFE participa.

SETUP LIMITS		AEMC [®] INSTRUMENTS		
ADJUST LIMITS				
Active Limits: EN50160		01/01/03 00:00:00		
LIMITS SUMMARY:				
RMS	> 125.1 V < 152.9 V	95.0% of time		
THD	< 8%	95.0% of time		
Pit	< 1	95.0% of time		
Dip	< 125V	20/week		
Swell	> 153V	20/week		
↔	< 2%	95.0% of time		
Hz	> 59.4 < 60.6	99.5% of time		
RECALL	SAVE	EDIT	VIEW	BACK

Figura 4.14. Pantalla con el Resumen del Ajuste de Límites según el Estándar EN50160

- El voltaje de fase se monitoreó en valor raíz medio cuadrático (RMS) cuyos valores límite fueron de 125.1 a 152.9 volts, siendo el nominal de 127 volts, durante el 95% del tiempo de registro; de tal suerte que en las gráficas que ilustran los resultados obtenidos durante el REGISTRO todos aquéllos valores que estuvieron fuera de los límites aparecen etiquetados como eventos.
- Para el contenido total de armónicas el estándar EN50160 establece como límite menos de 8% durante el 95% del tiempo de registro.
- El estándar mencionado establece menos de 2% como límite para la condición de desequilibrio ↔ durante el 95% del tiempo de registro.

- Los límites para la frecuencia son de 59.4 a 60.6 Hz durante el 95% del tiempo de registro.
1. El periodo de monitoreo se llevó a cabo durante 3 días y 21 horas con intervalos de registro cada 5 minutos.

Tablero No 1:

- Fecha Comienzo Grabación 06/06/2011 - 12:35:00 p.m.
- Duración Grabación 3:00:00:00 (d:h:min:s).
- Instrumento ID Modelo 3945 - 1 1:301386 3.0.
- Nom. Tendencia Tab 1.
- Configurar Instrumento Tipo de Conexión: 3-Fases 4-Hilos.



Tablero No 2:

- Fecha Comienzo Grabación 08/06/2011 - 02:40:00 p.m.
- Duración Grabación 3:00:00:00 (d:h:min:s).
- Instrumento ID Modelo 3945 - 1 1:301386 3.0.
- Nom. Tendencia Tab 2.
- Configurar Instrumento Tipo de Conexión: 3-Fases 4-Hilos.



Capítulo V. ANÁLISIS, RESULTADO Y PROPUESTA DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA.

Una vez concluido el estudio y con la información obtenida en el capítulo anterior podemos obtener un panorama de la situación en la que se encuentra la Biblioteca, dichos resultados nos dan una perspectiva de que lugares de la biblioteca deben ser corregidos, reorganizados e incluso rediseñados, por ello a continuación se presenta una propuesta de mejora energética y estética a la Biblioteca Jesús Reyes Heróles.

El primer punto a considerar y dado los resultados de las tablas es el alumbrado de la Biblioteca:

El alumbrado se diseñó para tener un nivel de iluminación homogéneo y uniforme, evitando deslumbramientos que ocasionen fatiga visual y riesgos a la salud de los trabajadores y alumnos. Para lograr éste cometido se consideró la morfología de las edificaciones, altura de montaje y se aprovechó la diversidad de espacios y tipos de montaje disponibles, siempre respetando los requerimientos de la NOM-001-SEDE-2005.

El alumbrado de la biblioteca se encuentra en un estado físico deteriorable, los niveles de iluminación establecidos en la NOM-025-STPS-2008 (Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo), no están siendo cumplidas por lo que no solo se encuentra incumpliendo con la normatividad mexicana sino que está generando un daño físico a los usuarios y a los trabajadores de la biblioteca. Para corregir este problema se propone el cambio de la Luminaria instalada en la Biblioteca, para lograr una homogenización en la instalación, así como para cumplir con los niveles de iluminación indicados por la Norma.

5.1.- Selección de material de Proyecto.

Para la elección de la luminaria se realizó un estudio de mercado comparando diversos equipos, costos y materiales llegando a la decisión de que la luminaria Avante AVSM 1' X 4' de Lithonia Lighting es la apta para nuestros requerimientos estéticos y de iluminación, observando los datos técnicos en la figura 5.1 y las curvas isométricas en la figura 5.2 para la luminaria en comento.



FEATURES & SPECIFICATIONS

INTENDED USE

The AVSM 1x2 is ideal for adding general or task lighting in alcoves, narrow corridors and other small spaces. Certain airborne contaminants can diminish integrity of acrylic. [Click here for Acrylic Environmental Compatibility table for suitable uses.](#)

CONSTRUCTION

Rugged universal 2" steel channel provides platform for reflector/diffuser module. A tandem unit is a 4" channel with two 2" reflector/diffuser modules. Joiners and finished ends are injection molded from tough ABS/PC blend with integral Avante white color.

All diffusers snap into place by pivoting on joiner/light trap for easy lamp access. Injection molded joiners at each end allow fixtures to be field joined or completed as individual units with snap-on finished ends.

OPTICAL SYSTEM

Down light, solid (DLS) reflector finished in high reflectance matte-white polyester powder paint provides uniform light distribution. DLS is available with aluminum stepped reflector (ASR).

Up light, round hole perforated band (ULR) reflector finished in high reflectance matte white polyester powder paint has uniform light distribution with up light accent provided by 1-3/8" wide perforated band just above lamps.

All diffusers shield lamps from direct view.

Metal diffuser staggered round holes (MDR) 52% open perforated metal with .075" diameter holes backed with white acrylic diffuser.

Metal diffuser aligned mini slots (MDM) 48% open perforated metal backed with white acrylic diffuser.

Straight blade louver (SBL) sides of perforated metal with staggered round holes and solid blade louvered center. Sides and louver backed with white acrylic diffuser.

ELECTRICAL SYSTEM

All ballasts supplied are class P, thermally protected, resetting, HPF, non-PCB, UL Listed, CSA Certified. Energy saving and electronic ballasts are sound rated A. Standard combinations conform to UL 935.

INSTALLATION

AVSM can be directly mounted to most ceiling surfaces. Clips provided with fixture for surface mounting on tee bar in grid tiled ceilings. With mounting accessories fixtures can be close to ceiling stem mounted or cable mounted up to 144". Refer to the accessories tab for information on mounting configurations and limitations. Consult National Electrical Codes specifications for through wiring limitations.

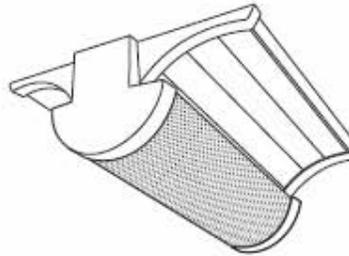
Catalog Number	
Notes	Type

Surface/Suspended Mount Lighting

AVSM 1' x 2'

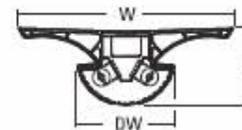


Linear Fluorescent
T8
1 or 2 lamp



Specifications

Length: 24" (608)
Width: 12" (305)
Diffuser Width: 5-1/2" (140)
Depth: 4-3/8" (111)



All dimensions are inches (millimeters).

Specifications are subject to change without notice.

Avante is covered by one or more of the following patents: 5,988,829; 399,586; 411,641; 413,402; 2,212,513; 87,513.

LISTING

UL Listed to US and Canadian safety standards (see Options). Chicago Plenum approved and NYC approved (see Options).

ORDERING INFORMATION

Example: AVSM 217 MDR DLS MVOLT GEB10IS

AVSM		17					
Series	Number of lamps	Lamp type	Diffuser	Voltage	Options		
AVSM 1' wide	1, 2 Not included.	17 17W T8 (24")	MDR Metal diffuser, round holes MDM Metal diffuser, mini slots SBL Straight blade louver, round holes Others available.	347 MVOLT ² Others available.	GEB10IS	Electronic ballast, <10% THD	
TAVSM 1' wide, 4' long unit with 2' lamps end to end					ALG	Acrylic litter guard ³	
					GLR	Internal fast-blow fuse ⁴	
					LP	Lamped. Specify lamp type and color	
					CSA	Listed and labeled to Canadian Standards	
					NY3	New York City approved	
					<u>Reflector option</u>		
				DLS	ASR	Aluminum stepped reflector (only available with DLS)	
				ULR		Up light, round holes ¹	

Accessories

Order as separate catalog number:⁴

AVACF_	Avante adjustable cable feed accessory kit for grid ceiling.
AVACF_#W	Avante adjustable four-wire cable feed accessory kit for grid ceiling.
AVAC_	Avante adjustable cable non-feed accessory kit for grid ceiling.
SQ_	Swivel hanger, specify in 2" increments.

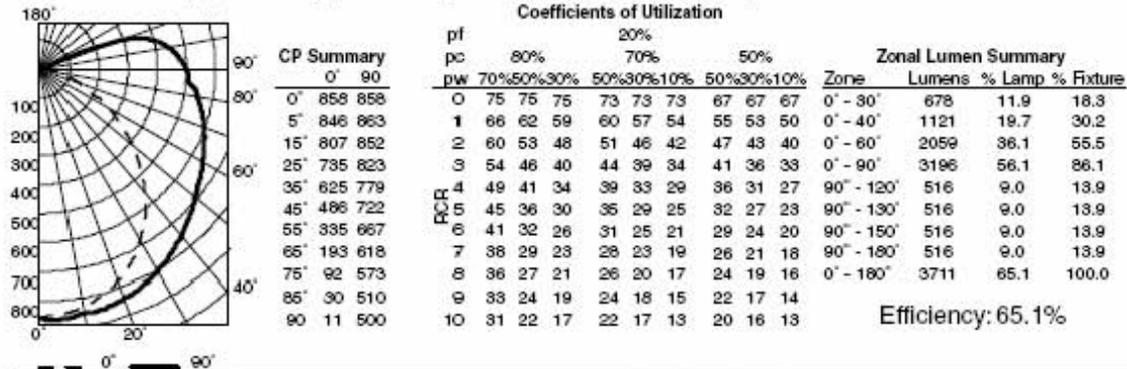
Notes:

- For suspended mounting only.
- MVOLT (120 - 277 volt).
- Refer to options and accessories tab for more detailed information.
- Not available with MVOLT.

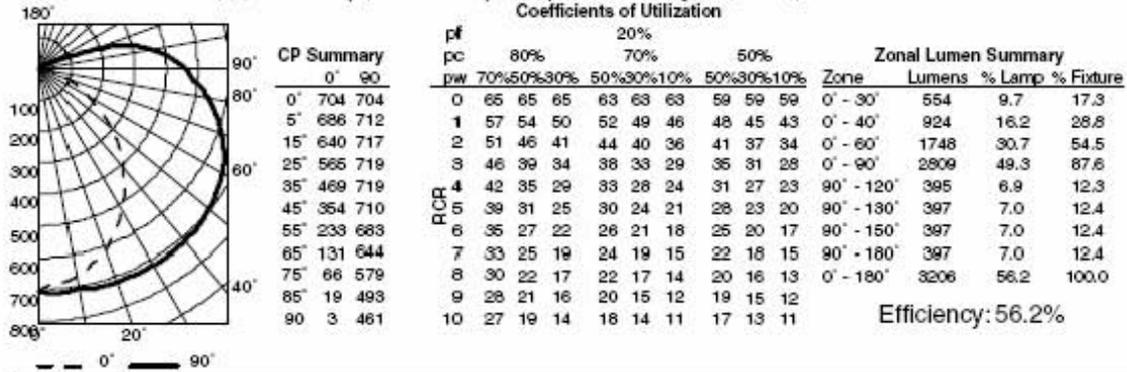
Fig. 5.1 Tabla de Especificación de Luminaria Propuesta.

AVSM 1x4 Linear Fluorescent T8

AVSM 2 32 MDR DLS, (2) 32W T8 lamps, 2850 lumens per lamp, s/m 1.2 (along) 1.4 (across), test no. LTL 9446



AVSM 2 32 SBL DLS ASR, (2) 32W T8 lamps, 2850 lumens per lamps, s/m 1.1 (along) 1.6 (across), test no. LTL 9576



MOUNTING DATA

For unit or row installation, surface or stem mounting.
 Unit installation — Minimum of two hangers required.
 Row installation — One hanger per channel plus one per row required.
 Hanging devices illustrated below.

KEY: A = 5/8" Knockout
 B = 7/8" Knockout
 C = 2" Double Knockout

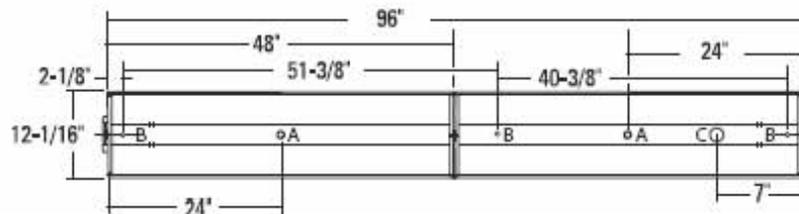
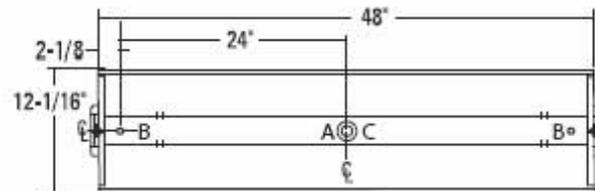


Fig. 5.2 Tabla de Curvas Isométricas de Luminaria Propuesta.

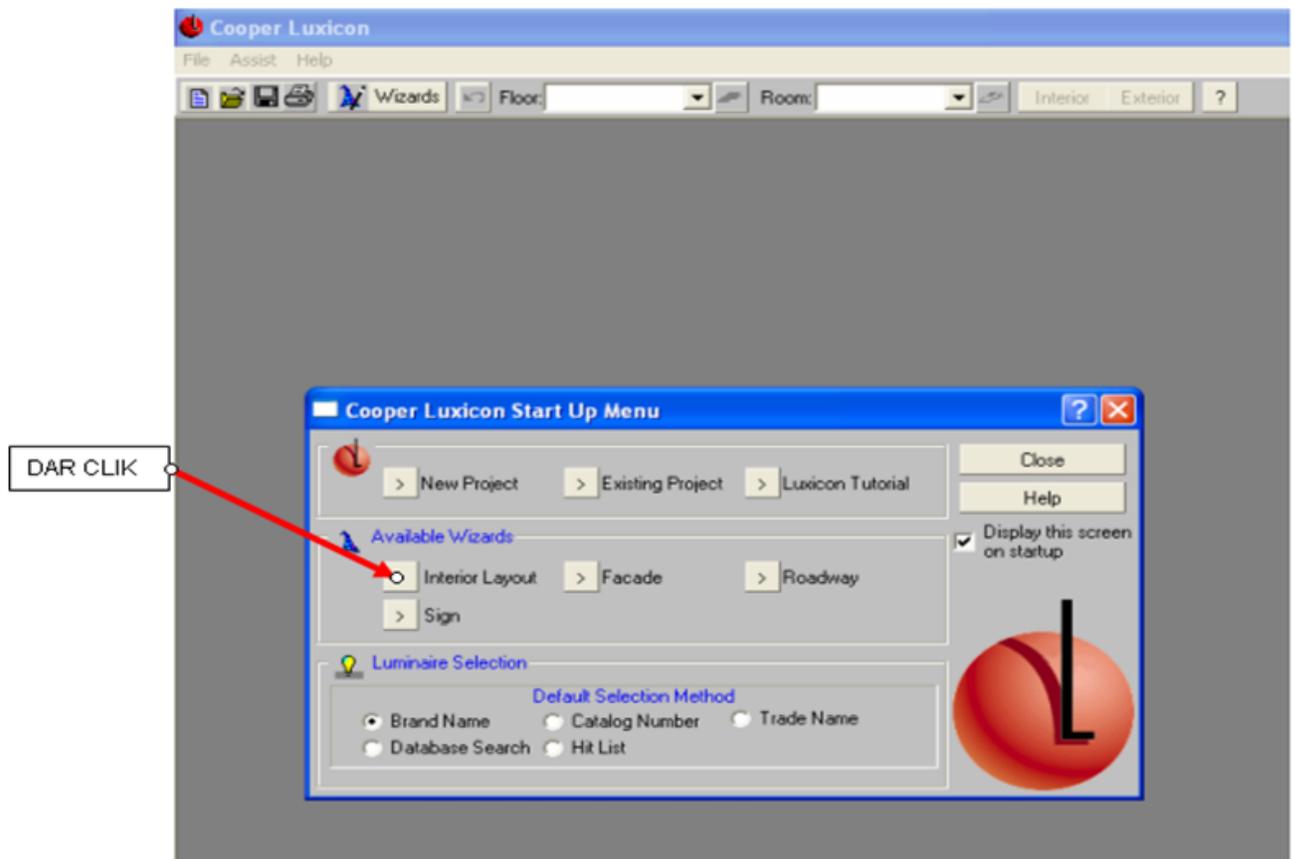
5.2.- Desarrollo de Cálculos de Iluminación Propuesta.

Se realizaron cálculos de iluminación con el fin de hacer la comparativa de las luminarias actuales con las propuestas con el programa “Luxicon” el cual es un programa creado para el análisis y diseño de alumbrado, desarrollado por Cooper Lighting que realiza un estudio formal de la iluminación por el método de cavidad zonal o punto por punto que nos permite conocer los valores de lúmenes en áreas generales o en puntos específicos.

Para utilizar el programa “Luxicon” se requiere tener bien definido el proyecto de iluminación, esto implica tener identificados los siguientes parámetros: clase de área, dimensiones, el tipo de trabajo a realizar, nivel de iluminación requerido y el tipo de luminaria a utilizar.

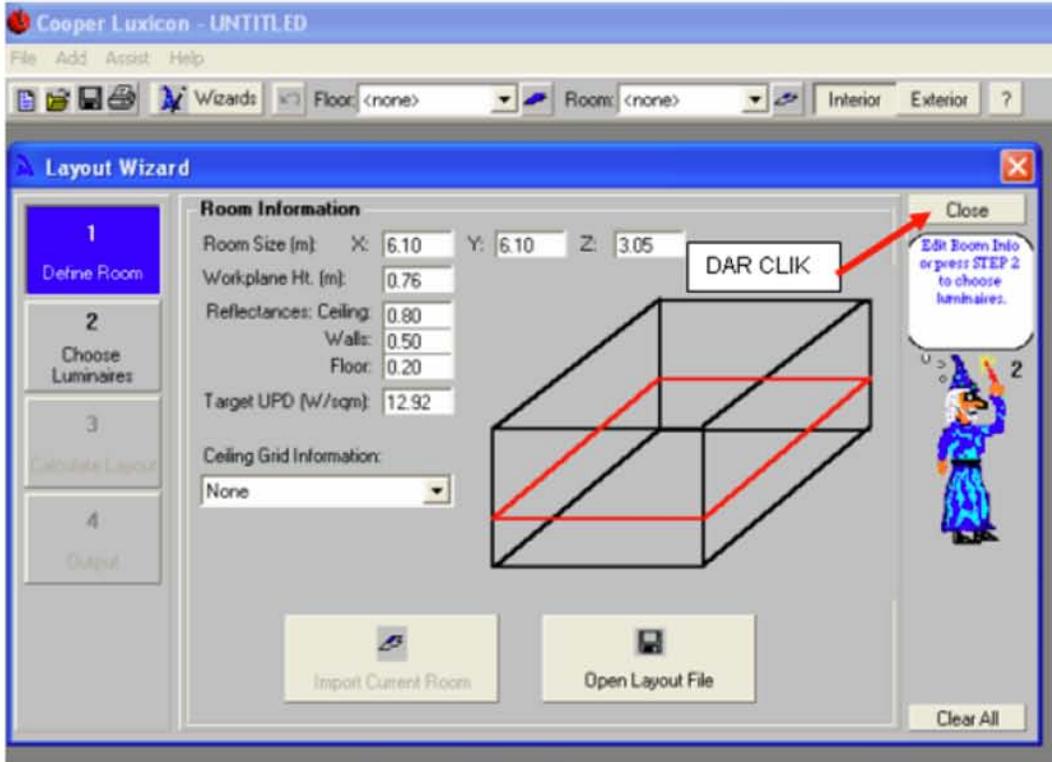
A continuación se presenta un pequeño tutorial del uso y configuración del programa “Luxicon” con el fin de entender y conocer la forma de trabajo y la obtención los resultados:

Para iniciar dar click en **Interior Layout**

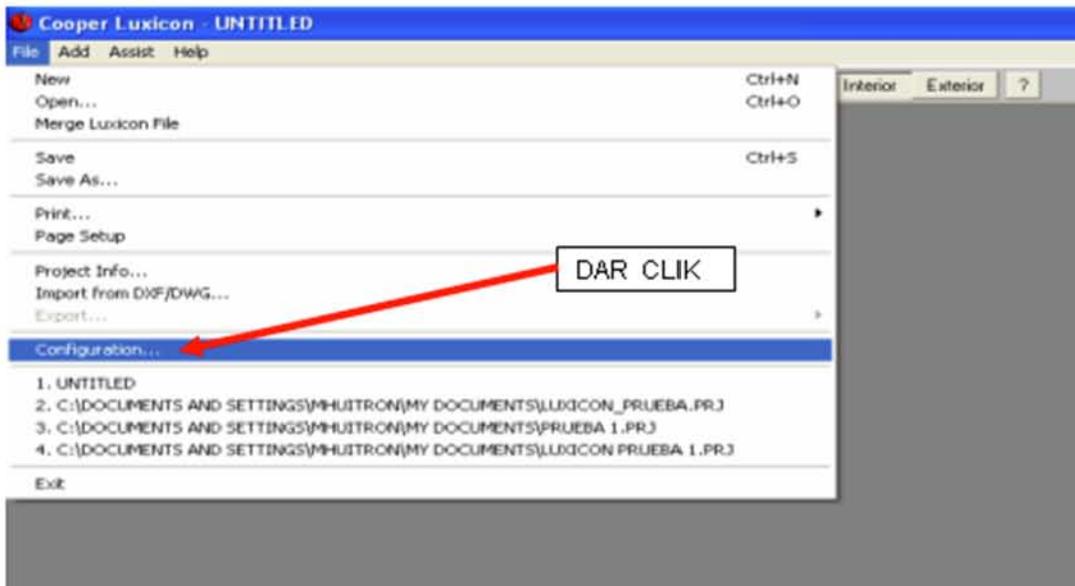


Al seleccionar el botón **INTERIOR LAYOUT** nos muestra la pantalla de **LAYOUT WIZARD** (ayudante).

En la opción **CLOSE** tenemos que dar un click para cerrar esta caja de diálogo y realizar la configuración del proyecto.

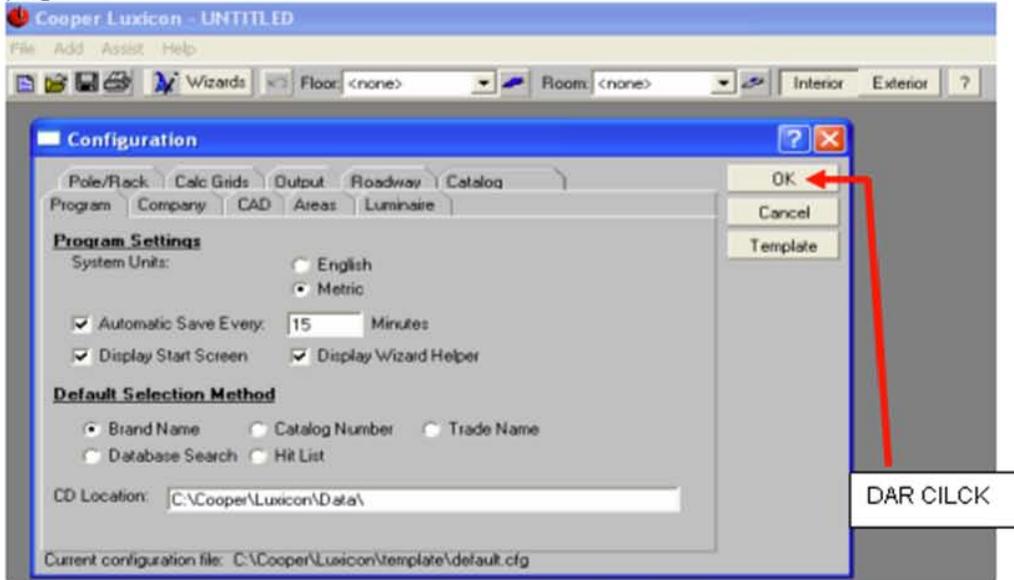


Para configurar el proyecto seleccionamos del menú la opción **FILE** y posteriormente **CONFIGURATION**.

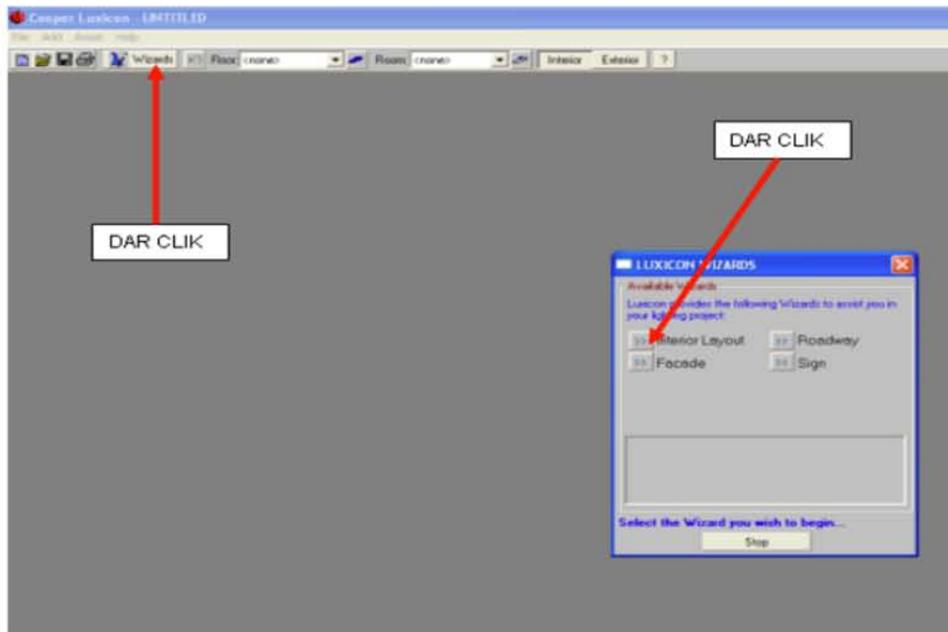


Aparece una caja de diálogo en la cual indicaremos el parámetro de **METRIC** para que nuestro cálculo sea en el sistema métrico decimal , presionar el botón de **OK**

Esta configuración se hace únicamente cuando se trabaja por primera vez el programa.



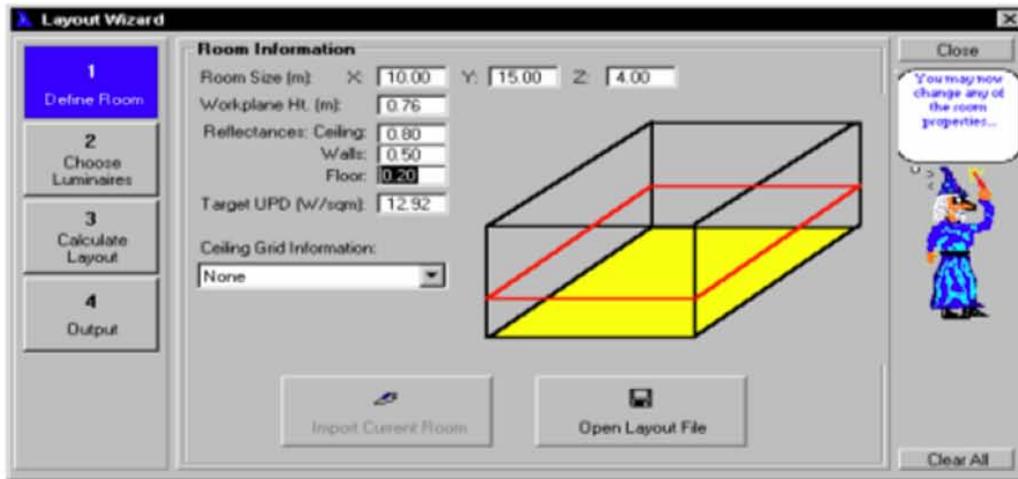
Una vez configurado procedemos a realizar el cálculo de cavidad zonal, seleccionamos el icono de **WIZARD** (ayudante) y muestra la pantalla **LUXICON WIZARDS**.



Seleccionamos Interior Layout.

Muestra la siguiente pantalla ,donde seguimos las instrucciones.

Paso número:1



Se tienen que definir las dimensiones del cuarto o local en donde se requiere hacer el cálculo, los campos a indicar son los siguiente:

X= ancho del local.

Y= largo del local.

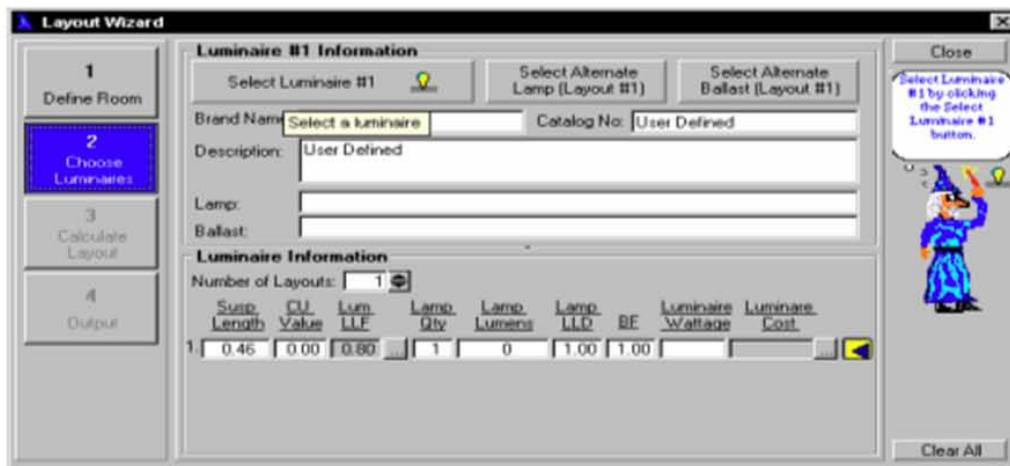
Z= altura del local.

Ht= plano de trabajo.

Reflectancias= piso, techo y muro.(Estos valores se determinan en base a los acabados y tipo de materiales del local) Consultar la NOM-025-STPS-1999(tabla 2 Niveles Máximos de Reflexión)

Paso número:2

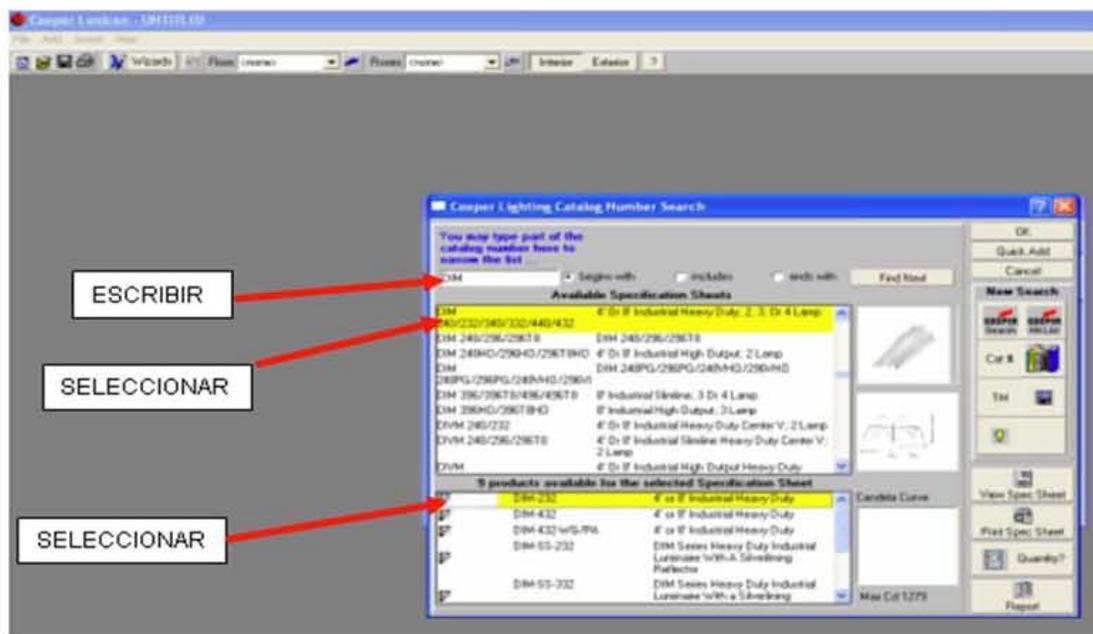
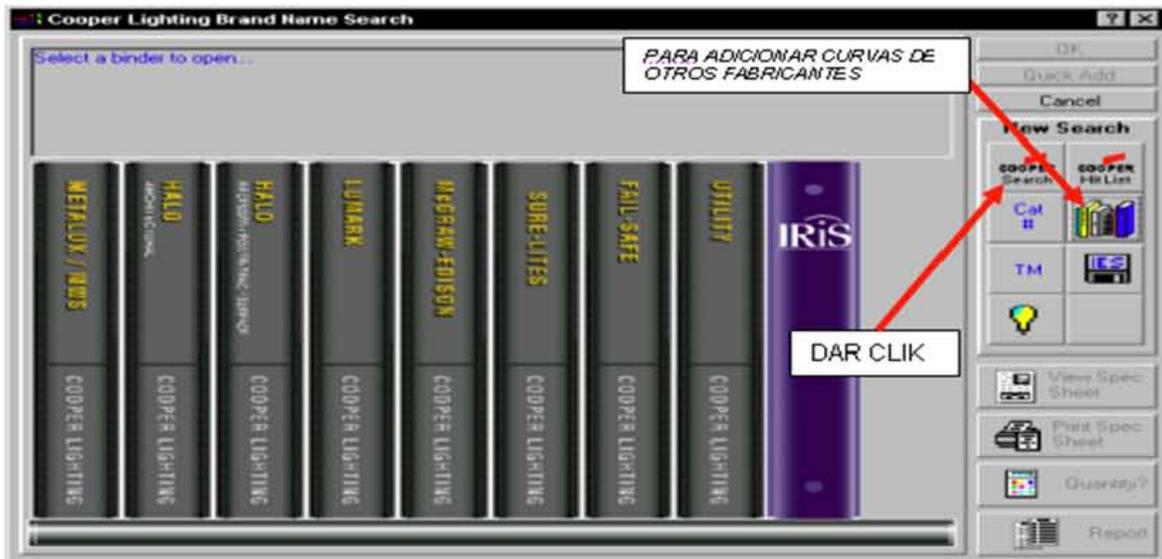
Seleccionar el tipo de luminaria.(Se debe tomar en cuenta el nivel de iluminación requerido, las características del local y el tipo de trabajo que se realiza)Consultar la NOM-001-SEDE-2005



Oprimir la pestaña **SELECT LUMINARE #1**,

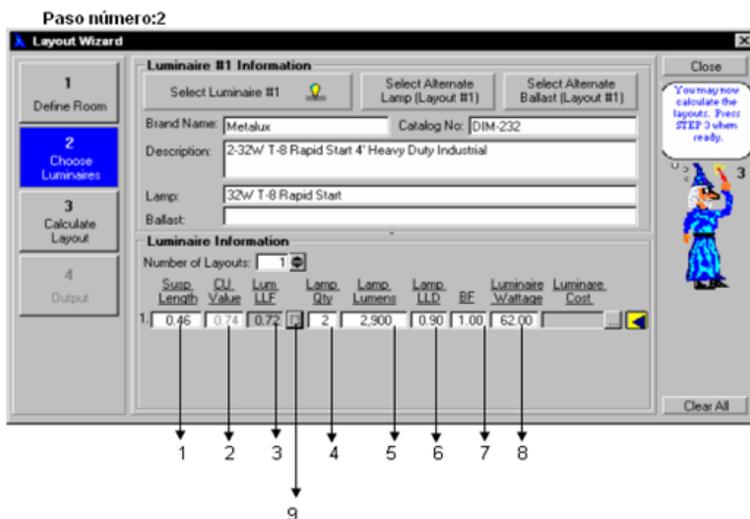
Donde muestra los catálogo del proveedor con los diferentes tipos de luminarias, hay que aclarar que esto es si deseamos utilizar las luminarias de este fabricante (Cooper Lighting), si no en la opción de NEW SEARCH seleccionamos la pestaña con el icono del diskete (IES) y podemos obtener la fonometría de otro fabricante, siempre y cuando este en el formato IES.

Para nuestro ejemplo seleccionaremos una luminaria de la serie DIM, de Metalux , seleccionamos el icono CAT# .

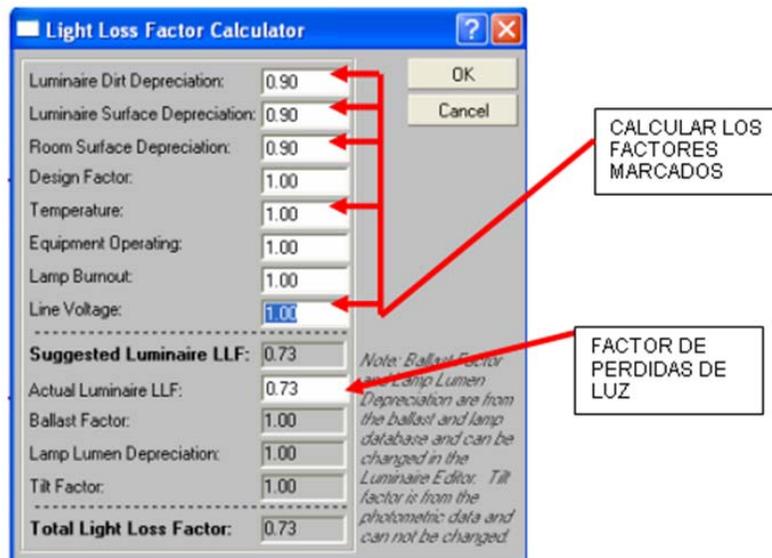


Escribir las tres primeras letras de la serie de la luminaria que se requiere, el programa despliega las luminarias de esa serie , seleccionar la luminaria , y presionar el botón **OK**

En ese momento todos los datos de la luminaria se descargan en la figura del paso número 4



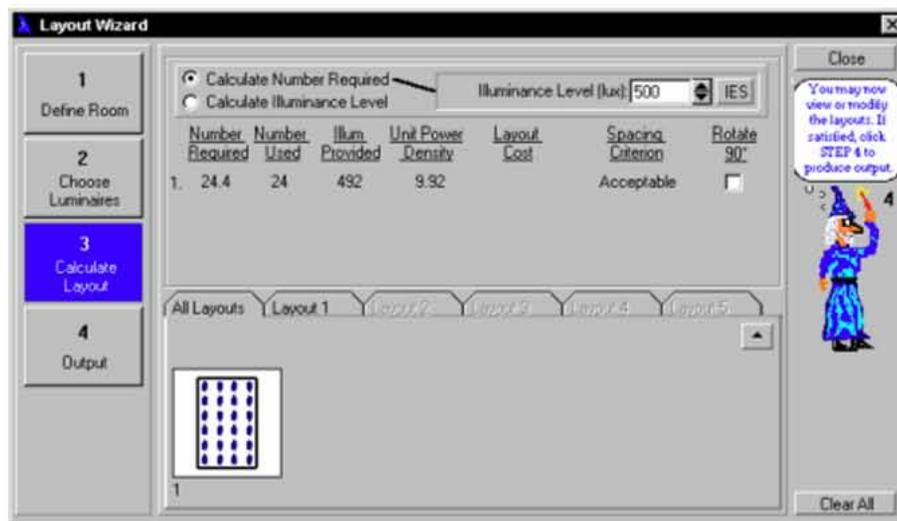
- 1.-Altura a la cual esta suspendida la lámpara.
- 2.-Coeficiente de utilización(por fabricante).
- 3.-Factor de perdidas de luz.(Este factor se debe de calcular utilizando la pestaña identificada con el numero 9)
- 4.-Cantidad de lámparas por gabinete.
- 5.-Lumens por lámpara.
- 6.-Factor de depreciación de lumenes de la lámpara.
- 7.-Factor de balastro.(se debe consultar información certificada de fabricantes de balastros)
- 8.-Watts de la luminaria.
- 9.-Para cambiar el factor de perdida de luz manualmente.(Dar un click y se despliega la siguiente pantalla)



Analizando que toda la información es correcta procedemos al paso número tres.

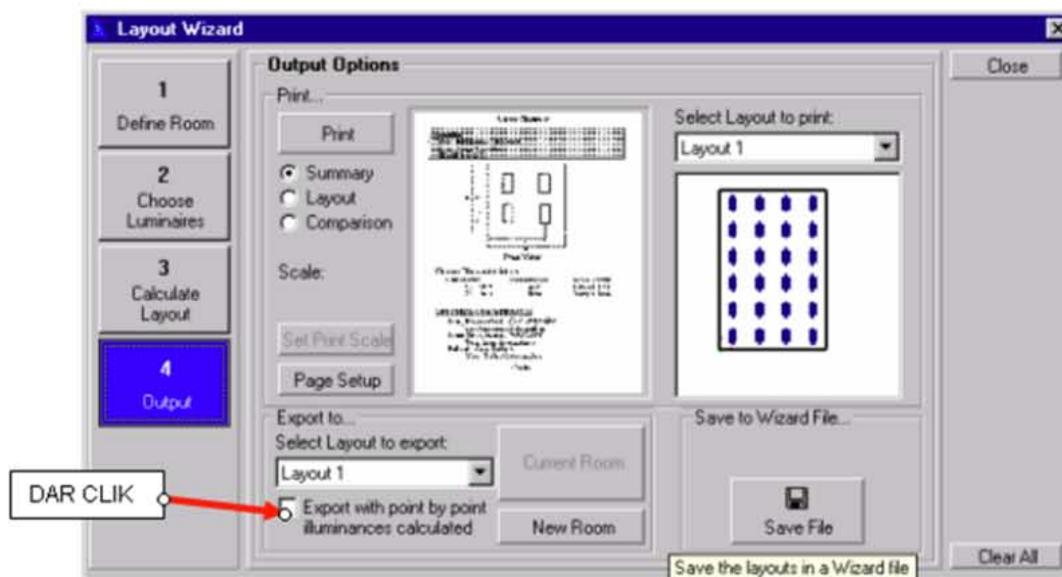
En este paso se hace el cálculo, indicamos el nivel de iluminación requerido y el programa nos dará el número de luminarias o indicamos el número de luminarias y obtendremos el nivel de iluminación. Si presionamos la pestaña de **LAYOUT** obtendremos información del arreglo de las lámparas en filas y columnas.

Paso número:3

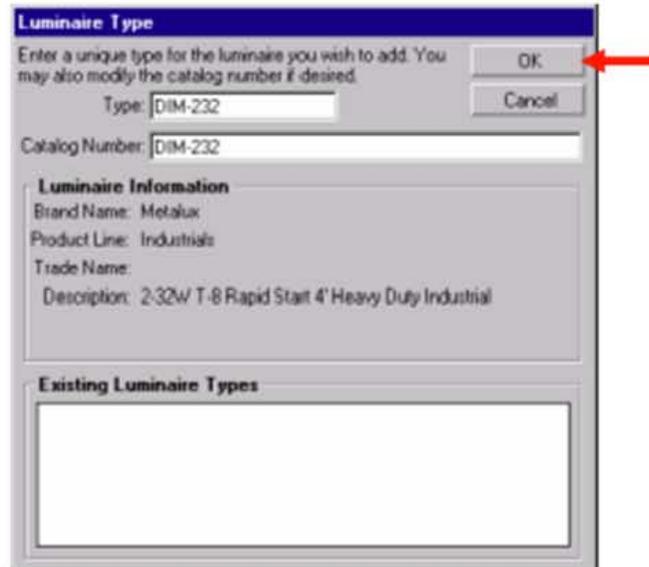


Paso número:4

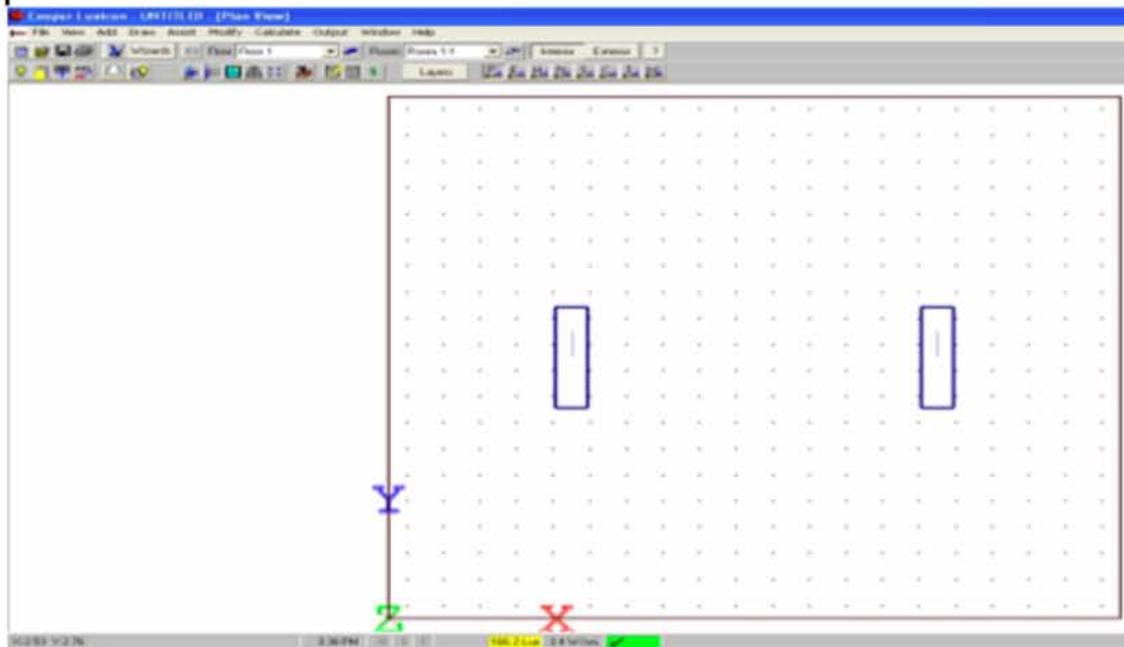
En este paso salvaremos la información del cálculo, como opción podemos imprimir la localización de las lámparas y después indicamos la opción de **EXPORT WITH POINT BY POINT** y damos un click en la opción de **NEW ROOM** para exportar nuestra información a un cálculo **PUNTO POR PUNTO**.



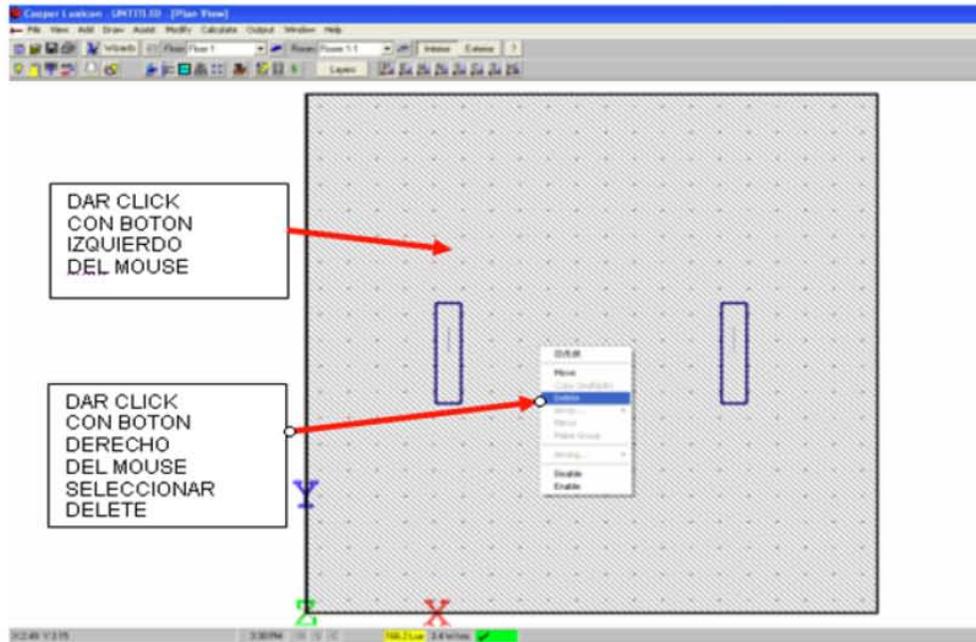
Aparece una caja de diálogo **LUMINAIRE TYPE**, hay que indicarle el nombre de la luminaria, es recomendable poner el mismo tipo de lámpara que se esta usando, damos **OK** y automáticamente el programa desarrolla el cálculo.(manda un mensaje indicando que se exporto satisfactoriamente damos **OK**



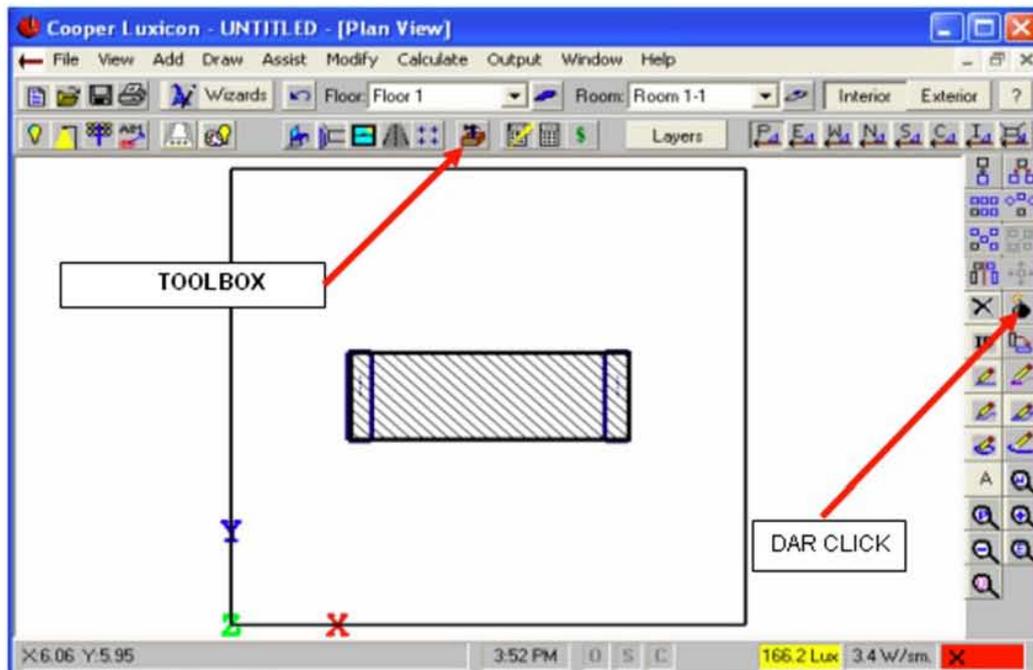
Al cerrar la ventana de donde exportamos el cuarto nos muestra una vista del arreglo del cuarto con la distribución luminarias y en la parte inferior un cuadro **verde** con una **palomita** que indica que el cálculo esta terminado.



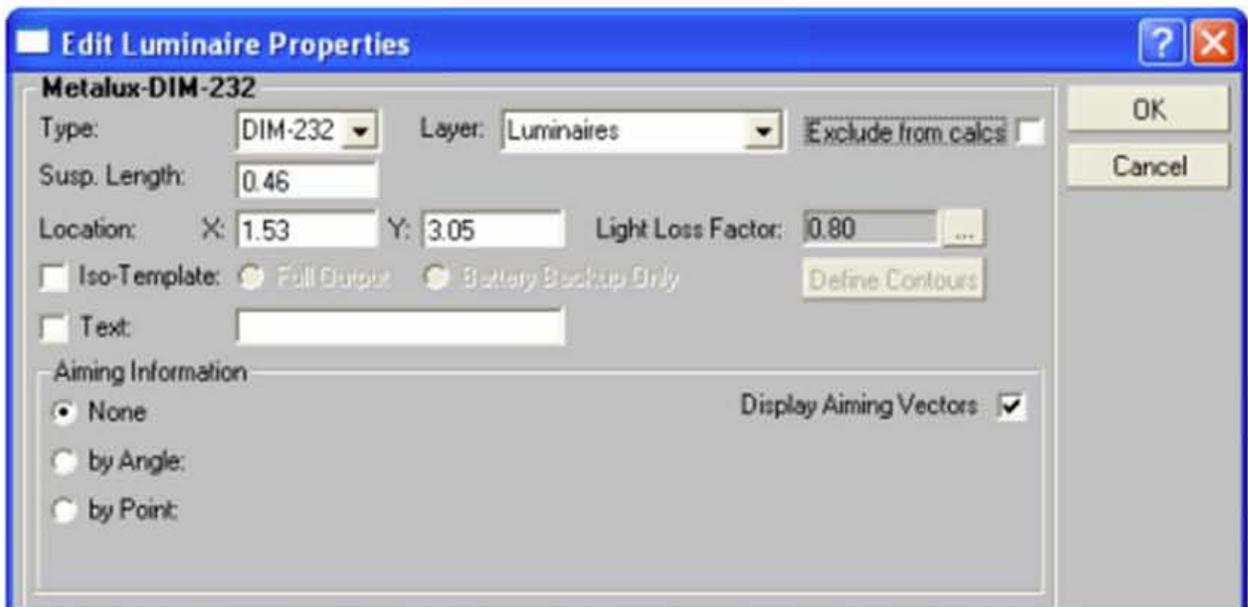
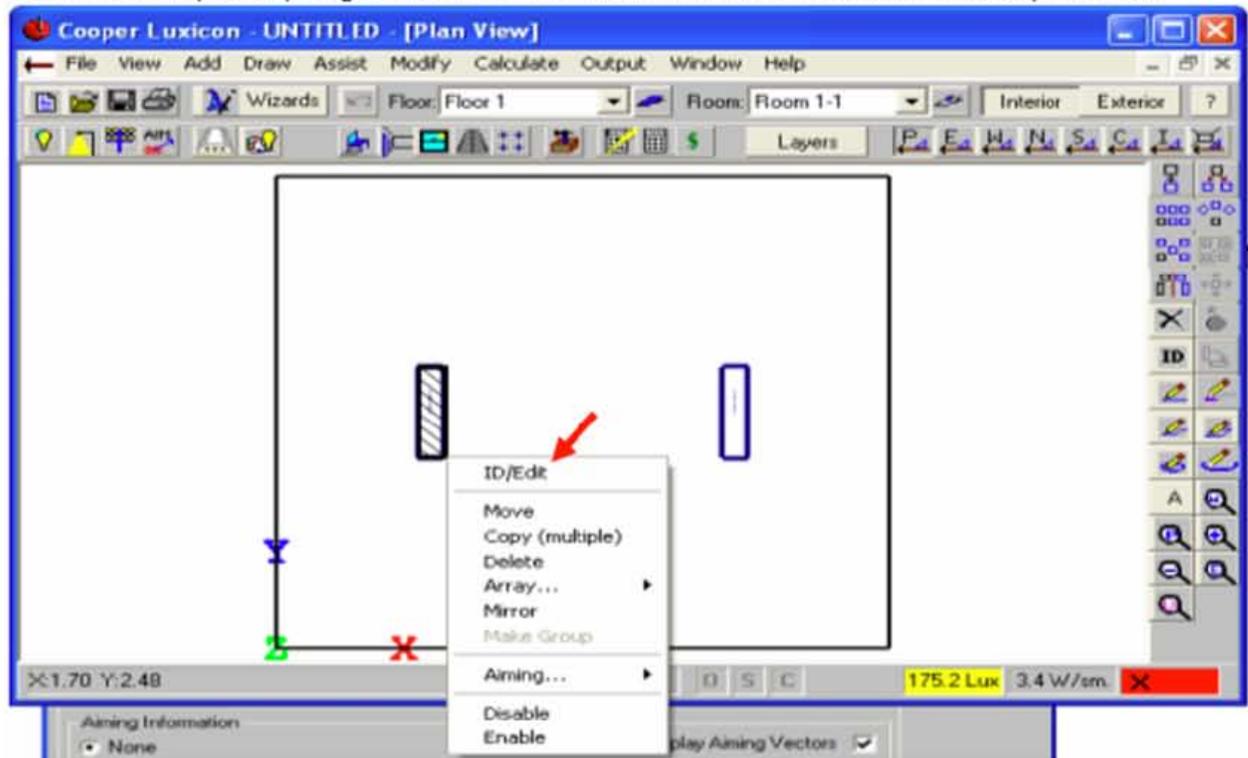
Con el botón izquierdo del mouse damos un click dentro del cuarto para editar algunas opciones y seleccionar la palabra **DELETE** para eliminar el **GRID**, este recurso lo utilizamos cuando deseamos reubicar alguna luminaria.



Para mover las lámparas seleccionar **TOOLBOX** (figura del martillo) seleccionamos las luminarias, damos click en **EXPLODE** (con esta opción desagrupamos las luminarias ya que pasan en un solo bloque del cálculo que inicialmente se realizó en el wizard).

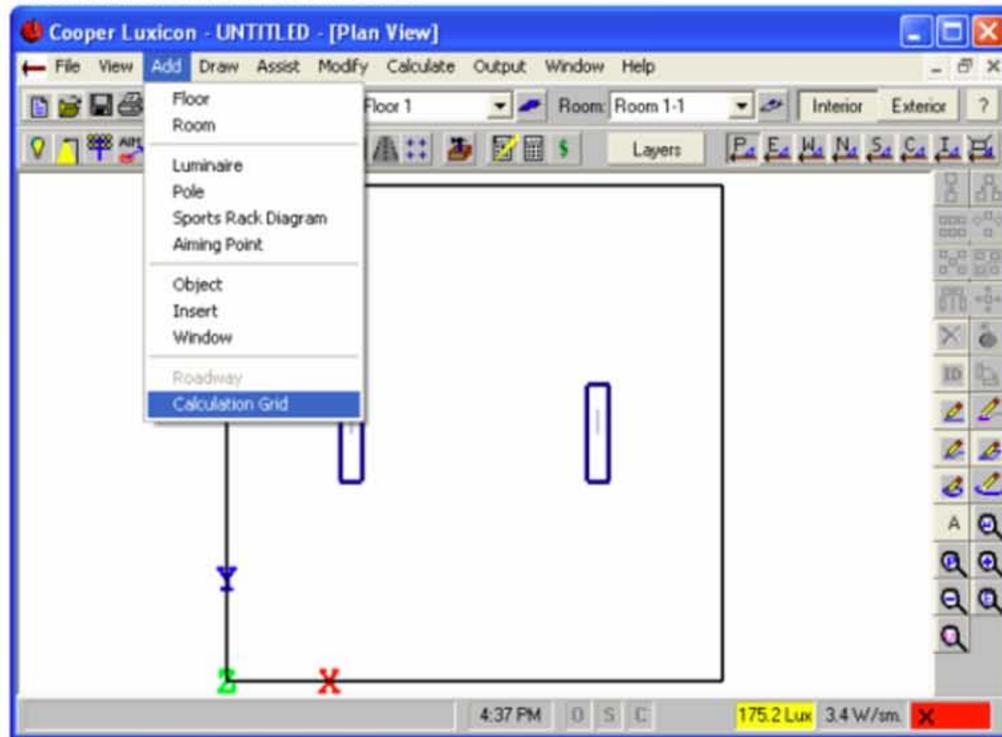


Con el botón izquierdo y luego derecho del ratón seleccionamos una de las luminarias y editamos



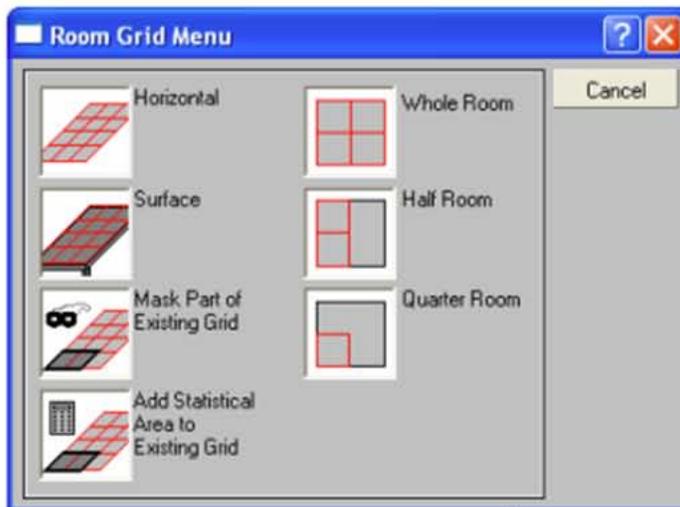
En este modulo se hacen los cambios si es que se requiere, (El factor de perdidas altura de la luminaria)

Para realizar el cálculo y poder entregar un reporte al cliente es necesario colocar la malla de cálculo, seleccionar **ADD \ CALCULATION GRID** .

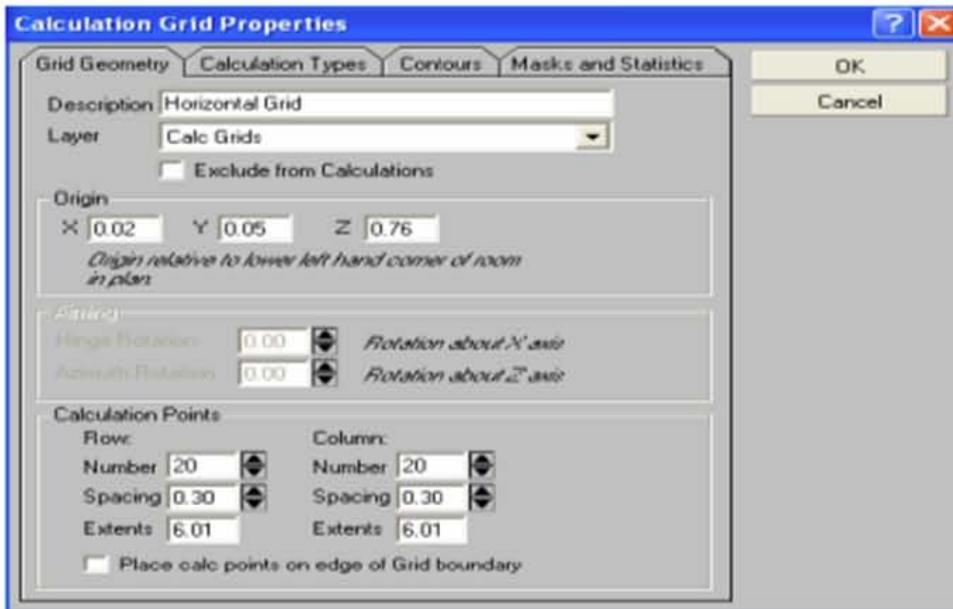


Muestra la siguiente pantalla, seleccionamos la malla **HORIZONTAL** y aceptamos, posteriormente seleccionamos el área donde queremos que nos realice el cálculo.

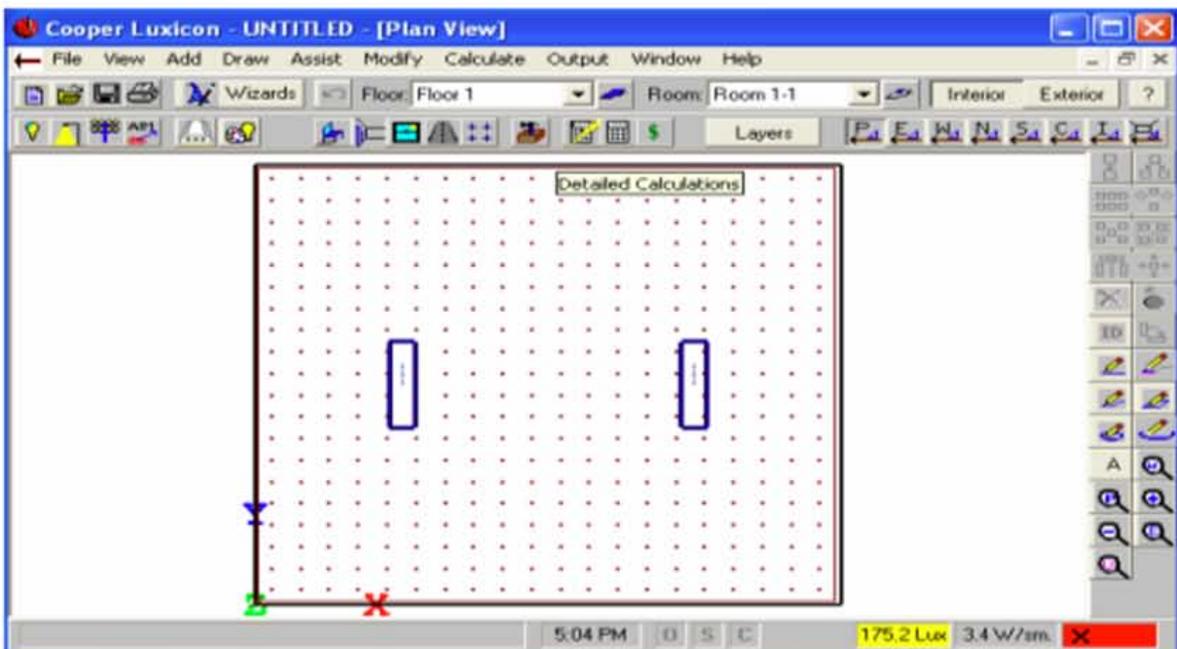
Con el mouse seleccionamos un extremo del cuarto (botón derecho sin soltarlo) y corremos hasta el otro extremo para marcar el área total del cuarto al hacer esta operación aparece una ventana que indicara Calculation Grid Properties la cual seleccionamos, damos OK.



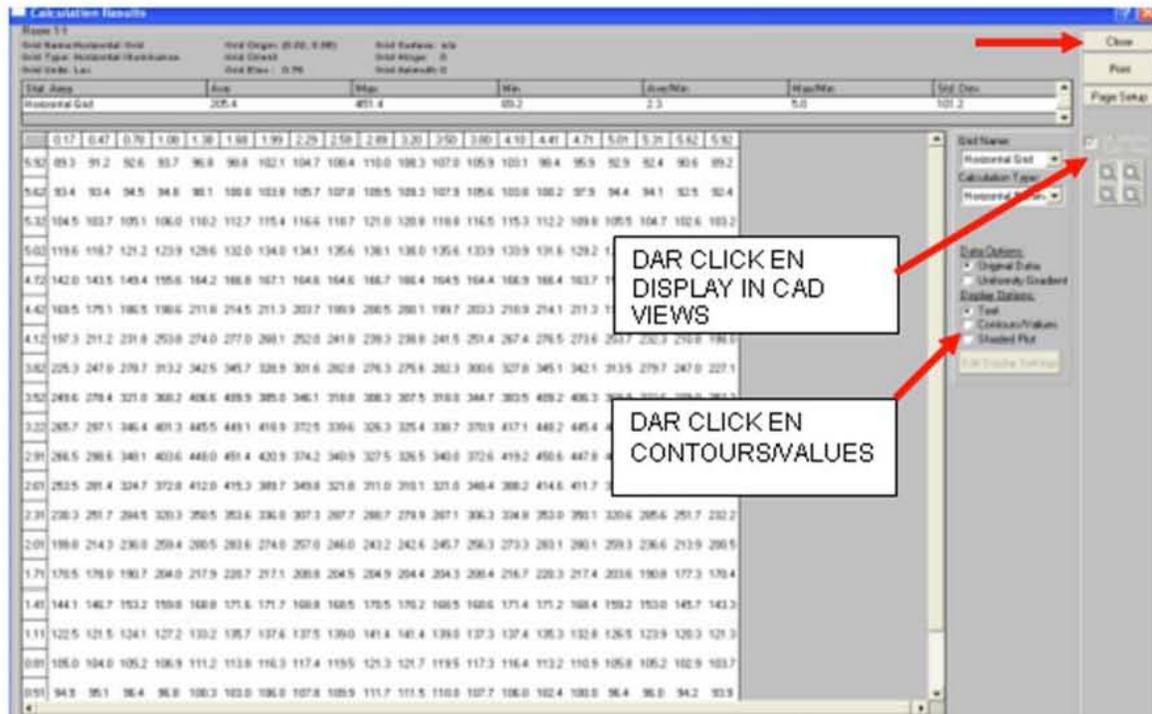
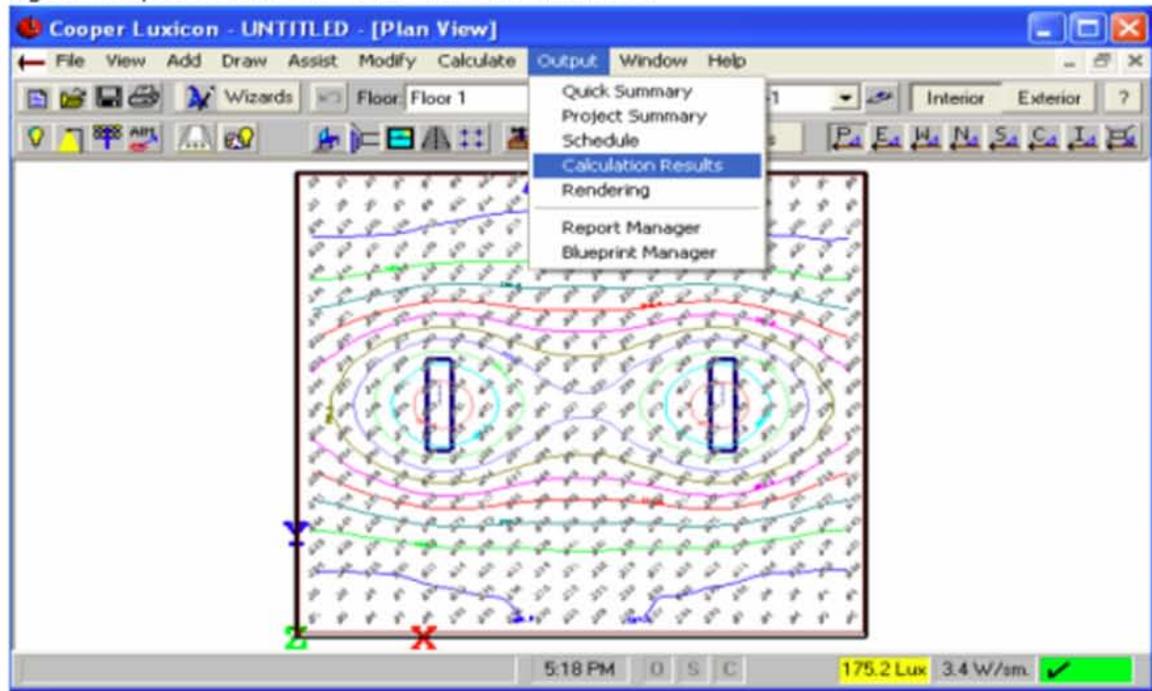
En la ventana inferior se pueden modificar los puntos a colocar en el **grid**, por default el programa indica 20x20, estos datos se pueden cambiar para obtener una serie de puntos mas precisos en el cálculo



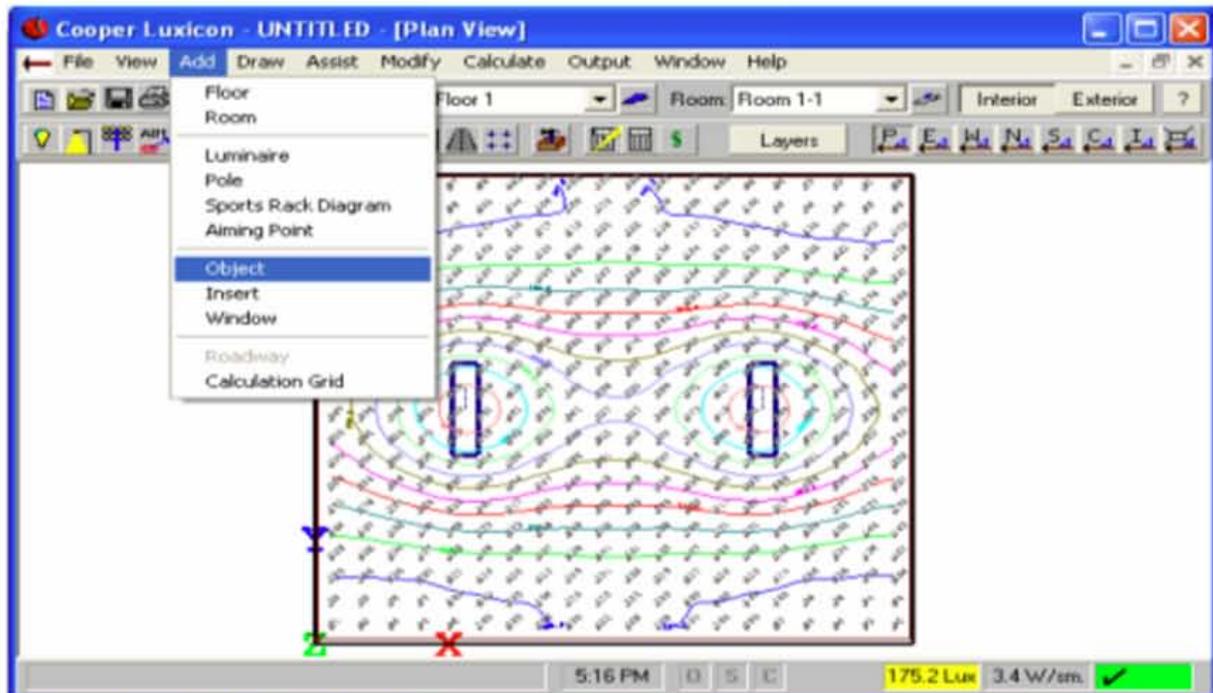
Para realizar el cálculo seleccionamos con un click en el icono que tiene forma de calculadora, lo podemos ver en la ventana siguiente, otro método es seleccionar **CALCULATE** del menú principal, **CALCULATION MENU** y posteriormente la opción **CALCULATE SELECTED**.



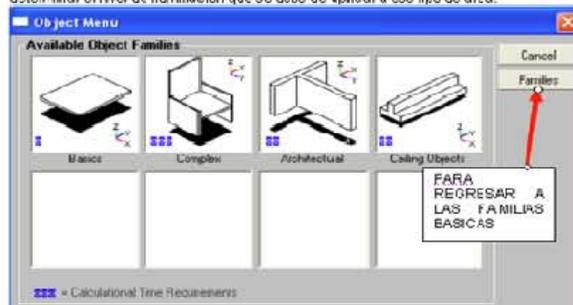
Para observar los resultados después de haber efectuado el cálculo, del menú principal señalamos las siguientes opciones **OUTPUT \ CALCULATION RESULTS**.



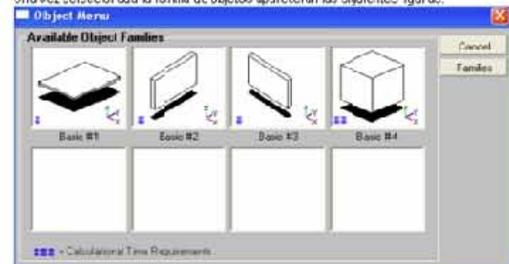
Para adicionar objetos, por ejemplo simular un CCM, motor, del menú principal seleccionamos **ADD \ OBJECT**, es importante aclarar que una vez efectuado el cálculo, si se manipulan objetos, luminarios o dimensiones del cuarto, el reporte de cálculo obtenido se perderá, esto lo podemos ver en la parte baja de la pantalla, la paloma **verde** cambia a **roja** y hay que volver a efectuar el cálculo



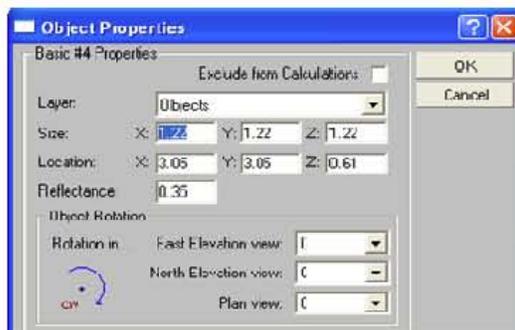
Después muestra una pantalla en donde aparecen una serie de objetos, como los indicados a continuación y que se pueden agregar al cuarto, con el fin de realizar un cálculo más completo y así determinar el nivel de iluminación que se debe de aplicar a ese tipo de área.



Una vez seleccionada la familia de objetos aparecerán las siguientes figuras.

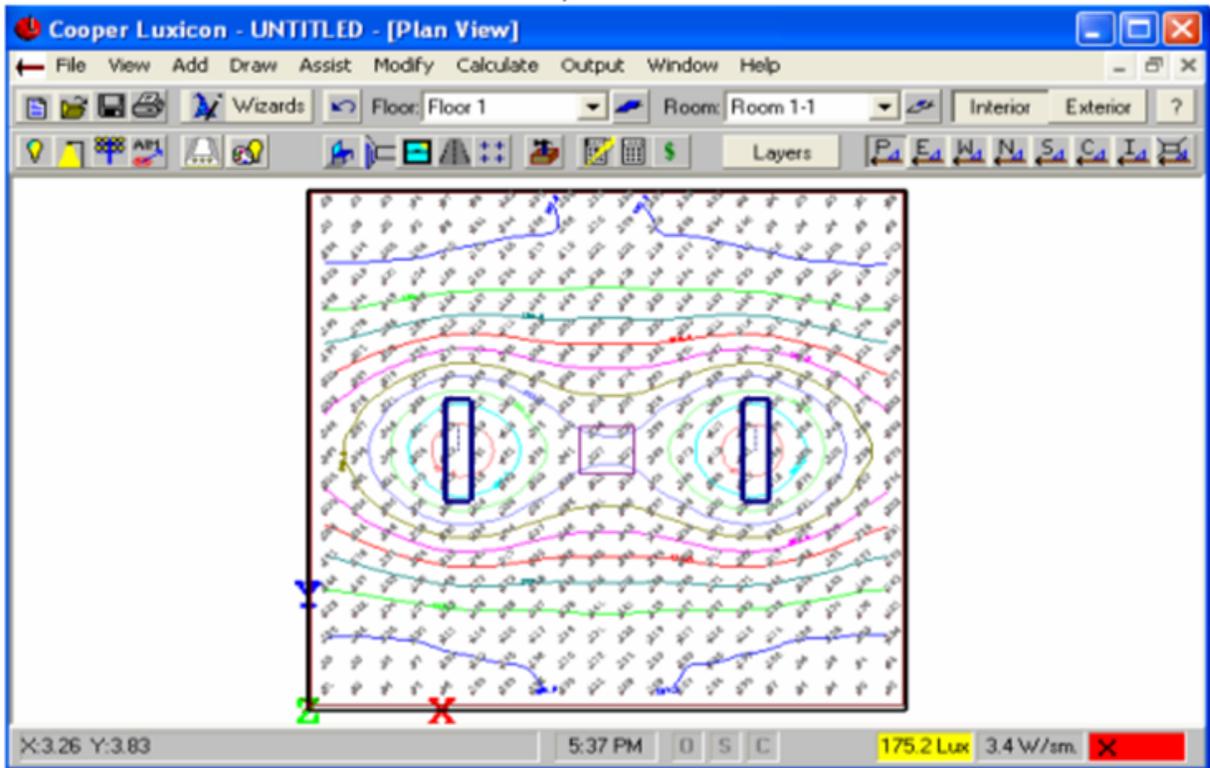


Seleccionando la primer familia y considerando que nuestro cuarto es una subestación eléctrica escogemos el cuto para asignarle dimensiones y consideramos que se trata de un tablero auto soportado y seleccionamos **OK**.



Como observamos en la paleta anterior indica que nuestro tablero al igual que las lámparas lo podemos mover o rotar.

Nota: Las coordenadas de localización de los objetos es al centro de los mismos.



En la figura ya tenemos la ubicación del tablero y procedemos nuevamente a correr el cálculo.

Con estos pasos concluimos el cálculo de alumbrado interior.

Una vez comprendida la forma de trabajo de Luxicon se propone el rediseño/reacomodo de las luminarias existentes en la Biblioteca Jesus Reyes Heróles, con el fin de proporcionar una uniformidad en los espacios de trabajo ya que después de la inspección visual realizada a la instalación se detectaron que existen luminarias que están mal colocadas o que se encuentran en lugares en donde no se está aprovechando la iluminación como debe ser, por lo tanto no se están cumpliendo con los niveles indicados en la Norma.

Tabla 5.1 Niveles de Iluminación de la NOM-025-STPS-2008.

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

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

Tabla 1
Niveles de Iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	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"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2,000

Ya que estos niveles mostrados son muy generales se usara la tabla realizada por el Instituto Tecnológico de Puebla mostrada en la tabla 5.2 usando los niveles de la IESNA y de la NOM-025-STPS-1999, para poder detallar los niveles que se requieren, a continuación se presenta la tabla para referenciar:

Tabla 5.2 Niveles de Iluminación del Instituto Tecnológico de Puebla en base a la IESNA y a la NOM-025-STPS-1999.

	IESNA	NOM
“AUDITORIOS”	300	200
“SALA DE LECTURA”	700	400
“ANAQUELES”	300	200
“MESAS DE LECTURA”	700	400
“PASILLO Y ENTRADA”	50	50

Al hacer los cálculos con la luminaria propuesta y utilizando los niveles antes mostrados se aprecia un incremento en los niveles de iluminación con respecto a las luminarias actuales, de la misma forma se puede apreciar que al utilizar el mismo tipo de luminaria en toda la Biblioteca se genera una uniformidad en la Demanda de Energía, obteniendo una reducción considerable en los consumos de energía y generando ahorros en el recibo de luz.

Tabla 5.3 Resumen Comparativo de Luminarias Actuales y Propuestas.

Cantidad de Luminarias Actuales	kW Demandados Actuales	Luxes Promedio Actuales	Cantidad de Luminarias Propuesta	kW Demandados Propuesta	Luxes Promedio Propuesta
579	67.859	26,810	648	49.616	29,424

Por otra parte al tener el mismo tipo de luminaria se agiliza y se reducen los precios en mantenimiento y el tiempo de los mismos, prolongando la vida útil de las luminarias.

Por mencionar un ejemplo actualmente se tienen 4 luminarias en los baños de hombres de la planta baja, 2 luminarias son de 2X40 W lo que nos demandan 192 W y 2 luminarias de 2X75 W dando una demanda de 360 W, al colocar 4 luminarias de 2X32W dando una demanda de 307W , pudiendo observar una demanda menor considerable.

Ver planos del diseño Propuesta de Alumbrado en la Biblioteca en Anexo 2.

En las figuras 5.3 y 5.4, se muestra un ejemplo más detallado del cálculo de una sección de la Biblioteca para ver el rediseño y los niveles que se están proponiendo.

CUARTO DE PROCESOS

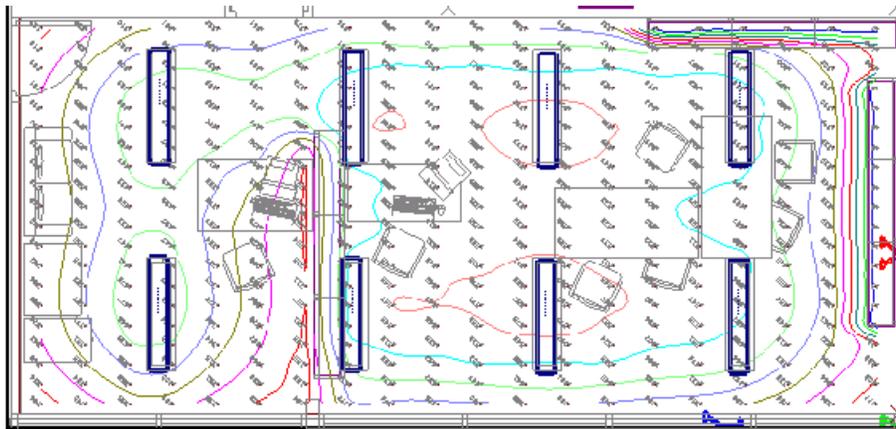


Fig. 5.3 Calculo de Alumbrado

En la figura 5.6 se muestra como las luminarias propuestas forman una curva de iluminación las cuales indican el nivel de iluminación que está generando la luminaria en las zonas del cuarto de proceso, estas curvas se obtienen usando el método de cavidad zonal. El objetivo de la propuesta es el de dar la iluminación idea para el trabajo que se está realizando.

Stat.	Area	Ave	Max	Min	Ave/Min	Max/Min	Std. Dev.
procesos		410.6	592.3	0.0	Undefined	Undefined	140.6

	0.25	0.46	0.67	0.88	1.09	1.30	1.51	1.71	1.92	2.13	2.34	2.55	2.76	2.96	3.17	3.38	3.59	3.80	4.01	4.22
7.58	294.0	349.6	398.7	439.6	465.8	478.6	476.8	462.4	447.0	437.4	433.2	442.7	465.8	486.9	499.1	478.0	480.5	442.9	392.1	340.8
7.12	238.8	280.9	314.7	343.9	364.1	374.7	372.9	366.6	363.7	357.4	371.6	385.0	411.9	445.7	463.6	488.4	469.5	435.7	388.8	352.0
6.66	201.6	226.4	247.6	267.3	277.9	286.1	285.2	278.2	273.3	274.7	293.0	313.1	355.4	405.5	436.6	474.6	459.2	429.3	386.4	360.5
6.20	194.3	189.0	184.6	198.4	201.0	207.1	210.8	205.9	204.4	201.7	199.1	201.2	203.3	248.1	428.2	481.4	474.0	463.2	413.8	373.6
5.74	376.6	412.3	446.7	493.5	517.5	519.6	519.9	516.4	499.7	486.3	480.4	488.2	502.7	516.8	558.0	554.3	535.2	494.4	461.1	394.7
5.28	376.5	435.9	487.9	518.1	547.5	563.5	560.1	542.8	525.2	509.0	522.1	508.2	518.7	539.0	566.3	561.9	533.2	513.8	457.5	393.8
4.82	375.4	436.7	492.1	518.8	547.5	563.4	559.6	545.3	530.6	516.6	510.5	516.1	528.5	546.1	554.5	548.3	521.1	504.7	449.7	388.5
4.37	379.9	447.0	503.4	529.5	558.4	572.3	569.9	555.0	539.4	525.8	520.7	528.9	543.3	556.4	562.5	552.6	528.2	510.6	455.2	397.9
3.91	389.8	460.5	500.4	548.2	578.8	592.3	587.7	570.6	553.6	538.7	534.2	545.1	560.1	574.8	581.6	571.5	543.1	498.2	459.6	387.9
3.45	389.5	460.6	499.4	546.8	577.3	591.6	586.7	569.3	552.8	538.4	535.3	546.4	562.5	577.4	583.4	572.2	543.1	497.1	458.5	378.8
2.99	377.9	444.8	500.3	524.4	553.5	568.1	565.4	551.1	537.2	525.8	523.3	532.3	546.9	560.0	564.5	553.8	525.6	504.0	446.8	351.0
2.53	364.8	430.6	484.4	507.5	535.8	549.9	548.1	535.0	522.2	511.8	509.2	518.6	533.3	546.9	552.2	543.8	517.5	495.4	427.9	0.0
2.07	355.9	421.4	475.9	501.1	529.9	542.9	540.3	526.0	510.5	499.2	497.0	507.1	525.7	544.2	554.2	549.7	522.9	497.0	427.2	0.0
1.61	330.2	393.1	445.9	489.0	496.6	509.3	506.2	513.7	498.7	486.6	482.9	493.0	512.2	533.0	521.7	538.9	514.4	471.3	401.7	0.0
1.15	286.3	338.4	382.0	418.2	442.7	455.9	455.3	444.5	432.1	423.7	421.5	429.0	442.8	457.3	464.0	459.8	437.1	400.0	344.0	0.0

Fig. 5.4 Tabla de Niveles de Iluminación.

Al ver la distribución generada por las luminarias, podemos obtener niveles máximos, mínimos y promedio de iluminación en el cuarto de procesos, estos niveles son dados en unidades de Luxes, nos ayuda a comprender la forma como estamos distribuyendo el alumbrado así como para ver los lugares donde se están generando sombras o deslumbramientos, causados principalmente por el mobiliario del cuarto como pueden ser anaqueles, mesas o cualquier otra.

Después de hacer el levantamiento de los equipos obtuvimos los factores de uso y observamos que en varios lugares de la biblioteca se desperdicia bastante iluminación, tales son los casos como la Sala de Consulta, Hemeroteca y Sala de Tesis entre otros. Dado esto, se ha hecho una propuesta de seccionamiento de la Biblioteca para poder tener un control del alumbrado y el consumo necesario y así evitar los desperdicios.

Ver planos del Seccionamiento de Aéreas en la Biblioteca en el Anexo 3.

Como se muestra en los planos al seccionar la Biblioteca no solo tenemos una mejor distribución del lugar sino que nos ayuda a identificar en donde podemos hacer reducciones de energía usando nuevos métodos de ahorro de la energía.

En base a lo anterior se propone el uso de un tablero inteligente Power Link con el cual podremos hacer un control del alumbrado de la biblioteca y para tener una clara idea del funcionamiento del tablero a continuación se presenta una introducción a la descripción de este.

5.3.-Implementacion de Tablero Inteligente.

Tecnología POWERLINK G3 Sistema de Control para Tableros de Alumbrado:

El alumbrado es el mayor consumidor de energía eléctrica en la biblioteca Jesús Reyes Heróles, pues sobrepasa el 30% del costo total de la energía eléctrica. Si se controlan las fuentes de luz durante los periodos en que no se ocupa el sitio, es probable que se reduzcamos el costo de energía eléctrica por concepto de alumbrado en más de 50%. Por este motivo resulta muy importante tener un control para tableros de alumbrado, además de que el control para tableros de alumbrado nos va a ayudar a diferir los gastos de sustitución de focos y balastos ya que vamos a reducir el número de horas anuales en encendido.

Para esta propuesta de ahorro de energía implementaremos tableros SQUARE´D, línea POWER LOGIC MODELO POWER LINK G3, con modulo de control, interface de voltaje y buses de control, cumpliendo con los reglamentos de construcción para tableros de alumbrado, sin por eso dejar de crear un espacio de trabajo cómodo y productivo, proporcionando luz en donde se necesita y en el momento que se requiere al mismo tiempo de reducir la iluminación en las áreas que no se ocupa.

- **Utiliza tableros de alumbrado estándar:** Los sistemas de control para alumbrado pueden montarse en tableros estándar de alumbrado, todos los componentes de POWERLINK G3 van montados en un tablero similar al del interruptor estándar. El esquema de sistema de control es muy sencillo de realizar, basta con indicar que circuitos derivados van a ser controlados.
- **Ahorra espacio:** Dado que el sistema de control para tableros de un alumbrado se coloca dentro del tablero de alumbrado, queda libre un valioso espacio en paredes y pisos para usos más productivos.

Nivel del sistema

Como primer paso vamos a incorporar a nuestro control un sistema de **Nivel 500** que está diseñado para ser usado junto con otros dispositivos de control como relojes externos de entrada, lectores de

acceso, sensores de presencia u otros sistemas de la biblioteca que brinden cierres de contactos secos o comunicaciones digitales en serie. En respuesta a órdenes enviadas por estos dispositivos, el control conmutara automáticamente un grupo programado de circuitos de alumbrado.

Estrategias de control

Todos los sistemas POWERLINK G3 ofrecen variedad de opciones de control y en esta propuesta nos en varios de ellos los cuales mencionaremos a continuación:

- Control Manual: Lograremos el control de las entradas o el forzamiento retrasado por medio de temporizadores, todo esto con el cableado de switches de baja tensión hacia el controlador.
- Control de presencia: Los sensores de presencia montados en paredes o techos pueden conectarse directamente a la entrada del controlador POWER LINK G3, siendo posible cablear en paralelo con switches de baja tensión para funcionar con forzamiento por temporizador al detectar entradas.
- Programación de horarios: Obtendremos un control por tiempo cableando un reloj de presencia o construir un sistema de control hacia la entrada del controlador POWERLINK G3. El controlador refuerza la capacidad de estos sistemas pues suministra funciones como alerta luminosa intermitente y forzamiento por temporizador de encendido programado
- Control fotométrico: La foto celdas y los sensores de luz diurna se conectan al controlador POWERLINK G3 para permitir la reacción ante los cambios de niveles de luz en las diversas áreas, obteniendo un control sin precedentes de regulación del alumbrado de distintas zonas las cuales se encuentran al aire libre.

Arquitectura del Sistema

Comunicaciones

Cada controlador POWERLINK G3 puede operar directamente hasta ocho buses de control. Esto significa que un solo controlador es capaz de operar directamente hasta 168 interruptores de circuito POWERLINK G3 de operación remota.

El controlador indica a los buses de control cuando deben conmutar los circuitos derivados e interroga cada interruptor de circuito para determinar su estado real.

El controlador de sistema POWERLINK G3 está equipado con los siguientes puertos de comunicación Clase 1 de tetrafilas (Bolden 27326) por los cuales se realiza la comunicación entre el controlador y los buses de control. Los tableros secundarios pueden montarse hasta 122 metros de distancia del tablero primario que alberga el controlador.

Software de configuración:

El software del controlador POWERLINK (PCS) da medios sencillos e intuitivos para configurar y monitorear rápidamente el estado del sistema de control. Con un click del mouse, cualquier usuario puede configurar, monitorear y controlar un sistema para tableros de alumbrado a partir de una estación de trabajo local o remoto obteniendo rápidamente:

- Observar el estado de los circuitos de conexión
- Examinar los registros de eventos
- Hacer modificaciones a la configuración
- Crear o modificar programaciones por tiempo
- Iniciar forzamientos por temporizador

Controladores:

Estos proveen la interfaz y la lógica necesaria para la operación de todo el sistema de control. Estos monitorean la entrada, transmiten el estado del interruptor de circuito y del sistema, ejecutan los programas por tiempo, manejan las comunicaciones seriales y permiten configurar el sistema a partir de los teclados de enfrente de los tableros o a través de una comunicación serial. El controlador se instala en las cajas de frente a la alimentación de energía y ocupa los tres polos adyacentes en la parte superior. Cada controlador puede controlar hasta ocho buses de control conectados a subred.

Los programas de de operación del controlador y las configuraciones se almacenan en una RAM no volátil, para asegurar que se mantenga el programa, aun si se desmonta el controlador del tablero.

Fuente de Alimentación:

Esta fuente de alimentación del POWERLINK G3 alimenta la operación del controlador, los buses de control y los interruptores de circuito de operación remota. La fuente de alimentación se fija en el interior del tablero de la misma manera que un interruptor de circuito estándar tripular.

Una vez entendido el funcionamiento del tablero y con el seccionamiento de la biblioteca se puede hacer un control de las áreas donde se están generando desperdicios de energía.

Como se ve el Power Link es una herramienta muy útil para el ahorro y el control de la energía pero el este requiere de equipo auxiliar como son los Sensores de Presencia, Luz o Tiempo.

Para completar el seccionamiento del alumbrado en la biblioteca se requiere la instalación de Sensores y como parte de la propuesta se están considerando el uso de los siguientes Sensores:



Square D® Wall Mounted PIR Occupancy Sensor

Square D® Wall Mounted Passive Infrared (PIR) Occupancy Sensor accurately detects occupancy and automatically switches lighting on and off as needed. This sensor is wall or ceiling mounted for superior motion detection.

The PIR Occupancy Sensor has 3 interchangeable lenses for custom coverage patterns. The Wide Angle lens has a 2500 square foot coverage area when the sensor is mounted 8 feet high, the Long Range lens has a 102 linear foot coverage area @ 10 ft. high and the High Bay lens has a 54 linear foot coverage area @ 30 ft. high. With a 110 degree field of view the Square D Wall Mounted PIR Occupancy Sensor is ideal for warehouse, business and office settings.

Wall mount sensors also incorporate an integral light level sensor to prevent lighting from switching On when sufficient ambient light is present, such as is commonly found in windowed areas.

Installation and configuration is simple. The sensor readily mounts to walls as well as drop ceilings and features front located adjustments for setting sensitivity and time delay. Features an isolated relay for use with building automation, security and HVAC systems.



View of a Square D wall mount passive infrared sensor

Features

- Interchangeable lenses for custom coverage patterns
 - Wide Angle - 2500 sq. ft. @ 8 ft.
 - Long Range - 102 linear ft. @ 10 ft.
 - High Bay - 54 linear ft. @ 30 ft.
- 110 degree field of view
- Light Level Sensing (from 0.5 to 250 foot-candles)
- Adjustable Time Delay (pre-set time delays from 15 seconds to 30 minutes)
- Adjustable Sensitivity (from 60 to 100%)
- Isolated Relay
- Red LED Motion Indicator
- Front located adjustment access cover
- UL/cUL Listed



visit www.squaredlightingcontrol.com



Fig. 5.5 Sensor de Movimiento para Pared

Square D® Power Pack and Auxiliary Relay



The Square D® Power Pack supplies low voltage power to Square D ceiling and wall mounted occupancy sensors, and employs a heavy duty 20A relay to switch lighting and HVAC loads based on a control signal received from the occupancy sensor. The power pack accepts both 120V and 277V input and supplies up to 100mA at 24VDC.

The power pack employs a micro-controller that switches loads at minimum voltage, protecting relay contacts from high in-rush current common when switching electronic ballasts and AC motors. This switching method reduces the stress across the relay contacts, preventing arc-over and assuring long reliable contact life.

Similar to the power pack, the auxiliary relay does not supply power, but switches lighting and HVAC loads based on a control signal from the occupancy sensor.

Both the power pack and auxiliary relay are housed in a rugged plenum rated enclosure, and rated for lighting and HVAC loads, including electronic ballasts and AC motors. Flexible mounting scheme allows for installation inside or outside a standard 4 x 4 inch junction box.

Features

- 120V & 277V Input
- Plenum Rated
- Flexible Mounting Options
- UL and cUL Listed
- FCC Part 15, Class B
- Heavy duty relay rated to switch electronic ballast loads
- External color coded leads for quick installation
- Mounts to a standard 4-in. x 4-in. junction box using a 1/2-in., threaded EMT nipple



Fig. 5.6 Relevador Auxiliar para Power Pack.

Con estas modificaciones a la Biblioteca se estaría reduciendo el consumo energético con respecto al consumo actual de la Biblioteca.

Como se aprecia en el plano de seccionamiento específico, la propuesta indica que con el sistema de sensores se pudo obtener un ahorro de energía del 30 % aproximado.

Este sistema de control del alumbrado permite un mejor control no solo de la energía que se está consumiendo sino también permite checar en que lugares se está usando o la presencia de alguien en estos lugares lo cual nos ayuda a tener una mejor vigilancia del lugar.

Actualmente en base a levantamientos con el personal de la Biblioteca, espacios como la Sala de Consulta, la Hemeroteca y los pasillos se encuentran alumbrados las 24h del día incluso los fines de semana. Al tener este sistema de alumbrado controlado por sensores permite que estas luminarias se puedan apagar reduciendo así los costos innecesarios y manteniendo una seguridad en la Biblioteca.

5.4.- Análisis de Costo Beneficio

Una vez visto las instalaciones con que cuenta la Biblioteca Jesús Reyes Heróles, podemos visualizar y enfocarnos a las aéreas de mayor consumo energético, usando los datos obtenidos en el levantamiento de equipos y con la colocación del equipo analizador de redes que las luminarias y ciertos equipos de cómputo consumen una gran cantidad de energía y son relativamente antiguas. A pesar de que el equipo funciona bien es necesario que sean reemplazadas.

El alumbrado tiene años en funcionamiento y aunque siguen activas su aspecto no es el adecuado, teniendo suciedad lo que genera una reducción en la intensidad luminosa comúnmente conocido como el factor de depreciación por polvo y se logra ver como existe una falta de los niveles indicados por la norma, ya que la luminaria es obsoleta y no se encuentra en las condiciones óptimas para este servicio, así mismo ya que se tratan de versiones antiguas, los balastos funcionan de una manera menos eficiente que las que actualmente se están manejando en el mercado. Se puede ver como a la misma lámpara le cuesta trabajo cumplir con los niveles indicados, ya que la luminaria es obsoleta y no se encuentra en las condiciones óptimas para este servicio, se tiene una cantidad limitada de repuestos y se ha tenido que buscar la sustitución de elementos de la luminaria para poder seguir operando

Sabemos que debido a que la Universidad recibe sus fondos del Gobierno Federal el presupuesto que se le asigna es ajustado y las prioridades en los gastos no están dirigidas a este tipo de proyectos por lo tanto se considera que no es justificable este tipo de gastos, mas sin embargo al realizar el análisis costo beneficio lograremos justificar de una manera inteligente y atractiva la inversión para esta propuesta.

Como parte del análisis hemos propuesto 3 diferentes gamas de ahorro de energía siendo estas:

- Cultura Energética
- Cambio de balastos y tubos fluorescentes
- Cambio total de luminarias e implementación de tableros y sensores.

5.4.1.- Cultura Energética

Una propuesta Energética no siempre se basa en implementación de nuevas tecnologías, ni de nuevos sistemas energéticos, debemos ser conscientes de que por mucho que a la Universidad se le agreguen nuevos sistemas energéticos, los cuales como se ha demostrado benefician en gran medida a la Institución, también se requiere que se haga una campaña de concientización y aplicación de planes básicos de ahorro de energía.

Esta campaña iría dirigida principalmente al personal que labora en la biblioteca, sin embargo también es necesaria la concientización al estudiantado.

Debido a que la universidad cuenta con una ficha de alumnos extensa es necesaria ubicar que la campaña deberá ser enfocada a gente de edades entre 18 y 30 años.

Como principales objetivos se maneja un sistema de anuncios colocados en: Tableros de avisos, Pizarrones en los edificios, Avisos electrónicos en el portal de la Facultad, Correo electrónico, Revistas impresas o electrónicas, Carteles Circulares Editoriales y Mensajes Directivos, Murales en áreas comunes, Exposiciones dentro de la Biblioteca, Pancartas en pasillos y corredores generales, Impresiones en áreas de ventanillas, así como micras de plástico colocados en las ventanas no solo de la Biblioteca sino en todas las aulas de la Facultad.

Se generarían encuestas, las cuales servirían para poder obtener datos sobre el nivel de conciencia energética que hay en el personal académico así como en el estudiantado. Los resultados de estas encuestas nos ayudaran a ver la intensidad con la que deberán ser aplicados los anuncios de la campaña.

La propaganda que se establecerá como base será:

Apagado de luces en las de estudio, oficinas, videotecas, salas de tesis, hemerotecas, cuartos de bibliotecarios, bodegas y en los cubículos tanto de los seminarios como de los cubículos de estudio grupal entre otros.

Control del Aire Acondicionado según la necesidad y la situación climática en la que se encuentre (no siempre hay que tener el aire prendido). (Aprender a usarlo cuando sea realmente necesario).

El control del encendido y apagado de monitores y computadoras según su uso (aplicable a las salas de computo y oficinas de personal).

El apagado oportuno de los sistemas no break, (cuando el personal se retire de los cubículos y oficinas deberán apagar los reguladores y no break).

Se sabe gracias al estudio energético realizado, que en la biblioteca se tienen consumos de 7,190 KWh, y con esta campaña se espera no solo poder hacer conciencia al personal de la Facultad si no también poder reducir en un 10% los consumos de energía que se generan en la Biblioteca y que son factores principales de consumo energético, ya que equipos como no break, monitores y alumbrado, frecuentemente, están conectados sin estar siendo usados lo cual genera costos más altos de los que debería.

Se puede establecer un programa de incentivos al personal de la Facultad, con el fin de incrementar la eficiencia y efectividad de la campaña, la cual como lo hemos dicho anteriormente traería considerables beneficios a la Universidad, de ser aplicada correctamente.

Como parte final de la campaña se puede realizar una reforestación en la misma Facultad para crear y mejorar no solo el ambiente, sino para formar espacios verdes creados por el mismo alumnado, esto es parte fundamental para la cultura ecológica y energética ya que sería una excelente forma de ver como son aplicados los criterios y objetivos de la campaña.

5.4.2.- Cambio de balastro y tubo fluorescente

Procederemos con el análisis de Costo Beneficio según se describe en los párrafos siguientes tomando en cuenta que se realizara el cambio únicamente de los tubos fluorescentes y de los balastros que son considerados entes consumidoras de energía eléctrica.

Lista los Costos:

Lámpara fluorescente de 32W, Tipo T-8 HE, encendido rápido, color luz de día 4100° K, con una vida aproximada de 20,000 horas.

Precio: \$ 35.46 P/U

Cantidad de tubos solicitados: 1,160 pza.

Total de Costo: \$ 41,133.00

Balastro electrónico compacto para 2 lámparas fluorescentes de 32W (operable con una), T-8 multigrano 110/277 V

Precio: \$ 145.98 P/U

Cantidad de balastros solicitados: 580pza.

Total de Costo: \$ 84,668.00

Base para lámpara fluorescente entrada 2 pin.

Precio: \$ 10.00 juego

Cantidad de juegos bases solicitados: 290 juegos.

Total de Costo: \$ 2,900.00

Teniendo un costo total de inversión para la sustitución de tubos fluorescentes, balastros y bases de:

\$128,701.00

Lista de Beneficios:

Actualmente en la Biblioteca Jesus Reyes Heroles se encuentran operando 580 equipos de iluminación, con los cuales tenemos 3 diferentes rubros que son los siguientes:

276 Luminarias con dos focos de 40W

295 Luminarias con dos focos de 75W

9 Luminarias con 4 focos de 40W

Para obtener la energía consumida por el total de las luminarias tendremos lo siguiente:

Kw Consumidos por 276 Luminarias de 2X40W.

$$\begin{aligned}Kw &= (276) * (2) * (40) * (1.20) \\ &= 26.496 Kw\end{aligned}$$

Kw Consumidos por 295 Luminarias de 2X75W.

$$\begin{aligned}Kw &= (295) * (2) * (75) * (1.20) \\ &= 53.100 kWh\end{aligned}$$

Kw Consumidos por 9 Luminarias de 4X40W.

$$\begin{aligned}Kw &= (9) * (4) * (40) * (1.20) \\ &= 1.728 Kw\end{aligned}$$

Realizando la suma para obtener el total de energía consumida:

$$\text{Kw Totales} = (26.496) + (53.100) + (1.728)$$

$$\text{Kw Totales} = 81.324$$

Considerando un tiempo de uso de 10 horas y 24 días al mes, siendo esta cantidad ya que la Biblioteca únicamente trabaja de lunes a sábado:

$$\begin{aligned} \text{Kw Consumidos Mensualmente} &= (81.324) * (10) * (24) \\ \text{por 10 horas de uso por 580} & \\ \text{unidades} & \end{aligned}$$

$$= \underline{\underline{19,517.76 \text{ kWh}}}$$

Ahora bien, ya que hemos mostrado la lista de precios únicamente de los tubos fluorescentes, balastos y terminales (bases), propondremos únicamente el cambio de las piezas ya listadas conservando el gabinete y difusores de las actuales luminarias, tomando en cuenta que para las siguientes 2 propuestas de ahorro energético mantendremos el 10% de ahorro por la implementación de la cultura energética, ya que la propuesta anterior es fácil, económica y bastante productiva y así tendremos lo siguiente:

Manteniendo 580 equipos de iluminación, con sus diferentes rubros:

Para obtener la energía consumida por el total de las luminarias tendremos lo siguiente:

Kw Consumidos por 580 Luminarias.

$$\text{Kw} = (580) * (2) * (32) * (1.20)$$

$$= 44,544 \text{ Kw}$$

Considerando un tiempo de uso de 10 horas y 24 días al mes, siendo esta cantidad ya que la Biblioteca únicamente trabaja de lunes a sábado:

$$\begin{aligned} \text{Kw Consumidos Mensualmente} &= (44,544) * (10) * (24) \\ \text{por 10 horas de uso por 580} & \\ \text{unidades} & \end{aligned}$$

$$= \underline{\underline{10,690.56 \text{ kWh}}}$$

Teniendo una diferencia de consumos mensuales entre tubos y balastos anteriores y nueva tecnología de:

$$\text{Diferencia} = (19,517.76 \text{ kWh}) - (10,690.56 \text{ kWh})$$

$$= 8,827.2 \text{ kWh Mensuales}$$

Considerando el 10% de ahorro de energía de la conciencia académica y de personal laboral de la Biblioteca por lo tanto tendremos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{kW totales consumidos} & \\ \text{con conciencia de personal} & = (8,827.2) - (882.72) \end{aligned}$$

$$= 7,944.48 \text{ kWh}$$

$$= (7,944.48) * (12)$$

$$= 95,333.76 \text{ kWh Anuales}$$

A simple vista tendríamos un ahorro de 95,333.76 kWh al año siendo este valor no muy relevante si es que no tiene signos de precio pero como fue ya explicado existe un costo por kWh, siendo este importe por el consumo de energía eléctrica, que en este caso el consumo por iluminación únicamente, por lo tanto si tomamos como dato multiplicador el precio por kWh en punta para tener un factor de amortización y el más caro dentro de los meses que estamos realizando el análisis tendríamos lo siguiente:

Ahorro en pesos por la sustitución de tubos fluorescentes, balastos y bases

$$= (95,333.76 \text{ kWh}) * (2.0003)$$

$$= \underline{\underline{\$ 190,696}}$$

Debido a los costos se propone hacer un análisis en 1 y 2 años haciendo de este tipo de inversión una inversión de corto plazo.

Análisis de Recuperación en base Anual:

El resumen de costos y beneficios para un periodo de 1 y 2 años se muestra a continuación.

Tabla 5.4 Análisis en 2 años Tomando como Pago Total de la Inversión en Varias Exhibiciones

	AÑO 1	AÑO 2	TOTAL
COSTO TOTAL	\$64,350.5	\$64,350.5	\$128,701
BENEFICIO TOTAL	\$190,696	\$190,696	\$381,392

En la tabla 5.4 es posible apreciar que tan solo con invertir los \$128,701 es posible recuperar esta inversión en menos de un año ya que nosotros estaremos percibiendo aproximadamente \$190,696 anualmente, siendo esta propuesta bastante atractiva, teniendo que mencionar que con esta propuesta conservaremos la misma apariencia decadente en la Biblioteca, obteniendo unos niveles de iluminación bastante importantes pero sin una buena distribución.

5.4.3.- Cambio total de luminarias e implementación de tableros y sensores

Procederemos con el análisis de Costo Beneficio según se describe en los párrafos siguientes tomando en cuenta que se realizara el cambio por completo de la lámpara y se implementara tableros inteligentes con sensores de presencia:

Lista los Costos:

Luminaria AVSM 232 SBL DLS Luminaria AVANTE AVSM DE 2 X32 W T-8 Montaje De Suspende O Sobreponer De Balastro Electrónico Multivoltaje.
 Precio: \$1,664.30 P/U.
 Cantidad de Luminarias solicitadas: 648 pza.
 Total de Costo: \$ 1, 078,466.40

Tablero de distribución marca SQUARE'D, línea Power Logic modelo Power Link G3, de 42 circuitos, 3 fases, 4 hilos 220/127 volts, con capacidad en barras de 250 A, modulo de control serie 1000, interfase de voltaje buses de control de 18 circuitos lado izquierdo, 18 circuitos lado derecho, barras de tierra y elementos de fijación, con interruptor principal de 3PX250A.

Precio: \$ 48,365.00

Cantidad de Tableros solicitados: 2 pza.

Total de Costo: \$ 96,730.00

Sensor de pared

Precio: \$ 1,071.42 P/U

Cantidad de Sensores solicitados: 40 pza.

Total de Costo: \$ 42,857.00

Fuente Auxiliar Square-D/SLSSP24 para sensor de movimiento montaje en techo o pared.

Precio: \$ 276.48 P/U

Cantidad de Relevadores solicitados: 40 pza.

Total de Costo: \$ 11,059.20

Teniendo un costo total de inversión para la sustitución de luminarias e implementación de tableros inteligentes y sensores de:

\$1, 235,112.60

Lista de Beneficios:

Actualmente en la Biblioteca Jesus Reyes Heroles se encuentran operando 580 equipos de iluminación, con los cuales tenemos 3 diferentes rubros que son los siguientes:

276 Luminarias con dos focos de 40W

295 Luminarias con dos focos de 75W

9 Luminarias con 4 focos de 40W

Para obtener la energía consumida por el total de las luminarias tendremos lo siguiente:

kW Consumidos por 276 Luminarias de 2X40W.

$$\text{kW} = (276) * (2) * (40) * (1.20)$$

$$= 26.496 \text{ Kw}$$

kW Consumidos por 295 Luminarias de 2X75W.

$$\text{kW} = (295) * (2) * (75) * (1.20)$$

$$= 53.100 \text{ Kw}$$

kW Consumidos por 9 Luminarias de 4X40W.

$$\text{kW} = (9) * (4) * (40) * (1.20)$$

$$= 1.728 \text{ Kw}$$

Realizando la suma para obtener el total de energía consumida:

$$\text{kW Totales} = (26.496) + (53.100) + (1.728)$$

$$\text{Kw Totales} = 81.324$$

Considerando un tiempo de uso de 10 horas y 24 días al mes, siendo esta cantidad ya que la Biblioteca únicamente trabaja de lunes a sábado:

$$\begin{aligned} \text{kW Consumidos Mensualmente} &= (81.324) * (10) * (24) \\ \text{por 10 horas de uso por 580} & \\ \text{unidades} & \end{aligned}$$

$$\underline{\underline{= 19,517.76 \text{ kWh}}}$$

Tomando en cuenta el análisis ya realizado y el reacomodo de las luminarias en la Biblioteca Jesus Reyes Heróles tendríamos operando 648 equipos de iluminación con 2 focos de 32W sin tener subrubros ya que decidimos homologar a un tipo de luminaria por cuestión de estética y presentación de la misma Biblioteca teniendo lo siguiente:

$$\text{kW Consumidos por las 648 Luminarias} = (648) * (2) * (32) * (1.20)$$

$$= 49.766 \text{ kW}$$

Considerando un tiempo de uso de 10 horas y 24 días al mes, siendo esta cantidad ya que la Biblioteca únicamente trabaja de lunes a sábado:

$$\begin{aligned} \text{kW Consumidos Mensualmente} & \\ \text{por 10 horas de uso} & = (49.766) * (10) * (24) \end{aligned}$$

$$= 11,943.93 \text{ kWh}$$

Ya que el objetivo de este proyecto es el de eficientar los consumos es importante mencionar la aplicación de la tecnología Power Link G3 y sensores de movimiento con lo cual lograremos disminuir aun mas estos consumos teniendo un ahorro del 30% mensual del total del consumo en kWh antes obtenido y conservando el 10% de ahorro por la implementación de la cultura energética, ya que la propuesta No 1 es fácil, económica y bastante productiva y así tendremos lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{kW totales consumidos} & \\ \text{con nuevas luminarias y nueva} & \\ \text{tecnología} & = (11,943.93) - (4,777.57) \end{aligned}$$

$$= 4,777.57 \text{ kWh}$$

Teniendo una diferencia de consumos mensuales entre la tecnología anterior y nueva tecnología de:

$$\text{Diferencia} = (19,517.76 \text{ kWh}) - (4,777.57 \text{ kWh})$$

$$= 14,740.19 \text{ kWh Mensuales}$$

$$= (14,740.19) * (12)$$

$$= 176,882.28 \text{ kWh Anuales}$$

A simple vista tendríamos un ahorro de 176,882.28 kWh al año siendo este valor no muy relevante si es que no tiene signos de precio pero como fue ya explicado existe un costo por kWh, siendo este importe por el consumo de energía eléctrica, que en este caso el consumo por iluminación únicamente, por lo tanto si tomamos como dato multiplicador el precio por kWh en punta para tener un factor de amortización y el más caro dentro de los meses que estamos realizando el análisis tendríamos lo siguiente:

Ahorro en pesos por la sustitución de luminarias e implementación de tableros y sensores inteligentes = $(176,882.28 \text{ kWh}) * (2.0003)$

$$= \$ 353,817.62$$

Reducción en el mantenimiento de las luminarias anual
Equivalentes a \$ 3,500.00

Reducción en el personal de mantenimiento anual enfocado al alumbrado de la Biblioteca
Equivalente a \$ 3,000.00

Obteniendo un ahorro real económico de
\$360,317.62

Debido a los costos se propone hacer un análisis en 3 y 5 años haciendo de este tipo de inversión una inversión de mediano plazo.

Análisis de Recuperación en base Anual:

El resumen de costos y beneficios para un periodo de 3 y 5 años se muestra a continuación.

Tabla 5.5 Análisis en 5 años Tomando como Pago Total de la Inversión en Varias Exhibiciones.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	TOTAL
COSTO TOTAL	247,022.52	247,022.52	247,022.52	247,022.52	1,235,112.60
BENEFICIO TOTAL	\$360,317.6	\$360,317.6	\$360,317.6	\$360,317.6	\$1,441,270.4

A pesar de que se demuestra que la inversión puede recuperarse en 4 años el análisis revela que los beneficios obtenidos serán significativamente mayores que los costos de inversión. El punto de equilibrio se alcanza en el 3.43 años, con lo que se garantiza que no habrá variación significativa en los recursos federales otorgados a la Universidad ya que la inversión es pagada en 3 ½ partes iguales generando así un balanceo en el capital del presupuesto otorgado a la Universidad.

Tabla 5.6 Tabla de emisiones de consumos energéticos a emisiones de CO2

TABLA DE EMISIONES DE CONSUMOS ENERGÉTICOS A EMISIONES DE CO2			
FUENTE ENERGÉTICA	UNIDAD	X	FACTOR DE CONVERSIÓN
ELECTRICIDAD	kWh	X	0.495 Kg CO2/kWh
GAS NATURAL	m ³	X	1.7 Kg CO2/m ³
GASOLEO	L	X	2.6 Kg CO2/L
BUTANO	Kg	X	2.7 Kg CO2/Kg
GASOLINA	L	X	2.35 Kg CO2/L
AGUA	m ³	X	1.5 Kg CO2/m ³

Es necesario observar que el análisis de beneficios se basa en los criterios subjetivos del personal administrativo de la Universidad, es decir la toma de decisiones no corresponde al diseño de este proyecto ni al personal de la Biblioteca, que aunque se apoyen en datos y cifras, pueden tener errores de estimación que harían variar los resultados. Sin embargo, en general, puede decirse que la inversión traerá más beneficios que los costos de inversión que están siendo propuestos en este proyecto, llamándose este Beneficio Ambiental:

Tomando en cuenta el consumo que tiene y que tendría la biblioteca Jesús Reyes Heróles con la propuesta energética podemos no solo identificar los beneficios Energéticos, Económicos y de sustentabilidad que obtendría la Universidad sino también podemos incluir a esa lista un beneficio que en las últimas décadas es de vital importancia que es el Beneficio Ecológico y/o ambiental.

Considerando que la Biblioteca en la actualidad tiene un consumo únicamente por parte de la iluminación de 234,213.12 Kw/h anual, y tomando la Tabla de Emisiones de Consumos Energéticos a Emisiones de CO2, la cual nos indica la cantidad de CO2 que se tiene que generar para poder satisfacer la energía demandada, se determina:

$$(234,213.12 \text{ kWh}) * (0.495 \text{ Kg CO}_2/\text{kWh}) = 115,935.49 \text{ Kg CO}_2/\text{kWh}$$

Esta cantidad de CO2 es generada al Año teniendo la Biblioteca como se encuentra en este momento, si reducimos el consumo, como lo tenemos indicado en la Propuesta No 2 tendríamos:

$$(4,777.57 \text{ kWh}) * (0.495 \text{ Kg CO}_2/\text{kWh}) = 2,364.9 \text{ Kg CO}_2/\text{kWh}$$

Tomando la diferencia de lo anterior tenemos:

$$(115,935.49 \text{ Kg CO}_2/\text{kWh}) - (2,364.9 \text{ Kg CO}_2/\text{kWh}) = \text{Kg CO}_2/\text{kWh}$$

Lo que nos da una reducción en la emisión de CO2 del 98 % Anual, con esto se comprueba que no solo se está mejorando una instalación sino que también se está contribuyendo con el medio ambiente.

Para entender un poco más el beneficio ecológico que se estaría generando debemos saber que los árboles pueden ser considerados como sumideros de Carbono o depuradores de contaminación, ya

que en su ciclo de vida absorben CO₂ para realizar la fotosíntesis, sintetizando hidratos de Carbono y liberando O₂.

Una forma de valorar el impacto ambiental que se genera con la emisión de CO₂ a la atmósfera debido al consumo energético, es determinar la cantidad de árboles que son necesarios para absorber todo el CO₂ que la biblioteca ha emitido en un año.

Árboles necesarios para su depuración:

$$115,935.49 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}/20 \text{ kg de CO}_2/\text{árbol} = 5,796 \text{ árboles.}$$

$$2,364.9 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}/20 \text{ kg de CO}_2/\text{árbol} = 118 \text{ árboles.}$$

Esta sería la reducción de árboles plantados para poder absorber los consumos que genera la biblioteca Jesús Reyes Heróles.

Aparte de que se estaría haciendo un bien al medio ambiente por la importantísima reducción de CO₂ al ambiente, este tipo de mejoras generan un apoyo por parte de CFE, las cuales se verían reflejados en los cobros de las tarifas que en la actualidad se tienen, así mismo la universidad se estaría convirtiendo en una ESR (Empresa Socialmente Responsable), lo que la certificaría como una institución Educativa con carácter Ambientalista.

Conclusiones:

Nuestra propuesta de energía tiene como base fundamental el poder otorgarle a la Universidad una opción de inversión viable, rentable y basada en una tasa interna de retorno (TIR) donde se demuestra a corto plazo la factibilidad de desarrollo del proyecto. Con base en los resultados aquí presentados, consideramos que el proyecto contribuirá a la Facultad a tener a un mejor rendimiento y utilización en el consumo de energía con resultados positivos en el área de productividad y eficiencia al reducir costos de operación y mantenimiento.

El objetivo principal de la tesis, es la propuesta de energía enfocada principalmente a los consumos que demanda la biblioteca Jesús Reyes Heróles, para lo cual fue necesario identificar las condiciones en las que se encuentra actualmente la instalación, detectado por medio de equipo especializado la problemática existente en las instalaciones y que requieren de estudios más específicos y especializados.

Este proyecto podría representar para la Universidad una contribución social, económico y ambiental muy importante., actualmente la Universidad está enfocada en la búsqueda de un crecimiento y reconocimiento Internacional, por lo que consideramos que el proyecto se convierte en un área de oportunidad para reducir los consumos energéticos de la Facultad, y como consecuencia un costo beneficio significativo, contribuyendo al ambiente mediante la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera de CO₂; la reducción de riesgos en su instalación y reducción de costos que generan los consumos excesivos.

Estos beneficios podrían ser reconocidos por Instituciones Nacionales e Internacionales en materia ambiental, otorgándole a la universidad la oportunidad de certificaciones de: calidad ambiental, seguridad de instalación, certificaciones por instalaciones verdes, así como el cumplimiento de las normas Nacionales e Internacionales en materia ambiental. Hoy en día es imposible pasar por alto la protección al medio ambiente en las industrias. Es necesario que éstas se comprometan con su entorno y adopten procesos efectivos que no sólo cumplan con sus expectativas económicas, sino que también se preocupen por el desempeño ambiental.

La realización de un sistema energético está basado fundamentalmente en tres pasos: i) El levantamiento de la instalación; ii) El análisis de las condiciones eléctricas de la instalación y iii) El estudio económico de inversión., estos pasos junto con otras consideraciones se han podido desarrollar, explicar y comprobar durante el desarrollo de esta tesis, a través de los conocimientos adquiridos durante la trayectoria académica.

Es importante mencionar que durante su desarrollo, se enfrentaron problemas de carácter técnico que solo se pudieron resolver gracias a los conocimientos teóricos que fueron impartidos durante la carrera.

Recomendaciones principales:

Realizar un estudio de cargas en los tableros principales y derivados, con el fin de tener un balanceo correcto de las mismas y evitar calentamientos y desgastes en los aislamientos y en las terminales.

Revisión de puntos calientes en tableros y contactos de la Biblioteca ya que existen evidencias que muestran que las conexiones a los alimentadores se encuentran en muy mal estado.

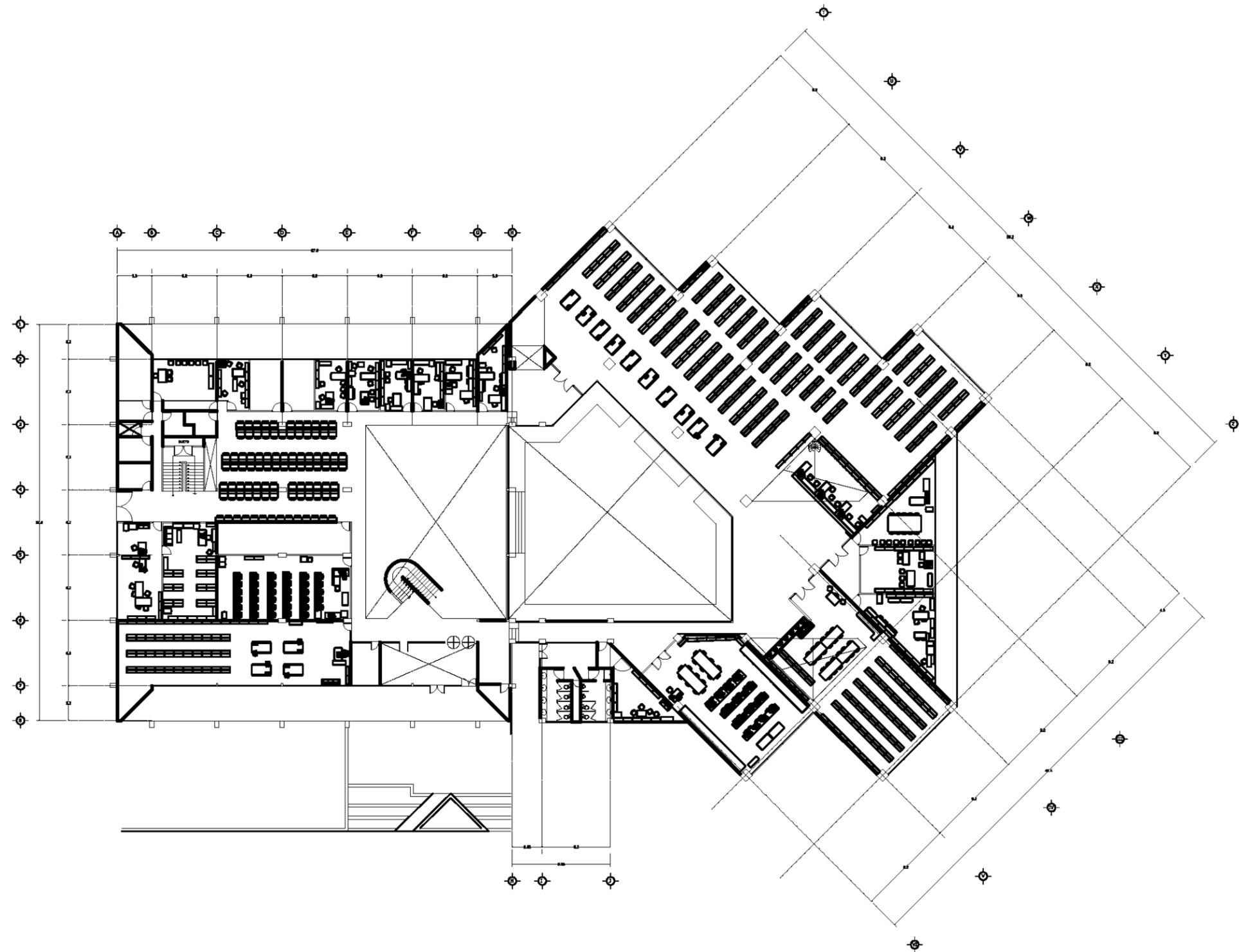
Pruebas al transformador que alimenta a la Biblioteca, considerando no solo su mantenimiento sino su posible cambio debido a un mal funcionamiento.

Calculo de calibre de conductor así como dimensionamiento de tubería enterrada usando la norma NOM-001-SEDE-2005 como base de este cálculo, y considerando el cálculo por corto circuito.

Como recomendación final, se hace mención a la necesidad de hacer una renovación total del sistema eléctrico, esto debido a que la instalación actual está a punto de dejar de servir, si no es que ya no sirve y no solo por norma sino por tiempo de vida útil de los materiales con los que fue hecha la instalación, sin contar con los incrementos constantes en demanda que tendrá la biblioteca en tiempos futuros.

BIBLIOGRAFÍA

- Pere Esquerra Pizá
Dispositivos y sistemas para el ahorro de energía
Marcombo S.A.
- Enríquez Harper Gilberto
ABC de la calidad de la energía eléctrica
Limusa
- Revista sobre el ahorro de energía eléctrica
FIDE
- Elementos básicos de un diagnóstico energético orientada a la aplicación de un programa de ahorro de energía
FIDE
- www.cfe.com.mx
Comisión Federal de Electricidad
- www.conuee.com.mx
Comisión Nacional para el Uso eficiente de la Energía
- NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005
Instalaciones Eléctricas (instalación)
Secretaría de Energía



PLANTA BAJA BIBLIOTECA

PROYECTO TESIS

fecha de elaboración:	autor:
07 / 08 / 2011	M. DE ING. DAVID FRANCO

SIMBOLOGIA

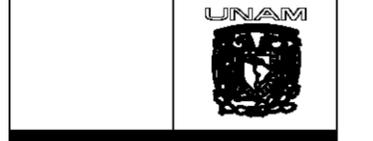
superficie del terreno: 2,377 m²

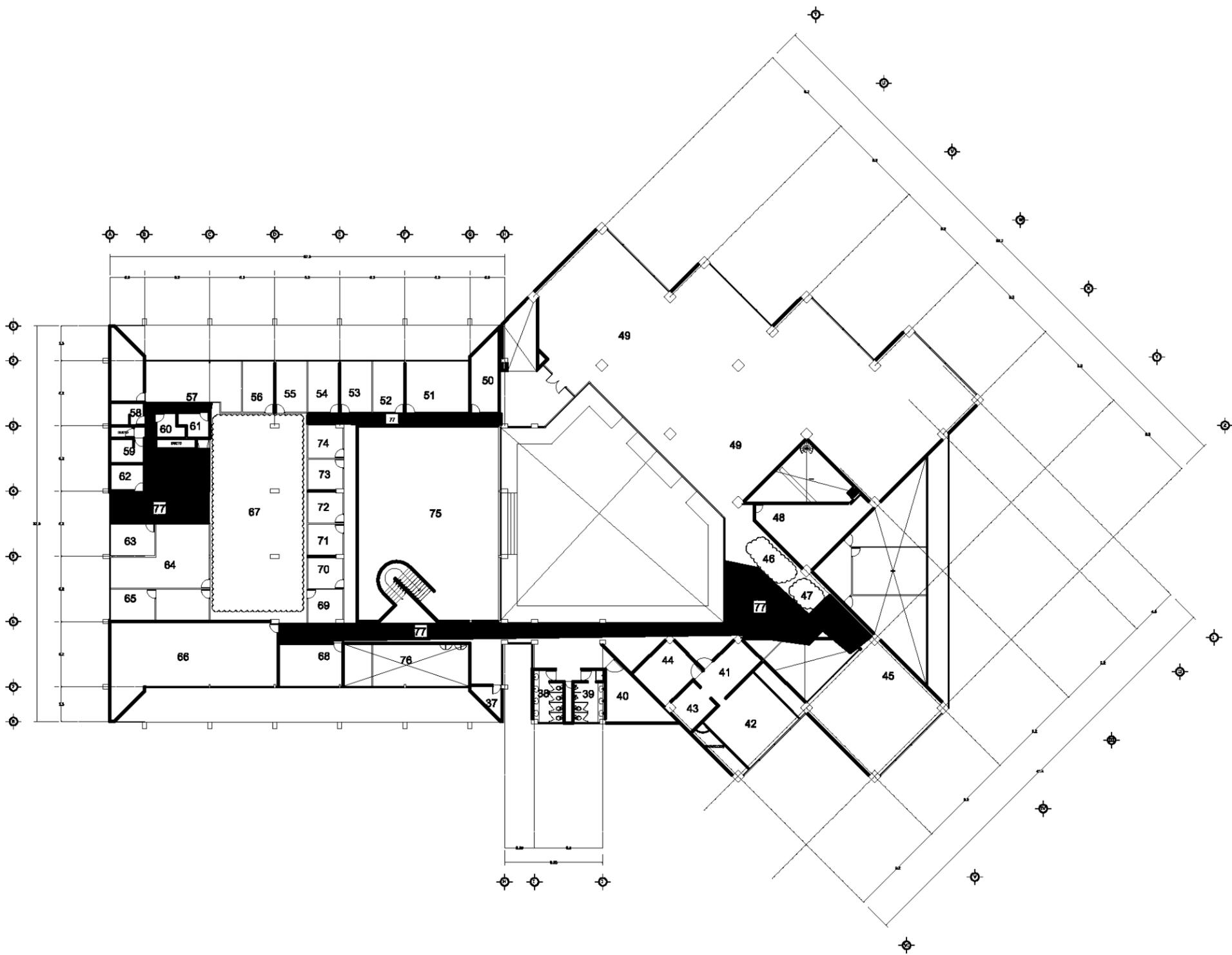
croquis de localización:

DIAGNOSTICO ENERGETICO

Ubicación:	Av. CENTRAL Y IMA, RANCHO MECO s/n. SAN JUAN DE AMADOR, EDO. DE MEXICO		
Fase:	SECCIONAMIENTO		
Proyecto y cliente:	Univ. Nacional Autonoma de Mexico Facultad de Arquitectura		
Asesor:			
Ubic.:	Univ. Nacional Autonoma de Mexico Facultad de Arquitectura		
no. de plano:	001	serie:	AQ-1

estado:	MEXICO, D.F.	escala:	1:100
fecha:	07 / 08 / 2011	escadador:	maestro





PLANTA PRIMER NIVEL BIBLIOTECA

37	Bodega Manto
38	Baños P.A. Mujeres
39	Baños P.A. Hombres
40	Bodega de Tesis
41	Aula Magna
42	Auditorio Aula Magna
43	Bodega Aula Magna
44	Sala de juntas Aula Magna
45	Fundacion UNAM IV
46	Catalogo en linea P.A.
47	Fotocopiado P.A. 2
48	Seminario de Economia
49	Sala de Lectura P.A.
50	Planificacion para el Desarrollo Agropecuario
51	Fundacion UNAM 3
52	Cubiculo 4 P.A.
53	Cubiculo 3 P.A.
54	Cubiculo 2 P.A.
55	Cubiculo 1 P.A.
56	Cubiculo de Sociologia
57	Vidioteca
58	Baños P.A. Mujeres
59	Baños P.A. Hombres
60	Bodega Limpieza 1
61	Bodega de Limpieza 2
62	Bodega
63	Cuarto de Servidores
64	Procesos Tecnicos
65	Jefe de Biblioteca
66	Hemeroteca
67	Lectura P.A. Cubiculos Individuales
68	Bibliotecarios
69	Cubiculo 1-a
70	Cubiculo 2-a
71	Cubiculo 3-a
72	Cubiculo 4-a
73	Cubiculo 5-a
74	Cubiculo 6-a
75	Area de Exposiciones
76	Entrada
77	Pasillos P.A.

PROYECTO TESIS

Fecha de Emisión:	revisión
07 / 03 / 2011	M. DE ING. DAVID FRANCO

SIMBOLOGIA

superficie del terreno: 2,377 m²

croquis de localización:



DIAGNOSTICO ENERGETICO

Ubicación:	Av. CENTRAL Y Hda. PANDEJO MEDIO andes. SAN JUAN DE AMIGON, EDO. DE MEXICO
Piso:	SECCIONAMIENTO
Proyecto y Diseño:	Mapa, Barbara Marco Antonio Herrera Luis Quintero
Asesorar:	
Diseño:	Mapa, Barbara Marco Antonio Herrera Luis Quintero

no. de plano: **002** serie: **SE-2**

ciudad:	MEXICO D.F.	escala:	1:100
fecha:	07 / 03 / 2011	autor:	revisión

