

129  
2 es.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

## ANALISIS Y PROPUESTAS PARA EL USO RACIONAL DE LA ENERGIA EN LA FACULTAD DE ODONTOLOGIA DE LA U.N.A.M.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**AREA ELECTRICA ELECTRONICA**  
**P R E S E N T A N :**  
**ALEJANDRO PEREZ PALACIOS**  
**ULISES SANDOVAL PAREDES**

DIRECTOR DE TESIS: ING. AUGUSTO SANCHEZ CIFUENTES.  
CODIRECTOR DE TESIS: ING. ARTURO MORALES COLLANTES.



MEXICO, D. F.

26/9/1

1998.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**AGRADECIMIENTOS...**

A la Facultad de Ingeniería por otorgarme la oportunidad de estudiar una carrera.

A mis padres, sin los cuales no hubiera podido realizar esta tarea. Les agradezco el inmenso esfuerzo y apoyo incondicional que me brindaron.

A mis amigos que me acompañaron y apoyaron en esta difícil tarea, en especial a mi amigo Ulises, Jorge, Alfredo, José, Isaac, Armando, René, José Luis, Mario, y Abraham.

A mis familiares:

Mis hermanos:  
Sergio y David.

Mis tíos:  
Luis, Pilar, Sergio, Manolo, Antonio, Amelia, Ricardo.

Mis primos:  
Érika, Marcela, Rosa, Ángeles, Lourdes y Paco.

En memoria de mis abuelitas:  
Teresa y Maria Esther.

A Sandra, mi novia, por darme la inspiración y el coraje para salir adelante.

A mis maestros:  
Por brindarme desinteresadamente sus consejos y conocimientos.

Al Programa Universitario de Energía:  
Por darme la oportunidad de realizar este trabajo que por fin se ve realizado.

A todos ellos mil Gracias

**Alejandro**

**AGRADECIMIENTOS...**

*Sabiendo que jamás existirá una forma de agradecer una vida de lucha, sacrificio y esfuerzo constante, sólo deseo que comprendan que siempre fuimos un equipo; que el logro mío; es completamente suyo, que todo mi esfuerzo es inspirado y nace en ustedes, que son mi único ideal y ejemplo a seguir y superar día con día.*

*Porque gracias a su apoyo constante e incondicional, a su aliento de seguir siempre adelante, eliminando por completo la posibilidad de claudicar.*

*Porque siempre estuvieron conmigo, aunque lejos físicamente, moralmente siempre estuvieron cerca de mí, a mi lado con consejos, he llegado a realizar la más grande de mis metas; la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir de ustedes.*

***Mi formación Profesional.***

***Con admiración, respeto, amor y mucho cariño:***

**Infinitas GRACIAS: Papá y Mamá.**

**Profr. Fidel Sandoval Z.**

**y**

**Profa. y Lic. Ma. Cristina Paredes S.**

**... su hijo, que los quiere mucho:**

***Ulises Sandoval Paredes.***

Como una muestra de mi cariño y agradecimiento, por todo el amor y el apoyo brindado y porque hoy veo llegar a su fin una de las metas de mi vida, les agradezco la orientación que siempre me han dado.

A mis dos grandes amores, mi  
**Abue Pachita y Mamá Tomasita** así como en memoria de mis abuelos:  
**Ponciano Paredes V. y Adrián Sandoval N.**

...su nieto que las quiere y los extraña:  
**Ulises Sandoval Paredes.**

Porque gracias a su apoyo, esfuerzo, aliento, estímulo y comprensión; me han inspirado confianza, impulsándome a obtener uno de mis principales objetivos. Mismos que posibilitaron la conquista de esta meta. A Quiwi, mis Tías y Tíos, mis hermanos, primos y primas, así como también a todos mis sobrinos y sobrinas, en especial a **ALES**.

... GRACIAS por todo, los quiere:  
**ULISES.**

Porque eres de esa clase de personas que todo lo comprenden y dan lo mejor de sí mismas sin esperar nada a cambio...

Porque sabes escuchar y brindar ayuda cuando es necesario...  
Porque te has ganado el cariño, admiración y respeto de todo el que te conoce.  
**Alejandra Trejo Aranda,**  
te doy las gracias por haberme soportado todo este tiempo y estar al lado mío en los momentos más críticos de este trabajo; por tu gran ayuda, apoyo y comprensión.

**GRACIAS mil.**  
**I do love you.**

... te quiere: **Ulises.**

Al término de esta etapa de mi vida; quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes con su ayuda, guía, colaboración y apoyo incondicional, así como su comprensión, me alentaron y ayudaron a lograr esta realidad. A:

**Mi alma mater la:**

**Universidad Nacional Autónoma de México**

**A la**

**Facultad de Ingeniería**

**A**

**Mis Profesores**

**A todos mis AMIGOS y AMIGAS**

**A**

**Alejandro y a todos los buenos amigos del P.U.E.**

... sinceramente, **GRACIAS** a todos:

**Ulises Sandoval Paredes.**

ÍNDICE

Agradecimientos. ....	ii
Introducción. ....	vii
<b>1. Evaluación energética de las instalaciones de la Facultad de Odontología. ....</b>	<b>1</b>
1.1.- Niveles del diagnóstico energético. ....	4
1.2.- Descripción de los aparatos de medición empleados. ....	5
1.3.- Resultados del diagnóstico de la Facultad de Odontología. ....	6
<b>2. Características arquitectónicas y eléctricas actuales de la Facultad de Odontología. ....</b>	<b>44</b>
2.1.- Actualización de planos eléctricos. ....	44
2.2.- Actualización de los cuadros de carga de las instalaciones. ....	66
<b>3. Propuesta de cambios en las instalaciones eléctricas de la Facultad de Odontología. ....</b>	<b>90</b>
3.1.- Balanceo de fases. ....	90
3.2.- Tableros de alimentación y protecciones. ....	91
3.3.- Sistemas electrónicos de control del consumo de energía. ....	94
3.3.1.- Sensores de presencia. ....	95
3.3.2.- Otros dispositivos. ....	97
3.4.- Luminarias ahorradoras vs luminarias convencionales. ....	101
3.5.- Propuestas para mejorar el uso de la energía en la Facultad de Odontología de la U.N.A.M. ....	107
3.6.- Parámetros del diseño de conductores. ....	110
3.7.- Elaboración de planos propuestos. ....	117
3.8.- Elaboración de cuadros de carga propuestos. ....	137
3.9.- Normalización. ....	154
<b>4. Evaluación económica. ....</b>	<b>155</b>
4.1.- Estimación de costos. ....	157
4.2.- Amortización de la inversión. ....	163

<b>Conclusiones.</b>	.....	165
<b>Bibliografía.</b>	.....	168
<b>Apéndice A.</b>	.....	170

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso racional de la energía es asunto prioritario en todos los países y economías del mundo.

A pesar de que se conocen las tecnologías y métodos para hacer un uso eficaz de los energéticos, son muchas las barreras sociales, políticas, económicas y sobre todo educacionales y culturales para que éstas se apliquen. La experiencia ha demostrado que se pueden obtener buenos ahorros de energía con una inversión media y una relación beneficio-costo atractiva.

Las siguientes son algunas de las principales razones por las que conviene ahorrar energía:

- La mayor proporción de los energéticos actuales del país son no renovables.
- Para lograr la competitividad en mercados internacionales necesitamos costos de producción razonables, y actualmente se usa demasiada energía en las industrias, comercios, escuelas, etc.
- Nuestra capacidad para generar energía eléctrica es limitada, por lo que difícilmente será satisfecha la demanda si persiste su crecimiento acelerado.
- El país requiere para necesidades más apremiantes el dinero que se invierte en aumentar la capacidad de transformación de energía.
- Tenemos necesidad de educarnos en una cultura medida, no más desperdicio y la más sólida forma de educar es el ejemplo.
- Abusar de la energía eléctrica en general produce contaminación y afecta la ecología. La gran mayoría de la energía eléctrica en México (el 60% aproximadamente \*) es producida con combustibles fósiles por lo que se contribuye fuertemente al efecto invernadero.

Los usuarios finales debemos reducir nuestras facturas de energéticos, este ahorro bien podría ayudar a mejorar el nivel de vida familiar.

Existen diversas formas o métodos para proponer o cultivar el ahorro de la energía en una población, y se inician desde una campaña de concientización, hasta elaboradas técnicas de reemplazo de dispositivos y estudios energéticos.

La U.N.A.M. como un reflejo de la sociedad, no puede permanecer apartada por lo que desde 1992 ha estado realizando esfuerzos por mejorar el uso de la Energía dentro de sus instalaciones.

El Programa Universitario de Energía (P.U.E.) es un organismo creado para proveer el marco de referencia en el que la Universidad encuadre sus acciones de investigación y desarrollo de formación de personal, de asesoría y vinculación a los otros sectores del país en el campo de la energía. Dentro de los proyectos especiales que realiza el programa se tiene el uso racional de la energía en el campus universitario en el cual se ha realizado el diagnóstico energético de la gran mayoría de las dependencias universitarias.

En este trabajo se presenta el diagnóstico realizado en la Facultad de Odontología, a partir de los resultados se proponen algunas modificaciones en las instalaciones eléctricas para dicha Facultad con el fin de mejorar el uso de la energía.

\*Dato obtenido del reporte anual de la Secretaría de Energía de 1996. (<http://www.energia.gob.com.mx/>).



Como un marco de referencia iniciaremos explicando cómo se muestra la distribución de energía eléctrica en Ciudad Universitaria.

La Ciudad Universitaria cuenta con tres subestaciones generales para su alimentación, la subestación general No. 1, que se encuentra al costado sur de la Facultad de Psicología, la subestación general No. 2, que se encuentra en la parte sudeste de la Facultad de Trabajo Social y la subestación No. 3, que es la que alimenta a toda la Zona Cultural. Siendo éstas las que reciben las acometidas de la empresa de Luz y Fuerza del Centro y distribuyen la energía eléctrica a cada una de las facultades, recintos, instituciones o dependencias dentro de Ciudad Universitaria.

Como nuestro estudio está enfocado al uso racional de la energía en la Facultad de Odontología, comenzaremos dando una descripción de los circuitos de la subestación General No.1 la cual energiza a las instalaciones de dicha Facultad.

En la figura No. 1. Podemos observar un diagrama unifilar en el cual se describen las características eléctricas de la subestación No. 1 de Ciudad Universitaria y se pueden distinguir la subestación, sus conexiones, y las barras que distribuyen la energía eléctrica en las distintas dependencias que conforman dicho arreglo.

En la misma figura se pueden apreciar las dos subestaciones de la Facultad de Odontología las cuales están energizadas a través del anillo No. 4. Éste alimenta a la Torre número II de Humanidades con una subestación de 300 KVA y a la Facultad de Odontología con dos subestaciones de 300 KVA cada una. En el anillo tenemos también conectadas a las Facultades de Medicina, Química, y a algunas otras dependencias.

En la figura No. 2, se presenta un diagrama unifilar que describe detalladamente las características eléctricas de la subestación General No.1. En ésta se tienen dos alimentadores para proveer energía permanentemente de Luz y Fuerza al sistema, ya sea por el alimentador preferente (Odón de Buen) o por el emergente (otro banco de la misma subestación). Éstos están conectadas a un interruptor de transferencia. Posteriormente de derecha a izquierda se pueden apreciar un apartarrayos, el equipo de medición, un par de cuchillas de prueba, un transformador de servicios para la subestación, un interruptor de potencia y la subestación que tiene una capacidad de 15 MVA. En la sección superior izquierda de la figura podemos observar un par de transformadores de potencia con capacidad de 7.5 MVA cada uno. En éstos mismos tenemos tres transformadores de corriente que alimentan a un sistema de protección a base de relevadores diferenciales, los cuales desenergizarán el sistema en caso de falla eléctrica garantizando la protección del mismo. En la parte inferior podemos observar un par de barras que alimentan a los anillos III y IV, los cuales suministran energía a las demandas que conforman este arreglo. Éstos anillos se caracterizan por proveer continuidad de servicio al sistema y en caso de falla eléctrica se restablece la energía por medio de interruptores de enlace.

La figura No. 3 nos muestra cómo se encuentra la distribución de la energía eléctrica en las subestaciones No. 1 y 2 de la Facultad de Odontología. En esta misma podemos observar los alimentadores y protecciones de cada uno de los tableros que conforman las instalaciones de dicha Facultad.

Una vez localizada la Facultad de Odontología procederemos a realizar el estudio energético para evaluar las condiciones en que se encuentra dicha Facultad.

El Programa Universitario de Energía aplicó una metodología para evaluar el consumo de energía en la Facultad de Odontología. Esta metodología incluye el diagnóstico energético de las instalaciones, el cual se presenta en el capítulo I en el que se tiene la medición de diversas variables eléctricas en las instalaciones de la Facultad. Estas mediciones se realizan con el objeto de evaluar las condiciones en las que operan las instalaciones, en este diagnóstico se realiza también una evaluación de las cargas, haciendo las recomendaciones y análisis técnico económicos correspondientes.

La segunda etapa presentada en el capítulo 2, es denominada "levantamiento eléctrico" y consiste en la actualización de los planos eléctricos de la Facultad de Odontología. Este proceso se encarga de plasmar las instalaciones existentes hasta el momento en un plano dibujado por computadora de tal manera que esta información pueda ser actualizada al mismo tiempo que se realicen cambios en las instalaciones.

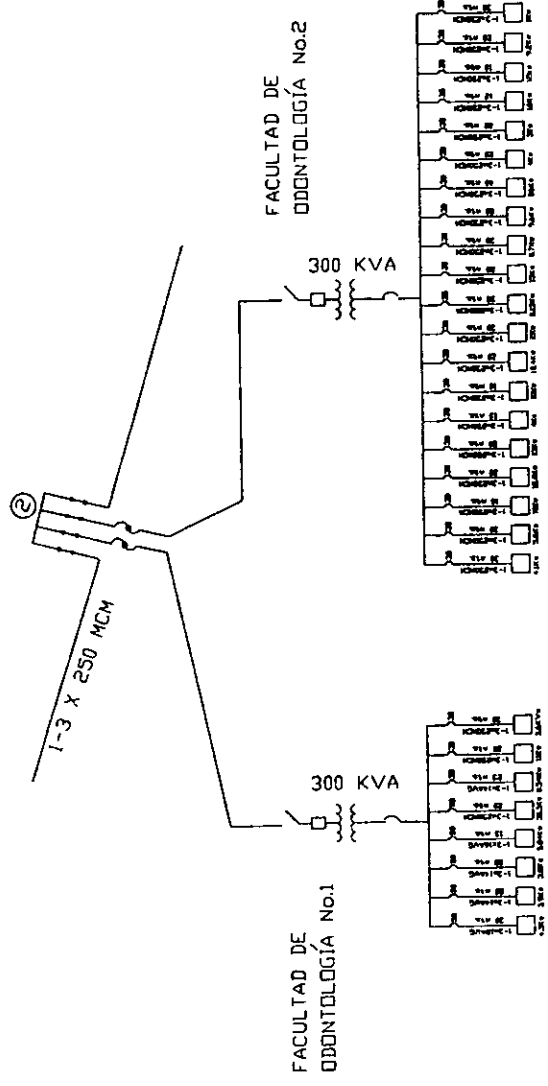
En la tercera etapa presentada en el capítulo 3, se realizan las propuestas para modificar las instalaciones eléctricas en la Dependencia. Esto se hace gracias a la información obtenida en los pasos o etapas anteriores.

Por último en el capítulo 4, se realiza el análisis económico con el cual se trata de evaluar el costo de la inversión, el ahorro anual obtenido gracias a las modificaciones anteriormente citadas y el tiempo de amortización o recuperación de la inversión.





**FIGURA 3**  
**DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN LAS SUBESTACIONES**  
**No.1 Y 2 DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**



## CAPÍTULO 1

### **1.- EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LAS INSTALACIONES DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

Iniciaremos describiendo brevemente la metodología que se utiliza para evaluar y mejorar el consumo de energía eléctrica de cualquier dependencia de la U.N.A.M.

La metodología aplicada por el P.U.E., se basa en la experiencia, de acuerdo a las necesidades y problemáticas energéticas que se han detectado en la U.N.A.M.

Los pasos a seguir en esta metodología son:

#### **Reunión con directivos**

El encargado del proyecto se entrevistará con el director de la dependencia que se vaya a estudiar, con el fin de darle a conocer las funciones del programa y los procedimientos a seguir para el diagnóstico energético de la dependencia y enterarle de las actividades y avances del proyecto.

#### **Acuerdo y fechas de inicio del estudio**

Se proponen fechas de inicio y culminación del proyecto de acuerdo a un calendario de actividades de tal forma que no afecte las labores de la Institución

#### **Entrevista con el personal de la institución que brindará apoyo logístico**

Entrevistarse con el personal de mantenimiento con el fin de recibir apoyo para la realización del diagnóstico en función de la operación de la dependencia y disponibilidad de la información.

#### **Descripción de instalaciones**

Se realiza una visualización global de las instalaciones de la dependencia, con el objeto de obtener su localización geográfica, número de edificios, distribución de los mismos, localización de pasillos y salones e incidencia de iluminación natural. Con el fin de recabar información que será útil para realizar propuestas en mejora de las instalaciones. (Esta información se encuentra en el capítulo No. 2).

#### **Reconocimiento del inmueble**

Se realiza una inspección parcial en los recintos de la dependencia. El recorrido que se lleva a cabo permitirá observar el tipo de equipo que se utiliza, dónde se encuentran los tableros de distribución, la capacidad y carga de las subestaciones, la ubicación y utilización de los circuitos de fuerza y luminarias, horarios de trabajo, servicios con los que cuentan los edificios (aire acondicionado, elevadores, equipo especializado de laboratorio).

Es necesario contar con información relacionada al diseño y acabado de las instalaciones como puede ser pintura, textura y características físicas de la dependencia.

### **Evaluación de las condiciones del inmueble**

Para poder evaluar las condiciones de las instalaciones. Fue necesario realizar un levantamiento, en el cual se elaboró un reporte que contiene una relación de las condiciones físicas y de los elementos eléctricos que conforman la instalación. Así mismo este reporte fue utilizado para proponer cambios y mejoras en las instalaciones del recinto universitario.

### **Distribución del trabajo.**

El Programa Universitario de Energía cuenta con varios departamentos, los cuales realizarán las tareas relacionadas a su especialidad como son: el levantamiento eléctrico de las instalaciones, la actualización de los planos, diagnóstico energético, propuestas para la mejora de iluminación y equipo de fuerza, etc.

### **Selección del equipo utilizado**

Dependiendo del tipo de estudio que se pretende realizar, se selecciona el equipo necesario para realizar todas las mediciones correspondientes, incluyendo equipo de seguridad como son cascos, guantes, botas, etc.

### **Diagnóstico energético**

Consiste en la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así establecer el punto de partida para implantar el control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuánta es despreciada.

### **Levantamiento eléctrico y elaboración de planos actualizados**

Debido a que generalmente se carece de los planos actualizados de la dependencia, es necesario realizar un levantamiento eléctrico, que consiste en identificar los circuitos eléctricos de la facultad, los cuales contienen diversos tipos de carga de iluminación y fuerza, como son luminarias, contactos, ventiladores, unidades dentales, equipo especial, elevadores, etc. Con esta información se proceden a realizar los planos actualizados, en los que se plasma gráficamente la información relacionada a las características arquitectónicas y eléctricas de la facultad, como pueden ser la ubicación, número de edificios y niveles, distribución de circuitos identificando el tablero del que provienen y el tipo y cantidad de carga que manejan.

### **Propuestas para mejorar el uso de la energía eléctrica en la dependencia**

Con la información antes citada y con el diagnóstico energético se tiene la información necesaria para poder realizar las propuestas correspondientes a la modificación de las instalaciones eléctricas para así obtener una reducción en la facturación y ahorrar energía.

En esta etapa se propone realizar modificaciones como el seccionamiento de circuitos, reemplazo de luminarias convencionales por luminarias ahorradoras, instalación de fotoceldas y sensores de presencia, balanceo de tableros eléctricos, etc.

Para poder realizar estas modificaciones es necesario elaborar lo que se conoce como planos propuestos en los cuales se plasma la información que se planea modificar.

Es necesario también balancear los cuadros de carga, así como proponer la instalación de tableros que se encuentran en mal estado.

### **Evaluación económica**

Este estudio se enfoca únicamente al cambio de las instalaciones de iluminación en la Facultad de Odontología de la U.N.A.M. El estudio se basa en las normas de la IESNA ED-150.9 (Lighting Economics), y trata de establecer la mejor opción a elegir entre tres sistemas de iluminación propuestos por El Programa Universitario de Energía de la U.N.A.M.

A continuación iniciaremos con el estudio relacionado con la evaluación de la energía eléctrica en la Facultad de Odontología. En el cual describimos con más detalle la metodología utilizada para realizar las mediciones referentes al consumo y distribución de la carga de dicha facultad.

La evaluación energética se conoce también como diagnóstico energético, que consiste en la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así establecer el punto de partida para implantar el control de un Programa de Ahorro de Energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada la misma, además de especificar cuánta es despreciada.

Los objetivos para un Programa de Ahorro de Energía en la U.N.A.M son:

- Disminuir la Facturación de Energía Eléctrica.
- Hacer un uso racional de la Energía.
- Contribuir a la formación de una cultura energética en México.

Para llevarlo a cabo se sugiere.

- 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.

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.
- Determinar potenciales de ahorro.
- Darle seguimiento al Programa mediante la aplicación de listas de verificación y ahorro de energía.

A continuación explicaremos con más detalle el proceso para realizar un diagnóstico y para esto comenzaremos con definir qué se entiende por niveles de diagnóstico energético.



## 1.1.- NIVELES DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

El concepto de niveles de diagnóstico energético no está muy bien definido, ya que diversas instituciones o dependencias dedicadas a realizar este tipo de análisis carecen de una regla o norma para clasificarlos. Por tal motivo sólo daremos una breve descripción de cada uno de estos niveles por separado.

Se ha considerado que en general existen tres tipos de diagnósticos:

**DIAGNÓSTICO SIMPLE:** Mediante este tipo de diagnósticos, 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 diagnósticos se deben considerar los detalles detectados visualmente que se consideren como desperdicios de energía, tales como la falta de aislamiento o purgas, asimismo se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros producidos de la administración de la demanda de energía eléctrica, las demandas de la potencia etc. 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.

**DIAGNÓSTICO COMPLETO:** Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y en equipos intensivos de uso, como son los motores eléctricos y los equipos que estos accionan, así como aquellos para compresión 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 operaciones actuales con las del diseño, para así jerarquizar el orden de análisis de cada equipo o proceso. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo en estudio.

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 permite 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.

**DIAGNÓSTICO EXHAUSTIVO:** Consiste en un análisis más profundo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación mediante el uso de equipo especializado de medición y control.

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 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 periodo de recuperación de la inversión.

En el caso particular de la Facultad de Odontología, se realizó un diagnóstico de tipo completo, proponiendo recomendaciones de aplicación inmediata que implican modificaciones a los equipos, seccionamiento de circuitos, y acciones de concientización para un uso racional de la energía.

Para poder realizar una evaluación energética, es necesario realizar una serie de mediciones con diversos equipos.

En el siguiente punto daremos una breve descripción de los aparatos de medición que se emplearon en el estudio energético, así como la etapa del estudio en la que se utilizaron.

## 1.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS APARATOS DE MEDICIÓN EMPLEADOS

En primera instancia para poder evaluar las condiciones de las instalaciones eléctricas de la Facultad, se procede a colocar un aparato o equipo en la subestación o acometida de la dependencia, el cual medirá diversas variables eléctricas. Este aparato es conocido como analizador de redes y sus características se muestran a continuación.

El analizador de redes es un instrumento de alta precisión el cual mide, despliega y graba los valores eléctricos críticos para el análisis demandado y el consumo de una sola fase, tres fases, sistemas balanceados y desbalanceados. Los datos son despegados sobre un LCD (pantalla de cristal líquido) alfanumérico, y son almacenados en una memoria para salir a la impresora o computadora a través de una interfaz.

El analizador mide los siguientes valores instantáneos:

- Voltaje RMS verdadero (V)
- Corriente RMS verdadero (A)
- Potencia aparente (VA)
- Potencia activa (W)
- Potencia reactiva (var)
- Factor de potencia (0 a 100% adelanto y atraso)
- Frecuencia (0-100Hz).

La siguiente etapa del estudio corresponde a la iluminación. Debido a que el porcentaje más alto de la carga conectada corresponde a la iluminación, es necesario hacer mediciones del nivel de iluminación en todos los recintos, con objeto de evaluar si el nivel es el adecuado, y en caso contrario proponer alguna solución basándonos en los niveles de iluminación dictados por las normas correspondientes.

Para tal efecto utilizamos un aparato conocido como luxómetro el cual describiremos a continuación.

El luxómetro es un instrumento que por la sensibilidad de una célula fotoeléctrica, sirve para medir intensidades lumínicas.

El luxómetro utilizado para nuestras mediciones tiene las siguientes características:

- Alta exactitud.
- $\pm 10\%$  de precisión. (Permite un rango amplio de mediciones, de 0 a 5,000 Lux).
- Sellado herméticamente contra el polvo.
- Tapa giratoria que rota 300°, para permitir que siempre el usuario tenga una óptima visión.

Cuando se realizó el estudio de actualización de las instalaciones eléctricas de la Facultad, fué necesario conocer a qué circuito pertenecían los distintos elementos eléctricos de la instalación como son contactos, lámparas, secadores, etc. debido a que a través del tiempo se han realizado modificaciones a las instalaciones y estos cambios no están registrados en los planos originales de la Facultad.

Para resolver este problema contamos con un aparato que nos permite detectar a qué circuito pertenece cada elemento eléctrico. Este aparato es conocido como trazador de corriente y se describe a continuación.

El trazador de corriente es un aparato que permite la localización o rastreo de conductores energizados, sobre circuitos de 9-600V, sin necesidad de interrumpir la energía eléctrica. El trazador de corriente consiste en dos transmisores, en modelo voltaje alto, otro modelo de voltaje bajo y un probador.

La señal del transmisor es corriente consumida desde la fuente de potencia. Por lo tanto la señal viaja desde el transmisor hasta la fuente de poder y regresa sobre el neutro, no siendo afectado totalmente por la distancia.

Con el trazador de corriente, se puede rastrear cualquier conductor energizado, línea neutral o línea de tierra, desde cualquier locación con una facilidad de regreso a través de los paneles de distribución, por medio de transformadores e interruptores. Sin ninguna interrupción en el suministro de poder, se pueden localizar:

- Circuitos interruptores
- Líneas de alimentación
- Paneles de cajas
- Líneas neutras y de tierra
- Circuitos cortos
- Canales de cables
- Cajas de utilerías
- Líneas de ramificación

El probador es un sintonizador, un medidor de intensidad de campo magnético. Cuando se sondea sobre los conductores o circuitos de interrupción, el sensor magnético en la punta del probador identifica al conductor suministrándole poder al transmisor.

Una vez que se ha obtenido la información o datos correspondientes a las mediciones con los equipos antes mencionados, es necesario realizar un análisis de la información recopilada con objeto de establecer una estrategia o plan para proponer una mejora en las instalaciones.

En base a las mediciones antes mencionadas y a la inspección de las instalaciones, se realizó un análisis de los resultados también conocido como análisis de datos.

### 1.3 RESULTADOS DEL DIAGNÓSTICO DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

A continuación presentaremos un resumen de los resultados obtenidos en el diagnóstico energético que se efectuó en la Facultad de Odontología.

#### OBSERVACIONES PRINCIPALES

- 1.- Los niveles de luminancia se encuentran excedidos en la mayoría de los recintos durante las horas de iluminación natural, en cambio durante la noche el nivel de iluminación en oficinas y servicios es deficiente de acuerdo a normas.

- 2.- El sistema de iluminación excede la densidad de potencia actualmente recomendada por concepto de iluminación.
- 3.- Las fuentes de iluminación fluorescente de 40 y 75 Watts ocupan el 90% de la carga de iluminación instalada, la cual ordinariamente se mantiene en uso permanente.
- 4.- Los contactos monofásicos, ocupan la mitad de la carga de fuerza instalada con un bajo factor de utilización. El equipo de laboratorio y los aparatos electrodomésticos, ocupan el 15 y 7% respectivamente con un alto factor de utilización.
- 5.- En la subestación 1 se observa un desbalance de corriente en la fase C que llega a alcanzar un 40%.
- 6.- Conforme a la medición de demanda se tiene que la subestación 1 es de una capacidad mucho mayor a la requerida actualmente.
- 7.- Se observa un bajo factor de potencia total en la subestación No. 1 fuera de las horas de actividad.

**Reporte de las condiciones de los elementos eléctricos que conforman la instalación, actualizado al 18 de noviembre de 1997**

**Tableros**

La mayoría de los tableros carecen de tierra física como es el caso de los edificios B, C, D, E y F.

Los tableros correspondientes a los niveles I y II del edificio A, y de todos los niveles de los edificios B, C, F y E se encuentran en estado deplorable ya que tienen mucho tiempo de haber sido instalados.

En los tableros de los edificios D, E, F y A, encontramos que varias pastillas están instaladas con exceso de carga ya que no se realizó una buena planificación cuando se instalaron nuevos equipos.

La mayoría de los tableros se encuentran desbalanceados, con desbalances de hasta el 56%.

**Luminarias**

En los edificios A nivel I, y últimos niveles de los edificios B y D, se encontraron varias lámparas fundidas, difusores en mal estado y con falta de mantenimiento.

**Conductores y contactos**

En los edificios A, F y G se encontraron varios contactos en mal estado y en algunos tableros los conductores de los mismos se encuentran deteriorados.

Las propuestas que se realizaron para corregir los problemas antes citados se encuentran desarrolladas en el capítulo 3.5 (Propuestas para mejorar la energía).

A continuación se muestra un informe que ilustra el uso y distribución de la energía en los recintos de la Facultad.

## **INFORME**

### **1. - DATOS GENERALES**

DEPENDENCIA: Facultad de Odontología.

ACTIVIDAD PREPONDERANTE: Docencia e Investigación.

### **2. - DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

USO Y DISTRIBUCIÓN DE LOS RECINTOS EN LOS EDIFICIOS.

Servicios	44.11%
Oficinas	33.08%
Aulas	17.11%
Laboratorios	3.04%
Talleres	2.66%

Se contabilizaron 263 recintos en cinco conjuntos, numerados de la siguiente forma:

	Conjunto	Identificación Nominal
1	Edif. Principal	
2	Anfiteatro	
3	Edificio	"E"
4	Edificio	"F"
5	Edificio	"G"

### **EQUIPO PARA SERVICIOS GENERALES**

Esta dependencia posee dos subestaciones, una localizada en el edificio D y la segunda en el patio ubicado entre los edificios de la clínica seis, servicios escolares, biblioteca y el edificio G. Las cuales cuentan con una capacidad de 300 kVA cada una, con salida a 220 V en cuatro hilos.

### OPERACIÓN DE LA DEPENDENCIA

Las actividades normales son de 7:00 a 22:00 hrs, considerándose que las labores de intendencia empiezan a las 6:30 hrs. Para efectos del presente estudio se consideraron 14 horas de labores diarias de lunes a viernes en los principales servicios.

### 3. - ANÁLISIS ENERGÉTICO

#### DISTRIBUCIÓN DE CARGA

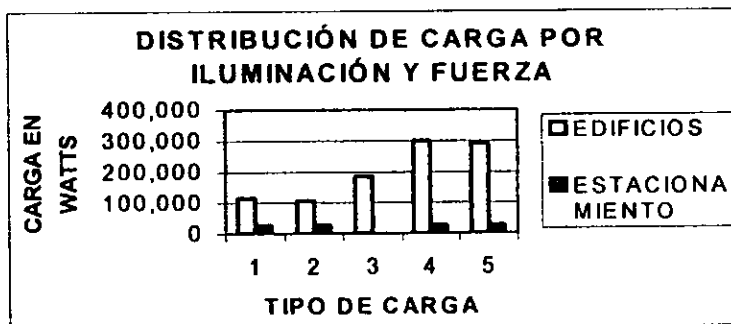
Se realizó un levantamiento físico de las cargas que se encuentran ubicadas en la Facultad de Odontología obteniéndose los siguientes resultados.

- Iluminación 285.468 kW (35.70 %)
- Fuerza 604.387 kW (64.30 %)

La carga se distribuye de acuerdo a la tabla: 1.3.1.

Tabla: 1.3.1. TABLA DE CARGA  
(Por iluminación y fuerza)

	Iluminación Instalada WATT	Fuerza Útil WATT	Total Instal. WATT	Total Útil WATT	Total Útil/Instal. WATT	%
Edificios	113,925	105,925	184,873	298,798	290,798	97.32
Estacionamientos	7,800	7,300	0	7,800	7,300	93.59
Equipos especiales	0	0	0	0	0	—
Pasos cubiertos	0	0	0	0	0	—
Zonas deportivas	0	0	0	0	0	—
Áreas Verdes	0	0	0	0	0	—
Totales	121,725	113,225	184,873	306,598	298,098	97.23



Gráfica 1.3.1.

Donde:

- 1.- Iluminación instalada en Watts.
- 2.- Iluminación útil en Watts.
- 3.- Fuerza instalada en Watts.
- 4.- Carga total útil en Watts.
- 5.- Carga total útil Instalada.

#### DISTRIBUCIÓN DE CARGA EN EDIFICIOS

Se muestra en la tabla 1.3.2, sus valores.

Tabla 1.3.2. CARGA TOTAL INSTALADA POR EDIFICIO

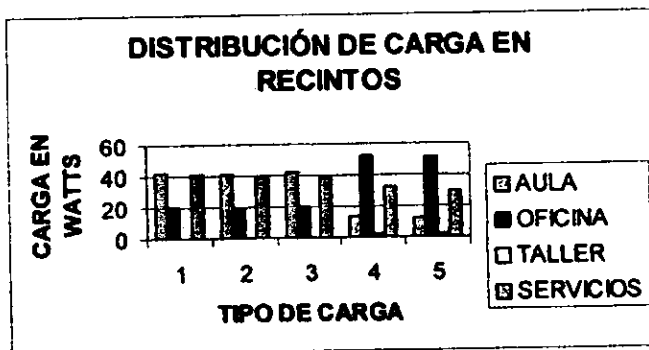
	Total Iluminación WATTS	Total Fuerza WATTS	Total WATTS
Edificio 1	185,650	339,453	525,103
2	8,537.50	1,233	9,770.50
3	37,968.75	74,659	112,627.75
4	23,343.75	32,400	55,743.75
5	16,568.75	48,555	65,123.75
<b>Carga Total</b>	<b>272,068.75</b>	<b>496,300</b>	<b>768,368.75</b>

**DISTRIBUCIÓN DE CARGA EN RECINTOS**

Se muestra en la tabla 1.3.3, sus valores.

Tabla 1.3.3.

	Carga por Lum. Instal. en Recintos total	Carga por Lum. Útil en Recintos	Carga por Fuerza Instalada	Total Instalada	Total			
	WATT	WATTS %WATT	WATTS %WATT	WATTS %WATT	WATT			
Aula	46 812.50	41.09	43 987.50	41.53	24 171.00	13.07	70 983.50	68 158.50
Oficina	22 218.75	19.50	21 931.25	20.70	97 218.00	52.59	119 436.75	119 149.25
Lab.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Taller	187.50	0.16	187.50	0.18	3 940.00	2.13	4 127.50	4 127.50
Serv.	44 706.25	39.24	39 818.75	37.59	59 544.00	32.21	104 250.25	99 362.75
Total	113 925.00	100.00	105 925.00	100.00	184 873.00	100.00	298 798.00	290 798.00



Gráfica 1.3.3.

Donde:

- 1.- Carga total de iluminación en recintos (Watts).
- 2.- Carga total por iluminación útil en recintos (Watts).
- 3.- Carga total de fuerza por recinto (Watts).
- 4.- Carga total instalada (Watts).
- 5.- Carga total útil (Watts).



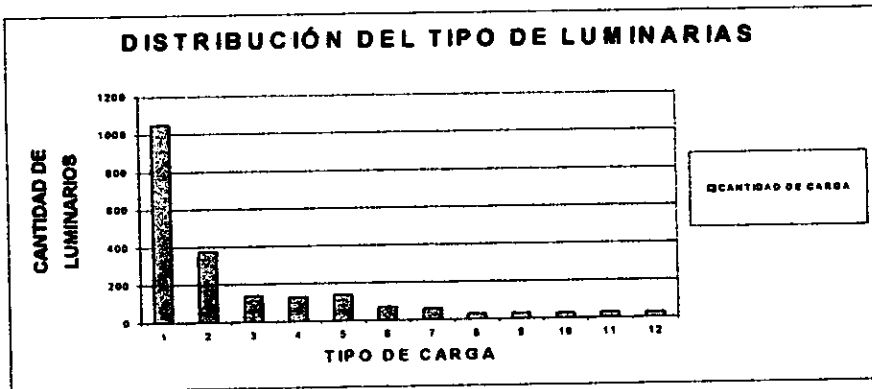
El resultado del censo que se realizó para evaluar el equipo instalado se muestra a continuación:

**DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE LUMINARIOS**

Se muestran sus valores en la tabla siguiente: 1.3.4.

Tabla: 1.3.4.

Para Lum. Instaladas Instaladas	Cantidad	Global de Lámparas Carga Watts
No. de Luminarias de 2x40	1 049	104 900
No. de Luminarias de 2x75	377	70 687.5
No. F. Incan 150	38	5 700
No. F. Incan 100	35	3 500
No. F. Incan 75	38	2 850
No. Spot 75	12	1 800
No. de Lum. Especiales	28	1 400
No. V. Mercurio 400	3	1 200
No. de Luminarias de 4x40	3	600
No. F. Incan 300	2	600
No. de Lámparas de 1x75	3	281.25
No. de Lámparas de 1x40	2	100
No. Sodio 250	0	0
No. Sodio 400	0	0
Total Global	1 590	93 618.8



Gráfica 1.3.4.

Donde:

- 1.-Luminarias de 2X40 Watts
- 2.-Luminarias de 2X75 Watts
- 3.-Focos Incandescentes de 250 W.
- 4.-Focos Incandescentes de 150 W.
- 5.-Focos Incandescentes de 100 W.
- 6.-Focos Incandescentes de 75 W.
- 7.-Spot 75 Watts
- 8.-Lámparas especiales.
- 9.-Lámparas de vapor de mercurio.
- 10.-Luminarias de 4X40 Watts.
- 11.-Focos incandescentes de 300 Watts.
- 12.-Lámparas de 1X75 Watts.

Tabla 1.3.5.

	Totales De Lámparas
Fluorescentes	
Fluorescente de 40	2 112
Fluorescente de 75	757
No. F. Incan 100	372
No. F. Incan 75	28
No. F. Incan 300	35
No. F. Incan 150	38
No. V. Mercurio 400	2
No. Sodio 400	38
No. Sodio 250	3
No. Spot 75	0

De la tabla 1.3.5, se puede ver que:

- Las lámparas fluorescentes de 40 y 75 watts representan el 54 y el 33 % respectivamente de la carga total de iluminación instalada.
- Las lámparas incandescentes y las de descarga de alta intensidad representan el 7.2 y el 4.9 % respectivamente, de la carga total de iluminación instalada.

## DISTRIBUCIÓN DE CARGAS DE FUERZA

Se muestra en la tabla 1.3.6.

Tabla 1.3.6. DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA DE FUERZA INSTALADA

Rubro	Carga Watt	%
C. monofásico	271 800.00	52.80
Eq. Laboratorio	76 827.00	4.93
Apar. Electrodom.	37 294.00	7.25
Computadora	21 893.00	4.25
Otros	20 181.00	3.92
Cafetera	18 900.00	3.67
Fotocopiadora	11 570.00	2.25
Parrilla	10 225.00	1.99
Impresora	5 355.00	1.04
Enfri-calent.	4 850.00	0.94
Maq. Escribir	2 748.00	0.53
C. bifásico	2 500.00	0.49
Regulador	2 000.00	0.39
Calefactor	2 000.00	0.39
C. trifásico	2 000.00	0.39
Sacapunta	1 880.00	0.37
Ventilador	1 406.00	0.27
Refrigerador	970.00	0.19
U. de Ventana	746.00	0.14
Sumadora	635.00	0.12
Fax	520.00	0.10
Total	496 300.00	96.42
Equipo Especial	18 452.00	3.58
<b>Total</b>	<b>514 752.00</b>	<b>100.00</b>

- La mayor carga de fuerza (52 %) se encuentra concentrada en los contactos monofásicos, los cuales mantienen un bajo factor de utilización.

- En segundo lugar de importancia se encuentra el equipo de laboratorio que ocupa el 15 % de la carga total instalada.

- En tercer y cuarto lugar se encuentran los equipo de servicios y de cómputo (incluyendo impresoras y reguladores) con un 13 y 6 % respectivamente de la carga total.

- Los equipos propios de oficinas ocupan el 5 % de la carga total de fuerza instalada.

- Los equipos especiales (compresoras de aire) ocupan 3.6 % de la carga total de fuerza.

Se realizaron mediciones con el Analizador de redes en las dos subestaciones que energizan a la Facultad para poder evaluar las condiciones en las que se encuentran las instalaciones de la misma. Estas mediciones arrojan una serie de resultados, los cuales se graficaron con objeto de analizar el comportamiento de la carga utilizada. De esta manera se tienen los datos suficientes para poder proponer soluciones para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico.

En el siguiente punto presentamos el resultado de estas mediciones, así como las gráficas correspondientes.

#### 4.- MEDICIONES

##### SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

Dos subestaciones trifásicas cuatro hilos, delta-estrella, con capacidad 300 kVA cada una.

- Equipo utilizado: Analizador de redes trifásico marca AEMC modelo 3950.
- Periodo de monitoreo: 48 horas, grabando información cada 30 minutos.

##### Análisis de gráficas

Se presentan a continuación una serie de Gráficas sobre curvas por subestación con datos como Voltajes, Corriente total, corrientes por fase, demanda total, consumos totales, consumos por fase, consumos acumulados totales y por fase.

##### Características de la Subestación 1

Está localizada en el sótano del Edificio D, y es un transformador trifásico tipo ASL, clase AA, marca I.E.M. con capacidad de 300KVA/220V.

##### Gráficas para la subestación No. 1:

- En la curva de variación de voltaje (gráfica: 1.3.1.1), se identificaron por conveniencia para la interpretación del resto de los parámetros, cuatro etapas o periodos:

\* En el primero, comprendido de las 6:30 a las 11:30 hrs, se observa una caída acelerada de voltaje de un valor de 132 a 128 Volts, consecuencia directa del aumento de la carga demandada al encenderse de manera simultánea la iluminación artificial.

\* En el segundo, comprendido de 11:30 a 20:00 hrs, se observa una variación constante del voltaje en el rango de los 130 y 127 V.

\* El tercero, comprendido de 19:00 a 21:00 hrs, el voltaje nuevamente empieza a incrementarse hasta alcanzar un valor promedio de 131 Volts.

\* En el cuarto, comprendido de las 22:00 a las 6:30 hrs del día siguiente, el voltaje tiende a mantenerse en un valor de 131 Volts con variaciones de 1 Volt.

- Las curvas de variación de corriente por fase (gráfica: 1.3.1.2), muestran un desbalance en la fase C durante las horas hábiles donde en promedio, alcanza una diferencia de 80 A en el segundo de los periodos antes mencionados.

La curva de variación de corriente total (gráfica: 1.3.1.3), en forma general, presenta cuatro periodos:

\* En el primero, comprendido de 6:00 a 10:30 hrs, se observa un incremento acelerado de la corriente, que parte de un valor de 100 A llegando hasta valores de 400 A.

\* Durante el segundo, comprendido de las 10:30 a 19:30 hrs., se observa una variación constante de la corriente demandada que se mantiene en promedio por encima de los 400 A. Se observan en él dos valles, de los cuales el más importante se produce a las 14:00 horas. Se produce también en él, el mayor de los picos, alrededor de las 18:00 horas, en el cual la corriente alcanza los 500 A.

\* Durante el tercero, comprendido de 19:30 a 22:00 hrs., se observa un decremento continuo de la corriente, que va de los 400 a los 100 A.

\* Durante el cuarto, comprendido de las 22:20 a 6:00 hrs. del día siguiente, se observa una estabilización de la corriente con ligeras variaciones en un valor promedio de 100 A.

- En la curva de demanda total (gráficas: 1.3.1.4 a 1.6), análoga a la de corriente total, se pueden establecer los mismos periodos antes mencionados. Cabe hacer notar que el valor de la demanda promedio durante el segundo periodo, el correspondiente a las horas hábiles, se encuentra en los 55 kW, mientras que para los periodos de inactividad disminuye hasta los 10 kW.

- Las curvas de consumo por fase (gráfica: 1.3.1.7), análogas a la de consumo total, muestran el mayor consumo en la fase C, ocasionado por el desbalance de la corriente.

- La curva de consumos totales (gráfica: 1.3.1.8), presenta de forma general, cuatro periodos:

\* El primero de ellos, comprendido de las 6:00 a 10:30 hrs., Presenta un consumo siempre ascendente, que parte de los 5 kWh y se detiene en alrededor de los 28 kWh.

\* Durante el segundo periodo, comprendido de las 10:30 a las 20:00 hrs, el consumo se presenta variable pero en promedio por encima de los 25 kWh. En él se presenta el mayor de los picos por consumo las 11:30 hrs.

\* En el tercero, comprendido de las 20:00 a las 22:00 hrs, el consumo disminuye de manera continua entre los valores de 25 kWh y 5 kWh.

\* El cuarto, considerado de las 22:00 a las 6:00 horas del día siguiente el consumo se mantiene estable en los 5 kWh.

- La curva de consumos acumulados por fase (gráfica: 1.3.1.9), presenta el mayor consumo en la fase C.

- La curva de consumos acumulados totales (gráfica: 1.3.1.10) en forma general, presenta dos etapas:

\* La primera, comprendida de las 7:30 a las 21:00 hrs, se aproxima mucho a una línea recta cuya pendiente representa la demanda total promedio de todo el intervalo, de un valor en este caso de 50 kW.

\* La segunda, que va de las 21:00 a las 7:00 hrs del día siguiente, muestra líneas rectas de pendientes iguales a 13.3 kW.

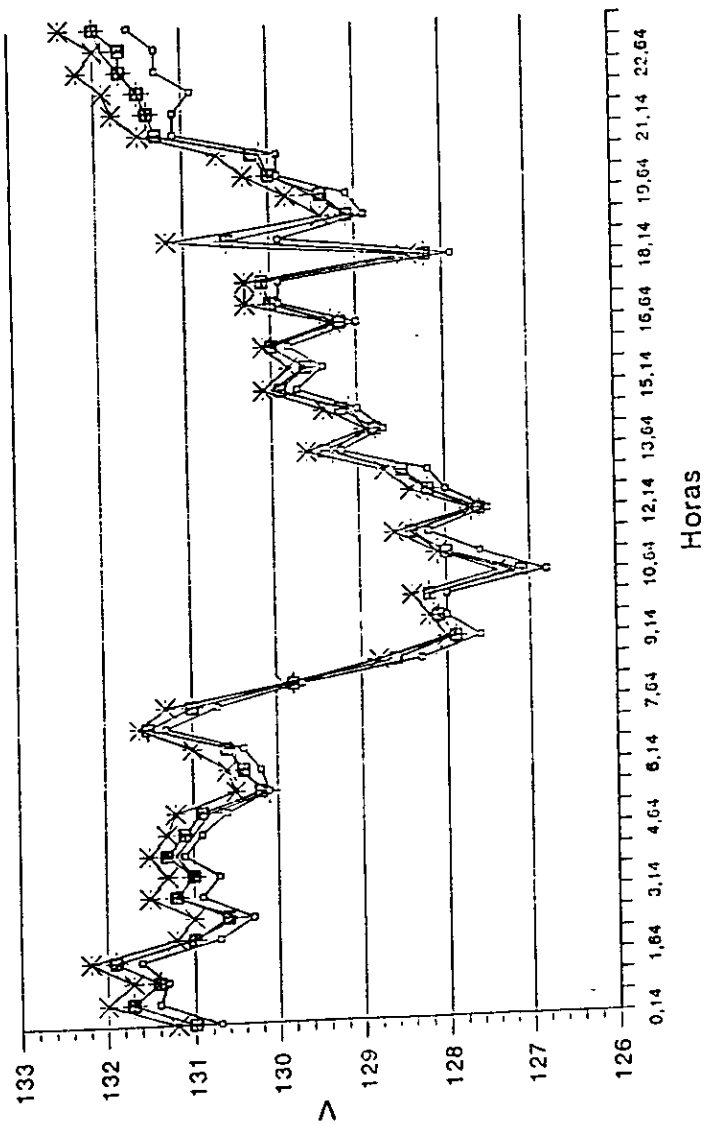
- Las curvas del factor de potencia (gráfica: 1.3.1.11), muestran un desbalance completo entre las tres fases en horas inhábiles con un factor de potencia total por debajo del valor recomendado (0.9), mientras que durante las horas laborables se muestra balanceado y por encima de 0.95.

- Se debe tener especial cuidado sobre todo en la naturaleza inductiva de las cargas conectadas a la fase A, pues es la que mantiene en este momento una mayor cantidad de corrientes inductivas, que hacen descender su factor de potencia alrededor de los 0.73.

- En cuanto a la frecuencia (gráfica: 1.3.1.12), ésta se mantiene oscilando en el orden de centésimas de hertz por debajo de su valor nominal.

# Variación de Voltaje

Facultad de Odontología 1

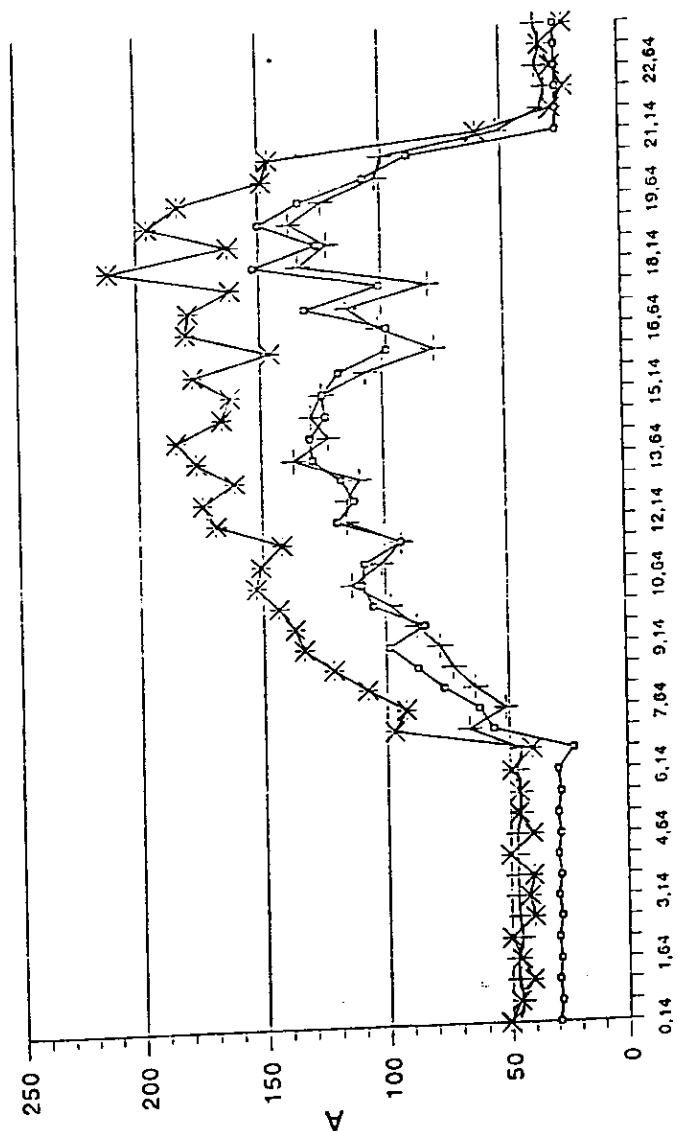


○ UA + UB \* UC ◻ UT

Gráfica 1.3.1.1

# Variación de Corriente

## Facultad de Odontología 1



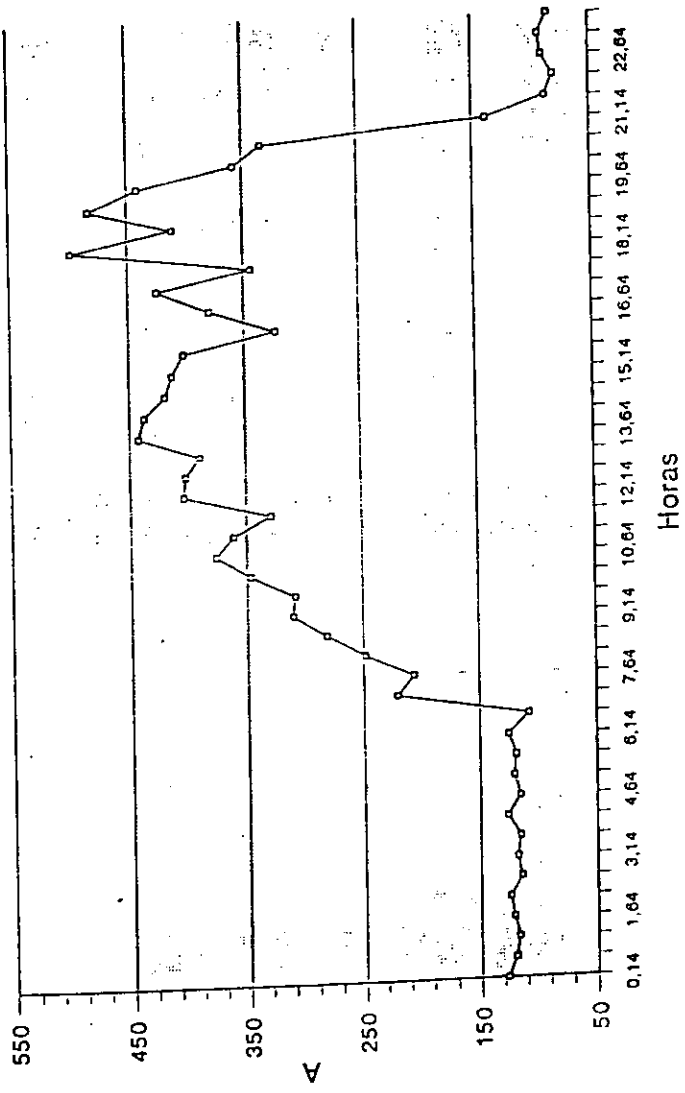
Horas

○ IA □ IB \* IC

Gráfica 1.3.1.2

# Variación de Corriente Total

Facultad de Odontología 1



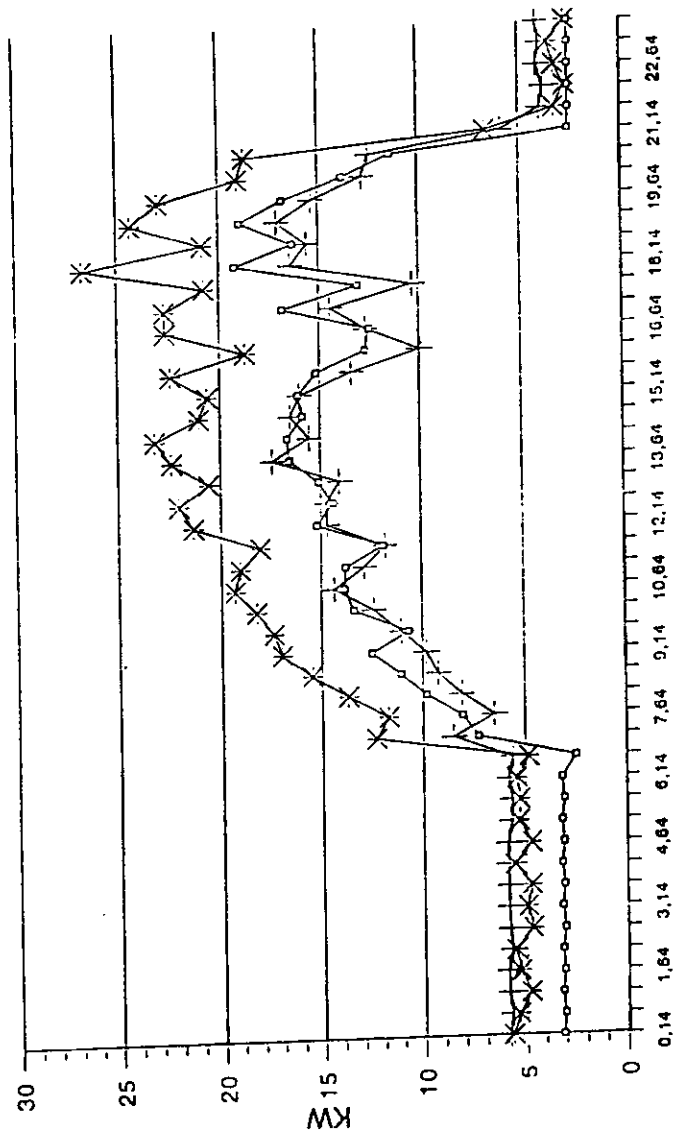
-0-IT

Gráfica 1.3.1.3



# Demanda

## Facultad de Odontología 1



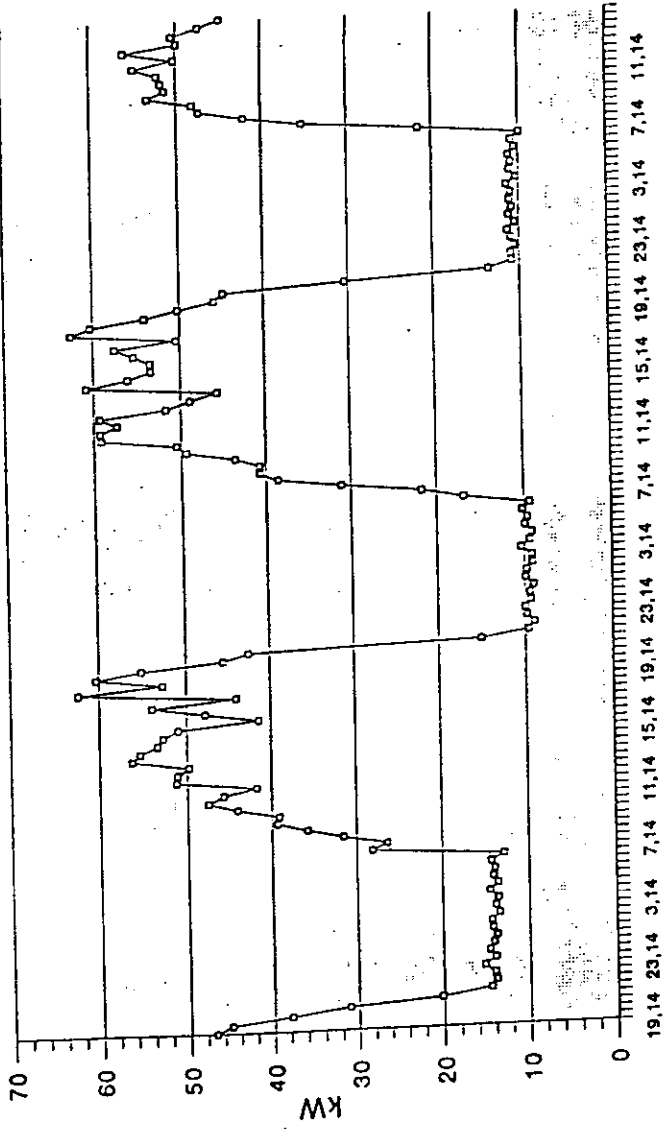
Horas

○ KWA    + KWB    \* KWC

Gráfica 1.3.1.4

# Demanda Total

Facultad de Odontología 1



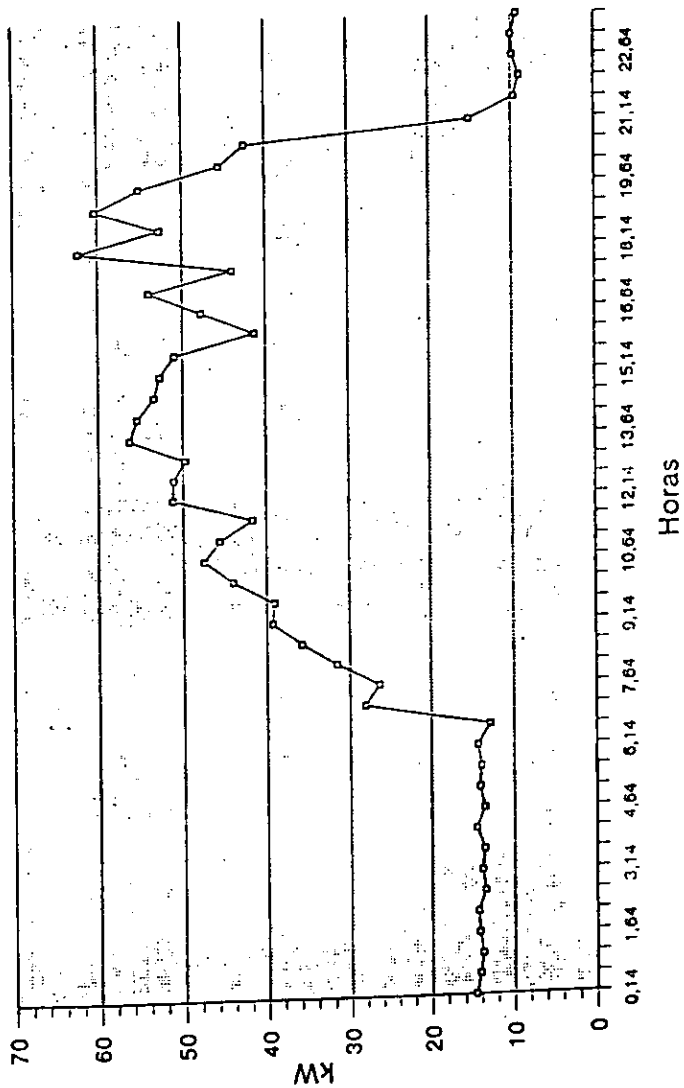
Horas

-o- kW

Gráfica 1.3.1.5

# Demanda Total

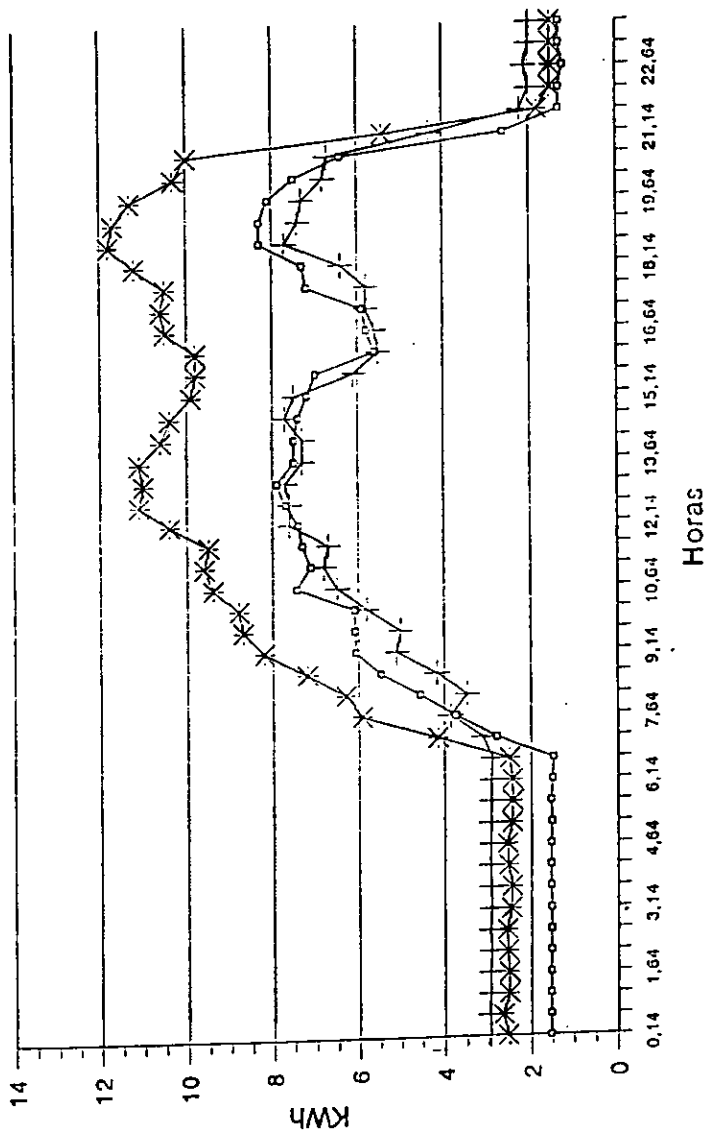
Facultad de Odontología 1



-o- kW  
Gráfica 1.3.1.6

# Consumos

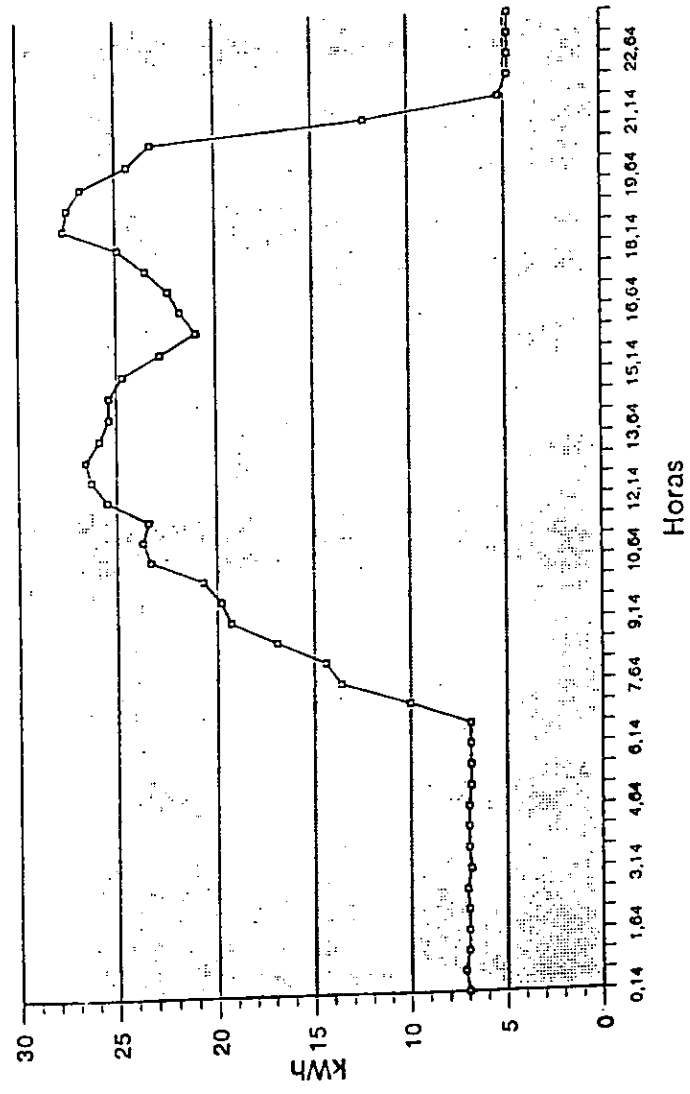
Facultad de Odontología 1



-o- KWhA + KWhB \* KWhC  
Gráfica 1.3.1.7

# Consumos Totales

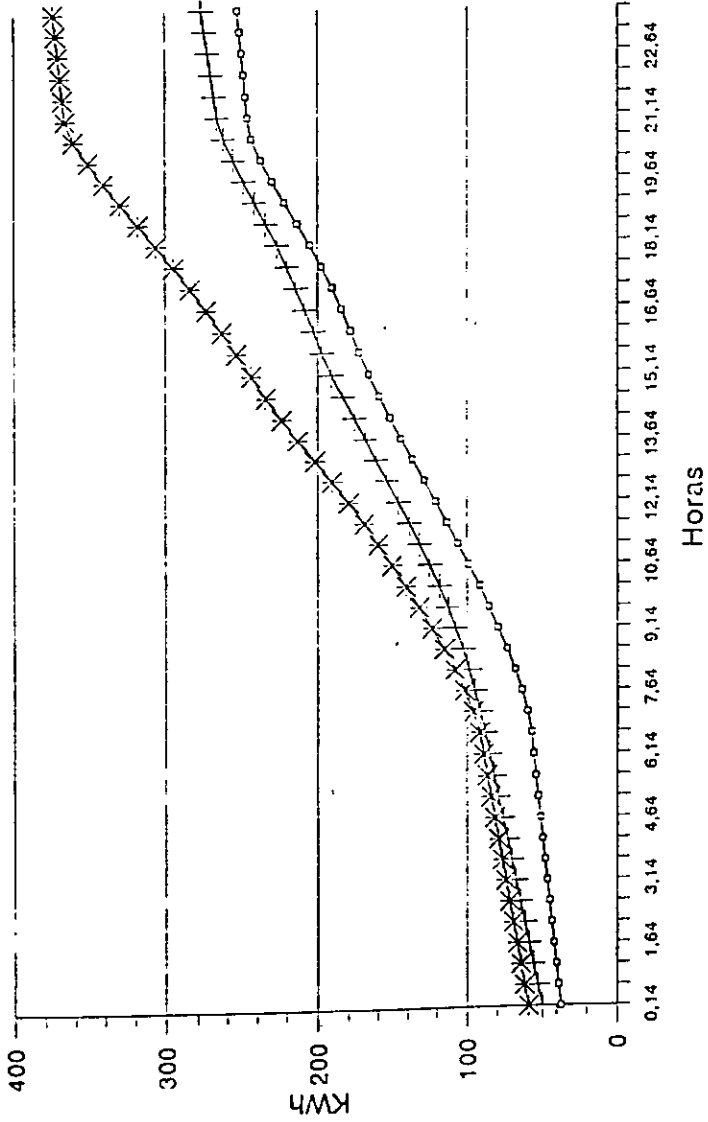
Facultad de Odontología 1



→ kWhT  
Gráfica 1.3.1.8

# Consumos Acumulados

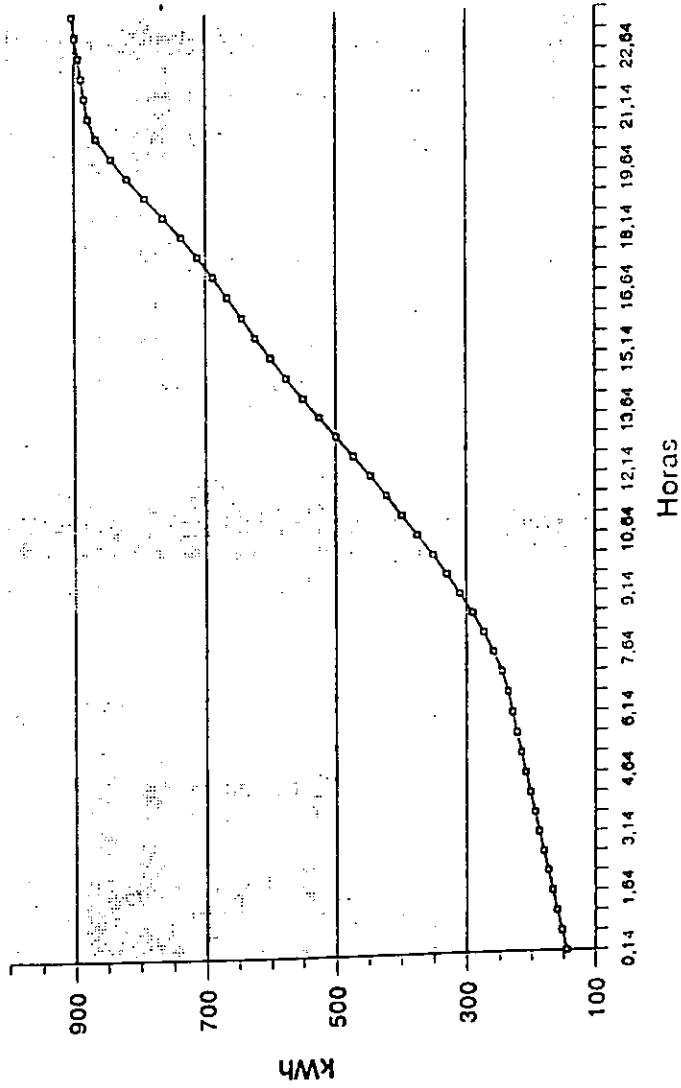
Facultad de Odontología 1



—○— KW/hA + KW/hB \* KW/hC  
Gráfica 1.3.1.9

# Consumos Acumulados Totales

Facultad de Odontología 1

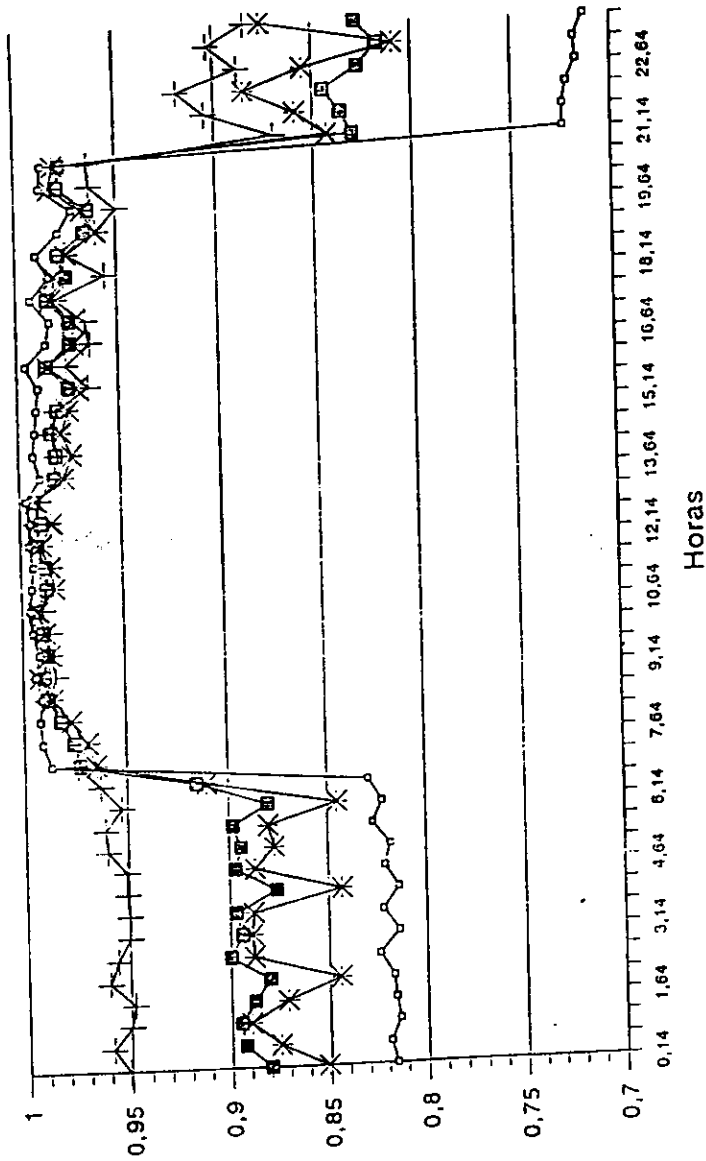


--o-- kWHT

Gráfica 1.3.1.10

# Factor de Potencia

## Facultad de Odontología 1

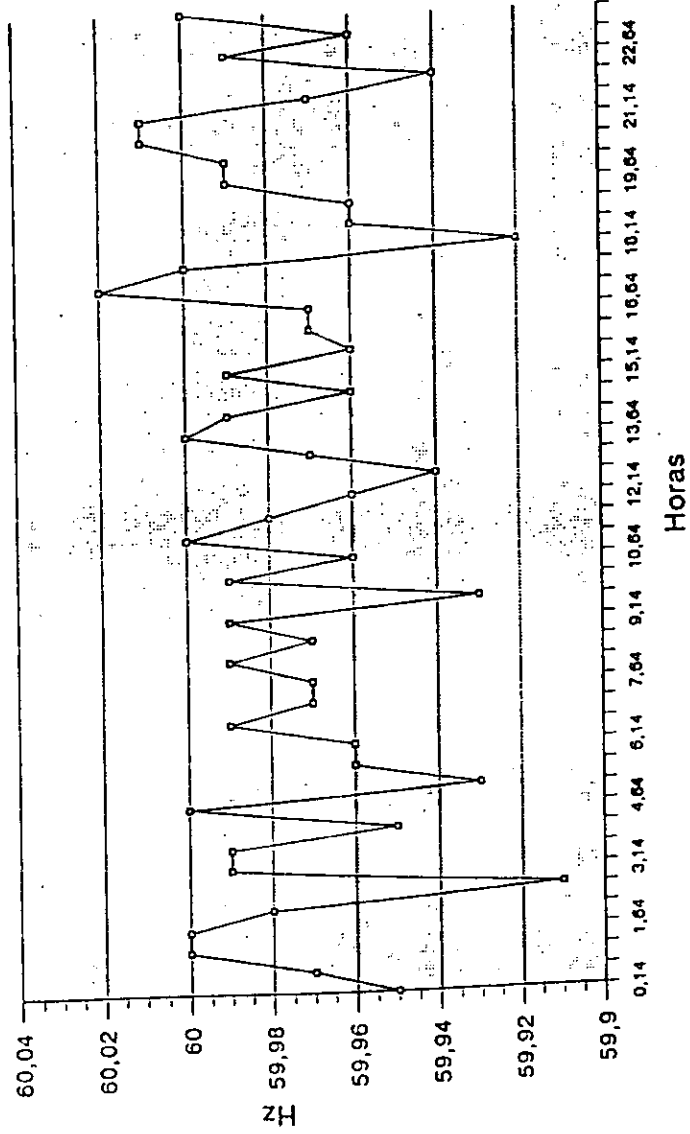


○ FPA ◻ FPB ✱ FPC ◻ FPT  
Gráfica 1.3.1.11



# Frecuencia

Facultad de Odontología 1



-o- Fq  
Gráfica 1.3.1.12

### **Características de la Subestación No. 2**

Está localizada entre el estacionamiento y la cafetería, y es un transformador trifásico tipo ASL, clase AA, marca G.E. con capacidad de 300KVA/220V.

#### **Gráficas para la Subestación No. 2**

- La curva de voltaje (gráfica: 1.3.1.13), al tomar en cuenta el comportamiento común de la demanda eléctrica en días subsiguientes, fue dividida en dos periodos:

\* El primero, comprendido de 7:00 a 22:00 hrs., se caracteriza por una constante variación del voltaje entre los valores de 133 y 127 V. Cabe hacer notar que durante la mayor disminución del voltaje se alcanzan valores cercanos a los 127 V.

\* El segundo, considerado de las 22:00 a las 7:00 hrs. del día siguiente se caracteriza por mantener el voltaje alrededor de su máximo valor en promedio 133 V. Respondiendo así a la carga mínima a la que se encuentra trabajando la subestación.

- Las curvas de corriente por fase (gráfica: 1.3.1.14), análogas a la de corriente total, demuestran un correcto balanceo de cargas entre las fases

- La curva de corriente total (gráfica: 1.3.1.15) muestra en general dos etapas:

\* La primera, comprendida de 7:00 a 22:00 hrs., se caracteriza por mantener a la corriente, con ligeras variaciones, alrededor de un valor de 1.5 kA, después del cual desciende tan súbitamente (60 minutos) como ascendió a las 7:00 hrs.

\* La segunda, que va de las 22:00 a las 7:00 horas del día siguiente, se caracteriza por mantener la corriente estable en un valor de 200 A, sin variar notablemente.

- Las curvas de demanda por fase (gráfica: 1.3.1.16), análogas a la de demanda total, no presentan desbalanceo de carga considerables entre las fases.

- La curva de demanda total (gráficas: 1.3.17 y 18), dividida en dos etapas o periodos, se caracteriza por lo siguiente:

\* Durante el primero, comprendido de 7:00 a 22:30 hrs., la demanda total se eleva en los primeros 60 minutos de los 25 kW a los 200 kW en promedio, manteniéndose en este valor el resto del periodo, hasta los últimos 60 minutos donde desciende tan rápidamente como se incrementó al principio.

\* Durante el segundo, comprendido de las 22:30 hrs. a las 7:00 hrs. del día siguiente, la demanda total se mantiene estable sobre un valor de 25 kW, sin mostrar variaciones considerables.

- Las curvas de consumo por fase (gráfica: 1.3.1.19), análogas a la del consumo total, no revelan anomalías de consideración en el balanceo entre las fases, pero sí dejan observar una tendencia de mayor sobrecarga en la fase C.

- La curva de consumo total (gráfica: 1.3.1.20), dividida en dos etapas o periodos, se caracteriza por lo siguiente:

\* El primero, comprendido de 7:00 a 22:30 hrs., presenta un acelerado crecimiento y decrecimiento en los primeros y los últimos 60 minutos respectivamente; entre los cuales el consumo se eleva de los 10 kWh hasta los 100 kWh en promedio. Valor alrededor del cual se mantiene oscilando el consumo durante el resto del periodo.

\* En el segundo periodo, considerado de 22:30 a las 7:00 horas del día siguiente, el consumo se mantiene estable alrededor de un valor de 10 kWh. Valor que aparentemente constituye el valor base.

- Las curvas de consumos acumulados por fase (gráfica: 1.3.1.21), análogas a la de consumo acumulado total, sólo muestran que la fase C se mantiene con un uso mayor que las dos restantes.

- La curva de consumo acumulado total (gráfica: 1.3.1.22), dividida en dos periodos presenta las siguientes características:

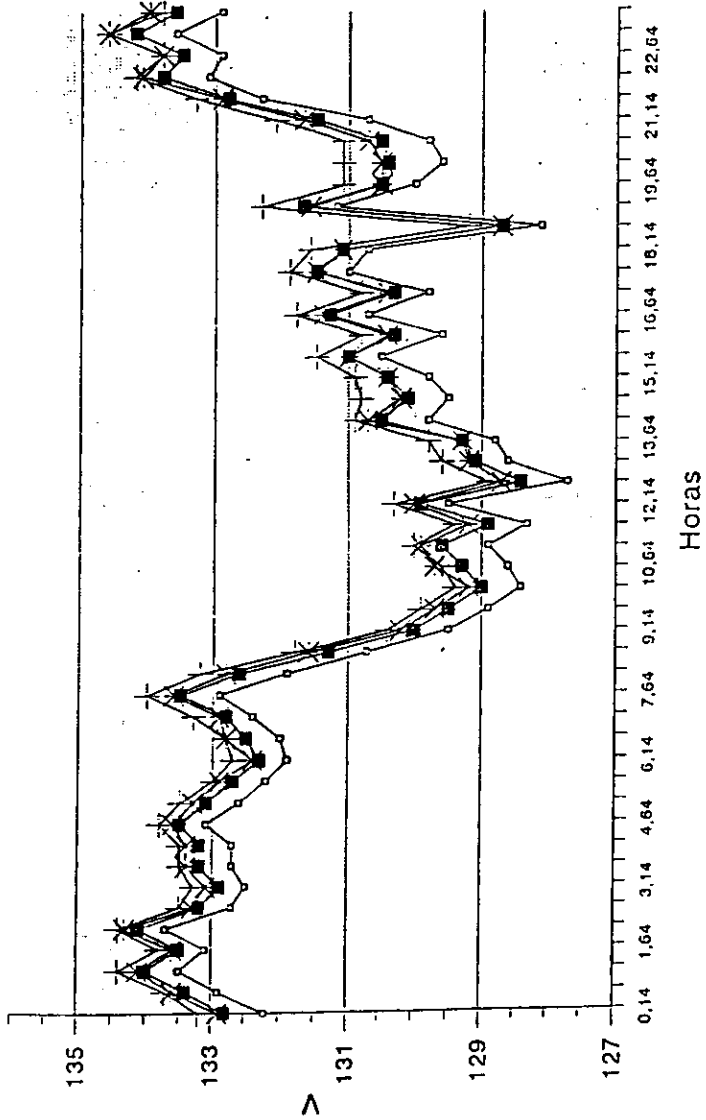
\* Durante el primero, comprendido de 7:00 a 22:00 hrs., el consumo acumulado total se caracteriza por mantenerse prácticamente constante; pues el conjunto de puntos forma una línea recta, cuya pendiente representa una demanda promedio total de 180 kW.

\* En el segundo, que comprende al resto de las horas del día, muestra líneas rectas de pendiente igual a una demanda total promedio de 28.6 kW.

- En cuanto a las curvas del factor de potencia y la frecuencia (gráfica: 1.3.1.23 y 24), se puede observar que todas se mantienen en valores recomendables.

# Variación de Voltaje

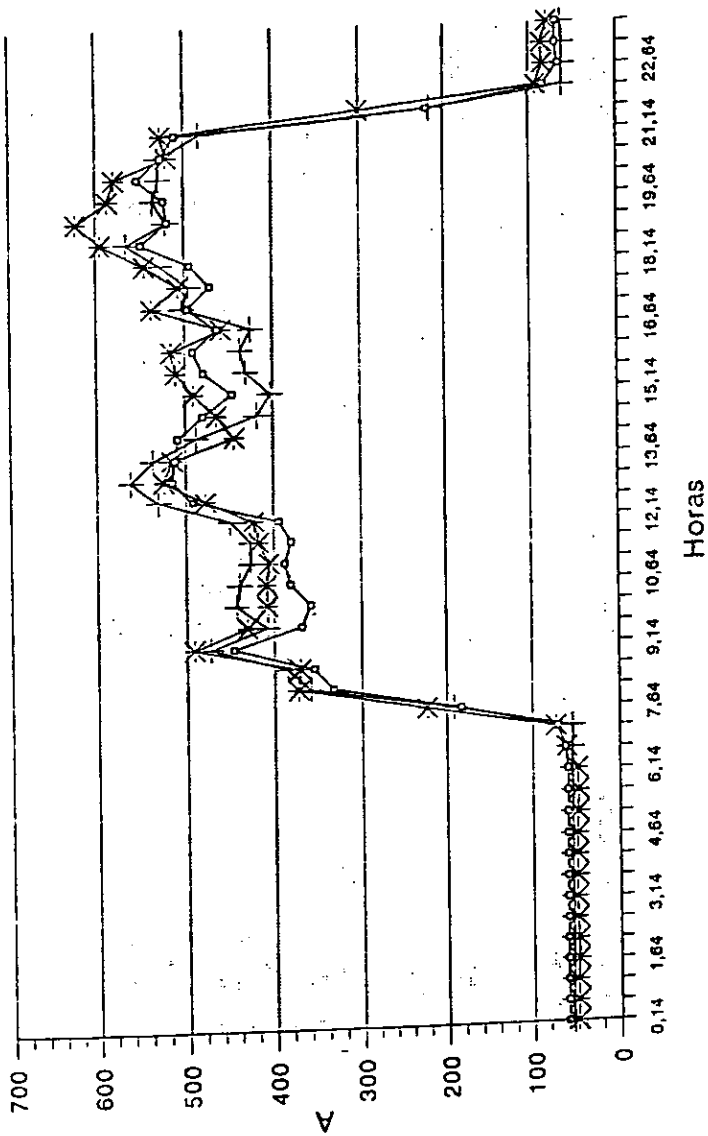
Facultad de Odontología 2



○ UA + UB \* UC ■ UT  
Gráfica 1.3.1.13

# Variación de Corriente

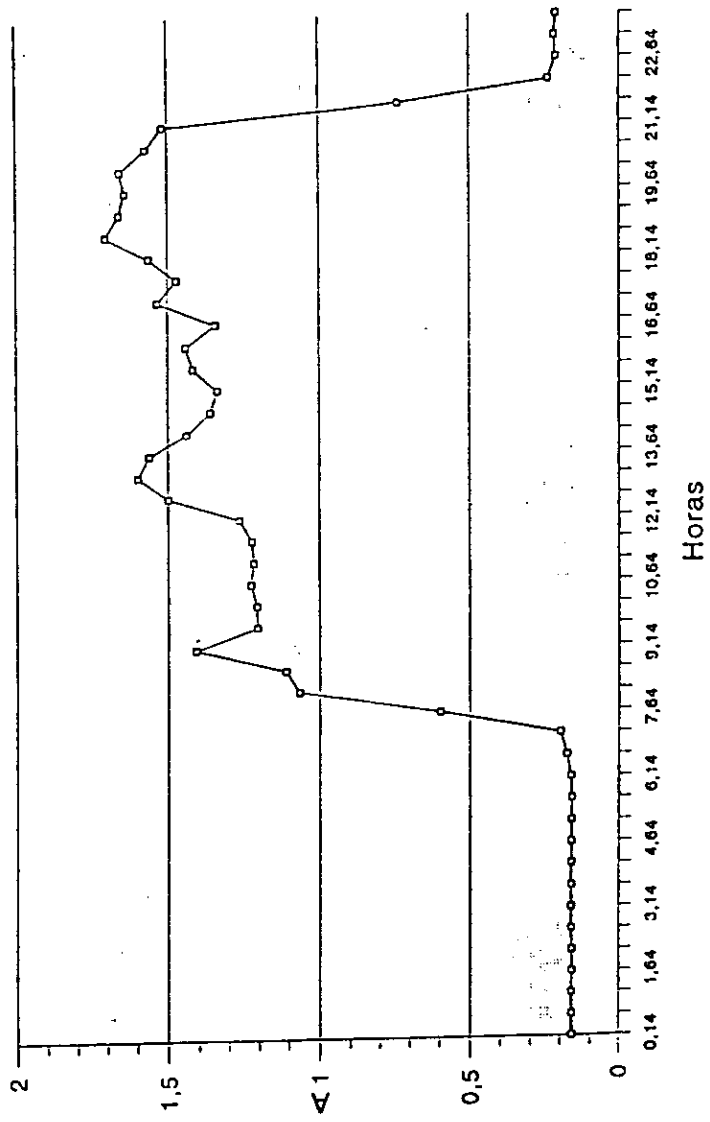
Facultad de Odontología 2



Gráfica 1.3.1.14

# Variación de Corriente Total

Facultad de Odontología 2

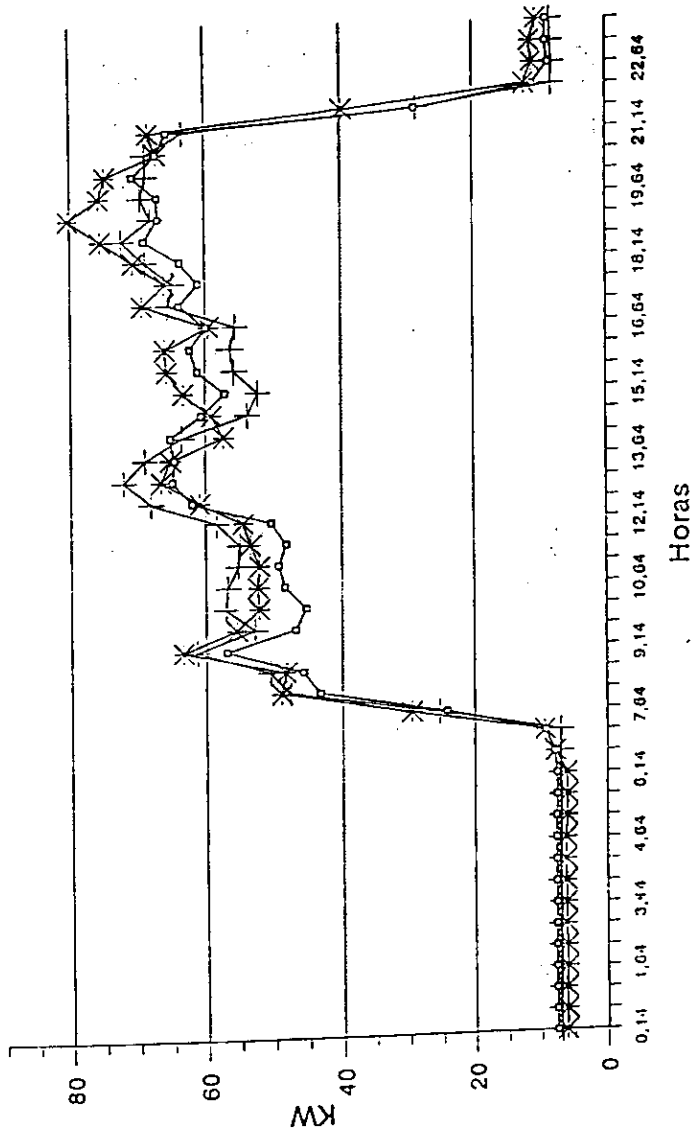


-o- IA

Gráfica 1.3.1.15

# Demanda

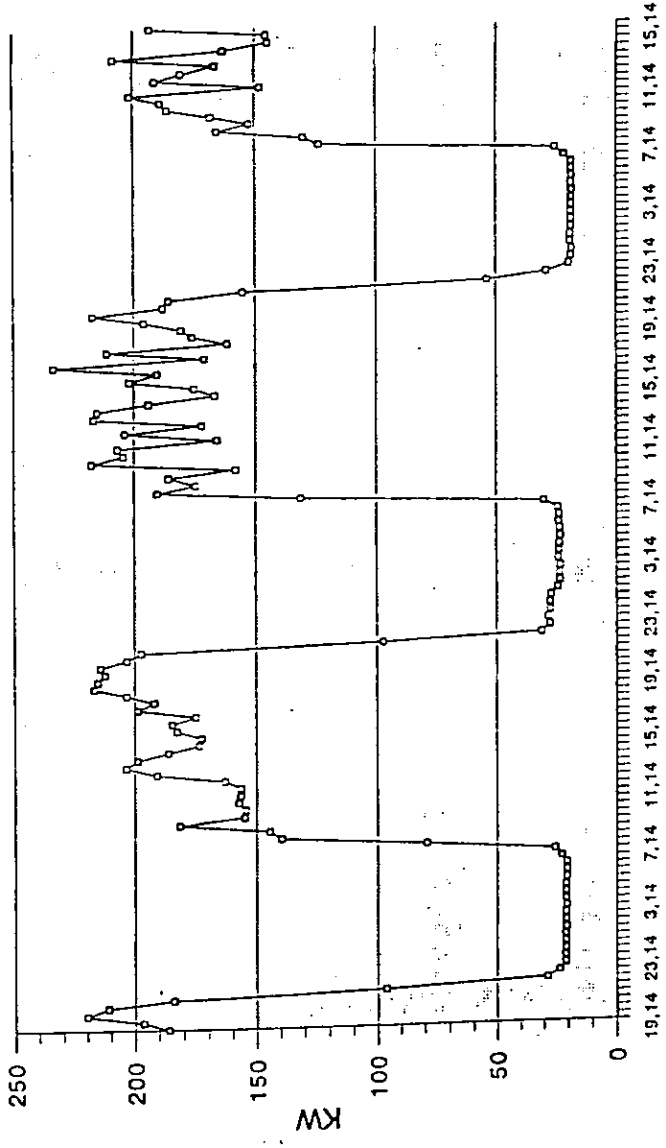
Facultad de Odontología 2



-o- KWA + KWB \* KWC  
Gráfica 1.3.1.16

# Demanda Total

## Facultad de Odontología 2



Horas

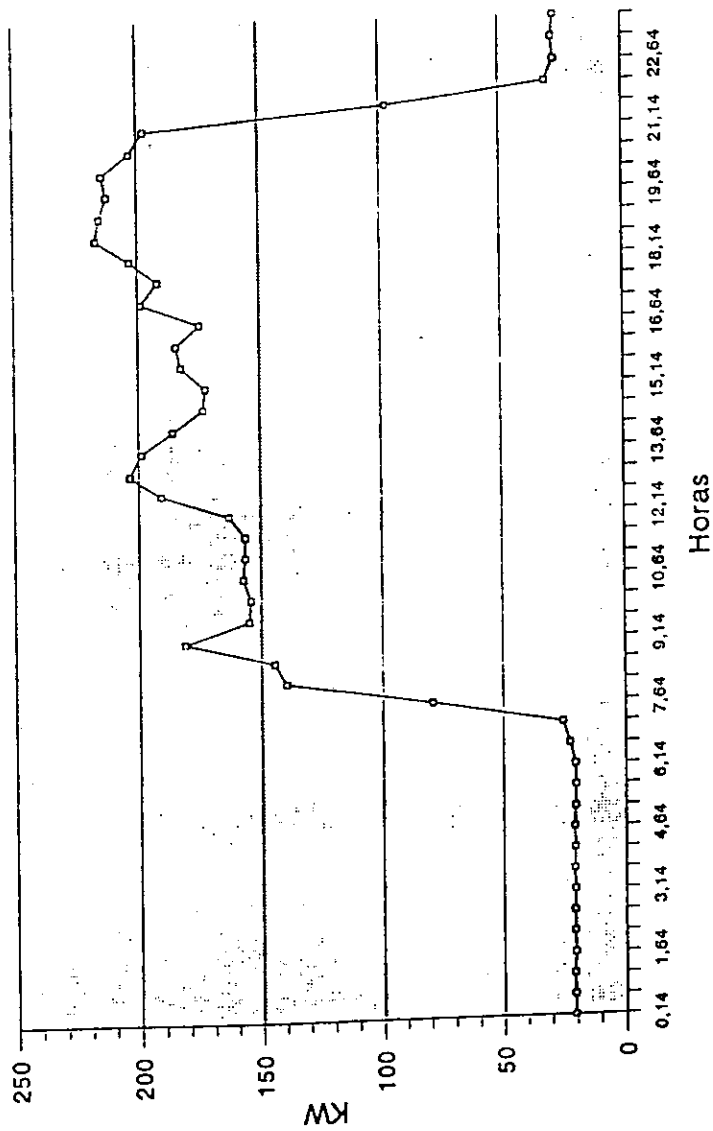
-o- KWA

Gráfica 1.3.1.17



# Demanda Total

## Facultad de Odontología 2

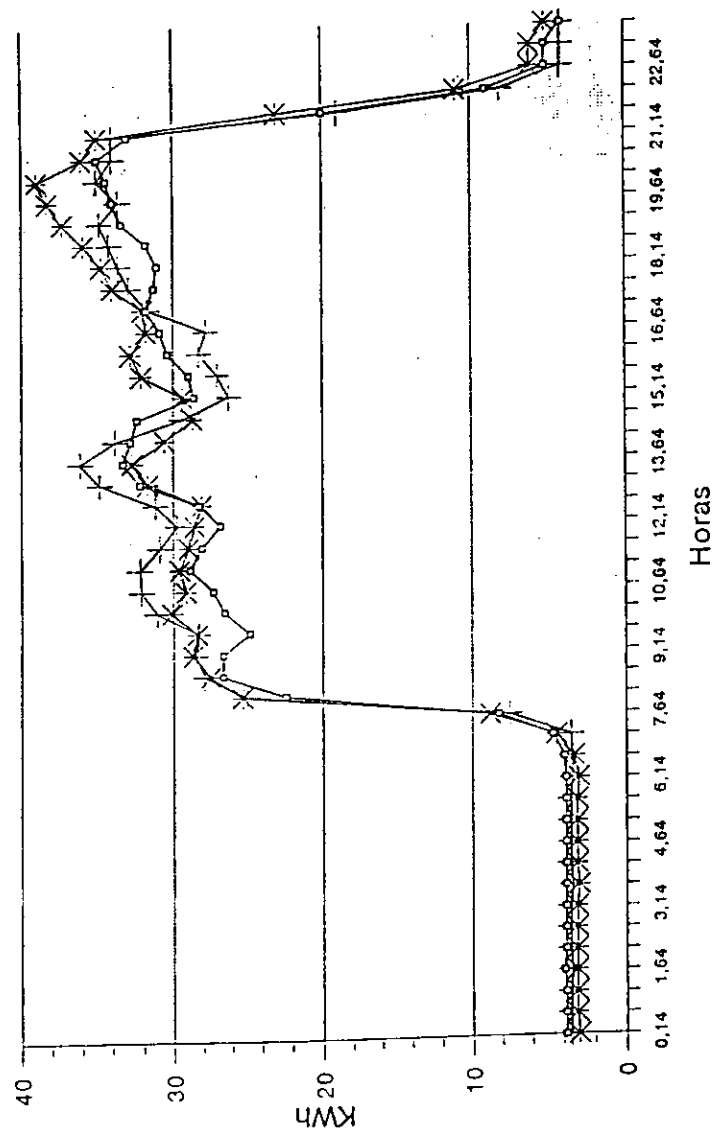


-o- KWA

Gráfica 1.3.1.18

# Consumos

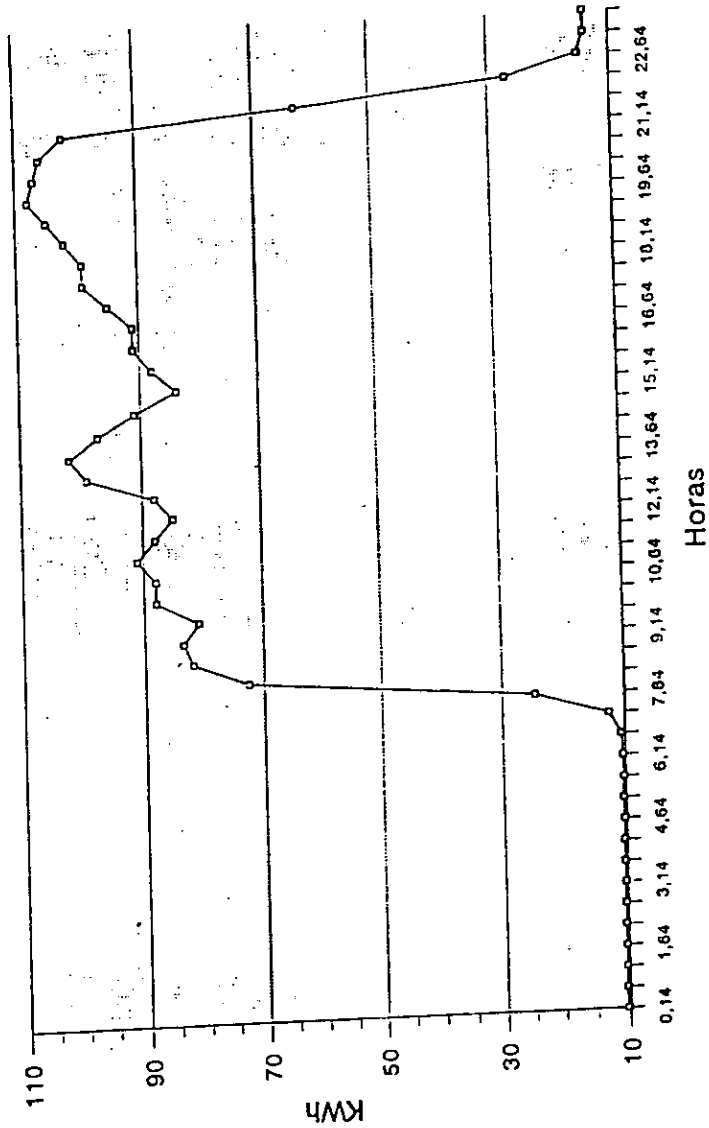
## Facultad de Odontología 2



-o- KWhA + KWhB \* KWhC  
Gráfica 1.3.1.19

# Consumos Totales

Facultad de Odontología 2

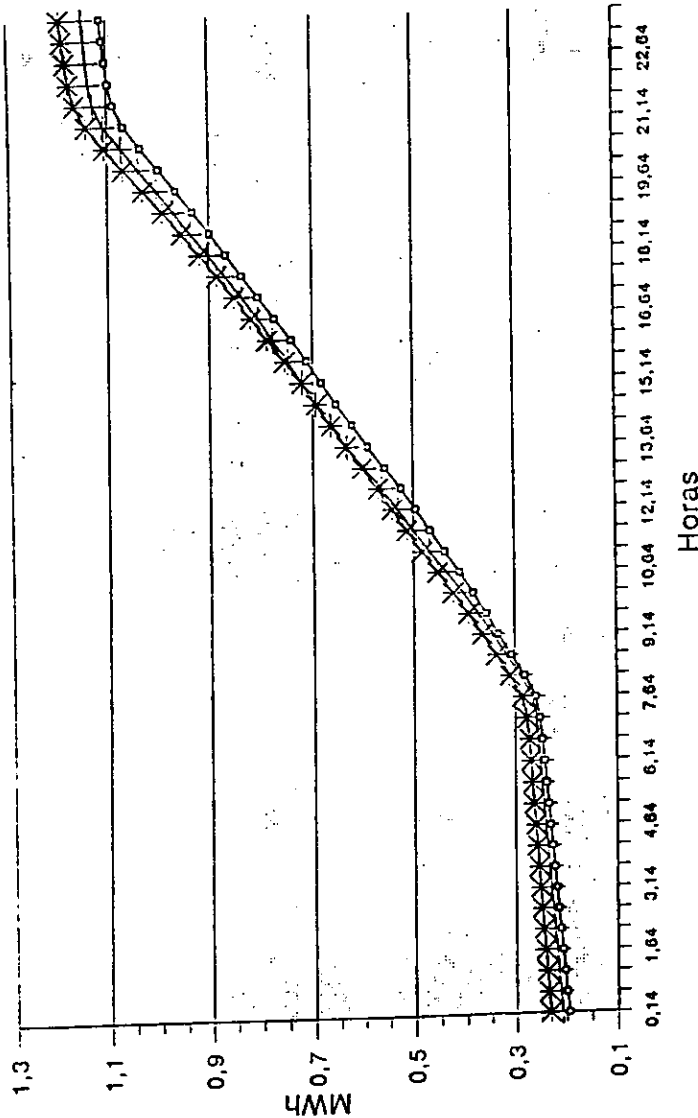


-o- KWh/A

Gráfica 1.3.1.20

# Consumos Acumulados

Facultad de Odontología 2

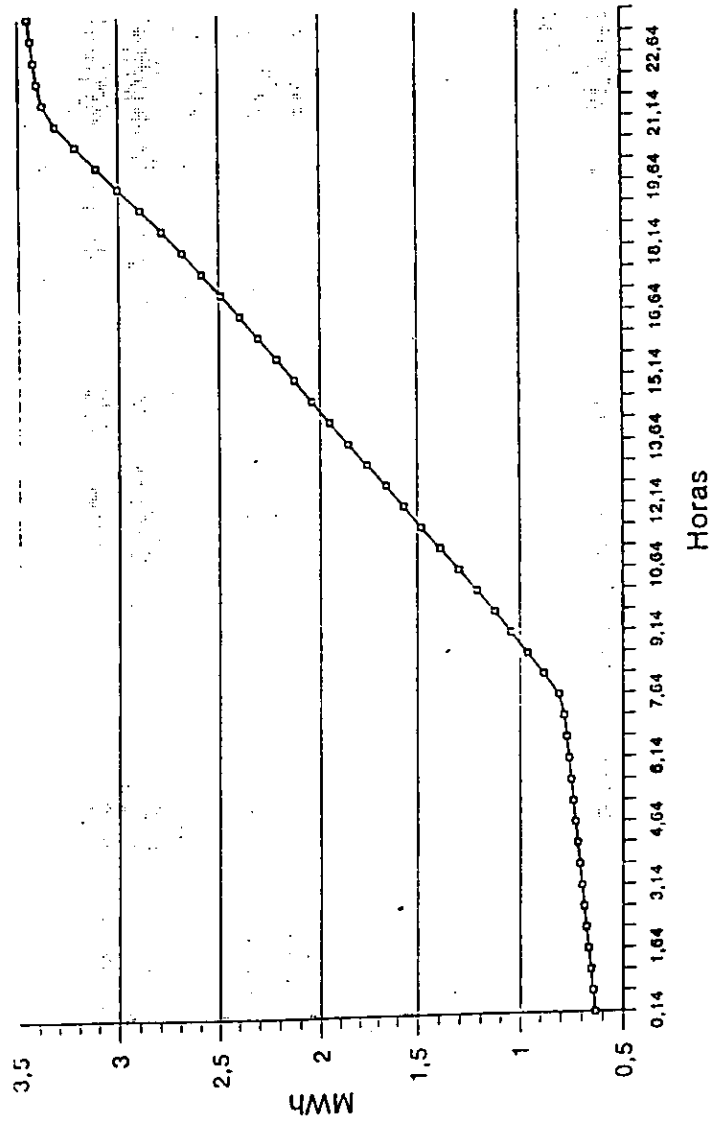


□ MWhA + MWhB \* MWhC

Gráfica 1.3.1.21

# Consumos Acumulados Totales

Facultad de Odontología 2

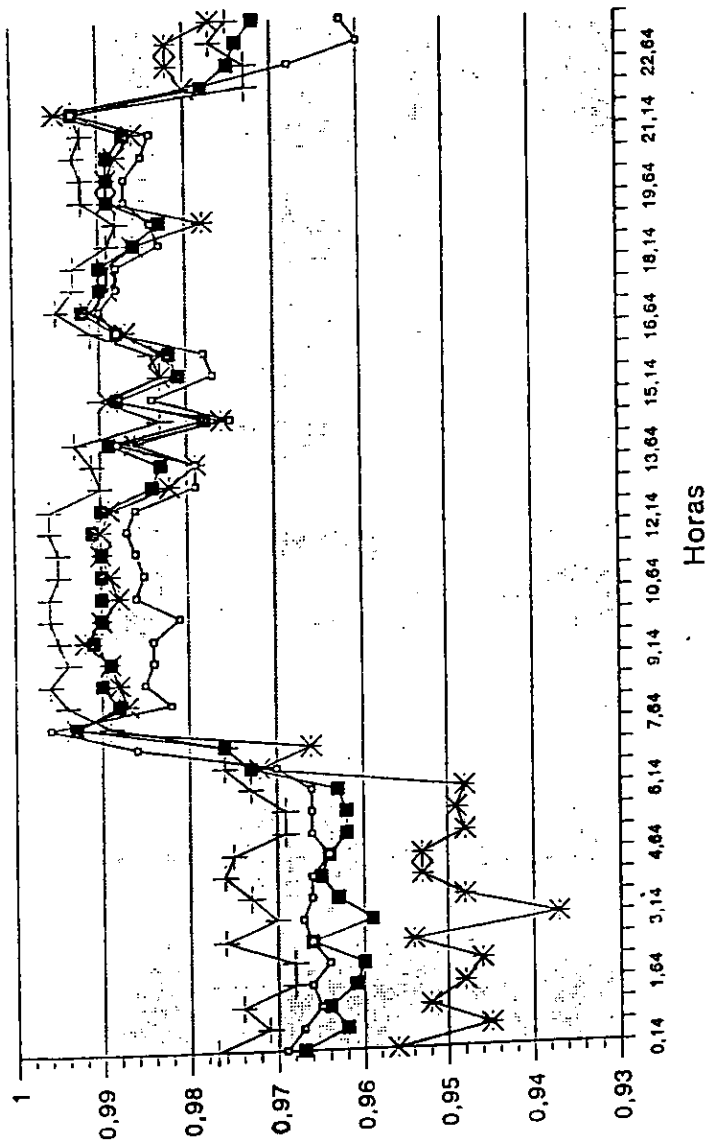


→ MWhT

Gráfica 1.3.1.22

# Factor de Potencia

## Facultad de Odontología 2

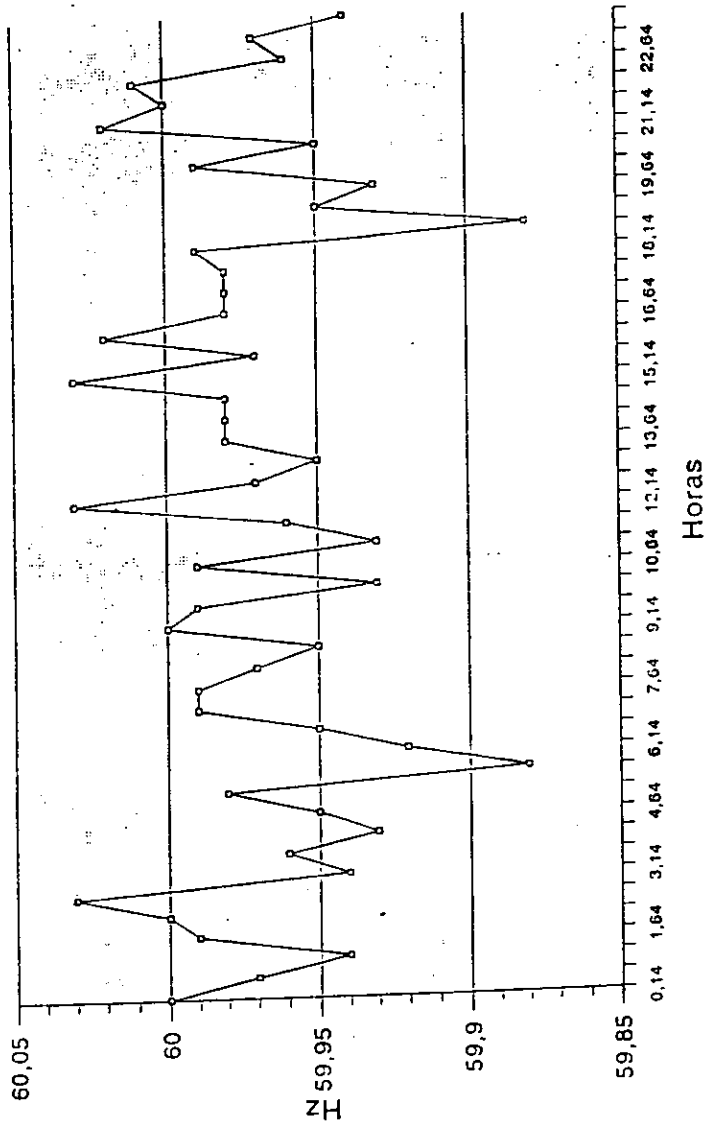


○ FPA + FPB \* FPT

Gráfica 1.3.1.23

# Frecuencia

*Facultad de Odontología 2*



-o- Fq

Gráfica 1.3.1.24

Para poder evaluar el desempeño de las instalaciones de iluminación, es necesario realizar mediciones con el luxómetro y con estas una relación que presentamos a continuación.

### SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Se realizaron mediciones en el equipo de iluminación, y en base a éstas tenemos los siguientes resultados.

#### MEDICIÓN:

- Equipo utilizado:	luxómetro Kyoritsu luxómetro Davis
- Número de mediciones:	6 a 10 puntos por recinto

#### RESULTADOS:

- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en servicios durante las horas de luz natural:	2.54
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en servicios durante la noche:	0.84
- Densidad de potencia en servicios:	19.55 W/m <sup>2</sup> (actual) 18.54 W/m <sup>2</sup> (recomendada)
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en oficinas durante las horas de luz natural:	3.06
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en oficinas durante la noche:	0.97
- Densidad de potencia en oficinas:	26.57 W/m <sup>2</sup> (actual) 18.29 W/m <sup>2</sup> (recomendada)
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en aulas durante las horas de luz natural:	2.30
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en aulas durante la noche:	1.21
- Densidad de potencia en aulas:	17.72 W/m <sup>2</sup> (actual) 15.11 W/m <sup>2</sup> (recomendada)



## CAPÍTULO 2

### **2.- CARACTERÍSTICAS ARQUITECTÓNICAS Y ELÉCTRICAS ACTUALES DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

La Facultad de Odontología está ubicada al noreste de Ciudad Universitaria entre la Facultad de Economía y la Facultad de Medicina, como referimos en el plano P1 al inicio de este trabajo.

La Facultad cuenta con siete edificios denominados A, B, C, D, E, F, y G. Los edificios A, F y G cuentan con un solo nivel, el edificio E cuenta con dos niveles, el B con tres niveles, el C con cuatro niveles y el D con cinco niveles y un basamento.

Para poder obtener las características arquitectónicas y eléctricas de la Facultad de Odontología se solicitaron los planos a la Dirección General de Obras de la U.N.A.M. Estos planos son muy antiguos ya que datan de la fecha en que se construyó la Facultad, por tal motivo fué necesario realizar un levantamiento eléctrico para actualizar esta información.

Para realizar la actualización de los planos de las instalaciones eléctricas de la Facultad de Odontología fue necesario efectuar un levantamiento eléctrico. Que consiste en determinar la cantidad y tipo de carga que manejan cada uno de los circuitos y tableros de la Dependencia, esto incluye el conteo e identificación de circuitos que involucran: luminarias, contactos, equipos especiales (elevadores, ventiladores, unidades dentales, compresores, etc.), así como la descripción de los tableros de distribución. Esta tarea se realizó manipulando tableros y colocando pequeñas lámparas en los contactos para así determinar a qué circuito pertenecía la carga. Posteriormente esta información se plasmaba en un plano que contendría información referente a la ubicación, circuito y tipo de carga de cada uno de los elementos de la instalación eléctrica de la Facultad.

Para esta tarea también fué necesario elaborar cuadros de carga. Un cuadro de carga es simplemente una tabla que relaciona el número de elementos eléctricos (Lámparas, contactos, ventiladores, etc.) con su correspondiente circuito eléctrico y carga. El cuadro de carga es sustraído de un determinado tablero de distribución, de tal forma que el cuadro arroje información sobre la carga por circuito y la suma de carga por fase de un tablero de distribución determinado.

Estos cuadros de carga son utilizados para determinar el desbalance de la carga que existe en cada tablero de distribución, con el objeto de distribuir la carga para tener un desbalance de 5% como indica la norma NOM-001-SEMP94. artículo 205 de instalaciones eléctricas.

#### **2. 1- ACTUALIZACIÓN DE PLANOS ELÉCTRICOS**

Una vez realizado el levantamiento eléctrico, es necesario ordenar esta información de manera que sea fácil de entender y de manejar. Para poder lograr esto es recomendable plasmar esta información de una manera gráfica, y qué mejor que sea en un plano eléctrico que muestre la ubicación de cada elemento así como su circuito y tipo de carga.

Con la información de los planos que fueron solicitados a la Dirección General de Obras de la U.N.A.M. y con los resultados del levantamiento eléctrico que se realizó en la Facultad, se elaboraron los planos actualizados, dibujando los circuitos, lámparas, contactos, y elementos eléctricos de cada uno de los tableros de dicha dependencia, anotando el tipo de carga, el tablero y circuito de cada uno de los elementos eléctricos que conforman la instalación.

Los planos actualizados son utilizados entre otras cosas para estudiar las posibilidades de separar circuitos dando flexibilidad al apagado de luces y el balanceo de circuitos, así como para diseñar el nuevo sistema de iluminación basándose en la orientación, el uso y ubicación de los recintos, la existencia de luz natural y la reubicación y reemplazo de las luminarias.

Los planos facilitan el mantenimiento y reparación de los elementos que conforman a un determinado circuito eléctrico, así como la instalación de nuevos circuitos y elementos en un edificio determinado.

A continuación se muestra un ejemplo, en el cual podemos apreciar de qué manera se realizaron los reemplazos de circuitos y luminarias para obtener una disminución en el consumo de la energía eléctrica en la Facultad.

En la figura 2.1, tenemos el plano actualizado correspondiente al primer nivel del edificio B de la Facultad de Odontología.

En este mismo se pueden apreciar dos planos del primer nivel. En el primero se muestra el plano correspondiente a las luminarias y el segundo corresponde a los contactos ubicados en dicho nivel.

En el primer plano podemos observar, de izquierda a derecha, que las luminarias ubicadas en este nivel están controladas desde la pastilla (No. 1) en el tablero de distribución (TB11), en los demás recintos las luminarias están controladas por otros tableros de distribución (TB11 y TB13). En los baños y recintos que se encuentran en la sección superior derecha, las luminarias están controladas por apagadores.

Las luminarias que están controladas por las pastillas de los tableros de distribución tienen un problema, que reside en que al no poder controlar las luminarias, éstas permanecerán prendidas, incluso cuando no se necesiten, de esta manera se tendrá un desperdicio de energía y un deterioro prematuro del sistema de iluminación. El mismo problema existe en el pasillo, en el cual se tiene una buena distribución de las luminarias, pero éstas están conectadas a un tablero y no se pueden encender desde un apagador, lo que limita el uso de la conexión seccionada de las mismas.

En los baños podemos apreciar que las luminarias están controladas por un apagador, esto permite que se tenga control sobre la carga pero se puede proponer un sensor de presencia para tener un mejor control sobre la misma.

En la figura 2.2, tenemos el plano propuesto correspondiente al mismo nivel y edificio (Edificio B, 1er. nivel), de la misma Facultad.

En esta figura se puede apreciar el plano correspondiente a las luminarias, pero con la diferencia de que su conexión ha sido modificada.

Se puede apreciar que las luminarias de los recintos están conectadas a un apagador y su carga está uniformemente repartida en cada circuito, lo que nos da la facilidad de apagar las luces en cada uno de los recintos cuando éstas no se necesiten de tal forma que ahorramos energía y prolongamos la vida útil de nuestro equipo de iluminación.

En el pasillo se puede apreciar que las luminarias se encuentran seccionadas, al igual que en el plano actualizado, pero con la diferencia de que éstas no se encuentran conectadas a una pastilla, sino a una fotocelda la cual utilizará la luz natural y encenderá las luminarias a una cierta hora cuando anochezca, y las apagará al amanecer cuando la iluminación ya no sea necesaria. En algunas fotoceldas es posible programar el tiempo de encendido, de tal manera que éstas no se enciendan toda la noche, ahorrando una gran cantidad de energía.

En el pasillo se propuso reemplazar las luminarias convencionales de 1X38 Watts por luminarias ahorradoras de 1X17 Watts con reflector especular, ya que la iluminación excedía los niveles proporcionados por la norma, y las luminarias ahorradoras cumplían el requisito de iluminación y además se ahorraban energía.

En los baños, que se encuentran en la parte superior derecha del plano, se propuso la instalación de sensores de presencia, los cuales encenderán la luz únicamente cuando estos detecten la presencia de alguna persona que ingrese o permanezca en los baños, manteniendo las luces encendidas cuando sea necesario, proporcionando un gran ahorro de energía eléctrica y prolongando la vida útil de las luminarias.

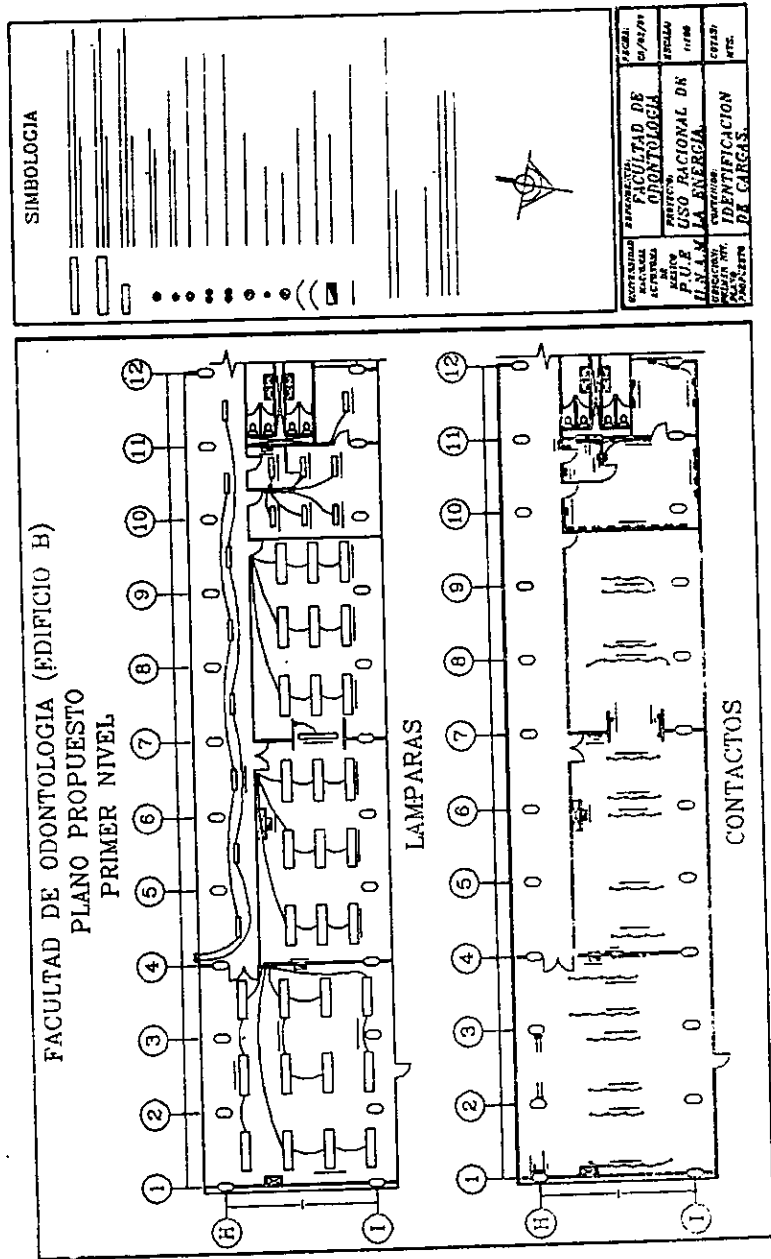
Este tipo de propuestas se realizaron para cada uno de los edificios y niveles de la Facultad de Odontología, realizando seccionamiento de circuitos, colocación de fotoceldas, sensores de presencia, y el reemplazo de luminarias convencionales por luminarias ahorradoras cuando las condiciones de la instalación así lo ameritaban.

Posteriormente se presentan los planos eléctricos realizados a partir del levantamiento efectuado en las instalaciones, estos planos se elaboran con las últimas modificaciones requeridas hasta el momento (18 Noviembre 1997).

Los planos propuestos correspondientes se encuentran ubicados en el capítulo 3.7. (Elaboración de planos propuestos).



Figura: 2.2









































## 2. 2- ACTUALIZACIÓN DE LOS CUADROS DE CARGA DE LAS INSTALACIONES

Como se mencionó anteriormente, un cuadro de carga es simplemente una tabla que relaciona el número de elementos eléctricos (lámparas, contactos, ventiladores, etc.) con su correspondiente circuito eléctrico y carga. El cuadro de carga es sustraído de un determinado tablero de distribución, de tal forma que el cuadro arroje información sobre la carga que contiene cada circuito y la suma de carga total por fase de un tablero de distribución determinado.

El cuadro de carga se compone de varias columnas. La primera columna se utiliza para denominar el número del circuito y se refiere a la posición que ocupa el interruptor termomagnético dentro del tablero (braker). La segunda columna es utilizada para la protección, debido a que en ella se coloca el valor de la protección de cada interruptor. Las columnas restantes se utilizan para colocar en ellas las cargas en forma de cantidades numéricas parciales totales y por fase (esto es de acuerdo al circuito que le corresponde a cada una de ellas). Las columnas etiquetadas con un símbolo eléctrico contienen los valores parciales, de estos las que presentan lámparas fluorescentes deben ser multiplicadas por 1.25 (factor general que se utiliza para este tipo de balastos), que al ser sumados con los demás valores de la fila, como resultado las cantidades asentadas en la columna de Watts totales, estos valores a su vez se colocan en su respectiva fase.

La idea general de elaborar los cuadros de carga es obtener una relación de la carga conectada a los circuitos eléctricos que conforman las instalaciones del recinto, para posteriormente poder manipular la información con el fin de realizar seccionamientos de circuito y el balanceo de la carga.

Para ilustrar el procedimiento que se realizó para balancear los cuadros de carga, tenemos a continuación un ejemplo que muestra como se realizó el balanceo y la distribución de las cargas en cada uno de los tableros de la dependencia universitaria.

En la figura 2.2.1, tenemos el cuadro de carga correspondiente al tablero T1 del edificio D primer nivel, como se puede apreciar este tiene un desbalance del 40.3%, con una carga de iluminación conformada por luminarias de 4X38 Watts, una carga de fuerza de unidades dentales de 200 Watts y contactos monofásicos de 180 Watts.

En las propuestas se vio la necesidad de reemplazar las luminarias convencionales de 4X38 W por luminarias de 2X32 W, ya que éstas estaban ubicadas en pasillos y excedían el nivel de iluminación del recinto especificado por las normas (NOM-001-SEMP-1994).

La figura 2.2.2, tenemos el cuadro de carga propuesto para el mismo nivel y edificio el cual contiene la nueva carga relacionada a las luminarias de 2X32 W, como se puede apreciar en este tablero ya se realizó un seccionamiento adecuado de circuitos y un balanceo de la carga el cual es de 0.97%, que es inferior al máximo especificado por las normas (NOM-001-SEMP-1994)

Para realizar el desbalance máximo se utilizó la expresión

$$\text{Desbalance máximo\%} = ((9800 - 9704) / 9800) * 100\% = 0.97\%$$

Presentamos a continuación los cuadros de carga actualizados. Como se puede apreciar los tableros en su mayoría están desbalanceados, alcanzando desbalances de hasta el 70%. Encontrándose con sobrecarga en algunos de sus circuitos. (Para mayor información revisar el capítulo 1).







2.2. ACTUALIZACIÓN DE LOS CUADROS DE CARGA DE LAS INSTALACIONES

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO TI MARCA SQUARE D 4HJ 20P100A 240/127V

SECCION	DESCRIPCION	AMPERIOS	VOLTAJES	WATTS	VA	SECCION	DESCRIPCION	AMPERIOS	VOLTAJES	WATTS	VA
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
10						10					
11						11					
12						12					
13						13					
14						14					
15						15					
16						16					
17						17					
18						18					
19						19					
20						20					
21						21					
22						22					
23						23					
24						24					
25						25					
26						26					
27						27					
28						28					
29						29					
30						30					
31						31					
32						32					
33						33					
34						34					
35						35					
36						36					
37						37					
38						38					
39						39					
40						40					
41						41					
42						42					
43						43					
44						44					
45						45					
46						46					
47						47					
48						48					
49						49					
50						50					
51						51					
52						52					
53						53					
54						54					
55						55					
56						56					
57						57					
58						58					
59						59					
60						60					
61						61					
62						62					
63						63					
64						64					
65						65					
66						66					
67						67					
68						68					
69						69					
70						70					
71						71					
72						72					
73						73					
74						74					
75						75					
76						76					
77						77					
78						78					
79						79					
80						80					
81						81					
82						82					
83						83					
84						84					
85						85					
86						86					
87						87					
88						88					
89						89					
90						90					
91						91					
92						92					
93						93					
94						94					
95						95					
96						96					
97						97					
98						98					
99						99					
100						100					

SECCION : (VER) A  
FAMILIA I/A

ESTIMACION NÚMRO 1 : VERMONT CONSUMIDOR • 6142625-PROD-1162-21000000 • 5/27

NOTA SE CONSIDERA LA POTENCIA DE CADA UNO DE LOS INDICADORES DE LAS LAMPARAS  
FUERZOS DE CADA UNO DE LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS.

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO TI MARCA SQUARE D 4HJ 20P 240/127V

SECCION	DESCRIPCION	AMPERIOS	VOLTAJES	WATTS	VA	SECCION	DESCRIPCION	AMPERIOS	VOLTAJES	WATTS	VA
1						1					
2						2					
3						3					
4						4					
5						5					
6						6					
7						7					
8						8					
9						9					
10						10					
11						11					
12						12					
13						13					
14						14					
15						15					
16						16					
17						17					
18						18					
19						19					
20						20					
21						21					
22						22					
23						23					
24						24					
25						25					
26						26					
27						27					
28						28					
29						29					
30						30					
31						31					
32						32					
33						33					
34						34					
35						35					
36						36					
37						37					
38						38					
39						39					
40						40					
41						41					
42						42					
43						43					
44						44					
45						45					
46						46					
47						47					
48						48					
49						49					
50						50					
51						51					
52						52					
53						53					
54						54					
55						55					
56						56					
57						57					
58						58					
59						59					
60						60					
61						61					
62						62					
63						63					
64						64					
65						65					
66						66					
67						67					
68						68					
69						69					
70						70					
71						71					
72						72					
73						73					
74						74					
75						75					
76						76					
77						77					
78						78					
79						79					
80						80					
81						81					
82						82					
83						83					
84						84					
85						85					
86						86					
87						87					
88						88					
89						89					
90						90					
91						91					
92						92					
93						93					
94						94					
95						95					
96						96					
97						97					
98						98					
99						99					
100						100					

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO III MARCA SQUARE D. 4H3 12P 50A 240/127V

UNIDAD : TABLERO III  
 UNIDAD : TABLERO III

RECONOCE MODO : 1 - CON-CON-VOLUNTARIOS • 0125-1250/1250/1250 • 200

ESTA SE CONSIDERA LA PARTIDA DE CARGAS DE LOS MUESTRAS DE LAS LAMPARAS  
 (MUESTREO) CON LA PARTIDA DE LAS LAMPARAS

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO III MARCA SQUARE D. 4H3 20P 100A 240/127V

UNIDAD : TABLERO III  
 UNIDAD : TABLERO III

RECONOCE MODO : 1 - CON-CON-VOLUNTARIOS • 0125-1250/1250 • 012

ESTA SE CONSIDERA LA PARTIDA DE CARGAS DE LOS MUESTRAS DE LAS LAMPARAS  
 (MUESTREO) CON LA PARTIDA DE LAS LAMPARAS



CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO 1041 MARCA FEDERAL PACIFIC 4H312P-50A 240/127V

NO. DE LINEA	DESCRIPCION DE LA LINEA	NO. DE INTERRUPTOR	NO. DE TABLERO	NO. DE CARGA	NO. DE LINEA	NO. DE INTERRUPTOR	NO. DE TABLERO	NO. DE CARGA
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
34								
35								
36								
37								
38								
39								
40								
41								
42								
43								
44								
45								
46								
47								
48								
49								
50								
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60								
61								
62								
63								
64								
65								
66								
67								
68								
69								
70								
71								
72								
73								
74								
75								
76								
77								
78								
79								
80								
81								
82								
83								
84								
85								
86								
87								
88								
89								
90								
91								
92								
93								
94								
95								
96								
97								
98								
99								
100								

UBICACION: CUARTO 8  
CANTON APURE

ESTIMACION NUMERO 2 = 60000 - CANTON APURE = 60000 - CANTON APURE = 60000

NOTA SE CONSIDERA LA POTENCIA DE CONSUMO DE LOS MATERIALES DE LAS LAMPARAS  
FLUORESCENTES CON LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS









CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO 1ST MARCA SQUARE D 413 72P 50AMP. 240/127V

LINEA	SECCION	DESCRIPCION	AMPERES	SECCION	DESCRIPCION	AMPERES	SECCION	DESCRIPCION	AMPERES
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
59									
60									
61									
62									
63									
64									
65									
66									
67									
68									
69									
70									
71									
72									
73									
74									
75									
76									
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									
85									
86									
87									
88									
89									
90									
91									
92									
93									
94									
95									
96									
97									
98									
99									
100									

DESCRIPCION: (VER 3) 50/100

ESTIMACION ALBANO 2 - 0201-0204-0205-0206-0207 - 0172-750-0173-0208 - 0172

NOTA SE CONSIDERA LA POTENCIA DE CONSUMO LOS INSTALOS DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES CON LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO 1ST MARCA SQUARE D 413 72P 50AMP. 240/127V

LINEA	SECCION	DESCRIPCION	AMPERES	SECCION	DESCRIPCION	AMPERES	SECCION	DESCRIPCION	AMPERES
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43									
44									
45									
46									
47									
48									
49									
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58									
59									
60									
61									
62									
63									
64									
65									
66									
67									
68									
69									
70									
71									
72									
73									
74									
75									
76									
77									
78									
79									
80									
81									
82									
83									
84									
85									
86									
87									
88									
89									
90									
91									
92									
93									
94									
95									
96									
97									
98									
99									
100									

DESCRIPCION: (VER 3) 50/100

ESTIMACION ALBANO 2 - 0201-0204-0205-0206-0207 - 0172-750-0173-0208 - 0172

NOTA SE CONSIDERA LA POTENCIA DE CONSUMO LOS INSTALOS DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES CON LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS







240/127V

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO T801 MARCA SQUARE D 44378P

LINEA	DESCRIPCION	AMPERES	SECCION	TIPO DE CABLE	LONGITUD	OTROS
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...	...

NOTA: SE CONSIDERA LA POTENCIA QUE CONSUMEN LOS INDICADORES DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES CON LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS.

240/127V

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO T802 MARCA SQUARE D 44378P

LINEA	DESCRIPCION	AMPERES	SECCION	TIPO DE CABLE	LONGITUD	OTROS
1	...	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...	...

NOTA: SE CONSIDERA LA POTENCIA QUE CONSUMEN LOS INDICADORES DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES CON LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS.





CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO ILICITARIO MARCA SQUIRE D. 413 307 100A 240/127V

SECCION - (MUCHOS) - ESTADOS INCL.

ESTADO DEL TABLERO 2 - CONEXION-CONEXIONADO - 100V-100V/127V - 120V

NOTA SE CONSIDERA LA POTENCIA QUE CORRESPONDE A LOS INSTRUMENTOS DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES CON LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO ILICITARIO MARCA SQUIRE D. 413 307 100A 240/127V

SECCION - (MUCHOS) - ESTADOS INCL.

ESTADO DEL TABLERO 2 - CONEXION-CONEXIONADO - 100V-100V/127V - 120V

NOTA SE CONSIDERA LA POTENCIA QUE CORRESPONDE A LOS INSTRUMENTOS DE LAS LAMPARAS FLUORESCENTES CON LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS













**CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO 123 MARCA FEDERAL PACIFIC 4H3E12P50A 240/127V**

NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...

TOTAL: ...

UBICACION: CERTECERO B  
 SEGURADO: ...  
 BALANCE: ...

NOTA SE CONSIDERÓ LA POTENCIA DE CONSUMO DE LOS INDICADOS DE LAS LAMPARAS  
 FLUORESCENTES CEE DE LA POTENCIA TOTAL DE LAS LAMPARAS

### CAPÍTULO 3

#### **3. PROPUESTAS DE CAMBIO EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

Antes de comenzar las propuesta, nos permitimos elaborar una lista de las condiciones en las que se encontraron las instalaciones de la Facultad de Odontología. Para así tener una referencia y realizar las propuestas correspondientes.

##### **- Tableros:**

La mayoría de los tableros carecen de tierra física como es el caso de los edificios B, C, D, E y F.

Los tableros correspondientes a los niveles I y II del edificio A, y de todos los niveles de los edificios B, C, F y E se encuentran en estado deplorable ya que tienen mucho tiempo de ser instalados.

En los tableros de los edificios D, E, F y A, encontramos que varias pastillas están instaladas con exceso de carga ya que no se realizó una buena planificación cuando se instalaron nuevos equipos.

La mayoría de los tableros se encuentran desbalanceados, con desbalances de hasta el 56%.

##### **- Luminarias:**

En los edificios A nivel I, y últimos niveles de los edificios B y D, se encontraron varias lámparas fundidas, difusores en mal estado y con falta de mantenimiento.

##### **- Conductores y contactos:**

En los edificios A, F y G se encontraron varios contactos en mal estado y en algunos tableros los conductores de los mismos se encuentran deteriorados.

Las propuestas que se realizaron para corregir los problemas antes citados se encuentran desarrolladas en el capítulo 3.5 (Propuestas para mejorar el uso de la energía en la Facultad de Odontología de la U.N.A.M.).

Debido a que el objetivo de este trabajo es el optimizar el uso de la energía eléctrica en las instalaciones de la Facultad de Odontología, es necesario presentar varias propuestas para modificar las instalaciones de la Facultad y de este modo que se pueda dar un mejor uso a las instalaciones y reducir el consumo de la energía eléctrica en la misma.

Para realizar estas modificaciones, consideramos necesario mencionar cada uno de los elementos en los cuales se realizaron cambios para mejorar el uso de la energía eléctrica en la Facultad.

#### **3.1- Balanceo de fases**

El balance de cargas es la distribución de cargas iguales en las tres fases, en los sistemas de potencia trifásicos, los cuales deben suministrar potencia a la carga.

En un sistema trifásico balanceado se generan tres voltajes iguales en magnitud y frecuencia pero difieren por un tercio de ciclo en tiempo, 120 grados en ángulo de fase. Estos voltajes balanceados se aplican a impedancias iguales, y dan por resultado corrientes balanceadas. Si un sistema está balanceado puede estudiarse analíticamente considerando sólo una de las tres fases.

Cuando la carga está balanceada puede usarse el llamado diagrama unifilar. Con este diagrama los cálculos se simplifican al realizarlos, en una sola fase, ya que las tensiones y corrientes de las otras fases serán de igual magnitud y con ángulos de defasamiento de  $120^\circ$ , con respecto a la fase que se toma como referencia.

#### **Circuitos trifásicos desbalanceados**

Cuando se conectan cargas trifásicas desbalanceadas (impedancias de carga por fase, con diferente magnitud y ángulo) ya sea en delta o en estrella, a fuentes trifásicas balanceadas, las corrientes que circularán a través de las fases o líneas y de las impedancias de cargas serán distintas y no presentarán un ángulo de defasamiento de  $120^\circ$  entre sí. En estas condiciones no es factible utilizar el diagrama unifilar, además, en caso de haber línea neutra, si habrá corriente circulando por ella.

Para el caso particular de la Facultad de Odontología, fue necesario balancear los circuitos de todos los tableros, ya que éstos presentaban en su mayoría un desbalance mayor al especificado por las normas (NOM-001-1994, artículo 205).

El balance se hace a nivel de tableros considerando exclusivamente las cargas conectadas. Se considera este balanceo estático para disminuir el desbalanceo dinámico.

Los cuadros de carga actualizados correspondientes a la Facultad de Odontología, se encuentran en el capítulo 2.2 y sus correspondientes cuadros propuestos se encuentran en el capítulo 3.5.4. (Elaboración de cuadros de carga propuestos).

### **3.2. TABLEROS DE ALIMENTACIÓN Y PROTECCIONES**

Un tablero eléctrico es un dispositivo diseñado para contener controlar y distribuir los circuitos de una instalación eléctrica, con la ventaja de contener también una protección para corto circuito.

#### Fundamentos de tableros eléctricos

El término tablero es aplicable tanto a los llamados de pared como a los tableros de piso. Para los propósitos prácticos, ambos sirven para la misma función: Recibir la energía eléctrica en forma concentrada y distribuirla por medio de conductores eléctricos, por lo general con barras, a las cargas de los circuitos derivados.

Los circuitos derivados se protegen individualmente para sobrecorrientes y corto circuito por medio de fusibles o interruptores termomagnéticos, montados en tableros algunas veces junto con los instrumentos de medición, tales como, amperímetro, medidores de demanda, voltímetro, etc.

Los tableros de pared y de piso difieren únicamente en su accesibilidad, los tableros de pared como su nombre lo indica están diseñados para ser montados en pared o columna de manera que son accesibles por el frente únicamente. Los tableros de piso están diseñados para ser instalados para montarse retirados de las paredes de manera tal que son accesibles por el frente o por la parte trasera, necesitan entonces espacio libre para circulación, sujeción al piso y eventualmente bases de montaje especial.

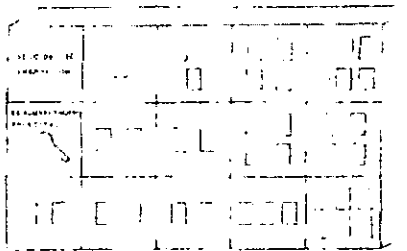


### Tableros de maniobra, control y distribución

El sistema más empleado para encerrar a los aparatos eléctricos en el aparato de la baja tensión y de la media tensión, es el de montarlos dentro de tableros cerrados realizados con perfiles y láminas metálicas (figura 1). La técnica de realización de tableros eléctricos ha evolucionado notablemente en los últimos tiempos y se han desarrollado categorías de tableros eléctricos con características precisas de las cuales las más importantes son:

- Construcciones modulares con dimensiones normalizadas.
- Las barras se protegen de manera tal que no sean accesibles.
- Se procura en la media tensión el uso de interruptores tipo móvil (extraíbles).

Figura: 3.2.1.



Estos tableros se encuentran disponibles para cubrir las exigencias de una distribución normal de las instalaciones y de la protección, así como del control de motores (centros de control de motores) para la distribución de la potencia en baja tensión (centros de potencia) y para la distribución en media tensión.

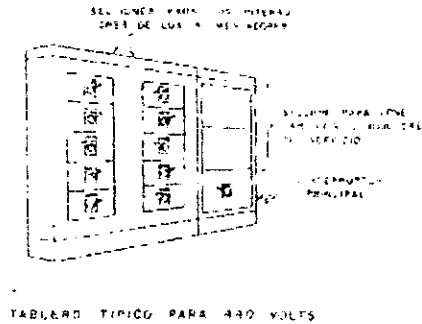
### Tableros de distribución autosoportados

Descripción y aplicación:

Los tableros autosoportados para montaje sobre piso, suministran amplias posibilidades de aplicación en sistemas de distribución de baja tensión, a la vez que ofrecen la operación efectiva y segura que requieren las instalaciones eléctricas modernas. Están disponibles con una amplia gama de interruptores hasta de 3600 A y gabinetes conforme a normas reconocidas, lo que permite la acertada selección del equipo adecuado a las necesidades específicas de cada instalación.

Los tableros autosoportados (figura 3.2.2) se fabrican de tal forma que pueden aplicarse en forma directa o combinada de acuerdo con requerimientos específicos, tanto en lo que se refiere al tamaño de los interruptores que se emplean, como en la forma de interconectarlos o agruparlos.

Figura: 3.2.2.

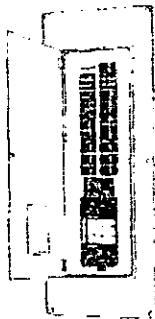


#### Tableros de distribución para montaje en pared

Descripción y aplicación:

Estos tableros son para servicio interior y pueden montarse empotrados o sobrepuestos en muro, mediante la instalación del frente adecuado, el cual se acopla a la caja o gabinete básico que contiene las barras y los interruptores termomagnéticos totalmente instalados. (Figura 3.2.3).

Figura: 3.2.3.



Los tableros de distribución para montaje en pared están diseñados para la protección de redes de baja tensión, pequeñas y medianas. Hay disponibles varios grupos de tableros y están clasificados según el tamaño de la carga que se vaya a manejar de 225 A, 400 A, 600 A, 1200 A y 1600 A. Todos emplean interruptores termomagnéticos, tanto para la llegada del interruptor general como para las salidas o circuitos derivados.

Estos tableros se aplican en cualquier tipo de carga, en el sector comercial, como edificios públicos, plazas comerciales, almacenes, bodegas, hospitales, supermercados, etc., en la industria automotriz, química, papelería, cementera, etc.

Los frentes para montaje empotrado en muro tienen extremos que se extienden más allá de los límites del gabinete para cubrir las irregularidades en la apertura del muro.

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994 artículo 405.19 describe a los tableros de alumbrado como aquellos que deben proveerse de medios físicos para impedir la instalación de un número mayor de dispositivos de sobrecorriente al que fue diseñado.

En el caso de la Facultad de Odontología, encontramos una gran variedad de estos tableros en todos los edificios. En la mayoría de los edificios encontramos tableros trifásicos de 30 polos, de montaje en pared, 225 A, marca Square D.

Al hacer la identificación de los circuitos en los tableros se encontró desbalance en la mayoría de éstos, con lo cual se realizó un balance de cargas. (Capítulo 3.8).

### 3.3.- SISTEMAS ELECTRÓNICOS DE CONTROL DEL CONSUMO DE ENERGÍA

Varias ramas de la ingeniería han aportado ideas así como soluciones técnicas para hacer un uso racional de la energía eléctrica.

La ingeniería electrónica, en el área de iluminación ha contribuido de una forma eficaz creando y desarrollando controles de iluminación que ofrecen un potencial ahorro de energía eléctrica adicional, semejante o incluso mayor que las nuevas lámparas o balastos ahorradores de energía. Los controles pueden aumentar la vida útil de estos dispositivos.

El adecuado control de un sistema de iluminación es una de las más efectivas maneras de ahorrar energía eléctrica, las técnicas de control pueden variar desde un sencillo interruptor de encendido-apagado instalado para una sola luminaria hasta un elaborado sistema de control inteligente computarizado que opera todo el sistema de iluminación de un edificio.

Con una correcta distribución de estos dispositivos se pueden lograr importantes ahorros de energía eléctrica, ya que esto permite el encendido del sistema de iluminación de sólo aquellas áreas en las que sea necesario, apagando en donde no se encuentre nadie trabajando o que la luz natural sea suficiente.

Los equipos de control en iluminación se pueden dividir en dos categorías: Controles de dos posiciones (encendido-apagado) y proporcionales (atenuadores).

En los controles de dos posiciones, el elemento accionador tiene solamente dos posiciones fijas, que en muchos casos son simplemente conectado y desconectado. El control de dos posiciones es relativamente simple y económico, y por esta razón ampliamente utilizado en sistemas de control tanto industriales como domésticos.

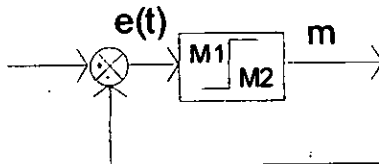
Sea la señal de salida del control  $m(t)$  y la señal de error actuante  $e(t)$ . En un control de dos posiciones, la señal  $m(t)$  permanece en un valor máximo o mínimo, según la señal de error actuante sea positiva o negativa, de modo que  $M1$  y  $M2$  son constantes:

Por lo tanto

$$m(t) = M1 \text{ para } e(t) > e1$$

$$m(t) = M2 \text{ para } e(t) < e2$$

Figura 3.3.1. Diagrama de bloques.



Dentro de esta clasificación tenemos los siguientes dispositivos:

Los sensores de presencia, temporizadores, componentes optoelectrónicos y transductores luminosos y de radiación. Todos estos dispositivos mencionados anteriormente se usan en forma individual o en conjunto para integrar un sistema completo que sea capaz de manejar varias estrategias de control para un número de luminarias.

El control de **encendido-apagado** más sencillo es el interruptor de pared, estos son de bajo costo y alta confiabilidad lo que los convierte en una importante opción para cualquier instalación.

### 3.3.1.- SENSORES DE PRESENCIA

El uso de los sensores de presencia en el diseño de proyectos de iluminación en ahorro de energía, es simplemente la aplicación de una idea: **"apagar las luces cuando el área esté desocupada"**.

Este tipo de dispositivos, son simples interruptores de corriente eléctrica que controlan el encendido y el apagado de luminarias, activados a partir de una señal que indican la presencia de una persona en el interior de un recinto.

Dentro de los sensores de los controles de presencia existen básicamente tres tipos:

#### - Detectores PIR (passive infrared)

Perciben y responden a los cambios en los patrones de radiación infrarroja. Los patrones de calor del cuerpo y de los animales pueden ser diferenciados fácilmente de otras fuentes de calor. Este detector genera un haz infrarrojo que sale y regresa constantemente al sensor; si el haz es desviado ante el movimiento de un objeto, el relevador del sensor se activa alimentando a la carga eléctrica. Esta tecnología es la que se utiliza para los sistemas de seguridad residenciales y comerciales.

#### - Detectores ultrasónicos

Son de tipo activo, ya que emiten y reciben una señal ultrasónica producida por la oscilación de un cristal de cuarzo, la cual es inaudible. Responden al cambio en el tiempo de retorno de la señal o a la distorsión de la misma, producido por el movimiento de los ocupantes en un recinto cualquiera, activándose el sensor de la misma manera que del detector infrarrojo.

**- Detector de microondas**

También son de tipo activo y trabajan en forma similar a los anteriores, pero responden a un cambio en la frecuencia de la señal, también ocupada por el movimiento de los ocupantes. Hasta este momento, su uso se limita a aplicaciones de seguridad.

Los sensores de presencia se colocan generalmente en las siguientes áreas:

- El techo, para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencias.
- En la pared, este tipo de sensores sustituye directamente a interruptores de pared y algunos incluyen un interruptor manual.

En la figura 3.3.1.1, se puede apreciar un sensor de presencia para techo con su respectivo diagrama eléctrico (figura 3.3.1.2).

Figura: 3.3.1.1.



Sensor de 360°

Figura: 3.3.1.2

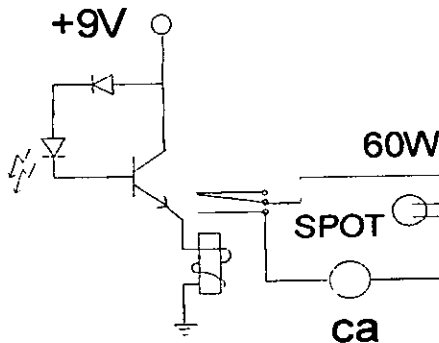


Diagrama eléctrico general de un sensor de presencia.

**Cómo funciona:**

Cuando el led infrarrojo detecta la radiación emitida de un cuerpo, éste se pone en conducción polarizando al transistor el cual entra en saturación, conduce y activa al relevador conectado a la carga.

### 3.3.2.- OTROS DISPOSITIVOS

#### Temporizador

Los temporizadores son dispositivos que nos permiten controlar el encendido y apagado de luminarias, basándonos en las horas de uso de las mismas con el objeto de proporcionar un ahorro de energía.

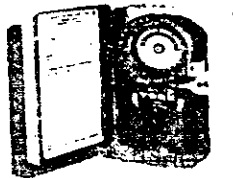
Estos dispositivos son usados principalmente para el control de iluminación. La forma más fácil de programación es utilizando unidades de tiempo. Su aplicación más sencilla es la de encender las luces a una hora determinada y la de apagarlas a otra, como un sistema de iluminación para exteriores. Existen unidades más complejas que permiten la programación para los 365 días del año con ajustes para cada estación.

Existen dos tipos básicos de temporizadores:

- Temporizadores que operan eléctricamente y accionan el interruptor mecánicamente. Este tipo de dispositivos mecánicos se encuentra en versiones de 24 horas y de 7 días, algunos otros tienen ajustes astronómicos para compensar las variaciones en la duración del día y la noche de acuerdo a la estación del año. Otros tienen un mecanismo de cuerda como respaldo de la energía eléctrica.

- Temporizadores electrónicos que utilizan circuitos integrados de bajo costo, alta precisión y que incorporan funciones como calendarios y ajustes astronómicos para 365 días. Este tipo de dispositivos controlan la energía de los circuitos por medio de relevadores. Algunos tienen la posibilidad de manejar dos a más relevadores con diferentes horarios. Por lo general, tienen una batería de respaldo por si falla el suministro de energía eléctrica (figura 3.3.2.1).

Figura: 3.3.2.1.



Temporizador.

Figura: 3.3.2.2.

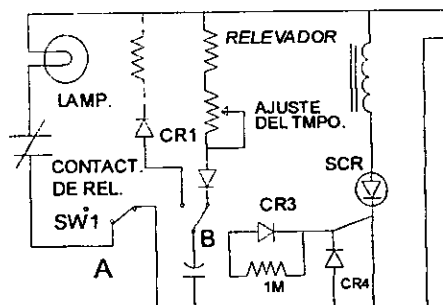


Diagrama eléctrico de un temporizador.

#### **Cómo funciona:**

Con el interruptor colocado en la posición restauración, el circuito que va a la lámpara amplificadora se abre mediante el interruptor RESTAURACIÓN-TIEMPO, y el capacitor C se conecta a la línea de CA a través del interruptor y el diodo CR1. Mediante ésta corrección el capacitor se carga al valor negativo de pico de la tensión en línea. El diodo CR4 en unión con la resistencia de 1 Mohm mantiene la compuerta polarizada inversamente sin aplicar toda la tensión negativa de carga. En esta condición el SCR no conduce y el relevador no está energizado.

Quando el interruptor RESTAURACIÓN-TIEMPO está colocado en tiempo, el circuito de la lámpara se completa a través del interruptor y los contactos NS del relevador. Al mismo tiempo el capacitor se conecta a la línea de CA a través de CR2 para el control de ajuste de tiempo. Durante cada alternación positiva de corriente el capacitor descarga una cantidad determinada que depende de la ubicación del control de ajuste de tiempo, después de un periodo de tiempo C se descarga completamente y comienza a cargarse en sentido positivo. El diodo CR1 permite entonces que la corriente de compuerta fluya y hace conducir al SCR. Esto a su vez energiza al relevador abriendo el circuito que va a la lámpara. Volviendo al interruptor a la posición RESTAURACIÓN se carga negativamente a C otra vez y se corta la conducción al SCR, preparando al circuito para un nuevo ciclo de control de tiempo.

Antes de seguir adelante mencionaremos lo siguiente:

#### **Componentes optoelectrónicos:**

Los componentes que al interactuar con ondas electromagnéticas con longitudes de onda comprendidas entre 0.1  $\mu\text{m}$  y 0.3  $\mu\text{m}$  modifican sus características eléctricas, se denominan componentes optoelectrónicos detectores.

Los dispositivos optoelectrónicos son: los fotodiodos, los fototransistores, las fotoceldas, las celdas fotovoltaicas, los diodos emisores de luz (LED), los optoacopladores electrónicos, los diodos LASER y los dispositivos de cristales líquidos.

#### **Trasductores luminosos y de radiación:**

Los trasductores son dispositivos que permiten transformar las mediciones de magnitudes físicas No eléctricas en eléctricas. A nosotros nos interesan aquellos trasductores que pueden sentir las radiaciones de luz y convertirlas en forma eléctrica. La clase general de trasductores luminosos y de radiación también se conocen como *fototrasductores* y se usan para detectar la presencia e intensidad de la luz en diferentes circunstancias.

Los tres tipos principales de trasductores de luz a energía eléctrica son:

- Dispositivos fotoemisores.
- Dispositivos fotoconductores.
- Dispositivos fotovoltaicos.

#### **La fotocelda:**

Se encuentra dentro de los detectores de luz fotoconductores. Estos son básicamente resistencias sensibles a la luz, los cuales se construyen de materiales cuya resistencia decrece cuando son iluminados. Las fotoceldas se utilizan a menudo en los relés fotoeléctricos, como elementos fotosensibles o también en los controles automáticos de intensidad de luz de las cámaras o de las luminarias empleadas en la iluminación de los pasillos y calles.

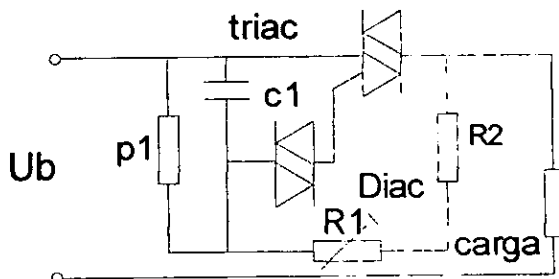
El empleo de las fotoceldas debe ser considerado desde el diseño de la instalación eléctrica, para evitar adecuaciones costosas. Los circuitos deben estar seccionados de forma que su apagado no interfiera con otras áreas donde si se requiere mantener encendidas las luminarias. (Figura 3.3.2.3).

Figura: 3.3.2.3



Fotocelda.

Figura: 3.3.2.4.



Circuito eléctrico típico de aplicación de una fotocelda.

**Cómo funciona:**

El DIAC está unido por un extremo con la terminal de arranque del TRIAC y por el otro con la toma de un divisor de tensión. Este divisor consta en una de sus ramas por las resistencias ( $R1 + R2$ ) y en la otra rama está formada por la conexión en paralelo del condensador  $C1$  y la resistencia fotoeléctrica  $P1$ .

Cuando el TRIAC está bloqueado, el divisor de tensión recibe la plena tensión de red  $Ub$ . Un extremo de este divisor está unido directamente a un polo de la red y el otro extremo queda también conectado al otro polo a través de la carga. La fotoresistencia presenta una elevada resistencia óhmica cuando no está iluminada. Si esta resistencia es tan elevada que la corriente a su través es despreciable frente a la corriente que circula por el condensador. Ocurre que el condensador se cargara rápidamente, a cada semiperiodo de la tensión alterna al valor de la tensión para el DIAC. En estas condiciones, el impulso de descarga originado por el DIAC, producirá el arranque del TRIAC instantes después de haberse iniciado cada nuevo semiciclo de la tensión de la red alterna.



### Control proporcional

Para un controlador de acción proporcional, la relación entre la salida del controlador  $m(t)$  y la señal de error actuante  $e(t)$  es:

$$m(t) = K_p e(t)$$

Donde  $K_p$  se denomina sensibilidad proporcional o ganancia.

Cualquiera que sea el mecanismo en sí, y sea cual fuere la potencia que lo alimenta, el control proporcional esencialmente es un amplificador con ganancia ajustable. En la figura 3.3.2.5, se puede ver un diagrama de bloques de este control.

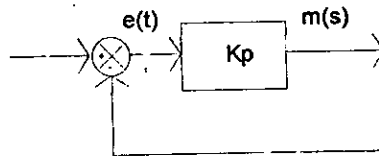


Figura 3.3.2.5.

### Controles atenuadores

Los controles atenuadores (dimmers) disminuyen la potencia que se entrega a la lámpara, lo que ocasiona una reducción en la salida de luz. El tipo de control es determinado por el tipo de lámpara a ser atenuada y el resultado deseado por esta atenuación. La primera versión de los atenuadores fue completamente resistiva. Existen actualmente dos tipos: atenuadores electrónicos y atenuadores a base de transformadores, los primeros suministran a la lámpara sólo una parte de cada ciclo de voltaje, mientras que los segundos reducen la magnitud del voltaje suministrado.

Estos pueden afectar el funcionamiento de algunos tipos de lámparas. Los atenuadores más comunes son utilizados en lámparas incandescentes, pero es posible también utilizarlos en algunas lámparas de descarga en gas, como los fluorescentes.

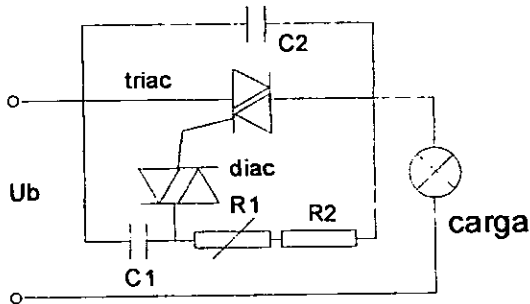
El rango de aplicación de los dimmers es muy amplio, desde los controles manuales individuales hasta los utilizados en estrategias de control a través de sistemas computarizados.

Figura:3.3.2.6.



Control atenuador (dimmer).

Figura: 3.3.2.7.



Circuito eléctrico de un control atenuador (dimmer).

**Cómo funciona:**

En la resistencia R1 se ajusta el ángulo de conducción de corriente. El condensador C1 suministra el impulso de arranque, una vez que el DIAC conduce. La resistencia R2 sirve únicamente para evitar que se ajuste un valor de resistencia excesivamente bajo.

La corriente de carga del condensador C1, cuando la tensión de red pasa por un semiperiodo positivo pasa también por las resistencias R1, R2 y la carga. En los semiperiodos negativos de la tensión en red, la corriente de carga del condensador sigue el mismo camino pero en sentido opuesto. La corriente de descarga del condensador se cierra a través del DIAC.

Mientras el TRIAC continúe bloqueado, la plena tensión de red queda aplicada entre las terminales 1 y 2 del TRIAC, así como entre los bornes del condensador.

**3.4- LUMINARIAS AHORRADORAS VS LUMINARIAS CONVENCIONALES**

Es indudable que con la introducción de las lámparas fluorescentes compactas y circulares en el mercado, se inició una evolución en el uso racional de la energía eléctrica en el campo de la iluminación así como con respecto al uso tradicional de los focos incandescentes cuya eficiencia es baja debido a que gran parte de la energía de suministro se transforma en calor al comportarse como una resistencia eléctrica. Sin embargo a diferencia de los focos incandescentes, frecuentemente algunos balastos para las lámparas fluorescentes presentan bajo factor de potencia y alta distorsión armónica, lo que contribuye a afectar las redes eléctricas de las compañías suministradoras del servicio eléctrico.

En base a la Guía de Implantación No. 2 de Medidas de Ahorro de Energía (M.A.E.) de la comisión Nacional para el Ahorro de la Energía, se realizó una comparación entre las lámparas ahorradoras y las convencionales.

En la siguiente tabla (3.4.1), se muestra una comparación entre las lámparas fluorescentes convencionales y las lámparas y balastos ahorradores, en la que se puede apreciar el ahorro de potencia en las luminarias y balastos ahorradores.

Cabe mencionar que estas tablas muestran las luminarias que se proponen reemplazar en la Facultad de Odontología, ya que éstas mismas presentan las características físicas y de iluminación adecuadas para su uso en esta Facultad.

SISTEMA PRESENTE	WATTS DE LAS LAMP.	WATTS DEL BALASTRO	WATTS TOTALES	
F40T12(2X40W)	80	20.13	100.13	
F96T12(2X75W)	150	30.97	180.97	
F20T12(4X20W)	80	16	96	
F40T12/U(2X40W)	80	20.17	100.13	
SISTEMA PROPUESTO	WATTS DE LAS LAMP.	WATTS DEL BALASTRO	WATTS TOT.	WATTS AHORR.
F34T8(1X32W)R.E	32	4	36	64(64%)
F60T12(1X60W)R.	60	2.5	62.5	118.47(65.46%)
F17T8(2X17W)R.E	34	7	41	55(57.3%)

Tabla 3.4.1.

Estas lámparas o luminarias son las utilizadas en la Facultad de Odontología de tal manera que las luminarias ahorradoras que se presentan en la tabla, sustituyen a la lámpara convencional correspondiente.

Una de las características más importantes es el flujo luminoso que suministran las lámparas fluorescentes circulares, ya que son similares o mayores a los ofrecidos por los focos incandescentes.

Gracias al avance de la tecnología en iluminación es recomendable utilizar lámparas ahorradoras cuando las condiciones de la instalación lo permitan ya que proporcionan un nivel de iluminación menor, pero un menor consumo de potencia. Estas luminarias se deben de instalar, siempre y cuando el uso y condiciones de las instalaciones lo justifiquen.

### Balastos

Las lámparas fluorescentes no pueden ser conectadas directamente a la línea. La lámpara tomará más y más corriente hasta destruirse, a menos que se estabilice el flujo de corriente de alguna manera. En nuestros días existe una gran variedad de lámparas fluorescentes las cuales necesitan diferentes tensiones de encendido dependiendo del largo, diámetro, construcción y gases con los cuales se llena la lámpara.

Durante el ciclo de encendido el balastro:

- Provee una cantidad controlada de energía para calentar los electrones de la lámpara.
- Suministra pulsos controlados de alta tensión y la corriente para establecer el arco entre los electrodos.

Y en el ciclo de operación:

- Controla y limita la energía eléctrica a los valores apropiados al cual la lámpara operan con su máxima eficiencia.

**Balastos de alta eficiencia**

Normalmente los balastos son contruidos con circuitos magnéticos y su consumo es de aproximadamente el 20% de la potencia de la lámpara. Actualmente existen en el mercado balastos ahorradores que consumen menos energía y permiten a la lámpara llegar a su vida nominal. Por otro lado, también están los balastos electrónicos que son los más eficientes. Cabe observar que los balastos ahorradores cuestan casi lo mismo que los tradicionales no siendo el caso de los electrónicos cuyo costo es superior.

Para la Facultad de Odontología fue necesario determinar el tipo de lámparas, luminarios y balastos que se encontraban instalados en dicha Facultad para poder elegir el tipo de balastos y lámparas a sugerir.

Es necesario también conocer el uso que se le está dando a cada uno de los recintos, ya que por norma se necesita tener un cierto numero de watts o lumens por metro cuadrado. Esta información se encuentra en los planos y en cuadros de zona, que describen el número y tipo de luminarias o la clase de recinto (con o sin iluminación natural) respectivamente.

En la siguiente tabla (3.4.2), se muestran los balastos que proponemos para su reemplazo en dicha Facultad.

BALASTRO	TIPO	POTENCIA NOM.	PRECIO N.PESOS	PROVEEDOR
1X32W	ELECTRONICO	32W	86.05	ELECTRO CENTRO
1X34W	AHORRADORES	34W	79.9	ELECTRO CENTRO
2X60W	ALTA EFICIENCIA	120W	215	ELECTRO
1X60W		60W	117	CENTRO ELECTRICA LARIOS

Tabla: 3.4.2.

**Balastos electrónicos**

Son balastos basados en dispositivos de estado sólido que trabajan a alta frecuencia (20 a 60 KHz) y con menores pérdidas internas, ayudando a mejorar la eficacia del sistema. La frecuencia de salida del balastro a la que trabajarán las lámparas es escogida lo suficientemente alta para incrementar la eficiencia de la lámpara y trasladar el ruido provocado por la operación balastro hacia la región inaudible para el ser humano, pero no tan alta como para provocar interferencia electromagnética. Existen diseños tanto para lámparas de Arranque Rápido (AR) como de Arranque Instantáneo (AI); normalmente la vida de las lámparas es mayor en los sistemas de AR, pero los sistemas de AI son más eficientes. Para atenuar un poco los altos costos en la adquisición de estos balastos, se diseñan algunos tipos capaces de operar hasta cuatro lámparas.

La mayoría se puede instalar directamente en lugar de los electromagnéticos porque son de las mismas dimensiones, aunque su peso es mucho menor. Los hay de potencia constante y potencia variable. Los mejores diseños tienen circuitos que mantienen la distorsión armónica por debajo del 20% e incluso menor al 10% y factores de potencia mayores a 0.9, pudiendo llegar a ser del orden de 0.99.

Figura: 3.4.3.

Circuito eléctrico de un balastro electrónico.

**Operación:**

La señal de corriente alterna (AC) de 120 V, entra a una etapa de filtrado y rectificación, compuesta por la resistencia R1, el capacitor C1 y C2 así como los diodos D1 y D2. La lámpara es conectada en paralelo y por medio de la resistencia R2 se ajusta el ángulo de conducción de corriente, el condensador C3 suministra el impulso de arranque, una vez que el SIDAC conduce excita al transformador para proporcionar el potencial suficiente para que la lámpara se encienda

Basados en el uso de un circuito integrado, los balastos electrónicos ofrecen ventajas únicas para la operación de sistemas de iluminación fluorescente de arranque rápido.

**Principales características:**

**Máximo ahorro en el consumo de energía**

Ya que su funcionamiento se basa en el uso de componentes electrónicos de alta eficiencia, los balastos electrónicos en combinación con las lámparas ahorradoras de 34 watts de arranque rápido, ofrecen un 37% de ahorro en el consumo de energía eléctrica.

**Salida de luz constante**

Gracias a la excelente regulación que tienen los balastos, las lámparas ofrecen siempre un flujo luminoso constante. Esto sin importar las variaciones que se tengan en el voltaje de alimentación al balastro.

**Operación segura**

Gracias a que su diseño incorpora protecciones para cumplir con los requerimientos de las siguientes normas: ANSI, IEEE, FCC, UL, NOM, los balastos electrónicos garantizan una operación segura aún para aquellas aplicaciones más complejas.

**Operación silenciosa**

Opera en forma por demás silenciosa ya que sólo produce el 25% del ruido generado por un balastro electromagnético clase A.

### **Versatilidad**

Ofrecen la ventaja única de operar satisfactoriamente cualquiera de los siguientes tipos de lámpara de arranque rápido: 40, 34, 35 W T-12, 32, 36 W T-8; PL-L 36 W, Curvalume 40 W.

### **Mayor eficiencia de lámparas**

Al operar el balastro electrónico en alta frecuencia (25 Khz), se logra que las lámparas sean hasta un 27% más eficientes que cuando se operan en un balastro electromagnético.

### **Balastos electrónicos con control de iluminación**

Existen balastos que pueden tener la capacidad de atenuar su salida de voltaje de acuerdo con una entrada de control. La entrada de control generalmente es una señal de corriente directa que va desde cero a diez volts. Esta señal de control provoca que el balastro nos otorgue una salida que oscila entre el 10% y hasta el 100% de su valor máximo sin que ésto afecte su vida, lo que significa un ahorro superior al 37%.

Debido a lo anterior, es posible utilizar los balastos en un sinnúmero de aplicaciones. Por ejemplo, con la ayuda de un control manual (figura: 3.3.4), es posible que se controle el flujo luminoso que tiene en la oficina, en una sala de juntas y con la ayuda de un detector de presencia, es posible encender al máximo la iluminación en forma automática cuando alguien entra en la sala, o bien atenuarla al mínimo una vez que la sala ha sido desocupada.

Para aquellos lugares en que la contribución de luz ambiental juega un papel importante un detector compatible evitaria el uso innecesario de energía eléctrica al ajustar la salida de luz de las lámparas, también en forma automática conforme aumente o disminuya la contribución de luz ambiental.

De esta forma, gracias a la ayuda de los balastos electrónicos y uno o varios controles en forma simultánea, es posible tener la cantidad de luz adecuada en el lugar y tiempo preciso.

Figura: 3.4.4.

Esquema de alambrado para un balastro con control de iluminación.

**Cuadro comparativo entre balastro electromagnético y balastro electrónico**

<b>Características</b>	<b>Balastro electromagnético</b>	<b>Balastro electrónico</b>
Magnitud de ruido producido	31 dB	25 dB
Peso	1.68 Kg	0.68 Kg
Temperatura de operación	80 °C	50 °C

Todos estos dispositivos sirven como una medida de modernización tecnológica que puede ayudar a abatir el consumo por iluminación, pero no son una medida en la que se debe de basar un diagnóstico energético, más bien el enfoque que se le debe dar es el de dispositivos auxiliares para el ahorro de energía.

Y para esto tenemos que tener muy claro el siguiente concepto.

**Mantenimiento:**

Mantenimiento es el conjunto de actividades desarrolladas con objeto de tener los bienes físicos de una empresa en condiciones de funcionamiento económico.

De esta forma, mantenimiento es el responsable de los bienes físicos de la empresa y por lo tanto su primer compromiso es el conocimiento de éstos, determinando así su universo de trabajo (campo de aplicación).

Para este caso se deben de realizar dos tipos de mantenimiento:

**Mantenimiento correctivo:**

Es la eliminación de las fallas a medida que éstas se presentan o se hacen inminentes. Las tareas que se desarrollan en este tipo de mantenimiento son fundamentalmente la reparación y el reemplazo.

**Mantenimiento preventivo:**

Es la detección de las posibles fallas y su corrección del tiempo que se habrían presentado, o bien se hace la corrección de la falla en su fase inicial.

La detección de las fallas se obtienen a partir de la tarea de inspección y/o análisis y estudio de la información. El reemplazo efectuado oportunamente puede ser hecho como medida preventiva.

El mantenimiento preventivo debe ser desarrollado para permitir que los bienes físicos puedan brindar dentro de un rango y vida preestablecida, características de:

- Calidad.
- Confiabilidad.
- Costo económico
- Oportunidad (tiempo).
- Seguridad.

Para la Facultad de Odontología se propuso mejorar el mantenimiento de las instalaciones, ya que en éstas no se proporciona el mantenimiento adecuado, lo cual provoca deterioro en las instalaciones.

A continuación mencionaremos algunas medidas y recomendaciones para optimizar el ahorro de la energía eléctrica en la Facultad de Odontología, dentro del tema siguiente.

### **3.5. - PROPUESTAS PARA MEJORAR EL USO DE LA ENERGÍA EN LA FACULTAD DE ODONTOLOGÍA DE LA U.N.A.M.**

En base a los resultados obtenidos en los capítulos anteriores referentes al diagnóstico energético, iniciamos las propuestas para mejorar el estado de las instalaciones eléctricas de la Facultad de Odontología.

Para poder realizar las propuestas pertinentes en la modificación de las instalaciones de la Facultad, es necesario tomar en cuenta una serie de parámetros eléctricos que utilizaremos para realizar unas propuestas confiables.

#### **Transformador:**

Dado que se está utilizando únicamente del 15 al 20% de la capacidad total del transformador principal de la subestación 1, es recomendable repartir la carga entre las dos subestaciones, o en su defecto utilizar un solo transformador para alimentar a la Facultad. Dado que las pérdidas de un transformador en vacío son muy grandes y se tiene un gran desperdicio de potencia.

#### **Separación de circuitos:**

Uno de los problemas más generalizados consiste en la imposibilidad de apagar ciertas lámparas que no son necesarias en determinados momentos, debido a que existe un interruptor que controla un número de lámparas que por razón de la división de las oficinas quedan en pasillos y sala de juntas, por ejemplo, originando que siempre permanezcan encendidas. También impide apagar las lámparas en horarios en que sólo un mínimo de personal está laborando, provocando con esto que estén encendidas lámparas innecesarias.

En estos casos se recomienda rediseñar la instalación eléctrica con circuitos independientes, o bien instalar en cada luminaria un apagador de palanca o de perilla colgante.

En la Facultad de Odontología se proponen seccionar circuitos, ya que éstos comparten pasillos y cubículos o pasillos y salones de clase. Tal es el caso del edificio A en el anfiteatro, en el edificio B los pasillos de la planta baja, en el segundo nivel las aulas en el tercer y cuarto nivel los cubículos, para el edificio C los cubículos de la planta baja, los pasillos del segundo y tercer nivel, para el edificio D las clínicas de la planta baja y el segundo nivel, para el edificio E los salones y para el edificio G los baños.

#### **Utilización de luz natural:**

La estrategia para el aprovechamiento de la luz natural es controlar las fuentes artificiales, reduciendo la potencia de estas a medida que la luz natural aumenta, e incrementándola cuando la aportación natural disminuye.

Existen tres estrategias principales que utilizan luz natural como medio de ahorro de energía:

Utilizando controles de iluminación (dimmers) continuos para áreas grandes, donde la fotocelda sensa la aportación natural de luz y manda una señal a la unidad central con lo que se trata de mantener un nivel mínimo necesario.

Esta estrategia utiliza dimmers especiales, diseñados para balastos de lámparas fluorescentes estándares, con lo que se obtiene un rango de operación de 15 a 100%.



Esta estrategia utiliza dimmers especiales, diseñados para balastos de lámparas fluorescentes estándares, con lo que se obtiene un rango de operación de 15 a 100%.

Utilizando dimmers individuales para áreas reducidas, o utilizando un banco de balastro electrónico dimmeables controlados por fotocelda. El funcionamiento de esta estrategia es similar a la anterior, aunque los ahorros son mayores debido a las dimensiones del área controlada.

Utilizando controles manuales o separación de circuitos, donde por ejemplo, se manejen las lámparas o luminarias cercanas a las ventanas de forma independiente. También se recomienda el uso de balastos multinivel. Esta estrategia requiere de un ajuste especial en la fotocelda para evitar ciclos de encendido y apagado repetitivos, que pueden provocar la distracción personal. A pesar de los problemas potenciales que encierra esta estrategia, es la más útil, debido a su bajo costo.

Es conveniente redistribuir los circuitos de alumbrado de tal manera que las lámparas ubicadas cerca de las ventanas se puedan encender y apagar por medio de un interruptor sencillo, o mediante un control automático, como son las fotoceldas o timers con el fin de aprovechar la luz solar. Con esto se aprovechan las ventajas que da el horario de verano.

Para este proyecto se propuso la instalación de fotoceldas en sitios en los que se puede aprovechar la luz natural, como es el caso de los pasillos en el edificio B planta baja y segundo nivel.

#### Tableros:

Se propone la instalación de tierra física en los tableros de los edificios B, C, D y F.

Se propone la actualización de los tableros de los niveles I y II del edificio A y de todos los niveles de los edificios B, C, y F. El Programa Universitario de Energía propone los tableros de montaje en pared, marca Square D de 225 y 400 Amp. Para ésto nos referiremos a la NOM-001-SEMP-1994 artículo 405.19, para tableros eléctricos.

Se propone distribuir la carga en los tableros de los edificios: G, F y A, así como el balanceo de todos los tableros que conforman dicha institución, con objeto de disminuir la potencia reactiva, tener un mejor control sobre la carga y cumplir con la norma NOM-001-SEMP-1994 que indica que se debe tener un desbalance no mayor al 5%.

#### Luminarias:

Se propone el reemplazo de lámparas fundidas en el edificio A nivel I, así como el reemplazo de difusores en mal estado para los edificios B y D.

Se propone la eliminación de focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas, ya que éstas últimas son mejores ahorradoras de energía.

En los casos en donde las condiciones lo justifiquen (pasillos, baños y lugares con exceso de nivel de iluminación) se propone el reemplazo de las lámparas convencionales por lámparas ahorradoras.

Nota: Para mayor información consultar el capítulo 3.5.1 (Luminarias ahorradoras vs luminarias convencionales)

#### Contactos y conductores:

#### **Eliminación de focos incandescentes:**

El foco incandescente es el de más bajo rendimiento, debido a que su operación está basada en el calentamiento de un filamento hasta el rojo blanco, con lo cual convierte el 95% de la energía eléctrica en calor y solo el 5% en luz. Adicionalmente hay áreas en los edificios que utilizan los llamados spots.

En todos estos casos lo más aconsejable es sustituir los focos y spots con lámparas fluorescentes compactas las cuales cuentan con entrada para socket. Estas lámparas fluorescentes compactas existen en 5, 7, 13, 15 y 18 Watts para sustituir en su caso a focos de 25, 40, 60 y 75 Watts.

En el caso de la Facultad de Odontología, se propuso el reemplazo de focos incandescentes de 75 watts por lámparas compactas fluorescentes de 17 Watts.

#### **MEDIDAS RECOMENDADAS PARA DISMINUIR LOS CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

- Realizar una campaña para que las luces en las áreas de trabajo permanezcan apagadas o bien se utilice exclusivamente la necesaria durante las horas de luz natural.

- Sustituir por dispositivos de iluminación más eficientes a los obsoletos sistemas fluorescentes, ya sea por las lámparas fluorescentes compactas o bien introduciendo en las actuales luminarias lámparas ahorradoras, por otra parte, es conveniente, dada las características de los usuarios, el disponer de sensores de presencia y de nivel de luminancia en los recintos cuya ocupación es variable (cubículos, baños, etc.)

- Pugnar porque se apaguen las computadoras cuando éstas no son utilizadas. Vigilar la cantidad y el estado de los aparatos de laboratorio y de servicios (cafeteras, parrillas, refrigeradores y demás electrodomésticos).

- Realizar un estudio de cargas tendiente a corregir el desbalance de corriente entre fases de la Subestación I y su bajo factor de potencia durante las horas de mayor inactividad laboral.

#### **MEDIDAS ADMINISTRATIVAS PARA DISMINUIR CONSUMOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA PROPUESTAS POR EL PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ENERGÍA**

Las siguientes son algunas medidas administrativas que se sugieren sean analizadas por cada dependencia para determinar cuáles pueden ser aplicadas en las mismas.

- Disminuir las horas de uso del sistema de iluminación buscando aprovechar la luz natural, reduciendo el uso de cortinas, planeando reacomodo de mobiliario en oficinas, etc. Esta medida es la que más impacta en la disminución de consumos de energía eléctrica.

- Realizar campañas permanentes de concientización de la comunidad para disminuir desperdicios. Es importante remarcar en dichas campañas, las acciones de apagar lámparas cuando los locales no sean ocupados, apagar sistemas de cómputo, electrodomésticos, lámparas de escritorio, las enfriadoras de agua durante toda la noche y fines de semana, etc. En general tratar de hacer conciencia de utilizar la energía solamente cuando se necesite.

- Es importante hacer notar que muchas de estas medidas implican el cambio de costumbres por lo que consideramos que las campañas deben ser permanentes para que puedan tener el efecto deseado.

- Revisar y adecuar los programas de limpieza de luminarias, paredes y ventanas. Este punto tiene gran importancia ya que el polvo acumulado de luminarias llega a bajar los niveles de iluminación hasta un 40%, con lo que se sugiere hacer una buena limpieza de los mismos en periodos de 4 a 6 meses dependiendo de las condiciones ambientales en donde estén instalados.

- Así mismo la limpieza de paredes y ventanas permiten el poder utilizar más ampliamente la iluminación natural y logran aumentar la eficiencia de la luz artificial.

- Revisar y adecuar los programas de mantenimiento a luminarias elaborando programas adecuados de recambios de acuerdo con la vida de las lámparas. Con esta medida se busca mantener los niveles adecuados de iluminación haciendo que las luminarias trabajen con las eficiencias adecuadas y evitando desperdicios de energía en balastos.

- Revisar con el apoyo de personal de intendencia, el apagado de luz en recintos que no se ocupen, como los salones al término de clase, oficinas al salir a comer el personal o en el horario de salida, la desconexión de cafeteras, apagado de pasillos y baños durante las horas de luz natural, etc.

- Apagar las luces del estacionamiento después de las 23 hrs. Dejando el mínimo que se considere de seguridad. Esta medida disminuye fuertemente el consumo de energía. Es conveniente analizar la iluminación mínima requerida en periodos vacacionales y la conveniencia de apagado de tableros generales durante los mismos, conforme a las necesidades de cada dependencia.

- Revisar la programación de salones de clase y clínicas tratando de ocupar al máximo, durante las horas de luz natural.

- Revisar las actividades de difusión en auditorios y centros culturales con la finalidad de realizarlos, dentro de lo que es posible, fuera de los horarios de demanda máxima de energía de 18 a 20 hrs.

- Mantener informada a la comunidad de la dependencia de las actividades que se realicen y de los logros que se obtengan.

- Es conveniente que los comités energéticos ambientales se fijen metas periódicas alcanzables de ahorros de energía, de acuerdo a las medidas que se vayan implementando con el objeto de ir haciendo correcciones y adecuaciones a las mismas.

- Es importante que las metas sean realistas y hasta conservadoras con la finalidad de que no resulte desalentador el esfuerzo.

### 3.6- PARÁMETROS DEL DISEÑO DE CONDUCTORES

Para ilustrar el procedimiento que se realizó para calcular el calibre de los conductores y tuberías en las instalaciones eléctricas de la Facultad de Odontología, se presenta a continuación el siguiente ejemplo.

En primera instancia haremos una breve mención de un concepto primordial en las instalaciones eléctricas industriales y residenciales conocido como: puesta a tierra.

#### CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA

Los sistemas eléctricos son puestos a tierra para limitar las sobretensiones debidas a las descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en el propio circuito, o a contactos accidentales con líneas de mayor tensión, así como para estabilizar la tensión a tierra en condiciones normales de operación. Los sistemas y circuitos conductores se ponen a tierra de manera sólida para facilitar la acción de los dispositivos de protección en caso de presentarse una falla.

Para este trabajo se utilizó la tabla 250-95 de las Normas de Instalaciones Eléctricas la cual está incluida en el apéndice A.

Una vez mencionado lo anterior, presentamos a continuación un ejemplo que ilustra el método que se utilizó para el cálculo de los conductores eléctricos en las instalaciones de la Facultad. Para esto nos basamos en los circuitos que conforman a la subestación 1, (Figura 3 en Introducción).

### CÁLCULO DE CONDUCTORES PARA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Para ilustrar el procedimiento empleado por el cálculo de conductores en la Facultad de Odontología, se realizó el siguiente ejercicio, por medio del cual se calcula en primera instancia el calibre de un conductor del tablero 23 del edificio D, posteriormente se calcula el calibre del alimentador del mismo y por último el calibre del alimentador general de la subestación 1.

#### 1. - Cálculo del calibre de los conductores para el tablero 23, del edificio D

Se calcula el calibre del conductor más crítico en base a su carga nominal, el cual tiene una longitud de 10 m. y corresponde a la pastilla No. 12, la cual contiene 3 luminarias de 4X38 Watts y dos contactos de 180 Watts cada uno.

Luminarias:

Para esto utilizamos la siguiente expresión:

No. de luminarias x Watts por luminaria x factor de balastro = Watts Totales.

Sustituyendo:

$$3 \times (4 \times 38 \text{ W}) \times 1.25 = 570 \text{ Watts.}$$

A esto le sumamos la carga de dos contactos de 180 Watts cada uno.

$$570 + (2 \times 180 \text{ W}) = 930 \text{ Watts} \quad \rightarrow \text{Watts Totales} = 930 \text{ Watts.}$$

A continuación se obtiene la corriente nominal, para esto tenemos la siguiente expresión:

$$I_n = \text{Potencia Total} / (V \times \text{f.p.}) \quad \text{en donde: } \begin{array}{l} I_n = \text{Corriente nominal.} \\ V = \text{Voltaje de fase.} \\ \text{f.p.} = \text{factor de potencia.} \end{array}$$

$$I_n = 930 / (127 \times 0.9) = 8.14 \text{ Amp.}$$

Ahora calcularemos la corriente de ampacidad ( $I_a$ ) con la expresión:

$$I_a = I_n \times 1.25$$

Sustituyendo tenemos:

$$I_a = 8.14 \times 1.25 = 10.17 \text{ Amp.}$$

Para obtener la **corriente total** es necesario multiplicar por el *factor de corrección por temperatura* ( $F_t = 1$ , de 4 a 6 conductores) y dividir por el *factor de agrupamiento* ( $F_a = 0.8$ ) los cuales son extraídos de las tablas de factor de corrección por temperatura (temperatura ambiente 26 a 30 °C) y factor de corrección por agrupamiento (4 a 6 conductores), incluidas en el apéndice A.

Tenemos:

$$I_{total} = I_a \times F_t / F_a$$

$$I_{total} = 10.17 \text{ Amp.} \times 1 / 0.8 = 12.71 \text{ Amp.}$$

Con la corriente total consultamos la tabla de capacidad de conducción de corriente y dimensiones de conductores eléctricos del apéndice A. En ésta tenemos que para una corriente de 12.71 Amp. de un tubo conduit de 3 conductores el calibre necesario es de 14 AWG, TW a 60 °C.

Finalmente es necesario calcular la **caída de tensión** para saber si elegimos el conductor adecuado, para esto tenemos la siguiente fórmula:

$$e\% = 4 \times L \times I_t / V \times S$$

donde:  $e\%$  = Caída de tensión.

L = Longitud del conductor.

$I_t$  = Corriente total

V = Voltaje entre fases.

S = Sección transversal del conductor.

Sustituyendo:

$$e\% = 4 \times 10 \text{ mts} \times 8.14 \text{ Amp.} / (127 \text{ Volts} \times 2.082 \text{ mm}) = 1.23 \%$$

De acuerdo con la NOM-001-SEMP-1994, 215-2 la caída de tensión no debe ser mayor del 3% desde el inicio hasta el final de nuestro sistema, y del 5% para un elemento del sistema en este caso nuestro cable cumple con estas especificaciones recomendadas.

#### **Protección:**

De acuerdo al artículo 2-400 de la NOM-001-SEMP-1994 tenemos:

La corriente total fue de 12.71 Amp, y la capacidad máxima de conducción de corriente del cable calibre 14 AWG es de 20 Amp. Tenemos que la protección elegida es de 15 Amp. ya que ésta no excede la capacidad máxima del conductor y puede soportar la carga del circuito.

#### **Cálculo de tubería:**

De acuerdo con la tabla 1 del capítulo 10 y a la tabla T5 de la NOM-001-SEMP-1994 (apéndice A), tenemos que nuestra tubería contendrá dos conductores calibre 14 AWG y una tierra física con calibre 14 AWG, el área será de:

$$\text{Área del calibre} \times \text{número de conductores} + \text{área de la tierra física} = \text{Área total}$$

$$(9.62 \times 2) + 9.62 = 28.9 \text{ mm}^2$$

Ocuparemos el 40% de nuestra tubería por tanto el área de la tubería es:

$$\text{Área Tubería} = 28.9 \text{ mm}^2 / 0.4 = 72.15 \text{ mm}^2$$

Consultando la tabla 10-4 de la NOM-001-SEMP-1994 tenemos que para tres conductores requerimos un área de 72.15 mm<sup>2</sup>, el área más próxima en tablas es de 194 mm<sup>2</sup> que representan una tubería de 13 mm de diámetro con tubo conduit de metal pesado.

Rectificando, de la tabla 3-A, capítulo 10 de la NOM-001-SEMP-1994 tenemos que para seis conductores AWG calibre 14 nuestra tubería sería de 13mm.

### 2. Cálculo del conductor para el alimentador del tablero 23, edificio D

Tenemos una carga instalada de 38.5 Kwatts, un alimentador de 30mts. de longitud.

Para calcular la corriente nominal tenemos la siguiente expresión.

$$I_n = C \cdot \text{Inst. Tot.} / (220 \times f.p \times 1.73) = 38500 / (220 \times 0.9 \times 1.732) = 112.40 \text{ Amp.}$$

Donde: 1.73 es raíz de 3.

A continuación se calcula la corriente de ampacidad considerando la corriente continua como el 60% de la nominal (aluminado) y la corriente no continua como el 40% de la nominal. (Fuerza).

Tenemos la siguiente expresión:

$$I_c = I_n \times 0.6$$

$$I_{nc} = I_n \times 0.4$$

$$I_a = (1.25 \times I_c) + (I_{nc})$$

donde:  $I_a$  = Corriente de ampacidad.

$I_c$  = Corriente continua.

$I_{nc}$  = Corriente no continua.

$$I_c = 112.4 \times 0.6 = 67.44 \text{ Amp.}$$

$$I_{nc} = 112.4 \times 0.4 = 45 \text{ Amp.}$$

$$I_a = (1.25 \times 67.44) + 45 = 129.3 \text{ Amp.}$$

Existen dos factores que debemos considerar que son, el *factor por temperatura* que es de 1.0 para temperatura ambiente de 26 a 30 °C (tabla de factor de corrección por temperatura, apéndice A) y el *factor de agrupamiento* que es de 1 para 3 conductores (tabla de factor de agrupamiento, apéndice A).

De la expresión:

$$I_{total} = I_a \times F_t / F_a$$

donde:  $I_a$  = Corriente de ampacidad.

$F_t$  = Factor de temperatura.

$F_a$  = Factor de agrupamiento.

Sustituyendo:

$$I_{total} = 129.3 \text{ Amp.} \times 1.0 / 1.0 = 129.3 \text{ Amp.}$$

Con la corriente total consultamos la tabla 310-16 de la NOM-001-SEMP-1994 obtenemos que el calibre adecuado es de 2/0, THW de 75 °C.

Con este conductor elegido obtenemos su caída de tensión con la siguiente expresión:

$$e\% = (2 \times L \times I_n \times 3) / (V \times S)$$

donde: e% = Caída de tensión.

L = Longitud del conductor.

I<sub>n</sub> = Corriente total

V = Voltaje de fase a neutro.

S = Sección transversal.

Sustituyendo:

$$e\% = (2 \times 30 \times 112.40 \times 1.73) / (220 \times 53.48) = 0.97 \%$$

De acuerdo con la NOM-001-SEMP-1994, 215-2 la caída de tensión no debe ser mayor del 3%.

**Protección:**

De acuerdo al artículo 2-400 y de la tabla 3-10-16 de la NOM-001-SEMP-1994.

La corriente total fue de 129.3 Amp, y la capacidad máxima de conducción de corriente del cable calibre 2/0 es de 150 Amp. Tenemos que la protección elegida es de 150 Amp ya que ésta no excede la capacidad máxima del conductor y puede soportar la carga del circuito.

**Cálculo de tubería:**

De acuerdo con la tabla 1 del capítulo 10 y a la tabla t5 de la NOM-001-SEMP-1994 (apéndice A), tenemos que nuestra tubería contendrá 4 conductores calibre 4/0 y una tierra física con calibre 6 AWG, el área será de:

$$\text{Área del calibre} \times \text{número de conductores} + \text{área de la tierra física} / 0.4 = \text{Área Total}$$

$$145.30 \times 4 = 581.2 \text{ mm}^2$$

Ocuparemos el 40% de nuestra tubería por tanto el área de la tubería es:

$$\text{Área Tub} = 581.2 \text{ mm}^2 / 0.4 = 1,453 \text{ mm}^2$$

Consultando la tabla 10-4 de la NOM-001-SEMP-1994 tenemos que para un área disponible de cuatro conductores tenemos un área de 1,453 mm<sup>2</sup> y la más cercana en tablas es de 2168 mm<sup>2</sup>, que representan una tubería de 51mm de diámetro.

Rectificando, de la tabla 3-A capítulo 10 de la NOM-001-SEMP-1994 tenemos que para cuatro conductores 1/0 AWG nuestra tubería sería de 51mm.

3. Cálculo del conductor para el alimentador general de la subestación 1

Tenemos una carga instalada de 71.48 Kwatts y necesitamos un conductor de 30 m. de longitud.

Para calcular la corriente nominal tenemos la siguiente expresión.

$$I_n = C_{\text{Inst.Tot.}} / (220 \times f.p. \times 1.71) = 71480 / (220 \times 0.9 \times 1.732) = 208.70 \text{ Amp.}$$

A continuación se calcula la corriente de ampacidad considerando la corriente continua como el 35% de la nominal (iluminación) y la corriente no continua como el 40% de la nominal (65%).

Tenemos la siguiente expresión:

$$I_c = I_n \times 0.35$$

$$I_{nc} = I_n \times 0.65$$

$$I_a = (1.25 \times I_c) + (I_{nc})$$

donde:  $I_a$  = Corriente de ampacidad.  
 $I_c$  = Corriente continua.  
 $I_{nc}$  = Corriente no continua.

Sustituyendo:

$$I_c = 208.70 \times 0.35 = 73.03 \text{ Amp.}$$

$$I_{nc} = 208.70 \times 0.65 = 135.66 \text{ Amp.}$$

$$I_a = (1.25 \times 73.03) + 135.66 = 226.95 \text{ Amp.}$$

Existen dos factores que debemos considerar que son, el *factor por temperatura* que es de 1.0 para temperatura ambiente de 26 a 30 °C (tabla de factor de corrección por temperatura, apéndice A) y el *factor de agrupamiento* es de 1.0 para 3 conductores (tabla de factor de agrupamiento, apéndice A).

$$I_{\text{total}} = I_a \times F_t / F_a$$

donde:  $I_a$  = Corriente de ampacidad.  
 $F_t$  = Factor de temperatura.  
 $F_a$  = Factor de agrupamiento.

$$I_{\text{total}} = 226.95 \text{ Amp.} \times 1.0 / 1.0 = 226.95 \text{ Amp.}$$

**Conductor:**

De acuerdo a la tabla 310-16 de la NOM-001-SEMP-1994, tenemos que para una corriente de 226.9 Amp. necesitamos un conductor calibre 250 THW A 75 °C.



Con este conductor elegido obtenemos su **caída de tensión** con la siguiente expresión:

$$e\% = (2 \times L \times I_t \times 3) / (V \times S)$$

donde:  $e\%$  = Caída de tensión.

L = Longitud del conductor.

$I_t$  = Corriente total

V = Voltaje de fase a neutro.

S = Sección transversal.

Sustituyendo:

$$e\% = (2 \times 30 \times 208.7 \times 1.73) / (220 \times 126.7) = 0.78 \%$$

De acuerdo con la NOM-001-SEMP-1994, 215-2 la caída de tensión desde el medio de desconexión principal hasta la salida más lejana de la instalación, considerando alimentadores y circuitos derivados, no debe exceder el 5%, dicha caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando en cualquiera de ellos la caída de tensión no sea mayor que el 3%.

#### Protección:

De acuerdo al artículo 2-400 y de la tabla 3-10-16 de la NOM-001-SEMP-1994.

La corriente total fue de 226.95 Amp, y la capacidad máxima de conducción de corriente del cable calibre 250 AWG es de 255 Amp. Tenemos que la protección elegida es de 225 Amp ya que ésta no excede la capacidad máxima del conductor y puede soportar la carga del circuito.

#### Cálculo de tubería:

De acuerdo con la tabla 1 del capítulo 10 y a la tabla t5 de la NOM-001-SEMP-1994 (apéndice A), tenemos que nuestra tubería contendrá 4 conductores calibre 250 THW y una tierra física con calibre 4 AWG, el área será de:

$$\text{Área del calibre} \times \text{número de conductores} + \text{área de la tierra física} / 0.4 = \text{Área total}$$

$$298.60 \times 3 + 63.60 = 959.4 \text{ mm}^2$$

Ocuparemos el 40% de nuestra tubería por tanto el área de la tubería es:

$$\text{Área Tub} = 959.4 \text{ mm}^2 / 0.4 = 2398.5 \text{ mm}^2$$

Consultando la tabla 10-4 de la NOM-001-SEMP-1994 tenemos que para un área disponible de cuatro conductores tenemos un área de 2398.4 mm<sup>2</sup> y la más cercana en tablas es de 3090 mm<sup>2</sup> que representan una tubería de 63 mm de diámetro.

Rectificando, de la tabla 3-A capítulo 10 de la NOM-001-SEMP-1994 tenemos que para cuatro conductores 250 THW nuestra tubería sería de 63mm.

### 3.7 - ELABORACIÓN DE PLANOS PROPUESTOS

En este apartado presentamos el resumen final del trabajo desarrollado en Facultad de Odontología. Con base a los resultados obtenidos de capítulos anteriores (1 y 2), se desarrollaron los planos propuestos que contienen la información necesaria para realizar las modificaciones correspondientes en las instalaciones de iluminación y fuerza en la Facultad de Odontología, con el objeto de disminuir el consumo de la energía eléctrica en dicha dependencia.

Para la elaboración de este tipo de planos fue necesario realizar diversas mediciones y estudios que nos permitieron definir la naturaleza del problema. Dichos estudios se encuentran ubicados en los capítulos 1 y 2, en los que tenemos la información sobre las condiciones en las que se encontró dicha dependencia como es el estado físico de los elementos eléctricos incluyendo tableros, contactos, conductores, luminarias, etc.

En los capítulos antes citados se hizo referencia en cuanto a los niveles de iluminación que se hallaron en los distintos recintos, y al tipo, cantidad y distribución de la carga en cada tablero de dicha dependencia.

Basándose en esta información se iniciaron las propuestas para la modificación de las instalaciones eléctricas de la dependencia, proponiendo mejoras en las mismas para poder reducir la facturación, y así tener un ahorro y un uso racional de nuestros recursos energéticos.

Dentro de dichas propuestas tenemos el seccionamiento de circuitos, que nos permite encender las luminarias por separado dependiendo del nivel de iluminación que se necesite en el recinto. Otra forma de reducir el consumo de energía es el reemplazo de luminarias convencionales por luminarias ahorradoras en lugares donde se justifique esta acción ya que esto nos permite un ahorro de energía, pero nos disminuye el nivel de iluminación. Este método se utilizó principalmente en pasillos que presentaban un nivel de iluminación excedido de acuerdo a las normas (NOM-001-SEMP-1994).

Se propuso también para disminuir el consumo de energía eléctrica, la instalación de dispositivos electrónicos ahorradores como son los sensores de presencia y fotoceldas, los cuales disminuyen en alto grado el consumo de energía eléctrica ya que encienden el sistema de iluminación únicamente cuando es necesario.

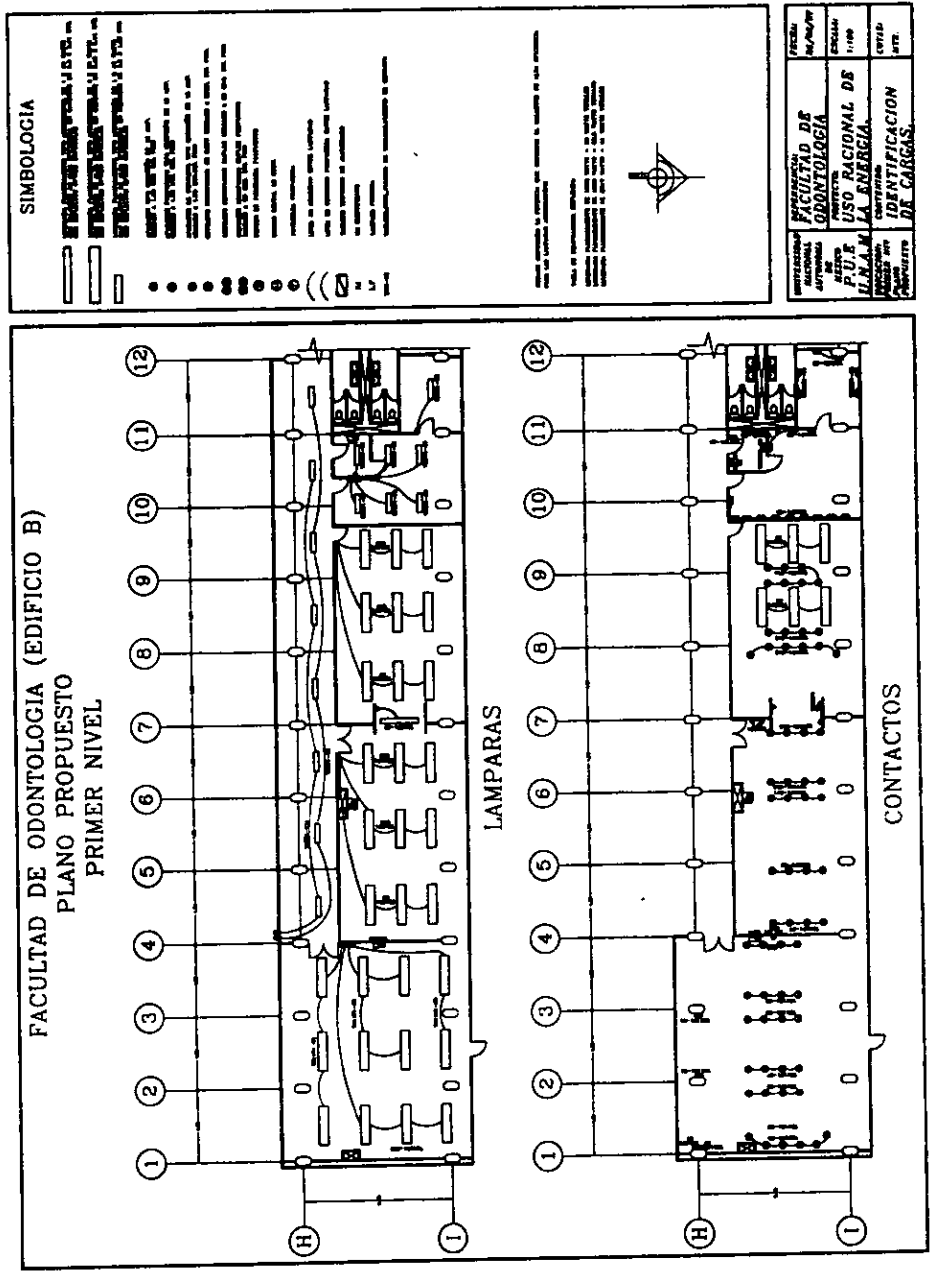
Para darnos una idea del procedimiento que se realizó para dichas propuestas, tenemos un ejemplo en el capítulo 2.1 Actualización de planos eléctricos.

Nota: El análisis y mediciones correspondientes a la carga y nivel de iluminación de las instalaciones están incluido en el capítulo 1.3, referente a los resultados del diagnóstico de la Facultad de Odontología.

Posteriormente presentamos los planos propuestos para cada uno de los edificios de la facultad de Odontología de la U.N.A.M.



























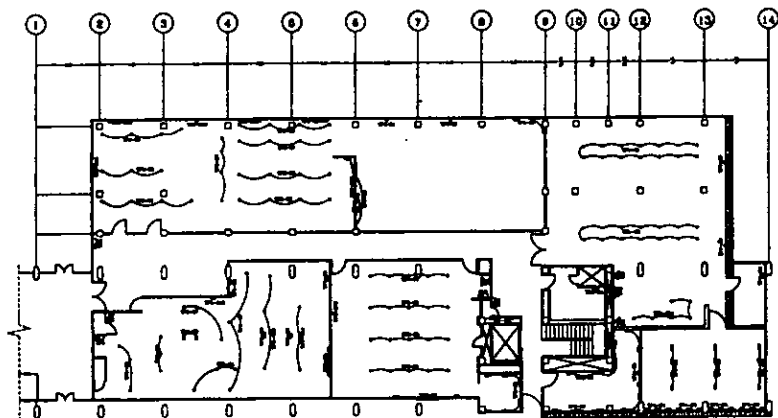




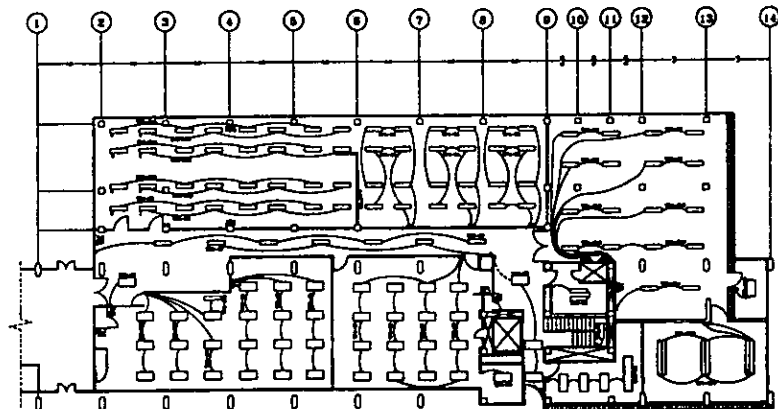




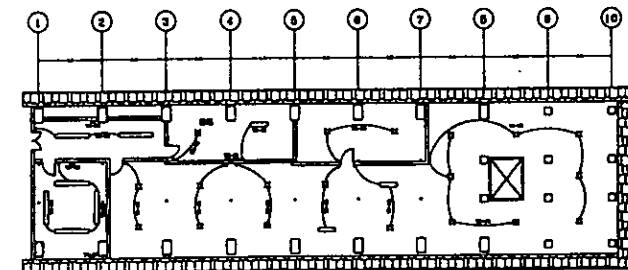
FACULTAD DE ODONTOLOGIA (EDIFICIO D)  
PLANTA BAJA Y SOTANO  
PLANO PROPUESTO



CONTACTOS



LAMPARAS



SOTANO







### 3.8. - ELABORACIÓN DE CUADROS DE CARGA PROPUESTOS

Los cuadros de carga propuestos, son el resultado del diagnóstico energético y de las propuestas realizadas anteriormente para disminuir el consumo de la energía eléctrica en la dependencia. Estos contienen información relacionada con el reemplazo de luminarias ahorradoras por convencionales, el seccionamiento de circuitos y el reemplazo de los elementos eléctricos que se encontraban en mal estado.

Como se mencionó anteriormente el cuadro de cargas relaciona la cantidad y tipo de carga que se encuentra en un tablero de distribución con su fase y circuito correspondiente. Para poder realizar esto fue necesario balancear cada uno de los tableros tomando en cuenta la nueva carga que contendrán, ya que se propuso el reemplazo de luminarias y el seccionamiento de circuitos.

El cálculo del desbalance máximo de fases se realiza con la siguiente expresión.

$$\text{DESBALANCE MAXIMO \%} = \frac{C_{\text{max}} - C_{\text{min}}}{C_{\text{max}}} \times 100$$

En donde:  $C_{\text{max}}$  = La fase con mayor cantidad de watts conectados.

$C_{\text{min}}$  = La fase con menor cantidad de watts conectados.

Teniéndose con esto el desbalance del tablero que debe mantenerse por norma no mayor al 5% (NOM-001-SEMP-1994, artículo 205) para que la instalación eléctrica trabaje en condiciones óptimas.

Nota: si se requiere analizar el procedimiento que se utilizó para el balanceo y distribución de carga en los tableros propuestos, revise el ejemplo del capítulo 2.2 Actualización de los cuadros de carga de las instalaciones.

Este cálculo se realizó para cada uno de los cuadros de carga de la dependencia, así como también se realizó una distribución de carga y seccionamiento de los circuitos en cada uno de los mismos.

A continuación se presentan los cuadros de carga propuestos para cada uno de los niveles y edificios de la Facultad de Odontología de la U.N.A.M.







3.8. ELABORACIÓN DE CUADROS DE CARGA PROPUESTOS

**CUADRO DE CARGAS DEL TALLER DE REPARACIÓN DE MOTOCICLETAS - 278**

ORDEN	DESCRIPCIÓN DE LA CARGA	UNIDAD	FECHA	ESTADO	OTROS
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...

ESTADO: ...  
 FECHA: ...  
 OTROS: ...

**CUADRO DE CARGAS DEL TALLER DE REPARACIÓN DE MOTOCICLETAS - 279**

ORDEN	DESCRIPCIÓN DE LA CARGA	UNIDAD	FECHA	ESTADO	OTROS
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...

ESTADO: ...  
 FECHA: ...  
 OTROS: ...

**CUADRO DE CARGAS DEL TALLER DE REPARACIÓN DE MOTOCICLETAS - 280**

ORDEN	DESCRIPCIÓN DE LA CARGA	UNIDAD	FECHA	ESTADO	OTROS
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...

ESTADO: ...  
 FECHA: ...  
 OTROS: ...

**CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO TIPO MARCA SQUARE D AN. 37 200, 15A, 240/127V**

NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...

OBSERVACIONES: ...  
 VALOR TOTAL: ...  
 VALOR UNITARIO: ...  
 VALOR TOTAL: ...

**CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO TIPO MARCA SQUARE D AN. 37 120, 200, 240/127V**

NO.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...

OBSERVACIONES: ...  
 VALOR TOTAL: ...  
 VALOR UNITARIO: ...  
 VALOR TOTAL: ...







CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO T23H2 MARCA SQUARE D 4H, 3F, 20P, 40A. 240/127V										
ORDEN	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION	SECCION
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										
31										
32										
33										
34										
35										
36										
37										
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
50										
51										
52										
53										
54										
55										
56										
57										
58										
59										
60										
61										
62										
63										
64										
65										
66										
67										
68										
69										
70										
71										
72										
73										
74										
75										
76										
77										
78										
79										
80										
81										
82										
83										
84										
85										
86										
87										
88										
89										
90										
91										
92										
93										
94										
95										
96										
97										
98										
99										
100										
101										
102										
103										
104										
105										
106										
107										
108										
109										
110										
111										
112										
113										
114										
115										
116										
117										
118										
119										
120										
121										
122										
123										
124										
125										
126										
127										
128										
129										
130										
131										
132										
133										
134										
135										
136										
137										
138										
139										
140										
141										
142										
143										
144										
145										
146										
147										
148										
149										
150										
151										
152										
153										
154										
155										
156										
157										
158										
159										
160										
161										
162										
163										
164										
165										
166										
167										
168										
169										
170										
171										
172										
173										
174										
175										
176										
177										
178										
179										
180										
181										
182										
183										
184										
185										
186										
187										
188										
189										
190										
191										
192										
193										
194										
195										
196										
197										
198										
199										
200										
201										
202										
203										
204										
205										
206										
207										
208										
209										
210										
211										
212										
213										
214										
215										
216										
217										
218										
219										
220										

USINACTY - EDIFICIO B  
SEGUNDO NIVEL

DE SALVADORE MAYINO Y - (Cable-Cable/Co.) NÚMERO = (13735-3536/13776) = 2.647

ANTES DE CONSTRUIR LA PODENCIA QUE CORRESPONDE AL PLANTEO DE LA EFICIENCIA













CUADRO DE CARGAS DEL TALENTO TIFER MARCA FEDERAL PACIFIC 4E-31, 42P 240/127V									
Nº	CARGA	CARGAS		CARGAS		CARGAS		CARGAS	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	20		12						432
2	20		9						324
3	20		9						324
4	20		12						432
5	20		12						432
6	20		12						432
7	20		12						432
8	20		12						432
9	20		12						432
10	20		12						432
11	20		11						371
12	20		11						371
13	20		11						371
14	20		15						450
15	20		15						450
16	20		3						83
17	20		3						83
18	15	15							554
19	15	15							432
20	15	15							432
21	15	15							432
22	15	15							432
23	20	12							432
24	20	12							432
25	20	12							432
26	20	12							432
27	20	12							432
28	20	12							432
29	20	12							432
30	20	12							432
31	20	12							432
32	20	12							432
33	20	12							432
34	20	12							432
35	20	12							432
36	20	12							432
37	20	12							432
38	20	12							432
39	20	12							432
40	20	12							432
41	20	12							432
42	20	12							432
43	20	12							432
44	20	12							432
45	20	12							432
46	20	12							432
47	20	12							432
48	20	12							432
49	20	12							432
50	20	12							432
51	20	12							432
52	20	12							432
53	20	12							432
54	20	12							432
55	20	12							432
56	20	12							432
57	20	12							432
58	20	12							432
59	20	12							432
60	20	12							432
61	20	12							432
62	20	12							432
63	20	12							432
64	20	12							432
65	20	12							432
66	20	12							432
67	20	12							432
68	20	12							432
69	20	12							432
70	20	12							432
71	20	12							432
72	20	12							432
73	20	12							432
74	20	12							432
75	20	12							432
76	20	12							432
77	20	12							432
78	20	12							432
79	20	12							432
80	20	12							432
81	20	12							432
82	20	12							432
83	20	12							432
84	20	12							432
85	20	12							432
86	20	12							432
87	20	12							432
88	20	12							432
89	20	12							432
90	20	12							432
91	20	12							432
92	20	12							432
93	20	12							432
94	20	12							432
95	20	12							432
96	20	12							432
97	20	12							432
98	20	12							432
99	20	12							432
100	20	12							432
101	20	12							432
102	20	12							432
103	20	12							432
104	20	12							432
105	20	12							432
106	20	12							432
107	20	12							432
108	20	12							432
109	20	12							432
110	20	12							432
111	20	12							432
112	20	12							432
113	20	12							432
114	20	12							432
115	20	12							432
116	20	12							432
117	20	12							432
118	20	12							432
119	20	12							432
120	20	12							432
121	20	12							432
122	20	12							432
123	20	12							432
124	20	12							432
125	20	12							432
126	20	12							432
127	20	12							432
128	20	12							432
129	20	12							432
130	20	12							432
131	20	12							432
132	20	12							432
133	20	12							432
134	20	12							432
135	20	12							432
136	20	12							432
137	20	12							432
138	20	12							432
139	20	12							432
140	20	12							432
141	20	12							432
142	20	12							432
143	20	12							432
144	20	12							432
145	20	12							432
146	20	12							432
147	20	12							432
148	20	12							432
149	20	12							432
150	20	12							432
151	20	12							432
152	20	12							432
153	20	12							432
154	20	12							432
155	20	12							432
156	20	12							432
157	20	12							432
158	20	12							432
159	20	12							432
160	20	12							432
161	20	12							432
162	20	12							432
163	20	12							432
164	20	12							432
165	20	12							432
166	20	12							432
167	20	12							432
168	20	12							432
169	20	12							432
170	20	12							432
171	20	12							432
172	20	12							432
173	20	12							432
174	20	12							432
175	20	12							432
176	20	12							432
177	20	12							432
178	20	12							432
179	20	12							432
180	20	12							432
181	20	12							432
182	20	12							432
183	20	12							432
184	20	12							432
185	20	12							432
186	20	12							432
187	20	12							432
188	20	12							432
189	20	12							432
190	20	12							432
191	20	12							432
192	20	12							432
193	20	12							432
194	20	12							432
195	20	12							432
196	20	12							432
197	20	12							432
198	20	12							432
199	20	12							432
200	20	12							432
201	20	12							432
202	20	12							432
203	20	12							432
204	20	12							432
205	20	12							432
206	20	12							432
207	20	12							432
208	20	12							





### 3.9. - NORMALIZACIÓN

A continuación mencionaremos algunos artículos de la NOM-001-SEMP-1994 que se deben de tomar en cuenta en este proyecto.

#### ARTÍCULO 110. REQUISITOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

A. Disposiciones Generales.

110-2. Aprobación.

110-3. Instalación y uso de los equipos.

110-5. Conductores.

110-6. Área de la sección transversal nominal.

110-7. Integridad del aislamiento.

110-8. Métodos de alambrado.

110-10. Impedancia del circuito y otras características.

110-11. Condiciones extremas.

#### CAPÍTULO 2. DISEÑO Y PROTECCIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

#### ARTÍCULO 200. USO E IDENTIFICACIÓN DE LOS CONDUCTORES PUESTOS A TIERRA

200-1. Alcance. Este artículo establece los requisitos para:

1) Identificación de terminales.

2) Conductores puestos a tierra en los sistemas de alumbrado en edificios y construcciones en general.

3) Identificación de conductores puestos a tierra.

200-2. Disposiciones generales.

200-3. Conexión al sistema puesto a tierra.

200-6. Medios de identificación de los conductores puestos a tierra.

200-7. Uso de los colores blanco o gris natural.

200-9. Medio de identificación de terminales.

200-10. Identificación de terminales.

Si se requiere más información consultar la Norma Oficial Mexicana expedida el 15 de octubre de 1994 NOM-001-SEMP-1994, que regula las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.

210-6. Tensión máxima de los circuitos derivados

#### CAPÍTULO 3. MÉTODOS DE INSTALACIÓN Y MATERIALES.

A. REQUISITOS GENERALES

#### ARTÍCULO 300. MÉTODOS DE INSTALACIÓN.

300-1. Alcance.

300-2. Limitaciones.

300-4. Protección contra daños materiales.

#### CAPÍTULO 4. EQUIPOS DE USO GENERAL.

#### ARTÍCULO 400. CORDONES Y CABLES FLEXIBLES.

A. Disposiciones Generales.

400-1. Alcance.

400-2. Otros Artículos.

400-3. Uso. Los cordones y cables flexibles y sus accesorios deben ser certificados para el lugar y las condiciones de uso.

400-4. Tipos aprobados.

## CAPÍTULO 4

### 4. - EVALUACIÓN ECONÓMICA

Este estudio se enfoca únicamente al cambio de las instalaciones de iluminación en la Facultad de Odontología de la U.N.A.M. El estudio se basa en las normas de la IESNA ED-150.9 (Lighting Economics), y trata de establecer la mejor opción a elegir entre dos sistemas de iluminación propuestos por El Programa Universitario de Energía de la U.N.A.M.

En primera instancia se dará una introducción de los principales elementos y métodos que se necesitan conocer para poder realizar una cuidadosa evaluación económica, y así poder elegir el sistema de iluminación que mejor nos convenga. Posteriormente se aplicará este estudio a las instalaciones de la Facultad de Odontología.

### INTRODUCCIÓN

El análisis económico de diversas alternativas en iluminación es un tópico que afecta a diseñadores, contratistas, fabricantes de equipo y a los mismos propietarios de las instalaciones. En el pasado, muchas de las decisiones de carácter económico de las instalaciones de iluminación, se basaban principalmente en el costo inicial. En la actualidad es necesario evaluar el impacto de los costos que se requerirán para operar y dar mantenimiento a un sistema de iluminación en adición con el costo en la compra del mismo.

Este estudio comprende los siguientes tópicos:

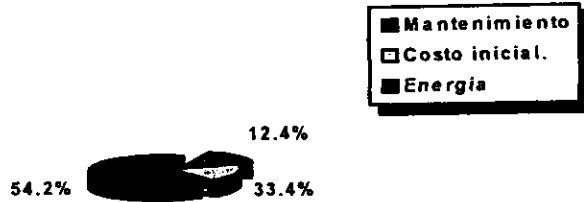
- La necesidad de un cuidadoso estudio económico.
- Los principios de los costos en la vida útil.
- La determinación de costos asociados con sistemas de iluminación.
- Métodos apropiados para determinar alternativas de iluminación económicamente atractivas.

### LA NECESIDAD DE UN CUIDADOSO ESTUDIO ECONÓMICO

Determinar la mejor alternativa de iluminación para una aplicación específica, requiere un análisis. Existe una negociación en la cantidad y calidad de la iluminación proporcionada así como negociación en los costos asociados con cada alternativa de iluminación. Es necesario un análisis exhaustivo para reducir costos de energía, material y mano de obra. No debemos ignorar la importancia de incluir costos de operación y mantenimiento de un sistema de iluminación en un estudio económico.

A continuación se muestra una gráfica (4.1), que nos muestra los costos de un sistema de iluminación en un edificio tipo.





Gráfica: 4.1.

Como se puede observar en la gráfica, es claro que sobre la vida útil del sistema, el mantenimiento y la energía superan al costo inicial del mismo.

Existen muchos tipos de equipos de iluminación disponibles para realizar un diseño profesional, los cuales afectarán directamente la calidad y costos del sistema de iluminación. Para evaluar efectivamente estas opciones, el diseñador deberá evaluar varias opciones para desarrollar un sistema de iluminación.

### COSTO DE LA VIDA ÚTIL

Un método popular utiliza un análisis basado en costos de vida útil (Life Cycling Costing). Es un método para evaluar todos los costos significativos asociados con la compra, operación y el mantener alternativas competitivas sobre la vida económica del sistema, considerando el valor del dinero en el tiempo.

Ese formato o método se debe definir específicamente para la evaluación de sistemas de iluminación.

Para utilizar el método de evaluar alternativas para sistemas de iluminación es necesario considerar las siguientes áreas:

- Las alternativas de diseño de iluminación deben de ser equivalentes.
- Todos los costos deben de ser considerados, incluyendo costos iniciales y futuros.
- Los costos asociados con cada alternativa de iluminación deben de ser contabilizados en base al valor del dinero en el tiempo.

### **Alternativas equivalentes de diseño en iluminación**

Es importante antes de evaluar un sistema de iluminación el determinar que todas las alternativas que han sido evaluadas están consideradas iguales. Las bases de la equivalencia son determinadas por el diseñador considerando cualquier o varios de los siguientes factores.

- Niveles de iluminación
- Uniformidad de la luz.
- Radios de luminancia.
- Control de reflejos.
- Temperatura de color de la fuente.
- Estética.

#### 4.1.- ESTIMACIÓN DE COSTOS

Sólo cuando los sistemas de iluminación son evaluados equitativamente los factores de costo son efectivos.

##### Costos significativos

Las consideraciones de todos los costos significativos deben de incluir costos iniciales así como también costos proyectados a futuro. Los costos iniciales deben de incluir el equipo de iluminación, cableado y dispositivos de control y la mano de obra para instalar el sistema. Los costos futuros deben de incluir energía, limpieza del equipo, cambio de balastos, seguro, impuestos o cualquier otro costo futuro.

##### Valor del dinero en el tiempo

El dinero tiene un valor que depende de las tasas de interés. El valor del dinero en el tiempo es afectado por la tasa de interés y del momento en que se realiza el desembolso. A causa de que los sistemas de iluminación requieren desembolsos no uniformes en el tiempo, es necesario proyectar cada uno de esos costos a un específico punto en el tiempo. Un buen ejemplo de un desembolso no uniforme es el reemplazo de luminarias, porque la vida útil de las lámparas varía, ya que algunas lámparas serán reemplazadas en el primer año, mientras que un alto porcentaje requerirá reemplazo cuando termine su vida útil. Esto hace necesario evaluar los costos al mismo punto en el tiempo. Es más conveniente proyectar estos costos en términos del valor presente.

Para evaluar el valor del dinero en el tiempo, se tiene la expresión:

$$P = F/(1+i)^n$$

P = Valor presente

F = Inversión a Futuro

i = Tasa de interés

n = El año en que la inversión futura se realiza

#### DETERMINACIÓN DE COSTOS ASOCIADOS CON SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Otros parámetros a considerar en los sistemas de iluminación son los siguientes:

- Costos iniciales.
- Costos de energía.
- Costos de Mantenimiento.

##### 1. - Costos iniciales

Los costos iniciales de un sistema de iluminación incluye los costos asociados con la inversión en la compra de los luminarios y la instalación del sistema de iluminación.

Dentro del costo inicial, encontramos también el costo del equipo, el cual es el componente más significativo de los costos iniciales. Típicamente el costo del equipo tiene un rango del 40 al 70% del total del costo inicial. Existen dos costos de consideración en el costo del equipo: estos son los costos de instalación y el costo de los luminarios.

El costo de los luminarios depende del tipo de luminaria, el costo del luminario y la cantidad de luminarios requeridos para la aplicación. Los requerimientos de la aplicación son importantes de considerar porque las características del diseño pueden afectar el costo total del equipo. El costo total del equipo es afectado en gran medida por el número de luminarios requeridos para proporcionar la iluminación adecuada. La eficiencia de la iluminación, distribución y sobre todo la estética son primordiales a la cantidad de luminarias requeridas para alguna aplicación. Si se realiza un alto grado de iluminación éste puede elevar demasiado el costo de la inversión. Las opciones que pueden reducir el tiempo de instalación incrementan el costo de la misma. Opciones que pueden reducir la energía, como el caso de los balastos electrónicos, pueden incrementar el costo inicial de la inversión.

El costo del luminario depende del tipo del luminario, el número de lámparas por luminario y el costo de la lámpara seleccionada. Así como el caso de las lámparas convencionales y las ahorradoras.

Para calcular el costo del equipo tenemos la siguiente ecuación:

$$\text{Costo del equipo} = N \times (\text{Costo del luminario}) + (\text{Costo de la lámpara}) \times (\text{Lámparas} / \text{Luminarios})$$

Donde :

N= El número de Luminarios.

### 2. - Costo de la instalación

El costo de la instalación es el segundo componente más costoso de la instalación, y está relacionado directamente con el número de luminarias, el tiempo requerido para instalar las luminarias, cablear y la dificultad de la instalación debido al área de trabajo.

El costo de la instalación puede ser expresado por la siguiente fórmula:

$$\text{Costos Iniciales} = N \times (\text{Horas de Instalación por Luminaria}) \times (\text{Tiempo de mano de Obra})$$

Donde :

N= El número de Luminarias.

### 3. - Costos de la Energía

El costo para proporcionar energía para el sistema de iluminación es probablemente el factor de costo más significativo. Como se ilustró anteriormente, el costo de energía para cierta aplicación suele ser de más de la mitad del costo de vida útil. En la actualidad con la legislación para el ahorro de la energía y con los nuevos elementos o dispositivos ahorradores de energía, el gasto de la energía es responsabilidad del diseñador del sistema de iluminación.

El costo de la energía está basado en la carga que se está manejando, el costo de la electricidad y las horas de operación del sistema de iluminación. El costo de la energía está expresado en la siguiente ecuación.

$$\text{Costo de Energía Anual} = N \times (\text{KW} / \text{Luminaria}) \times (\text{Costo de KWH}) \times (\text{Horas al año de operación})$$

Donde:

N = Total de luminarias.

Kw / Luminaria = Kilowatts por luminaria.

**Reembolso:** El reembolso se utiliza para proyectar el punto en el tiempo en el cual una inversión se amortiza. El reembolso puede ser calculado como un reembolso con intereses o sin intereses y es utilizado como un método para comparar alternativas en la instalación de sistemas de iluminación, compra de equipo, mantenimiento, instalación, operación y mantenimiento de un sistema sobre otro.

A continuación mostraremos un ejemplo de una comparación de alternativas en sistemas de iluminación:

Tabla: 4.2.

AÑOS	SISTEMA 1	SISTEMA 2
0	\$10,000	\$10,500
1	500	300
2	600	400
3	700	500

Cuando los gastos de operación y mantenimiento son uniformes cada año, el reembolso simple (sin intereses) puede ser calculado muy fácilmente utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Periodo de Reembolso simple} = \text{Costo inicial} / \text{Ahorro anual.}$$

Se puede calcular un periodo de reembolso más real considerando el valor del dinero en el tiempo como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Periodo de Reembolso con descuento} = \text{Costos iniciales} / \text{Descuento del ahorro anual.}$$

Desafortunadamente los gastos anuales de mantenimiento de un sistema de iluminación no son uniformes, debido a que los costos del reemplazo de lámparas, balastos, mano de obra, de la misma energía eléctrica varían con el tiempo por causa de la inflación o las tasas de interés. Por tal motivo este estudio requiere de un mayor cuidado.

Tasa de incremento de retorno de la inversión: Cuando se consideran dos o más alternativas de iluminación, es necesario considerar la tasa de retorno de la inversión que se puede obtener.

La tasa de Incremento de Retorno de la Inversión (ROI) por sus siglas en inglés, es la tasa de interés que puede ser obtenida sobre la vida del sistema, que iguala los ahorros anuales al incremento de la inversión.

Para explicar esto tenemos un ejemplo basado en la tabla. 4.2.

Para determinar la tasa de retorno de incremento de la inversión del sistema número dos, el ahorro anual será descontado como una tasa de interés que será igual a la suma de los descuentos anuales de la inversión adicional. En este caso \$200 serán descontados anualmente por un periodo de cuatro años a una tasa de interés, de tal manera que la suma de esos cuatro valores de descuento igualan la diferencia en la inversión inicial de \$500. La tasa de interés que es igual a los ahorros de la inversión es la tasa de incremento de retorno de la inversión. Esto se resuelve por el proceso de prueba y error.

Por ejemplo, para la tabla 4.2, la tasa de retorno de incremento de la inversión se puede calcular como el 2.9 %.

Se puede calcular también el periodo de recuperación tomando en cuenta el valor del dinero en el tiempo. Para este estudio es necesario conocer el interés anual en cetes el cual es del 17%.

Para esto tenemos la siguiente expresión:

$$\text{Retorno de la inversión} = \sum (n = 1, 20) \times (\text{Ahorro anual} / (1 + \text{tasa de interés actual})^n)$$

Donde: n es el número de años que nos indica a cuántas iteraciones se debe realizar esta sumatoria para poder obtener el tiempo de recuperación de la inversión.

El resultado de esta sumatoria debe ser igual o mayor a la inversión inicial, con lo cual obtenemos el periodo de recuperación de la inversión.

En base a la información anterior, procederemos a realizar el análisis económico correspondiente al proyecto de el Uso Racional de la Energía en la Facultad de Odontología de la U.N.A.M.

En primera instancia mostraremos un cuadro que nos proporcionará la relación de iluminación existente en la Facultad de Odontología.

### SISTEMA DE ILUMINACIÓN

#### MEDICIÓN:

- Equipo Utilizado:	luxómetro Kyoritsu.
	luxómetro Davis.
- Número de mediciones:	6 a 10 puntos por recinto.

#### RESULTADOS

- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en servicios durante las horas de luz natural:	2.54
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en servicios durante la noche:	0.84
- Densidad de potencia en servicios:	19.55 W/m <sup>2</sup> (actual) 18.54 W/m <sup>2</sup> (recomendada)
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en oficinas durante las horas de luz natural:	3.06
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en oficinas durante la noche:	0.97
- Densidad de potencia en oficinas:	26.57 W/m <sup>2</sup> (actual) 18.29 W/m <sup>2</sup> (recomendada)
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en aulas durante las horas de luz natural:	2.30
- Relación promedio global entre la intensidad de iluminación medida y recomendada en aulas durante la noche:	1.21
- Densidad de potencia en aulas:	17.72 W/m <sup>2</sup> (actual) 15.11 W/m <sup>2</sup> (recomendada)

Analizando los datos anteriores, podemos concluir que es necesario disminuir la intensidad de iluminación en las aulas, así como también su densidad de potencia. Este problema se puede solucionar reemplazando luminarias existentes por luminarias ahorradoras y eliminar el exceso de iluminación instalando un tubo fluorescente en vez de dos en la zona donde se justifique. Con este procedimiento tendremos también una disminución en la densidad de potencia y en consecuencia ahorraremos energía.

Para este estudio fue necesario realizar una cotización de los elementos requeridos para reemplazar las luminarias convencionales por luminarias ahorradoras. A continuación mostraremos una serie de tablas, que muestran las características básicas de algunos elementos necesarios para el sistema de iluminación.

En la siguiente tabla: 4.3, se muestran las características de los balastos de alta eficiencia, los cuales reemplazarán a los convencionales.

BALASTRO	TIPO	HORAS DE VIDA	PRECIO	PROVEEDOR
2X17W	Alta Eficiencia	30000	76.30	Eléctrica Larios
2x20w	Normal	20000	60.50	Eléctrica Liberman
1x32 y 2x32w	Alta Eficiencia	30000	86.05	Electro Centro
2x34w	Normal	20000	79.932	Electro Centro
2x39w	Normal	20000	54.05	Electro Centro
2x60w	Normal	20000	117.3	Eléctrica Larios
2x75w	Normal	20000	81.93	Eléctrica Marroqui

Tabla: 4.3.

En algunos casos las luminarias Ahorradoras no proporcionan el mismo nivel de iluminación por lo cual es necesario colocar un reflector especular, que es simplemente una lámina con acabado tipo espejo, éste refleja la luz que emite la lámpara.

La siguiente tabla: 4.4, nos muestra el tipo de reflectores que se utilizaron para el estudio, así como algunas características básicas.

REFLECTOR ESPECULAR	FLUJO LUMINOSO	TIEMPO DE VIDA	PRECIO	PROVEEDOR
1.22X0.3MTS.	LUMENS 2X40	INDETERMINAD O	\$135.00	ILUMIN BARAN
2.44X0.30MTS	LUMENS 2X70	INDETERMINAD O	\$270.00	ILUMIN BARAN
0.60X0.60W	LUMEN 4X20W	INDETERMINAD O	\$135.00	ILUMIN BARAN

Tabla: 4.4.

La vida útil de los reflectores especulares es directamente proporcional al mantenimiento que se les proporcione, siendo este último de vital importancia para el buen desempeño de nuestro sistema.

La tabla: 4.5, muestra la equivalencia que se propone para las lámparas ahorradoras.

LUMINARIA ACTUAL	LUMINARIA PROPUESTA
2X40W	1X32W CON REFLECTOR ESPECULAR
2X75W	1X60W CON REFLECTOR ESPECULAR
4X20W	2X17W CON REFLECTOR ESPECULAR

Tabla: 4.5.

En la siguiente tabla: 4.6, mostraremos las características principales de las luminarias ahorradoras que se utilizarán para nuestro estudio.

LÁMPARA	FLUJO LUMINOSO	HORAS DE VIDA	PRECIO	PROVEEDOR
17W	1400	20000	33.35	Elec.Liberman
20W	1075	12000	11.10	Selca
32W	3050	20000	28.15	Eléctrica Larios
34W	2825	20000	11.0	Elec.Liberman
40W	2600	20000	10.70	Selca
60W	5200	12000	15.06	Selca
75W	5450	12000	13.33	Elec.Liberman

Tabla: 4.6.

A continuación presentaremos una tabla: 4.7, en la cual mostramos el resultado del censo de iluminación que se realizó en la Facultad de Odontología. Sobre la base de este censo y a los resultados obtenidos en el capítulo primero, se realizaron las propuestas para las modificaciones de las instalaciones de iluminación.

#### DISTRIBUCIÓN DEL TIPO DE LUMINARIOS

Global de Lámparas	Cantidad	Global de Lámparas Instaladas Carga Watts
No. de Luminarias de 2x40	1 049	104 900
No. de Luminarias de 2x75	377	70 687.5
No. F. Incan 150	38	5 700
No. F. Incan 100	35	3 500
No. F. Incan 75	38	2 850

No. Spot 75	12	1 800
No. de Lum. Especiales	28	1 400
No. V. mercurio 400	3	1 200
No. de Luminarias de 4x40	3	600
No. F. Incan 300	2	600
No. de Lámparas de 1x75	3	281.25
No. de Lámparas de 1x40	2	100
No. Sodio 250	0	0
No. Sodio 400	0	0
Total Global	1 590	193 618.8

Totales  
de Lámparas

Flourescentes	
Flourescente de 40	2 112
Flourescente de 75	757
No. F. Incan 100	372
No. F. Incan 75	28
No. F. Incan 300	35
No. F. Incan 150	38
No. V. mercurio 400	2
No. Sodio 400	38
No. Sodio 250	3
No. Spot 75	0

Tabla: 4.7.

#### 4.2. - AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN

Para poder realizar una evaluación del sistema de iluminación, nos fue necesario presentar tres propuestas. En la primera proponemos intercambiar las luminarias de 2x40 Watts por luminarias de 1X34 watts sin reflector especular, también se propone intercambiar las lámparas de 2X75 Watts por las de 1X60 Watts con reflector especular. En la segunda opción se propone reemplazar las lámparas de 2X40 Watts por las de 1X32 Watts con reflector especular, así como también el reemplazo de las lámparas de 2X75 Watts por las de 2X60 Watts sin reflector especular. En la tercera opción proponemos el reemplazo de las lámparas de 2X40 Watts por las de 1X32 Watts con reflector especular y las lámparas de 2X75 Watts serán reemplazadas por las de 1X60 Watts con reflector especular.

Para los tres casos se propone intercambiar las lámparas de 4X40 Watts por las de 2X34 Watts sin reflector especular.

En base a los indicadores mostrados anteriormente procederemos con el estudio económico, evaluando los tres sistemas de iluminación propuestos.

Nota: Las siglas s/r y c/r indican lámparas sin reflector especular o con reflector especular respectivamente, c/b significa con balastro.



Información de las luminarias	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Número de lámparas de 1X32 Watts c/r	0	1049	1049
Número de lámparas de 1X34 Watts s/r	1056	7	7
Número de lámparas de 1X60 Watts c/r	380	3	380
Número de lámparas de 1X60 Watts s/r	0	754	0
Costo total de lámparas de 1X32 Watts c/r	0	\$171,144.35	\$171,144.35
Costo total de lámparas de 1X34 Watts s/r	\$11,616.00	\$77.00	\$77.00
Costo total de lámparas de 1X60 Watts c/r	\$108,322.80	\$855.00	\$108,322.80
Costo total de lámparas de 2X60 watts s/r	0	\$11,355.24	0
Costo total de balastros ahorradores (lámp. 32W).	0	\$90,266.45	\$90,266.45
Costo total de balastros (lámp. 34W).	\$84,406.08	\$559.51	\$559.51
Costo total de balastros (lámp. 60 W).	\$44,574.00	\$88,796.10	\$44,574.00
Lámparas por luminario de 1X32 Watts	1	0	1
Lámparas por luminario de 1X34 Watts	0	1	0
Lámparas por luminario de 1X60 Watts	0	1	1
Lámparas por luminario de 2X60 Watts	2	0	0
Lámparas por luminario de 2X34 Watts	2	2	2
Horas de vida por lámpara de 1X32 Watts	20,000 hrs.	0	20,000 hrs.
Horas de vida por lámpara de 1X34 Watts	20,000 hrs.	20,000 hrs.	20,000 hrs.
Horas de vida por lámpara de 1X60 Watts	12,000 hrs	12,000 hrs.	12,000 hrs.
Kilowatts por luminario de 32 Watts c/b	36 Watts	0	36 Watts
Kilowatts por luminario de 34 Watts c/b	39.5 Watts	39.5 Watts	39.5 Watts
Kilowatts por luminario de 60 Watts c/b	62.5 Watts	62.5 Watts	62.5 Watts
Costo promedio Anual de la Energía con las propuestas de iluminación	\$42,516.65	\$48,158.44	\$ 39,247.147
Costo promedio Anual de la Energía con luminarias convencionales.	\$111,168.24	\$111,168.24	\$111,168.24
Ahorro anual estimado de la energía	\$68,651.59	\$63,009.80	\$71,921.10
Costo del equipo de iluminación	\$248,918.00	\$363,053.41	\$414,944.11
Costo de instalación	\$90,500.00	\$90,875.00	\$90,500.00
Costo total del sistema de iluminación	\$ 339,418.00	\$453,928.41	\$505,444.11
Valor Presente	\$290,100.00	\$387,973.41	\$432,003.51
Retorno de la inversión	de 1 a 2 años	de 2 a 3 años	de 4 a 5 años

Tabla: 4.8.

Analizando los resultados obtenidos se debe de elegir entre la primera y la segunda opción, ya que tienen un costo inicial más bajo que la tercera opción y un valor presente alto. En el caso de la primera opción tenemos un mayor ahorro anual de la energía y un menor periodo de recuperación de la inversión.

La tercera opción tiene un mayor valor presente, pero el costo inicial es demasiado alto y por lo tanto el periodo de recuperación es demasiado amplio.

## CONCLUSIONES

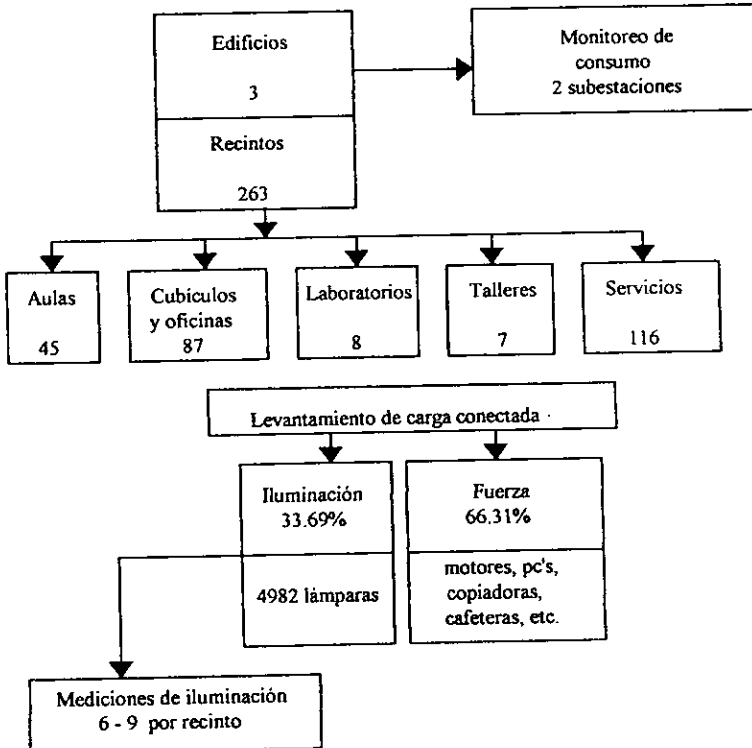
El uso racional de la energía es de primordial importancia para las economías del mundo, ya que el costo para generarla es alto. La demanda tiende a un crecimiento acelerado y en un futuro será difícil satisfacerla.

En nuestro país la mayor proporción de los energéticos son no renovables y la capacidad de generar energía es limitada, por lo tanto el uso racional de la energía se ha convertido en una necesidad apremiante que debe ser atendida de inmediato, cultivando el ahorro de energía en la industria y en la población, así como también con la creación de programas cuya función sea la consultoría, investigación y el desarrollo de proyectos de ahorro de energía para la industria y el público en general.

Al ahorrar energía ayudamos a disminuir la emisión de contaminantes a la atmósfera y a que duren más las reservas de petróleo de nuestro país. El éxito de los programas para el uso eficiente de la energía depende en gran medida de la participación de la comunidad.

La demanda de energía eléctrica en una institución como la U.N.A.M. se encuentra entre un 75 y 80 por ciento, por lo tanto es necesario promover este tipo de acciones para poder disminuir la demanda y ahorrar recursos que puedan ser utilizados en otras necesidades.

En la siguiente gráfica se puede ver un esquema del diagnóstico de consumo de electricidad de la Facultad de Odontología de la U.N.A.M.



*OBSERVACIONES PRINCIPALES:*

1.- ILUMINACIÓN

Alta utilización de alumbrado artificial en horas de suficiente luz natural
Nivel de iluminación diurna promedio = 3.06 veces la normal recomendada*
* existen recintos con deficiencia.

2.- FUERZA

Equipo de laboratorio 12.58%	Equipo de cómputo 7.19%	Cafeteras 4.53%	Fotocopiadoras 2.49%	Otros equipos y electrodomésticos 73.21%
Encendido y uso variables	Encendido casi permanente independiente del tiempo real de uso			Uso esporádico

CONCLUSIÓN PRINCIPAL:

**La iluminación es la fuente mayor de consumo y por lo tanto con mayor potencial de ahorro**

### 3. Inversiones

Costo estimado de sustitución de las lámparas fluorescentes ahorradoras con balastro de alta eficiencia y la utilización de reflectores espectaculares en áreas de trabajo.

\$247,122.00 m.n.

Ahorro económico estimado

\$122,870.00 m.n.

Tiempo de recuperación de la inversión

2 AÑOS

Por lo que es rentable tener medidas de ahorro ya que se pueden recuperar en tiempos atractivos.

Se puede apreciar el uso de diversas técnicas, procedimientos y tecnologías que pueden ser utilizados o aplicados no sólo en las instituciones educativas, sino realizarlo también en la industria, comercio y viviendas en general. Para ésto es necesario realizar un estudio exhaustivo de las instalaciones y del uso que se les da a las mismas para poder efectuar las acciones pertinentes.

**Concluyendo**, el uso racional de la energía es una mezcla de acciones educativas, tecnológicas y económicas. Así que, todos nosotros podemos ayudar tomando conciencia del problema, informándonos y haciendo un uso más eficiente de la energía eléctrica.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alex G. Ramírez Rivera  
FIDE-CFE  
México 1996
- Ing. Jacinto Viqueira Landa  
Redes eléctricas I y II  
Editorial Alfaomega 1993
- Roberto Espinoza y Lara  
Sistemas de distribución  
Editorial Limusa 1990
- Rubén Ávila Espinoza  
Evaluación de medidas para ahorro de Energía  
FIDE México 1991
- Stanley Wolf  
Guía para mediciones electrónicas de laboratorio  
Editorial Prentice Hall 1980
- Willard Alphin Focosa  
Fundamentos de Lámparas e Iluminación, 1994
- Ogata K.  
Sistemas de control, 1993
- Rubén Ávila Espinoza  
Bases y datos para el uso Racional de la Energía  
FIDE México 1991
- Catálogo de productos LEVITON  
México 1996
- Catálogo compacto de especificaciones  
Philips, 1996
- Catálogo condensado HOLOPANE, 1997
- Circuitos electrónicos  
Apuntes
- Dispositivos electrónicos  
Apuntes
- Folleto de productos UNENCO

- La Energía en México, replanteamiento de retos y oportunidades  
Asociación Mexicana para la Economía Energética A.C.
- NOM-001-SEMP-1994  
México 1994
- Notas de sensores de presencia

## Apéndice A

Tabla de factores de caída de tensión unitaria (milivolts/ampere-metro).

Calibre AWG/kCM	Cto. Monof /Tubo cond. metálico	Cto.Monof/Tbo cond.No metálico
14	21.54	21.54
12	13.56	13.56
10	8.52	8.52
8	5.36	5.36
6	3.37	3.37

Tabla de capacidad de conducción de corriente y dimensiones de conductores eléctricos

Calibre AWG/kCM	Corriente tbo.3 conduc.	Aire libre charola 1 cond	Diámetro ext. nominal
20	3	3	2.1mm
18	5	5	2.3mm
16	8	8	2.6mm
14	20	25	3.2mm
12	25	30	3.6mm

Tabla de factor de corrección para tubos conduit y charola  
NOM-001-SEMP-1994

Número de conductores	Factor de corrección por agrupamiento
3	1
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50

Factores de corrección por temperatura ambiente

Temp. Ambiente °C	60 °C	75 °C	90 °C
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96

Tabla 3a. Número máximo de conductores en tubo conduit o subterráneo (basado en la Tabla 1, Capítulo 10).  
Área de la fase conductores Ø

Tipo	Área de la fase conductores Ø	Diámetro nominal del tubo mm														
		13	19	25	32	38	51	63	78	89	102	127	152	178	203	228
THW	2 082 (19)	9	15	25	44	60	89	142	171	203	254	305	356	407	458	509
THW-LS	3 307 (12)	7	12	19	28	35	47	78	111	142	178	214	250	286	322	358
THW	5 260 (10)	5	9	15	25	36	60	85	131	176	221	266	311	356	401	446
XHHW	8 367 (8)	2	4	7	12	17	28	40	62	84	106	128	150	172	194	216
THW	2 082 (14)	6	10	16	28	40	65	83	143	182	221	260	300	339	378	417
THW	3 307 (12)	4	8	13	24	32	47	76	117	157	197	237	277	317	357	397
THW	5 260 (10)	4	6	11	19	26	43	61	95	127	160	193	226	259	292	325
THW	8 367 (8)	1	3	5	10	13	22	32	49	68	85	103	120	138	155	173
THW	13 50 (6)	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62	77	91	105	119	133
THW	21 15 (4)	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	57	67	77	87	97
THW-LS	33 82 (2)	1	1	2	2	5	7	9	13	20	26	34	41	47	54	61
THW	53 48 (10)	1	1	2	2	3	5	6	8	12	16	21	26	31	35	40
THW	87 43 (20)	1	1	1	1	2	3	4	6	9	12	16	20	24	29	33
THW	85 01 (30)	1	1	1	1	2	4	6	9	12	15	19	24	29	34	39
THW	107 20 (40)	1	1	1	1	1	3	5	7	10	13	17	21	26	31	36
RHH	128 70 (250)	1	1	1	1	1	2	4	6	8	10	13	16	20	23	27
(mm)	152 00 (300)	1	1	1	1	1	2	3	5	7	9	11	14	17	20	23
(mm)	177 30 (350)	1	1	1	1	1	1	3	4	6	8	10	12	15	18	21
(mm)	202 76 (400)	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	8	10	12	15	18
(mm)	233 40 (500)	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	8	10	12	15
(mm)	253 40 (500)	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	8	10	12	15
(mm)	300 00 (750)	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4	6	8	10	12	15

Nota: Esta tabla es sólo para conductores con cableado conductor normal.

Tabla 4. Dimensiones de tubos conduit y área disponible para los conductores. (basado en la Tabla 1, Capítulo 10).

Diámetro nominal mm	Diámetro interior mm	Área interior mm <sup>2</sup>	Área disponible para conductores mm <sup>2</sup>					
			1 conductor 1/2" EMT	2 conductores 3/4" EMT	3 conductores 1" EMT	4 conductores 1 1/4" EMT	5 conductores 1 3/4" EMT	6 conductores 2" EMT
13	15.8	194	58	103	103	137	178	
19	20.95	342	181	181	203	272	358	
25	28.65	555	284	284	322	428	564	
32	35.05	969	513	513	587	782	1018	
38	40.9	1 316	697	697	805	1 078	1 414	
51	52.5	2 168	1 149	1 149	1 336	1 782	2 358	
63	62.71	3 030	1 638	1 638	1 877	2 523	3 322	
78	77.93	4 781	2 523	2 523	2 921	3 907	5 118	
89	90.12	6 397	3 395	3 395	3 961	5 282	6 961	
102	102.76	8 206	4 348	4 348	5 062	6 782	8 961	
127	128.2	12 203	6 468	6 468	7 592	10 182	13 322	
152	154	18 839	9 879	9 879	11 562	15 562	20 322	

Nota: Las dimensiones de pesador. Los tubos conduit metálicos de otro tipo o tubos conduit no metálicos tienen dimensiones diferentes a las mostradas en la tabla.



































TEMPERATURAS MÁXIMAS DE OPERACIÓN	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
Tipos	TW, UF	RHW, THW, THHW, THW-LS, THHW-LS, THWN, XHHW, USE	SA, SIS, FEP, FEPB, RHH, RHW-2, THW-2, THHW, THHW-LS, THWN-2, THHN, USE-2, XHHW, XHHW-2	TW, UF	RHW, THW, THHW, THW-LS, THHW-LS, THWN, XHHW, USE	SA, SIS, RHH, RHW-2, THW-2, THHW, THHW-LS, THWN-2, THHN, USE-2, XHHW, XHHW-2
Material	Cobre	Cobre	Cobre	Aluminio	Aluminio	Aluminio
Área de la sección transversal mm <sup>2</sup> (AWG ó KCM)						
0.8235 (18)	—	—	14	—	—	—
1.307 (16)	—	—	18	—	—	—
2.082 (14)	20*	20*	25*	20*	20*	25*
3.307 (12)	25*	25*	30*	25*	30*	35*
5.260 (10)	30	35*	40*	30	40	45
8.367 (8)	40	50	55	40	50	60
13.30 (6)	55	65	75	55	65	75
21.15 (4)	70	85	95	75	90	100
33.62 (2)	95	115	130	85	100	115
42.41 (1)	110	130	150	100	120	135
53.48 (1/0)	125	150	170	115	135	150
67.43 (2/0)	145	175	195	130	155	175
85.01 (3/0)	165	200	225	150	180	205
107.2 (4/0)	195	230	260	170	205	230
126.7 (250)	215	255	290	190	230	255
152.0 (300)	240	285	320	210	250	280
177.3 (350)	260	310	350	225	270	305
202.7 (400)	280	335	380	260	310	350
253.4 (500)	320	380	430	285	340	385
304.0 (600)	355	420	475	320	385	435
380.0 (750)	400	475	535	375	445	500
506.7 (1000)	455	545	615			

(Tabla 310-16 NIE 1994). Capacidad De Conducción De Corriente En Amperes De Conductores Aislados De 0 A 2 000 V, 60° A 90° C. No Mas De 3 Conductores En Un Cable, En Una Canalización O Directamente Enterrados Y Para Una Temperatura Ambiente De 30° C.

### SIMBOLOGIA

	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X75 WATTS TIPO SLIDLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 1X75 WATTS TIPO SLIDLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X30 WATTS TIPO SLIDLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE PROPUESTA DE 2X30 WATTS TIPO SLIDLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE PROPUESTA DE 2X75 WATTS TIPO SLIDLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 4X20 WATTS TIPO SLIDLINE
	LAMPARA AHORRADORA DE 15 WATTS
	LAMPARA ROJA DE 25 WATTS
	FOCO INCANDESCENTE DE 100 WATTS
	APAGADOR TIPO QUINCINO UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
	APAGADOR PROPUESTO TIPO QUINCINO UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
	APAGADOR TIPO ESCALERA UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
	CONTACTO MONOFASICO POLARIZADO DE 200 WATTS UBICADO A 30 CMS. DEL PISO.
	CONTACTO MONOFASICO BENCILLO DE 200 WATTS UBICADO A 30 CMS. DEL PISO.
	CONTACTO DUPLEX UBICADO A 30 CMS. DEL PISO.
	CONTACTO DUPLEX UBICADO SOBRE LAS MESAS.
	CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO SOBRE LAS MESAS
	CONTACTO TRIFASICO DE 1000 WATTS. UBICADO SOBRE LAS MESAS
	CONTACTO BIFASICO DE 500 WATTS UBICADO A 30 CMS. DEL PISO Y SOBRE LAS MESAS
	CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO A 30 CMS. DEL PISO
	LINEA DE CONEXION ENTRE LAMPARAS
	LINEA DE CONEXION PROPUESTA ENTRE LAMPARAS
	TABLERO TRIFASICO DE ALUMBRADO
	CAMPANA EXTRACTORA DE 615 WATTS.
	VENTILADOR
	EXTRACTOR
	AIRE ACONDICIONADO
	LAMPARA FUNDIDA
	NO IDENTIFICADO
	NO ENERGIZADO

TMM-CM<sub>n</sub>. T(TABLERO), N(NIVEL), M(IDENT. DEL TABLERO)-  
(CIRCUITO), No(NUM. DE CIRCUITO)

