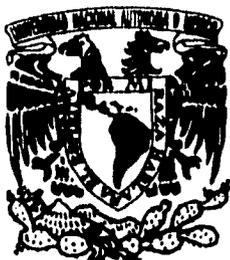


26  
Zej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA  
ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA  
U.N.A.M.”**

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
*Ingeniero Mecánico Electricista*

PRESENTAN  
LIDIA CLAUDIA BECERRIL CABRERA  
ALFREDO HUERTA ATEMPA  
RAFAEL LÓPEZ GONZÁLEZ  
JOSÉ RODRÍGUEZ MÉNDEZ  
ROBERTO SÁNCHEZ ROSAS



DIRECTOR DE TESIS: M.I. LAURO SANTIAGO CRUZ

MÉXICO D.F.

1996

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.

*Yo, arte de la educación, con mi ropaje  
cubriré la desnudez de tu nacimiento;  
hasta que poseas la fuerza para elegir  
el atuendo que cobijará tu andar  
por el universo del conocimiento;  
donde el alfa y la omega se funden mágicamente  
en una comunión eterna de luz y oscuridad,  
de valor y miedo, de vida y muerte... de evolución.*

*(Mázatl; 1964)*

*Mirar atrás nos deleita,  
mirar adelante nos fascina,  
ver hoy nos da vida,  
y agradecerles sin medida.*

*Por el amor que entregan, familia...*

*Por la oportunidad brindada, UNAM...*

*Por las facilidades concedidas, PUE...*

*Por la ayuda prestada, asesor...*

*Por su tiempo obsequiado, Ingenieros y amigos...*

*... GRACIAS.*

# ÍNDICE

## **INTRODUCCIÓN**

### **1. CONCEPTOS BÁSICOS**

- 1.1. Marco histórico
- 1.2. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica
  - Sistemas de generación
  - Sistemas de transmisión
  - Sistemas de distribución
  - Tipos de sistemas eléctricos de distribución
  - Sistema aéreo
  - Sistema subterráneo
  - Sistema por cable suspendido
- 1.3. Carga de un sistema
  - Tipos de cargas
- 1.4. Potencia y factor de potencia
  - Factor de potencia
- 1.5. Regulación de voltaje y frecuencia
  - Regulación de voltaje
  - Regulación de frecuencia
- 1.6. Sistemas multifásicos
  - Sistema monofásico
  - Sistema bifásico
  - Sistemas trifásicos
- 1.7. Sistemas balanceados y desbalanceados
- 1.8. Armónicas
  - Problemas causados por armónicas
  - Causas principales de las armónicas

### **2. DIAGNOSTICO ENERGÉTICO**

- 2.1. Metodología
  - Reunión con directivos
  - Acuerdos y fechas de inicio del estudio
  - Entrevista con personal de la institución que brindará apoyo logístico
  - Obtención de información
  - Descripción de instalaciones
  - Reconocimiento del inmueble
  - Evaluación de las condiciones del inmueble
  - Distribución del trabajo
  - Selección de equipo a utilizar
  - Monitoreo de subestaciones
  - Elaboración de planos
  - Estudio de costo de inversión y tiempo de recuperación
  - Observaciones y recomendaciones
- 2.2. Diagnóstico energético de la Facultad de Ciencias

- 2.3. Distribución de energía en la ciudad de México
  - 2.4. Reunión y acuerdos con directivos
  - 2.5. Descripción general y reconocimiento de las instalaciones de la Facultad de Ciencias
  - 2.6. Equipo empleado para el diagnóstico
  - 2.7. Monitoreo de las subestaciones
    - Descripción de gráficas
  - 2.8. Censos
    - Censo arquitectónico
    - Censo de iluminación
    - Censo de cargas eléctricas
  - 2.9. Resultados de la información recopilada
    - Resultados del censo arquitectónico
    - Resultados del censo de iluminación
    - Resultados del censo de cargas eléctricas
  - 2.10. Identificación de circuitos
  - 2.11. Elaboración de planos actuales
    - Planos arquitectónicos
    - Planos eléctricos
  - 2.12. Elaboración de los cuadros de carga
- 3. ELABORACIÓN DE PLANOS PROPUESTOS**
- 3.1. Análisis técnico-económico
    - Análisis técnico
    - Análisis de información
    - Análisis económico
    - Costos de inversión y tiempo de recuperación
  - 3.2. Planos propuestos
    - Elaboración de cuadros de carga y su balance

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

## **APÉNDICES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 2.3. Distribución de energía en la ciudad de México
- 2.4. Reunión y acuerdos con directivos
- 2.5. Descripción general y reconocimiento de las instalaciones de la Facultad de Ciencias
- 2.6. Equipo empleado para el diagnóstico
- 2.7. Monitoreo de las subestaciones  
Descripción de gráficas
- 2.8. Censos  
Censo arquitectónico  
Censo de iluminación  
Censo de cargas eléctricas
- 2.9. Resultados de la información recopilada  
Resultados del censo arquitectónico  
Resultados del censo de iluminación  
Resultados del censo de cargas eléctricas
- 2.10. Identificación de circuitos
- 2.11. Elaboración de planos actuales  
Planos arquitectónicos  
Planos eléctricos
- 2.12. Elaboración de los cuadros de carga

### **3. ELABORACIÓN DE PLANOS PROPUESTOS**

- 3.1. Análisis técnico-económico  
Análisis técnico  
Análisis de información  
Análisis económico  
Costos de inversión y tiempo de recuperación
- 3.2. Planos propuestos  
Elaboración de cuadros de carga y su balance

### **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

### **APÉNDICES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

---

## INTRODUCCIÓN

---

Los avances de la ciencia y la tecnología ocurren con gran rapidez y las innovaciones tecnológicas significan el uso cada vez mayor de los recursos energéticos de nuestro planeta, para responder a la demanda efectiva de los usuarios de la energía es necesario formular y proponer estrategias y mecanismos que incrementen y/o modifiquen la capacidad instalada sin menoscabo de los recursos, es decir, con base en una tesis de desarrollo sustentable.

En México, la energía eléctrica se ha constituido como uno de los recursos en el que se sustenta el desarrollo social, ya que en todos los ámbitos en que se hace evidente el progreso, casi siempre se encuentra presente. En la Ciudad de México los edificios son generalmente antiguos y las necesidades de consumo debido a la rapidez con que se ha dado el avance tecnológico han sobrepasado la capacidad de las instalaciones eléctricas, por lo que se ha generado un abuso tanto de las instalaciones mismas como de la demanda de energía eléctrica. Lo que ha propiciado que se fomente actualmente una cultura de ahorro de energía con el fin de lograr una mejor utilización de este recurso.

Considerando lo anterior, en el país se han desarrollado diversos programas que persiguen impulsar los avances científicos y tecnológicos hacia el uso racional de la energía eléctrica.

Ya que una de las tareas fundamentales de la Universidad Nacional Autónoma de México es vincular el trabajo académico con las necesidades presentes y futuras del país, que por razones sociales, económicas y de soberanía nacional, el problema de la energía resulta prioritario para nuestro país, esta prioridad ha sido recogida en los principales centros de planeación del país, estableciendo estrategias y programas de acción tendientes a satisfacer las necesidades energéticas de la comunidad nacional. Estas estrategias y programas deben apoyarse en el conocimiento de la realidad nacional, en la disponibilidad de personal altamente capacitado en número suficiente y en una actividad de investigación y desarrollo en las tecnologías del futuro y en las ciencias básicas de que se derivan o que le sean afines.

La Universidad Nacional Autónoma de México ha conjuntado en sus diferentes Institutos y Centros de Investigación así como en las Divisiones de Estudios de Posgrado y de Investigación de sus Facultades y Escuelas, una muy importante capacidad de investigación y desarrollo en el área de energía, tanto por lo que respecta a recursos humanos como a instalaciones y equipo, y constituye por ello una parte sustancial de la infraestructura científica y tecnológica de México en la materia.

Ante esta situación la U.N.A.M., no siendo ajena a las tendencias del ahorro de energía en el país, a partir del 2 de agosto de 1982 y por acuerdo del entonces rector se crea el "Programa Universitario de Energía" (P.U.E.), cuyos propósitos son formular soluciones en el área de la energía eléctrica y participar en la formación de personal altamente calificado que el país requiere.

Uno de los resultados más sobresalientes de este programa es el presentado en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales (E.N.E.P.) Acatlán, donde a partir de un diagnóstico energético se elaboró una propuesta de ahorro de energía que llevada a la práctica obtuvo resultados de aproximadamente un 40% de ahorro, lo que propició la apertura para realizar estudios similares en otras instituciones como son: el edificio de Rectoría, la Facultad de Química, la Facultad de Medicina, la Facultad de Economía, la Facultad de Ingeniería, la

Facultad de Odontología, Proveduría, Instituto de Física, todas ellas dentro del Campus Universitario.

En particular en el presente trabajo se efectúa un estudio para la Facultad de Ciencias, la cual consta de 12 edificios, que en su conjunto representan una carga eléctrica instalada de aproximadamente 2650 kiloWatts, además de tener un desbalance de cargas, ya que a pesar de tener 3 subestaciones todas ellas sin trabajar al 100%, se presenta un mal funcionamiento en toda la red eléctrica.

La finalidad de esta tesis es entonces, la de realizar un diagnóstico energético de la Facultad de Ciencias, basados en el censo eléctrico-arquitectónico de sus instalaciones y diseñar una propuesta que posibilite la distribución adecuada de elementos eléctricos así como la utilización eficiente de la energía en las instalaciones de la institución.

El presente trabajo está organizado en 3 capítulos; en ellos se describen los conceptos generales, necesarios en el estudio, y la forma en que se realizó el diagnóstico. En el primer capítulo se dan los conceptos básicos que intervienen en el diagnóstico y un marco histórico del desarrollo de la energía, lo que nos permitirá reforzar la importancia de este tipo de estudios ante la problemática del uso eficiente de la energía.

En el capítulo dos se plantea la metodología que se sigue en el P.U.E. para un diagnóstico energético, desde la reunión con el director de la institución que se esté estudiando, hasta los resultados y propuestas de solución. También se presenta la metodología ya aplicada a la Facultad de Ciencias; particularmente se dan las fechas de realización del diagnóstico después de haber hablado con el director, el proceso de obtención de información, cómo se distribuyó el trabajo, el monitoreo de subestaciones, el censo de carga realizado y el balance de las mismas.

En el tercer capítulo se desarrollan los planos propuestos, con base en las mejoras que se propongan, apoyados en el análisis técnico-económico de los diferentes dispositivos ahorradores de energía que existen en el mercado. Aquí se presentan los resultados del estudio

de costos de inversión y tiempos de recuperación, basados en las modificaciones propuestas, el costo que representaría realizarlas, así como el ahorro energético y el tiempo en que se recuperaría la inversión, tomando como parámetro las facturaciones anteriores.

Concluimos este estudio con los resultados y conclusiones, en donde presentamos una serie de observaciones y recomendaciones que de aplicarse representarían un ahorro sustancial de energía y la posibilidad de desarrollar un programa educativo tendiente a sensibilizar a estudiantes, trabajadores y personal en general sobre la importancia de aprovechar de forma óptima las instalaciones de la Facultad.

Al final de esta tesis, presentamos los apéndices que muestran la información que nos ayudó para el desarrollo de nuestro trabajo y la bibliografía consultada.

Se ha utilizado la notación en *cursiva* para identificar a las palabras de origen extranjero, así como para enfatizar enunciados y conceptos importantes.

---

# CAPÍTULO UNO

---

## CONCEPTOS BÁSICOS

**El desarrollo de fuentes de energía para ejecutar trabajos útiles es clave del proceso industrial y esencial para el mejoramiento continuo del nivel de vida de las personas. Descubrir nuevas fuentes de energía, conseguir un suministro potencialmente inagotable para el futuro, tener la capacidad de distribuirla a donde se requiera, transformarla y emplearla sin ocasionar un impacto ecológico irreversible es la problemática que afronta el mundo.**

**Un sistema de energía eléctrica consiste en una gran diversidad de cargas eléctricas repartidas en una región, en las plantas generadoras para producir la energía eléctrica consumida por las cargas, una red de transmisión y distribución para transportar esa energía de las plantas generadoras hasta los puntos de consumo y todo el equipo adicional necesario para lograr que el suministro de energía se realice con las características de continuidad de servicio, regulación de tensión y control de frecuencia requeridas.**

**Este capítulo tiene el propósito de describir en forma general los conceptos que intervienen en el sistema de energía eléctrica y que servirán para el desarrollo de esta tesis.**

## **1.1. Marco histórico**

En distintas épocas, los hombres han empleado diversos tipos de energía. El hombre primitivo consumía la fuerza de sus músculos para realizar un trabajo y el calor del fuego para preparar sus alimentos. El uso del fuego representó un grado relativamente alto de desarrollo del hombre. Nuestros antepasados no subestimaban la importancia de la energía, por el contrario, veneraban mucho más al fuego que a sus dioses, ya que, si bien podían implorar a éstos, aquel les proporcionaba calor y alimento.

En las etapas sucesivas de su desarrollo, los hombres aprendieron a utilizar también otros tipos de energía: el agua y el viento; claro está que estas etapas están separadas por milenios. Después del transcurso de muchos siglos la historia conoció sobre el aprovechamiento de otra fuerza que no fuera la muscular, las embarcaciones de vela. En el siglo I aparecieron los molinos de agua que utilizaban la energía producida por la corriente de los ríos. Varios siglos después se construían molinos de agua por todas partes y empezaron a surgir también los de viento. Los motores accionados por el agua y el viento fueron los únicos existentes hasta el siglo XVIII y juntos elevaron en gran medida las posibilidades energéticas de que disponía el hombre, liberándolo de una labor pesada como la molienda del grano.

A partir del siglo XVIII apareció un nuevo motor, la máquina de vapor. No era tarea fácil para los hombres de ciencia, ingenieros e inventores, obligar al calor a realizar un trabajo mecánico. En un principio, el hombre se acostumbró a servirse del fuego como fuente de calor, ahora quería obligarlo a trabajar, ¡y lo lograron!. A partir de este momento el progreso se desarrolló mucho más rápido, ya que no se dependía de la fuente de energía debido a que las máquinas de vapor funcionaban con combustible fácilmente transportable hasta ellas.

Es un hecho que las máquinas de vapor también tenían sus deficiencias, como lo era el no aprovechar la energía eficientemente y una parte considerable de la potencia de la máquina se perdía inútilmente en la transmisión de la energía. El vapor, fuente energética que en su momento revolucionó al mundo, terminó por ceder su lugar a una nueva fuerza infinitamente más poderosa, la energía eléctrica.

La facilidad de conducción de la energía eléctrica resultó ser su ventaja más decisiva. Para obtener energía eléctrica, el hombre utiliza distintas fuentes naturales como son: petróleo, gas natural, carbón, energía solar, corrientes de agua, viento, olas, mareas, biomasa, geotermia, energía nuclear, etc., pero la ubicación de todas estas fuentes no siempre coincide con las necesidades de la sociedad y para que una sociedad se desarrolle sin obstáculos es necesaria la energía en grandes cantidades y en la mayoría de los casos transportada a grandes distancias para llegar a su destino, por lo que es considerada como la base de la economía moderna.

El ingenio y el esfuerzo de destacados científicos de diversas nacionalidades permitieron entregar al mundo la energía eléctrica a finales del siglo XIX para bien de la humanidad.

En México, la evolución de la industria eléctrica se inicia en 1879 con la instalación de la primera planta termoeléctrica en la fábrica textil de Hayser y Portillo en León, Gto. Dos años después, se experimentaba en la ciudad de México la instalación de lámparas incandescentes para el alumbrado público; y en 1889 se inauguraba en Batopilas, Chih., la primera planta hidroeléctrica con una capacidad de 22kW destinada a la satisfacción de necesidades mineras.

Las aplicaciones de la electricidad en la industria textil y minera fueron imitadas con el correr de los años por toda la industria nacional en sus procesos de producción. La capacidad de las pequeñas plantas generadoras privadas fue superada por la creciente demanda de la industria, de los servicios municipales y de los transportes, lo que propició la formación de empresas específicas de producción de electricidad. De 1887 a 1911 se organizaron en México más de 100 empresas de luz y fuerza motriz, con capital mexicano las cuales fracasaron; sin embargo, las empresas de capital extranjero promovieron el desarrollo eléctrico en México, sin considerar la electrificación rural por estimarlo no redituable. En consecuencia, los beneficios de la industria eléctrica no llegaron a la mayor parte de la población y ello propició, con el correr de los años, la intervención del gobierno a través de medidas regulatorias y de diversa índole, reconociendo que la industria eléctrica ejerce una importancia en los aspectos social, económico y político de una comunidad.

En este contexto se crea la Comisión Federal de Electricidad (CFE) el 14 de agosto de 1937, y se expiden en 1939 la Ley del Impuesto sobre Consumo de Energía Eléctrica y la Ley de la Industria Eléctrica.

Por su parte, la industria precisaba de obras de infraestructura básica, necesitaba con urgencia apoyo financiero e insumo de energéticos; en este marco de requerimientos, se crearon la Comisión Federal de Electricidad, como una dependencia con atribuciones para generar y distribuir energía eléctrica con una visión de conjunto a nivel Nacional, y Petróleos Mexicanos, como el organismo encargado de la explotación, refinación y distribución del petróleo.

En una palabra, se reformó el aparato administrativo central y se definió una infraestructura institucional, especialmente en el rubro de los energéticos, para alimentar el proceso económico, lo que vino a motivar una especial atención a este sector para ubicarlo desde entonces como la base de un desarrollo nacional independiente.

La problemática energética actual que muestra el país es tan amplia que se necesitaría una gran cantidad de especialistas en áreas científicas, tecnológicas, publicitarias, etc., cuyo esfuerzo inequívoco sería buscar soluciones que optimicen o reemplacen los sistemas vigentes desde las fuentes de energía hasta su consumo final.

Es importante hacer notar que la forma de utilizar la energía por cada país, refleja su grado de crecimiento en todas sus áreas. El ahorro de energía actualmente tiene un gran impacto en la economía de los países, por lo que en la mayor parte del mundo existen comisiones reguladoras para ello.

En México la institución responsable es la Comisión Nacional del Ahorro de Energía, que depende directamente de la Secretaría de Energía. Uno de los puntos centrales por lo que se creó esta comisión fue el excesivo costo que representa la generación de energía y el uso inadecuado que se hace de ella.

## **1.2. Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica**

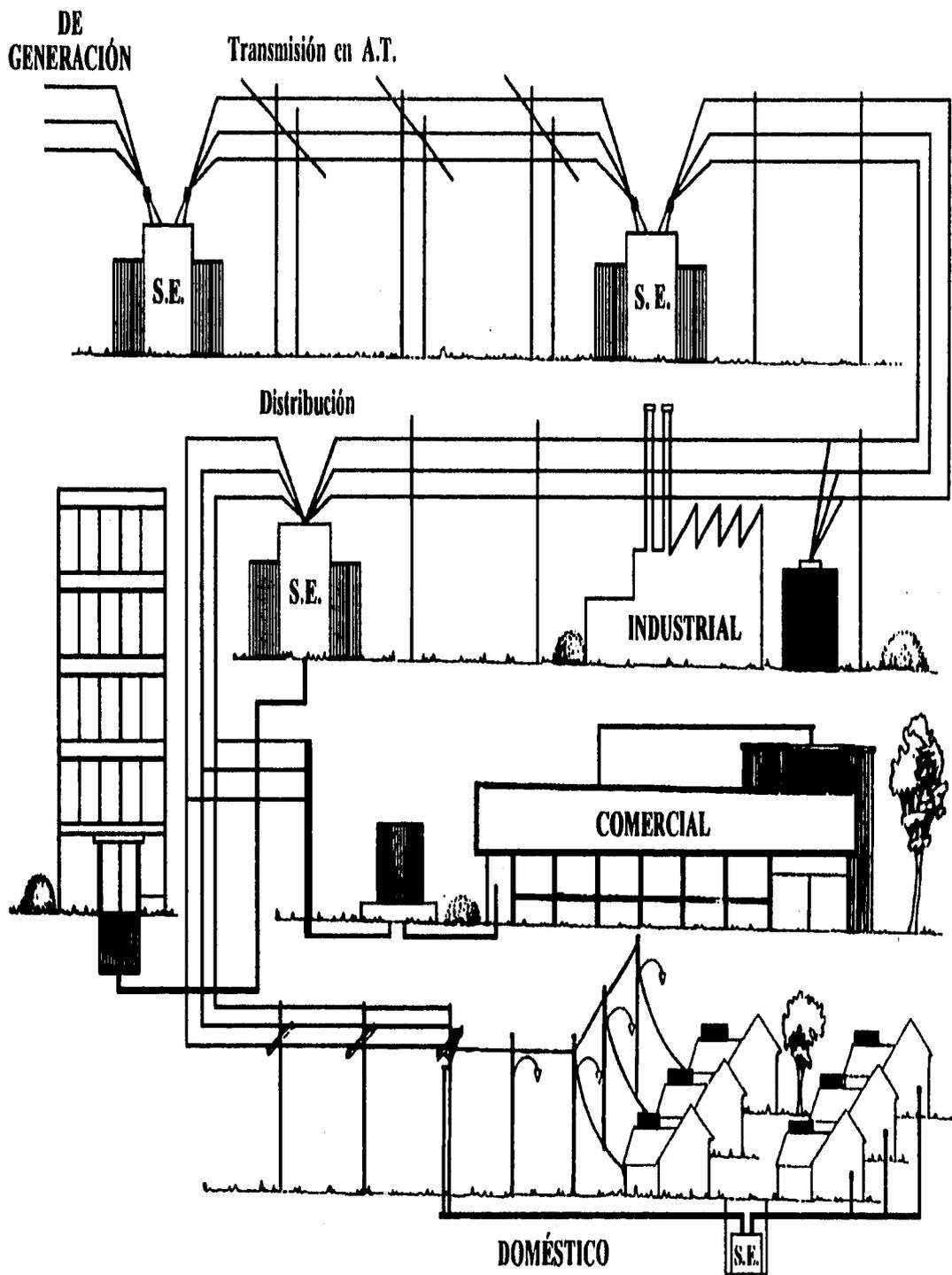
En el momento actual más del 90% de la energía eléctrica utilizada por la industria y los particulares se produce en forma de corriente alterna. Esto no se debe primordialmente a ninguna superioridad de la corriente alterna sobre la continua en cuanto a su posibilidad de aplicarla a fines industriales y domésticos, si no a su costo monetario; pues hay muchos casos en los que la corriente continua es absolutamente necesaria para determinadas industrias, como son los tranvías urbanos, los procesos electrolíticos, y ciertos tipos de lámparas de arcos; además, los motores de corriente continua son preferibles para los ascensores, prensas, y muchos accionamientos con velocidad variable. Sin embargo, en todos estos casos la energía se produce y se transporta casi siempre en forma de corriente alterna y se convierte después en corriente continua.

La corriente alterna puede producirse a tensiones relativamente altas, que pueden elevarse o reducirse fácilmente por medio de transformadores. Con ello es posible el transporte económico de energía como corriente alterna hasta distancias considerables, valiéndose de altas tensiones de transporte, lo que representa una gran ventaja, ya que el peso del conductor varía en razón inversa del cuadrado de la tensión, cuando la potencia, la distancia y las pérdidas admitidas no varían.

Los sistemas modernos de corriente alterna constan generalmente de los siguientes elementos:

1. Centrales generadoras;
2. Estaciones transformadoras elevadoras;
3. Líneas de transmisión;
4. Estaciones de maniobra;
5. Estaciones transformadoras reductoras;
6. Líneas o redes primarias de distribución;
7. Bancos transformadores de servicio; y
8. Líneas o redes secundarias.

Esencialmente, el elemento 1 constituye el sistema de generación, los elementos 2, 3, 4 y 5 constituyen el sistema de transmisión; y los elementos 6, 7 y 8 constituyen el sistema de distribución. La diferencia entre los sistemas de generación, transmisión y distribución radica en su función, en la figura 1.1 se muestran cada uno de estos sistemas.



*Figura 1.1 Generación, transmisión y distribución.*

### **Sistemas de generación**

La función de los sistemas de generación es la producción de energía eléctrica. El sistema de generación está integrado por centrales generadoras de diferentes tipos, que utilizan distintos combustibles o fuentes de energía primaria para producir electricidad.

La central eléctrica se denomina Central Térmica cuando la energía eléctrica se produce por medio de máquinas motrices térmicas (turbina de vapor, motores diesel, etc.); Central Hidráulica cuando las máquinas motrices son turbinas hidráulicas y Central Nuclear cuando se aprovecha la energía existente en los núcleos atómicos de ciertos cuerpos; las Centrales Nucleares son en realidad centrales térmicas en las que la energía térmica producida por la combustión de un combustible, ha sido sustituida por la energía también térmica producida al fisionarse (partirse) los núcleos atómicos.

### **Sistemas de transmisión**

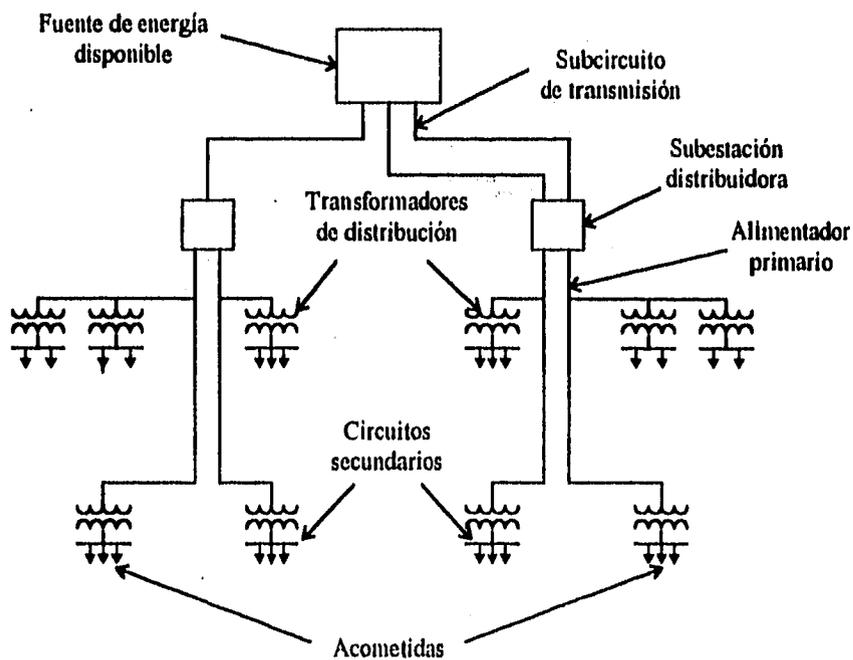
La función del sistema de transmisión es el transporte de grandes potencias a los centros de la carga y a los grandes consumidores industriales que sobrepasan los límites de corriente de las líneas primarias de distribución.

El transporte de la energía eléctrica sólo puede realizarse con buen rendimiento a voltajes elevados, mientras que los equipos de consumo de energía, tales como motores y lámparas, son esencialmente dispositivos de bajo voltaje; en consecuencia, los transformadores desempeñan un papel muy importante en cualquier sistema de transporte y distribución.

### **Sistemas de distribución**

La función del sistema de distribución es el suministro de energía desde las estaciones generadoras o desde las subestaciones del sistema de transmisión hasta los usuarios. El sistema de distribución incluye todos los elementos de una explotación de energía eléctrica comprendidos entre el centro o centros de energía disponibles y los interruptores individuales de entrada a los abonados. El centro de distribución puede ser una estación generadora o una subcentral alimentada por líneas de transmisión. Un sistema típico de distribución consta de las siguientes partes: a)

Subcircuitos de transmisión trabajando a una tensión de 13 a 33 kV, que transportan la energía a las subestaciones de distribución; b) Subestaciones de distribución, que transforman la energía a una tensión más baja, para la distribución parcial, y regulan el voltaje aplicado a los centros de carga; c) Circuitos primarios o alimentadores, que trabajan a una tensión de 2.4 a 13.5 kV, y suministran la carga a un sector geográfico bien definido; d) Transformadores de distribución montados sobre postes o en sótanos situados próximos a los abonados, que convierten la energía a la tensión de servicio; e) Circuitos secundarios para repartir la energía a lo largo de las calles o pasajes hasta la proximidad de los consumidores, y f) Las acometidas para los abonados, desde los postes o pozos de empalme en la calle o pasaje hasta los interruptores de entrada a la instalación propia de los consumidores. En la figura 1.2 se muestran las partes de un sistema típico de distribución.



*Figura 1.2 Sistema típico de distribución.*

### **Tipos de sistemas eléctricos de distribución:**

- Aéreo
- Subterráneo
- Por cable suspendido

#### **Sistema aéreo**

El sistema aéreo está formado por postes de madera, acero o concreto, que suspenden conductores de cobre o aluminio, por medio de crucetas y aisladores de porcelana o materiales sintéticos. Todos los equipos como transformadores, interruptores, cuchillas, apartarrayos, están colgados en los postes por medio de herrajes especiales. El sistema es muy popular por su flexibilidad y bajo costo, siendo vulnerable a los agentes atmosféricos y externos.

#### **Sistema subterráneo**

Este sistema es instalado cuando se requiere una mayor seguridad tanto del público como de las personas que operan las instalaciones, un alto índice de continuidad y una menor contaminación visual de líneas y postes. Este sistema es más adecuado para densidades de carga altas de más de 20 MVA/km<sup>2</sup>. Los equipos de seccionamiento y transformadores pueden ser instalados bajo la superficie del piso empleando equipos sumergibles o sobre la superficie empleando casetas y equipos tipo pedestal. Los cables pueden ser instalados directamente enterrados en ductos o en trincheras.

#### **Sistema por cable suspendido**

Este sistema es conveniente para aquellos lugares con contaminación salina, o industrial o zonas arboladas. El sistema consiste en suspender cables aislados de diseño ligero a postes o estructuras, pudiéndose utilizar los equipos de transmisión tipo pedestal, empleados en sistemas subterráneos o equipos tipo poste que se emplean en líneas aéreas.

### **1.3. Carga de un sistema**

La carga global de un sistema está constituida por un gran número de cargas individuales de diferentes clases (industrial, comercial, residencial). En general una carga absorbe potencia real y potencia reactiva; es el caso por ejemplo de un motor de inducción. Naturalmente, las cargas puramente resistivas (lámparas incandescentes, calefactores eléctricos) absorben únicamente potencia real.

La potencia suministrada en cada instante por un sistema es la suma de la potencia absorbida por las cargas más las pérdidas en el sistema. Aunque la conexión y desconexión de las cargas individuales es un fenómeno aleatorio, la potencia total varía en función del tiempo siguiendo una curva que puede predeterminarse con bastante aproximación y que dependen del ritmo de las actividades humanas en la región servida por un sistema.

Los datos más importantes para proyectar un sistema eléctrico son las características de la carga, debe existir una relación estrecha entre la carga por alimentar, los sistemas de distribución, las subestaciones, las líneas de transmisión y la generación.

#### **Tipos de cargas**

La finalidad con la cual el usuario consume la energía sirve para hacer la siguiente clasificación:

- Cargas residenciales
- Cargas comerciales
- Cargas industriales

Para los tipos de conjuntos habitacionales, la carga está constituida de la siguiente manera:

- Carga de los departamentos y servicios propios del edificio (alumbrado, bombeo, etc).
- Cargas de los servicios colectivos, como son: escuelas, centros comerciales, instalaciones culturales, deportivas y sociales; alumbrado público e instalaciones de fuerza (bombeo de aguas potables y aguas negras, etc).

Dependiendo del tipo y categoría de los edificios, la magnitud de esta carga puede ser predeterminada con bastante exactitud, sobre todo con base en las experiencias acumuladas con anteriores instalaciones, muestreos y registros estadísticos que han sido realizados con el fin de conocer los valores reales de las cargas.

Para los departamentos se ha encontrado que la demanda coincidente varía de 500 a 800 W, dependiendo del número de habitaciones con que cuenten los departamentos.

En los fraccionamientos residenciales, las densidades de carga son menores de los 5MVA/km<sup>2</sup>. En algunos casos se recurre a redes mixtas, con transformadores en poste y con cables primarios y secundarios subterráneos.

Los receptores industriales pueden dividirse en tres grupos. Según el tipo, tamaño y grado de automatización de los procesos de fabricación, para cada uno de estos grupos resulta entonces una carga específica media por unidad de superficie (P<sub>m</sub>) en W/m<sup>2</sup>, para el suministro eléctrico total, en la que también se incluye la instalación de alumbrado con 20 a 25 W/m<sup>2</sup> (tabla 1.1).

Grupo	Carga específica media por unidad de superficie P <sub>m</sub> W/m <sup>2</sup>	Tipo de empresa	Ejemplos	Carga específica media por unidad de superficie Aprox. W/m <sup>2</sup>
1	50 a 100	Con pequeños y grandes receptores, que están uniformemente distribuidos en superficie y cuyas cargas permanecen también constantes en el tiempo (por ej. talleres de mecánica de precisión).	Talleres de reparación Talleres de tomos automáticos Hilanderías y Tejedurías	50 a 100
2	70 a 300	Con receptores distribuidos uniformemente en superficie, con grandes diferencias en la potencia de acometida, así como con crestas de carga variables en el tiempo (por ej., talleres de transformados metálicos y determinadas industrias químicas con potencias de acometida que varían entre 70 y 300 kVA).	Fabricación de herramientas Talleres mecánicos Talleres de soldadura	70 a 100 170 a 250 150 a 300

*Tabla 1.1 Cargas industriales (continúa).*

3	200 a 500	Con receptores de gran potencia de aconectada, tales como grandes máquinas u hornos, donde la potencia necesaria de los pequeños aparatos es despreciable frente al consumo total (por ej., industrias de materias primas o determinadas industrias químicas).	Prensas Talleres de temple Siderurgias Plantas de laminación	200 a 450 200 a 500
---	-----------	--	---	------------------------

*Tabla 1.1 Cargas industriales.*

#### 1.4. Potencia y factor de potencia

La potencia eléctrica representa la razón de tiempo a la cual el trabajo se efectúa en un circuito eléctrico y su unidad es el Watt (W) o kiloWatt (kW). El término “razón a la cual el trabajo se efectúa” introduce un elemento de tiempo en la definición de potencia eléctrica, de tal manera que un kiloWatt para un periodo definido representa una razón específica a la cual el trabajo se puede efectuar. El kiloWatt-hora representa la potencia eléctrica de un kiloWatt actuando en un intervalo de una hora; así pues, éste representa una medida del trabajo total que realiza un circuito eléctrico.

La potencia eléctrica instantánea se define como el producto de la corriente por el voltaje:

$$p = v i$$

Esta potencia proviene de un generador o de una batería. La energía electromagnética sigue el circuito y reaparece como energía calorífica en una resistencia, o como energía mecánica en un motor o altavoz, como luminescencia en una lámpara fluorescente, como energía química en una batería cargada o quizás en cualquier forma no eléctrica. El conocimiento de los conceptos de potencia real, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia, se hacen necesarios cuando se habla de transmisión de grandes cantidades de energía, ya que la eficiencia y por lo tanto el costo de la transmisión dependerá básicamente de estos parámetros. Ahora bien,

cuando la potencia promedio es expresada en términos de valores eficaces, es conocida como potencia real o activa (P) y su unidad es el Watt (W).

$$P = V_{ef} I_{ef} \cos \theta$$

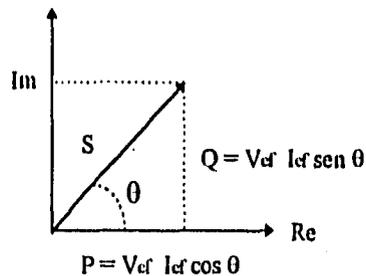
La potencia reactiva (Q) es expresada también, en términos de valores eficaces de tensión y de corriente. Su unidad es el Volt-Ampere reactivo (VAR).

$$Q = V_{ef} I_{ef} \sin \theta$$

La potencia aparente (S) se define como el producto de los valores eficaces de tensión y corriente. Su unidad es el Volt-Ampere (VA).

$$S = V_{ef} I_{ef}$$

En la figura 1.3 se presenta el triángulo de potencias:



*Figura 1.3 Triángulo de Potencias.*

### Factor de Potencia

El factor de potencia (F.P.) se define como el cociente de la potencia real entre la potencia aparente.

$$F.P. = \frac{V_{ef} I_{ef} \cos \theta}{V_{ef} I_{ef}} = \cos \theta$$

Como se puede observar, el factor de potencia es igual al  $\cos \theta$ , y debido a que  $\theta$  es la diferencia de ángulos entre tensión y corriente, se le conoce también como ángulo de factor de potencia.

El valor numérico del factor de potencia puede oscilar entre 0 y 1. Las compañías de electricidad se esfuerzan en mantener el factor de potencia de su carga lo más alto posible con el fin de conseguir el rendimiento operativo de su sistema, sin que llegue a ser 1 ya que esto provoca resonancia en el sistema.

Para saber si un F.P. corresponde a una carga inductiva o a una carga capacitiva, se habla de un F.P. adelantado o de un F.P. atrasado, lo que depende del ángulo de fase de la corriente con respecto al de voltaje; por lo tanto, una carga capacitiva tiene un F.P. adelantado (la corriente adelantada al voltaje) y una carga inductiva tiene un F.P. atrasado (la corriente atrasada con respecto al voltaje).

## **1.5. Regulación de voltaje y frecuencia**

### **Regulación de voltaje**

El principal objeto de la regulación de la tensión en circuitos de distribución o transmisión es mejorar la calidad de servicio prestado a los consumidores ofreciéndoles el máximo beneficio en su compra de luz, calor o fuerza motriz; al mismo tiempo, una regulación de tensión adecuada aumenta las ganancias de la explotación.

Los aparatos que funcionan con energía eléctrica están diseñados para operar a un voltaje determinado y su funcionamiento será satisfactorio siempre que el voltaje aplicado no varíe más allá de ciertos límites.

“La regulación de tensión afecta de la siguiente manera:

- Para el caso de las lámparas incandescentes un voltaje menor que el nominal disminuye el flujo luminoso, por ejemplo, una reducción del 10 % de tensión reduce el flujo luminoso al 70% de su valor nominal y el consumo de la lámpara al 85 %; un voltaje mayor que el nominal acorta la vida de la lámpara: con un 10 % de aumento de tensión la vida teórica de la lámpara se reduce al 30 % de la nominal.
- En las lámparas fluorescentes la variación del flujo luminoso con la tensión aplicada es algo menor que en las lámparas incandescentes. En cambio la baja tensión afecta el arranque y en general la lámpara no se prende si la tensión aplicada es del 90 % o menor de la tensión nominal. La tensión excesivamente alta causa el calentamiento del balastro; tanto la tensión alta como la baja acortan la vida de la lámpara.
- En los aparatos de calefacción eléctrica por resistencia, la energía consumida es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada ( $P = V^2 / R$ ), por lo tanto una tensión inferior a la nominal disminuye considerablemente el calor producido; una tensión excesivamente alta acorta la vida del aparato.
- Los equipos electrónicos están diseñados generalmente para operar con una tolerancia de  $\pm 5\%$  de tensión. En los aparatos de televisión si la tensión es inferior a la tensión a la que se ha ajustado el aparato la imagen se reduce. La vida del equipo electrónico se reduce notablemente al funcionar a tensiones superiores a las del diseño.

Todo lo anterior hace ver la importancia de la regulación de tensión en un sistema eléctrico, una variación de  $\pm 5\%$  de tensión en los puntos de utilización, con respecto a la tensión nominal se considera satisfactoria; una variación de  $\pm 10\%$  se considera tolerable.”<sup>1</sup>

Tanto el alto como el bajo voltaje ocasionan fallas prematuras del equipo e inconformidad de los consumidores. Los bajos voltajes producen el fenómeno de parpadeo en la iluminación, reducen los pares de arranque, y aumentan la corriente y temperatura en los motores. Los voltajes altos ocasionan la degradación de los aislamientos y reducen la vida de las luminarias.

---

<sup>1</sup> Redes eléctricas. Jacinto Viqueira Landa. México, D.F. 1987.

Si el diseño del sistema se hace desde el punto de vista de niveles de tensión, se debe establecer un nivel de calidad. Por norma se especifican los voltajes nominales normalizados de los sistemas de distribución para México y se recomiendan márgenes dentro de los cuales la tensión puede variar sin ocasionar fallas al equipo (ver apéndice B).

### **Regulación de frecuencia**

Al producirse una variación de la carga conectada al sistema, se produce un desequilibrio que se refleja en una variación de la velocidad de rotación de las máquinas y en consecuencia de la frecuencia.

Los sistemas de energía eléctrica funcionan a una frecuencia determinada, dentro de cierta tolerancia. El rango de las variaciones de frecuencia que pueden tolerarse en un sistema depende tanto de las características de los aparatos, como del funcionamiento del sistema mismo. Las cargas resistivas son evidentemente insensibles a las variaciones de frecuencia. En cambio las cargas constituidas por motores eléctricos que mueven distintos tipos de máquinas giratorias son afectadas en mayor o menor grado por las variaciones de frecuencia.

Tomando en cuenta los factores anteriores, es suficiente controlar la frecuencia con una precisión del 1 %. Por último, entre las características que debe cumplir la frecuencia de un sistema puede incluirse su pureza, o sea que el porcentaje de armónicas sea despreciable, esto requiere, en primer lugar, que los generadores proporeionen una tensión lo más aproximada posible a una tensión sinusoidal; en segundo lugar hay que limitar a valores tolerables la aparición de armónicas en otros puntos del sistema; como pueden ser los circuitos magnéticos de los transformadores, que están diseñados para funcionar a densidades de flujo próximas a los valores de saturación; una disminución excesiva de la frecuencia o un aumento de la tensión pueden causar la saturación del circuito magnético y la deformación de la onda de la tensión inducida.

## 1.6. Sistemas multifásicos

Un sistema multifásico está formado por dos o más tensiones iguales con diferencia de fase constantes que suministran energía a las cargas conectadas a las líneas. En un sistema monofásico sólo se tiene una tensión que se suministra a la carga, este sistema se toma como base para el análisis de los sistemas trifásicos balanceados. En un sistema de dos fases o bifásico, la diferencia entre fases es de  $90^\circ$ ; mientras que en los trifásicos dicha diferencia es de  $120^\circ$ .

### Sistema monofásico

Un generador de corriente alterna (CA ó c-a) se puede representar mediante el uso de una armadura de una sola espira, como se muestra en la figura 1.4 (a). El voltaje inducido en esta espira sería muy pequeño, motivo por el cual, la armadura consta en realidad de numerosas bobinas, cada una con más de una espira. Las bobinas están devanadas de manera que cada uno de los voltajes en las espiras de cualquier bobina se suman para producir el voltaje total de la bobina.

Si todas las bobinas de armadura se conectan en serie aditiva, el generador tiene una salida única. La salida es sinusoidal y en cualquier instante es igual en amplitud a la suma de voltajes inducidos en cada una de las bobinas. Un generador con armadura devanada en esta forma es un generador de una fase o monofásico, como el presentado en la figura 1.4 (b). En la práctica, muy pocos generadores de c-a son monofásicos.

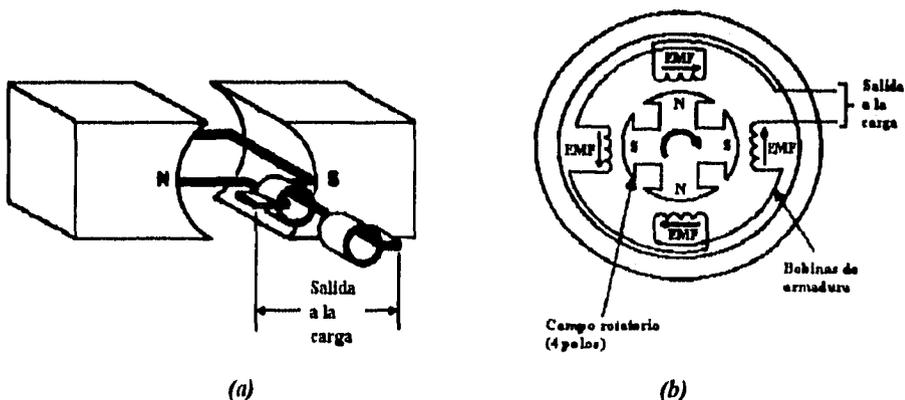


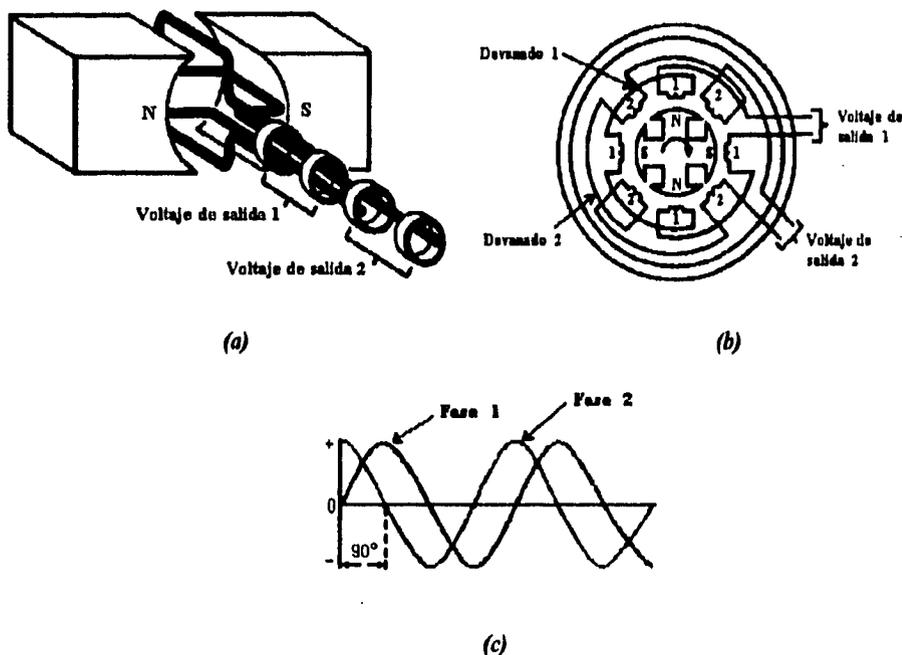
Figura 1.4 Generador monofásico: (a) de espira simple girando en campo magnético; (b) de armadura estacionaria de 4 polos.

También se puede afirmar que el circuito base de los circuitos monofásicos, es aquel que consta de una línea de corriente o vivo y un neutro o tierra.

### Sistema bifásico

En un generador bifásico, las bobinas de armadura están devanadas de manera que el generador tenga dos voltajes de salida separados que difieren en fase por 90 grados. Un generador simple bifásico de espira rotatoria consta de dos espiras perpendiculares entre sí; cada espira está conectada a su propio juego de anillos rozantes, figura 1.5 (a). Cuando el voltaje inducido en una espira es máximo, el voltaje en la otra es cero y viceversa. Por lo tanto, los voltajes obtenidos en los anillos rozantes difieren 90 grados en fase.

Las bobinas de armadura de un generador bifásico real con una armadura estacionaria, presentado en la figura 1.5 (b); se dividen en dos devanados monofásicos, espaciando cada bobina de los dos devanados de manera que los voltajes inducidos en ambos están defasados 90 grados, la figura 1.5 (c) muestra este defasamiento de voltajes de salida del generador.



*Figura 1.5 Generador bifásico: (a) de dos espiras rotatorias, (b) con armadura estacionaria; y (c) voltajes de salida defasados 90°.*

Desde la perspectiva de circuitos, podemos decir que un circuito bifásico base es aquel que consta de dos líneas de corriente y un neutro.

### Sistemas trifásicos

Básicamente, los principios del generador trifásico son los mismos que los de un generador bifásico, excepto que se tienen tres devanados espaciados igualmente y tres voltajes de salida defasados 120 grados entre sí. A continuación se ilustra un generador simple trifásico de espira rotatoria, como se muestra en la figura 1.6 (a); físicamente, las espiras adyacentes están separadas por un ángulo equivalente a 60 grados de rotación. Sin embargo, los extremos de la espira están conectados a los anillos rozantes de manera que la tensión 1 está adelantada 120 grados con respecto a la tensión 2; y la tensión 2, a su vez, está adelantada 120 grados con respecto a la tensión 3.

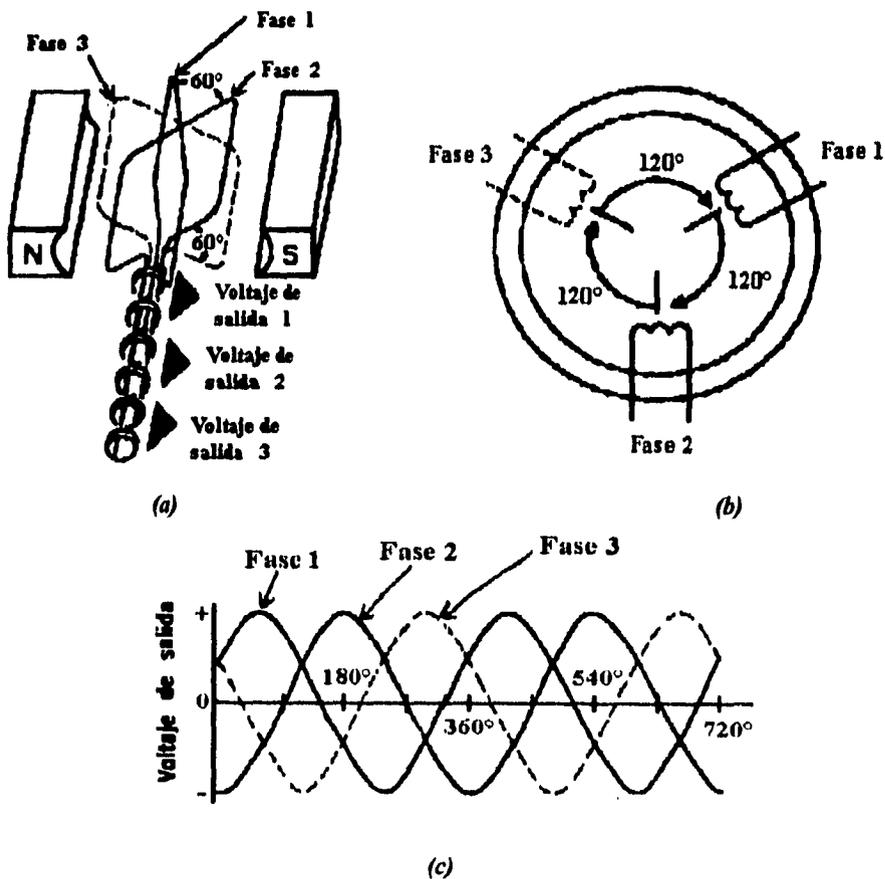


Figura 1.6 Generador trifásico: (a) de espira rotatoria, (b) de armadura estacionaria; y (c) voltajes iguales de salida defasados 120°.

También se muestra un diagrama simplificado de un generador trifásico de armadura estacionaria, ver figura 1.6 (b). En este diagrama, las bobinas de cada devanado se combinan y están representadas por una sola. Además, no aparece el campo rotatorio. En la figura 1.6 (c) se muestra que el generador trifásico tiene tres devanados de armadura separados, desfasados 120 grados.

En los circuitos trifásicos la energía eléctrica se transmite por tres o cuatro alambres, que frecuentemente se denominan líneas.

Las dos principales conexiones que se realizan con la corriente trifásica son: conexión delta ( $\Delta$ ) y conexión estrella ( $Y$ ); en la figura 1.7 se observan estos dos tipos de conexión.

Como se observó anteriormente, hay seis puntas que salen de los devanados de armadura de un generador trifásico y el voltaje de salida está conectado a la carga externa por medio de estas seis puntas. En la práctica esto no sucede así, en lugar de ello, se conectan los devanados entre sí y sólo salen tres puntas que se conectan a la carga. En la conexión delta, denominada así porque su representación esquemática es parecida a la letra griega delta ( $\Delta$ ), los tres devanados están conectados en serie y forman un circuito cerrado. La carga está conectada a los tres nodos donde se unen dos devanados. En la conexión estrella o  $Y$ , denominada así ya que esquemáticamente representa la letra  $Y$ , una de las puntas de cada uno de los devanados se junta con una de las otras dos, lo que deja tres puntas libres que salen para la conexión de la carga.

Nótese que en ambos casos los devanados están espaciados 120 grados, de manera que cada devanado producirá un voltaje desfasado 120 grados con respecto a los voltajes de los demás devanados.

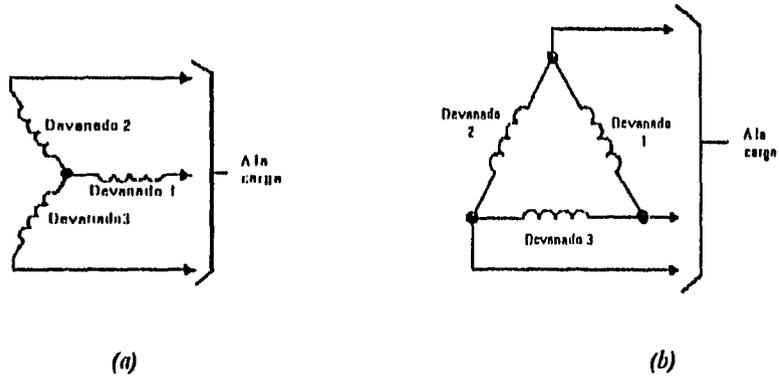


Figura 1.7 (a) conexión Y; (b) conexión  $\Delta$ .

Como todos los devanados de una conexión delta están conectados en serie y forman un circuito cerrado, podría parecer que hay una elevada corriente continuamente en los devanados, aun en ausencia de carga conectada. En realidad, debido a la diferencia de fase que hay entre los tres voltajes generados, pasa una corriente despreciable o nula en los devanados en condiciones de vacío (sin carga). Las tres puntas que salen de la conexión delta se usan para conectar la salida del generador a la carga. El voltaje existente entre dos cualesquiera de las puntas, llamada voltaje de línea, es igual al voltaje generado en un devanado, que recibe el nombre de voltaje de fase. Así pues, como se puede apreciar en la figura 1.8, tanto los tres voltajes de fase como los tres voltajes de línea son iguales, y todos tienen el mismo valor. Sin embargo, la corriente en cualquier línea esta multiplicada por  $\sqrt{3}$  o sea, aproximadamente 1.73 veces la corriente en cualquier fase del devanado. Por lo tanto, nótese que una conexión delta suministra un aumento de corriente pero no hay aumento de voltaje.

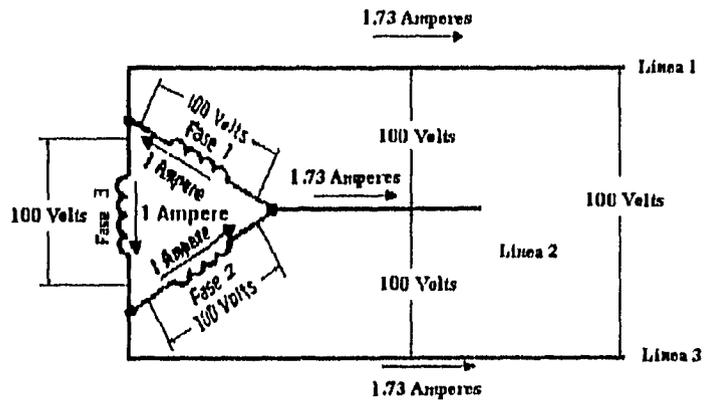


Figura 1.8 Conexión  $\Delta$  y sus características de voltaje y corriente.

Las características de voltaje y corriente de una conexión Y son opuestas a las que representa una conexión delta. El voltaje que hay entre dos líneas cualesquiera de una conexión Y es 1.73 veces el voltaje de una fase, en tanto que las corrientes en las líneas son iguales a las corrientes en el devanado de cualquier fase. La conexión Y aumenta el voltaje pero no la corriente.

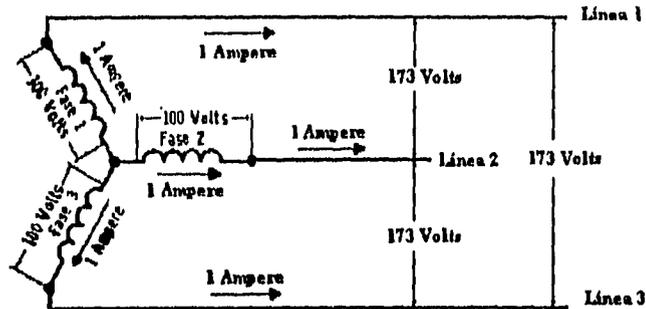


Figura 1.9. Conexión Y y sus características de voltaje y corriente.

La secuencia de fase de un circuito trifásico es el orden en el cual los voltajes o corrientes alcanzan su máximo. Por ejemplo, en la figura 1.6 (c) se muestra que la fase 1 (le llamaremos A) alcanza primero su valor pico, después de la fase 2 (le llamaremos B), después la fase 3 (le llamaremos C), etc. los cuales están siguiendo el orden de ABCABCABC. Esto se llama algunas veces secuencia de fases positiva. Si en la figura 1.10. Se intercambian los nombres de las bobinas, o si el rotor se gira en el mismo sentido que se mueven las manecillas del reloj, la secuencia de fase es ACB (o CBA o BAC), llamada secuencia de fase negativa.

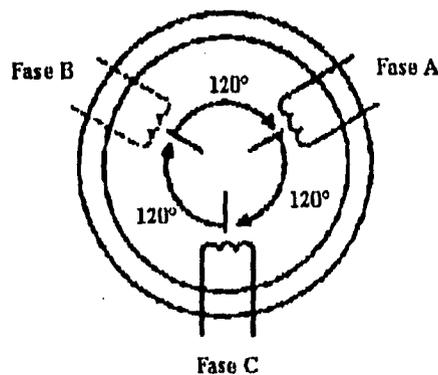


Figura 1.10 Secuencia de fases.

### **1.7. Sistemas balanceados y desbalanceados**

Los sistemas de potencia trifásicos deben suministrar potencia en cantidades considerables a cargas monofásicas, incluyendo lámparas, calentadores, pequeños motores y otros procesos industriales. El ingeniero de sistemas de potencia trata de distribuir estas cargas igualmente en las tres fases, a esto se le llama balance de cargas y es un punto muy importante en esta tesis.

Este tema tiene el propósito de mostrar los diferentes tipos de conexiones trifásicas y su análisis dependiendo de las condiciones de balance en la que se puedan encontrar.

Un sistema trifásico balanceado es uno en el que se generan tres voltajes, iguales en magnitud y frecuencia pero que 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.

Si las tres cargas son iguales, y los tres voltajes son balanceados, las tres corrientes estarán balanceadas como se muestra en la figura 1.11. La corriente en el alambre común de retorno es la suma de estas tres corrientes de fase. Pero la suma de las tres es cero, por tanto, bajo estas condiciones ideales de voltajes balanceados y cargas balanceadas, el alambre común de retorno realmente no transporta ninguna corriente. Sin embargo, con condiciones de balanceo menos ideales (con condiciones prácticas de carga en un sistema de protección trifásica), las sumas de las tres corrientes no es cero. Esta corriente es bastante pequeña, y el alambre común de retorno (el cuarto alambre de un sistema trifásico de cuatro hilos) puede ser mucho más pequeño que los otros tres.

Cuando existe la seguridad de que la carga estará siempre bien balanceada, se elimina el cuarto alambre. Esto implica un sistema trifásico de tres hilos. En las figuras 1.12 y 1.13 se presentan los sistemas trifásicos de tres hilos con carga trifásica balanceada conectada en delta y estrella.

La dificultad de la conexión con carga balanceada es que un desbalance en la impedancia de carga produce voltajes desbalanceados entre las tres fases de la carga, aunque los tres voltajes generados puedan estar perfectamente balanceados.

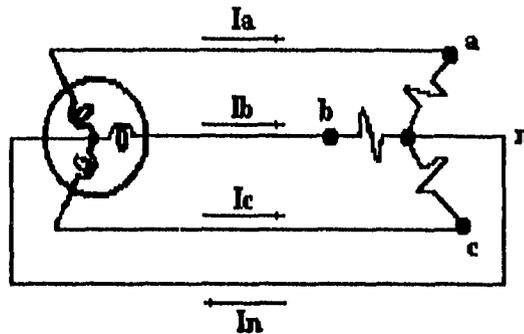


Figura 1.11 Sistema trifásico de cuatro hilos

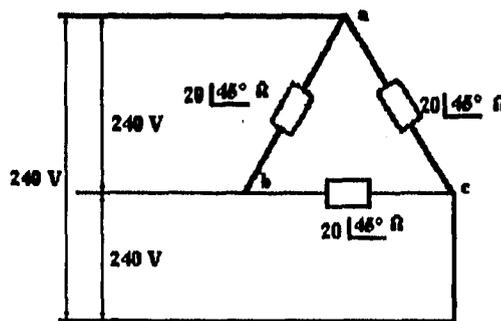


Figura 1.12 Carga trifásica balanceada conectada en delta.

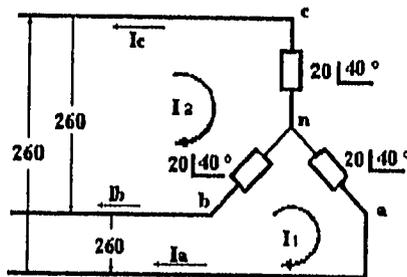


Figura 1.13 Carga trifásica balanceada conectada en estrella.

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 sí habría corriente circulando por ella. En la figuras 1.14 y 1.15 se muestra la carga trifásica desbalanceada conectada en delta y estrella.

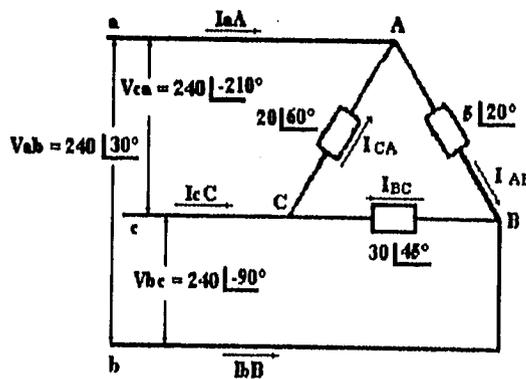


Figura 1.14 Carga trifásica desbalanceada conectada en delta.

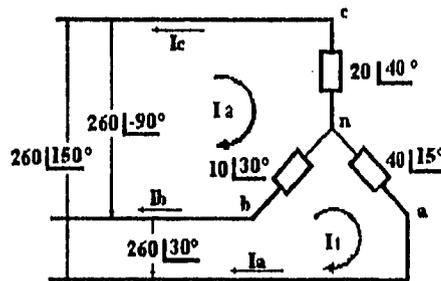


Figura 1.15 Carga trifásica desbalanceada conectada en estrella.

### 1.8. Armónicas

La impedancia opuesta por un capacitor o un inductor al paso de la corriente depende de la frecuencia y de la forma de la misma; en el estudio de las corrientes alternas se considera en primer lugar las corrientes sinusoidales puras. Cuando la corriente no es exactamente sinusoidal, puede descomponerse por medio del análisis armónico (teorema de Fourier), en una serie de corrientes sinusoidales puras que presentan la frecuencia fundamental y cierto número de armónicas. El cálculo eléctrico se realiza luego para cada corriente por separado.

Las corrientes alternas, por ejemplo las oscilaciones eléctricas y las ondas electromagnéticas, están acompañadas generalmente por componentes armónicas, unas veces útiles y otras perjudiciales a las cuales se les puede atenuar o amplificar.

#### Problemas causados por armónicas

- Sobrecalentamiento en transformadores
- Sobrecalentamiento en los conductores neutrales
- Fallas prematuras de motores
- Sobrecalentamiento y fallas en los capacitores correctores del factor de potencia
- Sobrecalentamiento y sobrecarga en los generadores de emergencia

### **Causas principales de las armónicas**

- **Sobretensiones internas debidas a condiciones de operación y conexión y desconexión de interruptores.**
- **Reflexiones de ondas de sobretensión debidas a descargas atmosféricas.**
- **El uso de cargas no lineales tales como computadoras, convertidores de frecuencia, controladores de velocidad de motores de CD, máquinas copadoras, *dimmers* electrónicos y cualquier otro equipo basado en microprocesadores.**

**Una vez descritos los conceptos básicos, necesarios en el presente trabajo, procederemos a realizar el análisis energético de la Facultad de Ciencias.**

---

## **CAPÍTULO DOS**

---

### **DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO**

**Un Diagnóstico Energético es la aplicación de un conjunto de técnicas que permiten determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía. Se toman en cuenta todos los factores de consumo de energía, con el fin de eficientar y controlar la energía eléctrica.**

**Una metodología adecuada es importante para un buen diagnóstico energético. En el caso particular de esta tesis, el diagnóstico energético se lleva a cabo de acuerdo al método que sigue el “Programa Universitario de Energía” (P.U.E.). En este capítulo se describe la metodología que se utiliza para un diagnóstico energético de cualquier dependencia de la U.N.A.M., así como la metodología ya aplicada a la Facultad de Ciencias.**

#### **2.1. Metodología**

**La razón que valida la metodología aplicada por el P.U.E., se basa en la experiencia, de acuerdo a las necesidades y problemática que se han observado en la Universidad Nacional Autónoma de México, y se ha comprobado en forma más clara en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales (E.N.E.P.) Acatlán, cuando a través del estudio y la propuestas realizadas por el P.U.E. se obtuvo un ahorro de energía del 40 %. Los pasos a seguir en esta metodología son:**

### **Reunión con directivos**

Una de las personas que forma parte del Programa Universitario de Energía se entrevistará con el director de la dependencia universitaria que se vaya a estudiar, con el fin de darle a conocer el programa y los procedimientos a seguir para el diagnóstico energético de la dependencia, hacerle ver la importancia del mismo y del ahorro de energía eléctrica.

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

Se proponen los alcances del programa, lo que se pretende y las fechas de inicio del proceso y entregas preliminares de avances, así como la finalización del estudio y la entrega de resultados y propuestas.

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

Ponerse de acuerdo con el personal con quien se tendrá relación y apoyo, en cuanto al diagnóstico, en función de la operación de la dependencia y disponibilidad de la información.

### **Obtención de información**

Solicitar al personal de la dependencia la facturación mínima de 12 meses atrás, planos (si los hay), datos de equipo especial, etc.

### **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, como están distribuidos y demás aspectos generales que puedan servir más adelante.

### **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, donde se encuentran los tableros de distribución, las subestaciones, si existen lámparas encendidas, como operan los edificios (horarios de trabajo), con que servicios cuentan los edificios (elevadores, aire acondicionado,

etc.), si cierta información recabada con anterioridad (planos eléctricos, utilización de edificios, etc.) es aún auténtica, pintura y textura de los lugares, etc.

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

Con la terminación del reconocimiento visual, se pretende tener mejor información, es decir información actual en cuanto a cantidades de lugares existentes, equipo que se maneja, tipo de alimentación, hábitos de uso de la energía por parte de los usuarios, ubicación de los tableros, ubicación de las subestaciones, etc.

Esta evaluación ayudará más adelante a elegir el equipo idóneo que permita evaluar satisfactoriamente los parámetros de interés que son necesarios obtener de los elementos eléctricos. También permitirá decidir que formato es el ideal a utilizar o si existe la necesidad de crear uno nuevo.

### **Distribución del trabajo**

Se asignará el trabajo que cada persona desarrollará para poder realizar el diagnóstico en forma conjunta, pero será importante que todos conozcan el proceso completo.

### **Selección de equipo a utilizar**

Dependiendo de los elementos eléctricos que se pretendan analizar, se selecciona el equipo apropiado para dicha cuestión. El equipo total del que se dispone y del cual se puede elegir el necesario es el siguiente:

- Analizador de redes trifásico (marca AEMC 3950)
- Luxómetro (marca Kyoritsu 5200)
- Multímetro
- Amperímetro de gancho
- Flexómetro
- Lámparas probadoras de voltaje
- Lámpara sorda

- Guantes de electricista
- Destornilladores
- Intercomunicadores
- Computadoras
- Cascos
- Oberoles
- Máquina impresora de planos o *plotter* (marca Hewlett Packard Design Jet 650C)

### **Monitoreo de subestaciones**

El monitoreo de subestaciones se lleva a cabo conectando el analizador de redes en la subestación de la dependencia. El analizador de redes acumulará en su memoria la siguiente información.

- El voltaje por fase y el voltaje total
- La corriente por fase y la corriente total
- La potencia por fase y la potencia total
- El factor de potencia por fase y el factor de potencia total
- El consumo acumulado por fase y el consumo acumulado total
- La frecuencia
- La potencia disponible

Estos parámetros son indispensables para un estudio apropiado de las condiciones en que trabajan las cargas, el sistema de distribución y por ende la subestación. Con este Monitoreo se obtendrá el consumo real de la dependencia en estudio.

### **Elaboración de planos**

Debido a la falta de planos actualizados se tendrá que hacer un levantamiento arquitectónico y eléctrico para la generación de los mismos, tomando en cuenta la identificación de circuitos que involucran luminarias, contactos, equipos especiales (ventiladores, elevadores, etc.) y descripción de los tableros.

Mediante el análisis de cargas se conoce el desbalance que existe en cada tablero en operación y se puede proceder al balance de la carga. Con los datos anteriormente obtenidos, se procederá a la realización de planos propuestos de la nueva redistribución de cargas. La finalidad es que el personal de la institución cuente con un medio gráfico que le ayude a saber rápidamente la ubicación, el género, la cantidad, el circuito y tablero de control, de cualquier carga conectada a su sistema de distribución de energía. Además, los planos facilitan un mejor mantenimiento y una reparación más rápida de los elementos eléctricos conectados.

### **Estudio de costo de inversión y tiempo de recuperación**

El análisis técnico-económico tiene la finalidad de hacer una investigación de mercado de equipos, luminarias, etc. tendiente a mejorar las instalaciones y eficientar el consumo de energía eléctrica, que se traducirá en un ahorro de energía.

Por último, y con la información que se tiene se puede proceder a hacer un estudio de la inversión que será necesario realizar y los tiempos de recuperación de la misma. Este estudio se realiza en base a las facturaciones anteriores y lo que se ahorraría la dependencia si realiza los cambios sugeridos

### **Observaciones y recomendaciones**

Es importante hacer notar que la finalidad de este diagnóstico es la de proponer la mejor solución a los problemas energéticos de la dependencia, basándose en observaciones y recomendaciones tendientes a la optimización del ahorro de energía eléctrica.

## **2.2. Diagnóstico energético de la Facultad de Ciencias**

Para poder iniciar el diagnóstico energético de la Facultad de Ciencias, es conveniente dar una introducción de como se genera, transmite y distribuye la energía eléctrica en la Ciudad de México, cuales son las principales plantas generadoras, y los anillos de distribución que suministran energía

eléctrica a esta gran urbe, y continuar describiendo la trayectoria que sigue la energía hasta llegar a la Facultad de Ciencias.

En seguida aplicaremos parte de la metodología ya descrita en el punto 2.1, con lo que se mostrarán los pasos que se siguieron para conocer el inmueble, el equipo que se utilizó y la información que se recabó para poder desarrollar los planos actualizados de los edificios de la facultad.

### 2.3. Distribución de energía en la ciudad de México

De las plantas que generan la energía eléctrica, ya sean estas hidroeléctricas, de vapor (termoeléctricas y geotérmicas), de motores diesel, turbina aeronáutica, nucleares, eólicas, etc. se transporta la energía a los centros de consumo, normalmente mediante líneas de transmisión aéreas, cuyas tensiones usuales en México son 69, 85, 115, 230 y 400 kV.

La energía eléctrica que consume la Ciudad de México y zonas conurbadas, se genera en las principales plantas hidroeléctricas y termoeléctricas del país, como son Malpaso, Infiernillo, Chicoasén, Necaxa, Tula, etc, como se muestra en la figura 2.1.



*Figura 2.1 Centrales Eléctricas de México que alimentan el anillo de 400 kV.*

Los grandes bloques de energía que se generan en estas plantas se transportan mediante líneas de transmisión en su mayoría de 400 kV, estos bloques de energía llegan a subestaciones de potencia localizadas en la periferia de la Ciudad, las cuales para dar mayor confiabilidad están

interconectadas para formar un anillo de 400 kV (ver figura 2.2), estas subestaciones son Texcoco, Sta. Cruz, Topilejo, San Bernabé, Nopala, Victoria y Tula. Interior a este anillo se tiene uno de 230 kV y están interconectadas las subestaciones de Texcoco, Sta. Cruz, Coapa, Topilejo, Contreras, Las Águilas, Remedios, Victoria y Valle de México, dentro de este anillo se cuenta con otro de 85 kV. Los anillos de 400 y 230 kV se presentan en la figura 2.3.



*Figura 2.2 Anillo de 400 kV en la Ciudad de México.*

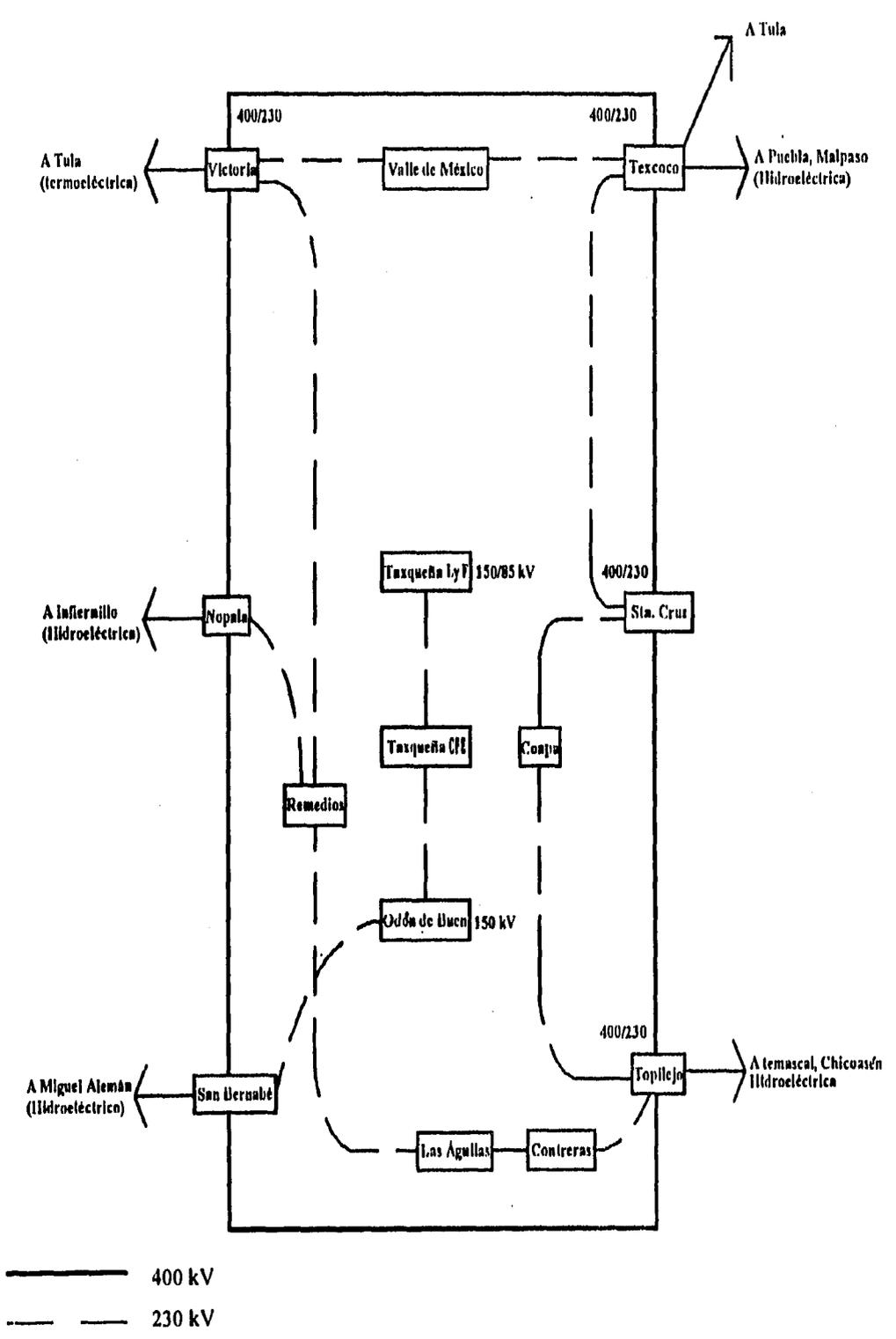


Figura 2.3 Anillos de 400 y 230 kV.

El sistema llamado Miguel Alemán llega a la subestación San Bernabé, con un voltaje de 150kV, de esta subestación sale una línea de transmisión que se llama Tingambato Taxqueña, esta línea llega también a la subestación de 150/23 kV llamada Ing. Odón de Buen, de esta subestación salen dos alimentadores de 23 kV que suministran energía eléctrica a Ciudad Universitaria, lo anterior se muestra en la figura 2.4.

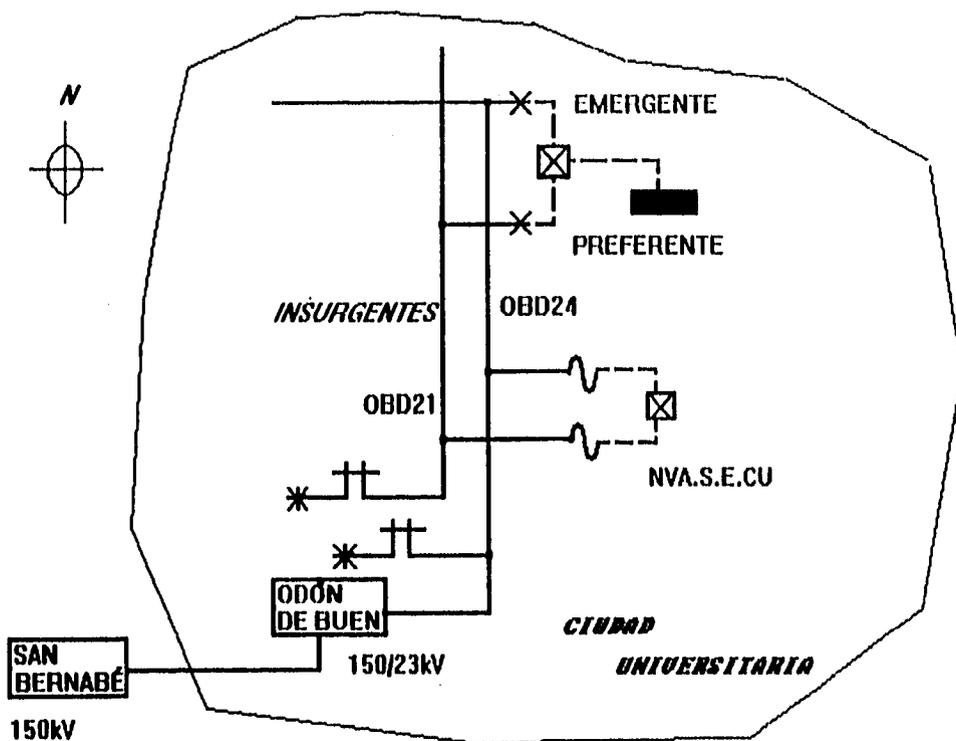


Figura 2.4 Distribución de energía en Ciudad Universitaria.

Ciudad Universitaria cuenta con tres subestaciones generales para su alimentación, la subestación general No.I, que se encuentra al costado sur de la Facultad de Psicología; la subestación general No.II, que se encuentra en la parte sureste de la Facultad de Trabajo Social y la subestación No.III, que es la que alimenta a toda la Zona Cultural. De estas tres subestaciones principales se distribuye la energía a cada una de la(s) subestación(nes) de cada facultad o dependencia.

Para el caso de este estudio, la Facultad de Ciencias cuenta con tres subestaciones, las cuales son alimentadas por la subestación general No II, más adelante se muestra la figura 2.5 (croquis de la Facultad de Ciencias) donde se encuentran localizadas las subestaciones de Ciencias.

La ubicación geográfica de las subestaciones se encuentra en la parte sur de la Facultad de Ciencias a espaldas del Auditorio y el Edificio I (que es la sección escolar-administración-aulas). Hay dos subestaciones que se encuentran juntas y les llamaremos subestación No. 1 y No. 2, de 750 kVA. Existe una tercera subestación de 13.5 kVA, la cual se localiza bajo la biblioteca nueva "Amoxcalli", recientemente inaugurada y que no tomamos en cuenta para este estudio.

#### **2.4. Reunión y acuerdos con directivos**

El Director de la Facultad de Ciencias Dr. Rafael Pérez Pascual, ante la serie de problemas derivados de la energía eléctrica tales como: calentamiento de cables, caída de tensión, pastillas termomagnéticas que se botan, etc.; y sabiendo del Programa Universitario de Energía (P.U.E.), solicitó a éste su intervención con el fin de dar solución a esta problemática.

En la reunión que se tuvo con el Dr. Rafael Pérez Pascual, se habló sobre los alcances de un diagnóstico energético y la importancia de informar a todos los responsables de las diferentes áreas de la facultad sobre la realización del estudio, con el fin de poder llevarlo a cabo en una forma más expedita, también se solicitó la información que se tuviera.

La fecha de inicio del diagnóstico fue el 15 de noviembre de 1995 y se finalizó el 25 de julio de 1996, en este periodo se realizó el estudio de las siguientes áreas:

**Biología (edificios A y B).**

**Matemáticas y Física.**

**Auditorio y Zona Administrativa.**

**Talleres, Invernadero, Hepertario, Acuario y Comedor.**

**Estacionamientos y Áreas verdes.**

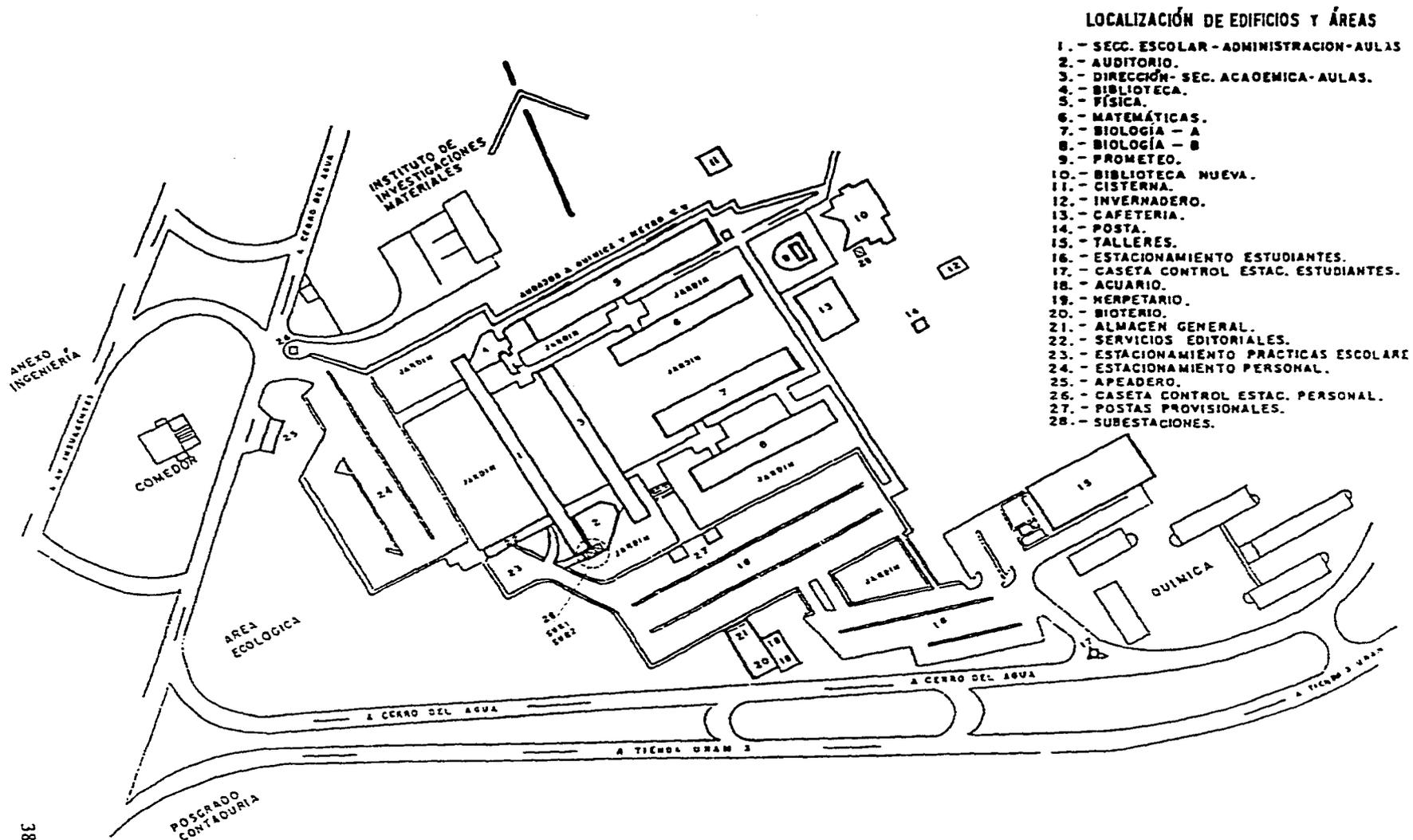


Figura 2.5 Croquis de la Facultad de Ciencias.

La información preliminar obtenida, se recabó tanto de la Facultad de Ciencias a través del jefe de mantenimiento, como de la Dirección General de Obras de la UNAM (DGO).

Los planos proporcionados por la facultad datan de 1975 y sólo son arquitectónicos --no están actualizados --, por lo que prácticamente los utilizamos para darnos una idea general de las áreas en los edificios. La DGO proporcionó información de recibos de facturación de consumo de energía de C.U., de los meses de noviembre a mayo (1995-96).

## **2.5. Descripción general y reconocimiento de las instalaciones de la Facultad de Ciencias**

En este apartado se expone una plantilla (figura 2.5) conteniendo la ubicación de las diferentes áreas de la facultad, además, se explica el recorrido que efectuamos en sus instalaciones.

El recorrido que efectuamos a través de cada uno de los recintos que componen la facultad, se inicia a las 10:00 a.m., e implica lo siguiente: el jefe de mantenimiento de la dependencia nos presentó con el coordinador de cada departamento, a ellos les explicamos brevemente las pretensiones del estudio y la necesidad que tenemos de contar con su colaboración, principalmente en lo que se refiere al acceso de las áreas que están bajo su responsabilidad. Una vez obtenido el permiso, inspeccionamos cada lugar, observando los tipos de elementos eléctricos y arquitectónicos existentes. Al término del recorrido contamos con un panorama general de los elementos que tendremos que censar posteriormente, también analizamos las diferentes problemáticas particulares que presenta cada recinto; algunos de los resultados son:

Luminarias con luz fluorescente de 2 por 39 Watts

Luminarias con luz fluorescente de 1 por 39 Watts

Luminarias con luz fluorescente de 2 por 75 Watts

Luminarias con luz fluorescente de 1 por 75 Watts

Luminarias con luz fluorescente de 4 por 20 Watts

Luminarias con luz fluorescente de 2 por 20 Watts

Luminarias con luz fluorescente de 1 por 20 Watts  
Lámparas ahorradoras con rosca de 13 Watts  
Lámparas de halógeno  
Lámparas de vapor de mercurio a alta presión  
Lámparas de vapor de sodio a alta y baja presión  
Spots de diferente *wattaje*  
Focos incandescentes de diferente *wattaje*  
Tableros de distribución  
Contactos monofásicos, bifásicos y trifásicos  
Subestaciones

Detectamos que por lo general las luminarias con luz fluorescente se encuentran colocadas inadecuadamente en la mayoría de los recintos, debido a que éstas fueron instaladas para iluminar específicamente aulas de clase (función desempeñada anteriormente), algunos tableros se encuentran bloqueados por estanterías, existen recintos saturados de contactos, los horarios de labores son continuos, en la pequeña área de torreta se encuentran en forma conjunta y peligrosa (debido a su cercanía) los tableros y un transformador de 440-220/127 V, 150 kVA en los cuatro niveles.

## **2.6. Equipo empleado para el diagnóstico**

De acuerdo a las diferentes problemáticas que se presentaron en cada una de las áreas de la Facultad de Ciencias, se acordó empezar el estudio energético conectando en primer lugar el analizador de redes en cada una de las subestaciones, para pasar en seguida a preparar el material necesario para efectuar los censos en el plantel; y una vez recopilada totalmente la información que nos interesa, elaboraremos los planos.

De acuerdo a las observaciones realizadas durante el recorrido, el equipo utilizado en cada una de las áreas fue el siguiente:

- En las subestaciones se utilizó el analizador de redes, guantes para alta tensión, casco y calzado apropiado.

- En las oficinas, aulas, talleres, servicios y laboratorios; se utilizó el multímetro, guantes de electricista, destornilladores, probadores de voltaje, el seguidor de corriente y el luxómetro.

Se elaboraron plantillas arquitectónicas para dibujar los símbolos de las cargas eléctricas, dado que los planos proporcionados estaban dañados.

## 2.7. Monitoreo de las subestaciones

La Facultad de Ciencias cuenta con tres subestaciones internas a ella para su alimentación, éstas son alimentadas por la subestación general No. II de Ciudad Universitaria. De las tres subestaciones, sólo se integraron a este estudio las subestaciones denominadas como No. 1 y No. 2, por las razones ya mencionadas con anterioridad. La ubicación geográfica de las subestaciones se encuentra en la parte sur de la Facultad de Ciencias a espaldas del Auditorio y el Edificio 1 (que es la sección escolar-administración-aulas) como se muestra en el croquis de la facultad antes mencionado (ver figura 2.5). Las subestaciones se encuentran juntas y de cada una de ellas se tomaron los datos de placa que a continuación se describen:

### Subestación No. 1

Transformador trifásico, 60 Hz, con una capacidad de 750 kVA con una conexión delta-estrella y manejo de valores en alta tensión como son:

Posición	Voltaje [V]	Corriente [A]
1	6300	68.7
2	6150	70.4
3	6000	72.2
4	5950	74
5	5700	76

Así como para baja tensión  $V= 440/254$  [V] y  $I= 984$  [A]

Subestación No. 2

Con una capacidad de 750 kVA, con voltaje de 6000-440 Y /254 [V], 3 fases ,60 Hz, 95 kV en alta tensión y 45 kV en baja tensión.

Cada subestación es de diferente fabricación pero ambas cuentan con la misma capacidad de 750 kVA.

El monitoreo de la subestación No. 1 y de la subestación No.2 se realizó del 26 de febrero al 4 de marzo de 1996.

El monitoreo de las subestaciones se llevo a cabo con un analizador de redes trifásico marca AMC 3950.

El analizador de redes mide los valores instantáneos, como son: voltaje, corriente, potencia real, potencia aparente, potencia reactiva, factor de potencia (adelantado o atrasado), frecuencia, demanda total y potencia disponible. El equipo cuenta además con tres amperímetros de gancho, los cuales conectamos en las barras del secundario del transformador de cada subestación en secuencia positiva; el analizador estará censando los valores instantáneos antes mencionados (para más información sobre el analizador ver apéndice C).

En cada una de las subestaciones se conectó un analizador por un periodo de una semana (del 26 de febrero al 4 de marzo de 1996); trabajando en días normales con toda su carga en operación por un periodo de 24 hrs. y almacenando cada hora los valores instantáneos antes mencionados.

La finalidad de conectar el analizador es obtener información precisa sobre el comportamiento que presenta cada una de las subestaciones. Se realizaron muestreos durante diferentes semanas, y tomando como referencia la semana más representativa, se procederá a analizar el comportamiento de la subestación No.1 en ésta semana.

## **Descripción de gráficas**

Como mencionamos anteriormente, se realizaron los monitoreos de las subestaciones No.1 y No. 2 de la Facultad de Ciencias. Con los parámetros obtenidos por el analizador de redes se construyeron las gráficas representativas del comportamiento de la energía eléctrica.

Las gráficas nos muestran Demandas, Consumos, variaciones de Voltaje y de Corriente, Potencia disponible, Factor de Potencia, y Frecuencia (las gráficas 2.1 a 2.15 corresponden a la subestación 1 (SUB-1) y las gráficas 2.16 a 2.30 corresponden a la subestación 2 (SUB-2)); antes de proceder a la explicación particular de ellas, podemos decir en forma general que a partir de las 5:00 hrs todos los factores medidos se incrementan hasta llegar a su valor máximo entre las 11:00 y 12:30 hrs. Es importante hacer notar que las mediciones se realizaron durante una semana, siendo el día más crítico el viernes para la subestación No.1 y el jueves para la subestación No.2.

En los periodos de descanso, como es la hora de la comida y cambio de turno, debería presentarse una disminución considerable en la demanda y consumo de carga, lo cual nunca ocurre, debido a que todo el equipo y luminarias permanecen encendidos.

A continuación se presenta la explicación de cada una de las gráficas de la subestación No 1:

Las gráficas 2.1 y 2.2 nos muestran una semana completa de estudio y de la gráfica 2.3 en adelante se toma el día viernes como día crítico de análisis.

Gráfica 2.1.- Se puede observar que en el día viernes existe una mayor demanda de carga. De martes a jueves prácticamente se mantiene constante, en un valor de 230 kW, bajando notablemente el sábado, mientras que en domingo apenas si existe demanda.

Gráfica 2.2.- Claramente se ve que a partir de las 5:30 hrs. se incrementa la carga, alcanzando valores elevados entre 9:30 y 13:30 hrs., a partir de aquí la carga disminuye durante el periodo de la comida y permanece constante en un valor aproximado de 180 kW, lo que indica que hay mucho equipo conectado, como son: luminarias prendidas en los salones, corredores, baños, pasillos, así como en los cubículos de profesores e investigadores, zonas administrativas y docentes, equipo de cómputo encendido, etc. A las 22:30 hrs. se presenta un descenso de carga notable, debido a la conclusión de labores del día.

El comportamiento de sábado y domingo muestra que la demanda del sábado disminuye debido a las bajas actividades laborables del personal académico-docente, y el domingo, por ser un día no laborable, prácticamente permanece constante.

Gráfica 2.3.- Demanda por fases del día más crítico (viernes). La gráfica muestra el desbalance existente por fases en un día completo de labores. En la fase C existe una mayor carga de trabajo de las 8:30 hasta las 14:30 hrs. Entre las 5:30 y las 10:30 hrs., la fase A con respecto a la fase B presenta un mayor desbalance, y entre las 11:30 a las 17:30 hrs, la diferencia entre la fase A y C es mayor que A con B.

Gráfica 2.4.- Demanda total de las tres fases del día más crítico (viernes). Con esta gráfica podemos calcular el porcentaje que se aprovecha de la subestación, apoyándonos en el triángulo de potencias, y en el factor de potencia, vistos en el capítulo uno.

El factor de potencia está dada por la siguiente ecuación:

$$F.P. = \frac{\text{Potencia real o efectiva [kW]}}{\text{Potencia aparente [kVA]}}$$

Con un valor máximo de 238 kW a las 11:30 hrs. y el factor de potencia (gráfica 2.14) de 0.96 a la misma hora, se despeja la potencia aparente de la ecuación anterior obteniéndose un valor

de 242.91 kVA, que dividido entre la capacidad de la subestación y multiplicado por cien, nos da como resultado un aprovechamiento del 33.05% de la subestación.

**Gráfica 2.5.- Consumo por fases del día más crítico (viernes).** Se presentan los consumos por fase a lo largo del día; de las 8:30 a las 20:30 hrs. se presentan los valores máximos de consumos del día, siendo a las 12:30 hrs el consumo más alto. Se observa también el desbalance entre fases.

**Gráfica 2.6.- Consumo total del día más crítico (viernes).** Se confirma lo que ya se mencionó al explicar la gráfica anterior en cuanto a los consumos a lo largo del día, ya que en esta gráfica se presenta el total de la suma de las tres fases.

**Gráfica 2.7.- Consumos acumulados con respecto al día más crítico (viernes).** En esta gráfica se muestran los consumos acumulados al día viernes por fase, observándose que las fases B y C presentan un consumo aproximado de 3900 kW en los primeros 30 minutos de la madrugada del viernes, incrementándose hasta las 23:00 hrs.; la fase A muestra un menor consumo de energía con respecto a las fases B y C.

**Gráfica 2.8.- Consumos acumulados totales con respecto al día más crítico (viernes).** Se presenta la suma total de fases con respecto a los consumos acumulados.

**Gráfica 2.9.- Consumos acumulados totales del día más crítico (viernes) con referencia en cero.** Esta gráfica difiere de la anterior en el hecho de presentar sólo el consumo del viernes (razón por la cual la gráfica se comienza de cero) y el incremento que éste tiene a lo largo del día.

**Gráfica 2.10.- Variación de corriente del día más crítico (viernes).** Se puede observar desbalances del 12% entre el valor máximo y el valor mínimo, si consideramos que por norma el desbalance es del 5% (ver apéndice B) entre fases. En esta curva se observa que el mayor trabajo de actividades se presenta de las 9:00 a las 15:00 hrs., sobre todo en la fase C. La variación que hay entre fases nos vuelve a mostrar el desbalance existente.

Gráfica 2.11.- Variación de corriente total del día más crítico (viernes). En esta gráfica observamos la suma de las tres fases en cuanto a la variación de corriente.

Gráfica 2.12.- Variación de voltaje en el día más crítico (viernes). Podemos observar que esta variación se presenta entre 253 y 263 Volts, teniendo en cuenta una relación de voltaje de 220/127 Volts. Por norma (ver apéndice B), la variación que puede haber es del 10 %, esto ocasiona daños en los equipos de cómputo, así como en los instrumentos de medición y refrigeradores en los laboratorios de investigación de la Facultad de Ciencias. Es importante también hacer mención que estas variaciones de voltaje se presentan en el transcurso del día. Cabe aclarar en este caso, que como el monitoreo se realizó en las subestaciones y considerando que existen transformadores en cada uno de los edificios siendo estos los que distribuyen directamente el voltaje a los mismos. Probablemente los transformadores de cada edificio corrijan en algo esta variación; sin embargo, también debemos mencionar que los cables se calientan más de lo normal y esto hace suponer, que aún en los transformadores existe una variación por arriba de la norma.

Gráfica 2.13.- Potencia disponible del día más crítico (viernes). La gráfica muestra que la máxima capacidad de la subestación nunca es requerida, aún trabajando las instalaciones en un 100% de su capacidad. Como se presenta en la curva de la gráfica, tenemos la posibilidad de disponer de 530 kW en las horas de mayor trabajo del día, lo cual indica que podemos aumentar la carga sin afectar la subestación, teniendo en cuenta un buen balanceo de cargas para no tener variaciones de voltaje y de corriente, evitándose así el calentamiento de conductores y el deterioro del equipo conectado.

Gráfica 2.14.- Factor de Potencia en el día más crítico (viernes). Se puede observar que para cada fase, el factor de potencia se mantiene por arriba del 0.95 a partir de las 7:30 hrs. y permanece así hasta las 19:00 hrs. Es importante mantener un factor de potencia promedio superior a 0.9 durante todo el día ya que con esto estaríamos evitando pérdidas de energía y futuras sanciones de la Compañía de Luz y Fuerza (apéndice B). También, es posible observar

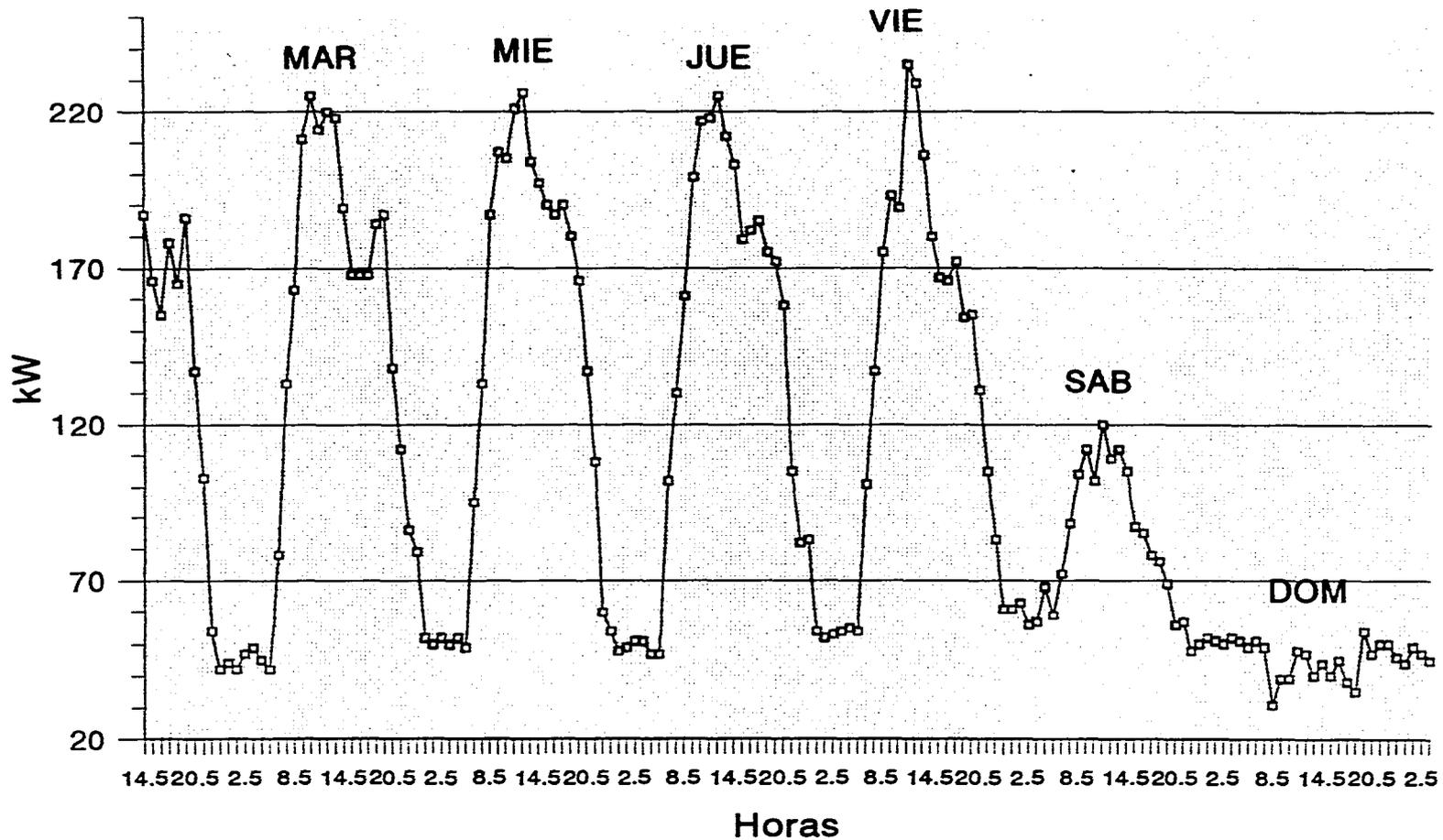
intervalos de tiempo donde el factor de potencia se encuentra abajo de 0.95, esto quiere decir que la reactancia del transformador de la subestación y los transformadores en cada edificio, así como equipo que contenga inductores entre sus componentes, están ocasionando pérdidas de energía, debido a que las cargas en su mayoría han sido desconectadas, quedando tan solo en actividad el alumbrado en el estacionamiento, la de los pasillos y algunos equipos (principalmente refrigeración).

Gráfica 2.15.- Frecuencia en el día más crítico (viernes). La variación que presenta esta gráfica de frecuencia es tan solo de una centésima con respecto a la frecuencia de trabajo, que es de 60 Hz., manteniéndose dentro de la norma (ver apéndice B), lo cual no presenta ningún problema en la subestación.

La descripción para las gráficas de la subestación No 2 es prácticamente similar a la presentada para la subestación No 1. Las diferencias que presenta la subestación dos, es que el mayor consumo de energía se presenta el día jueves, y que el factor de potencia se mantiene en un valor casi constante de 0.99, a excepción del periodo comprendido entre la madrugada y las 6:30 hrs, en el que varía de 0.92 a 0.97 entre las fases. Debido a esta similitud en las gráficas de las dos subestaciones, se omitirá la explicación para cada una de las gráficas de la subestación No 2 (gráficas 2.16 a 2.30).

# Demanda Total

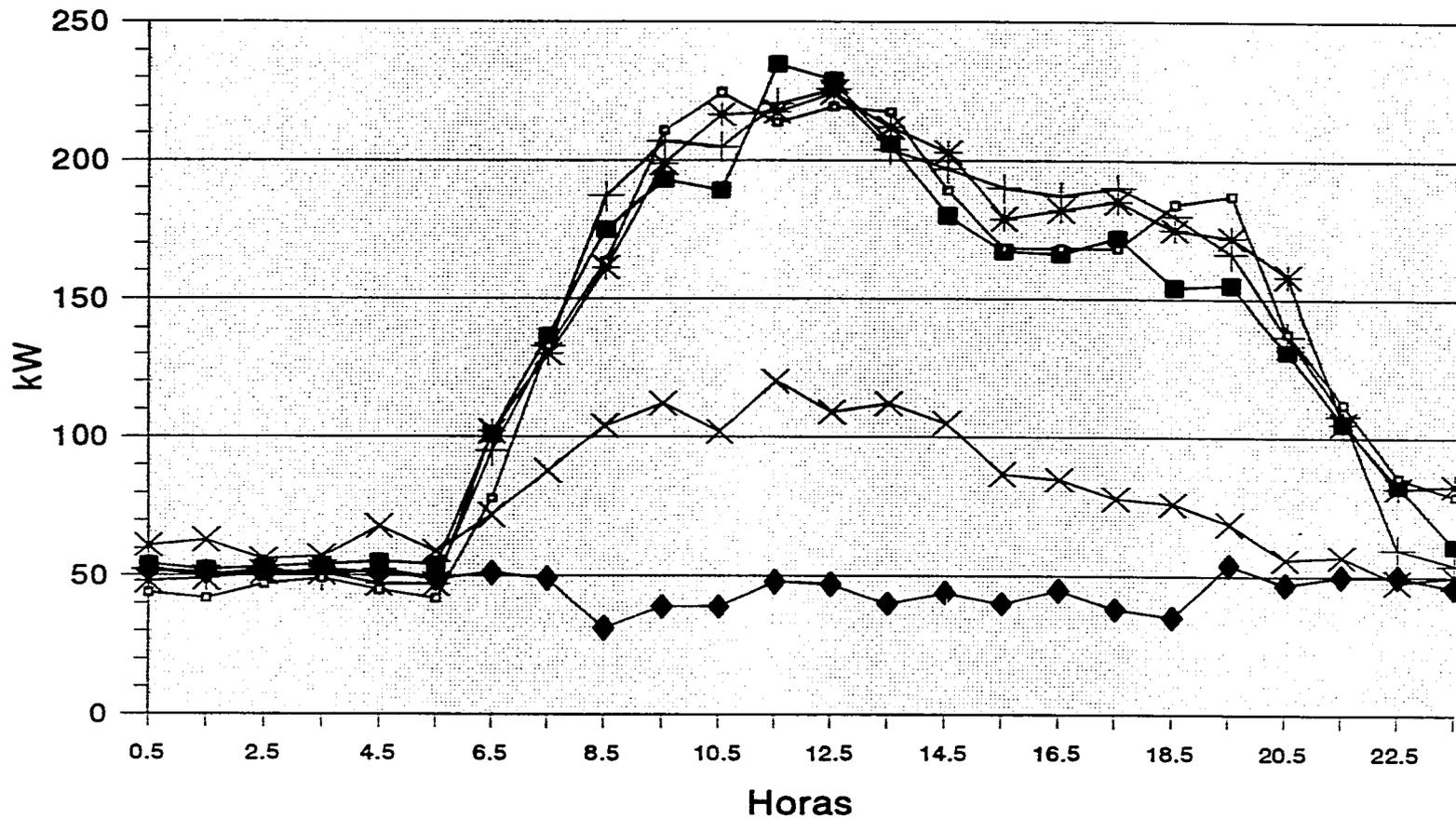
Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-4/02-03/96)



Gráfica 2.1

# Demanda Total

Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-05/02-03/96)

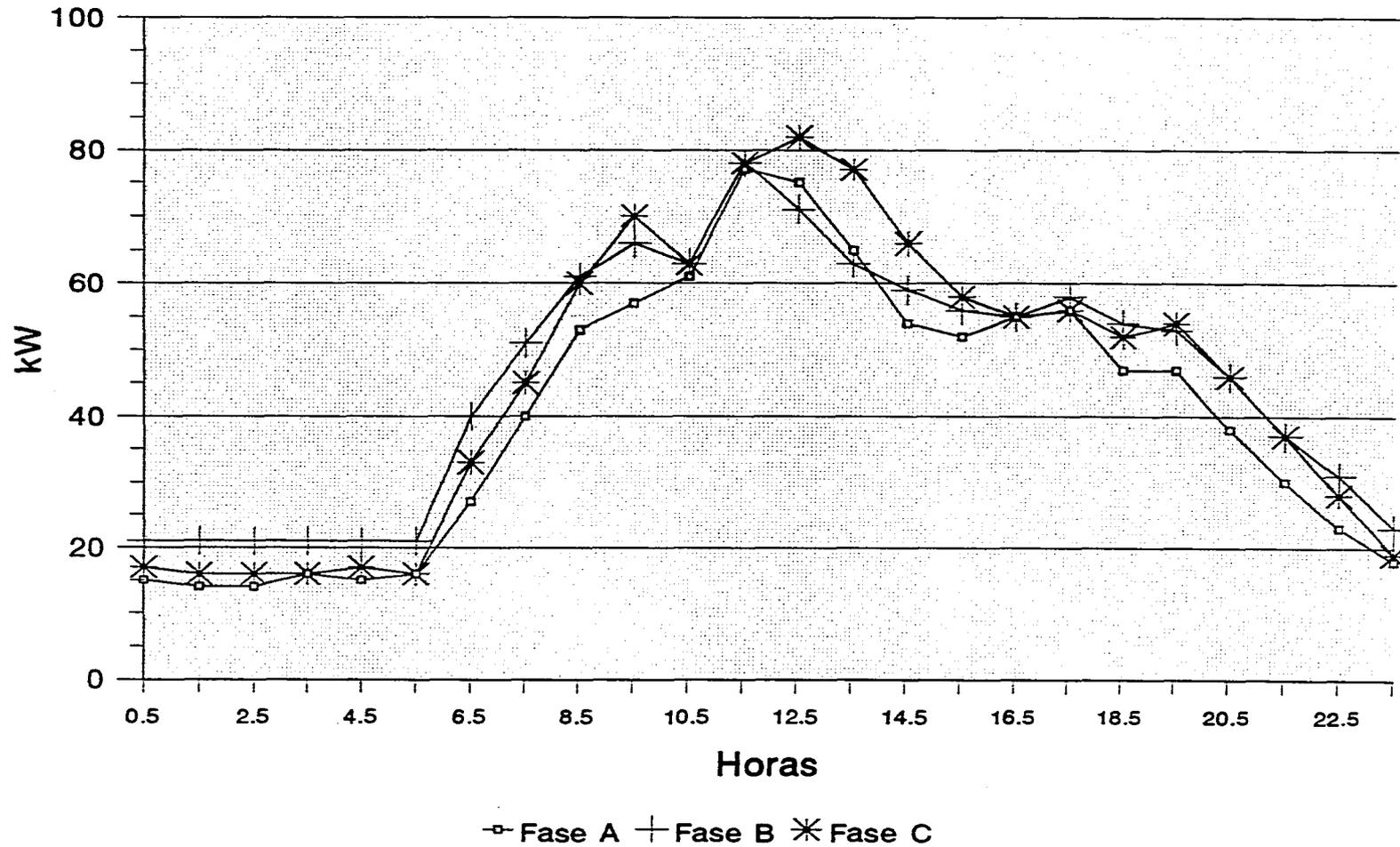


□ kWT(ma 27) + kWT(mie 28) \* kWT(jue 29) ■ kWT(vie 01) × kWT(sab 02) ◆ kWT(dom 03)

Gráfica 2.2

# Demanda

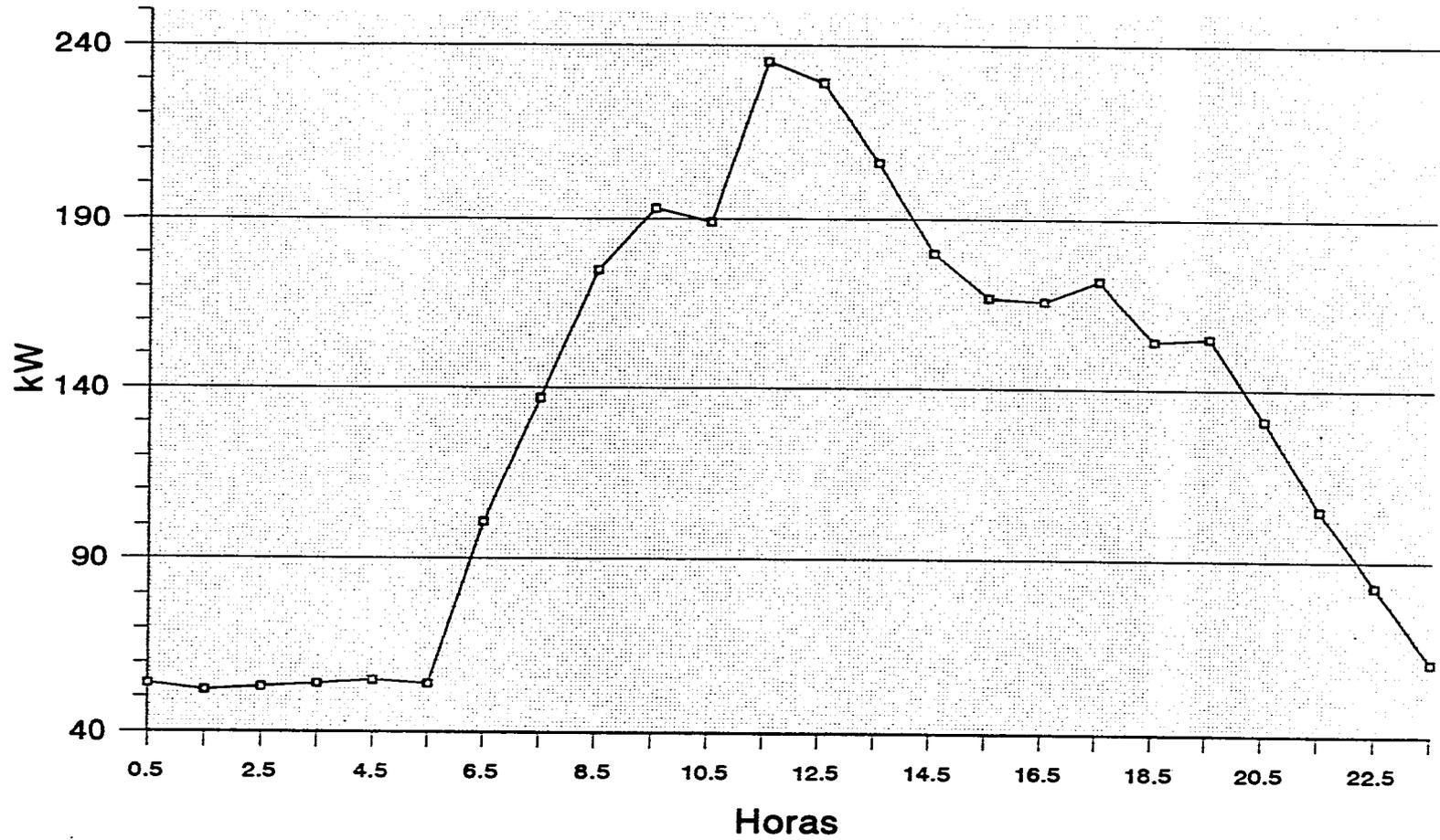
Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.3

# Demanda Total

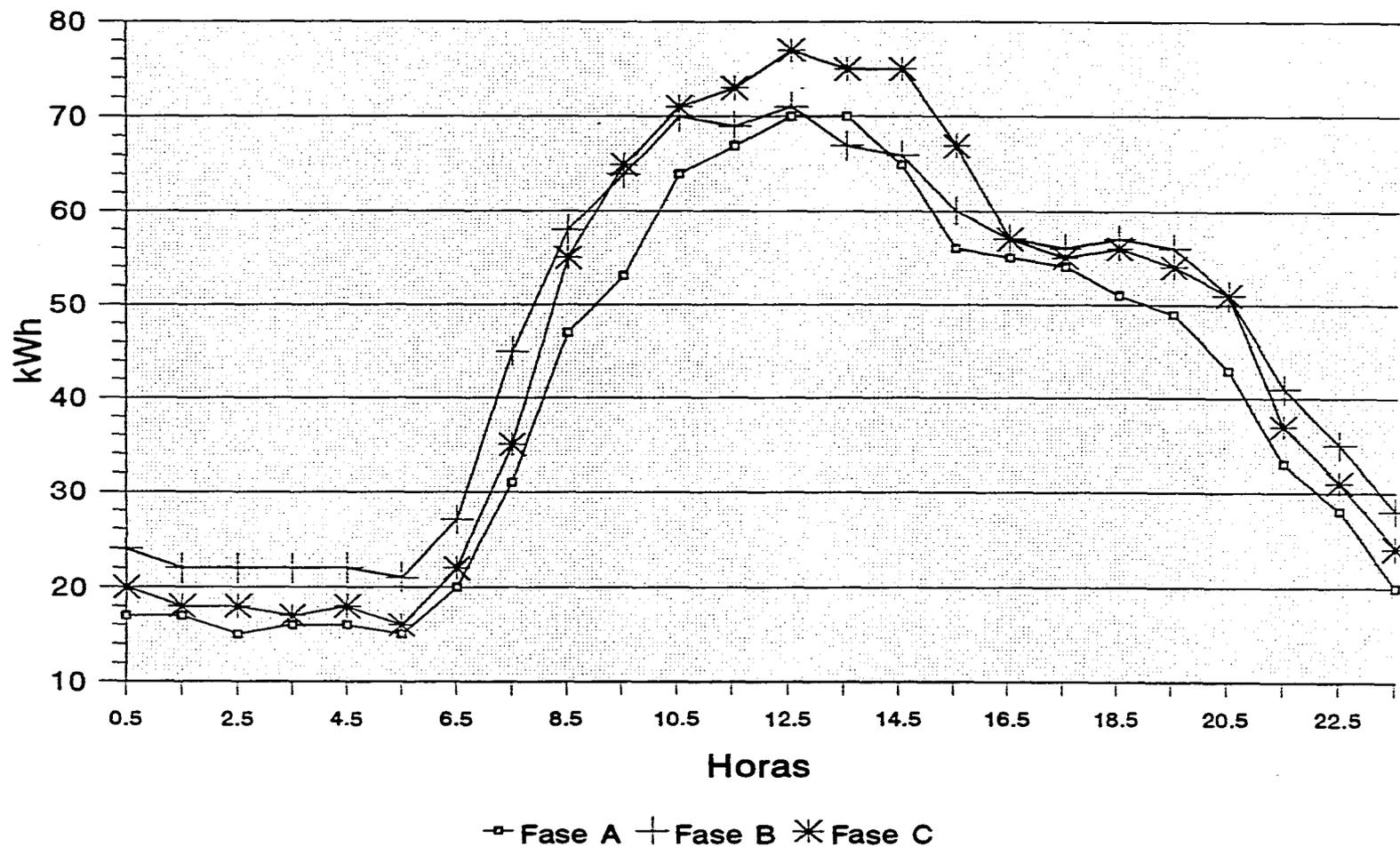
Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.4

# Consumos

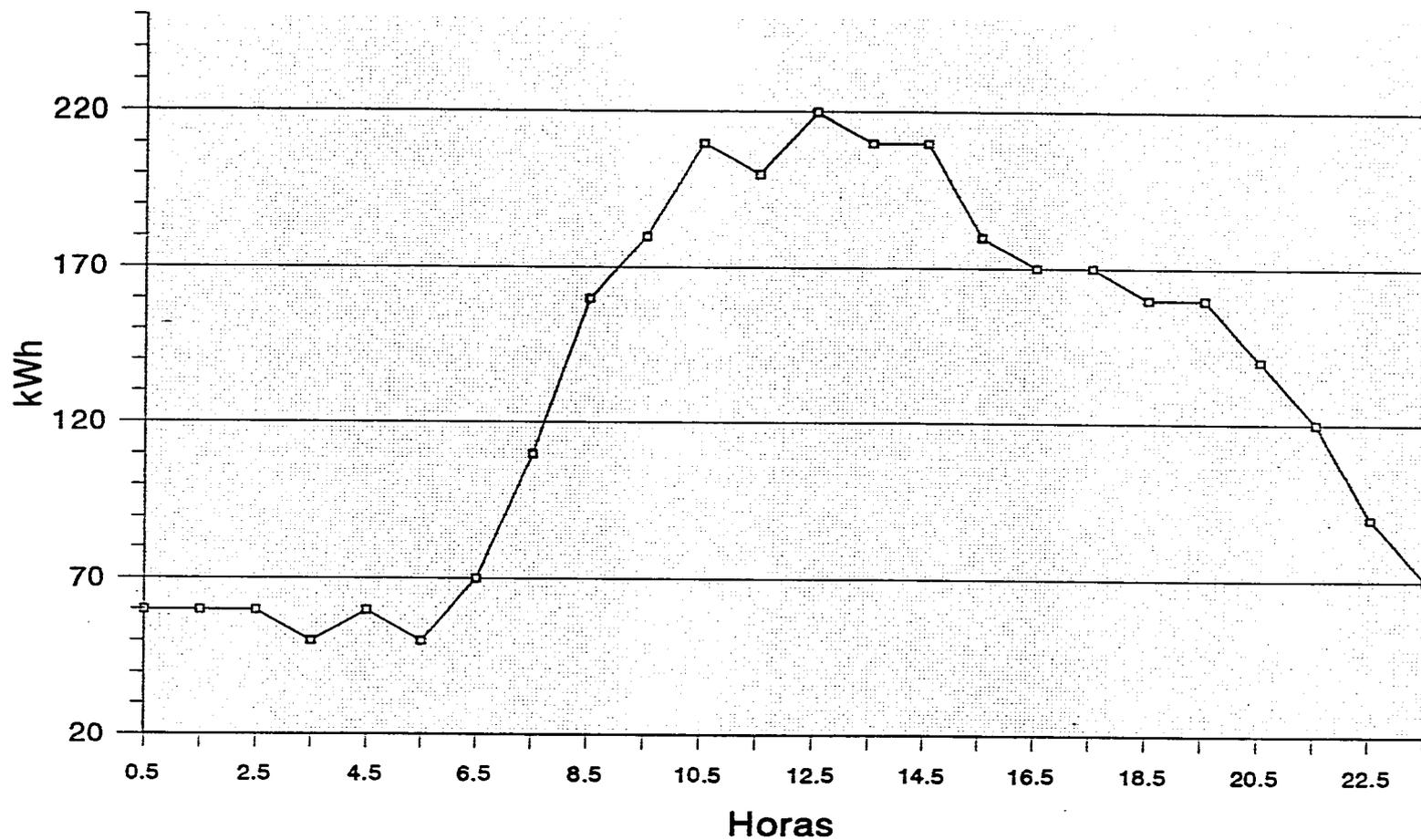
Facultad de Ciencias Sub.1 (20-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.5

# Consumos Totales

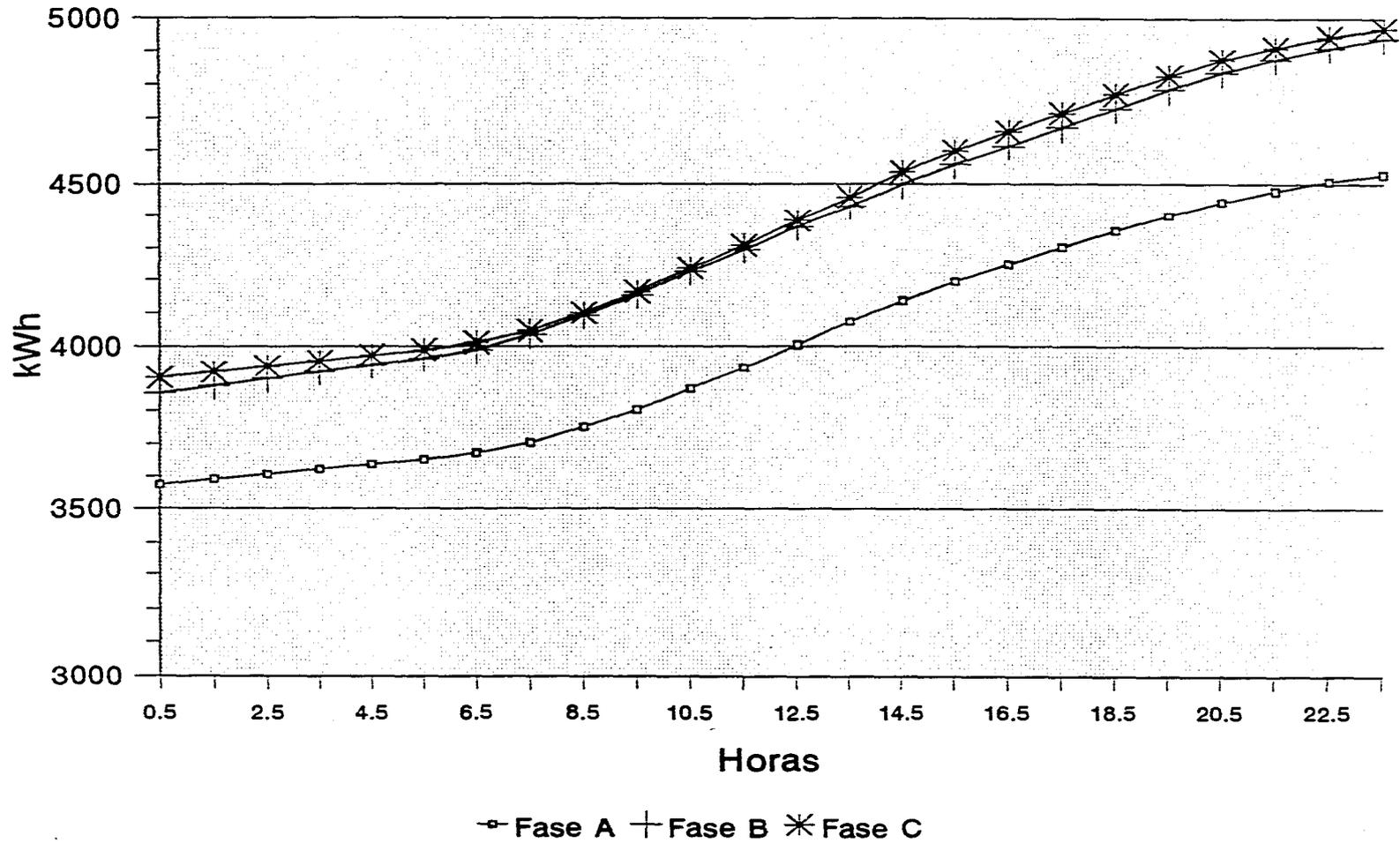
Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.6

# Consumos Acumulados

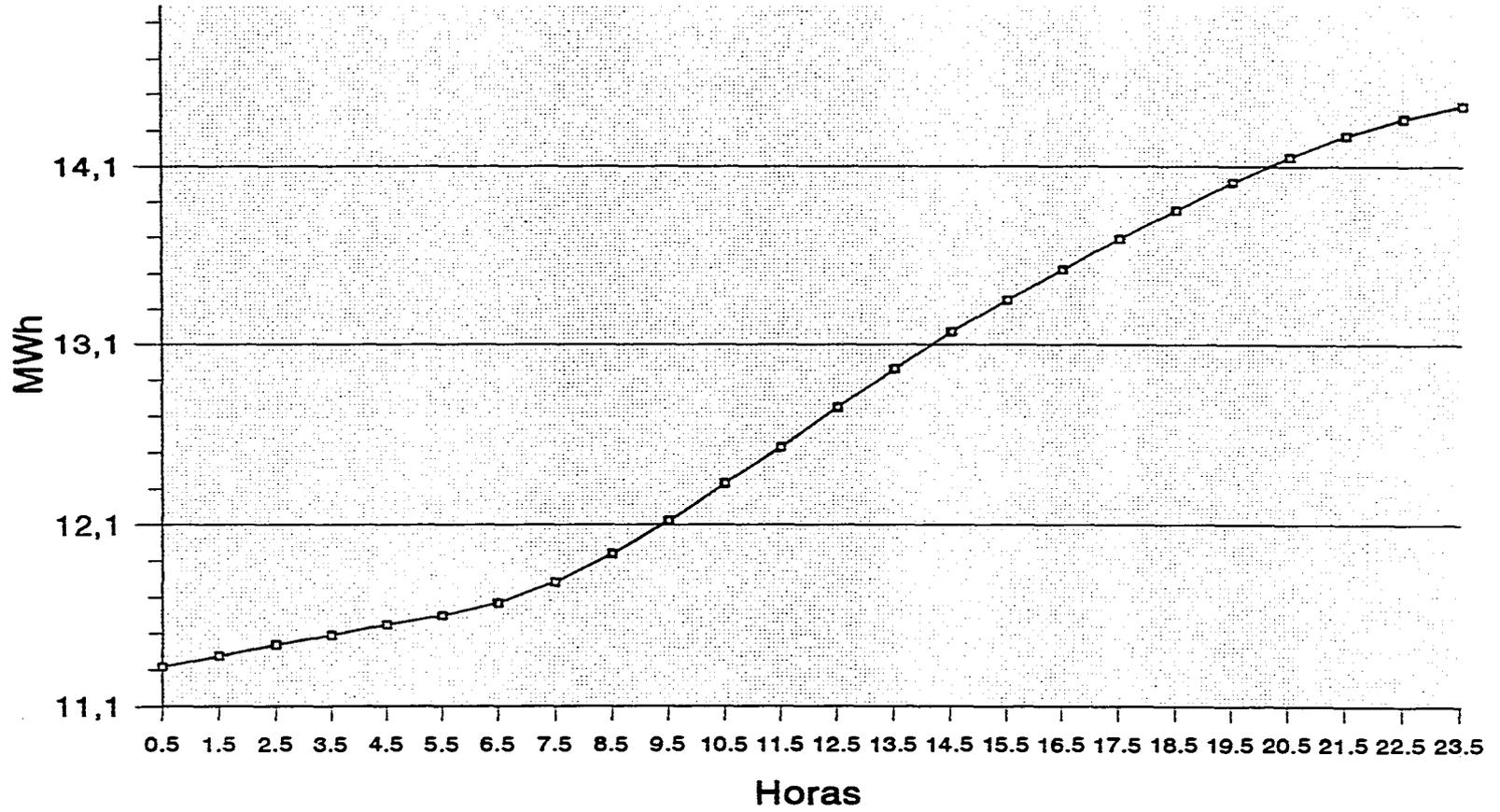
Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.7

# Consumos Acumulados Totales

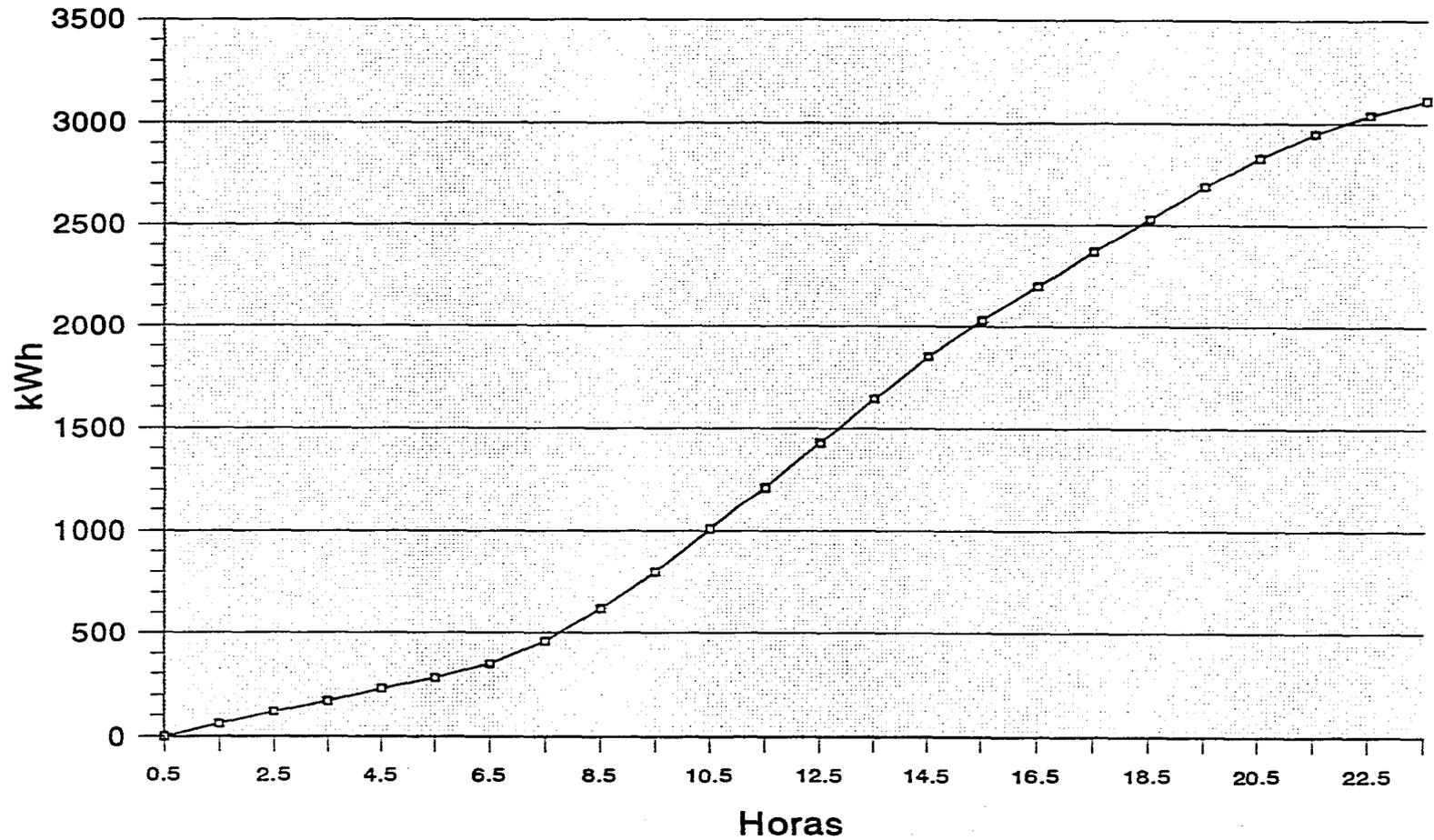
Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-04/02-03/96), Viernes 01  
Con Medidas de Ahorro



Gráfica 2.8

# Consumos Acumulados Totales

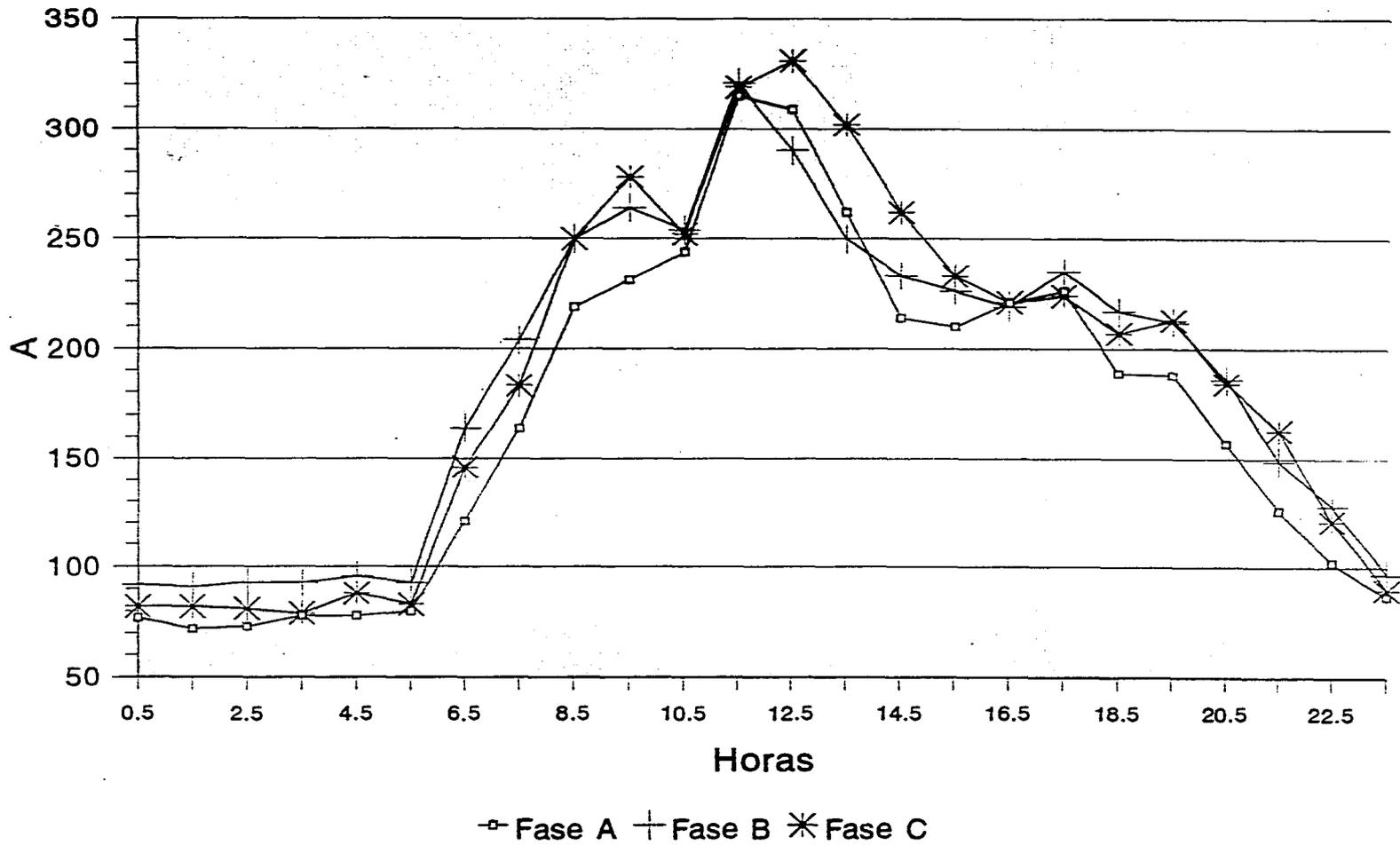
Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.9

# Variación de Corriente

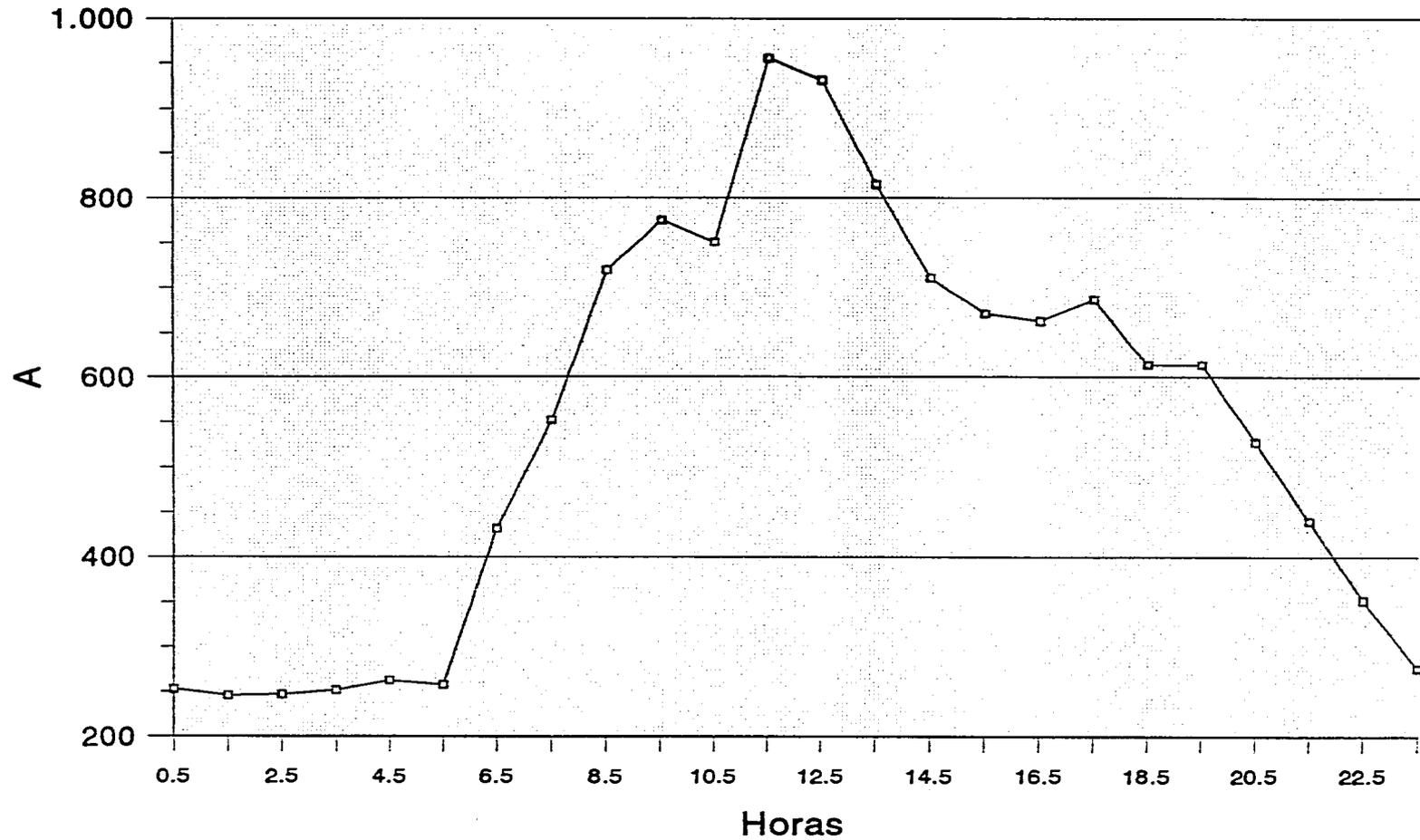
Facultad de Ciencias Sub.1 (26-04/20-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.10

# Variación de Corriente Total

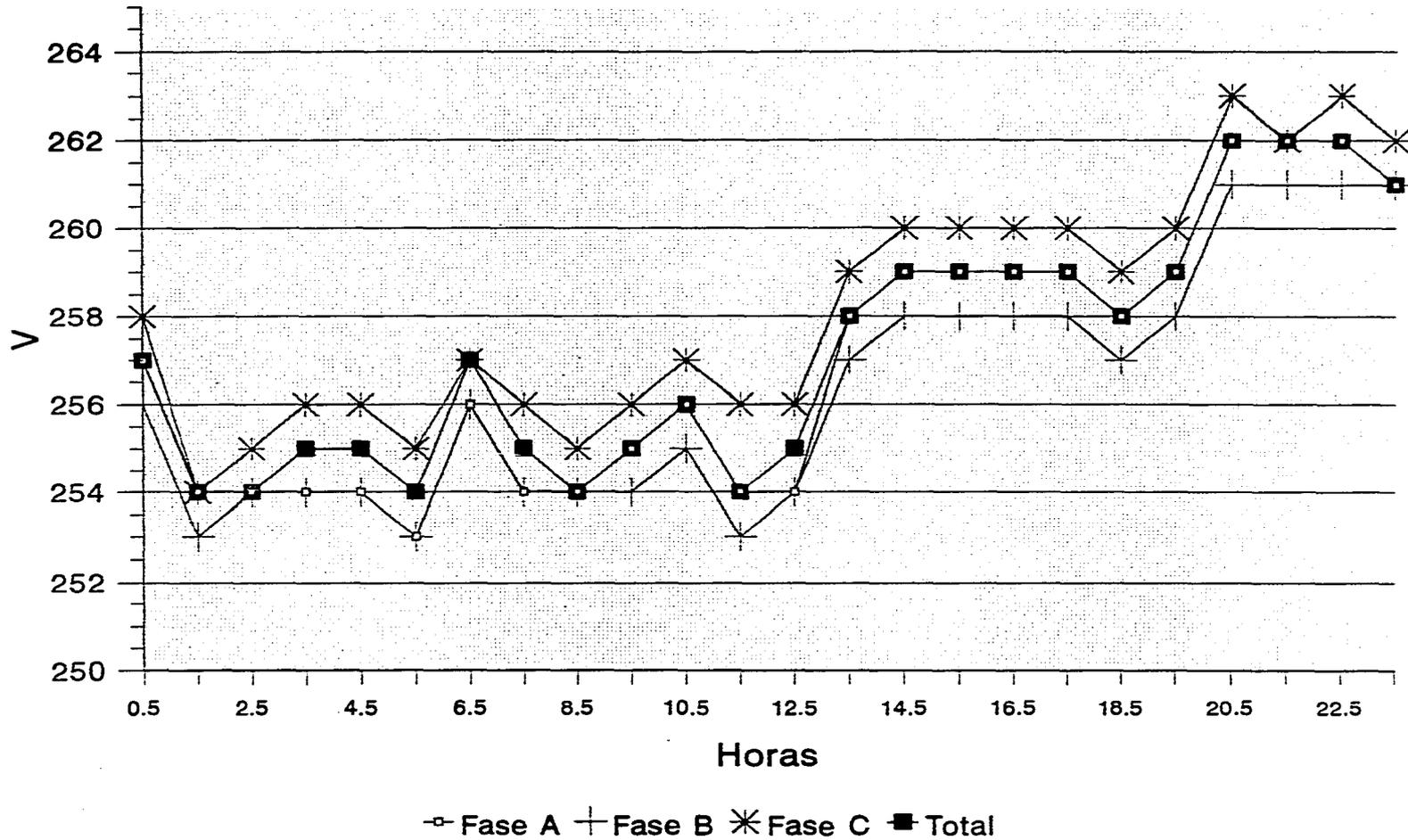
Facultad de Ciencias Sub.1 (26-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.11

# Variación de Voltaje

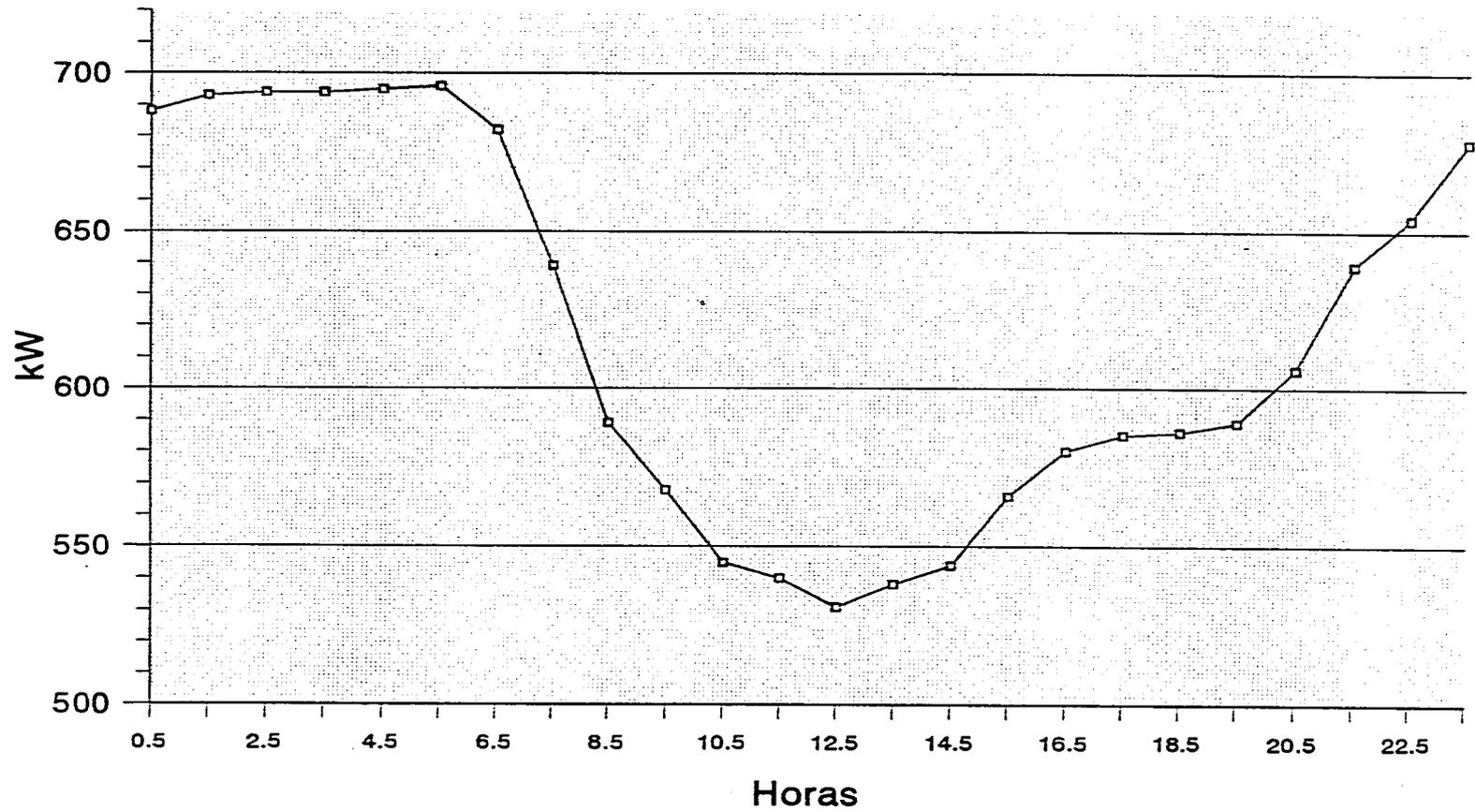
Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.12

# Potencia Disponible

Facultad de Ciencias (26-04/02-03/96), Viernes 01

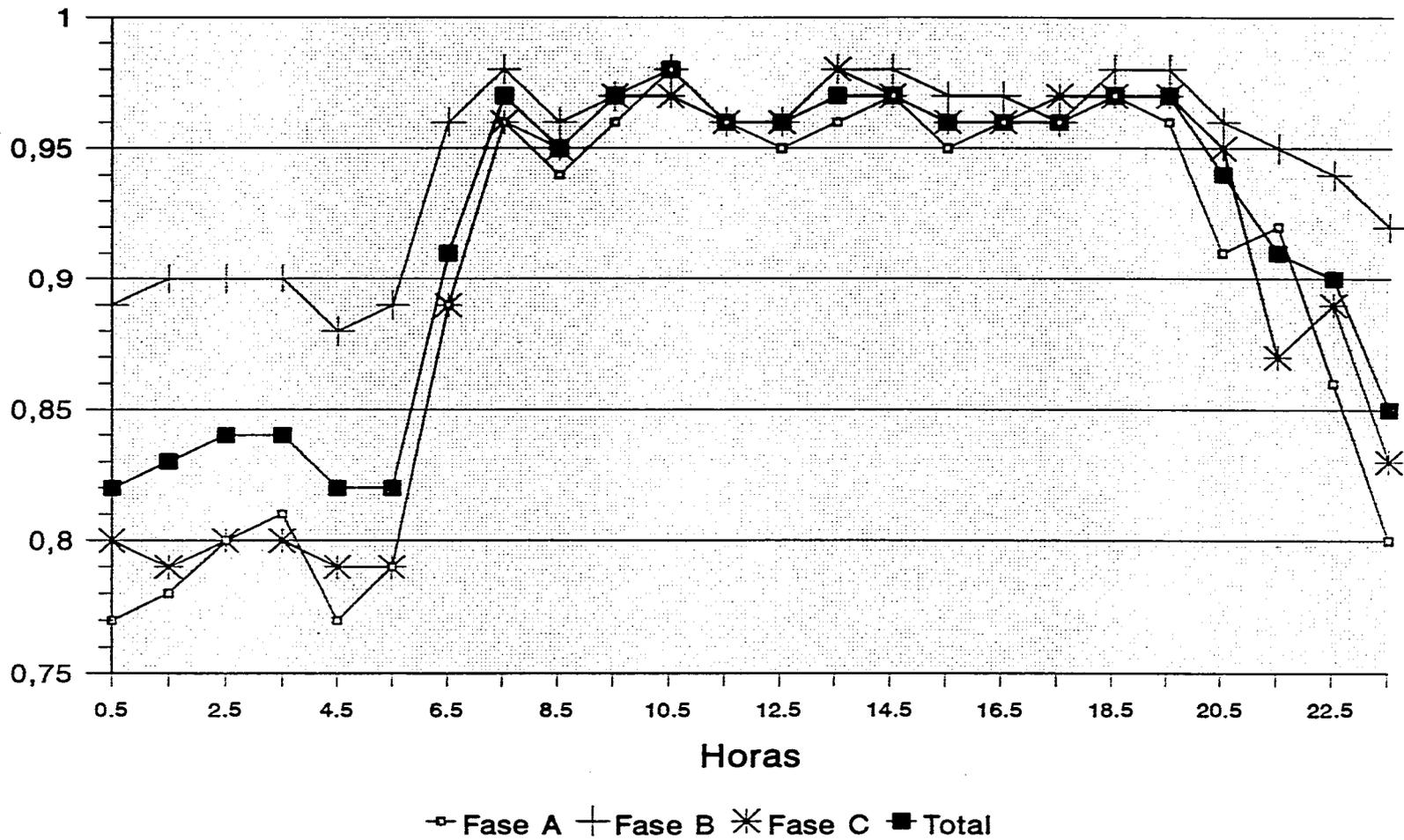


-□- ad

Gráfica 2.13

# Factor de Potencia

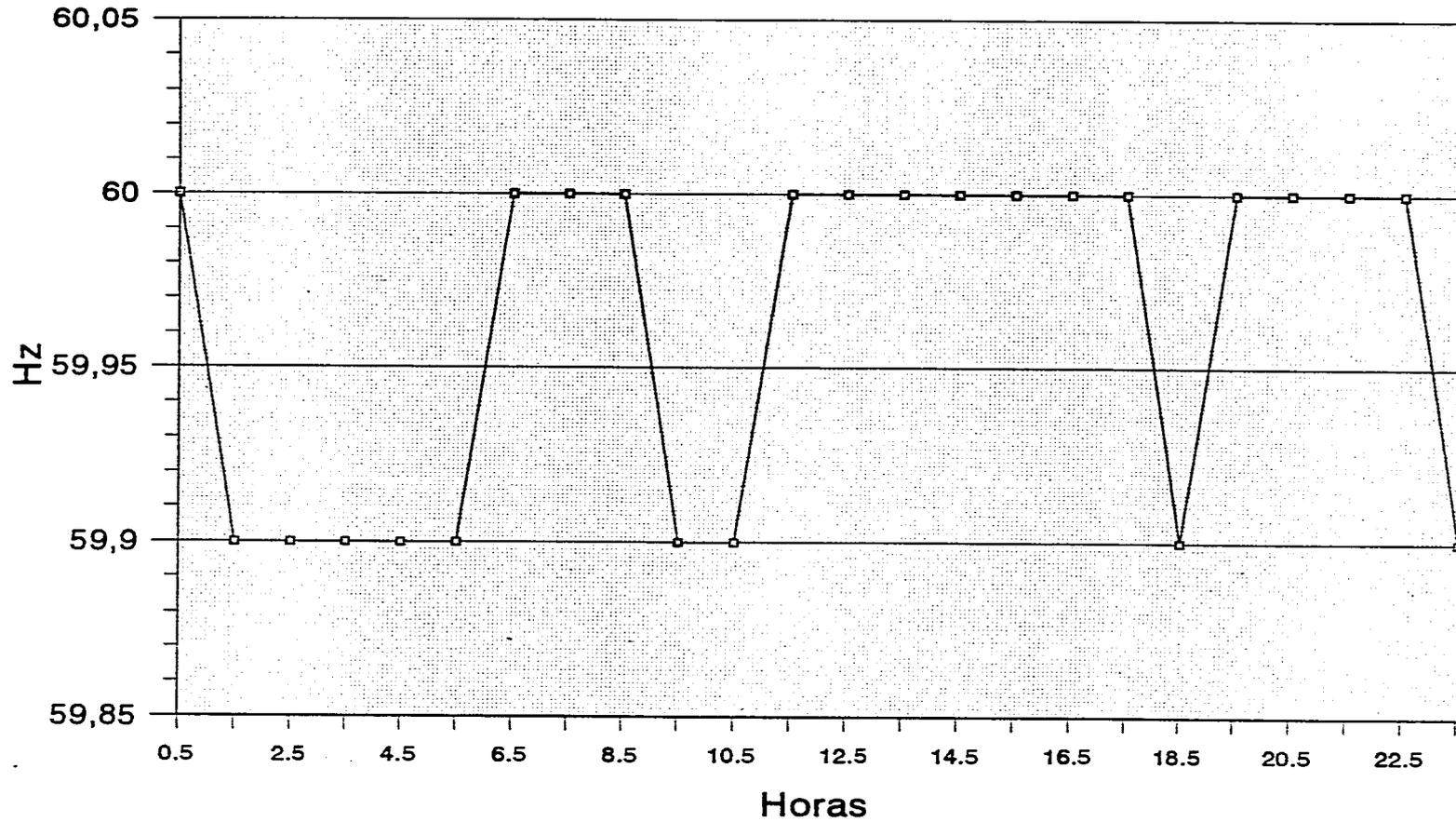
Facultad de Ciencias Sub.1 (26-04/02-03/96), Viernes 01



Gráfica 2.14

# Frecuencia

Facultad de Ciencias Sub. 1 (26-04/02-03/96), Viernes 01

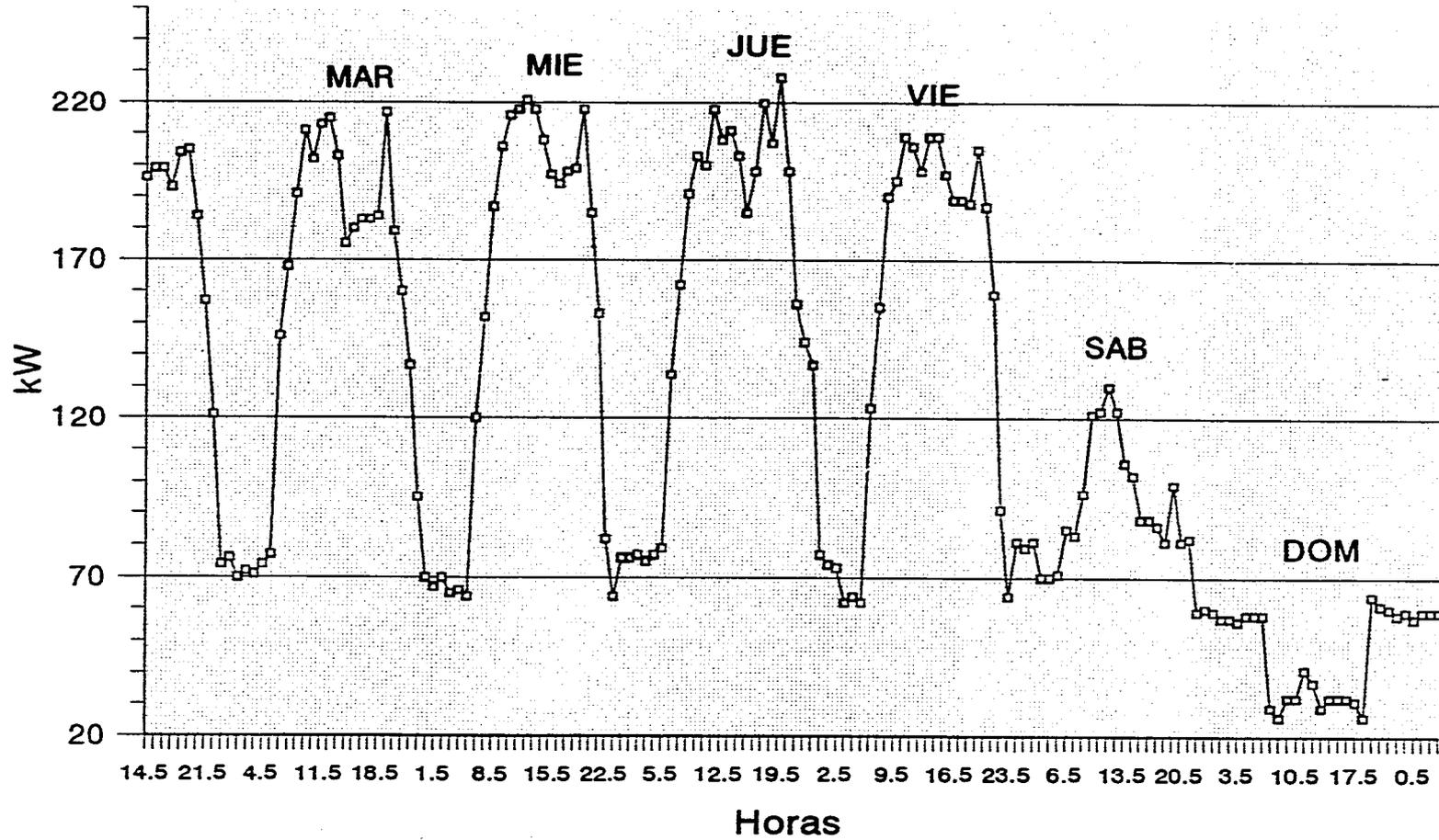


□ fq

Gráfica 2.15

# Demanda Total

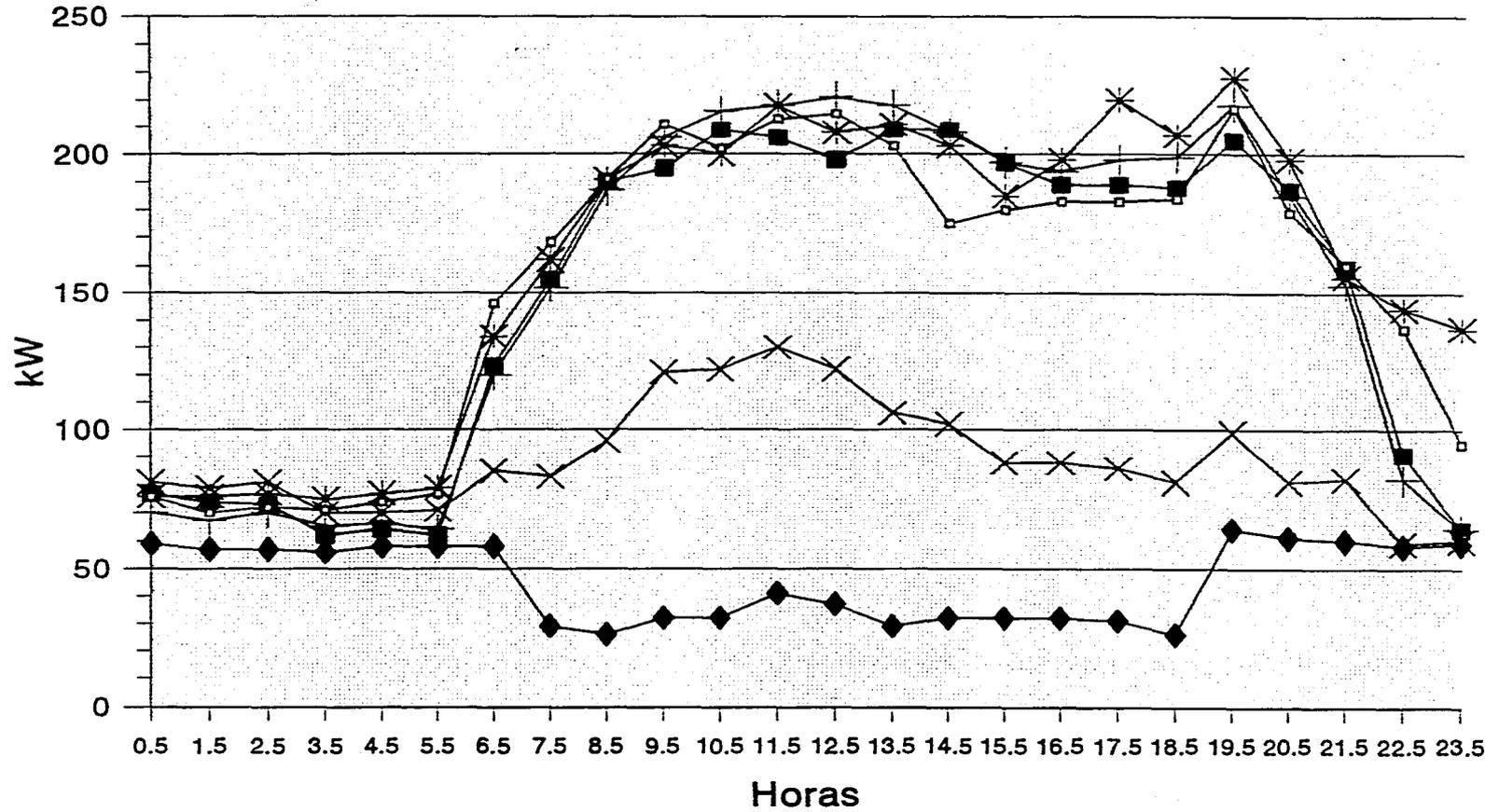
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96)



Gráfica 2.16

# Demanda Total

Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/2-3/96)

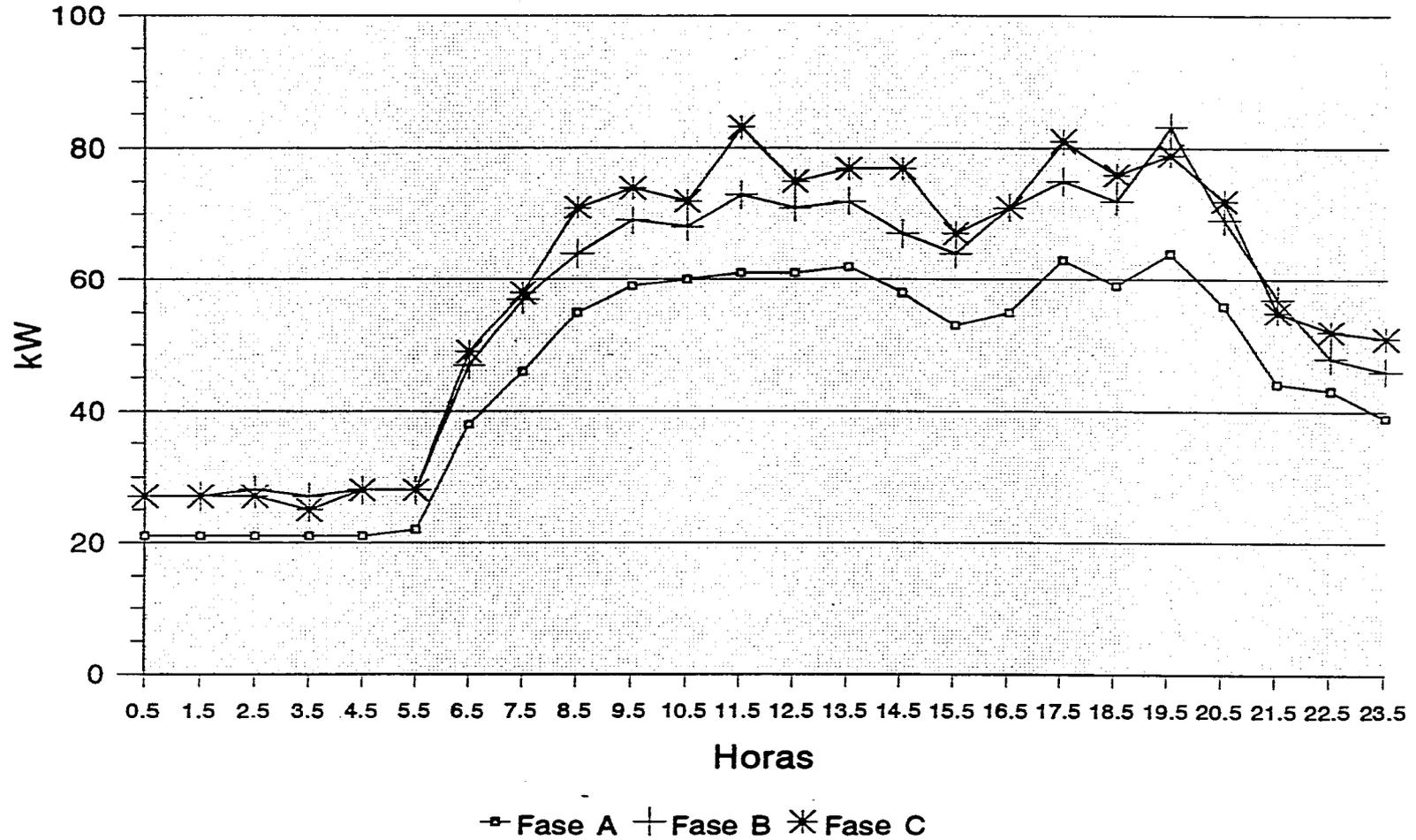


□ kWT(Mar 27) + kWT(Mie 28) \* kWT(Jue 29) ■ kWT(Vie 1) × kWT(Sab 2) ◆ kWT(dom 3)

Gráfica 2.17

# Demanda

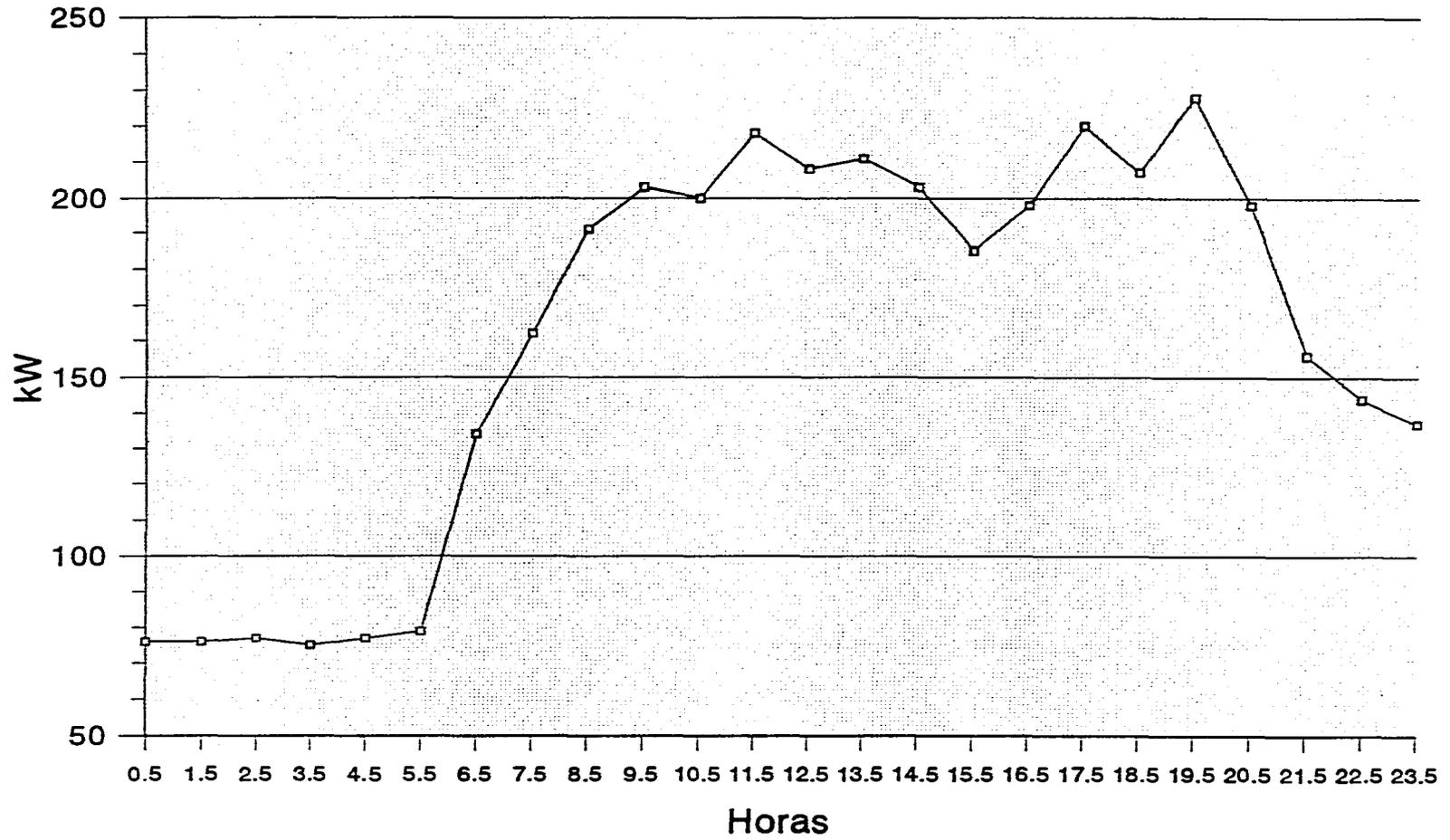
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2.18

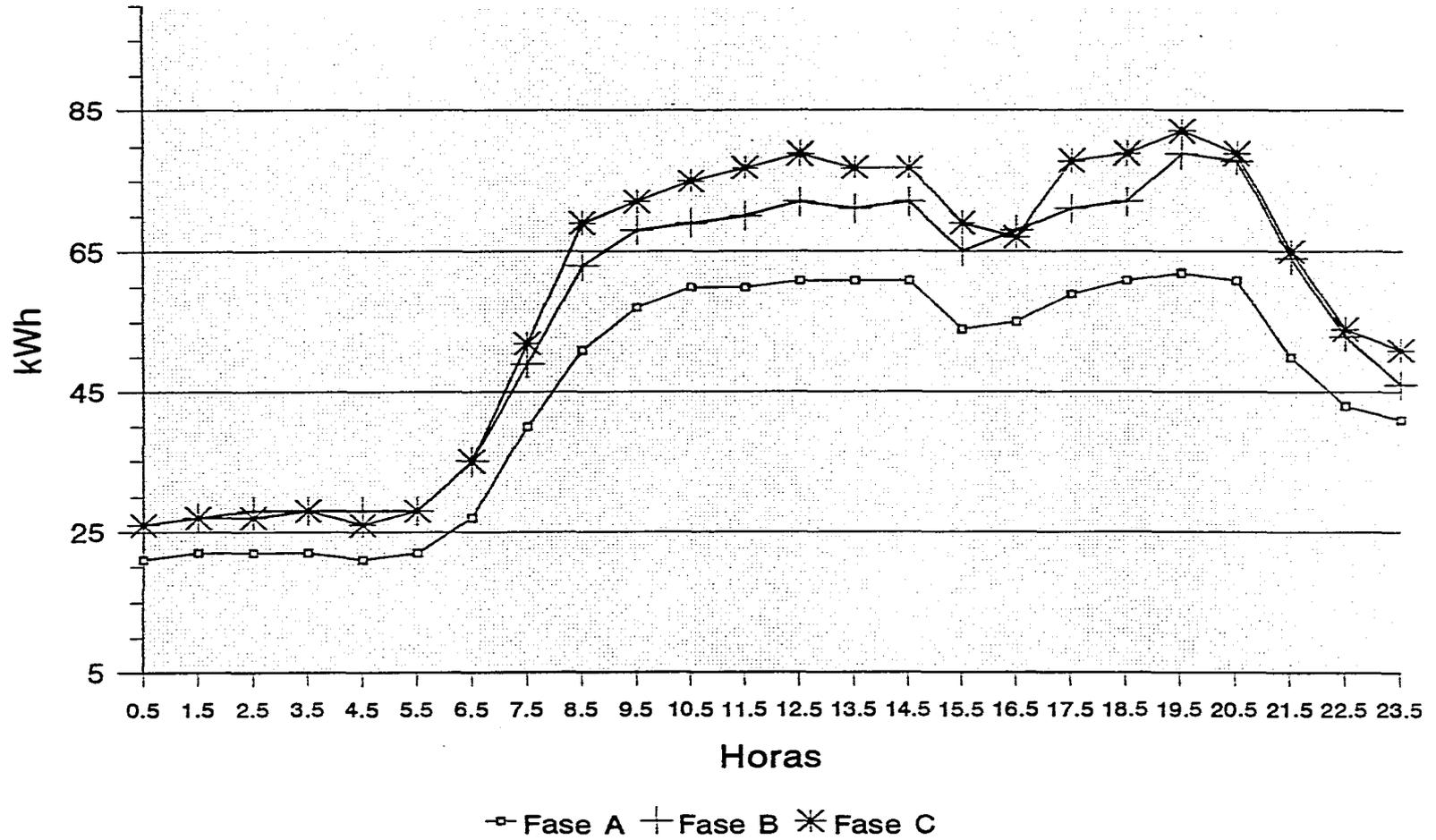
# Demanda Total

Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



# Consumos

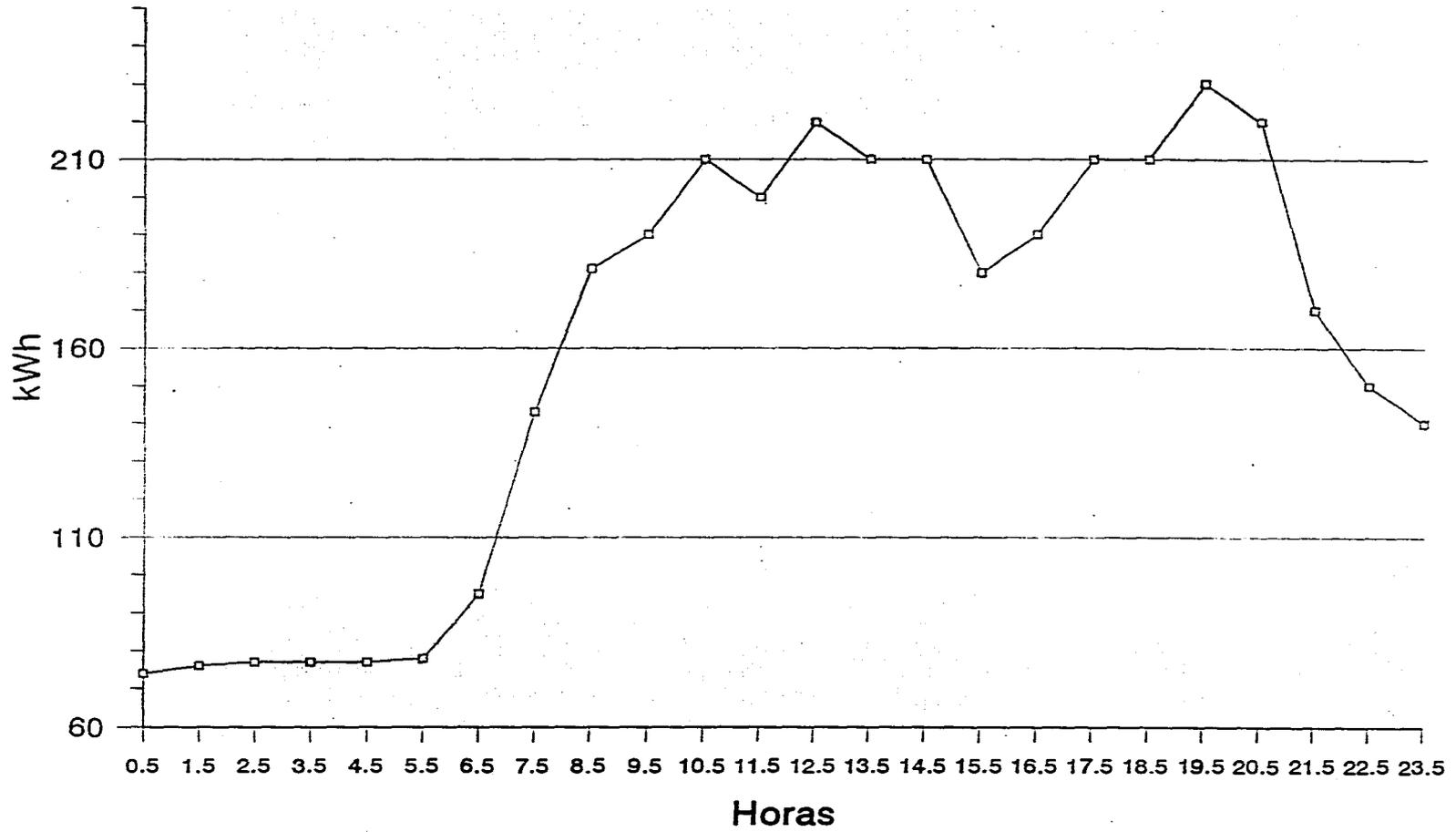
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2.20

# Consumos Totales

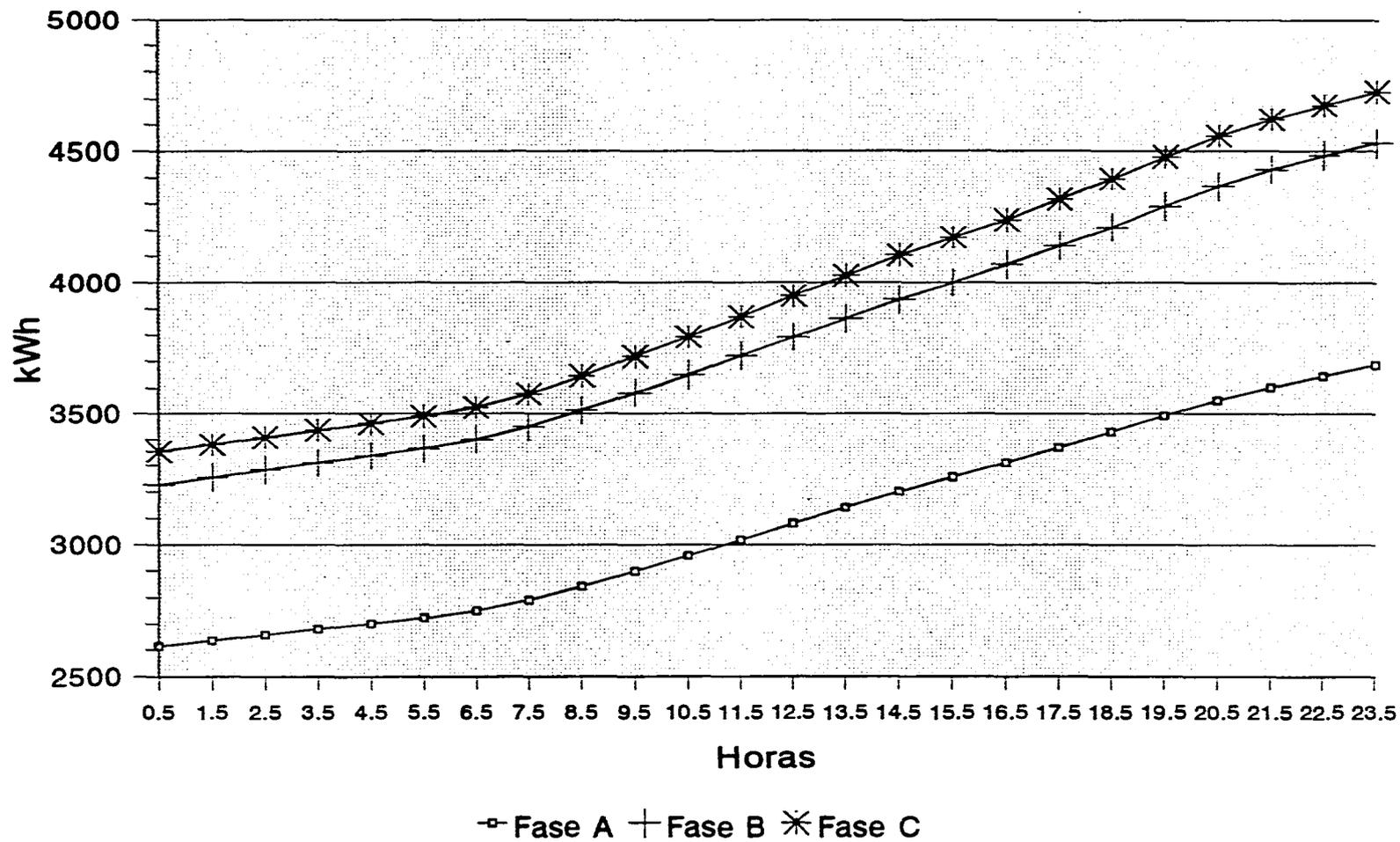
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2.21

# Consumos Acumulados

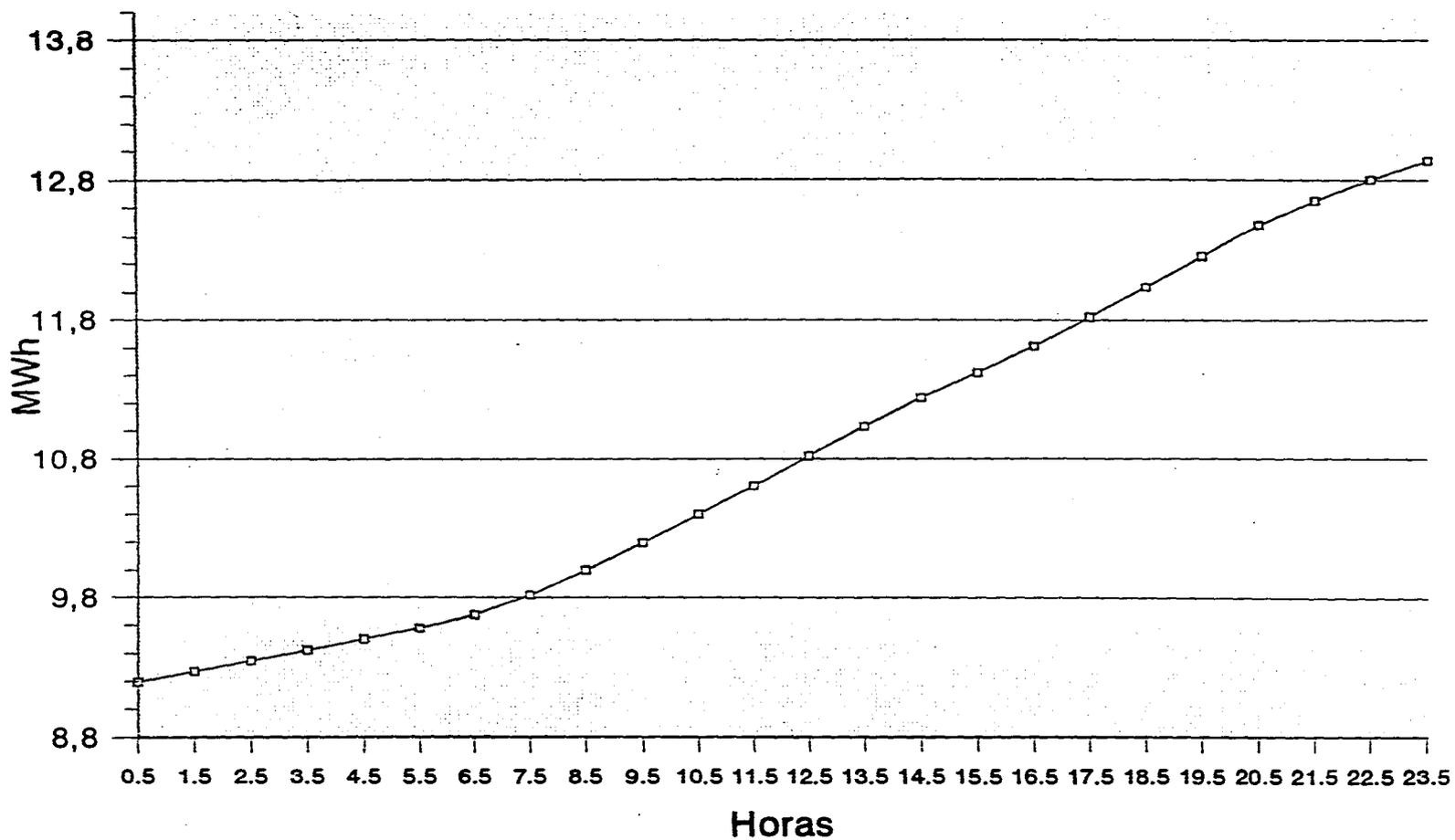
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-4/02-03/96), jueves 29



Gráfica 2.22

# Consumos Acumulados Totales

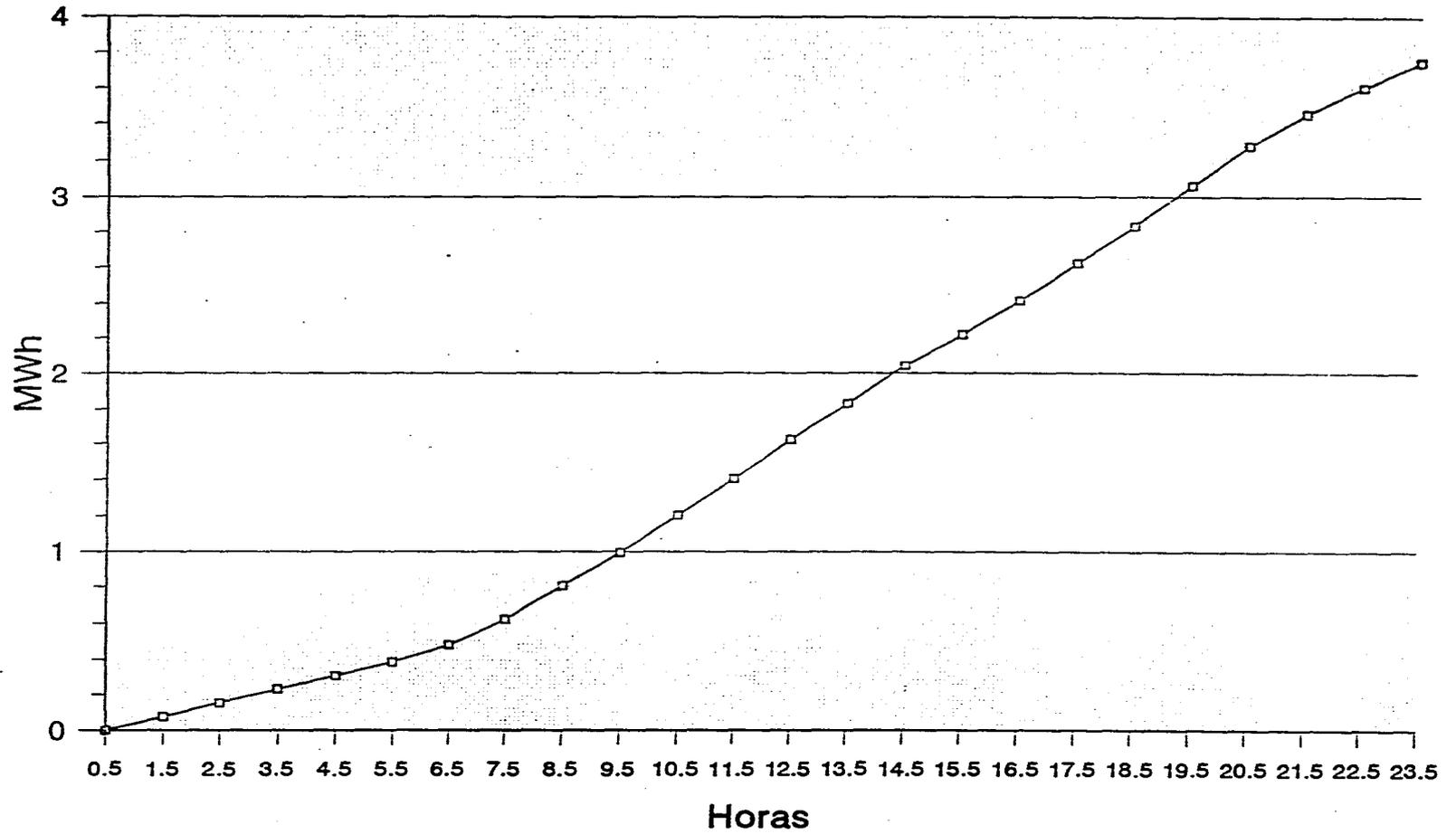
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2.23

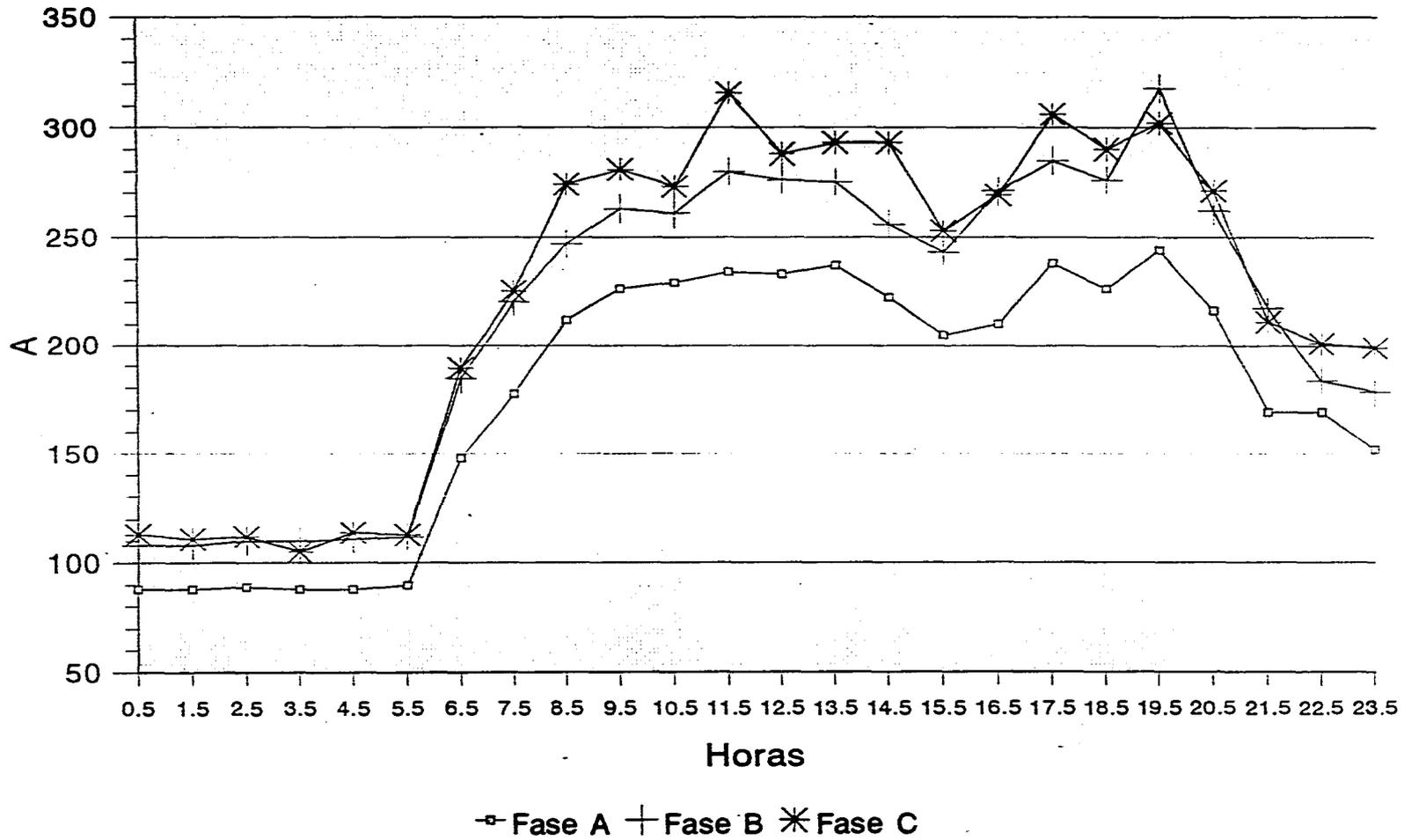
# Consumos Acumulados Totales

Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



# Variación de Corriente

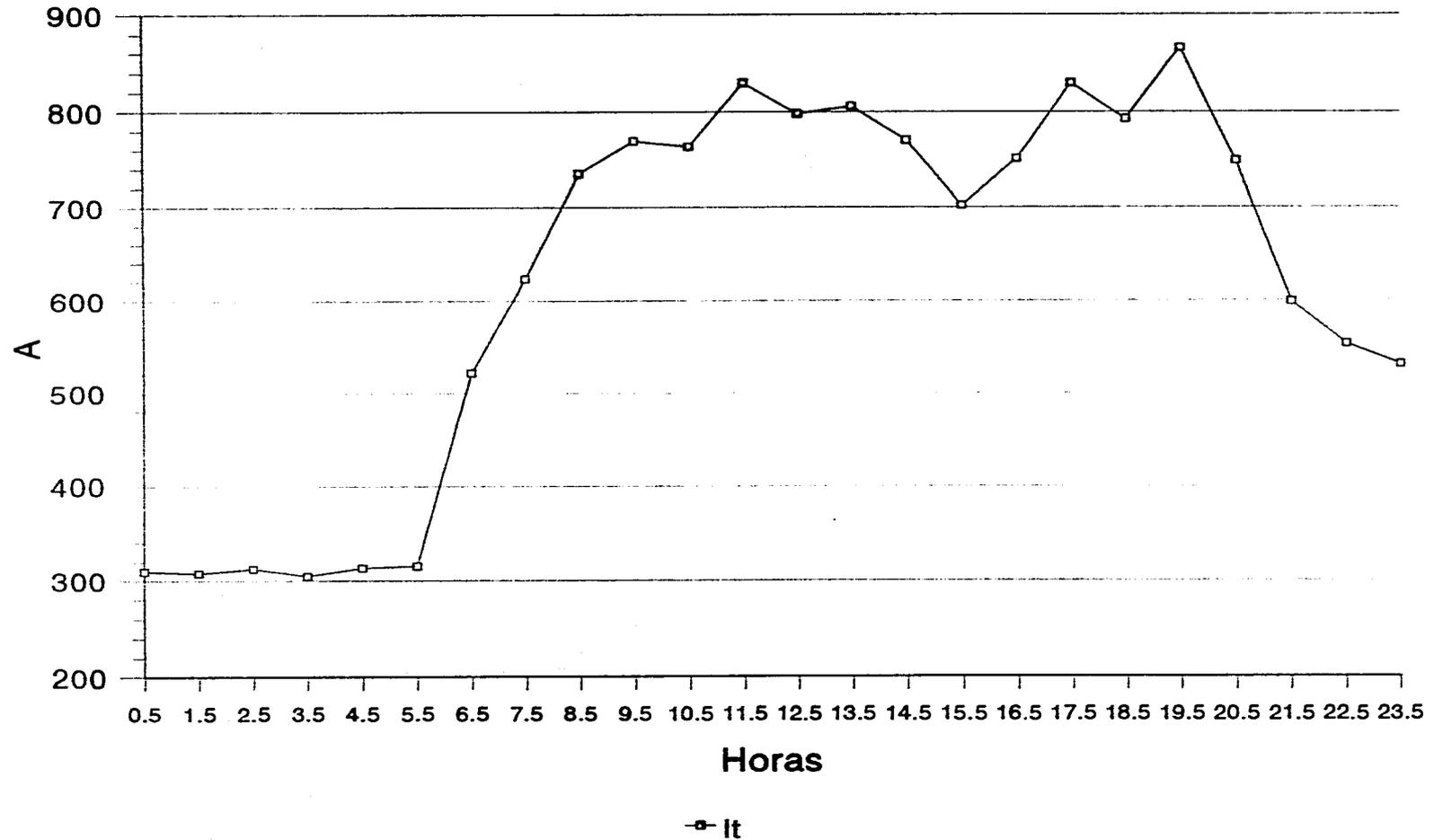
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2. 25

# Variación de Corriente Total

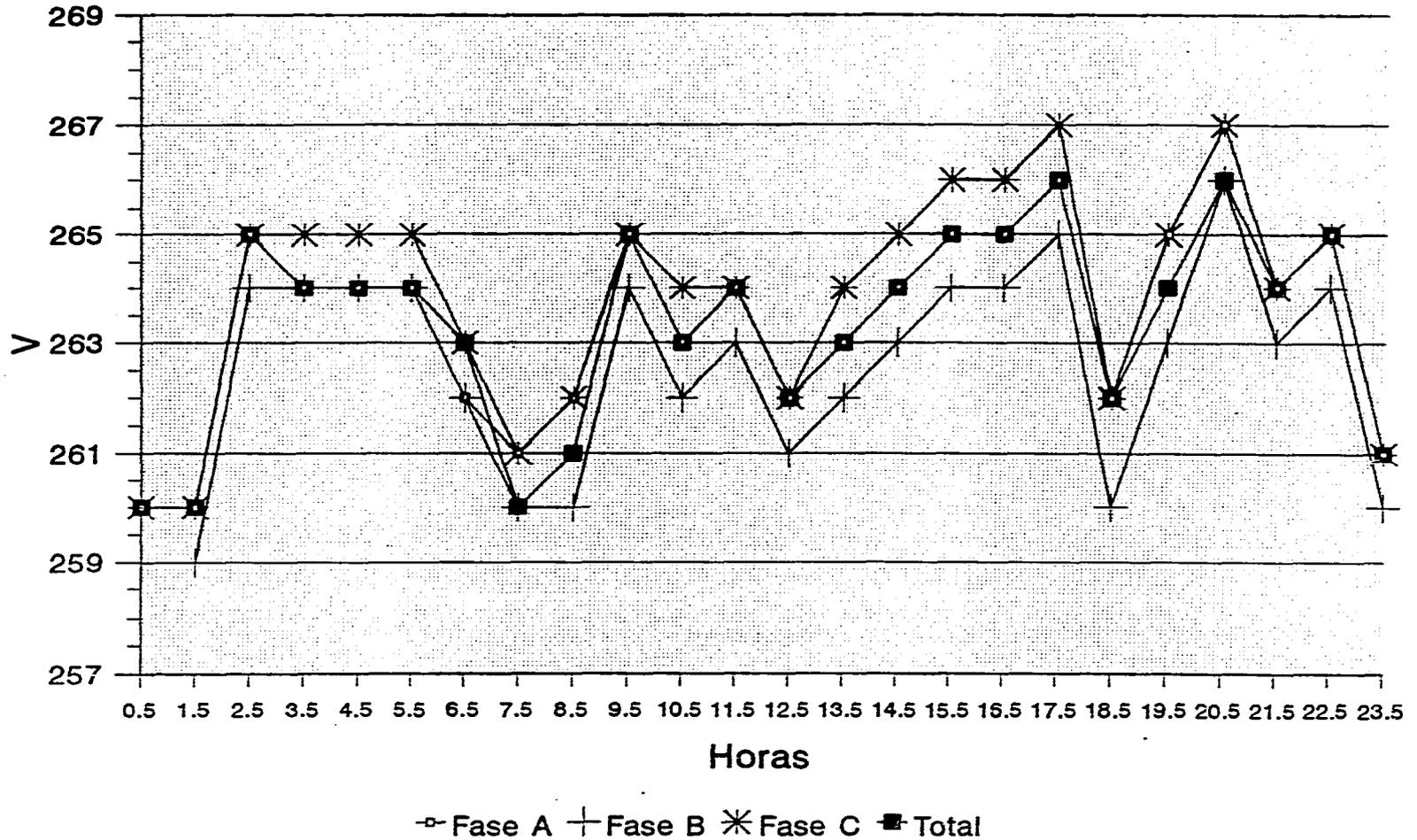
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2. 26

# Variación de Voltaje

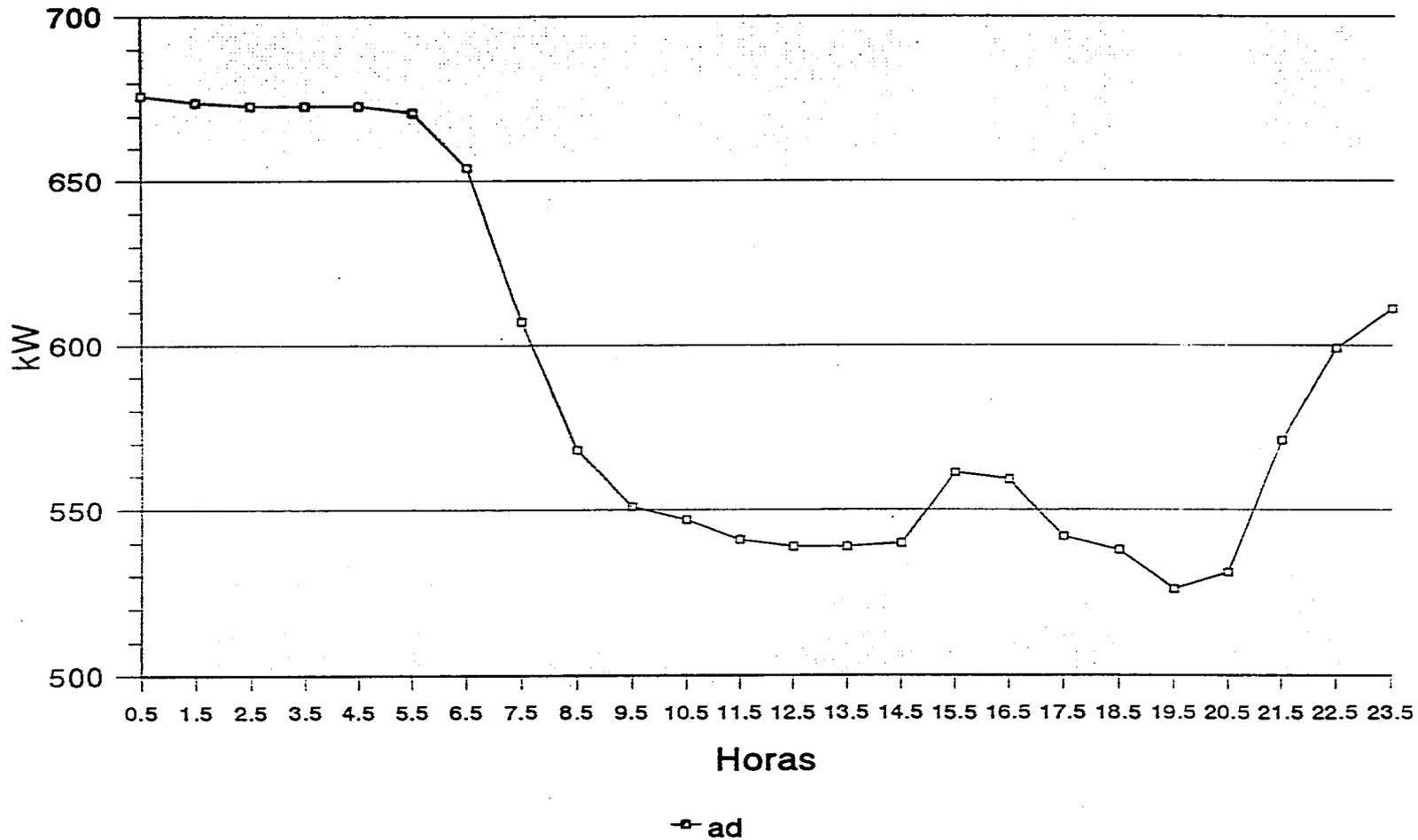
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2.27

# Potencia Disponible

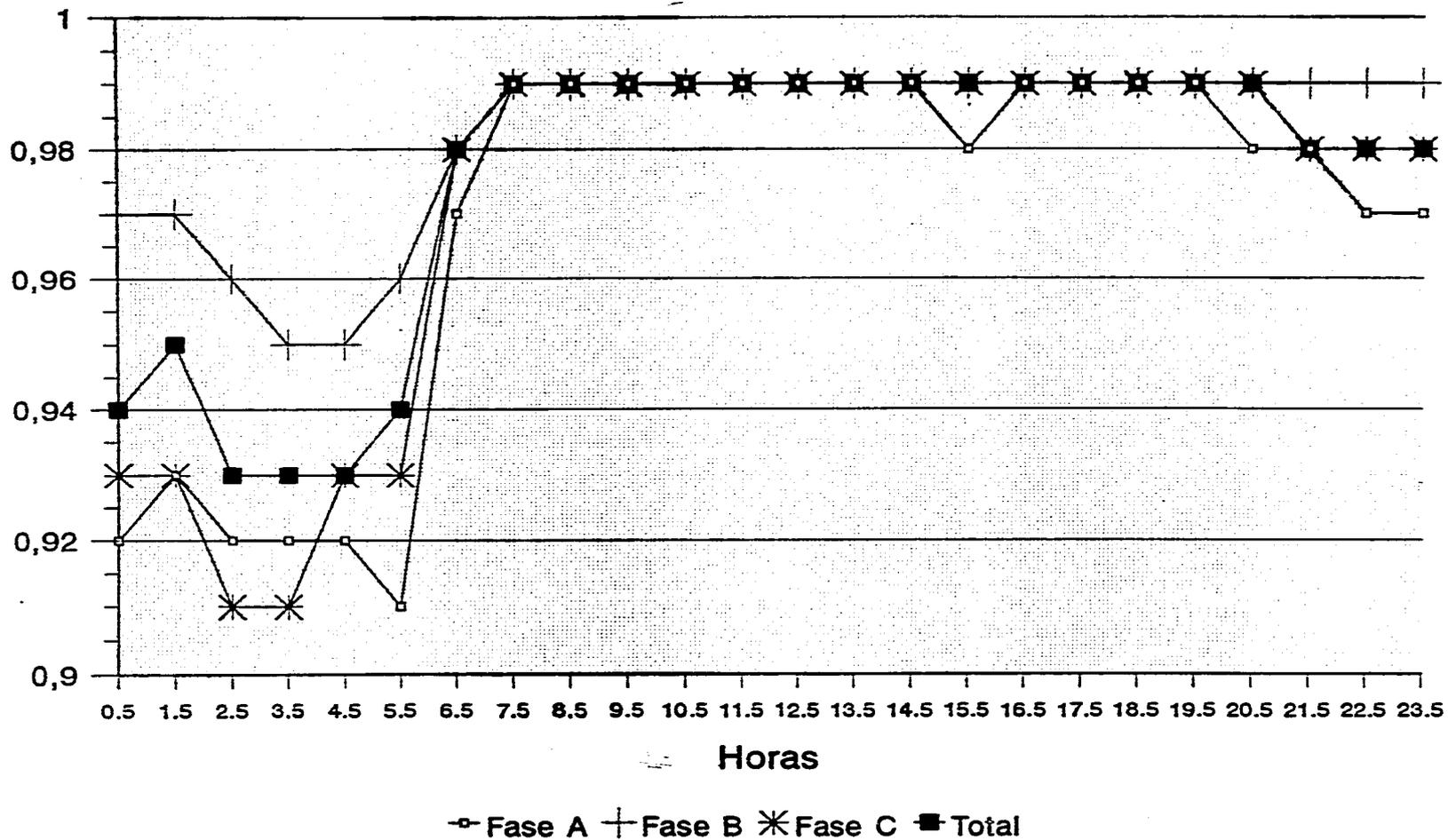
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2.28

# Factor de Potencia

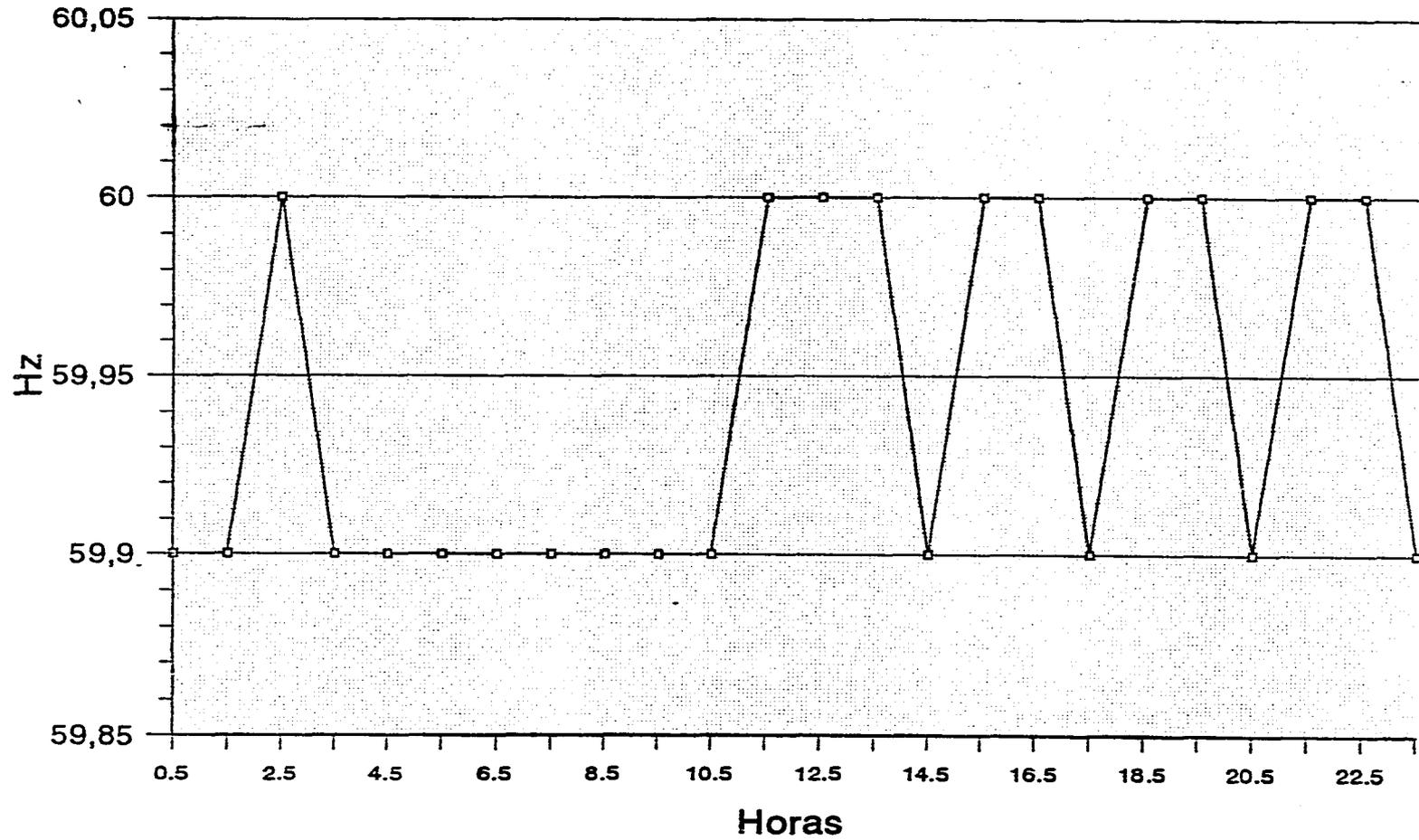
Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), Jueves 29



Gráfica 2.29

# Frecuencia

Facultad de Ciencias Sub. 2 (26-04/02-03/96), jueves 29



Gráfica 2.30

## **2.8. Censos**

Debido a la gran variedad de elementos por cuantificar en todos los edificios de la Facultad de Ciencias, llevamos a cabo tres censos: el arquitectónico, el de iluminación y el eléctrico. A continuación tratamos cada uno de ellos por separado en el orden antes descrito.

### **Censo arquitectónico**

Para censar todas las áreas presentes en el plantel de ciencias, recurrimos a las plantillas arquitectónicas (imitación burda de un plano, contiene información precisa para elaborar o actualizar un plano) y a dos flexómetros de 3 y 20 m respectivamente. Las plantillas elaboradas (croquis) contienen únicamente datos generales obtenidos de los planos arquitectónicos de la Facultad, siendo principalmente: acotaciones exteriores de los niveles de los edificios dibujados en planta, el largo y ancho de los mismos así como el grueso de sus columnas y algunas áreas interiores (no acotadas).

Comenzamos el censo, comparando el área en estudio contra el área plasmada en el croquis, tratando de observar una posible modificación que tenga que ser dibujada en forma explícita y con sus respectivas acotaciones. En caso contrario, lo único que hacemos es medir con el flexómetro los lados del lugar, y a su vez los valores de longitud obtenidos los cotejamos con las medidas que se encuentran a escala dentro del croquis, si los valores coinciden el dibujo se deja tal cual.

Las áreas censadas junto con los elementos comunes que las componen se midieron de la siguiente manera: en las áreas interiores de salones, oficinas, laboratorios, sanitarios, etc., medimos el largo y el ancho de las puertas, la separación entre ventanas, el ancho de los muros, etc. También se registraron algunos otros elementos por ejemplo: las mesas de trabajo y otros muebles, además se dibujaron según uno de los acuerdos tomados dentro del P.U.E. en donde se mencionó "que todos los objetos que contenga dentro o sobre su área en forma permanente cargas de fuerza o alumbrado tendrán que ser censados". Realizado lo anterior en cada área, dimos por terminado el trabajo en el nivel de estudio, procediendo posteriormente de la misma manera en todos los edificios.

### **Censo de iluminación**

El propósito que se persigue al realizar las mediciones del flujo luminoso es del comparar los luxes obtenidos contra los valores que marcan las normas (ver apéndice B) para cada recinto. Los resultados serán útiles a la hora de elegir las lámparas ahorradoras de energía que sustituirán en nuestro estudio, a las que se encuentran en la facultad, y deberán proporcionar la iluminación idónea.

El equipo que se utilizó para obtener las medidas del nivel de iluminación que existe en las diferentes áreas fue un luxómetro. La cantidad de lecturas tomadas en cada recinto, estuvo en función de su tamaño, es decir, entre más grande es el área, mayor es el número de mediciones que se efectúan, y viceversa.

### **Censo de cargas eléctricas**

Llevamos a cabo dos censos:

Censo de equipo eléctrico (carga no conectada en forma permanente a un circuito).

Censo de carga de iluminación y fuerza (carga conectada permanentemente a un circuito).

En el censo de equipo eléctrico incluimos todas aquellas máquinas que consumen energía eléctrica, como son: computadoras, cafeteras, ventiladores, parrillas, fotocopiadoras, refrigeradores, calefactores, máquinas de escribir, fax, etc. En este censo sólo anotamos en una libreta el nombre común del aparato y algunos datos de placa.

En el censo de carga de iluminación y fuerza incluimos: lámparas fluorescentes, lámparas de vapor de mercurio, lámparas de vapor de sodio, focos incandescentes, contactos, máquinas, etc. En este censo sólo nos interesó saber a que tipo de elemento de iluminación o de fuerza corresponde, su ubicación y su *wattaje*. Es indispensable mencionar que se debe contar con una lista de símbolos eléctricos para una mejor comprensión y facilidad de manejo de los planos (ver apéndice D).

**ESTA TESIS NO DEBE  
QUEDAR DE LA BIBLIOTECA**

El procedimiento que seguimos para realizar el censo de cargas es el siguiente; una vez instalados en el área a estudiar utilizamos dos croquis arquitectónicos de planta: uno para asentar las cargas instaladas de iluminación, y el otro para asentar las cargas instaladas de fuerza.

Al observar e identificar uno o varios elementos eléctricos a la vez, se procede a censarlos adecuadamente. Si el elemento eléctrico identificado está conectado permanentemente, entonces utilizamos el símbolo eléctrico (símbolo gráfico) correspondiente y lo dibujamos en la plantilla apropiada. La ubicación del símbolo dentro del boceto lo colocamos lo más cercano posible a la posición real del elemento eléctrico dentro del área estudiada. Si el elemento que identificamos no está conectado permanentemente, entonces registramos el nombre común del aparato y algunos datos de placa, principalmente la potencia.

Los apagadores sencillos los unimos por medio de un símbolo curvo a las cargas de iluminación que controlan. Por último, de los tableros que cuantificamos se tomaron los datos de placa (fases, voltaje, corriente, marca y capacidad de circuitos), el aspecto de su cableado y el deterioro que presenta.

## **2.9. Resultados de la información recopilada**

En este apartado presentaremos las cifras parciales y totales que nos arrojan los censos arquitectónico y eléctricos, las cantidades son presentadas en tablas de acuerdo al género en que se les clasificó.

### **Resultados del censo arquitectónico**

La información de este censo involucra a todas las secciones presentes en los edificios de la Facultad, como son: aulas, oficinas, laboratorios, talleres y servicios. Al analizar dicha información obtuvimos la cifra total de 792 recintos censados, los cuales se encuentran distribuidos en los siguientes edificios de ciencias:

- Sección escolar, Aulas y Administración.
- Auditorio.
- Aulas, Área administrativa y Dirección.
- Biblioteca.
- Edificio de Física.
- Edificio de Matemáticas.
- Edificio de Biología A.
- Edificio de Biología B.
- Talleres.
- Invernadero.
- Almacén General, Acuario, Herpetario y Bioterio.
- Cafetería (Comedor).

En la tabla 2.1 se presentan de forma ordenada y alfabéticamente los recintos estudiados, en ésta se muestran las cantidades parciales obtenidas conforme a su género así como el porcentaje que representan con respecto al 100 % de los lugares que componen el plantel. Además, se observa que la mayor cantidad de recintos presentes en los edificios son utilizados como oficinas, ya que la cifra de 358 representa aproximadamente la mitad del total de los recintos, le sigue en importancia con una cantidad de 239 las áreas llamadas servicios.

RECINTOS	CANTIDAD	PORCENTAJE (%)
Aulas	127	16.04
Oficinas	358	45.20
Laboratorios	65	8.20
Talleres	3	0.38
Servicios	239	30.18
Total	792	100.00

*Tabla 2.1 Uso y distribución de recintos en edificios de la facultad.*

### **Resultados del censo de iluminación**

Para la optimización energética en la iluminación, es necesario el conocimiento de los niveles de luminiscencia para así poder establecer mejoras en la instalación en base a las normas recomendadas (ver apéndice B), sin perder de vista la eficiencia del sistema. Así, el censo de iluminación tiene como objetivo el conocimiento del número de luminarias, potencia y luminosidad de éstas.

El luxómetro, es el equipo que se utilizó para la obtención de las medidas de los niveles de iluminación en todas las áreas, y en promedio se realizaron el siguiente número de lecturas en cada una de ellas, según se observa en la tabla 2.2. En ella se muestra el número de mediciones que se efectuaron en cada una de la áreas, según el uso que se le da, por ejemplo, para las aulas existentes en el plantel se tomaron un total de 8 lecturas por aula.

<b>RECINTO</b>	<b>No. DE LECTURAS EFECTUADAS</b>
<b>Aula</b>	<b>8</b>
<b>Oficina</b>	<b>3</b>
<b>Laboratorio</b>	<b>8</b>
<b>Servicios ( áreas pequeñas ) *</b>	<b>4</b>
<b>Servicios ( áreas grandes ) **</b>	<b>10</b>

\* Interlaboratorios, baños, fotocopiados, etc.

\*\* Salas, bibliotecas, etc.

*Tabla 2.2 Censo de Iluminación.*

Considerando la gran cantidad de datos (medidas diurnas o nocturnas) presentes en el estudio de iluminación, se debe comprender que las operaciones aritméticas efectuadas con el formato correspondiente arrojen una cantidad similar de resultados; sin embargo, por razones de espacio, la mayoría de éstos no se incluirán en el capítulo. Las cantidades que presentamos son las cifras promedio más importantes dentro de la enorme gama de resultados que obtuvimos.

El formato que se utiliza para calcular los diferentes valores lumínicos, maneja varias fórmulas aritméticas de las cuales mencionamos algunas, como son:

- Área del local (S) = (L)(A)
- Eficiencia Lumínica =  $I_r(S/P) = E_L$
- Índice del local ( $K_l$ ) =  $(S)(H)(L + A) / (L)(A)$
- Factor útil ( $F_u$ ) =  $0.698214 - 0.069881(k_1) + 0.0025(k_1)^2$
- Densidad de potencia medida ( $D_{pm}$ ) =  $(I_m)(S1) / (F_u)(K_d)(E_L)$
- Densidad de potencia recomendada ( $D_{pr}$ ) =  $(I_r)(S1) / (F_u)(K_d)(E_L)$

$E_L$ = Eficiencia lumínica	[Lum/W]
$I_m$ = Iluminación medida	[Luxes]
$I_r$ = Iluminación recomendada = 200 luxes (cte.)	[Luxes]
$S1$ = Área útil = 1.5 m <sup>2</sup> (cte.)	[m <sup>2</sup> ]
$L$ = Largo	[m]
$A$ = Ancho	[m]
$H$ = Altura	[m]
$P$ = Potencia instalada	[Watts]
$D_p$ = Densidad de potencia	[W/m <sup>2</sup> ]

$E_L$  = Índice de rendimiento luminoso de lámparas en color medio = 55

$K_d$  = Factor de depreciación, conservación o mantenimiento = 0.7

Las fórmulas<sup>2</sup> descritas, corresponden a los modelos utilizados para calcular los niveles de iluminación de la Facultad de Ciencias, las fórmulas son consultadas de la bibliografía existente en el P.U.E., sus elementos varían de acuerdo a las condiciones (datos recopilados) que presenta cada dependencia que se estudie.

<sup>2</sup> Para mayor información recurrir al texto: Manuales Técnicos y de la Industria para conservación de la energía; Alumbrado Industrial; Centro de Estudio de la Energía, España; Páginas 139-146.

Los valores recomendados promedio que se mencionan, se refieren a los valores promedio que considera adecuados el P.U.E. para las necesidades de la U.N.A.M., basados en las normas de la I.E.S. (Sociedad de Ingenieros en Iluminación), mostradas en el apéndice B.

Algunas lecturas son representativas de horas diurnas y nocturnas, esto se efectuó con la finalidad de dar una idea general de la situación lumínica que presentan las diferentes áreas durante un día completo, como lo muestran los resultados del cociente  $I_m/I_r$ . Sin embargo, nuestro interés se centra totalmente en las lecturas diurnas, por ser las de mayor importancia en nuestro estudio, cuyo enfoque radica en el "no desperdicio de energía"

De las lecturas del estudio de iluminación y de las fórmulas manejadas, se derivaron los siguientes resultados:

La relación promedio entre iluminación medida y la recomendada ( $I_m/I_r$ ) en horas de luz natural y manteniendo encendida la luz artificial son para:

- Aulas 2.00
- Oficinas 2.62
- Laboratorios 3.04
- Servicios 2.61

La relación promedio iluminación medida y la recomendada ( $I_m/I_r$ ) en horas nocturnas son para:

- Aulas 0.95
- Oficinas 0.77
- Laboratorios 1.21
- Servicios 0.80

Los resultados del cociente  $I_m/I_r$  en horas diurnas y con las lámparas encendidas, nos indica que la iluminación presente en los diferentes recintos (Aulas, Oficinas, Laboratorios y Servicios)

sobrepan al doble o hasta el triple la cantidad mínima recomendada de 200 luxes que debe existir en ellos, aunque la iluminación sea excelente el gasto de energía no lo es. En cuanto a los resultados en horas nocturnas, los valores nos indican que la mayoría de los recintos se encuentran con una iluminación por debajo del valor de 200 luxes, iluminación deficiente, en cambio los laboratorios presentan niveles lumínicos aceptables y el gasto de energía resulta adecuado.

Los valores de Densidad de Potencia promedio se obtienen a partir del cociente  $D_{pm}/D_{pr}$  y son mostrados en la tabla 2.3

RECINTO	VALOR MEDIDO [ W / m <sup>2</sup> ]	VALOR RECOMENDADO [ W / m <sup>2</sup> ]
Aulas	18.71	15.43
Oficinas	27.18	19.01
Laboratorios	17.66	16.70
Servicios	15.61	19.06

*Tabla 2.3 Densidad de potencia.*

Los resultados de la Densidad de Potencia promedio más representativos en horas diurnas para aulas y oficinas, sobrepasa el valor recomendado, lo cual implica una excelente iluminación en estas áreas, aunque como se ha mencionado la cantidad de energía consumida es elevada, es decir se desperdicia energía. En los laboratorios se presenta un valor adecuado, mientras que en servicios los W/m<sup>2</sup> son insuficientes.

#### **Resultados de censos de cargas eléctricas**

El estudio de los datos recopilados en el censo de cargas eléctricas se muestran en forma ordenada según su genero en las tablas 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9.

En primer término, la tabla 2.4 nos presenta los totales parciales de cargas de alumbrado con su respectivo *wattaje*, en ella podemos confirmar que el tipo de luminaria que predomina en las instalaciones es la luminaria fluorescente, en sus distintos modelos y capacidades. Al ser sumados los porcentajes correspondientes a las cargas de iluminación fluorescente, obtenemos la cantidad de 86.70%, este valor nos afirma inequívocamente la preferencia que existe por este tipo de lámparas y su hegemonía sobre las demás lámparas presentes, que sólo representan el restante 13.30 % de la carga total.

CARGAS DE ILUMINACIÓN	CANTIDAD	CARGA (Watts)	%
Luminaria de 4x40	35	7000.00	1.09
Luminaria de 2x40	3541	354100.00	54.92
Luminaria de 2x75	817	153187.50	23.76
Luminaria de 1x75	5	468.75	0.07
Luminaria de 4x20	442	44200.00	6.86
Luminaria de 1x20	1	25.00	0.004
Lámpara ahorradora de 13	12	156.00	0.02
Spot 150	35	5250.00	0.81
Spot 75	7	525.00	0.08
Spot 50	2	100.00	0.02
F. incandescente 100	210	21000.00	3.26
F. incandescente 75	35	2625.00	0.41
F. incandescente 60	35	2100.00	0.33
L. vapor de mercurio 400	43	17200.00	2.67
L. vapor de sodio 400	88	35200.00	5.46
L. vapor de sodio 250	6	1500.00	0.23
L. halógeno 60	1	60	0.01
<b>TOTAL</b>	<b>5315</b>	<b>644697.25</b>	<b>100.00</b>

**Nota:** Se redondean los valores (Watts) de las cargas de iluminación fluorescente (por ejemplo la de 4X39 la tomamos como de 4X40) para facilidad de cálculo.

Las lámparas fluorescentes son multiplicadas por el factor 1.25 debido al consumo del balastro.

*Tabla 2.4 Cargas eléctricas de iluminación.*

Las cantidades de las cargas de fuerza las mostramos en dos tablas. En la tabla 2.5, ordenamos el "equipo normal" y en la 2.6 el "equipo especial" (ambos con su respectivo *wattaje*). Al realizar nuestras operaciones aritméticas obtuvimos valores con porcentajes diferentes, dentro de éstos se destacan principalmente tres: en primer lugar la carga conformada por contactos monofásicos que resulta ser la más importante, ya que representa el 26.38 % de la carga total de fuerza (gran total), la segunda carga es la referente a los equipos de laboratorio, que son los que tienen un mayor consumo de energía con una cantidad del 18.32%. El último equipo es el de cómputo, en él se incluyen computadoras, impresoras y reguladores, éstos alcanzan un 15.04% de la carga total.

CARGA DE FUERZA DE EQUIPO NORMAL	CANTIDAD	CARGA (Watts)	%
Contacto monofásico	3526	528900.00	26.38
Contacto bifásico	48	24000.00	1.20
Contacto trifásico	68	68000.00	3.39
Equipo de laboratorio	1507	367482.55	18.33
Computadora	525	220385.40	10.99
Parrilla	101	108055.00	5.39
Otros	319	104820.90	5.23
Cafetera	104	99110.00	4.94
Herramientas	58	63599.00	3.17
Audiovisual	314	54304.00	2.71
Impresora	207	50032.00	2.50
Electrodoméstico	77	46932.00	2.34
Regulador	158	31146.00	1.55
Refrigerador	85	29523.60	1.47
Fotocopiadora	18	23640.00	1.18
Calofactor	15	22410.00	1.12
Enfriador - calentador	12	11334.00	0.57
Máquina de escribir	154	9517.00	0.47

*Tabla 2.5 Cargas eléctricas de fuerza (equipo normal) (continúa).*

Sacapuntas	56	8775.00	0.44
Unidad de ventana	6	5222.00	0.26
Ventilador	53	4268.00	0.21
Fax	7	1620.00	0.08
Sumadora	27	572.00	0.03
<b>Total de equipo normal</b>	<b>7445</b>	<b>1,883,648.40</b>	<b>93.95</b>

*Tabla 2.5 Cargas eléctricas de fuerza (equipo normal).*

<b>CARGAS DE FUERZA DE EQUIPO ESPECIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>CARGA (Watts)</b>	<b>%</b>
Sistema de aire comprimido	2	74,600.00	3.72
Equipo de inyección y extracción de aire	2	22,380.00	1.12
Equipo de imprenta	22	24,198.00	1.21
<b>Total de equipo especial</b>	<b>26</b>	<b>121,178.00</b>	<b>6.05</b>

*Tabla 2.6 Cargas de fuerza (equipo especial).*

El resultado final de las tablas 2.5 y 2.6 es:

<b>GRAN TOTAL</b>	<b>7471</b>	<b>2,004,826.40</b>	<b>100</b>
-------------------	-------------	---------------------	------------

Elaborando un resumen comparativo con los resultados finales de las cargas de fuerza e iluminación presentes en las tablas 2.4, 2.5 y 2.6, tenemos los siguientes valores:

Iluminación	644,621.25 Watts	24.33%
Fuerza	2,004,826.40 Watts	75.67%

La cantidad porcentual de las cargas de fuerza indica que los elementos dentro del sistema eléctrico consumen la mayor parte de la energía eléctrica suministrada al plantel.

Como suele suceder en la mayoría de las dependencias, la existencia de lámparas fundidas es algo común y la Facultad de Ciencias no es la excepción. Tomando en cuenta este antecedente se elaboró la tabla 2.7, donde se manejan los términos de “iluminación instalada” e “iluminación útil”; el primer término se refiere a toda la carga de iluminación que se censó, sin importar que se encontraran fundidas o en buen estado; el segundo término se refiere únicamente a las lámparas no fundidas. En la tabla también se muestra cómo se distribuye toda la carga eléctrica, según corresponda a cada sección de la Facultad.

ÁREAS	ILUMINACIÓN INSTALADA (Watts)	ILUMINACIÓN ÚTIL (Watts)	FUERZA (Watts)	TOTAL INSTALADA (Watts)	TOTAL ÚTIL (Watts)
Edificios	546922.25	490925.75	1883648.40	2430570.65	2374574.15
Estacionamientos	49100.00	35500.00	0.00	49100.00	35500.00
Equipos especiales	0.00	0.00	121178.00	121178.00	121178.00
Pasos cubiertos	43875.00	33800.00	0.00	43875.00	33800.00
Áreas verdes	4800.00	400.00	0.00	4800.00	400.00
Totales	644697.25	560625.75	2004826.40	2649523.65	2565452.15

*Tabla 2.7 Tabla de cargas eléctricas (iluminación y fuerza).*

En la tabla 2.8 simplemente distribuimos las cargas eléctricas correspondientes al área llamada “edificios”, que son los 12 edificios ya mencionados con anterioridad, con esto se pretende ilustrar con detalle el grado de consumo que tiene cada uno de ellos.

EDIFICIOS	TOTAL ILUMINACIÓN (Watts)	TOTAL FUERZA (Watts)	TOTAL (Watts )
1	66717.50	94902.00	161619.50
2	25725.00	22734.00	48459.00
3	46187.50	99050.00	145237.50
4	13297.50	17174.00	30471.50
5	132800.00	628319.50	761119.50
6	59420.00	136488.90	195908.90
7	84312.50	310615.85	394928.35
8	82381.00	460653.20	543034.20
9	16375.00	66415.00	82790.00
10	9481.25	29516.00	38997.25
11	2862.50	3818.00	6680.50
12	7362.50	13962.00	21324.50
<b>Carga total</b>	<b>546,922.25</b>	<b>1,883,648.40</b>	<b>2,430,570.20</b>

*Tabla 2.8 Distribución de las cargas en edificios.*

La distribución de cargas por iluminación en recintos se muestra en la tabla 2.9.

RECINTO	CARGA POR LUMINARIAS INSTALADAS (Watts)	%	CARGA POR LUMINARIA ÚTIL (Watts)	%
Aulas	146845.00	26.85	130213.75	26.54
Oficinas	138100.00	25.25	131187.50	26.74
Laboratorios	43414.75	7.94	41391.25	8.43
Talleres	11250.00	2.06	9000.00	1.83
Servicios	207312.50	37.91	178661.25	36.42
<b>TOTALES</b>	<b>546,922.25</b>	<b>100.00</b>	<b>490,453.75</b>	<b>100.00</b>

*Tabla 2.9 Distribución de cargas de iluminación en recintos.*

## **2.10. Identificación de Circuitos**

Para efectuar la identificación de circuitos eléctricos utilizamos los croquis de cargas conectadas y el equipo de medición adecuado, conformado por: dos intercomunicadores de radio, un seguidor de corriente, un multímetro, probadores de voltaje, destornilladores, guantes de electricista y calzado de suela de goma.

La identificación de circuitos representa un punto clave en nuestro trabajo, ya que con él finaliza el estudio de campo en la Facultad de Ciencias. Quince minutos antes de la identificación, prevenimos a todo el personal de las áreas involucradas, informándoles que la interrupción intermitente de flujo de energía se efectuaría de un momento a otro. Tomamos esta precaución considerando que habría personal no enterado del trabajo que se llevaría a cabo.

La brigada compuesta por cinco elementos se distribuyó de la siguiente manera: un elemento se coloca en el tablero indicado, siendo el encargado de poner en apagado o encendido las pastillas del tablero, maniobra realizada en forma intermitente. La información que se proporcionará a través del intercomunicador de radio, a petición de otro elemento, es el número de circuito que ha interrumpido; los otros elementos se encargan de encender todas las cargas de alumbrado (algunas de fuerza) por medio de su interruptor y de conectar las lámparas probadoras de voltaje a los contactos, con esto se pretende tener una referencia visual perceptible que nos ayude a detectar el momento en que se desenergiza un elemento eléctrico. Al percatarse que un elemento encendido se apaga, se pide por el intercomunicador de radio la información acerca del circuito que ha sido desactivado; la información se le pasa inmediatamente a las personas encargadas de asentarla en los croquis. Por lo general, esta información tiene siempre la siguiente nomenclatura:

TNM-CNo.       $\longrightarrow$       T (Tablero), N (Nivel), M (Identificación del tablero) - C (Circuito),  
No. (Número de circuito).

## 2.11. Elaboración de planos actuales

Gran parte de la información utilizada hasta el momento en la elaboración del estudio, ha generado abundantes resultados en cifras numéricas muy precisas y reveladoras que han sido ordenadas cuidadosamente en "tablas". Sin embargo, debido a la necesidad de manejar en lo posible gráficamente la información para una mayor comprensión, se precisa elaborar para los edificios planos de planta, los cuales en el presente estudio reciben el nombre de "planos actuales".

Los planos actuales realizados de la Facultad de Ciencias son: Planos arquitectónicos y Planos eléctricos (de iluminación y fuerza). Para llevar a cabo su conformación recurrimos a los datos recopilados en los croquis (imitación burda de un plano original que contiene información precisa para elaborar o actualizar un plano de cualquier género) y al *software* Autocad 12 (paquete para dibujar), con estos elementos a nuestra disposición nos damos a la tarea de dibujar por completo los planos requeridos. Realizado lo anterior y una vez terminado un plano, se imprime por medio de un *plotter* en una hoja de tamaño apropiado.

Debido a que la Facultad de Ciencias es un plantel compuesto por una cantidad considerable de edificios, se consideró pertinente integrar en este estudio los tres planos (arquitectónico, iluminación y de contactos) elaborados por nivel de las construcciones más representativas, como son: Edificio de Biología A (planos 2.1a,b,c), Edificio de Biología B (planos 2.2a,b,c), Edificio de Física (planos 2.3a,b,c), Edificio de Matemáticas (planos 2.4a,b,c) y Talleres (planos 2.5a,b,c). De los edificios restantes solamente se mostraran los planos eléctricos de iluminación: Almacén general, Acuario, Hcperario y Bioterio (2.6b), Auditorio (plano 2.7b), Edificio 1 (plano 2.8b), Edificio 2 (plano 2.9b), Biblioteca (plano2.10b), Cafetería (plano2.11b), Invernadero (plano 2.12b).

En este apartado mencionaremos que por acuerdos efectuados dentro del P.U.E, todos los planos actuales y propuestos (posteriormente incluidos) se imprimen en unidades de metros [m] a escala 1:100, en color negro y con su respectivo cuadro de simbología. Algunas otras consideraciones se mencionan en el apéndice B.

### **Planos Arquitectónicos**

De acuerdo al párrafo anterior, los *Planos Arquitectónicos Actuales* se realizaron empleando la información presente en los croquis del mismo género con que contamos, para posteriormente confeccionarlos en forma progresiva y de acuerdo a la demanda de datos que requieren los comandos de Autocad 12. Considerando el plano arquitectónico ya terminado, aparecen en él en forma gráfica los elementos que componen el cuerpo del edificio o de un lugar determinado, como son: columnas, muros, puertas, ventanas, escaleras, etc.; además de contar con sus respectivas acotaciones en metros.

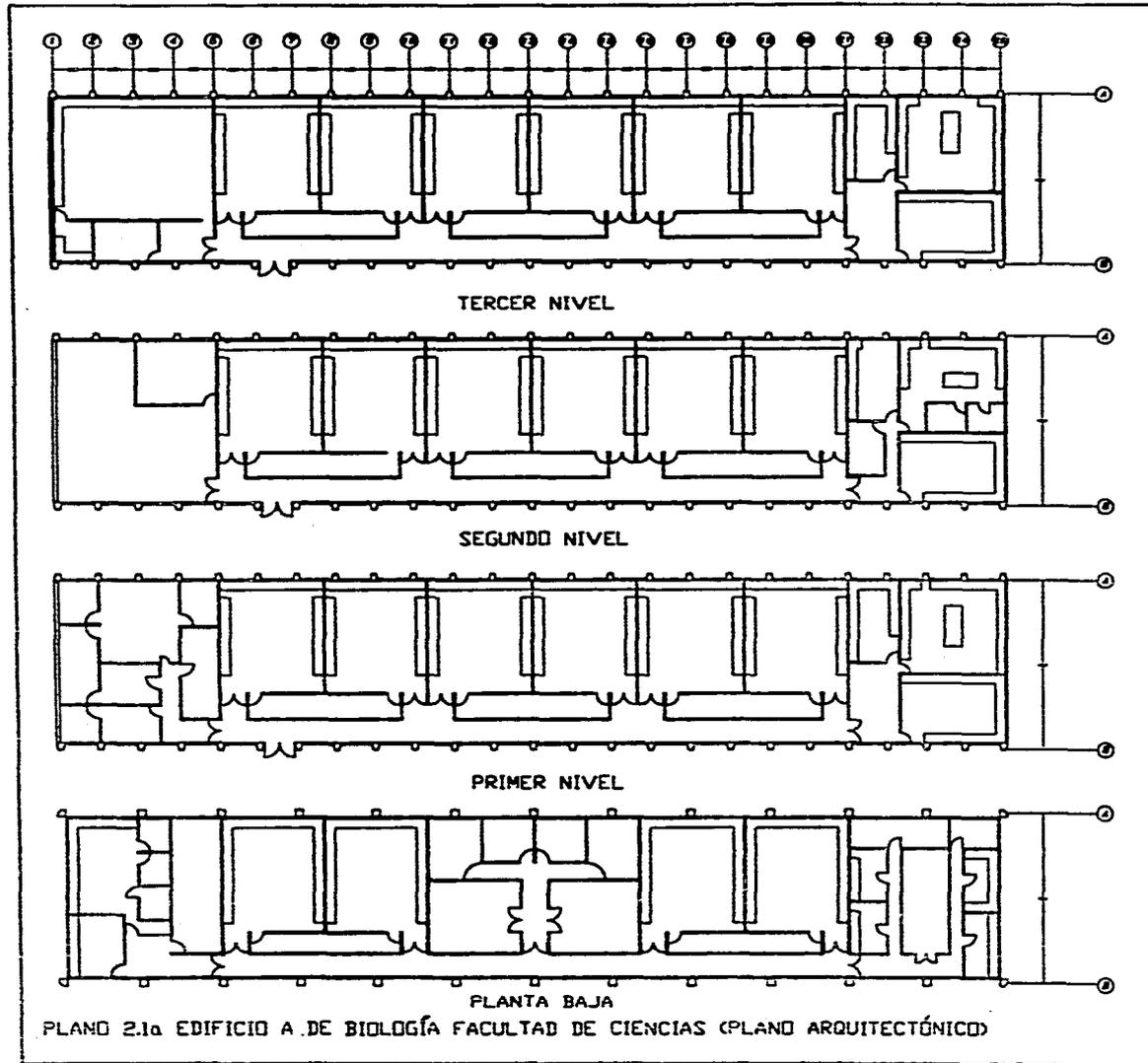
### **Planos Eléctricos**

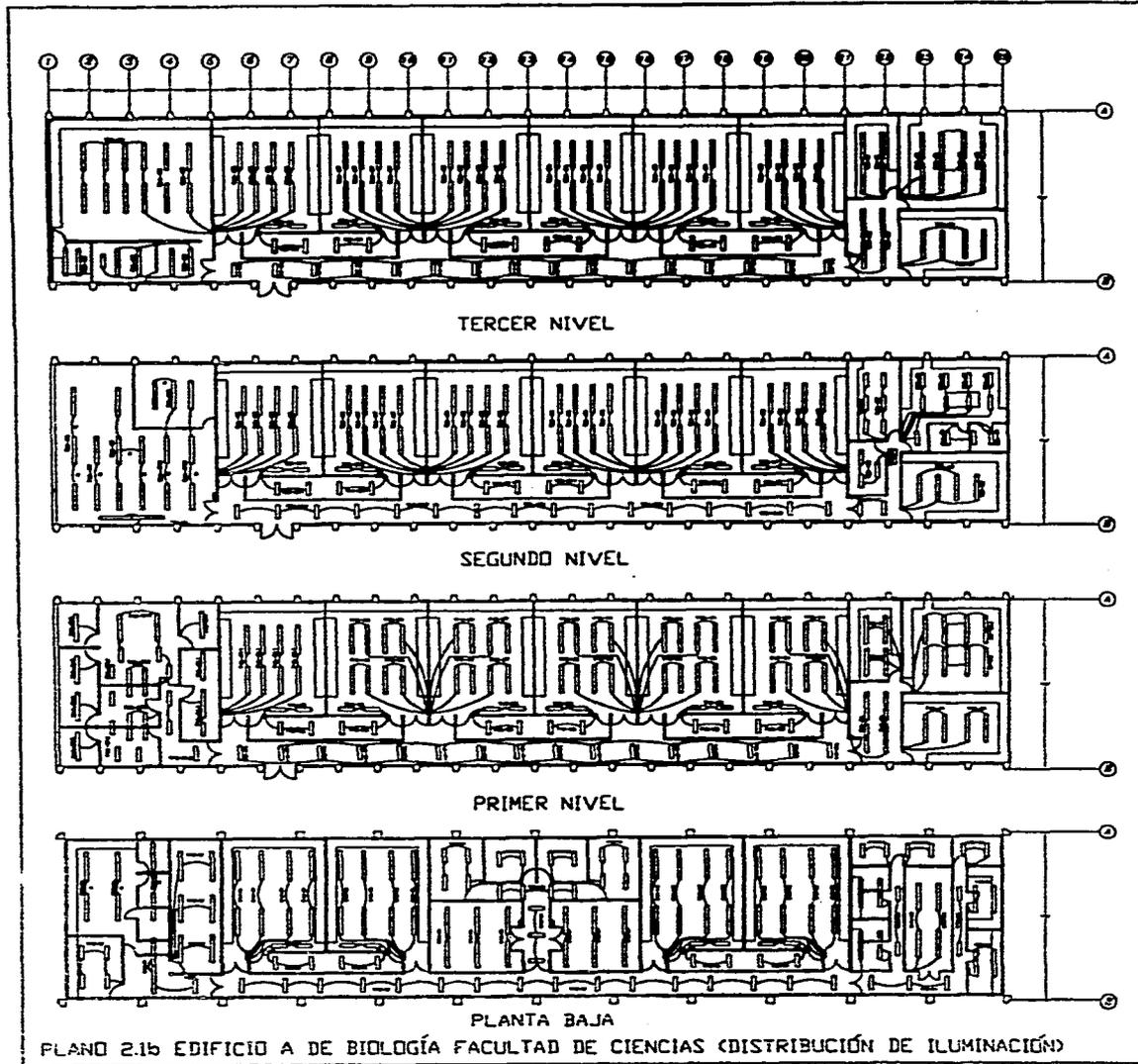
Utilizando prácticamente la misma secuencia de pasos narrados anteriormente en la obtención de planos, procedemos a elaborar los que llamaremos *Planos Eléctricos Actuales*. Para ejecutar convenientemente esta tarea necesitamos contar con los planos arquitectónicos y con los croquis eléctricos de fuerza o alumbrado, todos ellos realizados con anterioridad.

Teniendo el Plano Arquitectónico elegido, comenzaremos a vaciar sobre él los elementos eléctricos de alumbrado que se encuentran almacenados en el croquis correspondiente, estos elementos son primordialmente: luminarias con luz fluorescente, tableros de distribución, focos incandescentes y el circuito de control de cada uno de ellos. Al terminar de pasar toda la información que configura el *Plano Eléctrico Actual de Alumbrado*, procedemos a imprimirlo en la forma ya conocida. En la construcción del *Plano Eléctrico Actual de Fuerza* manejamos la plantilla que contiene los elementos eléctricos de fuerza y cuya información se compone principalmente de: contactos, extractores, ventiladores, máquinas, aire acondicionado y del circuito que le atañe.

Los planos eléctricos elaborados presentan un cuadro con simbología eléctrica, en él se define el significado de cada uno de los símbolos que se hallan incrustados en los planos. El motivo de utilizarlos se debe a que optimizan el trabajo, pues su manejo es fácil, rápido y concreto.

Dentro del cuadro de símbolos se incluyen también estos datos: el nombre de la Facultad de



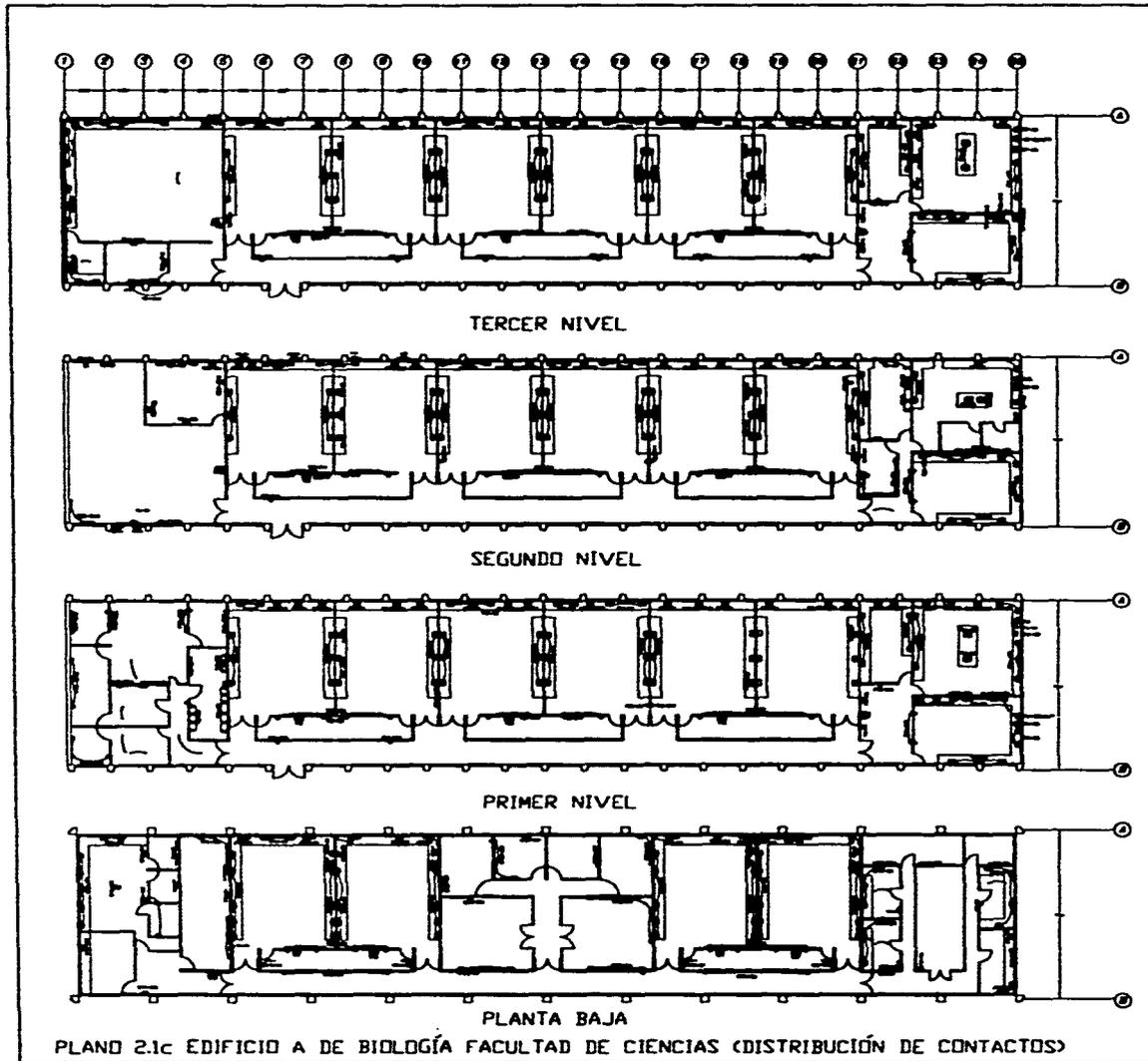


## SIMBOLOGÍA

- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 8275 WATTS TIPO SERRAVALLE
  - LUMINARIA FLUORESCENTE DE 8275 WATTS TIPO SERRAVALLE
  - ⊕ APAGADOR TIPO QUINCERO DE 10 AMP. UBICADO A 1.80 MTS DEL PISO
  - ⊙ APAGADOR TIPO ESCALERA DE 10 AMP. UBICADO A 1.80 MTS DEL PISO
  - ⊖ CONTACTO MONOFASICO POLARIZADO DE 800 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - ⊕ CONTACTO MONOFASICO SENCILLO DE 800 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - ⊕⊕ CONTACTO DUPLEX SENCILLO UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - ⊕⊕ CONTACTO DUPLEX SENCILLO UBICADO SOBRE LAS MESAS.
  - ⊕⊕ CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO SOBRE LAS MESAS
  - ⊕ CONTACTO TRIFASICO DE 1000 WATTS UBICADO SOBRE LAS MESAS
  - ⊕ CONTACTO BIFASICO DE 800 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO Y SOBRE LAS MESAS
  - ⊕ CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO A 30 CM. DEL PISO
  - ( ) LINEA DE CONEXION ENTRE LAMPARAS
  - ▭ TABLERO TRIFASICO DE ALUMBRADO
  - ⊕ CARRERA EXTRACTORA DE 518 WATTS
  - ⊕ VENTILADOR
  - L7 LAMPARA FUNDIDA
  - N.I. NO IDENTIFICADO
  - N.E. NO EJERCICADO
- TRM-CFA. (TABLERO), MONTAJE, MONTAJE DEL TABLERO) (CARRERA), MONTAJE (CARRERA)
- NOTA: LOS TABLEROS DE ALUMBRADO SE ENCUENTRAN UBICADOS EN LA TORRETA QUE ESTA ENTRE LOS DOS EDIFICIOS DE BIOLOGIA. LAS LETRAS COLOCADAS EN LOS APAGADORES INDICAN LAS LUMINARIAS QUE CONTROLAN CADA UNO DE ESTOS



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO U.N.A.M. P.U.E.	DEPENDENCIA: FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 05/05/96
	PROYECTO: USO RACIONAL DE LA ENERGIA	ESCALA: 1:100
SUBCATEGORIA: BIOLOGIA A (VERIS P1123)	CONTENIDO: IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	NOTAS: MTS.

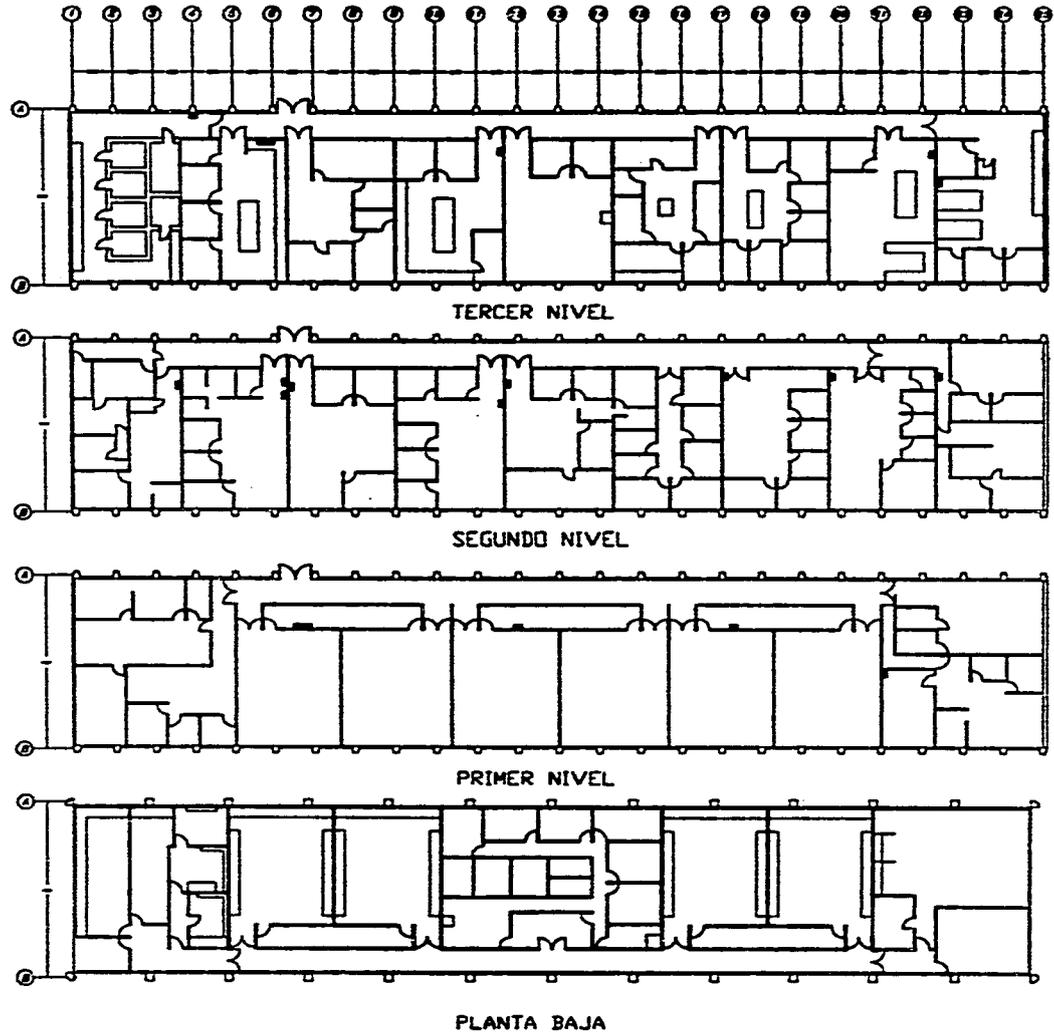


## SIMBOLOGÍA

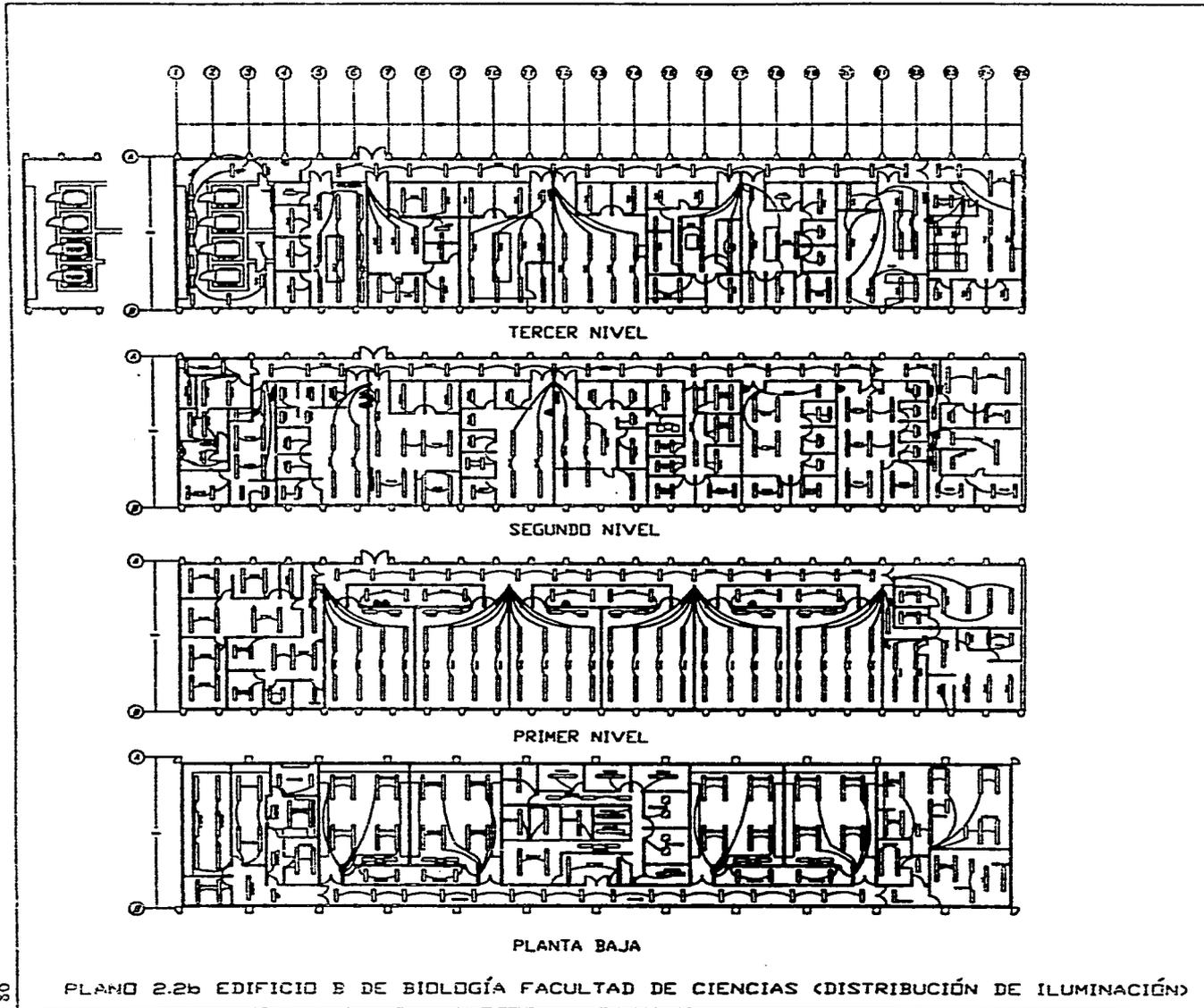
- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 80W WATTS TIPO SUBLINE
  - LUMINARIA FLUORESCENTE DE 60W WATTS TIPO SUBLINE
  - ⊕ APAGADOR TIPO QUÉRCIDO DE 10 AMP. UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
  - ⊙ APAGADOR TIPO ESCALERA DE 10 AMP. UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
  - ⊕ CONTACTO DESDIBUJADO POLARIZADO DE 600 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - ⊖ CONTACTO DESDIBUJADO SENCILLO DE 600 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - ⊕ CONTACTO DUPLEX SENCILLO UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - ⊖ CONTACTO DUPLEX SENCILLO UBICADO SOBRE LAS MEDAS.
  - ⊕ CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO SOBRE LAS MEDAS
  - ⊖ CONTACTO TRIFÁSICO DE 1000 WATTS UBICADO SOBRE LAS MEDAS
  - ⊕ CONTACTO TRIFÁSICO DE 600 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO Y SOBRE LAS MEDAS
  - ⊖ CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO A 30 CM. DEL PISO
  - LINDA DE CONTACTO ENTRE LAMPARAS
  - TABLERO TRIFÁSICO DE ALUMBRADO
  - ⊕ CAMPANA EXTRACTORA DE 610 WATTS.
  - ⊕ VENTILADOR
  - L.F. LÁMPARA FUMISTA
  - N.L. NO IDENTIFICADO
  - N.E. NO ENNECADO
- TIN-CIN. T(YTABLERO), M(MVIL), M(MERT. DEL TABLERO)-  
C(CIRCUITO), M(MUN. DE CIRCUITO)
- NOTA: LAS TABLEROS DE ALUMBRADO DE ENCUENTROS UBICADOS EN LA TORRETA QUE ESTÁ ENTRE LOS DOS EDIFICIOS DE BIOLOGÍA.  
LAS LETRAS COLUCABAN EN LOS APAGADORES SON LAS LUMINARIAS QUE CONTROLAN CADA UNO DE ELLOS



<b>UNIVERSIDAD</b> NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO U.N.A.M. P.U.E.	<b>DEPENDENCIA:</b> FACULTAD DE CIENCIAS	<b>FECHA:</b> 06/05/96
	<b>PROYECTO:</b> USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	<b>ESCALA:</b> 1:100
<b>UNIVERSIDAD</b> BIOLOGÍA A CUBEL PUE	<b>CONTENIDO:</b> IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	<b>COTAS:</b> MTS.



PLANO 2.2a EDIFICIO B DE BIOLOGÍA FACULTAD DE CIENCIAS (PLANO ARQUITECTÓNICO)



## SIMBOLOGÍA

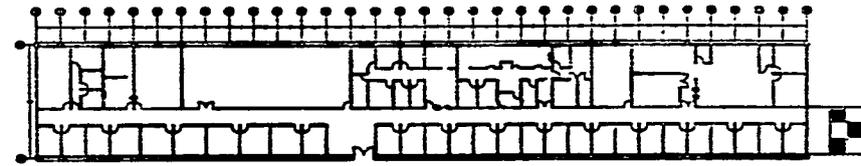
- LAMPARA FLUORESCENTE DE 875 WATTS TIPO BLENKINE
- LAMPARA FLUORESCENTE DE 1275 WATTS TIPO BLENKINE
- LAMPARA FLUORESCENTE DE 2025 WATTS TIPO BLENKINE
- LAMPARA FLUORESCENTE DE 4025 WATTS TIPO BLENKINE
- LAMPARA AHORRADORA DE 15 WATTS
- FOCO INCANDESCENTE DE 100 WATTS
- APAGADOR TIPO QUINCINO UBICADO 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 CM. DEL PISO.
- CONTACTO MONOFASICO SENCILLO DE 200 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
- CONTACTO DUPLEX SENCILLO UBICADO SOBRE LAS MESAS.
- CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO SOBRE LAS MESAS.
- CONTACTO TRIFASICO DE 1000 WATTS UBICADO SOBRE LAS MESAS.
- CONTACTO EFASICO DE 200 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO Y SOBRE LAS MESAS.
- CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
- LÍNEA DE CÓNDOM ENTRE LÁMPARAS
- TABLERO TRIFASICO DE ALUMBRADO
- CAMPANA EXTRACTORA DE 518 WATTS.
- VENTILADOR
- EXTRACTOR
- AIDE ACORDIONADO
- LÁMPARA FUERDA
- M.I. NO IDENTIFICADO
- M.E. NO EMERGENZADO
- TYN-CM. (TITANIO), M(NIVEL), M(IDENT. DEL TABLERO)-C(CIRCUITO), M(MURDE CIRCUITO)

NOTA: LOS TABLEROS DE ILUMINACION SE ENCUENTRAN UBICADOS EN LA TORRETA QUE ESTA ENTRE LOS DOS EDIFICIOS DE SIMBOLOGIA.

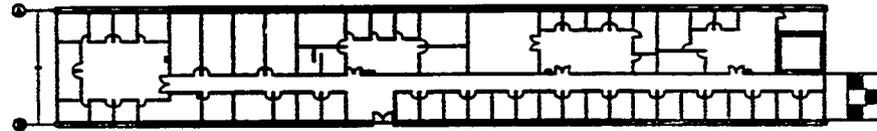


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO U.N.A.M. P.U.E.	DEPENDENCIA: FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 06/05/95
	PROYECTO: USO RACIONAL DE LA ENERGIA	ESCALA: 1:100
UBICACION: BIOLOGIA B NIVEL PE.123	CONTENIDO: IDENTIFICACION DE CARGAS	COTAS: MTS.

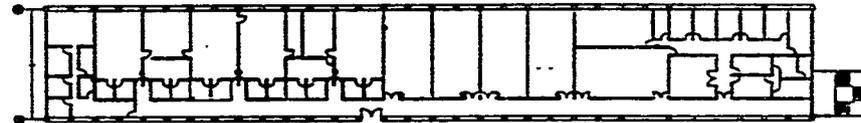




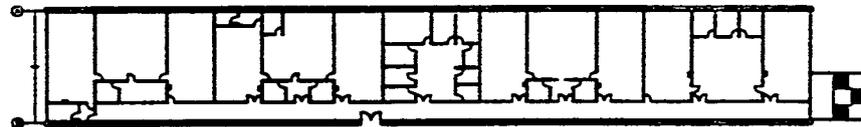
CUARTO NIVEL



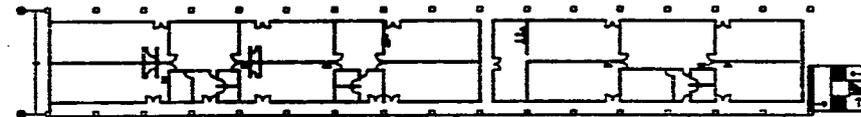
TERCER NIVEL



SEGUNDO NIVEL

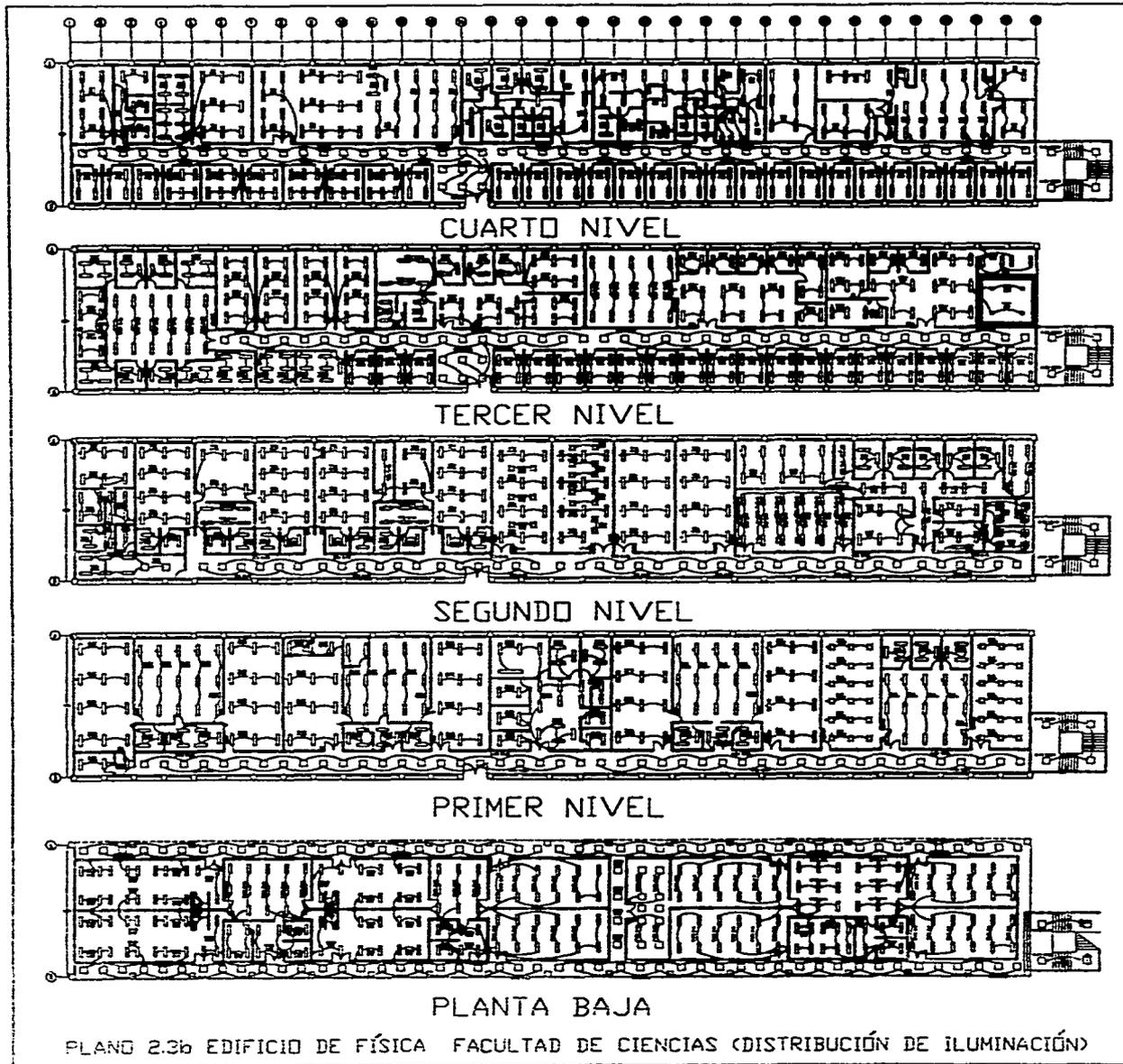


PRIMER NIVEL



PLANTA BAJA

PLANO 2.3a EDIFICIO DE FÍSICA FACULTAD DE CIENCIAS (PLANO ARQUITECTÓNICO)



## SIMBOLOGÍA

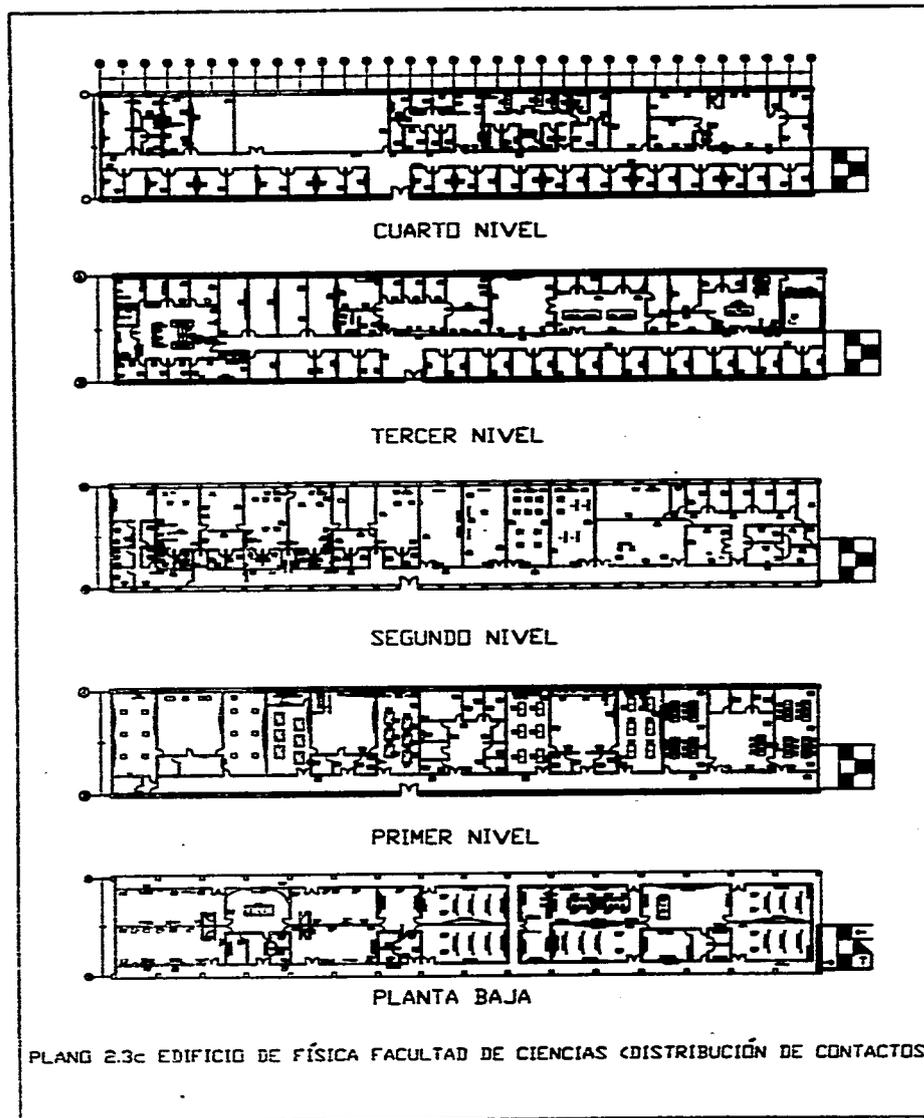
-  LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X25 WATTS TIPO SMDLINE
-  LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X25 WATTS TIPO SMDLINE
-  APAGADOR TIPO QUINCERO UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
-  APAGADOR TIPO ESCALERA UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
-  CONTACTO MONOFASICO POLARIZADO DE 300 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
-  CONTACTO MONOFASICO SENCILLO DE 300 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
-  CONTACTO DUPLEX SENCILLO UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
-  CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO SOBRE LAS MESAS
-  CONTACTO TRIFASICO DE 1000 WATTS UBICADO SOBRE LAS MESAS
-  CONTACTO BIFASICO DE 500 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO Y SOBRE LAS MESAS
-  CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO A 30 CM. DEL PISO
-  LÍNEA DE CONTROL ENTRE LÁMPARAS
-  TABLERO TRIFASICO DE ALUMBRADO
-  CAMPANA EXTRACTORA DE 516 WATTS
-  VENTILADOR
-  L.P. LÁMPARA PUNDEDA
-  N.I. NO IDENTIFICADO
-  N.E. NO EJERCIZADO

TW3-CM. T(TABLERO), N(NIVEL), M(MODUL. DEL TABLERO)-C(CIRCUITO), No(NUM. DE CIRCUITO)

NOTA: LOS TABLEROS DE ILUMINACION SE ENCUENTRAN UBICADOS EN LA TORRETA QUE ESTA ENTRE LOS DOS EDIFICIOS DE BIOLOGIA.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO U.N.A.M. P.U.R.	DEPENDENCIA: FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 06/05/96
	PROYECTO: USO RACIONAL DE LA ENERGIA	ESCALA: 1:100
UBICACION: FISICA PB.1234	CONTENIDO: IDENTIFICACION DE CARGAS	OTAS: MTS.



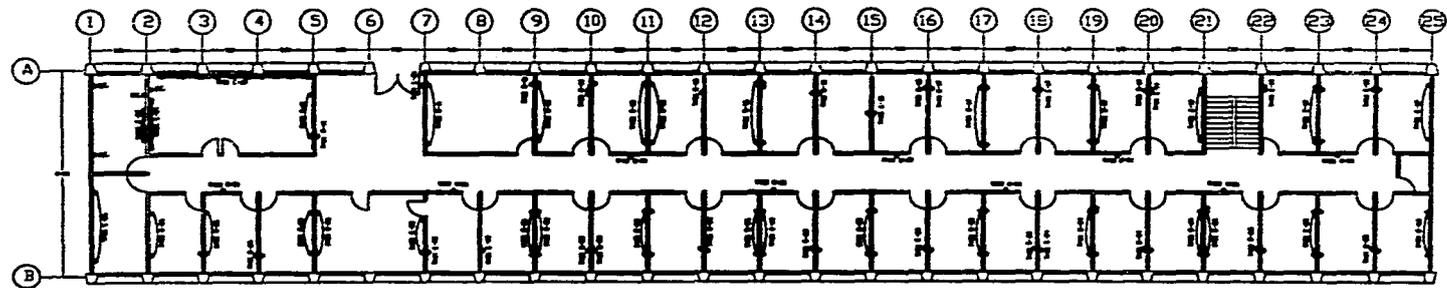
## SIMBOLOGÍA

- LINDERA DE FLORESCENTE DE 800 WATTS TIPO SERLINA
- LINDERA DE FLORESCENTE DE 800 WATTS TIPO SERLINA
- ⊕ APAGADOR TIPO QUINCEN UNICADO A 1.80 MTS DEL PISO
- ⊙ APAGADOR TIPO ESCALERA UNICADO A 1.80 MTS DEL PISO
- ⊗ CONTACTO MONOFÁSICO POLARIZADO DE 800 WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
- ⊕ CONTACTO MONOFÁSICO SENCILLO DE 800 WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
- ⊕⊕ CONTACTO DUPLEX SENCILLO UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
- ⊕⊕ CONTACTO DUPLEX SENCILLO UNICADO SOBRE LAS MESAS.
- ⊕⊕ CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UNICADO SOBRE LAS MESAS
- ⊕ CONTACTO TRIFÁSICO DE 1000 WATTS UNICADO SOBRE LAS MESAS
- ⊕ CONTACTO TRIFÁSICO DE 800 WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO Y SOBRE LAS MESAS
- ⊕⊕ CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UNICADO A 30 CM. DEL PISO
- LINEA DE CONEXIÓN ENTRE LÁMPARAS
- ▬ TABLERO TRIFÁSICO DE ALUMBRADO
- ⊕ CALPANA EXTRACTORA DE 818 WATTS.
- ⊕ VENTILADOR
- L.F. LÁMPARA FUNDIDA
- N.L. NO IDENTIFICADO
- N.E. NO ENERGIZADO
- TRM-CM. (TRABAJERO), M (NIVEL), (IDENT. DEL TABLERO), (CIRCUITO), H (QUINCE CIRCUITO)

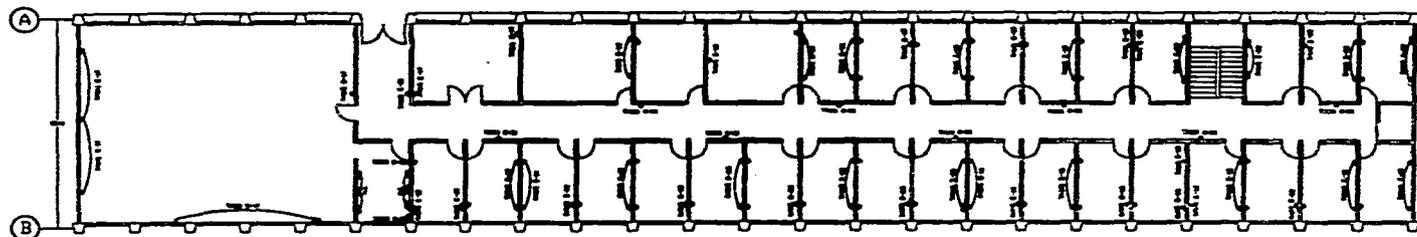
NOTA: LOS TABLEROS DE ILUMINACIÓN SE ENCUENTRAN UNICADOS EN LA TORRETA QUE ESTÁ ENTRE LOS DOS EDIFICIOS DE BIOLÓGIA.



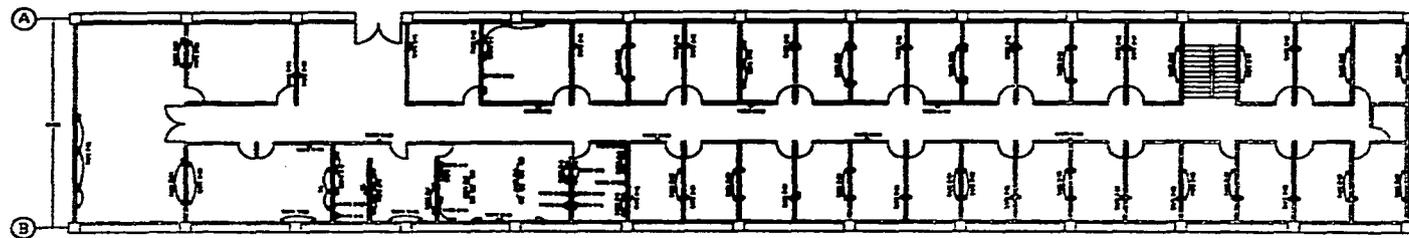
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO UNAM P.F.E.	DEPENDENCIA: FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 06/05/95
USUARIO: FÍSICA FES 123	PROYECTO: USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	ESCALA: 1:100
	CONTENIDO: IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	COTAS: MTS.



SEGUNDO NIVEL

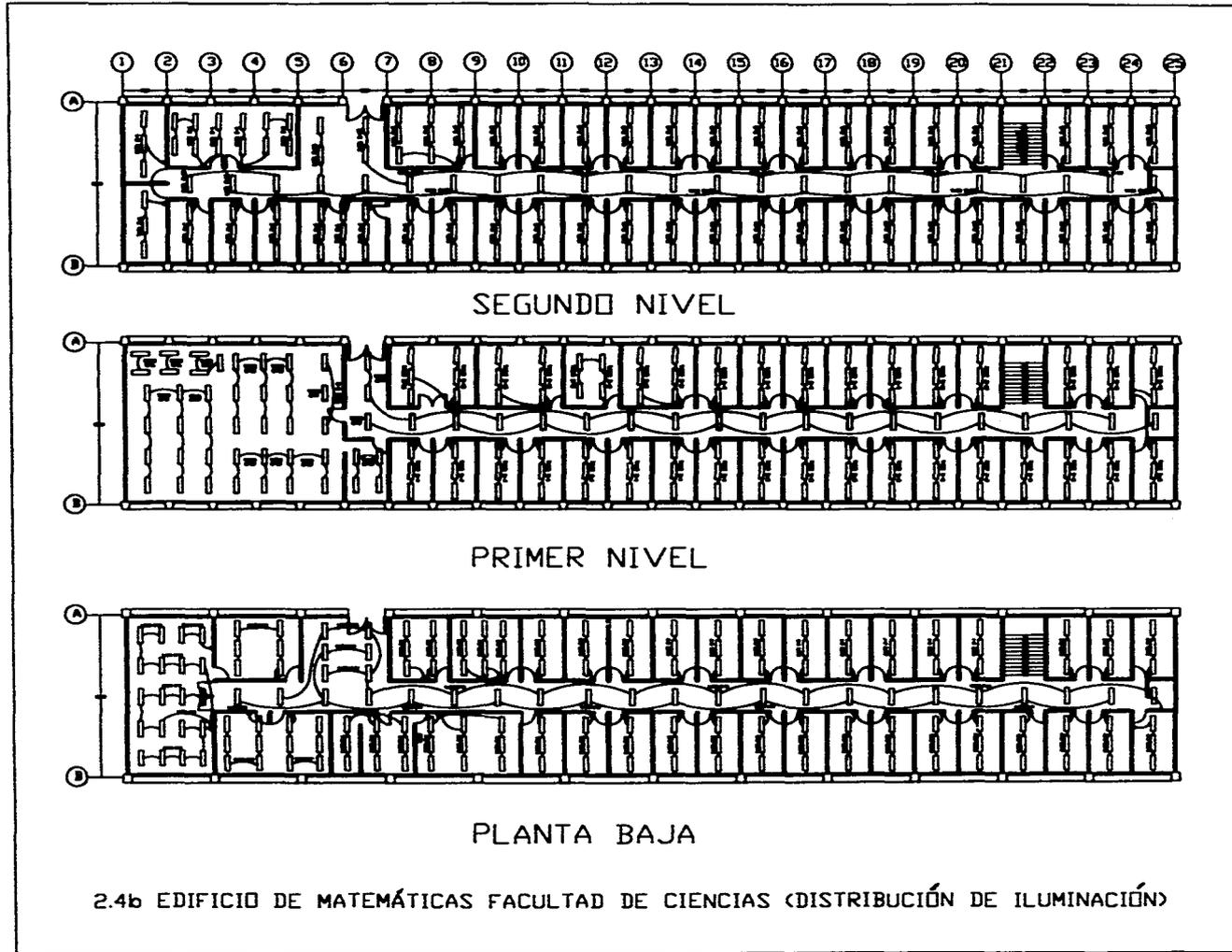


PRIMER NIVEL



PLANTA BAJA

PLANO 2.4a EDIFICIO DE MATEMÁTICAS FACULTAD DE CIENCIAS (PLANO ARQUITECTÓNICO)



## SIMBOLOGÍA

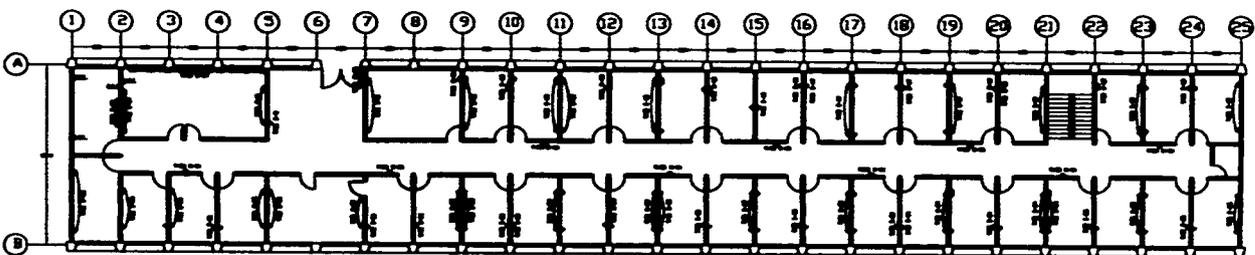
- LAMPARAS FLUORESCENTES DE 80W 2x110 TIPO BARRILE
- LAMPARAS FLUORESCENTES DE 80W 2x110 TIPO BARRILE
- APARATOS TIPO QUINCEA UNICELA A 1.20 MTS DEL PISO
- APARATOS TIPO QUINCEA UNICELA A 1.20 MTS DEL PISO
- CONTACTO INTERRUPTOR FLUORESCENTE DE 80W 2x110 UNICELA A 30 CM DEL PISO
- CONTACTO INTERRUPTOR QUINCEA DE 80W 2x110 UNICELA A 30 CM DEL PISO
- CONTACTO DUPLEX QUINCEA UNICELA UNICELA SINDE LAS UNICELAS
- CONTACTO DUPLEX FLUORESCENTE UNICELA SINDE LAS UNICELAS
- CONTACTO DUPLEX DE 40W 2x110 UNICELA SINDE LAS UNICELAS
- CONTACTO DUPLEX DE 80W 2x110 UNICELA A 30 CM DEL PISO Y SINDE LAS UNICELAS
- CONTACTO DUPLEX FLUORESCENTE UNICELA A 30 CM DEL PISO
- LÍNEA DE CORREDORES ENTRE LAMPARAS
- TABLERO TIPOBACO DE ALUMINADO
- CARRERA RECTANGULAR DE 6x6 2x110
- VENTILADOR
- LAMPARA FUERA
- N.L. NO IDENTIFICADO
- N.E. NO IDENTIFICADO

TIPO-CR. TITULADO, GENERAL, RESIST. DEL TUBO (CERRADO, ABERTO O CERRADO)

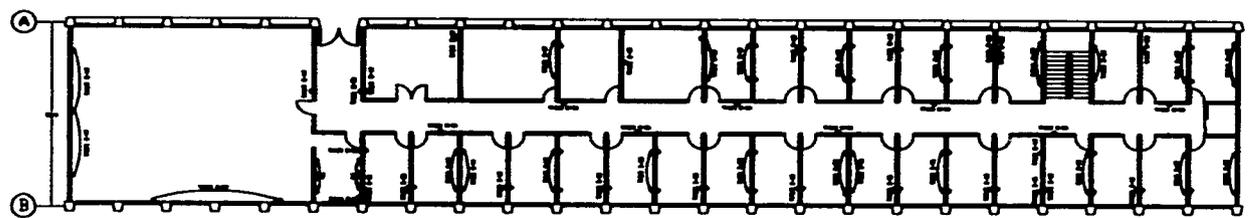
NOTA: LAS TABLEROS DE ALUMINADO DE ENCUBIEMTO UBICADOS EN LA TORRETA QUE ESTA ENTRE LOS DOS BARRILES DE QUINCEA.



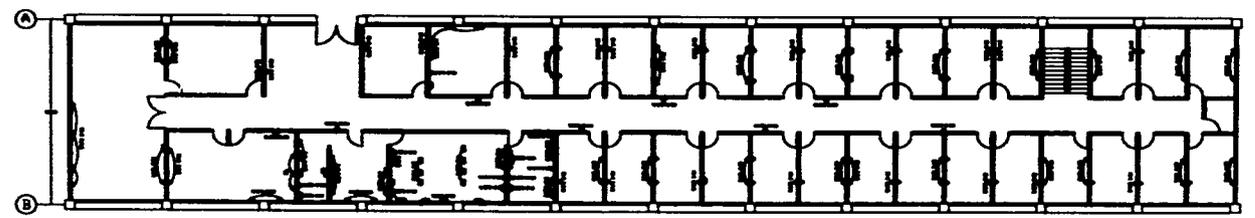
<b>INSTITUCIÓN:</b>	FACULTAD DE CIENCIAS	<b>FECHA:</b>	08/05/98
<b>PROYECTO:</b>	USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	<b>ESCALA:</b>	1:100
<b>PROFESOR:</b>	IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	<b>ESTRUC:</b>	INTS.



SEGUNDO NIVEL



PRIMER NIVEL



PLANTA BAJA

PLANO 2.4c EDIFICIO DE MATEMÁTICAS FACULTAD DE CIENCIAS (DISTRIBUCIÓN DE CONTACTOS)

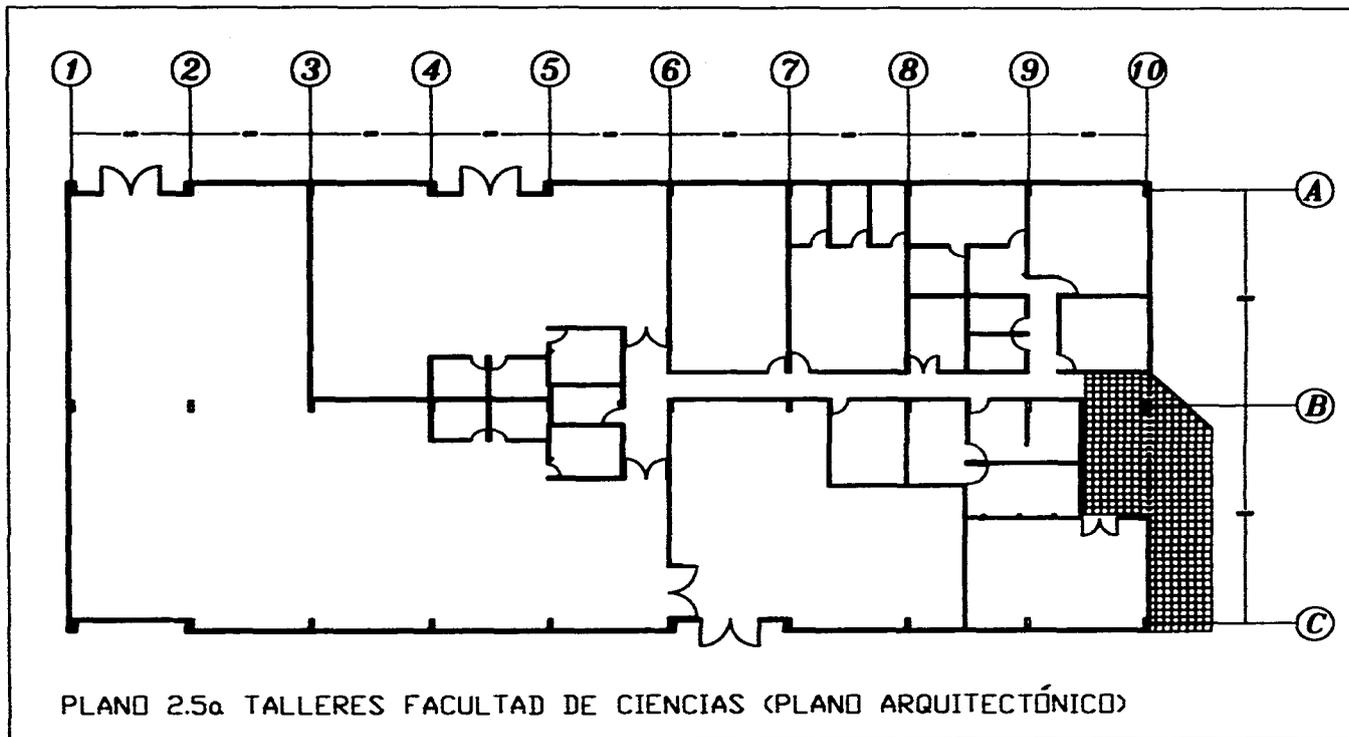
# SIMBOLOGÍA

- LUBERAMA PLANEADORA DE 600 WATTS TIPO BLENDA
- LUBERAMA PLANEADORA DE 600 WATTS TIPO BLENDA
- ⊕ APICARTE TIPO QUERCUS UNICADO A 1.20 MTS DEL PISO
- ⊙ APICARTE TIPO QUERCUS UNICADO A 1.20 MTS DEL PISO
- ⊖ CONTACTO DESDIBUJADO PALANQUEO DE 600 WATTS UNICADO A 20 CM. DEL PISO.
- ⊕ CONTACTO DESDIBUJADO ESCALAS DE 600 WATTS UNICADO A 20 CM. DEL PISO.
- ⊖ CONTACTO SUPLEN ESCALAS UNICADO A 20 CM. DEL PISO.
- ⊕ CONTACTO SUPLEN ESCALAS UNICADO SOBRE LAS ESCALAS.
- ⊖ CONTACTO SUPLEN ESCALAS UNICADO SOBRE LAS ESCALAS.
- ⊕ CONTACTO SUPLEN DE 600 WATTS UNICADO SOBRE LAS ESCALAS.
- ⊖ CONTACTO SUPLEN DE 600 WATTS UNICADO SOBRE LAS ESCALAS UNICADO A 20 CM. DEL PISO Y SOBRE LAS ESCALAS.
- ⊕ CONTACTO SUPLEN PALANQUEO UNICADO A 20 CM. DEL PISO.
- ( ) LÍNEA DE CONEXIÓN ENTRE LÁMPARAS
- ▭ TABLERO TIPOICO DE ALIMENTADO
- ⊕ CAPSULA ESTRUCTURA DE 600 WATTS.
- ⊙ VENTILADOR
- L.F. LÁMPARA FUSIBLE
- S.L. NO IDENTIFICADO
- S.E. NO IDENTIFICADO
- TRM-CM. TUBERÍA, COPULAS, BORNES, DEL TABLERO (CICLOTRON), IN (SERIE DE CICLOTRON)

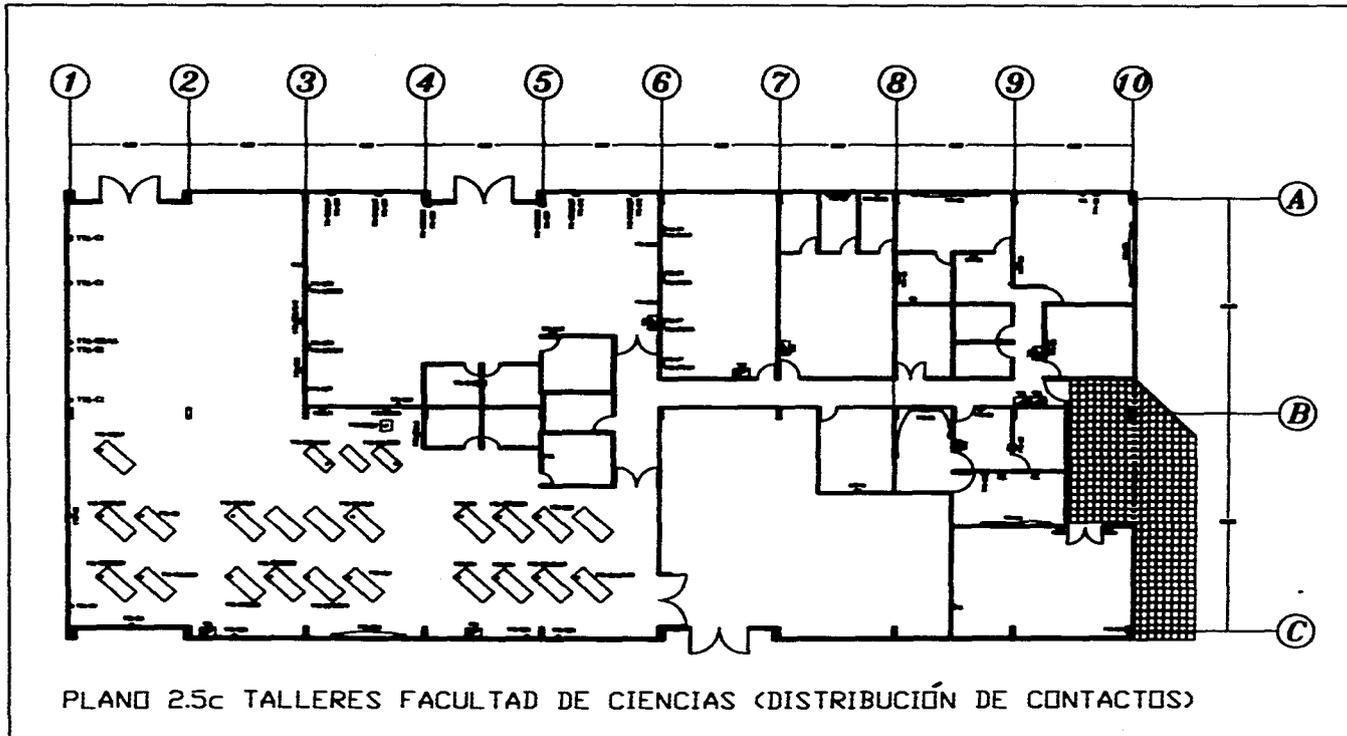
NOTA: LAS TABLEROS DE ALIMENTACIÓN DE IDENTIFICAN UNICADOS EN LA TIENDA QUE ESTA ENTRE LAS DOS UNIDADES DE ESCALAS.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO U.N.A.M. P.U.R.	INFORMACIÓN: FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 06/05/96
	PROYECTO: USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	ESCALA: 1:100
CARRERA: MATEMÁTICAS F.M.12	CURSOS: IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	COTAS: NTS.



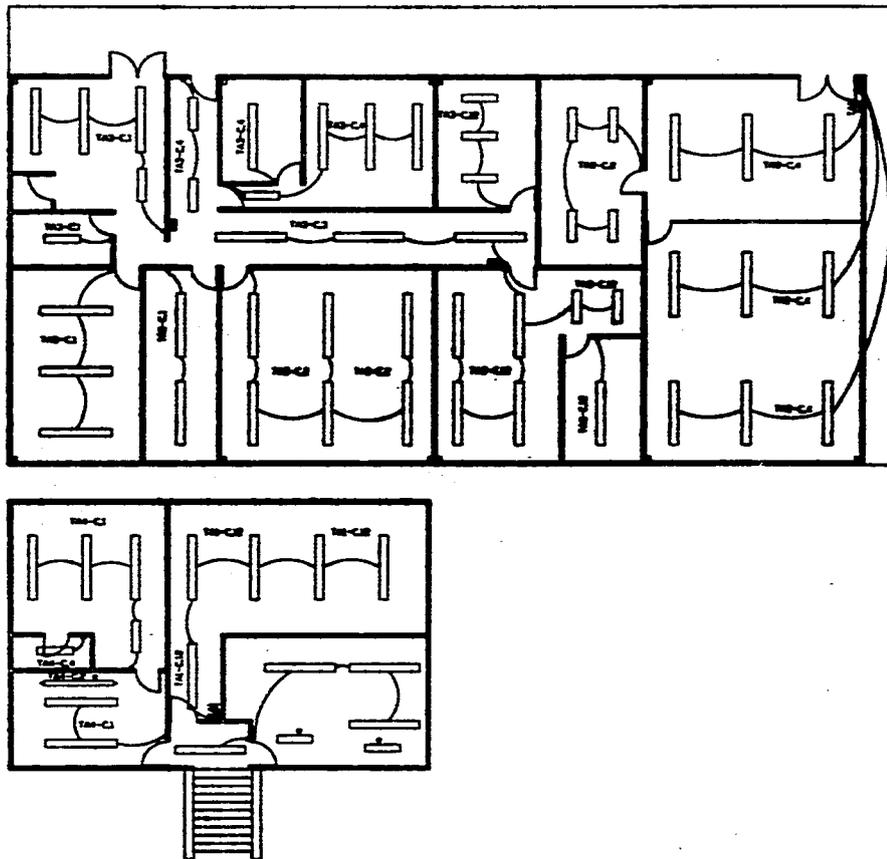




### SIMBOLOGÍA

- Línea gruesa: Muro exterior
- Línea fina: Muro interior
- Línea punteada: Muro de vidrio
- Línea con guiones: Puerta
- Línea con guiones: Ventana
- Línea con guiones: Puerta de vidrio
- Línea con guiones: Ventana de vidrio
- Línea con guiones: Puerta de aluminio
- Línea con guiones: Ventana de aluminio
- Línea con guiones: Puerta de madera
- Línea con guiones: Ventana de madera
- Línea con guiones: Puerta de hierro
- Línea con guiones: Ventana de hierro
- Línea con guiones: Puerta de acero
- Línea con guiones: Ventana de acero
- Línea con guiones: Puerta de plástico
- Línea con guiones: Ventana de plástico
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio pintado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio pintado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio lacado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio lacado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio esmaltado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio esmaltado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio barnizado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio barnizado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio oxidado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio oxidado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con pintura
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con pintura
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con barniz
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con barniz
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con esmalte
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con esmalte
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con lacado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con lacado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con esmalte y lacado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con esmalte y lacado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con barniz y lacado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con barniz y lacado
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con esmalte y barniz
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con esmalte y barniz
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con lacado y barniz
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con lacado y barniz
- Línea con guiones: Puerta de aluminio anodizado con esmalte y barniz y lacado
- Línea con guiones: Ventana de aluminio anodizado con esmalte y barniz y lacado

<b>INSTITUCIÓN</b>	FACULTAD DE CIENCIAS	<b>FECHA</b>	04/04/78
<b>PROYECTO</b>	USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	<b>ESCALA</b>	1:100
<b>PROYECTANTE</b>	IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	<b>PROYECTANTE</b>	IRL



PLANO 2.6 ALMACEN GENERAL, ACUARIO, HEPERTARIO Y BIOTERIO FACULTAD DE CIENCIAS DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN

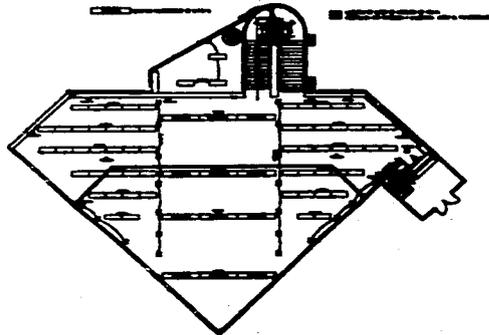
# SIMBOLOGÍA

- LÍNEA PLANEANTE DE 200 WATTS TIPO SILLON
- LÍNEA PLANEANTE DE 200 WATTS TIPO SILLON
- LAMPARA INCANDESCENTE TIPO SPOT DE 70 WATTS.
- APACADOR TIPO QUICERO UNICADO A 1.50 MTS DEL PISO
- APACADOR TIPO SICALERA UNICADO A 1.50 MTS DEL PISO
- CONTACTO INTERRUPTOR PULSADOR DE 100 WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
- CONTACTO INTERRUPTOR SENCILLO DE 100 WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
- CONTACTO DUPLEX UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
- CONTACTO TIRISTOR DE 1000 WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
- CONTACTO DUPLEX PULSADOR UNICADO A 30 CM. DEL PISO
- LÍNEA DE CONEXIÓN ENTRE LAMPARAS
- TUBOS TUBEROS DE ALUMINIO
- VENTILADOR
- LAMPARA FUEGA
- NO ENTENDIDO
- NO ENTENDIDO
- VENTILADOR, ARMARIL, SEMAFOR, DEL TUBEROS, CUBIERTA, INTERRUPTOR CIRCULAR

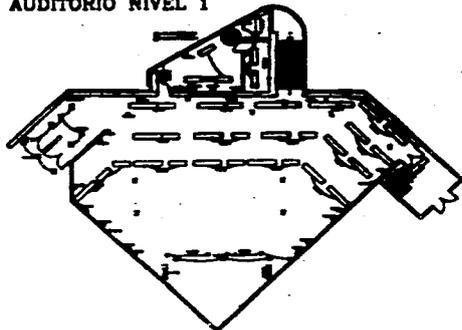


UNIVERSIDAD	INSTITUCIÓN:	FECHA:
NACIONAL	FACULTAD DE CIENCIAS	08/05/98
AUTÓNOMA		
DE MÉXICO	TÍTULO:	ESCALA:
URBAN	USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	1:100
P.R.		
ESTADO	ASIGNATURA:	CARRERA:
DE QUERÉTARO	IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	MTS.

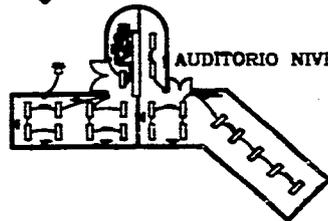
AUDITORIO NIVEL 2



AUDITORIO NIVEL 1



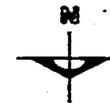
AUDITORIO NIVEL 0



PLANO 2.7 AUDITORIO FACULTAD DE CIENCIAS (DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN)

## SIMBOLOGÍA

- ▬ LAMPARA PLANEADORA DE CUNA TRAZO TIPO CLASICO
- ▬ LAMPARA PLANEADORA DE CUNA TRAZO TIPO CLASICO
- ▬ LAMPARA PLANEADORA DE CUNA TRAZO TIPO CLASICO
- ⊗ PUNTO TIPO BUNO DE 800 WATT
- ⊙ PUNTO TIPO BUNO BUNO A 1.50 MET. DEL PUNTO
- ⊙ PUNTO TIPO BUNO BUNO PLANEADO DE 400 WATT BUNO A 1.50 MET. DEL PUNTO
- PUNTO TIPO BUNO BUNO DE 400 WATT BUNO A 1.50 MET. DEL PUNTO
- PUNTO TIPO BUNO BUNO DE 400 WATT BUNO A 1.50 MET. DEL PUNTO
- PUNTO TIPO BUNO BUNO DE 400 WATT BUNO A 1.50 MET. DEL PUNTO
- ⌒ LÍNEA DE CORTES DE LAS LAMPARAS
- ▬ TRAZO TIPO DE ALUMBRADO



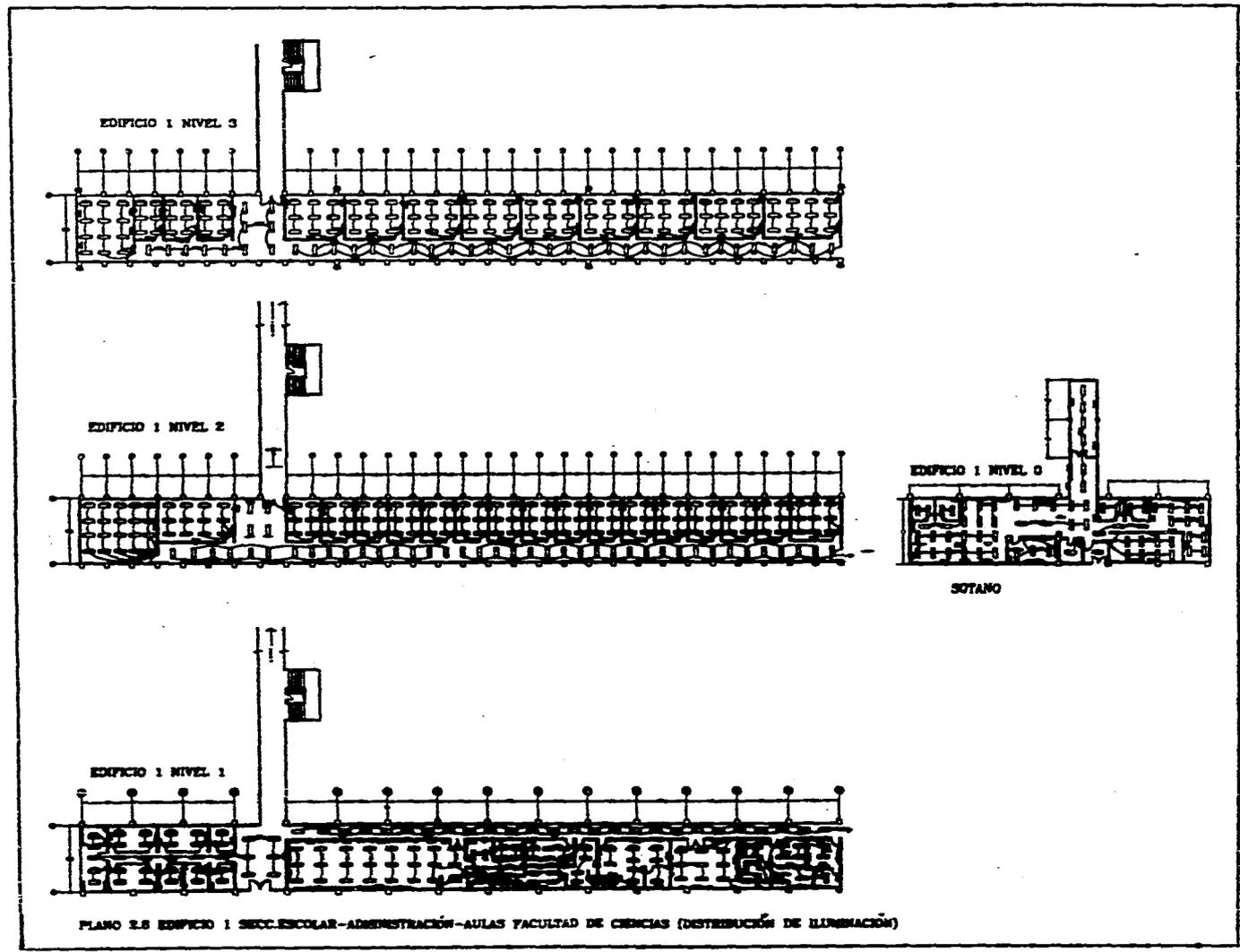
INSTITUCIÓN:	INSTITUTO DE FISICA	FECHA:	26/02/78
TÍTULO:	USO RACIONAL DE LA ENERGIA	ESCALA:	1:25
PROYECTISTA:	IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	HOJA:	001

# SIMBOLOGÍA

-  LUMINARIA FLUORESCENTE DE 60W WATTS TIPO BLOQUE
  -  LUMINARIA FLUORESCENTE DE 80W WATTS TIPO BLOQUE
  -  LÁMPARA INCANDESCENTE TIPO SPOT DE 75 WATTS.
  -  APARATO TIPO QUINCEN UNICADO A 1.80 MTS DEL PISO
  -  APARATO TIPO ESCALERA UNICADO A 1.80 MTS DEL PISO
  -  CONTACTO IMPERFORADO POLARIZADO DE 80W WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
  -  CONTACTO IMPERFORADO UNICADO DE 80W WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
  -  CONTACTO DUPLEX UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
  -  CONTACTO TIPO PUNTO DE 100W WATTS UNICADO A 30 CM. DEL PISO.
  -  CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UNICADO A 30 CM. DEL PISO
  -  LÍNEA DE CONEXIÓN ENTRE LÁMPARAS
  -  TABLERO TIPO PUNTO DE ALIMENTADO
  -  VENTILADOR
  -  L.P. LÁMPARA PENDEnte
  -  N.I. NO IDENTIFICADO
  -  N.C. NO CONECTADO
- VEN.-CM. VENTILADOR, MOVIL (MOVIL DEL TABLERO) -  
C.C. (CIRCUITO), PUNTO (DE CIRCUITO)



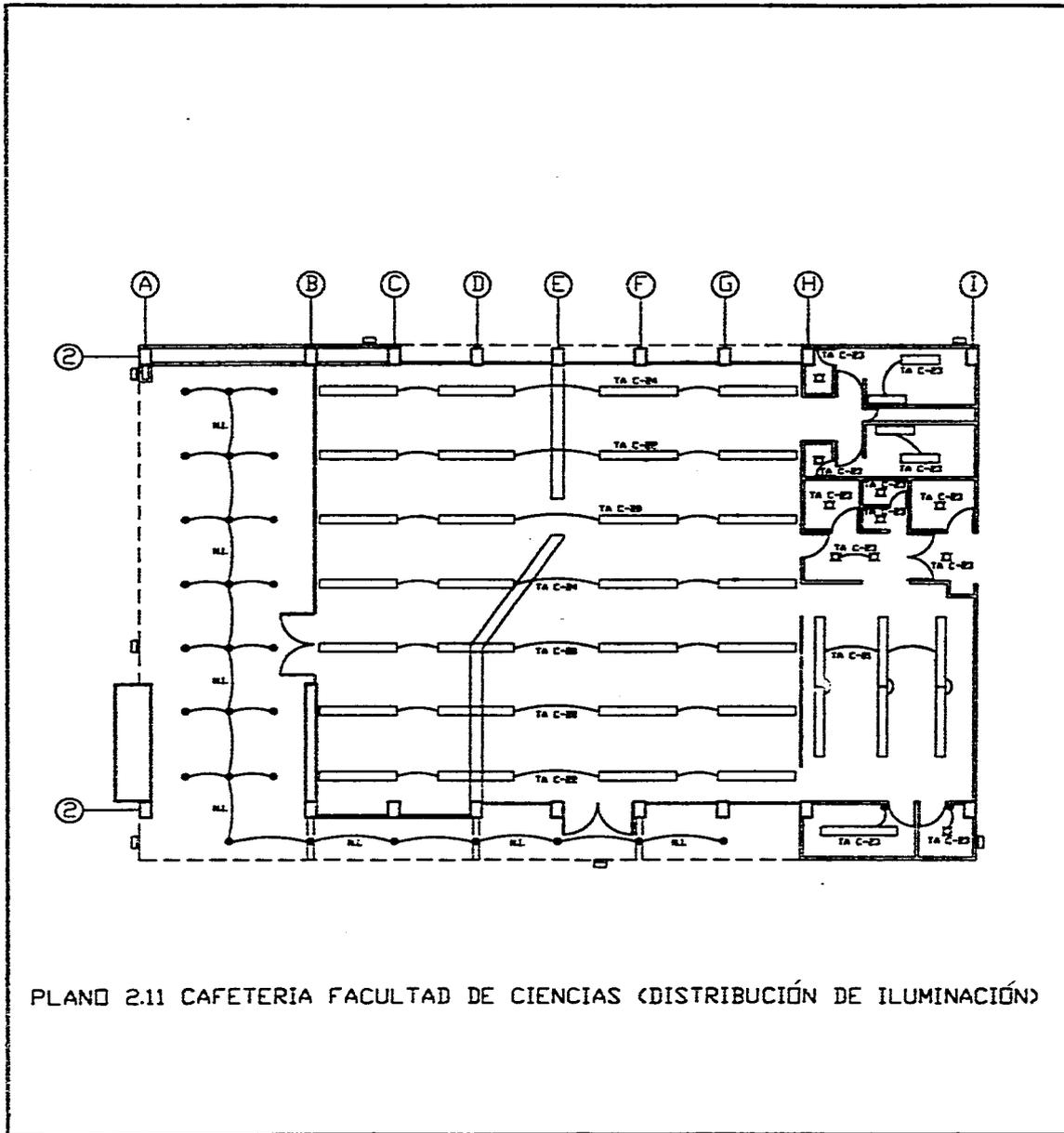
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO S.H.A.N P.I.E.	REFERENCIA: <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	FECHA: 08/05/95
	PROYECTO: <b>USO RACIONAL DE LA ENERGÍA</b>	ESCALA: 1:100
TÍTULO: <b>IDENTIFICACIÓN DE CARGAS</b>	AUTORES: M.T.S.	



PLANO 2.8 EDIFICIO I SECC. ESCOLAR-ADMINISTRACIÓN-AULAS FACULTAD DE CIENCIAS (DISTRIBUCIÓN DE ILUMINACIÓN)





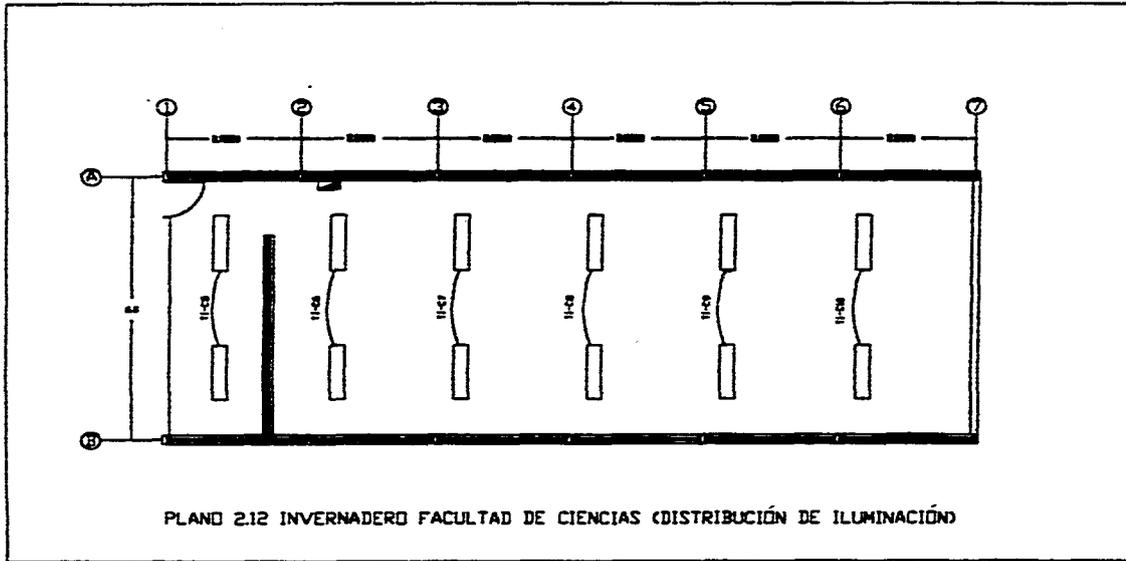


# SIMBOLOGÍA

- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 270 WATTS TIPO SLDLINE
  - LUMINARIA FLUORESCENTE DE 220 WATTS TIPO SLDLINE
  - LAMPARA INCANDESCENTE TIPO SPOT DE 75 WATTS.
  - APAGADOR TIPO QUINCERO UBICADO A 1.50 MTS DEL PISO
  - APAGADOR TIPO ESCALERA UBICADO A 1.50 MTS DEL PISO
  - CONTACTO MONOPOLARIZADO DE 200 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - CONTACTO MONOPOLARIZADO SENCILLO DE 200 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - CONTACTO DUPLEX UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - CONTACTO TRIPOLAR DE 1000 WATTS UBICADO A 30 CM. DEL PISO.
  - CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO A 30 CM. DEL PISO
  - LINEA DE CONEXION ENTRE LAMPARAS
  - TABLERO TRIPOLAR DE ALUMBRADO
  - VENTILADOR
  - LAMPARA FUNDIDA
  - N.I. NO IDENTIFICADO
  - N.E. NO ENERGIZADO
- TABL. - TABLERO, M. (MUEL), M. (MONT. DEL TABLERO) - C. (CIRCUITO), M. (MUEL DE CIRCUITO)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO U.N.A.M. P.U.E.	DEPENDENCIA: FACULTAD DE CIENCIAS	FECHA: 06/05/96
	PROYECTO: USO RACIONAL DE LA ENERGIA	ESCALA: 1:100
UBICACION: CAFETERIA CIENCIAS	CONTENIDO: IDENTIFICACION DE CARGAS	COTAS: MTS.



### SIMBOLOGÍA

[---] LÍNEAS PLANEADAS DE BARRAS PARA TUBO ELÉCTRICO  
 [●] CANTIDAD, TIPO Y FORMA DE BARRAS PARA TUBO ELÉCTRICO A 20 CM DEL PISO  
 [---] LÍNEA DE CANTIDAD DE BARRAS ELÉCTRICAS  
 [---] LÍNEA DE TIPO DE BARRAS ELÉCTRICAS  
 [---] LÍNEA DE FORMA DE BARRAS ELÉCTRICAS  
 [---] LÍNEA DE TIPO DE BARRAS ELÉCTRICAS

<b>PROYECTO:</b>	FACULTAD DE CIENCIAS	<b>FECHA:</b>	08/16/78
<b>DE DISEÑO:</b>	USO RACIONAL DE LA ENERGÍA	<b>ESCALA:</b>	1:100
<b>PROYECTO:</b>	IDENTIFICACIÓN DE CARGAS	<b>FECHA:</b>	07/73

Ciencias, la fecha de inicio o terminación del plano, la ubicación del edificio, el contenido del plano, etc. En el apéndice D mostramos la simbología que manejamos en los planos eléctricos contruidos para la Facultad de Ciencias.

## **2.12. Elaboración de los cuadros de carga**

Todas las cargas eléctricas presentes en el plano eléctrico actual se plasman en un formato preparado especialmente para ello, llamado *Cuadro de Cargas*, un ejemplo de esto es el que se muestra en la tabla 2.10. Este cuadro de cargas se compone de varias columnas: la primer columna se denomina *Circ. No.*, que es el número de circuito y se refiere a la posición que ocupa el interruptor termomagnético (*breaker*) dentro del tablero etiquetado como TPB2, la segunda columna se denomina *protec.* (protección), debido a que en ella se coloca el valor que aparece impreso en amperes en cada *breaker*.

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 éstos las que presentan lámparas fluorescentes deben de ser multiplicadas por 1.25 (factor general que se utiliza para los balastros), que al ser sumados con los demás valores de fila dan como resultado las cantidades asentadas en la columna de *Watts totales*, estos valores a su vez se colocan en su respectiva fase.

Finalmente, el cálculo del *desbalance máximo* de fases se realiza con la fórmula mostrada en la parte inferior de la tabla (tabla 2.10), al sustituir los valores correspondientes resulta una cantidad de 29.93%. Este porcentaje proporciona la información definitiva en cuanto a las condiciones eléctricas en que se encuentran cada uno de los recintos de la Facultad de Ciencias. Por norma, el valor porcentual debe mantenerse en un 3% como desbalance máximo para que la instalación eléctrica trabaje en condiciones óptimas.

En el siguiente capítulo procederemos a realizar el análisis técnico económico basado en la información recopilada hasta ahora.

CUADRO DE CARGAS DEL TABLERO		TPB2 MARCA SQUARE D 100 [A] 120/240 [V]																	
CIRC. No.	PROTEC. AMP.	L.FLUORESC			L.FLUORESC		SPOT 75W	HORNOS 150 W	CONTACTO M. 200W	CONTACTO 2 Ø 500 W	CONTACTO 3 Ø 1000W	M	E	WATTS TOTALES	F A S E S				
		1X38 W	2X38 W	3X38 W	1X75 W	2X75 W									A	B	C	D	
1	20		2			7								1507.5	1507.5				
2	20		6			4								1335	1335				
3	20		3			4								1042.5			1042.5		
4	20					8								1500			1500		
5	20					8								1500					1500
6	20																		
7	20																		
8	20																		
9	20					8								400	400				
10	20		3			13								1500			1500		
11	20					6								2730			2730		
12	20		4											1125					1125
13	20		5			5								390					390
14	20		4											1425	1425				
15	20													390	390				
16	20		1											800			800		
17	20		15											97.5			97.5		
18	30													1560					1560
19	30																		
20	30													2600	2600				
21	30													800			800		
22	30													1200			1200		
23	30													1800					1800
24	30													400					400
26																			
28																			
25,27,29	100																		
30																			
<b>TOTALES</b>			44			63			40					21455.0	6150		9530		5775

3 X 100 A  
PROTECCIÓN

UBICACIÓN: PANTA BAJA TORRETA

$$\text{DESBALANCE MAXIMO} = \frac{C_{\text{max}} - C_{\text{min}}}{C_{\text{max}}} = \frac{9570 - 6775}{9570} \times 100 = 29.93 \%$$

Tabla 2.10 Cuadro de cargas actual

---

## **CAPÍTULO TRES**

---

### **ELABORACIÓN DE PLANOS PROPUESTOS**

Como ha podido observarse, el factor más importante para proporcionar una iluminación adecuada y permitir, a la vez, un uso racional de la energía eléctrica, son las lámparas. Ellas se diferencian por su eficiencia luminosa, rendimiento de color, aspecto cromático, potencia, costo, vida útil y otros factores técnicos. Para seleccionar la alternativa idónea, deben analizarse tanto el aspecto técnico como el económico, ya que debe de haber una relación entre lo económicamente viable y lo que técnicamente presente una alternativa equivalente a las normas establecidas.

La razón principal por la que en este análisis sólo se toman en cuenta las luminarias de lámparas fluorescentes, es porque por su número son las que representan un porcentaje mayor en cuanto al total de carga por iluminación.

En este análisis se presentan las características de lámparas, balastos y reflectores especulares, cada una con su respectivo precio y proveedor, con el propósito de que a través de su análisis técnico se puedan escoger las alternativas de reemplazo más adecuadas, que nos servirán de base para que posteriormente, al realizar el análisis económico, se pueda encontrar la opción más viable. Enseguida, se procede a realizar el análisis que determinará el tiempo en que se recuperará la inversión del proyecto.

Es importante destacar que la U.N.A.M. tiene un presupuesto reducido y sería muy difícil el poder cambiar todos y cada uno de los elementos que pueden ocasionar un desperdicio de energía eléctrica. Aunado a esto es importante hacer mención que debido a la limitante económica no se pueden cambiar los gabinetes de las luminarias, ni se puede instalar cable eléctrico nuevo o mover algún dispositivo de su lugar (a excepción de cambios por efecto de reestructuración arquitectónica), por lo que el rango de operación en este estudio esta limitado a los elementos eléctricos existentes.

Al final de este estudio presentamos algunas características (técnicas) de fotoceldas que son elementos eléctricos de control que utilizamos y que nos ayudarán a complementar este análisis.

Como resultado del desarrollo de este análisis podremos presentar alternativas de solución tendientes a proporcionar un ahorro sustancial de energía eléctrica, siendo éstas las que se ocupan en el desarrollo de los planos eléctricos propuestos que se muestran al final de este capítulo.

### **3.1 Análisis técnico-económico**

Este análisis se basa primordialmente en la carga instalada de luminarias, con el fin de poder presentar algunas alternativas de solución para la reducción de energía consumida por la Facultad de Ciencias, así como también, ahorros económicos con respecto a la facturación.

#### **Análisis técnico**

Este estudio se basa en el análisis técnico de luminarias, ya que son las más representativas, comenzando por las lámparas fluorescentes y sus características, los balastos que se requieren para dichas lámparas, accesorios y costos por mano de obra de la instalación.

Es importante señalar que existen otras fuentes de iluminación artificial como lo son las lámparas de vapor de mercurio, de sodio y los focos de luz incandescente, pero para el

desarrollo de este estudio sólo se han tomado en cuenta las lámparas fluorescentes, ya que representan el mayor porcentaje de la carga en Watts instalados, por concepto de iluminación.

“Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, donde la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia. La descarga eléctrica se realiza en un tubo de longitud grande en relación con su diámetro, y en cuya pared interior lleva una fina capa de substancias minerales fluorescentes. En los extremos del tubo se sitúan los electrodos. El tubo está relleno de un gas noble, generalmente argón a una determinada presión y de una pequeña cantidad de mercurio. El rendimiento luminoso que se obtiene con estas lámparas es elevado.”<sup>3</sup>

En la tabla 3.1 se presentan las principales características dadas por el fabricante de lámparas fluorescentes, que intervienen en este estudio, como son: la potencia de la lámpara en Watts, la capacidad de iluminación proporcionada por la lámpara en lúmenes (lm), las dimensiones de la lámpara en milímetros (mm), el tipo de encapsulado de la lámpara, que varía dependiendo del diámetro de la lámpara, las horas de vida promedio de la lámpara, el precio más bajo del mercado en pesos (\$), así como el proveedor que la surte.

LÁMPARA	FLUJO LUMINOSO (lm)	DIMENSIONES (mm)	ENCAPSULADO TIPO	HORAS DE VIDA (hrs)	PRECIO (\$)	PROVEEDOR
17 W	1400	602X25	T - 8	20000	33.35	Electro Centro
20 W	1075	604X38	T - 12	12000	11.10	Eléctrica Larios
32 W	3050	1212X25	T - 8	20000	28.15	SELCA
34 W	2825	1219X38	T - 12	20000	11.00	Eléctrica Larios
40 W	2600	1219X38	T - 12	20000	10.70	SELCA
60 W	5200	2438X38	T - 12	12000	15.06	Electro Centro
75 W	5450	2438X38	T - 12	12000	13.33	Elec. Liberman

*Tabla 3.1. Características básicas de lámparas fluorescentes.*

<sup>3</sup> Fundamentos del uso racional de la energía en la iluminación y el alumbrado. J.J. Ambriz G. México D.F. 1989.

Teniendo en cuenta que las lámparas están prendidas un promedio de 15 hrs, durante 220 días al año, tendremos un equivalente a 3,300 hrs por año. El tiempo de vida de las lámparas con un promedio de vida de 12,000 hrs., será de 3 años, y de 6 años, para las que tienen un promedio de vida de 20,000 hrs.

El balastro es un dispositivo que por medio de inductancias, capacitancias o resistencias, solas o en combinación, limita la corriente de la lámpara al valor requerido para su operación correcta y proporciona la tensión y corriente de arranque.

Su función es limitar o controlar la intensidad de corriente, así como la regulación de la corriente necesaria para el precalentamiento de los electrodos y proporcionar la tensión para el encendido de la lámpara. Anteriormente los balastros requerían de un arrancador o cebador que tenía la función de precalentar los electrodos antes de aplicar la tensión de encendido. Actualmente existen dos tipos, los de arranque rápido, que al arrancar la luminaria parpadeará varias veces antes de encender por completo, y los de alta eficiencia que son de arranque instantáneo.

Es importante hacer notar que hay una pérdida en la eficiencia de la lámpara reflejada en su flujo luminoso debida al balastro, siendo ésta del 15 al 25% (información técnica del fabricante) del valor de la misma. Cabe mencionar que en la tabla 3.1 los valores de luminosidad que se presentan ya incluyen esta pérdida.

Otro dato técnico dado por el fabricante es la potencia de trabajo de la luminaria (lámpara y balastro), la cual se incrementa en un 25 % debido al propio consumo de energía del balastro.

En la tabla 3.2 se presentan los diferentes tipos de balastros que nos competen en este estudio, tomando en cuenta el tipo de balastro de acuerdo a cada lámpara, su tipo de arranque, sus horas de vida promedio, su precio y proveedor.

BALASTRO	TIPO	HORAS DE VIDA (hrs)	PRECIO (\$)	PROVEEDOR
2X17 W	Alta eficiencia	30000	76.30	Eléctrica Larios
2X20 W	Normal	20000	60.50	Eléctrica Liberman
1X32 y 2X32 W	Alta eficiencia	30000	86.05	Electro Centro
2X34 W	Normal	20000	79.93	Electro Centro
2X39 W	Normal	20000	54.05	Electro Centro
2X60 W	Normal	20000	117.30	Eléctrica Larios
2X75 W	Normal	20000	81.93	Eléctrica Marroquí

*Tabla 3.2. Características básicas de balastos.*

Con la idea de mejorar el nivel de iluminación se utiliza un reflector especular, que es una lámina que se coloca en la base de la luminaria y que tiene un acabado tipo espejo, y se caracteriza por su capacidad de reflejar la luz que emite la lámpara. El uso de éste tiene la ventaja de no permitir el desperdicio del flujo luminoso. En condiciones normales aumenta el flujo luminoso en un 50 % del valor total de la luminaria.

En la tabla 3.3 se muestran los reflectores especulares que se tomaron en cuenta para la realización de este estudio. Se mencionan sus dimensiones, el flujo luminoso que pueden proporcionar, su precio y proveedor, y su tiempo de vida, que para los reflectores especulares depende del servicio que se les dé.

REFLECTOR ESPECULAR	FLUJO LUMINOSO	TIEMPO DE VIDA	PRECIO (\$)	PROVEEDOR
1.22 X 0.30 M	LUMEN 2 x 40	Indeterminado	135.00	Ilumin. Baran
2.44 X 0.30 M	LUMEN 2 x 70	Indeterminado	270.00	Ilumin. Baran
0.60 X 0.60 M	LUMEN 4 x 20	Indeterminado	135.00	Ilumin. Baran

*Tabla 3.3. Características básicas de reflectores especulares.*

## Análisis de información

En el censo de iluminación realizado en el capítulo anterior, uno de los factores que se tomó en cuenta fue el flujo luminoso por metro cuadrado que presenta cada área, esto con el fin de poder determinar si la iluminación de un lugar de la Facultad de Ciencias es la adecuada para poder realizar el trabajo diario. A continuación presentamos tres ejemplos de los datos obtenidos de los formatos de trabajo que por norma se utilizan en el P.U.E. y que fueron tomados durante el recorrido de inspección. La tabla 3.4 nos muestra los 3 ejemplos, presentando únicamente su condición actual en cuanto al área ( $S = m^2$ ) que tienen, y su lectura de iluminación ( $W/m^2$  y  $lm/m^2$ ) medida en la inspección con respecto a la recomendada.

ILUMINACIÓN POR ÁREA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS			
	ÁREA	LECTURA ACTUAL	LECTURA RECOMENDADA
	( $m^2$ )	( $W / m^2$ -- $lm / m^2$ )*	( $W / m^2$ -- $lm / m^2$ )
Aula	83.96	17.24 -- 11524.99	15.43 -- 10314.17
Oficina	10.00	15.00 -- 10026.74	19.01 -- 12707.22
Laboratorio	75.84	17.93 -- 11986.96	16.70 -- 11163.10
• Cabe hacer mención que $1 \text{ lm} = 0.01496 \text{ W}$ . <sup>4</sup>			

*Tabla 3.4. Datos obtenidos de formatos utilizados en la inspección.*

De los datos de la tabla 3.4 podemos observar que la iluminación es adecuada tanto en el aula como en el laboratorio, ya que la lectura medida fue de 17.24 y 17.93  $W/m^2$  respectivamente y la recomendada es de 15.43 y 16.70  $W/ m^2$ . Para el caso de la oficina se tiene un problema en la iluminación que puede ser corregido si se emplea un reflector especular o cambiando las lámparas por nuevas, ya que la lectura que se realiza se hace sin tomar en cuenta el tiempo de vida que tienen las lámparas.

<sup>4</sup> Manual eléctrico Phelps Dodge. Pycsa México

Apoyados en la tabla 3.4 podemos proceder a realizar un análisis técnico que nos permitirá tener un parámetro de decisión más adecuado, por lo que procederemos en primera instancia a realizar el análisis del aula.

Se tienen 15 luminarias divididas como sigue: 9 de 2x40 W y 6 de 2x75 W. En la tabla 3.5 podemos ver el análisis realizado con cada una de las opciones, en donde se detalla cada opción de la siguiente manera:

- Columna A. Las opciones posibles en cuanto a la disposición que tienen las luminarias.
- Columnas B y C. Flujo luminoso en lúmenes de la primera y segunda opción respectivamente.
- Columna D. Flujo luminoso en lúmenes de reflector especular de las opciones 1 y 2, multiplicada por el 50% de iluminación que nos proporciona el reflector.
- Columnas E y F. Cantidad de luminarias de las opciones 1 y 2 respectivamente para el aula.
- Columnas G y H. Lúmenes totales sin y con reflector especular respectivamente. Se obtienen de la suma de lúmenes por la cantidad de luminarias. Cuando lleva reflector es necesario sumar a lo anterior sus lúmenes por cada luminaria.
- Columnas I y J. Lúmenes por metro cuadrado sin y con reflector especular. Se obtienen a partir de los lúmenes totales divididos entre el área del aula.
- Columnas K y L. Watts por metro cuadrado sin y con reflector especular. Se obtiene a partir de multiplicar los lúmenes/m<sup>2</sup> por el factor de conversión 0.01496.

A partir de los valores de las columnas K y L, podemos entonces, hacer las comparaciones adecuadas con respecto a los datos recomendados en el capítulo 2.

A		B	C	D		E	F
DISPOSICION DE LUMINARIAS		FLUJO LUMINOSO (Lm)	FLUJO LUMINOSO (Lm)	REFLECTOR ESPECULAR LUMENES		CANTIDAD LUMINARIAS	CANTIDAD LUMINARIAS
OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 1	OPCIÓN 2
1X32	1X75	3050	5450	1525	2725	9	6
1X32	1X60	3050	5200	1525	2600	9	6
1X32	2X60	3050	10400	1525	5200	9	6
1X34	1X75	2825	5450	1412.5	2725	9	6
1X34	1X60	2825	5200	1412.5	2600	9	6
1X34	2X60	2825	10400	1412.5	5200	9	6
1X39	1X75	2600	5450	1300	2725	9	6
1X39	1X60	2600	5200	1300	2600	9	6
1X39	2X60	2600	10400	1300	5200	9	6
2X32	1X75	6100	5450	3050	2725	9	6
2X32	1X60	6100	5200	3050	2600	9	6
2X32	2X60	6100	10400	3050	5200	9	6
2X34	1X75	5650	5450	2825	2725	9	6
2X34	1X60	5650	5200	2825	2600	9	6
2X34	2X60	5650	10400	2825	5200	9	6
2X39	1X75	5200	5450	2600	2725	9	6
2X39	1X60	5200	5200	2600	2600	9	6
2X39	2X60	5200	10400	2600	5200	9	6

Tabla 3.5 Análisis del aula para encontrar los Watts por m<sup>2</sup> de cada opción propuesta (continúa).

G	H	I	J	K	L
LUMENES TOTALES S/REFLECTOR	LUMENES TOTALES C/REFLECTOR	LUMEN / m <sup>2</sup> ÁREA=83.96 m <sup>2</sup> S/REFLECTOR	LUMEN / m <sup>2</sup> ÁREA=83.96 m <sup>2</sup> C/REFLECTOR	W/m <sup>2</sup> SIN REFLECTOR	W/m <sup>2</sup> CON REFLECTOR
60150	90225	716.41	1074.62	10.72	16.08
58650	87975	698.55	1047.82	10.45	15.68
89850	134775	1070.15	1605.23	16.01	24.01
58125	87187.5	692.29	1038.44	10.36	15.54
56625	84937.5	674.43	1011.64	10.09	15.13
87825	131737.5	1046.03	1569.05	15.65	23.47
56100	84150	668.18	1002.26	10.00	14.99
54600	81900	650.31	975.46	9.73	14.59
85800	128700	1021.92	1532.87	15.29	22.93
87600	131400	1043.35	1565.03	15.61	23.41
86100	129150	1025.49	1538.23	15.34	23.01
117300	175950	1397.09	2095.64	20.90	31.35
83550	125325	995.12	1492.68	14.89	22.33
82050	123075	977.25	1465.88	14.62	21.93
113250	169875	1348.86	2023.28	20.18	30.27
79500	119250	946.88	1420.32	14.17	21.25
78000	117000	929.01	1393.52	13.90	20.85
109200	161800	1300.62	1950.93	19.46	29.19

Tabla 3.5 Análisis del aula para encontrar los Watts por m<sup>2</sup> de cada opción propuesta.

Con el fin de tener una idea más clara del uso de los valores obtenidos en la tabla 3.5, a continuación presentamos un ejemplo de una de las alternativas que se nos presentan:

• Considerando:

a) Disposición de luminarias: luminaria 1 y luminaria 2. 1X32 y de 1X60.

b) Se tiene un flujo luminoso de: luminaria 1: 3050 lm (32 W) y luminaria 2: 5200 lm (60 W).  
Al tener 2 o más lámparas se tendría que multiplicar el flujo luminoso por esa cantidad de lámparas.

Reflector especular: para las luminarias de la opción 1: 1525 lm,  
para las luminarias de la opción 2: 2600 lm.

c) Cantidad de luminarias: 9 luminarias de 1X32 y 6 luminarias de 1X60.  
[además reflectores especulares (9 y 6 respectivamente)].

d) Lúmenes totales:

-sin reflector especular:  $9 \times 3050 \text{ lm (9 de 1X32)} = 27450 \text{ lm (luminaria 1)}$ .  
 $6 \times 5200 \text{ lm (6 de 1X60)} = 31200 \text{ lm (luminaria 2)}$ .  
total =  $27450 + 31200 = 58650 \text{ lm}$ .

-con reflector especular: 58650 (lúmenes sin reflector)  
 $9 \times 1525 \text{ lm (9 de 1X32)} = 13725 \text{ lm (ref. de luminaria 1)}$ .  
 $6 \times 2600 \text{ lm (6 de 1X60)} = 15600 \text{ lm (ref. de luminaria 2)}$ .  
total =  $58650 + 13725 + 15600 = 87975 \text{ lm}$ .

e) Lúmenes por área:

sin reflector especular:  $58650 \text{ lm} / 83,96 \text{ m}^2 = 698,55 \text{ lm} / \text{m}^2$ .  
con reflector especular:  $87975 \text{ lm} / 83,96 \text{ m}^2 = 1047 \text{ lm} / \text{m}^2$ .

f) Watts por área:

sin reflector especular:  $698,55 \text{ lm} / \text{m}^2 \times 0,01496 = 10,45 \text{ W} / \text{m}^2$ .  
con reflector especular:  $1047 \text{ lm} / \text{m}^2 \times 0,01496 = 15,68 \text{ W} / \text{m}^2$ .

Para poder tomar una decisión, se tiene la restricción en cuanto a las luminarias, ya que éstas no pueden ser cambiadas y si habrá de tomarse alguna determinación, la alternativa seleccionada debe adecuarse a los espacios arquitectónicos establecidos.

Como podemos observar existen muchas opciones que pueden cumplir con las especificaciones que por norma se recomiendan para la iluminación de un aula, principalmente en las que se utiliza reflector especular. Es importante aclarar que el propósito de este estudio es el de ahorrar energía, por lo que dicho factor es determinante en la toma de decisiones de las alternativas de solución.

Al tomar en cuenta la opción que más ahorro de energía presenta, podemos concluir que la que utiliza 9 luminarias de 1x32 más 6 de 1x60 (Watts) se nos presenta como la mejor opción, ya que técnicamente cubre con los requerimientos necesarios de iluminación, además son lámparas ahorradoras de energía y dan un flujo luminoso muy bueno, sobre todo la luminaria de 1x32 W en donde el flujo de iluminación es mejor que el actual.

La tabla 3.6 nos muestra el estudio realizado para un mayor número de aulas. Aquí solamente presentamos las que tienen luminarias de 2X40 únicamente, debido a que el listado general de aulas, oficinas, laboratorios, servicios y talleres es muy extenso, y a que nuestro propósito es el de comprobar que las alternativas presentadas se justifiquen, siendo que los resultados son similares en los demás tipos de luminarias según sus diferentes alternativas. En esta tabla se puede observar el flujo luminoso con respecto al área de cada una, en relación a las posibles soluciones de 32 y 34 Watts.

El procedimiento para analizar cada uno de los espacios físicos de la Facultad de Ciencias es similar, por lo que no se presentan, ya que es muy extenso. Si se desea mayor información del mismo se puede solicitar al P.U.E.

D I M E N C I O N E S						
A	B	C	D	E	F	G
LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)	ÁREA DEL LOCAL [S] (m <sup>2</sup> )	POTENCIA INSTALADA [P] A 32 W (WATTS)	POT./ÁREA PROPUESTA A 32 W SIN REFLECTOR (W/m <sup>2</sup> )	POT./ÁREA PROPUESTA A 32 W CON REFLECTOR (W/m <sup>2</sup> )
9.20	8.50	2.10	78.20	640.00	8.18	12.28
9.00	6.10	2.10	54.90	768.00	13.99	20.98
6.00	4.20	2.10	25.20	192.00	7.62	11.43
6.00	6.00	2.15	36.00	288.00	8.00	12.00
8.50	6.10	2.10	51.85	384.00	7.41	11.11
7.10	6.00	2.10	42.60	576.00	13.52	20.28
8.00	6.00	2.10	48.00	768.00	16.00	24.00
6.00	3.90	1.95	23.40	192.00	8.21	12.31
6.90	6.00	1.95	41.40	576.00	13.91	20.87
6.90	6.00	1.95	41.40	288.00	6.96	10.43
6.90	6.00	1.95	41.40	576.00	13.91	20.87
6.00	3.90	1.95	23.40	192.00	8.21	12.31
9.00	6.00	1.95	54.00	768.00	14.22	21.33
9.00	9.00	1.90	81.00	1024.00	12.64	18.96

Tabla 3.6 Estudio de aulas con luminarias de 2x40 W y sus propuestas (Continúa).

H	I	J
POTENCIA INSTALADA [P] A 34 W (WATTS)	POT./ÁREA PROPUESTA A 34 W SIN REFLECTOR (W/m <sup>2</sup> )	POT./ÁREA PROPUESTA A 34 W CON REFLECTOR (W/m <sup>2</sup> )
847.60	403.62	1271.4
1017.12	484.34	1525.68
508.56	242.17	762.84
254.28	121.09	381.42
381.42	177.40	572.13
1017.12	484.34	1525.68
762.84	363.26	1144.26
508.56	242.17	762.84
254.28	130.40	381.42
762.84	391.20	1144.26
762.84	391.20	1144.26
762.84	391.20	1144.26
254.28	130.40	381.42
381.42	195.60	572.13
1017.12	521.60	1525.68
1017.12	521.60	1525.68

Tabla 3.6 Estudio de aulas con luminarias de 2x40 W y sus propuestas.

Como resultado del desarrollo anterior se pueden definir las propuestas de solución, que en promedio cumplen con las necesidades técnicas y con la consigna de ahorrar energía, por lo que a continuación se presentan las propuestas para cada tipo de luminaria (tabla 3.7).

LUMINARIA ACTUAL	LUMINARIA PROPUESTA
2 X 40 W	1 X 32 W con reflector especular
2 X 75 W	1 X 60 W con reflector especular
4 X 20 W	2 X 17 W con reflector especular

*Tabla 3.7 Propuesta técnica más recomendable para cada tipo de luminaria.*

### **Análisis económico**

Para conocer si una alternativa de solución al problema de ahorro de energía es totalmente viable, procederemos a realizar el análisis económico, con el fin de poder justificar la inversión.

Al analizar un proyecto normalmente la tendencia al elegir una solución es tendiente a buscar aquella que sea la más económica, sin pensar que un proyecto está definido para un cierto tiempo y que por lo mismo implicará una serie de gastos por concepto de mantenimiento durante la vida útil del mismo.

En el caso particular de este estudio, se han incluido dos factores que cubren los costos de mantenimiento, estos son, el costo por concepto de mano de obra para la instalación y el 2.91<sup>5</sup> % del costo total de la posible solución por concepto de materiales diversos que se puedan llegar a necesitar para la instalación y durante la vida útil de los elementos eléctricos. Estos dos factores, sumados a los costos de lámparas, balastos y reflectores especulares nos dan en total un costo que al ser traducido a un periodo de vida del proyecto nos genera el costo de inversión que se tendrá que realizar. Al tener la información de la inversión, es necesario considerar también, el tiempo que deberá transcurrir para poder recuperar dicha inversión.

---

<sup>5</sup> Dato del P.U.E.

Como primer paso debemos proceder a calcular el ahorro por concepto de energía de una lámpara más eficiente, tomando en cuenta la vida promedio de la lámpara, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Total ahorrado} = \frac{\text{Vida útil (lámpara)} \times \text{Watts ahorrados (lámpara)}}{1,000} \times \text{Costo del kWh}$$

Para calcular el ahorro anual los Watts ahorrados se sacan por año, teniendo en cuenta que en promedio se trabajan 15 hrs diarias durante 220 días durante el año y mediante el siguiente procedimiento:

$$15 \times 220 = 3300 \text{ hrs.} \qquad \text{Vida útil (lámpara)} / 3300 = \text{Años de vida}$$

$$\text{Ahorro anual} = \text{Total ahorrado} / \text{años de vida}$$

El estudio para determinar las mejores soluciones o la mejor se determina mediante el cálculo de una serie de parámetros que en su conjunto nos permitirá tomar la decisión, se basa en los métodos del Valor Presente Neto, Costo Anual, El Beneficio por concepto de ahorro de energía en relación con el costo anual, el periodo de recuperación de la inversión y el ahorro de energía con respecto al consumo.

El Valor Presente Neto (VPN) es el costo capitalizado de una serie de inversiones durante un periodo determinado de tiempo, que normalmente es en años. La fórmula que lo define está dada por:

$$\text{VPN} = P \frac{1}{nt \times F.u.}$$

donde: P es el valor presente del dinero o lo equivalente a la inversión inicial.

n es el interés que se paga durante el periodo de vida del proyecto.

t es el periodo de vida del proyecto.

F.u. es el flujo uniforme de la variación constante del dinero con respecto al tiempo.

El costo anual o anualidad equivalente (C.A.) es el valor presente neto dividido entre el número de periodos en el que se encuentra realizado un estudio (normalmente en años), su fórmula está dada por:

$$C.A. = VPN / t .$$

Beneficio es la ganancia en pesos que se obtiene como resultado de una inversión realizada. La ecuación que lo define será:

$$\text{Beneficio} = (\text{No. de lámparas}) (\text{Ahorro en \$ (anual)})(t)$$

Cuando se relaciona el Beneficio con los costos o gastos que se harán, se obtiene una razón de proporción que debe ser de un valor mayor que uno y en porcentaje debe de ser mejor que el interés bancario que significaría depositar el dinero en el banco.

El periodo de recuperación debe de ser el menor tiempo posible para recuperar la inversión que se realiza. Para calcular este tiempo tenemos:

$$\text{Periodo de recuperación} = VPN / \text{beneficio}.$$

El ahorro de energía con respecto al consumo que se realiza debe de ser de un porcentaje lo suficientemente alto, ya que éste se verá reflejado en la facturación.

Para nuestro caso de alternativas tenemos que para una sola lámpara se tendrán los valores de ahorro de energía en Watts y pesos (\$), como se muestra en la tabla 3.8. Cabe aclarar que la diferencia entre las columnas de total ahorrado y la de ahorro anual es que en la primera se ponen los datos de lo que la lámpara ahorrará a lo largo de toda su vida útil y en la segunda sólo lo que ahorrará en un año.

WATTS ACTUALES	LÁMPARA PROPUESTA	WATTS AHORRADOS (Watts)	TOTAL AHORRADO en pesos (Costo de kWh = \$ 0.35) (\$)	AHORRO ANUAL (\$)
20 W	17 W	03	21.00	3.50
39 W	32 W	07	49.00	8.17
39 W	34 W	05	21.00	5.77
75 W	60 W	15	105.00	17.50

*Tabla 3.8 Ahorro de energía en Watts y en pesos por lámpara.*

Para el total de las lámparas tenemos el análisis económico completo que en la tabla 3.9 se presenta, con el propósito de definir las opciones que satisfagan mejor este estudio. Para una mayor aclaración de lo que significa cada columna, al final de la tabla se hace mención de la información contenida en cada una de ellas.

A		B	C	D	E	F	G
NUMERO DE LÁMPARAS	CAPACIDAD EN WATTS DE C/LÁMPARA	WATTS TOTALES DE CARGA	COSTO DE LÁMPARAS (\$)	COSTO DE BALASTROS (\$)	COSTO DEL REFLECTORES (\$)	COSTO POR MANO DE OBRA	
7222	2X34	34	306935	78442	288735.56	487485	180550
7222	2X32	32	288880	203299.3	310723.55	487485	180550
7222	2X39	39	352072.5	77275.4	186174.55	487485	180550
3611	1X34	34	153469.5	39721	288735.56	487485	180550
3611	1X32	32	144440	101649.65	310726.55	487485	180550
3611	1X39	39	176036.25	38637.7	186174.55	487485	180550
1639	2X75	75	122925	21847.87	65527.22	no utiliza	40975
1639	2X60	60	98340	24683.34	65527.22	no utiliza	40975
1639	2X60	60	98340	24683.34	65527.22	974970	40975
819.5	1X75	75	61462.5	10923.935	32763.61	974970	40975
819.5	1X60	60	49170	12341.67	32763.61	974970	40975
1769	4X20	20	35380	19635.9	70724.62	no utiliza	88450
1769	4X17	17	30073	58996.15	70724.62	no utiliza	88450
884.5	2X17	17	15036.5	29496.075	35362.31	487485	44225
884.5	2X20	20	17690	9817.95	35362.31	487485	44225

*Tabla 3.9 Análisis económico (Continúa).*

H	I	J	K	L	M	N
COSTO DE MATERIALES DIVERSOS	SUMA DE COSTOS GENERADOS	TASA DE INTERÉS BANCARIO	ANOS DE VIDA DEL ESTUDIO	INTERESES EN EL TIEMPO	FUNCIÓN $e^{nt}$	FLUJO UNIFORME
38565.00	1363504.11	0.45	10	4.5	90.02	0.220
43440.11	1536227.51	0.45	10	4.5	90.02	0.220
33047.69	1168707.19	0.45	10	4.5	90.02	0.220
26997.9	1025489.48	0.45	10	4.5	90.02	0.220
31439.97	1111851.17	0.45	10	4.5	90.02	0.220
26243.76	928091.01	0.45	10	4.5	90.02	0.220
5735.79	202841.93	0.45	10	4.5	90.02	0.220
7505.00	268399.96	0.45	10	4.5	90.02	0.220
13944.08	493122.12	0.45	10	4.5	90.02	0.220
9902.89	350208.46	0.45	10	4.5	90.02	0.220
10787.63	381496.65	0.45	10	4.5	90.02	0.220
6259.71	221370.11	0.45	10	4.5	90.02	0.220
6218.45	290639.3	0.45	10	4.5	90.02	0.220
7583.48	268201.91	0.45	10	4.5	90.02	0.220
6604.61	233567.32	0.45	10	4.5	90.02	0.220

Tabla 3.9 Análisis económico (continúa).

O	P	Q	R	S	T	U
VALOR PRESENTE NETO	ANUALIDAD EQUIVALENTE	AHORRO DE ENERGÍA POR C/LÁMPARA	VIDA PROMEDIO DE LÁMPARA	COSTO DEL Kwh (\$)	AHORRO ANUAL (\$)	BENEFICIO POR AHORRO DE ENERGÍA
1376621.43	205120.57	6	20000	0.35	7	505540
1353485.17	268399.96	8	30000	0.35	9.33	674053.33
1181836.21	498661.75	1	20000	0.35	1.167	84256.67
1037009.6	103700.6	46	20000	0.35	53.67	1937903.33
1124341.47	112434.15	48	30000	0.35	64.00	3033240.0
938516.69	93851.7	41	20000	0.35	47.83	1727261.67
133568.894	13356.8894	0	12000	0.35	0.000	0.000
136519.856	13651.9856	15	12000	0.35	10.500	172095
136800.635	13680.0635	15	12000	0.35	10.500	172095
88385.9814	8838.59814	75	12000	0.35	52.5	215118.75
89861.3425	8986.13425	90	12000	0.35	63.0	258142.5
186081.08	18608.108	0	12000	0.35	0.000	0
227041.745	22704.1745	3	20000	0.35	3.500	61915
113661.362	11366.1362	23	20000	0.35	26.83	116670.42
93181.0293	9318.10293	20	12000	0.35	14.0	61915

Tabla 3.9 Análisis económico (continúa).

V	W	X	Y	Z
RELACIÓN BENEFICIO COSTO	PERIODO DE RECUPERACIÓN (AÑOS)	CONSUMO ANUAL POR LUMINARIA ACTUAL (kWh)	AHORRO POR CONSUMO (\$/kWh)	INVERSIÓN INICIAL
0.37	2.13	953304.00	0.053	1086368.35
0.43	1.79	953304.00	0.071	1183827.89
0.07	12.77	953304.00	0.088	1084136.7
1.87	0.54	953304.00	0.20	1025489.46
2.70	0.37	953304.00	0.32	1111851.17
1.84	0.54	953304.00	0.18	928091.01
0	0	405652.5	0	132085.078
0.32	3.11	405652.5	0.021	135003.06
0.17	5.80	405652.5	0.021	135280.917
0.61	1.65	405652.5	0.053	87404.0821
0.67	1.49	405652.5	0.064	88863.0731
0	0	233508.00	0	184013.908
0.21	4.75	233508.00	0.028	224519.539
0.88	1.14	233508.00	0.10	112398.688
0.52	1.90	233508.00	0.053	92145.8818

*Tabla 3.9 Análisis económico.*

COLUM: A Número de lámparas.

COLUM: B Watts por cada lámpara.

COLUM: C Demanda total en Watts de todas las lámparas.

COLUM: D Costo total de las lámparas.

COLUM: E Costo total de los balastros.

COLUM: F Costo total de los reflectores especulares.

COLUM: G Costo total por concepto de mano de obra.

COLUM: H Costo total por concepto de materiales diversos. Es igual al 2.9 % del costo total de la luminaria.

COLUM: I Costo total en el presente de los costos anteriores.

COLUM: J Tasa de interés bancaria que para este estudio se tomo la activa bancaria (n).

COLUM: K Periodo de tiempo que comprende este análisis (t).

COLUM: L Interés total generado en el periodo de tiempo del análisis.

COLUM: M Función exponencial de  $n \cdot t$ . Este resultado nos servirá para calcular el valor presente neto.

COLUM: N Flujo uniforme. Es la variación en % que sufrirá el costo presente. Su fórmula está dada por:

$$F.u. = (e^{n*t} - 1) / (n*t * e^{n*t}).$$

COLUM: O Valor presente neto (ya se definió con anterioridad).

COLUM: P Anualidad equivalente (ya se definió con anterioridad).

COLUM: Q Ahorro en Watts por cada lámpara.

COLUM: R Vida promedio de la lámpara.

COLUM: S Costo del kWh con el que actualmente se factura.

COLUM: T Ahorro en pesos (\$) de cada lámpara (((Ahorro\* vida)/1000)\*costo kWh)/ años de vida

COLUM: U Beneficio en pesos (\$) del ahorro total de cada opción en el periodo t.

COLUM: V Relación beneficio / costo (se toma como base el Valor Presente Neto).

COLUM: W Periodo de recuperación de la inversión = VPN / Beneficio.

COLUM: X Consumo anual en kWh de las luminarias actuales = Número de luminarias x Watts totales de luminaria x hrs. de consumo anual. Todo esto entre mil para dar el valor en kWh.

COLUM: Y Ahorro entre consumo total dado en \$ / kWh. = Beneficio / consumo anual de luminaria. Nos proporciona el ahorro por kWh durante un años.

COLUM: Z Inversión inicial

---

*Tabla 3.9 Análisis económico.*

Con el fin de tener una idea más clara de este análisis, a continuación presentamos un ejemplo tomado de una de las filas de datos y lo desarrollaremos paso a paso.

Tomamos como datos los siguiente: 3611 lámparas de 32 W (luminarias de 1X32). Lo que nos da una carga total de 144440 Watts.

Costos: Lámpara =	\$ 101,649.65 m.n.
Balastro =	\$ 310,726.55 m.n.
Reflector especular =	\$ 487,485.00 m.n.
Mano de obra =	\$ 180,550.00 m.n.
Subtotal =	\$ 1'086,411.20 m.n.
2.91 % del subtotal por materiales diversos:	\$ 31,439.97 m.n.
Costo total Presente (P) =	\$ 1'111,185.17 m.n.

Como datos adicionales se tiene una tasa de interés del 45 % en un estudio que se realiza a diez años, por lo que el interés acumulado al final de este tiempo será de  $0.45 (10) = 4.5$ .

Para encontrar el Valor Presente Neto tenemos que:

$$VPN = P \frac{1}{nt \times F.u.} = 1'111,185.17 \frac{1}{4.5 \times 0.22} = \$ 1'124,341.47 \text{ m.n.}$$

donde  $F.u. = (e^{nt} - 1) / (n \times t \times e^{nt}) = (e^{4.5} - 1) / (4.5 \times e^{4.5}) = 0.220$

La Anualidad Equivalente o Costo Anual será:

$$C.A. = VPN / t = \$ 1'124,341.47 \text{ m.n.} / 10 \\ = \$ 112,434.15 \text{ m.n.}$$

Para este caso tenemos que el ahorro por cada luminaria será de 48 W, se tiene que el tiempo de vida promedio de cada lámpara es de 30000 hrs., que el costo del kWh es de \$ 0.35 m.n., y que los años de vida de la lámpara de 32 W son 9 (hrs. de vida / hrs. de consumo anual = 3000/3300 hrs. = 9 años). El ahorro anual en pesos será:

$$\text{Ahorro anual en pesos} = \left( \frac{\text{Ahorro (luminaria)} \times \text{Vida útil}}{1000} \times \text{costo (kWh)} \right) / \text{Años de vida}$$

$$= \left( \frac{48 \times 30000}{1000} \times 0.35 \right) / 9 = \$ 84.00 \text{ m.n.}$$

El beneficio en pesos en el total del tiempo considerado en el estudio será entonces:

$$\begin{aligned} \text{Beneficio} &= \text{Número de lámparas} \times \text{Ahorro anual en pesos} \times \text{el tiempo} \\ &= 3611 \times 84.00 \times 10 = \$ 3'033,240.00 \text{ m.n.} \end{aligned}$$

La relación del Beneficio / costo está dada por un valor sin unidades y será entonces:

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{VPN}} = \frac{\$ 3'033,240.00 \text{ m.n.}}{\$ 1'124,341.47 \text{ m.n.}} = 2.70$$

El periodo de recuperación es la relación del VPN / Beneficio por lo que éste será:

$$\frac{\text{VPN}}{\text{Beneficio}} = \frac{\$ 1'124,341.47 \text{ m.n.}}{\$ 3'033,240.00 \text{ m.n.}} = 0.37 \text{ años.}$$

El ahorro en relación al consumo actual (luminaria actual) expresado en pesos / kWh nos presenta el ahorro por cada kWh consumido durante el año, se obtiene de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Consumo anual actual} &= \frac{\text{Número de luminarias} \times \text{Watts totales de la luminaria} \times \text{hrs. al año}}{1000} \\ &= \frac{3611 \times 80 \times 3300}{1000} = 953304 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro anual} = \frac{\text{Beneficio total} \quad \$ 3'033,240.00 \text{ m.n.}}{\text{Años de vida del estudio} \quad 10} = \$ 303,324.00$$

$$\frac{\text{Ahorro anual} \quad \$ 303,324.00}{\text{Consumo anual actual} \quad 953304 \text{ kWh}} = 0.32 \text{ \$ / kWh Ahorrados}$$

La inversión inicial es el costo total presente obtenidos en la columna I y es igual a:

$$P = \$ 1'111,851.17 \text{ m.n.}$$

Como resultado de este análisis económico tenemos que ir viendo cada una de las propuestas para poder presentar como finalidad última, la mejor opción que satisfaga las necesidades de ahorro de energía. La decisión que se tomó se basó en los diferentes parámetros de definición como lo son el Valor Presente Neto, Anualidad equivalente, Beneficio, periodo de recuperación y Ahorro anual por kWh., teniendo como resultado las alternativas que a continuación se presentan:

#### Luminaria de 2x40.

Opción de 1x32 con reflector especular.- ya que la inversión es aceptable, el beneficio por ahorro de energía es mejor que en cualquier opción y por lo mismo el tiempo de recuperación es menor y el beneficio sobre el costo es mayor. El ahorro sobre el consumo es excelente.

#### Luminaria de 2x75.

Opción de 1x60 con reflector especular.- ya que la inversión es más baja, se tiene un beneficio muy bueno. El periodo de recuperación es muy bueno y el ahorro sobre el consumo es muy bueno.

Luminaria de 4x20.

Opción de 2x17 con reflector especular.- La mejor opción, ya que el ahorro de energía es excelente, por lo que nos proporciona el mejor beneficio y la inversión es la mejor. El tiempo de recuperación es muy bueno

#### Costos de inversión y tiempo de recuperación.

Después del análisis técnico-económico y con el fin de poder justificar todavía más las alternativas que se han elegido a continuación presentamos información más detallada de los costos de inversión y su tiempo de recuperación.

La tabla 3.10 nos muestra los costos de inversión y el tiempo de recuperación de las alternativas de solución que se han propuesto por considerarlas como las mejores.

LUMINARIA ACTUAL (W)	LUMINARIA RECOMENDADA (W)	COSTO DE INVERSIÓN (\$)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (años)
2X40	1X32 con reflector	1124341.47	0.37 (4.15 meses)
2X75	1X60 con reflector	385782.31	1.49 (17.26 meses)
4X20	2X17 con reflector	271214.83	1.14 (13.20 meses)

*Tabla 3.10. Costo de inversión y tiempo de recuperación.*

Como podemos observar en la tabla 3.10, las alternativas elegidas son viables en muy buena medida, ya que a pesar de que la inversión no es la más barata, el tiempo de recuperación es mejor, esto se debe a que los beneficios por concepto de ahorro de energía son mayores, y estos beneficios reditúan a fin de cuentas en un pago por facturación menor.

Con el fin de poder justificar que la alternativa elegida es la mejor, a continuación se hace un comparativo de cada una de las posibles soluciones que se manejaron.

Para el caso de la luminaria de 2X40 W se ha elegido una de 1X32 W con reflector especular. Comparando esta solución con respecto a las otras posibles que se presentan en la tabla 3.11 ,

se tiene que para el caso de la luminaria con lámpara de 39 Watts es la más económica, seguida de la de 34 W; sin embargo el ahorro por concepto de energía es mejor en la lámpara de 32 W, por lo que el beneficio que se obtiene es mejor que en cualquiera de las otras y al haber mayor beneficio el tiempo de recuperación es mejor. En el caso de la lámpara de 34 W que también presenta un ahorro substancial es una buena opción, y en la de 39 W definitivamente su resultado es inferior.

LUMINARIA PROPUESTA (W)	COSTO DE INVERSIÓN (\$)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (años)
1X32	1124341.47	0.37 (4.15 meses)
1X34	1037009.60	0.53 (6.11 meses)
1X39	938516.99	0.55 (6.18 meses)

*Tabla 3.11. propuestas de solución para luminaria de 2x40.*

Para el caso de la luminaria de 2X75 W se ha elegido una de 1X60 W con reflector especular. Las posibles soluciones se muestran en la tabla 3.12, que al ser comparadas es posible observar que el beneficio es mucho mejor en la propuesta elegida sobre las otras dos opciones. El tiempo de recuperación en el caso de utilizar una luminaria de 1X75 es bueno, sin embargo el de la alternativa elegida es mejor. Al considerar el beneficio que se tendrá por concepto de ahorro de energía, será mejor para la de 1X60 y esto lo podemos ver más claro al checar el ahorro que se producirá por kwh. Para el caso de la propuesta de 2X60 definitivamente se sale fuera de contexto con respecto a las otras debido a que el beneficio es mucho menor.

LUMINARIA PROPUESTA (W)	COSTO DE INVERSIÓN (\$)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (años)
1X75	354142.63	1.65 (19.24 meses)
1X60	385782.31	1.49 (17.26 meses)
2X60	498661.75	5.80 (69.18 meses)

*Tabla 3.12. propuestas de solución para luminaria de 2x75.*

Para el caso de la luminaria de 4X20 W se ha elegido una de 2X17 W con reflector especular. Las soluciones más viables son dos, la elegida y la alternativa de luminaria de 2X20 W. En el

caso de estas dos, las diferencias son mínimas, el beneficio es mejor en la que se eligió, al igual que el tiempo de recuperación. Aunque el costo de inversión es mejor en la solución de 2X20, esto no es suficiente como para inclinarse por ésta. Para el caso del ahorro por consumo de kwh, la elección de la luminaria de 2X17 es mucho mejor que cualquier otra. En la tabla 3.13 podemos ver claramente los beneficios de nuestra elección.

LUMINARIA PROPUESTA (W)	COSTO DE INVERSIÓN (\$)	TIEMPO DE RECUPERACIÓN (años)
2X17	271214.83	1.14 (13.20 meses)
2X20	236191.16	1.90 (22.24 meses)

*Tabla 3.13. propuestas de solución para luminaria de 4X20.*

Como conclusión de este estudio podemos decir que es importante que las alternativas de solución cumplan en lo técnico y en lo económico, ya que es importante que cumplan con los niveles de iluminación mínimos recomendados y que a su vez presenten un beneficio económico en el menor tiempo posible, toda vez, que se haya recuperado la inversión.

Otro dispositivo que se propone aunque no se realiza su estudio por el bajo número de elementos, son las fotoceldas y a continuación presentamos una breve descripción de ellas.

Las fotoceldas son dispositivos actuadores que funcionan por medio de la detección o no de luz natural. Cuando la luz del día es insuficiente, se conecta automáticamente, encendiendo la luz del circuito al cual este conectado. Se utilizan principalmente para alumbrado público o en lugares como pasillos y áreas comunes.

Con la información total de los formatos de trabajo se pudieron entonces realizar los plauos actuales y a partir de estos proponer nuevas alternativas, reflejadas en los planos propuestos, tomando en cuenta que la consigna es la de reducir al máximo el número de lámparas y cumplir con las especificaciones de lumenes/m<sup>2</sup>.

### **3.2 Planos propuestos**

En este apartado presentamos el resumen final del trabajo desarrollado en la Facultad de Ciencias. Con base en estos resultados conformamos la base primaria para el desarrollo de los planos propuestos. Entre los principales resultados tenemos:

- Los planos eléctricos actuales de alumbrado y fuerza de la Facultad.
- Los cuadros de carga actuales con su balance.
- Los elementos eléctricos escogidos como idóneos para las instalaciones de la facultad, después de efectuar el estudio técnico-económico apropiado.

La elaboración de los planos eléctricos propuestos se realizó de la siguiente manera:

Primero comenzamos cambiando en el plano actual de luminarias, específicamente en el cuadro de simbologías, los valores de potencia de las lámparas fluorescentes actuales por los watts de las lámparas propuestas, es decir, las lámparas de 2X75 W se cambiaron por las de 1X60 W y las de 2X39 W se reemplazaron por las de 1X32 W. Enseguida se agregaron otros elementos eléctricos que a nuestro criterio y teniendo en cuenta el estudio analítico previo de ahorro de energía, son los adecuados para mejorar el funcionamiento de la red y lograr una mejor utilización de la energía, en nuestro caso se propusieron apagadores y fotoceldas.

En segundo lugar se tomaron los planos actuales de contactos y se les agregaron los contactos que consideramos hacían falta y los que solicitaron por parte del personal de la dependencia; sin embargo, este punto está sujeto a la cantidad de carga existente en el lugar, dicho parámetro nos indica la conveniencia de agregar los contactos antes referidos.

Finalmente, teniendo los dos pasos anteriores terminados, comenzamos a redistribuir los circuitos de los elementos y los cuadros de carga actuales, la finalidad fue la de distribuir adecuadamente los circuitos en los tableros, para lograr un desbalance por abajo del 3% (valor reglamentario recomendado por la NOM).

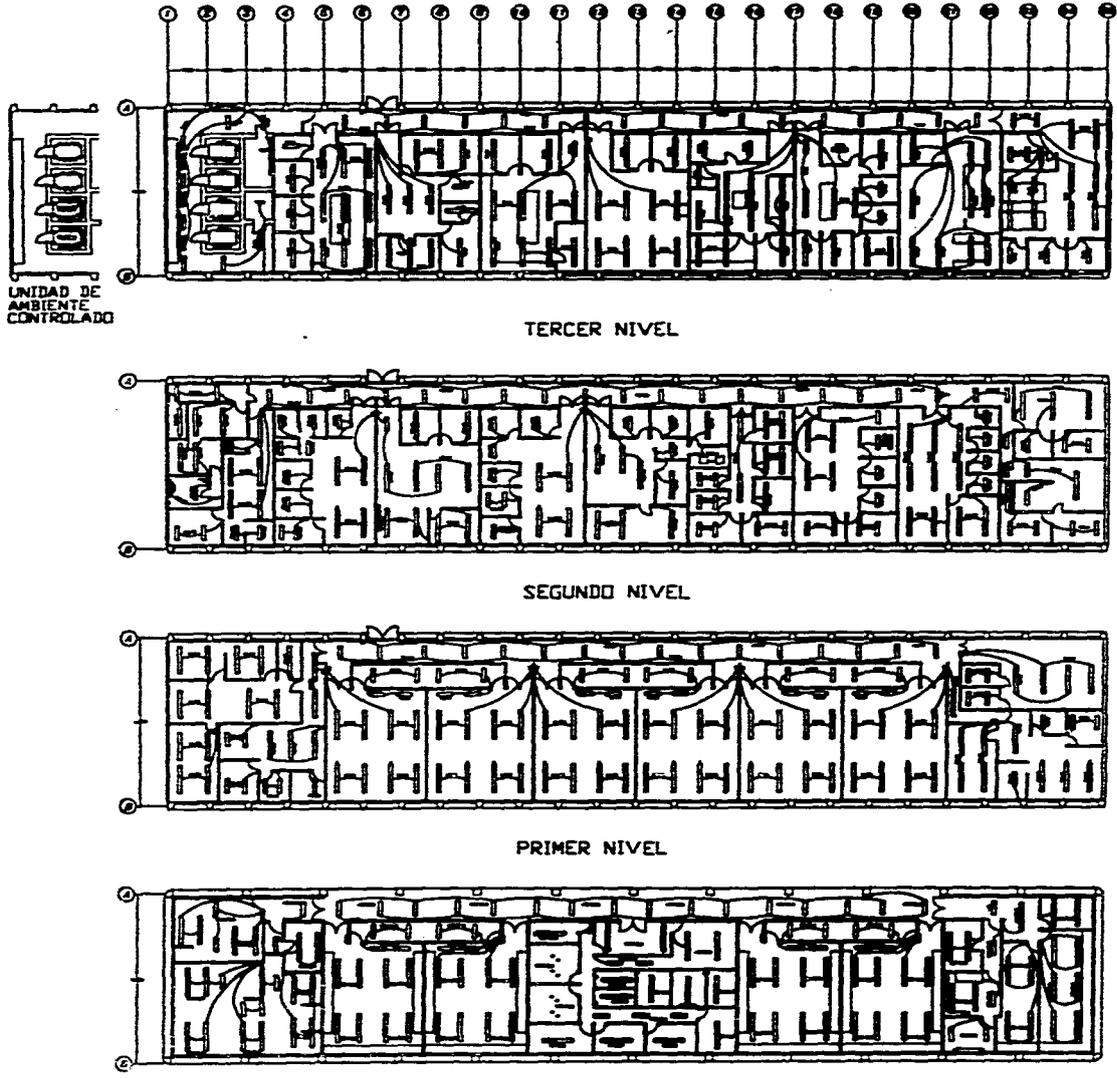
Debido a que los cambios que se llevaron a cabo y que aparecen en los planos actuales son muy similares, y con el fin de no incluir demasiados planos, decidimos incluir solamente algunos a manera de ejemplo. Es por ello que únicamente presentamos los planos de iluminación del edificio B de biología, donde se observa que los cambios que se proponen aparecen en color rojo por acuerdo del P.U.E (plano 3.1), que en este caso no se puede distinguir dado que la tesis está impresa en color blanco y negro.

#### **Elaboración de cuadros de carga y su balance (referente a los planos propuestos)**

Los cuadros de carga propuestos nacen de la necesidad que tenemos de contar con un nuevo documento que nos proporcione los datos suficientes para evaluar el nuevo estado de los planos eléctricos de la Facultad de Ciencias, al serles incrustados los elementos eléctricos ahorradores de energía y al reorganizar los ya existentes en los planos actuales. La información la tomamos de los planos eléctricos propuestos en forma de cantidades numéricas y las distribuimos en las hojas formateadas para ello, siguiendo el mismo procedimiento que utilizamos en los cuadros de cargas actuales.

El resultado final de los balances de fases para algunos planos se manifestó por arriba del 3%, y de acuerdo a la NOM del Reglamento de Instalaciones Eléctricas (apéndice B), el desbalance de las fases de las cargas no debe ser mayor de dicho valor, motivo por el cual se concluye que los cambios realizados en esos planos no son los adecuados y procedemos a efectuar nuevas modificaciones en algunos de los circuitos. Con las nuevas modificaciones, el porcentaje de desbalance disminuyó por abajo del 3%, lo cual indica que los nuevos cambios son idóneos y el plano lo consideramos como terminado.

Enseguida se muestra como ejemplo el plano 3.1 donde el desbalance es del 29.93%, y cuyo balance adecuado será el que se muestra en la tabla 3.14.



TERCER NIVEL

SEGUNDO NIVEL

PRIMER NIVEL

PLANTA BAJA

PLANO PROPUESTO 3.I EDIFICIO B DE BIOLOGIA FACULTAD DE CIENCIAS (DISTRIBUCION DE ILUMINACION)

**SIMBOLOGIA**

- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X75 WATTS TIPO SLOGLINE
- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 1X75 WATTS TIPO SLOGLINE
- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X30 WATTS TIPO SLOGLINE
- LUMINARIA FLUORESCENTE PROPUESTA DE 2X30 WATTS TIPO SLOGLINE
- LUMINARIA FLUORESCENTE PROPUESTA DE 2X75 WATTS TIPO SLOGLINE
- LUMINARIA FLUORESCENTE DE 4X20 WATTS TIPO SLOGLINE
- LAMPARA ABRIGADORA DE 13 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 HERRILLO 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 600 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 618 WATTS.
- VENTILADOR
- EXTRACTOR
- AIRE ACONDICIONADO
- LAMPARA FUNDEDA
- N.I. NO IDENTIFICADO
- N.E. NO ENERGIZADO

TRM-CM. T(TABLERO), N(NIVEL), M(MONT. DEL TABLERO)-  
(CIRCUITO), Mo(MONT. DE CIRCUITO)

NOTA: LOS TABLEROS DE ILUMINACION SE ENCUENTRAN UBICADOS EN LA TORRETA QUE ESTA ENTRE LOS DOS EDIFICIOS DE BIOLOGIA.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO U.N.A.M. P.U.E.	DEPENDENCIA: <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b>	FECHA: 06/05/96
	PROYECTO: <b>USO RACIONAL DE LA ENERGIA</b>	ESCALA: 1:100
UBICACION: BIOLOGIA B ESTEL PR.1.2.3	CONTENIDO: <b>IDENTIFICACION DE CARGAS</b>	COPIAS: MTC.

CUADRO DE CARGAS PROPUESTO		DEL TABLERO TPB2		MARCA SQUARE D 100 (A) 120/240 (V)										F A S E S			
CIRC. No.	PROTEC. AMP.	L.FLUORESC			L.FLUORESC		SPOT 75W	SPOT 150 W	INSTALACION M.200W	INSTALACION 2 @ 900 W	INSTALACION 3 @ 1000W	(M)	(E)	WATTS TOTALER	A	B	C
		1X36 W	1X32 W	2X36 W	1X75 W	1X80 W											
1	20		2			7								509.5	509.5		
2	20		6			4								466	466		
3	20		3			4								358		358	
4	20					8								500		500	
5	20					8								500			500
6	20					8								500			500
7	20							2						400	400		
8	20																
9	20																
10	20		3			13								920.5		920.5	
11	20					6								375			375
12	20		4											144			144
13	20		5			7								555	555		
14	20		4											144	144		
15	20							4						800		800	
16	20		1											36		36	
17	20		16											576			576
18	30							2						400			400
19	30							13						2500	2500		
20	30																
21	30							4						800		800	
22	30							6						1200		1200	
23	30							9						1800			1800
24	30							2						400			400
25																	
29																	
25,27,29	100																
30																	
<b>TOTALES</b>			44			65		42						13984.0	4674.5	4614.5	4695

3 X 100 A  
PROTECCIÓN

UBICACION: PANTA BAJA TORRETA

$$\text{DESBALANCE MAXIMO} = \frac{C \text{ max} - C \text{ min}}{C \text{ max}} = \frac{4695 - 4614.5}{4695} \times 100 = 1.71 \%$$

Tabla 3. 14 Cuadro de cargas propuesto.

---

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

---

La Facultad de Ciencias es un modelo que ejemplifica perfectamente el crecimiento constante que sufren las dependencias de la U.N.A.M. en toda su infraestructura eléctrica. El estudio de ahorro de energía eléctrica que llevamos a cabo en las diferentes instalaciones de la facultad pretende ayudar a que dicho crecimiento sea ordenado y con tendencias al ahorro.

Cabe mencionar que en este estudio se aplicó la metodología que sigue el P.U.E. en sus diversos proyectos de ahorro de energía, que se llevan a cabo en la U.N.A.M.

La Facultad no contaba con planos eléctricos adecuados que le permitiesen elaborar con facilidad un plan de ahorro de energía o simplemente para detectar las fallas más comunes dentro de la red. En este trabajo se elaboraron planos actuales de alumbrado y fuerza, que son el resultado de una copiosa información que se recopiló y dentro de la cual se encuentra: el área de cada lugar, la cantidad de elementos eléctricos según su tipo, la cantidad de watts parciales que consume cada elemento, el nivel de iluminación que existe en cada área, el consumo de energía mensual, el tipo de tarifa que maneja la universidad, etc.

Toda esta información brinda un panorama sumamente claro del desbalance que presenta cada uno de los tableros y las subestaciones, elementos que controlan el suministro eléctrico en cada circuito de la red, y también se aprecia que instalaciones son las que presentan un mayor consumo de energía.

Los planos propuestos, como se mencionó en el capítulo tres, son el resumen final de las cifras manejadas en este estudio. En él se encontraran los cambios que resultaron idóneos y que se sugieren efectuar en la Facultad de Ciencias, los cambios son respaldados por su estudio técnico-económico, en donde se describen algunos otros elementos ahorradores de energía recomendados.

Del diagnóstico realizado se dan los siguientes resultados y conclusiones:

- El consumo de energía eléctrica normalmente utilizada en la dependencia es de aproximadamente 15 horas diarias, se observa que los niveles de iluminación en horas de suficiente luz natural en todos los recintos rebasan los valores establecidos por las normas. En oficinas y servicios exceden en 1.6, en aulas 1.0, y en laboratorios 2.0 veces.
- Por el contrario, se observa que los valores de iluminación tomados por la noche en aulas, oficinas y servicios, existe una deficiencia de 5,23 y 20% respectivamente de acuerdo a normas.
- Respecto a la densidad de potencia lumínica ( $W/m^2$ ) se observa lo siguiente: los laboratorios cumplen satisfactoriamente este punto, las aulas y oficinas se exceden en un 21 y 37% respectivamente, respecto a los valores recomendados, mientras que los servicios presentan una deficiencia del 12%.
- Entre las cargas, los principales consumidores de energía eléctrica son los laboratorios de investigación y docencia, ya que éstos mantienen un alto factor de utilización. Le sigue en importancia el equipo de cómputo.
- En todos los edificios se observa un uso desmedido del sistema de iluminación durante el día, esto ocurre en áreas comunes, como son, pasos cubiertos, pasillos y cubos de escaleras.
- En ambas subestaciones de 750kVA se observa un elevado valor en el voltaje llegando en promedio arriba de los 250 Volts e incluso en una de ellas, durante todo el día de actividades, el voltaje se mantiene en los 265 Volts, aun en las horas de mayor demanda eléctrica.
- No existe entre el personal (docente, administrativo y estudiantil) una conciencia de ahorro de energía.

- El personal que da mantenimiento a los elementos eléctricos carece de un programa preventivo que ayude a mantener una eficiencia tolerable en los niveles de iluminación.

Por otra parte, para mejorar el uso de la energía, a continuación presentamos algunas medidas que se sugieren utilizar en forma cotidiana. Es importante hacer notar que muchas de estas medidas implican el cambio de hábitos de las personas, que vale la pena experimentar si con ello se logra un ahorro de energía.

Para aprovechar el máximo la entrada de luz natural en los recintos que lo permiten, se sugiere:

- Reducir los tiempos de utilización de la iluminación artificial en las horas en que se tenga suficiente luz natural en la mayoría de los recintos esto puede suceder en aulas, oficinas y laboratorios en donde se presentan altos niveles de iluminación. En las primeras horas del día, en este tipo de recintos se puede reducir entre cuatro a cinco horas diarias el funcionamiento del sistema de iluminación, con esta medida se puede lograr un ahorro de energía eléctrica del 8 % aproximadamente.
- Establecer campañas permanentes del uso racional de la energía eléctrica en aspectos que puedan ser fácilmente controlados, como es el caso del sistema de iluminación mediante acciones de apagar las luces en lugares desocupados o encender las mínimas necesarias.
- En los recintos como aulas, oficinas y servicios, en los cuales se presentan bajos niveles de iluminación y estos se ven afectados aún más cuando ya no penetra luz natural, se propone realizar los siguientes cambios para mejorar las condiciones de trabajo:
  - Limpiar las paredes y ventanas frecuentemente.
  - Revisión periódica de limpieza de luminarias y difusores además de recambio de lámparas fundidas.
  - La reinstalación de lámparas fluorescentes más eficientes así como mejorar su distribución
  - Reducir o poner cortinas adecuadas en las ventanas.
  - Pintar de colores claros que permitan la reflexión de la luz.

- No encender aquella luminaria que contenga entre sus lámparas una fundida, ya que esto ocasiona una disminución de la vida útil de las demás.
- No dejar encendidas luminarias cuyas lámparas estén fundidas, lo cual evitará que el balastro consuma energía.
- Acomodar adecuadamente el mobiliario en lugares donde no bloqueen la entrada de luz natural.
- Otro factor importante es la concientización del uso de los equipos eléctricos, en este estudio se observa que una de las cargas principales es el equipo de laboratorio y al respecto las medidas que se recomiendan adoptar son:
  - Supervisión por parte del profesorado en la utilización del equipo.
  - Darle un adecuado mantenimiento.
  - Al dar de baja algún equipo, que éste se sustituya por los más eficientes que existan en el mercado.
  - El equipo de computo sea apagado por lo menos 15 minutos en el tiempo que no se utilice.
- Para reducir los consumos de energía en los pasos cubiertos, pasillos y cubos de escaleras y en todo lugar donde no se requiera la iluminación artificial durante el día, se propone:
  - Recorrer todos los niveles de los edificios para observar si la iluminación artificial es necesaria en esos momentos, en caso contrario, desconectarla.
  - Reorganizar los circuitos eléctricos que alimentan estas áreas comunes donde se presenta un inadecuado uso de la energía eléctrica.
- Se requiere hacer una revisión a las subestaciones eléctricas y hacer las correcciones necesarias, dado que a la salida de ambos transformadores se presentan elevados voltajes (260 V en promedio) estos valores pueden causar daños severos a los equipos conectados a los circuitos.

Esperamos que este estudio sobre ahorro de energía eléctrica sea una herramienta útil para aquellas dependencias que tengan la necesidad de un ahorro energético.

**La información recopilada referente a iluminación, cargas y planos, se puede solicitar en el P.U.E. El acceso a esta información se podrá efectuar solamente a través de un oficio dirigido a la autoridad correspondiente del programa.**

---

## APÉNDICE A

---

### DEFINICIONES

**Área útil.-** Es el área personal que se utiliza para las actividades del trabajo.

**Balastro.-** Dispositivo utilizado en las lámparas de carga eléctrica para obtener las condiciones de circuito necesarias para el arranque y la operación de estas.

**Control fotoeléctrico (del alumbrado).-** Es un elemento automático que controla la conexión o desconexión de un circuito de alumbrado y se acciona por niveles de luz.

**Cruceta.-** Pieza de unión en los acoplamientos de dos barras o dos ejes. Pieza donde van colocados los aisladores que soportan las tres fases del circuito.

**Cuchillas.-** Son dispositivos que sirven para conectar y desconectar diversas partes de una instalación eléctrica, para efectuar maniobras de operación o bien para darles mantenimiento.

**Densidad de potencia.-** Es la potencia instalada por unidad de superficie.

**Diagrama Unifilar.-** El diagrama unifilar presenta gráficamente el conjunto del sistema eléctrico, de tal forma que los caminos que sigue la energía eléctrica desde las fuentes de

alimentación a las cargas, se pueden identificar inmediatamente. Se le llama unifilar, debido a que en él todos los conductores de cada circuito se representan con una sola línea, independientemente de que se trate de un sistema monofásico o trifásico.

**Emergente.-** Es el circuito el cual en caso de fallar el alimentador preferente suministra energía al sistema.

**Factor de utilización.-** Es la relación que existe entre el flujo de luz que llega a una superficie dada y la emitida por las lámparas.

**Focos de descarga de alta densidad.-** Producen luz cuando la electricidad excita gases específicos en focos presurizados. Requieren de instalaciones y balastos especiales, y pueden tomar hasta siete minutos para encender, ya conectados. El color emitido por algunos de estos focos es bastante pardusco, pero son de larga vida y alta eficiencia.

**Focos de halógeno de cuarzo.-** Contienen un filamento diminuto de cuarzo que produce el rayo más blanco y brillante que todas las demás fuentes de luz.

**Iluminación.-** La densidad del flujo de luz que incide sobre una superficie.

**Iluminación medida.-** Son las lecturas de los niveles de iluminación que se tomaron con el luxómetro.

**Iluminación recomendada.-** Son los niveles de iluminación promedio que recomienda el P.U.E.

**Índice del local.-** Es un número que indica las proporciones de un local, por medio de su longitud, ancho y altura del techo o de montaje de las luminarias.

**Interruptor termomagnético.-** Proporciona protección contra sobrecargas y corrientes de corto circuito. Forman una unidad compacta.

**Luminaria.-** Una unidad luminosa completa, consiste en una fuente de luz (lámpara) y otras partes, tales como un globo, un reflector, un refractor, una caja contenedora, soportes, etc.

**Luz incandescente.-** Tipo utilizado con mayor frecuencia en los hogares proviene de un filamento de tungsteno que se "incendia" y consume lentamente dentro de una bombilla de vidrio al vacío.

**Luz fluorescente.-** Se produce cuando la energía y el vapor de mercurio crean un arco que activa los fosfatos que cubren el interior de la bombilla. Debido a que la luz se emite uniformemente en la superficie completa del tubo, se difunde en todas direcciones y crea una luz estable, sin sombras. Los tubos requieren de una balastro para el encendido y para mantener el flujo eléctrico uniforme.

**Partes vivas (o partes energizadas).-** Son aquellas que se encuentran conectadas a una fuente de potencial eléctrico o cargadas eléctricamente en tal forma que tienen un potencial diferente al de tierra.

**Potencia instalada.-** Es la carga total de todos los elementos eléctricos (funcionen o no) conectados permanentemente a los circuitos eléctricos.

**Preferente.-** Es el circuito que suministra energía a la subestación.

**Seccionador.-** Aparato de maniobra destinado a separar un circuito eléctrico de la fuente de energía. No tiene capacidad de interrupción de corriente y está destinado a ser manipulado solamente después de que el circuito ha sido abierto por algún otro medio.

**Sistema en anillo o bucle.-** Estos están en general restringidos a los grandes centros de población y consisten en un anillo de transmisión que rodea la zona de carga, al cual están conectadas una o más centrales generadoras y una serie de estaciones transformadoras de reducción, desde las cuales se suministra la energía por secciones a las zonas de carga. Esta clase de sistema ofrece un servicio de alta calidad y continuidad.

**Subestación eléctrica.-** Es un conjunto de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema eléctrico de potencia; sus funciones principales son: transformar tensiones y derivar circuitos de potencia.

**Tablero.-** Es un panel o grupo de paneles individuales diseñados para constituir un solo panel; incluye barras, dispositivos automáticos de protección contra sobre corriente y puede tener o no interruptores para controlar los circuitos de fuerza, iluminación o calefacción. Está diseñado para instalarse dentro de una caja o gabinete colocado, embutido o adosado a una pared o tabique y ser accesible sólo por el frente.

**Tensión nominal de un sistema o un circuito.-** Es el valor de designación del mismo al que están referidas ciertas características de operación. La tensión de operación puede variar arriba o abajo de este valor.

**Torreeta.-** Cubo en cada uno de los niveles de un edificio localizado en el centro de la escalera donde se localizan los transformadores que alimentan al nivel.

---

## **APÉNDICE B**

---

### **NORMATIVIDAD DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

#### **TARIFAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

##### **Definición**

Las tarifas de energía eléctrica son las disposiciones específicas que contienen las cuotas y condiciones que rigen para los suministros de energía eléctrica, agrupados en cada clase de servicio.

##### **Descripción**

Las tarifas se identifican oficialmente por su número y/o letra(s). Para la contratación y demás propósitos internos, las tarifas se denominan invariablemente de acuerdo con su identificación, solamente en los casos en que sea preciso completar la denominación, adelante de su identificación se escribirá el título de la respectiva tarifa, tal como a continuación se detallan en la tabla B.1.

<i>Identificación</i>	<i>Título</i>
1	Servicio doméstico
1-A	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25 °C
1-B	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28 °C
1-C	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30 °C
1-D	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31 °C
1-E	Servicio doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32 °C
2	Servicio general en baja tensión hasta 25 kW de demanda
3	Servicio general en baja tensión para más de 25 kW de demanda
5	Servicio para alumbrado público (aplicable en zonas conurbadas del Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara)
5-A	Servicio para alumbrado público (aplicable para todo el país excepto las zonas descritas en la tarifa anterior)
6	Servicio para bombeo de agua potable o negras de servicio público
7	Servicio temporal
9	Servicio para bombeo de agua para riego agrícola
O-M	Tarifa Ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 1000 kW
H-M	Tarifa Horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 1000 kW o más
H-S	Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión
H-T	Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión
H-SL	Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización
H-TL	Tarifa Horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión para larga utilización
HS-R	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel Subtransmisión
HS-RF	Tarifa Horaria para servicio de respaldo para falla en alta tensión, nivel Subtransmisión.
HS-RM	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para mantenimiento programado en alta tensión, nivel Subtransmisión
HT-R	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para falla y mantenimiento en alta tensión, nivel Transmisión
HT-RF	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para falla en alta tensión, nivel transmisión
HT-RM	Tarifa Horaria para servicio de Respaldo para mantenimiento programado en alta tensión
I-15	Tarifa para servicio Interrumpible aplicable a usuarios de tarifas H-S, H-T, H-SL, y H-TL
I-30	Tarifa para servicio Interrumpible aplicable a usuarios de tarifas H-S, H-T, H-SL, y H-TL

*Tabla B.1 Tarifas de energía eléctrica.*

En la tabla de abajo se muestran los luxes que según la I.E.S. (Sociedad de Ingenieros en Iluminación) son los apropiados para los diferentes tipos de áreas (ver tabla B.2).

Lugar	Luxes
Aulas	200 - 300
Oficinas	100 - 200
Laboratorios	150 -200
Talleres	150-250-500-1000
Sanitarios	60 - 100

Tabla B.2. Luxes según el tipo de áreas

Enseguida en la tabla B.3 se presentan conceptos generales sobre iluminación:

MAGNITUD	SÍMBOLO	UNIDAD	DEFINICIÓN	APLICACIÓN PRINCIPAL
<p>Intensidad luminosa</p> <p>Densidad de luz dentro de un ángulo sólido extremadamente pequeño, en una dirección determinada.</p>	I	<p>Candela (cd)</p> <p>La intensidad luminosa de una fuente expresada en candelas es su "potencia en candelas" (cp)</p>	<p>La candela es la cantidad física básica internacional en todas las medidas de luz, su valor está determinado por la luz emitida por un patrón de laboratorio, llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica. Una vela corriente de cera tiene en dirección horizontal una intensidad luminosa de aprox. una candela. La intensidad luminosa es una propiedad característica de una fuente de luz y da la información relativa al flujo luminoso en su origen.</p>	<p>La intensidad luminosa se emplea no sólo para indicar la intensidad de una fuente en una determinada dirección, si no que frecuentemente se toman medidas de la potencia en candelas desde distintos ángulos alrededor de la fuente o luminaria, y se representan gráficamente los resultados para obtener la curva de distribución luminosa. Esta curva muestra la intensidad luminosa en cualquier dirección, y a partir de ellas pueden hacerse cálculos de iluminación.</p>
<p>Flujo luminoso</p> <p>Luz emitida por unidad de tiempo. La luz es una forma de energía radiante en movimiento. Sin embargo, a nivel de uso común el elemento tiempo puede despreciarse y el flujo luminoso se considera comúnmente como una magnitud definida.</p>	$\Phi$	Lumen (lm)	<p>Un lumen es el flujo de luz que incide sobre una superficie de un 1 metro cuadrado, la totalidad de cuyos puntos diste 1 metro de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de 1 candela en todas direcciones. Esta superficie es una sección de 1 metro cuadrado de una esfera de un 1 metro de radio, en cuyo centro se encuentra una fuente puntual uniforme de una candela. El mismo concepto puede expresarse diciendo que un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente puntual uniforme de una candela. La diferencia entre el lumen y la candela reside en que aquel es una medición del flujo luminoso, independiente de la dirección.</p>	<p>El lumen sirve para expresar cantidades de flujo luminoso: la emisión total de una fuente, la emisión en una zona angular determinada, la cantidad de luz reflejada, absorbida o transmitida por un objeto, la cantidad de luz incidente sobre una superficie, etc. El método de los lúmenes para calcular el nivel de iluminación se basa en el flujo luminoso emitido por las fuentes y en la distribución del mismo dentro de la zona considerada.</p>

Tabla B.3 Conceptos sobre iluminación (continúa).

<p>Illuminación</p> <p>Densidad de flujo luminoso sobre una superficie</p>	<p>E</p>	<p>Lux (lx)</p>	<p>Un lux es la iluminación en un punto (A) sobre una superficie que dista, en dirección perpendicular, un metro de una fuente puntual uniforme de una candela.</p>	<p>Las lecturas en lux sirven para indicar la iluminación en un punto determinado o la iluminación medida sobre una superficie. La ley de la inversa del cuadrado constituye la base del cálculo en el método "punto por punto" para proyectos de alumbrado. La ley de la inversa del cuadrado se aplica estrictamente sólo a una fuente puntual. Sin embargo en la mayoría de los tipos de luminancias para alumbrado interior, se puede considerar que es bastante exacta en la práctica, si la distancia a la que se toman las medidas es como mínimo 5 veces la mayor dimensión de la fuente de luz. Para casos especiales de fuentes lineales y haces de luz paralelos.</p>
<p>Luminancia (Brillo Fotométrico)</p> <p>(El término técnico es brillo fotométrico o luminancia, pero en el lenguaje ordinario se usa frecuentemente la palabra brillo).</p> <p>Intensidad luminosa de una superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la misma. El ojo ve brillo, no iluminación. Todos los objetos visibles tienen brillo, que normalmente es independiente de la distancia de observación</p>	<p>B</p>	<p>(Stilb) (candela por centímetro cuadrado)</p> <p>o bien</p> <p>lambert (lumen por centímetro cuadrado)</p>	<p>La luminancia se expresa de dos formas, en candelas por unidad de superficie o en lúmenes por unidad de superficie. Una superficie que emite o refleja luz en una dirección determinada a razón de una candela por <math>\text{cm}^2</math> de área proyectada tiene un brillo en dicha dirección de stilb (candela por <math>\text{cm}^2</math>). Una superficie que tiene un brillo en una dirección dada igual al brillo uniforme de una superficie perfectamente difusora que emite o refleja un lumen por pie cuadrado, tiene en dicha dirección un brillo de un foot-lambert (lambert-pie), unidad utilizada en los países de habla inglesa). Un lambert es la luminancia o brillo de una superficie que emite o refleja un lumen por centímetro cuadrado.</p>	<p>Las luminancias relativamente altas, tales como las de las fuentes de luz, se expresan normalmente en Stilbs. Como la luminancia de una superficie mate puede calcularse en mililamberts, multiplicando la iluminación en lux por el factor de reflexión y dividiendo por 10. Esta unidad es muy adecuada para expresar los brillos o luminancias de superficies iluminadas</p>

**Tabla B.3 Conceptos sobre iluminación.**

### Referente al factor de potencia

A continuación se presenta la tabla B.4 de recargos en la facturación por factor de potencia menor de 90 % según Luz y Fuerza del Centro.

<b>F.P. ACTUAL</b>	<b>% DE RECARGO</b>	<b>F.P. ACTUAL</b>	<b>% DE RECARGO</b>
39	0.67	74	12.97
88	1.36	73	13.97
87	2.07	72	15.00
86	2.79	71	16.06
85	3.53	70	17.14
84	4.29	69	18.26
83	5.06	68	19.41
82	5.85	67	20.60
81	6.67	66	21.82
80	7.50	65	23.08
79	8.35	64	24.38
78	9.23	63	25.71
77	10.13	62	27.10
76	11.05	61	28.52
75	12.00	60	30.00

*Tabla B.4. Recargos por F.P. menor a 90 %.*

Enseguida se presenta la tabla B.5 de bonificación por factor de potencia mayor de 90 % según Luz y Fuerza del Centro.

<b>F.P. ACTUAL</b>	<b>% DE BONIFICACIÓN</b>	<b>F.P. ACTUAL</b>	<b>% DE BONIFICACIÓN</b>
91	0.27	96	1.56
92	0.54	97	1.80
93	0.81	98	2.04
94	1.06	99	2.27
95	1.32	100	2.50

*Tabla B.5. Bonificación por F.P. mayor a 90 %.*

## **Diario oficial de la federación**

Norma Oficial Mexicana

NOM - 001-SEMP- 1994

Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica

### **210-19 Conductores. Calibres y capacidades de conducción de corriente mínimas**

Nota 4: La caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea alumbrado de fuerza, calefacción, etc.) no debe exceder del 5%. La caída de tensión debe distribuirse razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión, no sea mayor de 3%.

### **210-22 Cargas máximas.**

- **Cargas combinadas y de motores.** Cuando un circuito alimente solamente cargas de motor se aplicará el artículo 430. Cuando un circuito alimente solamente equipos de aire acondicionado o de refrigeración o ambos se aplicará el artículo 440. Para circuitos que alimenten cargas que consisten de equipos accionados por motor que estén fijos y que tengan un motor mayor de 93.25 Watts (1/8cp) de potencia en combinación con otras cargas, el cálculo de la carga debe basarse en el 125 % de la carga del motor más grande, más la suma de las otras cargas restantes.
- **Cargas inductivas de iluminación.** Para circuitos que alimentan unidades de alumbrado con balastos, transformadores o autotransformadores, debe considerarse la corriente total que tomen dichos equipos y no solamente la de las lámparas de los mismos.

---

## APÉNDICE C

---

### INSTRUMENTOS EMPLEADOS

#### **Analizador de Redes**

##### Descripción

El analizador de redes modelo 3950 es un instrumento de alta precisión completamente programable, el cual mide, despliega y almacena los valores eléctricos críticos para analizar la demanda y consumo en sistemas monofásicos y trifásicos balanceados, al igual que desbalanceados. Los datos son desplegados en una pantalla de cristal líquido (LCD) y almacenados en memoria para ser impresos o establecer comunicación vía el puerto serial RS232 con una computadora.

Los programas son direccionados fácilmente mediante el teclado para fijar y configurar las salidas. Cuarenta teclas sonoras sensibles al tacto son agrupadas de acuerdo a la función para permitir una fácil programación.

El modelo 3950 registra los siguientes valores *instantáneos*

- Voltaje rms real (V)
- Corriente rms real (A)
- Potencia aparente (VA)
- Potencia activa (W)
- Potencia reactiva (VAR)
- Factor de potencia (0 a 100 %, adelantado y atrasado)
- Frecuencia (0- 1000 Hz)

En seguida se muestra el panel frontal del analizador de redes (figura C.1).

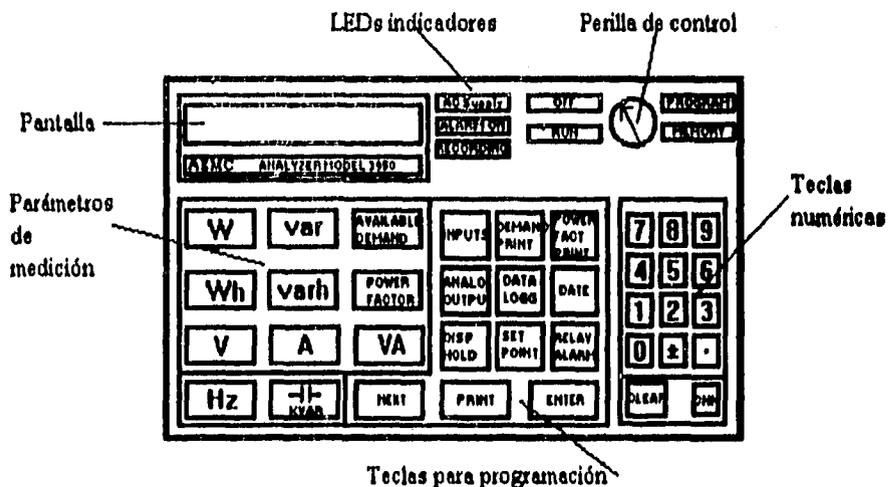


Figura C.1. Panel frontal del analizador de redes.

Las mediciones pueden ser hechas por fase o en el sistema total. Las mediciones de potencia activa (Wh) y potencia reactiva (VARh) pueden ser hechas en un periodo de integración definido por el usuario, en periodos seleccionados, o con pulsos de sincronización externos.

La medición de potencia activa también puede ser tomada directamente mediante pulsos programados por el usuario.

Además, el modelo 3950 indica la demanda (kW) que está disponible sin exceder el nivel predeterminado, con la finalidad de limitar el alto costo de carga de demanda. Seleccionando la potencia reactiva y el factor de potencia, el modelo 3950 determina los valores de corrección de este factor. El modelo 3950 también indica secuencia de fases.

El 3950 cuenta con una memoria de acceso aleatorio (RAM) interna para capturar 3560 valores. La memoria está respaldada mediante una batería de litio. Se pueden derivar ocho valores mínimos y máximos de cualquier función. El dispositivo proporciona hora y fecha de cada evento.

Cuatro salidas analógicas (4-20mA) y cuatro relevadores de salida para control de alarmas están disponibles al implementar una tarjeta analógica y/o una de alarma.

El modelo 3950 tiene ocho puntos umbrales posibles para la habilitación automática de la transmisión de datos vía puerto serial RS232, para valores de umbral alto o bajo en cualquier medición.

Los puntos de habilitación para RS232 pueden asignarse a cualquier función de medición (ocho posibles) para ofrecer un listado cuando se exceden los niveles umbrales establecidos por el usuario.

Los amperímetros de gancho AEMC amplían el rango de medición a 1000 (A) en el caso del modelo C14, ó a 2000 (A) con el modelo D14.

El suministro de energía para el modelo 3950 puede ser de 110/220 Vac ó mediante la batería recargable interna, la cual suministra energía por más de 24 hrs.

### Medición en sistemas monofásicos (120/240 Volts)

Las mediciones en sistemas monofásicos se hacen utilizando sólo una corriente del transformador. El voltaje (fase) en el primario corresponde a la entrada A y el neutral a la entrada identificada con el conector blanco. La configuración de entrada debe ser para una entrada monofásica. En la figura C.2 se muestra la conexión en configuración monofásica del analizador de redes.

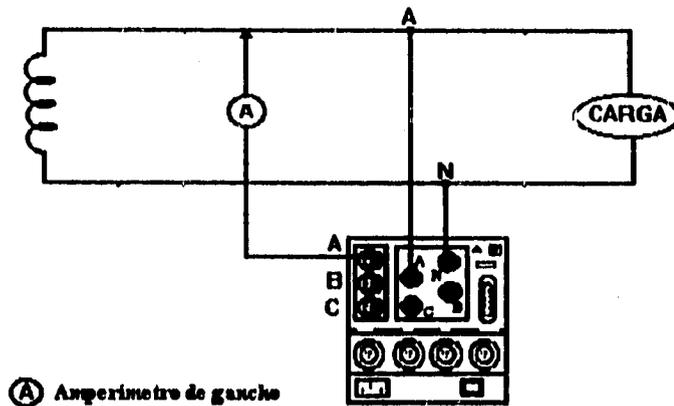


Figura C.2. Conexión del analizador de redes a un sistema monofásico.

### Medición en sistemas trifásicos conectados en delta (240/480 Volts)

Con este método es posible registrar parámetros ya sea por fase o del sistema total. Para la medición de la potencia es necesario el uso de dos amperímetros de gancho, dado que es necesario el conocimiento de la corriente para determinar la potencia. La suma algebraica de las lecturas ( $P_t$ ) será la potencia trifásica total. En seguida se muestra la conexión en configuración delta del analizador de redes (Ver figura C.3).

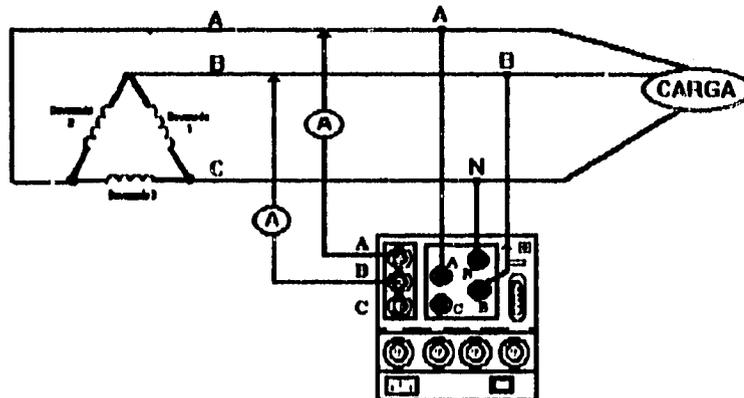


Figura C.3 Conexión del analizador de redes a un sistema trifásico en delta.

### Medición en sistemas trifásicos conectados en estrella (277/480 Volts)

Los sistemas trifásicos en estrella son comunes para cargas de potencia en construcciones comerciales e industriales. Las conexiones correspondientes para este tipo de circuito se ilustran a continuación en la figura C.4.

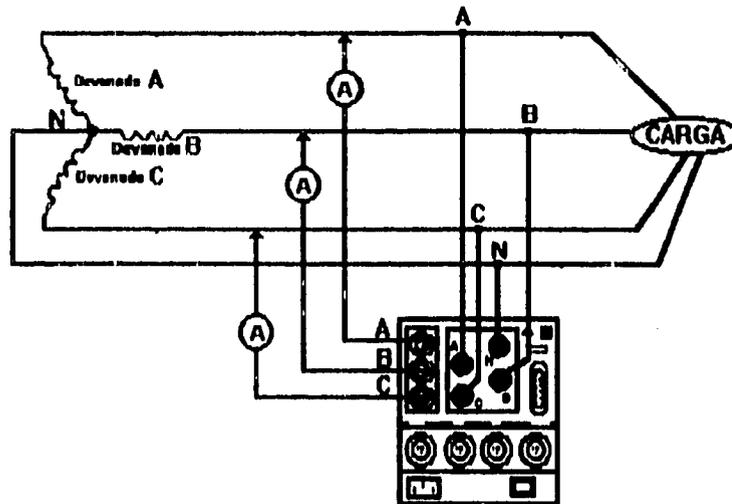


Figura C.4. Conexión del analizador de redes a un sistema trifásico en estrella.

Las especificaciones generales del analizador de redes se muestran en la tabla C.1.

Función	Rango de medición	Precisión
Voltaje	10.00 a 39.99 V	$\pm(0.5\%R+40 \text{ dígitos})$
	40.00 a 99.99 V	$\pm(0.5\%R+2 \text{ dígitos})$
	100.00 a 660 V	$\pm(0.2\%R+2 \text{ dígitos})$
Corriente	1.0 a 9.99 A	$\pm(0.5\%R+2 \text{ dígitos})$
	10 a 999.9 A	$\pm(0.2\%R+1 \text{ dígitos})$
	2 a 19.99 A	$\pm(0.5\%R+2 \text{ dígitos})$
	20 a 1999 A	$\pm(0.2\%R+1 \text{ dígitos})$
	10 mA a 1 A	$\pm(0.2\%R+1 \text{ dígitos})$
	50 mA a 5 A	$\pm(0.2\%R+1 \text{ dígitos})$

Tabla C.1. Especificaciones generales del analizador de redes (continúa).

Potencia Activa	0 a 999.9 MW	0.3%R±2 dígitos(90 a 660 V y 10 a 1000 A)
Frecuencia	25 a 999.9 Hz	0.1R±1 dígito
Potencia Aparente	0 a 999.9MVA	0.3R±2 dígito
Potencia Reactiva	0 a 999.9Mvar	0.3R±2 dígito
Potencia disponible	0 a 999.9MVar	0.3R±2 dígito
Potencia Reactiva de compensación	0 a 999.9MVar	0.3R±2 dígito
Factor de Potencia	0 a 0.500 (adelantado y atrasado)	0.3R±10 dígito
	0.501 a 1.000 (adelantado y atrasado)	0.3R±5 dígito
Energía Activa	0 a 999.9MWh	0.3R±2 dígito
Energía Reactiva	0 a 999.9MVar	0.3R±2 dígito

Nota: R = lecturas

*Tabla C.1. Especificaciones generales del analizador de redes.*

## **Rastreador de corriente**

### **Principio de operación**

El rastreador de corriente *-Amprobe Pasar-* permite la localización o rastreo rápido, seguro y fácil de conductores energizados en circuitos de 9 a 600 (V), sin desenergizar el equipo electrónico. El rastreador de corriente consiste de dos transmisores, un patrón de voltaje alto y bajo, y un probador. Los transmisores rastrean señales de corriente de alta frecuencia en la línea de alimentación. El probador sensa el campo magnético originado por los conductores que alimentan al transmisor.

Para operar el dispositivo, simplemente se conecta el transmisor al conductor que se requiera identificar. El transmisor rastrea picos de 1/4 amp. a una frecuencia cien veces más alta (6kHz) que

la de línea (60 Hz). Al detectar el circuito que lleva la señal de alta frecuencia, el probador genera un sonido de alerta para indicar que ha localizado al conductor solicitado.

La señal del transmisor es rastreada desde la fuente de alimentación. Sin embargo, la señal viajará desde el transmisor a la fuente de poder y regresará por el neutro.

Con el rastreador de corriente es posible rastrear cualquier conductor energizado, línea neutral o tierra desde cualquier lugar.

Además con este instrumento podemos localizar los siguientes parámetros sin interrumpir la energía:

-*Breakers*

-Líneas de alimentación

-Pancles

-Líneas de neutro y tierra

-Cortos circuitos

-Puentes

### Componentes

El rastreador de corriente contiene un transmisor T10 y/o un T23, un probador, un conector trenzado, y un convertidor de voltaje opcional.

### Transmisor T23

El transmisor T23 está diseñado para rastrear en circuitos AC o DC de 50 a 140 (V). Para operarlo, se enchufa el transmisor a cualquier salida eléctrica de 110/120 (V). Cuando está conectado correctamente, la luz roja localizada en la parte superior del transmisor comenzará a encender intermitentemente. Esto indica que el transmisor está rastreando la señal de carga de alta frecuencia en el conductor.

### **Probador P23**

**El probador P23 es un medidor síncrono de intensidad de campo magnético. Al apuntar sobre conductores o *breakers* con el sensor magnético del probador, éste identificará el conductor que alimenta al transmisor.**

**El probador es sincronizado a una frecuencia de 6.25(kHz) en ese conductor. Así, aproximando el probador al conductor apropiado, la pantalla se iluminará secuencialmente de izquierda a derecha. Al mismo tiempo, el sonido se incrementará. A ésta se le denomina señal dominante.**

## APÉNDICE D

### SIMBOLOGÍA UTILIZADA EN PLANOS

#### SIMBOLOGIA UTILIZADA EN PLANOS

	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X75 WATTS TIPO SLIMLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 1X75 WATTS TIPO SLIMLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 2X39 WATTS TIPO SLIMLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE PROPUESTA DE 2X39 WATTS TIPO SLIMLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE PROPUESTA DE 2X75 WATTS TIPO SLIMLINE
	LUMINARIA FLUORESCENTE DE 4X20 WATTS TIPO SLIMLINE
	LÁMPARA AHORRADORA DE 13 WATTS
	LÁMPARA ROJA DE 25 WATTS
	FOCO INCANDESCENTE DE 100 WATTS
	APAGADOR TIPO QUINCINO UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
	APADADOR PROPUESTO TIPO QUINCINO UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
	APAGADOR TIPO ESCALERA UBICADO A 1.20 MTS DEL PISO
	CONTACTO MONOFÁSICO POLARIZADO DE 200 WATTS UBICADO A 30 CMS. DEL PISO.
	CONTACTO MONOFÁSICO SENCILLO 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 TRIFÁSICO DE 1000 WATTS. UBICADO SOBRE LAS MESAS
	CONTACTO BIFÁSICO DE 500 WATTS UBICADO A 30 CMS. DEL PISO Y SOBRE LAS MESAS
	CONTACTO DUPLEX POLARIZADO UBICADO A 30 CMS. DEL PISO
	LÍNEA DE CONEXION ENTRE LÁMPARAS
	LÍNEA DE CONEXION PROPUESTA ENTRE LÁMPARAS
	TABLERO TRIFÁSICO DE ALUMBRADO
	CAMPANA EXTRACTORA DE 516 WATTS.
	VENTILADOR
	EXTRACTOR
	AIRE ACONDICIONADO
L.F	LÁMPARA FUNDIDA
N.I.	NO IDENTIFICADO
N.E.	NO ENERGIZADO
	LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO DE 400 W
	LÁMPARA FLUORESCENTE DE 12X39 W

---

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. KNOWLTON A.E., *Manual "Standard" del Ingeniero Electricista*, Tomo I y II, Ed. Labor, Barcelona Madrid, 1962.
2. SKILLING HUGH HILDRETH, *Circuitos en Ingeniería Eléctrica*, Compañía Editorial Continental, S.A. 1985.
3. STEVENSON WILLIAM D., *Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia*, Ed. Mc Graw Hill.
4. GRAY ALEXANDER Y WALLACE G. A , *Electrotécnia Fundamentos Teóricos y Aplicaciones Prácticas*, De. Aguilar S.A. de Ediciones Madrid. 1954.
5. DAWES CHESTER L., *Tratado de Electricidad*, Tomo II, Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.
6. ESPINOSA Y LARA ROBERTO, *Sistemas de Distribución*, Noriega Editores, 1990.
7. VIQUEIRA LANDA JACINTO, *Redes Eléctricas*, Editorial Alfaomega, México D.F., 1993.
8. VELKIN Y MEZENTZEV V, *La Energía y la Vida*, Catálogo, 1994.
9. RESENDIZ NUÑEZ DANIEL, *El Sector Eléctrico de México*, CFE.
10. *Desarrollo del Mercado Eléctrico 1983-1997*, 26 edición. CFE.
11. HARRY MILEAF, *Electricidad (sets)*, Editorial Limusa.
12. GONZÁLEZ E., ROMERO H., AMBRÍZ J.J., *Fundamentos del Uso Racional de la Energía Eléctrica*, U.N.A.M., 1989.
13. GONZÁLEZ E., ROMERO H., AMBRIZ J.J., *Fundamentos del Uso Racional de la Energía en la Iluminación y el Alumbrado*, U.N.A.M., 1989.