



## **FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M. DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

### **A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS**

**L**as autoridades de la Facultad de Ingeniería, por conducto del jefe de la División de Educación Continua, otorgan una constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso.

El control de asistencia se llevará a cabo a través de la persona que le entregó las notas. Las inasistencias serán computadas por las autoridades de la División, con el fin de entregarle constancia solamente a los alumnos que tengan un mínimo de 80% de asistencias.

Pedimos a los asistentes recoger su constancia el día de la clausura. Estas se retendrán por el periodo de un año, pasado este tiempo la DECFI no se hará responsable de este documento.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece la División están planeados para que los profesores expongan una tesis, pero sobre todo, para que coordinen las opiniones de todos los interesados, constituyendo verdaderos seminarios.

Es muy importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción al inicio del curso, información que servirá para integrar un directorio de asistentes, que se entregará oportunamente.

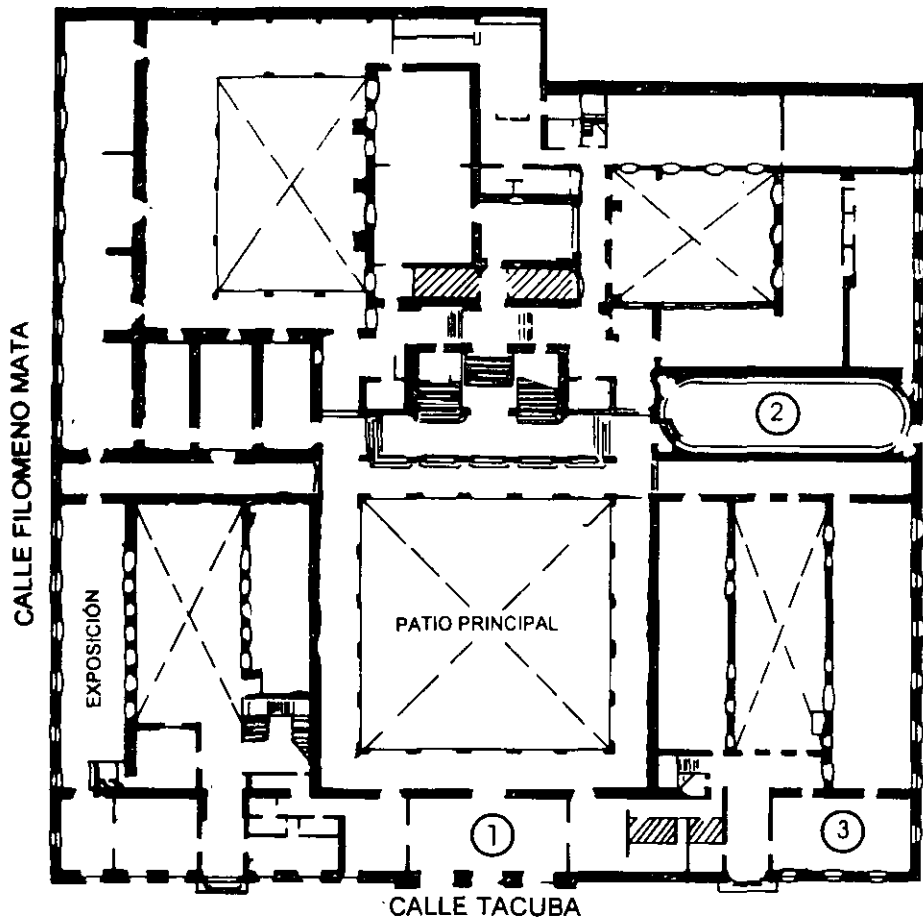
Con el objeto de mejorar los servicios que la División de Educación Continua ofrece, al final del curso deberán entregar la evaluación a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos.

Se recomienda llenar dicha evaluación conforme los profesores impartan sus clases, a efecto de no llenar en la última sesión las evaluaciones y con esto sean más fehacientes sus apreciaciones.

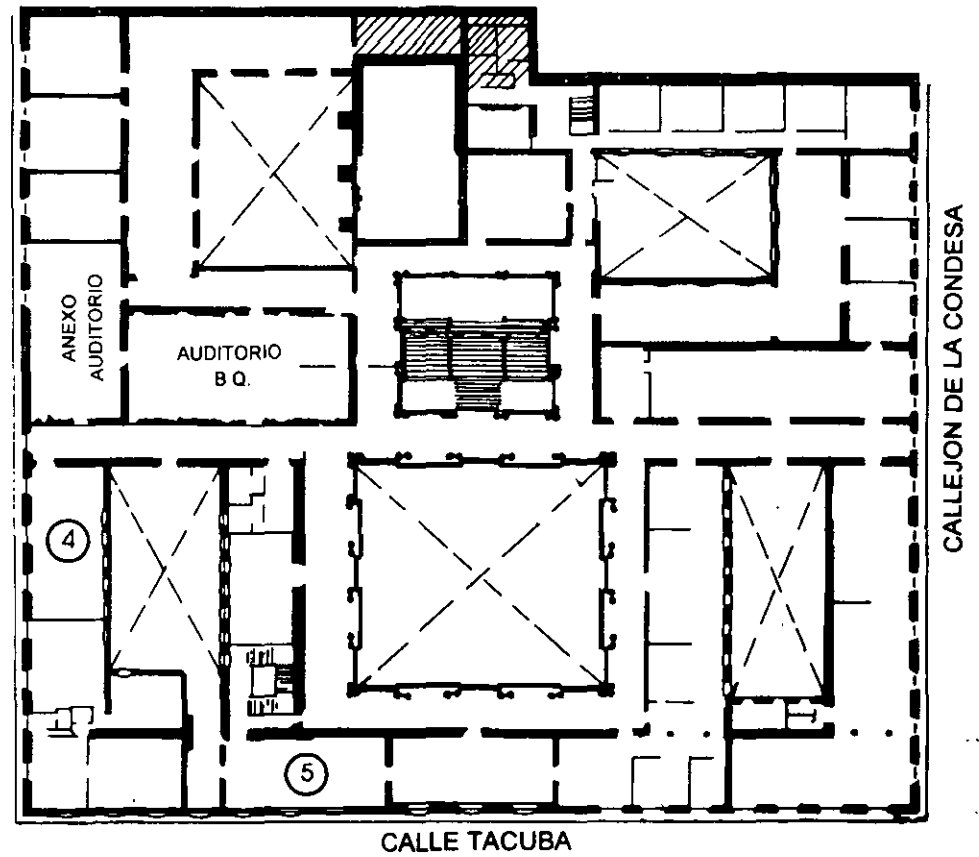
**Atentamente**

**División de Educación Continua.**

# PALACIO DE MINERIA

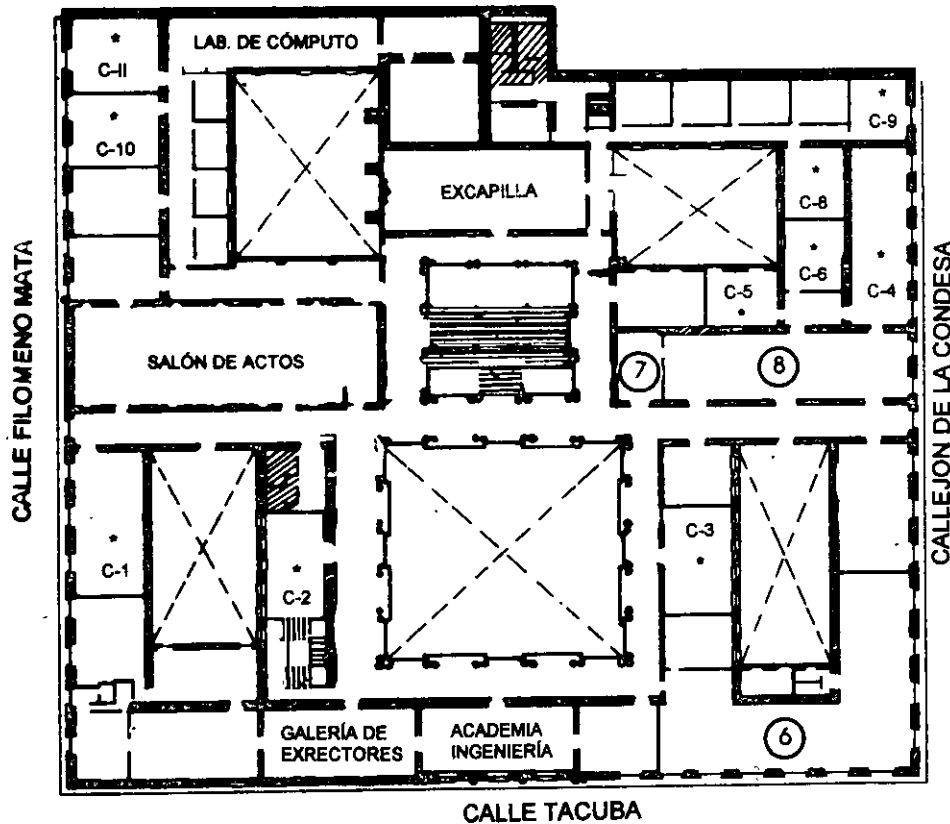


PLANTA BAJA



MEZZANINNE

# PALACIO DE MINERIA



## GUÍA DE LOCALIZACIÓN

1. ACCESO
2. BIBLIOTECA HISTÓRICA
3. LIBRERÍA UNAM
4. CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN "ING. BRUNO MASCANZONI"
5. PROGRAMA DE APOYO A LA TITULACIÓN
6. OFICINAS GENERALES
7. ENTREGA DE MATERIAL Y CONTROL DE ASISTENCIA
8. SALA DE DESCANSO

SANITARIOS

\* AULAS

**1er. PISO**



DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA  
FACULTAD DE INGENIERÍA U.N.A.M.  
CURSOS ABIERTOS

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA





**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*CURSOS ABIERTOS*

*DIPLOMADO EN  
INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS*

*MODULO I: SISTEMAS DE  
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA*

*TEMA  
AHORRO DE ENERGÍA*

**EXPOSITOR: ING. ERNESTO A. NIÑO SOLIS  
PALACIO DE MINERIA  
SEPTIEMBRE DEL 2002**

**ING. ERNESTO A. NIÑO SOLIS**

**EGRESADO EN 1977 DE LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA, DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA DEL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.**

**DURANTE 26 AÑOS A REALIZADOS SUS FUNCIONES EN LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, EN LOS DEPARTAMENTOS DE OPERACIÓN SUBESTACIONES, PROYECTOS DE REDES SUBTERRANEAS, OPERACIÓN REDES DE DISTRIBUCIÓN, COMO JEFE DE MASSEE REGIÓN VÈRTIZ Y ACTUALMENTE COMO SUPERINTENDENTE DE PROYECTOS A CONSUMIDORES EN LA GERENCIA DE DISTRIBUCIÓN DE LA SUBDIRECCIÓN DE DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACION.**

**PROFESOR DE LA ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA, EN LA CARRERA DE INGENIERIA ELECTRICA DURANTE 17 AÑOS, IMPARTIENDO LAS MATERIAS DE REDES DE DISTRIBUCION, PROTECCION CON RELEVADORES, INSTALACIONES ELECTRICAS EN ALTA TENSION I Y II (CENTRALES GENERADORAS Y SUBESTACIONES) E IMPARTE CURSOS DE SEMINARIOS DE TITULACION DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION EN MEDIA Y BAJA TENSION EN EL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA UNIDAD ALLENDE DEL INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.**

## **AHORRO DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE DISTRIBUCION**

### **1.- INTRODUCCIÓN**

La operación de toda industria tiene como base la disponibilidad de varios tipos de materias primas, incluidos los energéticos (petróleo, gas, agua, electricidad, etc.). El incremento de los costos de los energéticos ha provocado que los costos del producto se incrementen debido a que una gran parte del total de los gastos son atribuidos al uso de los mismos, el industrial, ante este constante incremento puede reducir sus gastos implementando medidas para evitar el desperdicio y uso innecesario de ellos.

El uso racional de los energéticos ha sido una meta importante del Gobierno Mexicano los últimos 3 lustros, creando para ello algunos organismos (CONAE, FIDE) con la finalidad de generar una conciencia de uso racional de la energía, tanto calorífica como eléctrica, enfocada a consumidores industriales y comerciales.

En los sistemas de distribución se pueden aplicar los conceptos de uso racional de energía, siendo en el sector industrial donde se han presentado las mayores oportunidades de ahorro, ya que generalmente en el diario vivir de una empresa, el administrador o los empleados de la misma no se preocupan de un factor importante que influye directamente en el costo de producción, el desperdicio de energía eléctrica. La finalidad de este tema es fomentar el uso eficiente y racional de la energía eléctrica en los sistemas de distribución de los consumidores grandes y medios, dando para ello algunas medidas básicas de ahorro en los sistemas de distribución de energía eléctrica industriales y para edificios.

A través del organismo encargado en apoyar el programa de ahorro de energía del sector eléctrico, el sector privado puede asesorarse para mejorar la eficiencia del uso de la energía eléctrica, incorporando para ello nuevas tecnologías y técnicas ahorradoras comprobadas, en las instalaciones eléctricas de la industria y el comercio, con la finalidad de hacer más competitivos sus productos.

Con estas acciones se obtienen beneficios tales como:

- + Elevar su productividad y competitividad.
- + Reducir el importe de sus consumos de energía eléctrica.
- + Disminuir el impacto ambiental.
- + Aumentar la disponibilidad de energía eléctrica.
- + Preservar o mejorar niveles de bienestar.
- + Crear una cultura energética.

Como todo tipo de acciones para poder obtener beneficios de los programas de ahorro de energía, es necesario realizar inversiones de capital, las cuales deben ser recuperables a medio o corto plazo.

## **2.- TARIFAS**

Una de las medidas básicas para el ahorro de la energía eléctrica es la administración de la misma. Para determinar la forma en que la energía eléctrica repercute en la economía de una empresa y posteriormente tomar las acciones pertinentes, es necesario conocer cual es su costo, para lograr esto, el industrial debe conocer las "Tarifas para el Suministro y Venta de Energía", que de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 31 de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica compete a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, con la participación de las de Comercio y Fomento Industrial, de la Energía, y de la Comisión reguladora de Energía, y a propuesta del suministrador (CFE y LyF), fijar las tarifas eléctricas, así como su ajuste; que para evitar un mayor deterioro financiero de la Comisión Federal de Electricidad y de Luz y Fuerza del Centro, es fundamental mantener la política de deslices mensuales equivalentes a la inflación esperada para las tarifas de los sectores de servicios y agrícolas.

A partir del primero de enero del 2001, se continuará con la aplicación de un factor de ajuste mensual acumulativo a los cargos de las tarifas para servicio doméstico de 1,00682; para el servicio de riego agrícola, para el servicio de alumbrado público y para el servicio de bombeo de aguas negras y potables el factor será de 1,00526.

El Sector Eléctrico requiere de cuantiosos recursos financieros, los cuales deben ser cubiertos en mayor medida con ingresos propios de las empresas suministradoras, por tal motivo se requieren ajustar las tarifas para suministro y venta de energía eléctrica periódicamente.

Las tarifas se pueden clasificar dentro de dos grandes grupos:

- + Tarifas de uso general.
- + Tarifas de uso específico.

Dentro del primer grupo se consideran:

**Tarifa 2**      Servicio general en baja tensión hasta 25 kW de demanda.

**Tarifa 3**      Servicio general en baja tensión para más de 25 kW de demanda.

<b>Tarifa OM</b>	<b>Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW</b>
<b>Tarifa HM</b>	<b>Tarifa horaria para servicio general en mediana tensión, con demanda de 100 kW o más</b>
<b>Tarifa HS</b>	<b>Tarifa horaria para servicio general en alta tensión nivel subtransmisión</b>
<b>Tarifa HS-L</b>	<b>Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización</b>
<b>Tarifa HT</b>	<b>Tarifa horaria para servicio general en alta tensión nivel transmisión</b>
<b>Tarifa HT-L</b>	<b>Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión, para larga utilización</b>

A su vez, son tarifas de uso específico:

<b>Tarifa 1,1A, 1B, 1C y 1D.</b>	<b>Servicio doméstico.</b>
<b>Tarifa 5</b>	<b>Servicio para alumbrado público.</b>
<b>Tarifa 6</b>	<b>Servicio para bombeo de aguas potable o negras.</b>
<b>Tarifa 9</b>	<b>Servicio para bombeo de agua para riego agrícola.</b>

Dentro de este tema solo serán analizadas por ser de competencia industrial o comercial, los elementos de facturación de las tarifas de uso general (exceptuando la tarifa 2), en las que el cobro depende de cuatro factores:

- a).- El consumo de energía útil. Es aquella que se entrega al usuario en un determinado período, esta expresado en kW-h (kilowatt-hora).
- b).- La demanda máxima medida. Esta se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indican la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el período de facturación.
- c).- El factor de potencia (FP). Se obtiene mediante la relación aritmética entre la energía útil suministrada y la energía total requerida. Solo conlleva costo cuando es menor a



90 %. El factor de potencia está dado por la naturaleza de la carga del usuario y afecta a la adecuada utilización de la capacidad del sistema eléctrica.

- d).- **Medición en baja tensión.** En los servicios que se proporcionen en media tensión, cuando la medición de la energía eléctrica consumida se realice en el lado secundario motivado por una demanda contratada menor a 200 kW, las facturaciones aumentarán en un 2 % sobre el total de la suma del costo por consumo mas el costo por demanda. Este cargo se establece previendo las pérdidas inherentes en el transformador.

Para una mejor interpretación de estas tarifas, se enmarcan a continuación sus enunciados de aplicación:

**Tarifa No. 3.- Servicio general en baja tensión para más de 25 kW de demanda.**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

**Tarifa O-M.- Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW.**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía en media tensión a cualquier uso, con una demanda menor de 100 kilowatts.

- La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60 % (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de 10 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.
- + En el caso de que el 60 % (sesenta por ciento) de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomara como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de potencia de 90 % (noventa por ciento).

Cuando la Demanda Máxima Medida exceda de 100 kilowatts, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa H-M. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 100 kilowatts, será reclasificado por el suministrador en la tarifa H-M, notificándole al usuario.

**Tarifa H-M.- Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más.**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía en media tensión a cualquier uso, con una demanda de 100 kilowatts o más.

- + En el caso de que el 60 % (sesenta por ciento) de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomara como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de potencia de 90 % (noventa por ciento).

A continuación se presentan los horarios correspondientes al Periodo de Punta, Intermedio y Base.

Primer domingo de mayo,  
al sábado anterior al último  
domingo de septiembre

Ultimo domingo de septiembre,  
al sábado anterior al primer  
domingo de mayo

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta	Base	Intermedio	Punta
Lunes a Viernes	0:00-6:00	6:00-20:00 22:00-24:00	20:00-22:00	0:00-6:00	6:00-18:00 22:00-24:00	18:00-22:00
Sábado	0:00-7:00	7:00-24:00		0:00-8:00	8:00-19:00 21:00-24:00	19:00-21:00
Domingos y días festivos	0:00-19:00	19:00-24:00		0:00-18:00	18:00-24:00	

**Tarifa H-S.- Tarifa horaria para servicio general en alta tensión nivel subtransmisión.**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión.

**Tarifa H-SL.- Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel subtransmisión, para larga utilización.**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

**Tarifa No. H-T.- Tarifa horaria para servicio general en alta tensión nivel transmisión.**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión nivel transmisión, el cual tendrá una vigencia mínima de un año.

**Tarifa No. H-TL.- Tarifa horaria para servicio general en alta tensión, nivel transmisión, para larga utilización.**

**Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel transmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá una vigencia mínima de un año.**

**Tarifa No. I-15.- Tarifa para servicio interrumpible.**

**Esta tarifa será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL, y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una Demanda Máxima Medida en Periodo de Punta, Semipunta, Intermedio o Base, mayor o igual a 10,000 kilowatts durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción. La inscripción de este servicio tendrá una vigencia mínima de un año.**

**Tarifa No. I-30.- Tarifa para servicio interrumpible.**

**Esta tarifa será aplicable a los usuarios de las tarifas H-S, H-T, H-SL, y H-TL que soliciten inscribirse adicionalmente en este servicio y que tengan una Demanda Máxima Medida en Periodo de Punta, Semipunta, Intermedio o Base, mayor o igual a 20,000 kilowatts durante los tres meses previos a la solicitud de inscripción. La inscripción de este servicio tendrá una vigencia mínima de un año.**

**2.1.- Reducción del costo por consumo de energía eléctrica. El conocimiento del sistema tarifario le dará en principio al usuario una herramienta para disminuir el monto que por concepto de consumo de energía eléctrica deberá pagar, debiendo seleccionar para esto la tarifa adecuada a su demanda.**

**Como un ejemplo real de esta reducción, se muestra en la tabla 2.1 la facturación de Liverpool México, S.A. de C.V. de Venustiano Carranza No. 92 y en la tabla 2.2 la correspondiente a Bancomer, S.N.C. de Bolívar No. 38, donde se considera un periodo anual del 24 de Julio de 1998 al 24 de Junio de 1999. Con la finalidad de ilustrar esto, se considera el primer periodo de ambos servicios (24 de Julio de 1998), mostrando en la tabla 2.3 los importes correspondientes a tarifa 3.**

**TABLA 2.1**  
**LIVERPOOL MEXICO, S.A. DE C.V.**  
**VENUSTIANO CARRANZA No. 92**

PERIODO	TARIFA 3 \$	DEM. kW.	CONSUMO kWh	TARIFA OM \$	DIFERENCIA T 3 - OM \$
980724	245,458.45	768	259,200.00	125,319.68	120,138.77
980824	258,675.30	768	268,800.00	130,733.27	127,942.03
980923	251,648.55	792	254,400.00	123,490.41	128,158.14
981022	246,116.35	768	252,000.00	125,486.56	120,629.79
981125	302,459.00	744	300,000.00	148,649.79	153,809.21
981224	265,421.55	792	249,600.00	137,340.88	128,080.67
990126	266,494.70	720	244,800.00	132,395.97	134,098.73
990224	240,912.60	720	213,600.00	119,137.33	121,775.27
990325	254,266.75	720	235,200.00	127,378.96	126,887.79
990427	278,481.20	744	242,400.00	130,980.85	147,500.35
990526	263,309.75	768	237,600.00	130,056.48	133,253.27
990624	266,639.85	792	237,600.00	133,517.43	133,122.42
<b>RECUPERACION TOTAL=</b>					<b>1,575,396.44</b>

**TABLA 2.2**  
**BANCOMER, S.N.C**  
**BOLIVAR No. 38**

PERIODO	TARIFA 3 \$	DEM. kW.	CONSUMO KWh	TARIFA OM \$	DIFERENCIA T 3 - OM \$
980724	657,557.05	1,780	712,000	328,975.11	328,581.94
980824	652,024.45	1,760	684,000	323,524.77	328,499.68
980923	628,288.15	1,760	646,000	302,330.97	325,957.18
981022	592,158.40	1,760	596,000	294,137.12	298,021.28
981125	614,009.65	1,580	602,000	302,622.59	311,387.06
981224	605,548.25	1,380	480,000	267,575.16	337,973.09
990126	560,589.50	1,380	512,000	270,370.93	290,218.57
990224	539,947.70	1,590	458,000	257,828.40	282,119.30
990325	606,489.55	1,580	556,000	294,844.31	311,645.24
990427	623,216.75	1,590	524,000	282,204.85	341,011.90
990526	637,475.45	1,780	558,000	304,227.48	333,247.97
990624	607,709.05	1,590	548,000	295,640.56	312,068.49
<b>RECUPERACION TOTAL=</b>					<b>3,800,731.70</b>

**TABLA 2.3  
IMPORTES EN TARIFA 3**

USUARIO	KW	Kwh	IMPORTE (\$)
LIVERPOOL	768	259 200	245 458,45
BANCOMER	1 780	712 000	657 557,05

Si dichos servicios se contrataran en tarifa O-M, considerando la misma demanda y consumo, se obtienen los costos mostrados en la tabla 2.4.

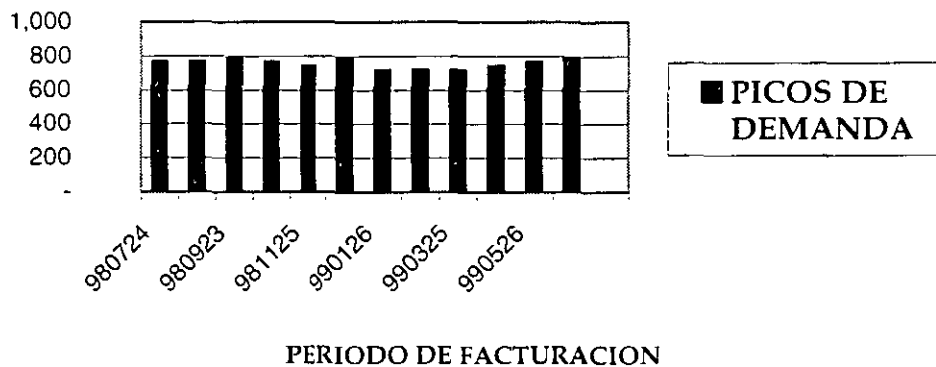
**TABLA 2.4  
IMPORTES EN TARIFA O-M**

USUARIO	KW	kW h	IMPORTE (\$)
LIVERPOOL	768	259 200	125 319,68
BANCOMER	1 780	712 000	328 975,11

Como se observa en este ejemplo, la tarifa O-M proporciona un ahorro del 49 y 50 % para Liverpool y Bancomer respectivamente. Aunque la inversión inicial requerida para contratar en esta tarifa es importante, en menos de dos años se amortizará.

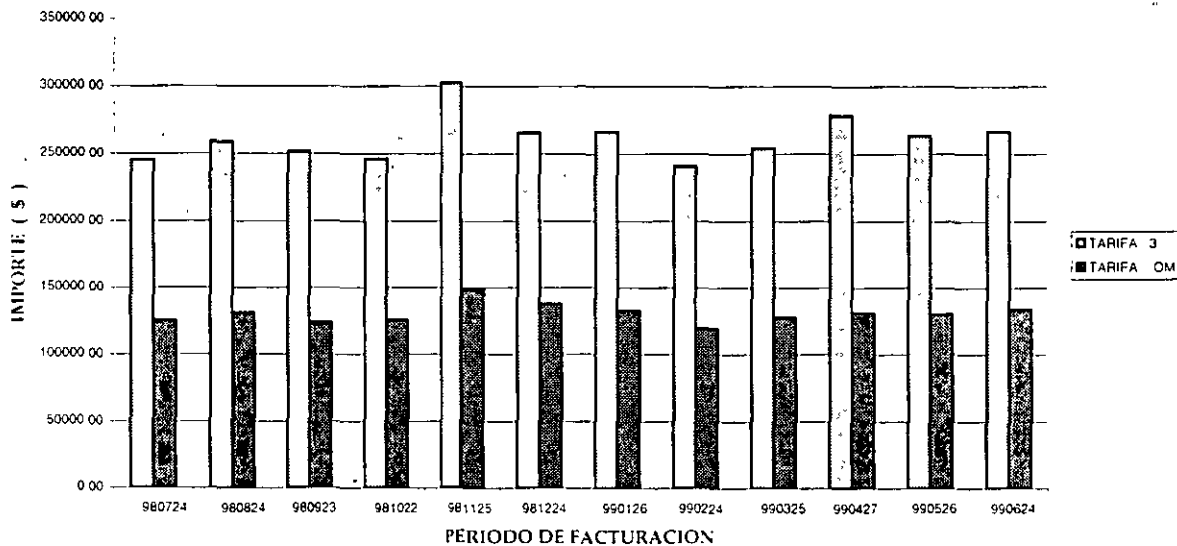
En las figuras 2.1 y 2.2 se muestran las curvas comparativas de importes facturados para estos usuarios.

**" PICOS DE DEMANDA "**  
**LIVERPOOL MEXICO , S.A. DE C.V.**

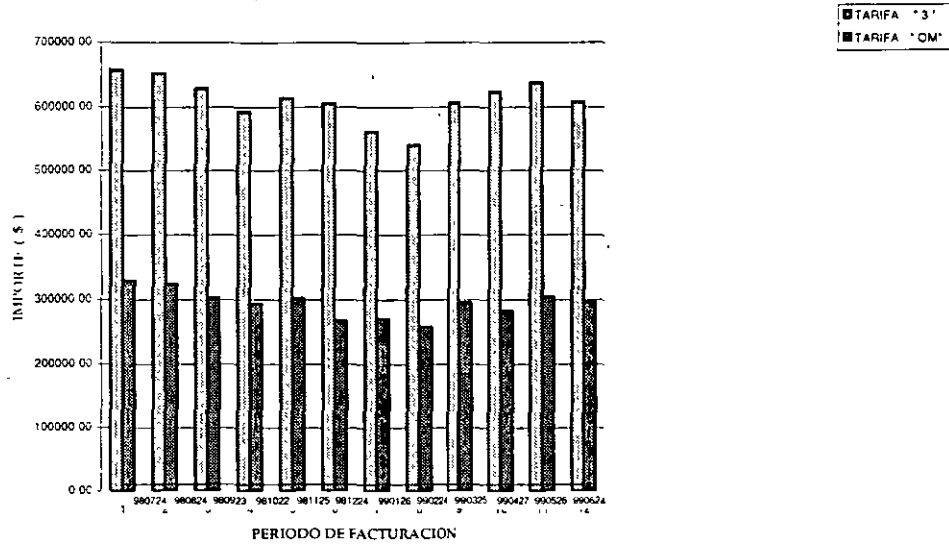


**FIGURA 2.1**

**" IMPORTE FACTURADO "**  
**LIVERPOOL MEXICO S.A. DE C.V.**

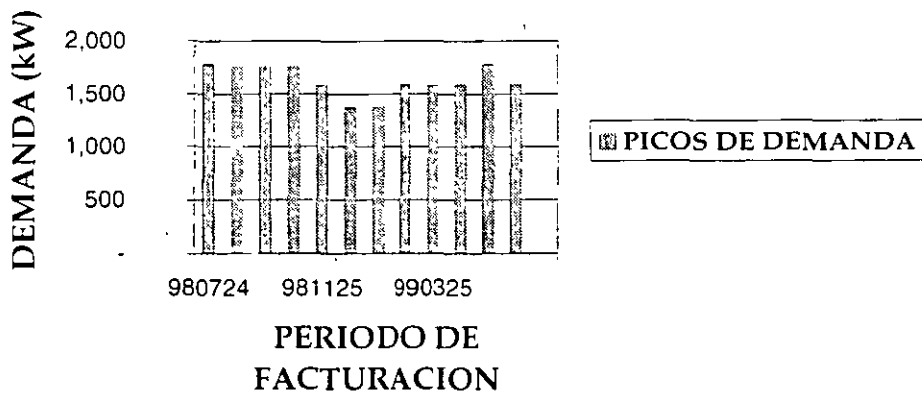


**" IMPORTE FACTURADO "**  
**BANCOMER, S.N.C.**



**FIGURA 2.2**

**" PERFIL DE DEMANDA "**  
**BANCOMER, S.N.C.**





## 2.2.- Factor de potencia

Para compensar los perjuicios ocasionados a las empresas suministradoras de energía eléctrica por el bajo factor de potencia que adquieren las redes de distribución, en el ajuste y reestructuración para suministro y venta de energía, publicado en el Diario Oficial de la Federación del día 10 de noviembre de 1991, se establece:

El usuario procurará mantener un factor de potencia (FP) tan aproximado al 100 % (cien por ciento) como le sea posible; pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier período de facturación tenga un promedio menor de 90 % (noventa por ciento) atrasado, determinado por métodos aprobados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar el monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la fórmula que se señala. En el caso de que el factor de potencia tenga un valor superior al 90 % (noventa por ciento), el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la fórmula que también se señala.

Fórmula de Recargo:

$$\text{Porcentaje de Recargo} = 3/5 \times ((90/FP) - 1) \times 100; \quad FP < 90 \%$$

$$\text{Porcentaje de Bonificación} = 1/4 \times (1 - (90/FP)) \times 100; \quad FP > \text{ ó } = 90 \%$$

Donde FP, es el factor de potencia expresado en por ciento.

## 2.3.- Factor de carga del servicio

Se define como la relación existente entre la demanda media y la demanda máxima en un intervalo de tiempo dado y se puede calcular en base a los valores registrados en la facturación de energía eléctrica de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$FC = D_m/D_M$$

$$D_m = \text{kWh} / h$$

$$\% FC = \frac{\text{kW-h}}{h \times D_M} \times 100$$

siendo;

- FC = Factor de carga
- Dm = Demanda media
- D<sub>M</sub> = Demanda máxima en el período
- kWh= Energía consumida en el período
- h = Número de horas del período

El factor de carga relaciona la energía que se utiliza durante un período de facturación con respecto a la energía que el suministrador debe proporcionar a razón de la demanda máxima medida durante ese mismo período.

Para apreciar en forma práctica lo que representa el factor de carga, se presenta el siguiente:

#### Ejemplo

Se tienen dos industrias de las mismas características, cuya contrato esta realizado en tarifa O-M, tienen un factor de potencia de 90 %.

La industria No. 1 demanda 720 kW y consume en el período del 99/07/01 al 99/07/30 (siendo 29 días de facturación) y un consumo de 276 000 kWh. Esta industria labora 16 horas al día.

La industria No. 2, en el mismo período de facturación, tiene una demanda 500 kW y consume 276 000 kWh. Esta industria labora 24 horas al día.

Para este período el cargo por demanda es de \$ 53,266 y el cargo por consumo es de \$ 0,39821, ambas industrias se encuentran ubicadas en la región centro, por lo que se tiene lo siguiente:

INDUSTRIA N.1		
Cargo por demanda	53,266 x 720	\$ 38 351,52
Cargo por consumo	0,39821 x 276 000	\$ 109 905,96
Importe facturado		\$ 148 257,48

$$\text{FACTOR DE CARGA} = (276\ 000 \times 100) / (464 \times 720) = 55,08 \%$$

**COSTO MEDIO DEL kWh = \$ 148 257,48/ 276 000 = \$ 0,53**

<b>I N D U S T R I A   N . 2</b>		
<b>Cargo por demanda</b>	<b>53,266 x 500</b>	<b>\$ 26 633,00</b>
<b>Cargo por consumo</b>	<b>0,39821 x 276 000</b>	<b>\$ 109 905,96</b>
<b>Importe facturado</b>		<b>\$ 136 538,96</b>

**FACTOR DE CARGA = (276 000 x 100) / (696 X 500) = 79,31 %**

**COSTO MEDIO DEL kWh = \$ 136 538,96/ 276 000 = \$ 0,49**

**Como se observa, a mayor factor de carga, el costo por kWh es menor.**

### **3.- AUDITORÍA HISTÓRICA.**

**Una auditoría histórica identifica los consumos y costos de energía empleada para elaborar una cierta cantidad de producto terminado y así poder establecer comportamientos, tendencias y resultados.**

**Para realizar una auditoria histórica se requiere de poco tiempo y los resultados pueden ser extremadamente valiosos para puntualizar en elementos individuales de la industria a la que se le realiza dicha auditoría.**

**Hay que identificar y cuantificar los consumos y costos mensuales que ha tenido la industria durante por lo menos 2 años; esta información se puede obtener fácilmente a través de los recibos de pago efectuados, Con lo cual se puede determinar cuanta energía se consume por unidad de producto, a esto se le denomina consumo específico.**

**Para elaborar una auditoría de este tipo, se puede utilizar como auxiliar la tabla 3.1.**

**Mediante el análisis de este registro se podrá establecer tanto la tendencia histórica como el impacto de cualquier ahorro de energía eléctrica.**

**TABLA 3.1**

**AUDITORIA HISTORICA**

PERIODO	kW	kW - h	FACTOR CARGA %	DEMANDA \$	CONSUMO \$	BAJO FACTOR POTENCIA \$	TOTAL (SIN IVA) \$	COSTO kW - h \$

**3.1.- Índices**

Cuando el uso de la energía eléctrica se puede relacionar a un producto o a una actividad, se genera un índice que mostrará la mejor manera de comparar sus comportamientos o tendencias. Por esta razón, es importante tener las cantidades producidas en cada periodo de facturación y con esto determinar el uso de la energía eléctrica por unidad de producto o servicio. Es conveniente que al analizar estas variaciones no se tomen en cuenta los consumos fuertes de energía en las oficinas administrativas de la industria.

Si se gráficán los índices energéticos contra el tiempo, se tendrá un indicador de la eficiencia energética a través de los años.

#### 4.- AUDITORÍA DE RECORRIDO

Una vez que se analizó el historial de consumos de energía, se deben obtener los datos específicos de operación e iluminación, realizando para ello la auditoría de recorrido. Observando cuidadosamente aspectos tales como:

- + Revisión de planos de ubicación de maquinaria y equipo.
- + Levantamiento del censo de cargas eléctricas.
- + Consumos estimados por equipos y/o áreas.
- + Determinar la distribución porcentual de carga.
- + Detección de oportunidades de ahorro obvias.

Si la empresa tiene planos con la ubicación de las cargas, habrá que identificar en ellos:

- + Grupos de máquinas para un mismo proceso
- + Alimentadores principales y derivados
- + Oficinas administrativas
- + Almacenes
- + Iluminación de la planta
- + Talleres
- + Voltajes de operación de equipos

De la misma manera que los planos, el censo de carga nos permitirá conocer en forma más objetiva que aparatos o equipos se usan, cuanta energía consumen en forma individual y su frecuencia de operación.

En la auditoría de recorrido se tomará nota de los puntos obvios con pérdidas de energía. Estos puntos son los que presentan oportunidad de ahorro inmediatos y con poca inversión. Posteriormente se analizarán aquellos que requieran una gran inversión. Esta auditoría puede ser tan simple o compleja dependiendo de la complejidad o tamaño mismo de la industria en análisis.

#### 4.1.- Censo de carga

##### Motores

Para obtener el censo de carga se puede utilizar la tabla 4.1. Con estos datos se puede estimar la demanda de cada motor y conforme a su uso obtener el consumo aproximado por mes.

Debido a que la gran mayoría de los motores no se utilizan a su potencia nominal, existe un Factor de Carga el cual se define con la siguiente relación:

$$\text{Factor de Carga} = \frac{\text{Carga típica}}{\text{Carga Nominal}} = \frac{\text{Corriente real}}{\text{Corriente nominal}}$$

Este factor de carga sirve para determinar cual es la potencia real en el eje.

$$\text{Pot. real en el eje} = \text{CPnom.} \times 0,746 \times \text{F.C.} \text{ ---- (kW)}$$

**TABLA 4.1**

**CENSO DE CARGA**

TIPO DE MAQUINA	No. DE MOTOR	EFICIENCIA	FASES	C.P.	kw	CORRIENTE NOMINAL	CORRIENTE REAL	HORAS DE USO	DIAS POR SEMANA	CONSUMO MENSUAL APROX.

**Iluminación**

Durante el recorrido, deberán anotarse las condiciones actuales de la iluminación y la potencia de cada uno de los equipos incluyendo el alumbrado de seguridad, así como el horario en que se encuentra encendido.

Debe considerarse la posibilidad de reducir el número de luminarias encendidas durante el día mediante el uso de láminas translúcidas. Asimismo, anotar los equipos que por descuido están encendidos durante el día y/o los que desde el punto de vista operacional no requieran estar encendidos. Por otra parte, se debe investigar si todos los circuitos están debidamente identificados y si existe un interruptor general para todo el alumbrado.

## 5.- OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA

Dentro de las oportunidades de ahorro de energía eléctrica en los sistemas de distribución en edificios o industrias, se tienen las siguientes:

- \* Alumbrado
- \* Administración de la demanda
- \* Corrección de bajo factor de potencia
- \* Aire acondicionado
- \* Programa para la administración de la energía

En virtud de que cada uno de los puntos anteriores son por si solos muy extensos y complejos, solamente se indicarán para cada uno de ellos una serie de recomendaciones a fin de que se pueda identificar fácilmente cuales pueden ser las expectativas de ahorro de energía en los mismos.

### 5.1.- Alumbrado

Uno de los desperdicios más comunes de energía se da en la iluminación de plantas industriales y oficinas de las empresas.

Los tres enfoques principales para iluminar un área específica son:

- + Iluminación general
- + Alumbrado del área de labor
- + Iluminación decorativa

Si la iluminación general se diseña para niveles de labores visuales que requieren alta iluminación, esta resultará una práctica costosa e innecesaria.

El alumbrado exclusivo del área de labor es más eficiente, ya que se tendrán los niveles de iluminación requeridos de acuerdo con las necesidades de la labor desarrollada.

Es conveniente que el alumbrado decorativo sea analizado ya que este puede encarecer el mantenimiento y operación del sistema.

## REDUCCIÓN DE POTENCIA SIN MODIFICAR EL NIVEL DE ILUMINACIÓN.

Existen algunas formas sencillas para reducir los consumos por concepto de iluminación:

### Lámparas eficientes.

En el mercado existe una gran variedad de lámparas fluorescentes que pueden sustituir directamente a los tradicionales focos incandescentes, ya que para un mismo flujo luminoso consumen aproximadamente 75 % menos energía, duran 10 veces más y emiten una luz agradable.

En la tabla 5.1 se muestra el cuadro comparativo de las características físicas y técnicas de diferentes lámparas fluorescentes

### Reflectores ópticos

Una manera simple de reducir los consumos y el número de lámparas, consiste en la utilización de reflectores. Esto implicará utilizar superficies reflejantes en los gabinetes de las lámparas fluorescentes. La reflexión lograda permite eliminar aproximadamente el 50 % de lámparas y balastros, lo que significa un ahorro similar en el consumo por iluminación.

### Controladores de alumbrado.

Son utilizados en zonas donde se tiene tiempo de desocupación de labores. Esto se puede realizar con la instalación de controladores de tiempo. Otro control sencillo lo representan las foto celdas que harán el apagado o encendido según los niveles de iluminación en el ambiente, estos pueden ser utilizados en áreas de oficinas para disminuir el uso del alumbrado artificial y aprovechar la luz del sol en las áreas cercanas a las ventanas. La utilización de estos controladores mejora la eficiencia del sistema de alumbrado.



**TABLA 5.1**  
**CUADRO COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTICAS**  
**FÍSICAS Y TECNICAS DE LAMPARAS**

WATTS	ACABADO	ARRANQUE	VIDA APROX. HORAS	LUMENES APROX.
39	LUZ DE DIA	INSTANTÁNEO	9,000	2,500
39	BLANCO FRIO	INSTANTÁNEO	9,000	3,000
32	BLANCO LIGERO *	INSTANTÁNEO	12,000	2,700
40	LUZ DE DIA	RAPIDO	12,000	2,650
40	BLANCO FRIO	RAPIDO	12,000	3,150
34	BLANCO LIGERO *	RAPIDO	20,000	2,925
75	LUZ DE DIA	INSTANTANEO	12,000	5,450
75	BLANCO FRIO	INSTANTANEO	12,000	6,300
75	BLANCO LIGERO *	INSTANTANEO	12,000	6,000
110 H.O.	BLANCO FRIO	RAPIDO	12,000	9,200
95 H.O.	BLANCO LIGERO *	RAPIDO	12,000	9,100
215 V.H.O.	BLANCO FRIO	RAPIDO	10,000	15,000
195 V.H.O.	BLANCO LIGERO *	RAPIDO	10,000	14,900

\* LAMPARAS SUPER SAVER II

**Uso de alumbrado natural**

La utilización de la luz solar es una gran ventaja, lo que puede realizarse instalando tragaluces, los cuales tienen un efecto en la calidad de luz, según sea la elección del mismo, lo cual depende de su construcción, color y transmisión. Los tragaluces más recomendables para labores donde se requiera buena visibilidad son los blancos.

El inconveniente de los tragaluces es la transmisión de calor a través de ellos, por lo que es recomendable la utilización de tragaluces de capa doble y aire encerrado, los que reducen sustancialmente este problema; en otros casos la polarización del tragaluz servirá para el mismo propósito.

#### **Alumbrado de seguridad**

El alumbrado de seguridad es útil para desanimar a los ladrones, pero es necesario verificar si la cantidad de luminarias es adecuada para realizar el rondín del vigilante o si se puede reducir.

#### **Uso decorativo**

Es recomendable la instalación de controladores de tiempo en anuncios luminosos y tener la certeza que la eficiencia de las lámparas son las adecuadas.

Es obvio decir que cualquier disminución en el consumo de energía eléctrica redundará en un beneficio económico, tanto en el aspecto de energía consumida como en la reducción de la curva de demanda y por consiguiente en la demanda pico. Esto nos produce un doble ahorro económico (energía facturada y reducción de kW de demanda máxima). Ver figura 5.1.

### **5.2.- Administración de la demanda**

Como ya se explicó, las tarifas eléctricas aplicables a este tipo de servicios no solo contemplan el cobro de la energía consumida por un usuario en un intervalo de tiempo, sino también la forma en que está siendo requerida durante el período de consumo. Esto viene definido por el Factor de Carga del servicio, de manera que mientras más cercano esté de la unidad, el costo medio del kW-h será menor.

El factor de carga se puede mejorar de 2 formas:

- a).- Reduciendo la demanda máxima.
- b).- Incrementando el tiempo laboral de la empresa.

#### **a).- Disminución de la demanda**

La mayoría de las medidas de conservación de energía aplicadas a dispositivos eléctricos disminuyen el consumo global y pueden disminuir la demanda máxima si se encuentran operando durante el intervalo crítico. Algunas son; el uso de motores más eficientes,

conversiones a equipos de gas y sistemas de alumbrado más eficaces. Sin embargo estas medidas pueden tener poca relevancia en la disminución de la demanda máxima.

Por consiguiente, resulta necesario modificar la forma en que el usuario utiliza la energía, para ello se requiere redistribuir la operación de los equipos de tal manera que el uso de la electricidad no esté concentrado durante el intervalo de demanda máxima. Esta no es una técnica de ahorro de energía, ya que no tiene la finalidad de reducir el consumo de la misma, pero sí tendrá un fuerte impacto en el valor de la demanda máxima y por consiguiente la reducción en el pago por este concepto.

Administrar la demanda de energía eléctrica en un sistema es organizar la operación de las cargas con el fin de evitar grandes picos en la misma. Todo esto debe hacerse sin afectar la calidad o productividad de la empresa.

Para poder administrar la demanda se requiere conocer:

- + Auditoría histórica
- + Perfil de demanda
- + Proceso de fabricación
- + Tipos de cargas
- + Censo de carga

Un análisis de estas características en conjunto nos podrá indicar cual es la demanda objetivo y las cargas susceptibles de controlar.

### Auditoría histórica

La auditoría histórica nos servirá para conocer; el factor de carga con que generalmente trabaja la empresa, una primera apreciación de la cantidad de kW de demanda factible de reducir y una estimación aproximada del beneficio obtenido.

El cálculo para detallar la mejora económica al aumentar el factor de carga se realiza de la siguiente manera:

$$(\$ \text{ kW-h})_m = \frac{(\$/\text{kW}) + (\$/\text{kW-h}) (\text{FC}) (h)}{(\text{FC}) (h)}$$

donde

$(\$ \text{ kW-h})_m$  = Costo medio del kilowatt-hora  
 $(\$/\text{kW})$  = Costo por kilowatt de demanda máxima  
 $(\$/\text{kW-h})$  = Costo del kilowatt-hora  
 $(\text{FC})$  = Factor de Carga  
 $(h)$  = horas facturadas

### Perfil de la demanda

La herramienta mas importante para determinar la viabilidad de administrar la demanda, es obtener el perfil de la misma durante las 24 horas de cuando menos un día que se considere representativo. Obviamente, un perfil de demanda semanal o mensual ofrecerá mejores perspectivas de análisis.

Debe observarse que cualquier intento realizado sin considerar el perfil de demanda resultará infructuoso, ya que solo de esta manera se puede estar en condiciones de hacer un diagnóstico más real.

### Proceso de fabricación

Uno de los puntos importantes en toda auditoria energética es el conocer el proceso de fabricación y tratar de conjuntarlo por áreas específicas. Sin embargo la finalidad de la auditoria no implica que se deba ser un experto en el giro de la empresa auditada.

Para determinar la forma en que la demanda puede controlarse, se han de agrupar las cargas eléctricas según su operación y también distinguir si:

- + Son cargas productivas o de servicio.
- + Únicamente pueden estar totalmente encendidas o apagadas.
- + Se dispone de un medio para limitar la potencia entregada a la carga, es decir si se pueden fijar momentáneamente niveles mas bajos de potencia.

### Censo de carga

Con el censo de carga es posible:

- + Conocer el uso de energía por área o departamento y poder ponderar un estimado posible de comparar con el real.
- + Discernir cuales cargas son propensas y por cuanto tiempo a la administración de la demanda .

### Equipos automáticos de control de demanda máxima.

Existen en el mercado nacional empresas que distribuyen equipos para controlar en forma automática la demanda máxima de un servicio, proporcionando asimismo apoyo técnico y de mantenimiento de los mismos.

Estos equipos son sistemas con microprocesadores, los cuales toman el control total de las cargas susceptibles de controlar, tales como:

- + Alumbrado
- + Aire acondicionado y calefacción
- + Compresores
- + Ventiladores y extractores
- + Cargadores de baterías
- + Cargas de talleres, etc.

Cuyos módulos programados previamente conectan o desconectan equipos de acuerdo a una demanda fijada con anticipación, disminuyendo de esta forma los grandes picos, a efecto de mejorar el factor de carga y evitar costos elevados en la facturación por este concepto.

Antes de poner en práctica esta o cualquier otra medida de ahorro, se requiere establecer previamente el costo beneficio de la implantación correspondiente, a fin de determinar el tiempo de recuperación de la inversión.

Independientemente, cuando el proceso lo admita, podrán efectuarse pequeños cambios en la operación de las cargas para obtener reducciones en los picos de demanda y así disminuir la facturación por kW de demanda máxima sin realizar inversión alguna.

#### b).- Incremento del tiempo laboral de la empresa

Los turnos de operación de una empresa determinan el valor máximo del factor de carga a que pueden aspirar. Esto se comprende considerando que el suministrador está en posibilidad de proporcionar el servicio durante la 24 horas del día, pero es el usuario el que decide el horario para hacer uso intensivo de la energía.

Esto es, si una empresa trabaja los tres turnos durante todo el año con una demanda bien administrada, podrá tener un factor de carga muy cercano al 100 % y su perfil de demanda será parecido al de la figura 5.1.

Por otro lado hay empresas que trabajan 1 ó 2 turnos, descansan 1 ó 2 días por semana y días festivos, estas podrán tener curvas de demanda parecidos a las figuras 5.2 y 5.3. Obviamente los factores de carga para estas empresas será menor que la anterior.

### Evaluación económica

Una empresa trituradora de piedra produce materiales para construcción y tiene en su proceso maquinaria eléctrica cuya demanda se establece en el orden de los 700 kW, con consumos de 291,000 kW-h al mes (figura 5.4).

Trabajan 2 turnos, 6 días por semana y producen 40,000 ton. al mes. Como se puede ver, si llega a fallar el motor de 170 kW se detiene todo el proceso. No siempre funciona este motor ya que el apilamiento que forma es superior en volumen al que pueden moler los motores de 140 kW. Es decir, no siempre está funcionando el equipo de 170 kW.

¿Como administrar la demanda?

Se propone diferir el horario de trabajo del motor de 170 kW y de sus bandas transportadoras (3x17 kW) a un tercer turno. Para esto el tercer turno requiere de 5 kW de alumbrado, dadas las características de operación de este equipo. Esto es posible ya que los apilamientos que efectúa este motor son grandes y los motores de 140 kW no logran terminarlo en los dos turnos.

Al diferir la operación de estos equipos, se demandará:

Tercer turno : 226 kW x 8 horas x 26 días al mes = 47,088 kWh

Primer turno : 498 kW x 8 horas x 26 días al mes = 103,584 kWh

Segundo turno : 498 kW x 8 horas x 26 días al mes = 103,584 kWh

T o t a l ..... 254,176 kWh

Ahora bien, si por alguna causa se requiere mayor apilamiento de producto del motor de 170 kW en el 1er. o 2do. turno, se propone como opción dejar de operar un motor de 140 kW con su correspondiente banda y operar en su lugar el motor de 170 kW. Esta opción dará una demanda máxima de 558 kW.

En el primer caso, en lugar de 700 kW la demanda máxima será de 498 kW, con una disminución de 202 kW. Para la segunda opción se demandará como máximo 558 kW, con un ahorro de 142 kW.

La cantidad en pesos del beneficio económico será:

Primera opción : 202 x 53,266 = \$ 10 759,73

Segunda opción : 142 x 53,266 = \$ 7 563,77

Es necesario aclarar que la producción no se verá afectada, tampoco se aumentará la plantilla de personal, sin embargo el pago a los trabajadores aumentará un poco por el cambio de turno, siendo este punto en contra el que habrá de compararse con el beneficio económico y tomar una decisión adecuada.

### 5.3.- Corrección del factor de potencia

La forma más adecuada para corregir el factor de potencia en una industria, es mediante la instalación de capacitores.

Los motores al operar, toman de la fuente de alimentación una determinada corriente, parte de la cual está destinada a lograr la magnetización del motor, esta se llama corriente inductiva.

Un capacitor conectado a la misma fuente del motor también provoca la circulación de una corriente cuya finalidad es la de mantener un campo electrostático entre las placas del dispositivo, la cual se conoce como corriente capacitiva. Estas corrientes, la inductiva y capacitiva se encuentran defasadas  $180^\circ$  y por consiguiente se contrarrestan, de tal forma que ya no será necesario que la fuente suministre toda la corriente magnetizante del motor, ya que el capacitor se encarga de proporcionarle una buena parte de ella.

Además de evitarse el cargo por bajo factor de potencia, la corrección del mismo trae como consecuencia las siguientes ventajas:

- 1.- Cuando se mejora el factor de potencia en el punto donde se origina, los alimentadores tendrán más disponibilidad para aumentos de carga.
- 2.- Al disminuir la corriente en los circuitos de distribución y en los transformadores, se reducen las pérdidas por efecto Joule ( $I^2r$ ), disminuyendo la temperatura de operación de la instalación y los equipos. Además del ahorro de energía obtenido al disminuir las pérdidas, se aumenta la eficiencia de los equipos y sus aislamientos.
- 3.- Al mejorar la regulación de Voltaje, se alargará la vida útil de los equipos.

La capacidad del banco de capacitores necesario para pasar de un factor de potencia a otro nuevo viene dado por:

$$\text{kVAR} = \text{kW} \times (\text{Factor de corrección})$$

El valor del factor de corrección se obtiene de las tablas proporcionadas por el fabricante.

Para calcular el banco de capacitores:

- a).- Tómese el factor de potencia más bajo y su demanda máxima correspondiente, registrados en los recibos de consumo de energía eléctrica de un año.
- b).- Determine el factor de corrección de la tabla y calcule la capacidad del banco de capacitores.
- c).- Observe si satisface todos los demás períodos donde se anotaron factores de potencia menores a 90 %. En caso negativo, corrija a un valor superior hasta que satisfaga el resto de los períodos.

#### 5.4.- Aire acondicionado

Para entender como se comporta la temperatura en un local cerrado, hay que analizar las fuentes de cambio de temperatura:

- + El calor transferido por conducción de la parte caliente a la parte fría a través de losas, paredes y pisos ( $Q_1$ ).
- + El calor transferido por la energía solar ( $Q_2$ ).
- + El calor filtrado a través de aberturas de puertas y ventanas ( $Q_3$ ).
- + El calor que emanan los equipos, las lámparas y motores de las empresas ( $Q_4$ ).
- + El calor que desprende la gente ( $Q_5$ ).
- + En verano la ganancia de calor es  $Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$ .

En la medida en que se controlen estas variables ( $Q$ ) se estará en capacidad de ahorrar energía por concepto de aire acondicionado.

Por ejemplo, si las losas y paredes carecen de aislamiento térmico, se tendrá un alto valor de  $Q_1$ . Problema que se puede evitar de manera radical si se aplican materiales aislantes a techos y paredes.

Al entrar menos calor del exterior en verano y escapar menos calor del interior en invierno, los equipos de aire acondicionado trabajan menor tiempo.

La energía solar  $Q_2$ , puede controlarse a través de la orientación de oficinas y naves industriales, minimizando las áreas de exposición directa al sol.

El calor transferido por puertas y ventanas abiertas o con sello defectuoso ( $Q_3$ ), obliga a los equipos de aire acondicionado a trabajar con más frecuencia, ocasionando un consumo



innecesario de energía. Enfátice entre el personal la necesidad de no dejar puertas o ventanas abiertas. La revisión de los sellos será también importante.

El calor generado por los equipos es inevitable en muchos casos, sin embargo las lámparas incandescentes generan más calor que las fluorescentes además de consumir mucha más energía. Controlando estos elementos se reducen los consumos.

Existen una serie de recomendaciones que de seguir las aumentarán favorablemente la relación entre el confort y el ahorro de energía:

- 1.- Comprar equipos con la más alta relación de eficiencia energética del mercado.
- 2.- Mantenga la temperatura del termostato en 25 °C en verano, En invierno fije el termostato a 18 °C.
- 3.- Limpie los filtros de aire regularmente (una vez por semana). Trate de tener el equipo en óptimas condiciones de funcionamiento, realizando una revisión técnica especializada del equipo de aire acondicionado cada que comience la temporada de frío o calor.
- 4.- No enfrie ni caliente áreas donde no hay nadie. Apague sus equipos cuando no haya gente que aproveche el confort que brindan.

#### 5.5.- Programa para la administración de la energía

Para realizar un programa de administración de energía, hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

##### Elegir una política administrativa en energía.

Se debe preparar una política con objetivos generales bien detallados, metas específicas, límites presupuestales, métodos a emplear y los recursos de administración requeridos para la organización. Los objetivos deben incluir entre otros:

- + Minimizar los desperdicios de energía, como es la prevención de fugas de aire comprimido y vapor, pérdidas de calor y combustible.
- + Mejorar la eficiencia de utilización de la energía mediante la utilización de equipo más eficiente.

- + Siempre y cuando sea factible y económicamente justificable, reemplazar combustibles caros y escasos, con combustibles baratos y fácilmente disponibles.
- + Identificar áreas que requieren un estudio más detallado.
- + Proveer de manuales al personal sobre el buen uso de energía.
- + Proveerse de asesores especializados en compras, planeación, producción y otros departamentos, sobre los proyectos a largo plazo de administración de demanda eléctrica.

#### Conducir una auditoria de energía detallada.

Se requiere de una base de información bien detallada, la cual se obtiene de la auditoria histórica y de recorrido, para proponer los cursos de acción y evaluar sus consecuencias.

Esta información por si sola no dará la respuesta final al problema de ahorro, pero si indicará donde se presentan los mayores potenciales de mejora y por consiguiente, donde habrán de concentrarse los esfuerzos de administración de energía.

#### Formular un plan de acción.

El plan de acción debe observar, los siguientes aspectos:

- + La conservación.- La cual engloba la reducción del consumo a través de minimizar desperdicio y mejorar eficiencia.
- + La sustitución.- La cual denota el reemplazo de combustibles caros y escasos con baratos y más fáciles de disponer.

El plan de acción debe promover el programa de administración de energía a través de los empleados. El éxito dependerá del apoyo y colaboración de todos ellos, los cuales pueden ser una fuente potencial de ideas para medidas de conservación posteriores.

Este plan de acción debe extenderse hacia el medio doméstico y personal. La costumbre doméstica del ahorro de energía no solo generará buena voluntad y ahorro económico de los empleados, sino también desarrollará buenos hábitos que probablemente adopten en el ámbito laboral.

### **Evaluar y mantener el programa de administración de energía.**

El programa de administración de energía será económicamente más efectivo si se desarrolla como un programa continuado, sus resultados han de ser revisados anualmente, revalorando la política y el plan de acción.

La revisión debe determinar si los objetivos han sido alcanzados y si se justifica el costo de continuar el programa por el ahorro esperado. Una re-evaluación será necesaria debido a que los costos de energía se incrementan y la producción puede modificarse.

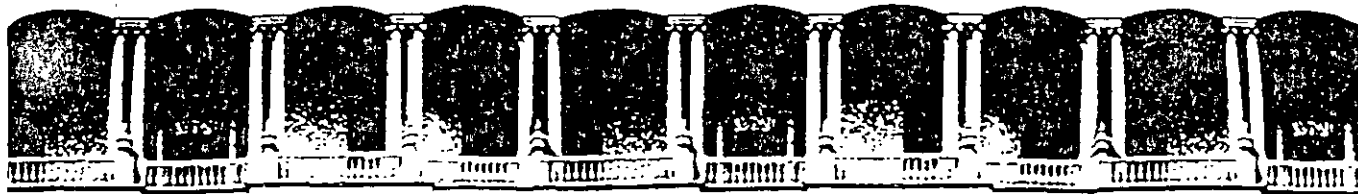
Es recomendable llevar a cabo regulares inspecciones al equipo y planta para detectar los principales desperdicios de energía, caídas de producción o deterioros perjudiciales. Un buen programa de mantenimiento provee una industria tranquila, segura y energéticamente más eficiente.

### **6.- RESUMEN DE OPORTUNIDADES DE AHORRO DE ENERGÍA**

Finalmente, es importante elaborar un formato de resultados que contenga:

- a).- Mención o concepto de la oportunidad de ahorro de energía.
- b).- Inversión estimada.
- c).- Ahorro mensual estimado, tanto de energía como económico.
- d).- Período de recuperación de la inversión.
- e).- Observaciones.

Han de ordenarse las oportunidades de ahorro de energía según el orden creciente del tiempo de reembolso, es decir, primero las que requieren nula o baja inversión y posteriormente aquellas con mayor inversión.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*CURSOS ABIERTOS*

***DIPLOMADO EN  
INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS***

***MODULO I: SISTEMAS DE  
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA***

*TEMA*

***EDIFICIOS VERTICALES***

**EXPOSITOR: ING. ING. ERNESTO A. NIÑO SOLIS  
PALACIO DE MINERIA  
SEPTIEMBRE DEL 2002**

# Edificios Verticales

## - INTRODUCCION

El incremento en el costo de los terrenos en la Ciudad de México, ha generado la necesidad de aprovechar al máximo el área de los mismos, con el consiguiente aumento en las construcciones de edificios "altos". Esto trae consigo la necesidad de grandes cantidades de energía eléctrica, además de otros servicios.

Una de las políticas principales para una localización óptima de las fuentes de suministro de energía eléctrica, con la finalidad de evitar pérdidas excesivas, es ubicarlas lo más cercanas posibles al centro de carga o consumo. Esto no había significado problemas fuertes para la electrificación, hasta que se inician los desarrollos de centros comerciales y/o de oficinas en edificaciones verticales de gran tamaño. Para encontrar una solución que brinde calidad en el suministro de energía eléctrica a este tipo de usuarios, se requiere instalar transformadores de distribución (subestaciones de MT/BT) en diferentes niveles del edificio así como redes verticales de media y baja tensión, a fin de mantener un servicio de calidad, siendo necesario que el usuario cumpla con los requerimientos estipulados por las empresas suministradoras.

## - ANTECEDENTES

Generalmente, el suministro de energía eléctrica a estas edificaciones se ha realizado mediante la instalación de uno o más transformadores de distribución y de la concentración de medidores correspondiente, en el interior de locales cedidos en su caso, por el usuario a la empresa suministradora para tal efecto, los cuales normalmente se encuentran en planta baja o sótano.

Al tener este tipo de instalación y a medida que incrementan su tamaño las nuevas edificaciones, así como su carga y el número de consumidores, ha provocado la aparición de problemas tales como: sobrecargas, variaciones de tensión, mala regulación y poca flexibilidad de operación, con consecuencias negativas en la calidad del uso de la energía eléctrica.

## - ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO

La seguridad en el suministro de energía eléctrica a los usuarios siempre será un factor importante que definirá la manera en que habrá de alimentarse una gran concentración de carga.

La estructura del sistema de distribución en el interior de un edificio, dependerá sobre todo de las características de la carga, la configuración del edificio, el grado de confiabilidad y la calidad de servicio que se requiera.

Las alternativas de alimentación de energía eléctrica para un edificio deberán ser analizadas tomando en cuenta, entre otros factores, los siguientes:

- \* Zona geográfica (sistema aéreo o sistema subterráneo).
- \* Tipo y magnitud de la carga.
- \* Tensión de suministro.
- \* Nivel de cortocircuito.

- \* Confiabilidad.
- \* Arquitectura del inmueble. (área construida, niveles, etc.)
- \* Medición. (tarifas)
- \* Costos.

Las estructuras normalizadas para alimentación en media tensión (figura 1) que se utilizan frecuentemente son:

- a).- Radial.
- b).- Anillo abierto.
- c).- Derivación doble.
- d).- Mancha de red.

Cada uno de estos sistemas presentan características definidas, y pueden diseñarse para edificios verticales, los cuales se describen enseguida.

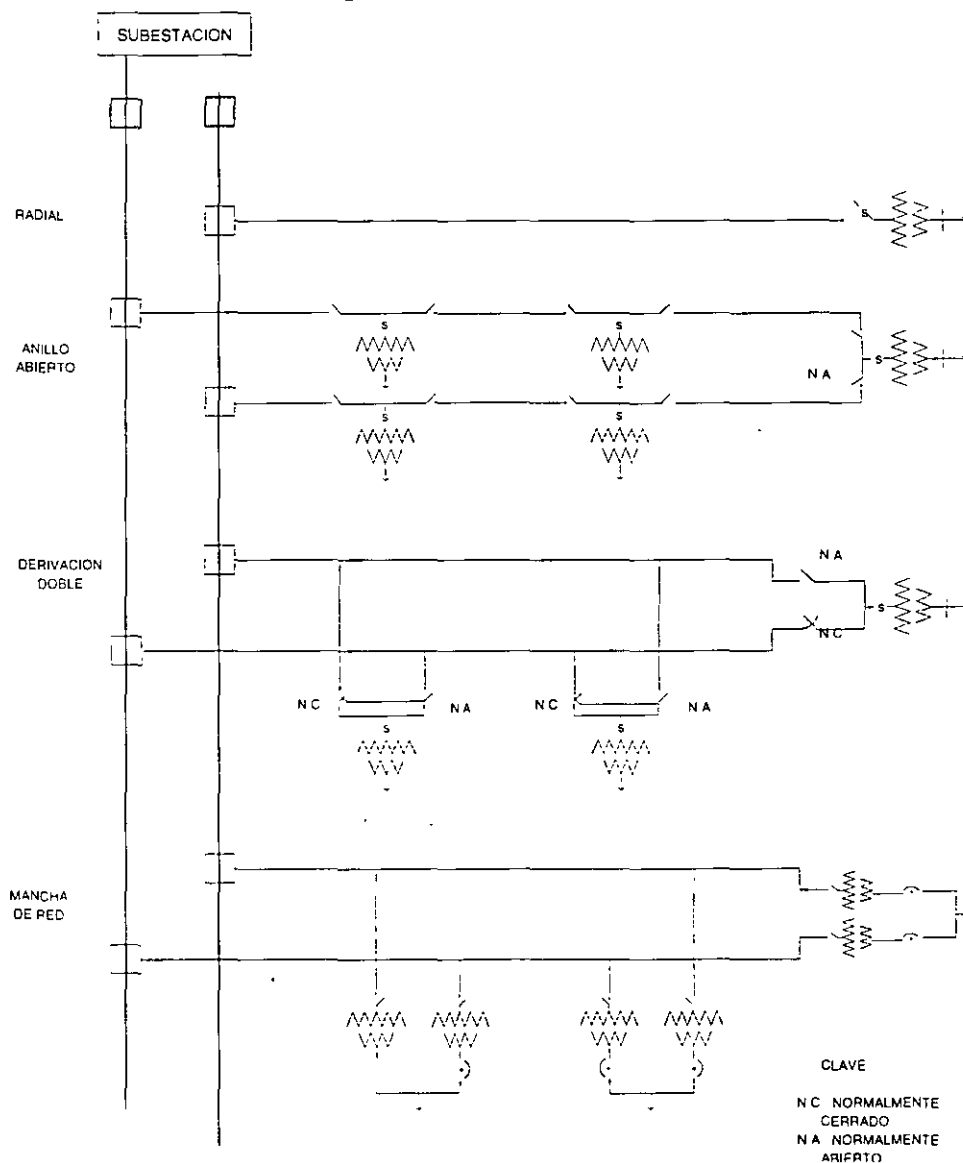


Figura 1.- Estructuras de alimentación.

**EDIFICIOS VERTICALES**

ING. ERNESTO A. NIÑO SOLIS  
 SEPTIEMBRE 2002

### a).- Sistema radial

La estructura de alimentación radial, aérea o subterránea a un servicio de este tipo es obviamente la menos compleja pero también es la menos confiable ya que debido a una falla en cualquier componente del sistema de alimentación primaria, afectará a todos los consumidores ligados al mismo, los cuales quedarán sin servicio hasta que se localice y sea reparada la falla. Por tanto este sistema solamente se aplicará a servicios que no requieran gran continuidad (figuras 2 y 2A).

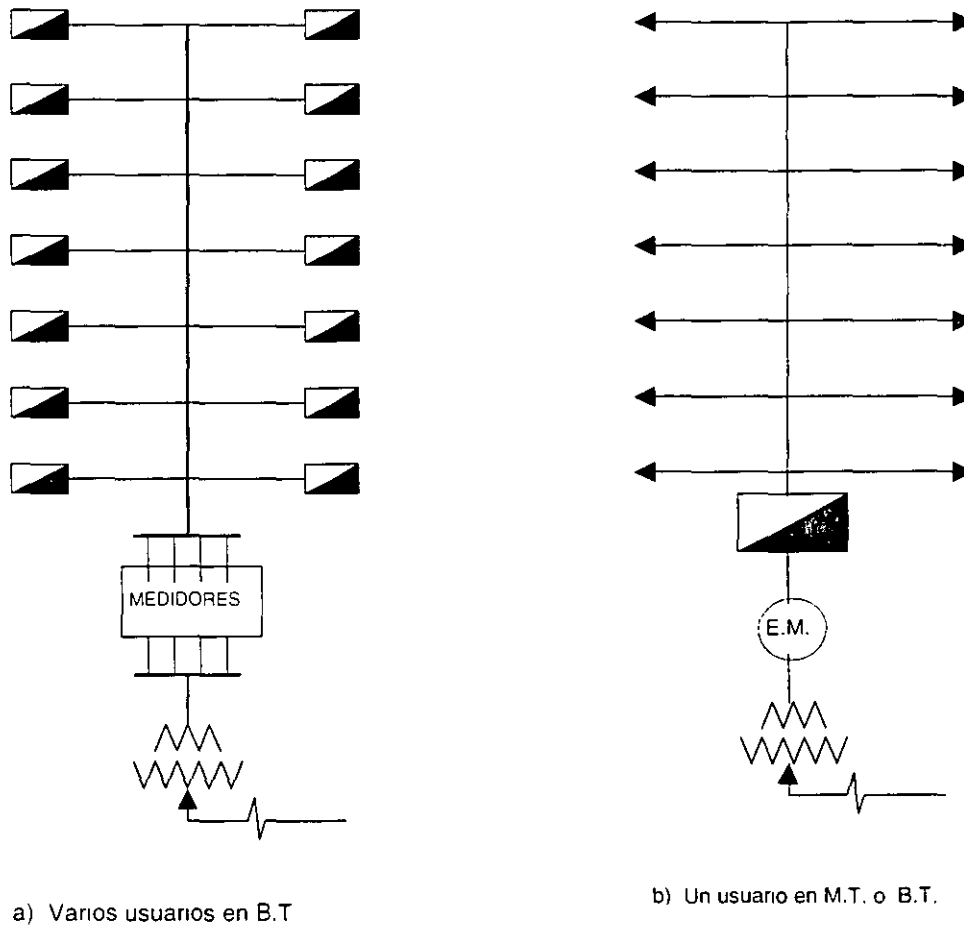
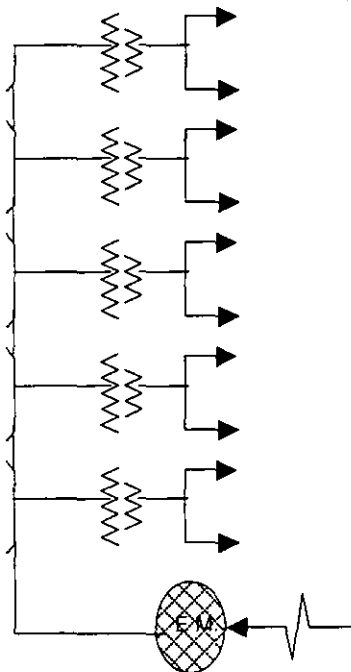
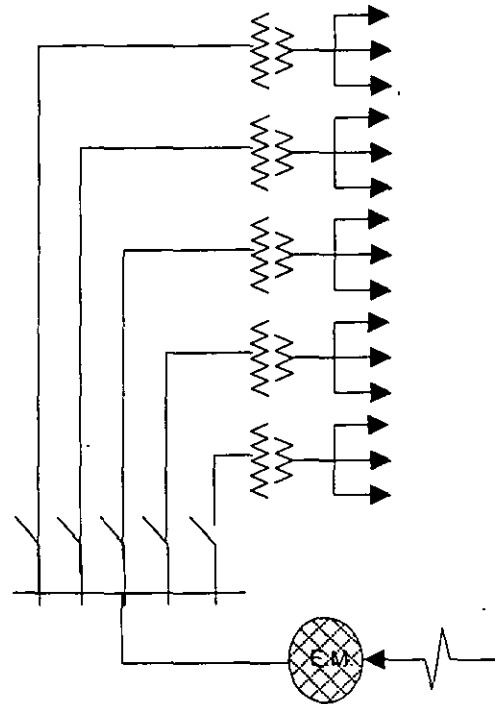


Figura 2.- Sistema radial para suministro de energía a edificios altos.



a) Un usuario en M.T. con transformadores, varios niveles. Un solo alimentador



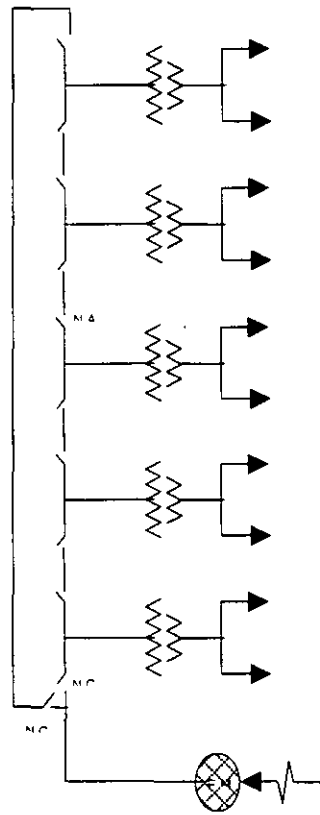
b) Un usuario en M.T. con transformadores en varios niveles, varios alimentadores.

Figura 2A.- Sistema radial para suministro de energía a edificios altos.

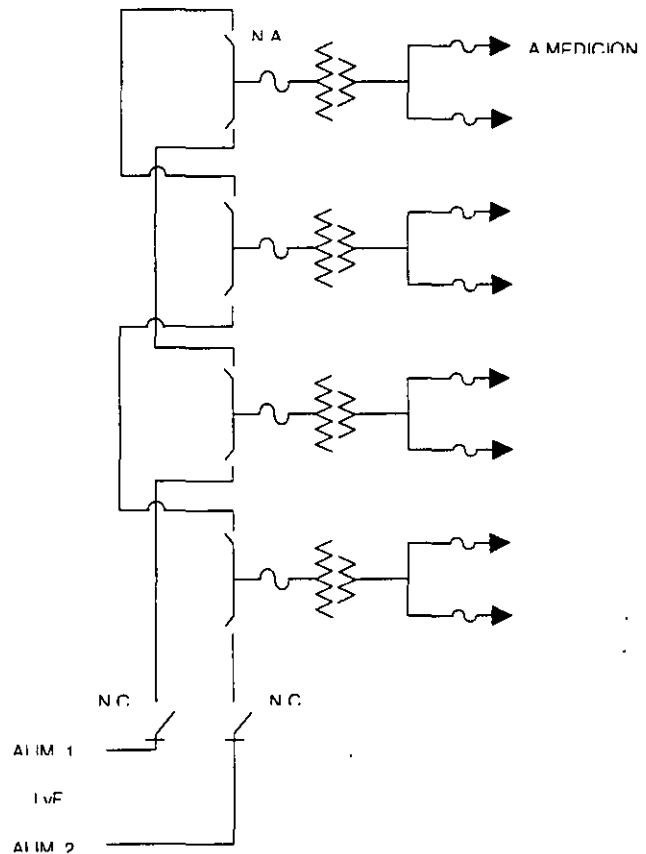
### **b).- Sistema en anillo abierto**

Este diseño ha sido empleado extensamente para alimentar cargas comerciales y pequeñas cargas industriales importantes. Consta de dos alimentadores radiales que se unen en un desconector normalmente abierto. Una falla en un componente de la red primaria puede ser seccionada o aislada en forma manual y restablecer el servicio mediante la operación del desconector ubicado en el punto normalmente abierto (figura 3).





a) Un usuario en M.T. con transformadores en varios niveles.



b) Varios usuarios en M.T. y en B.T.

Figura 3.- Sistema en anillo

**c).- Sistema en derivación doble**

En este diseño, dos circuitos de media tensión independientes se llevan al centro de carga y se conectan al transformador por medio de un dispositivo automático de transferencia. Uno de los circuitos recibe el nombre de preferente y el otro se conoce como alimentador emergente (figura 4). Esta es una estructura que proporciona un alto grado de confiabilidad en el servicio, ya que cuando un alimentador queda fuera de servicio, el otro llevará el total de la carga, mediante el cambio automático de alimentación a través de los interruptores de transferencia en media tensión.

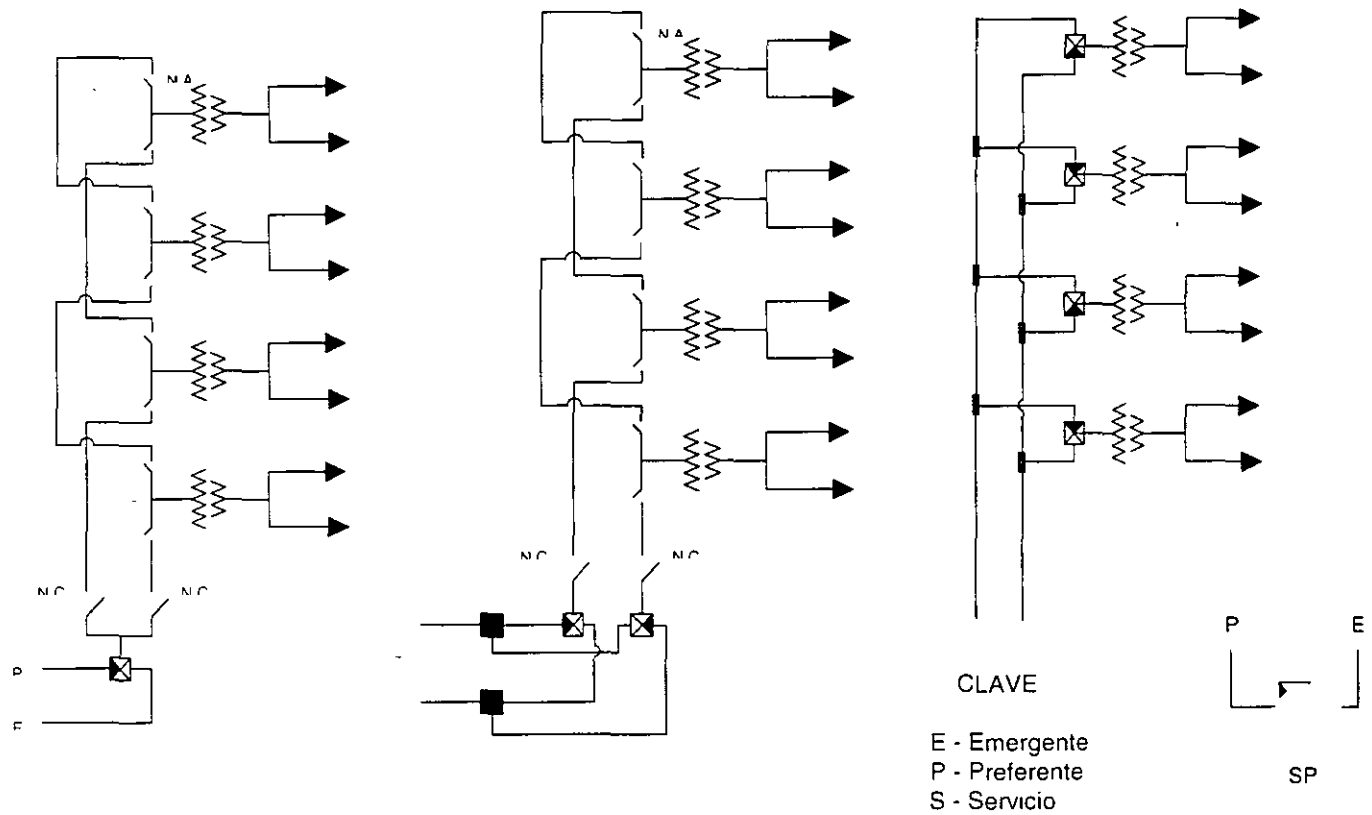
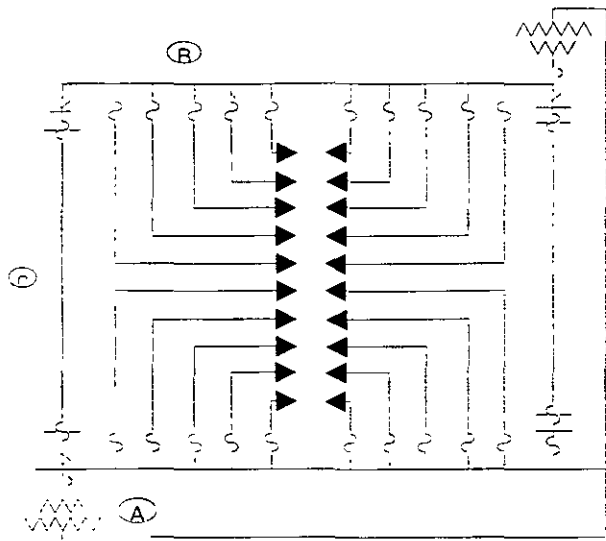


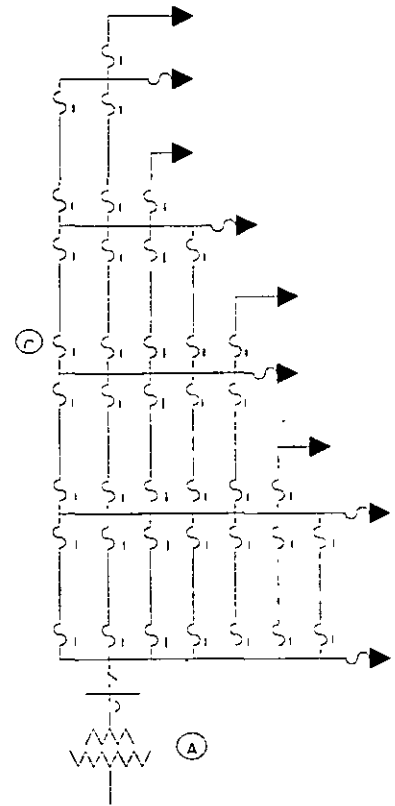
Figura 4 - Sistema en derivacion doble para suministro de energía a edificios altos

#### d).- Mancha de red

Este sistema es uno de los más flexibles y confiables que existen. Su empleo se restringe a zonas de densidad de carga elevada, en las que ya se tiene una red automática subterránea implantada. Esta alternativa requiere para su implantación de un mínimo de dos alimentadores a los que se conectarán los transformadores de distribución y sus respectivos protectores de red, los cuales alimentarán un bus secundario común, energizado permanentemente (figura 5).



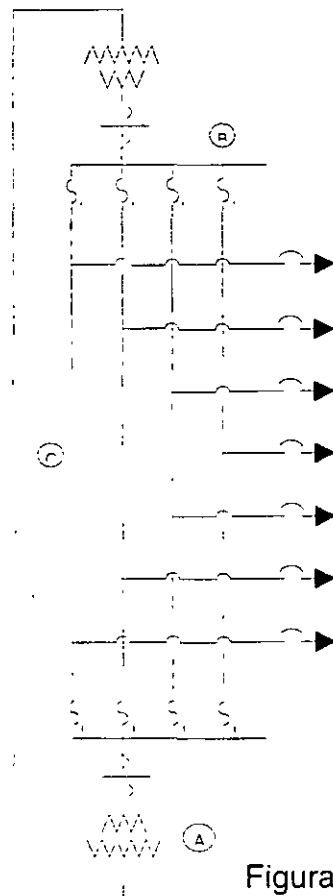
CASO 1



CASO 2

- (A)
- (B)
- (C)

Subestación y bus en la base del edificio  
 Bus en la parte superior del edificio  
 Malla de baja tensión  
 Fusible  
 Fusible de potencia  
 Protector de red



CASO 3

Figura 5.- Estructura de una mancha de red

EDIFICIOS VERTICALES

## **- ANÁLISIS DE COSTO-CONFIABILIDAD**

Cada uno de los sistemas descritos tendrán un costo relativo a la importancia y la naturaleza de la carga por alimentar. Para escoger la mejor alternativa, se requerirá de un análisis técnico-económico detallado de los diversos sistemas compatibles al servicio deseado. Cada uno de los arreglos tiene una confiabilidad característica, que combinada con el costo permitirá seleccionar la estructura más adecuada según las necesidades.

## **- REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION VERTICAL**

En los casos de servicios contratados en baja tensión, es responsabilidad de la empresa suministradora efectuar todos los trabajos relacionados con el mantenimiento y operación del sistema de distribución vertical en media tensión, las subestaciones instaladas en el interior del edificio, los circuitos alimentadores en baja tensión, los equipos de medición y concentraciones propiedad de la misma.

El usuario tendrá la obligación de cumplir con los requisitos que la empresa suministradora especifique, siendo algunos de ellos los siguientes:

- a).- Nombrar un representante legal.
- b).- Accesos libres para la instalación y mantenimiento del equipo.
- c).- Espacios adecuados para:
  - \* Locales de subestación, equipos de protección o seccionamiento.
  - \* Trayectoria de circuitos de media y baja tensión.
  - \* Equipos de medición
  - \* Equipo de control y comunicación.
- d).- Equipo contra incendio.
- e).- Seguro contra daños.

### **a).- REPRESENTANTE LEGAL DEL USUARIO.**

El propietario del edificio deberá nombrar un representante legal con el que la compañía suministradora acordará y coordinará los trabajos correspondientes a la ejecución del proyecto y construcción del sistema de distribución.

### **b).- ACCESO PARA EL EQUIPO.**

El propietario del inmueble o su representante legal, tendrán la obligación de proporcionar todas las facilidades para el transporte adecuado del equipo durante su instalación, retiro o reemplazo, tanto en forma horizontal como vertical, durante las 24 horas del día y durante los 365 días del año.

**Transporte horizontal.**- Este lo realizará personal de la empresa suministradora y se hará por medio de rodillos o patines, para lo cual es necesario que el piso por el que se deslice el equipo permita el uso de los mismos. Asimismo, deben existir facilidades para instalar medios de jalado y soportes para su movimiento, siendo indispensable para ello, un ancho mínimo de 2.50 m y una altura libre de 2.40 m como mínimo a lo largo de toda la trayectoria de acceso a los locales de las subestaciones. La losa de piso a lo largo de la misma deberá soportar el peso del equipo, conforme a los valores de la Tabla 1.

**Transporte vertical.**- El usuario efectuará con su equipo, personal y bajo su responsabilidad, las maniobras necesarias para subir o bajar desde el nivel de calle hasta los diferentes niveles en que se encuentren ubicadas las subestaciones en el edificio, los materiales y equipos que formarán parte del sistema de distribución de energía eléctrica, durante la etapa de construcción.

Para tal efecto es necesario contar con un elevador de carga o montacargas de las dimensiones y capacidad acordes con el equipo a instalar en las subestaciones y con un factor de seguridad del 30 %. En la Tabla 1 se indican estos valores.

**TABLA N. 1**  
**DIMENSIONES Y PESOS DE EQUIPOS**  
(m, kg)

EQUIPO	LARGO	ANCHO	ALTURA	PESO
TRANSFORMADOR 300 kVA	1,90	1,50	2,00	3 000
TRANSFORMADOR 500 kVA	1,90	1,50	2,00	4 000
TRANSFORMADOR 750 kVA	2,20	1,50	2,00	5 500
GABINETE M 23i, 1 SECCION	1,22	1,22	2,22	250

**c).- ESPACIOS ADECUADOS**

\* Locales de subestación, equipos de protección o seccionamiento.

El usuario estará obligado a proporcionar en el interior del edificio, los espacios para instalar las subestaciones de 23.000-220/127 Volts, necesarias para el suministro de energía eléctrica en baja tensión al mismo. Algunas especificaciones se indican a continuación.

**Dimensiones:** Las dimensiones de los locales para las subestaciones estarán en función del equipo utilizado en el proyecto correspondiente. En la tabla 2 se muestran algunos ejemplos.

**TABLA N.2**  
**ESPACIO REQUERIDO PARA LOCALES DE SUBESTACION**

CANTIDAD	EQUIPO	DIMENSIONES
1	TRANSFORMADOR DE 300, 500 o 750 kVA	4,00 x 4,50
1	TRANSFORMADOR DE 300, 500 o 750 kVA	6,00 x 5,00
1	GABINETE M 23 I, 3 SECCIONES	
1	TRANSFORMADOR DE 300, 500 o 750 kVA	6,00 x 6,00
1	GABINETE M 23 I, 4 SECCIONES	

EDIFICIOS VERTICALES

ING. ERNESTO A NIÑO SOLIS  
SEPTIEMBRE 2002

**Acceso:** El acceso a las subestaciones, tanto de personal de la empresa suministradora como para el equipo, deberá estar libre y expedito en todo momento, se hará en forma directa a las subestaciones por medio de una puerta metálica con persianas fijas para ventilación en toda su superficie, portacandado y letrero con la leyenda de "PELIGRO ALTA TENSIÓN", cuyas dimensiones serán fijadas en su caso por la empresa suministradora.

**Paredes y pisos:** Las paredes serán de concreto armado con un espesor mínimo de 0,15 m, la losa de piso será de concreto armado y calculado para soportar el peso del equipo a instalar.

**Ventilación:** La ventilación del local será por medio de la puerta de acceso a la subestación y de ventanas metálicas, con persianas fijas en toda su área. Las dimensiones de estas últimas las indicara la empresa suministradora. en base al equipo por instalar.

**Drenaje:** Por ningún motivo se permitirá que el líquido refrigerante de los transformadores (RTE'mp) pueda dispersarse por la subestación o fuera de la misma, para tal efecto se deberá instalar en las subestaciones una coladera u otro medio de evacuación hacia un deposito especial de confinamiento. conforme lo establece el capítulo 4, artículo 450-46 de las Normas Oficiales Mexicanas NOM-001-SEDE-99 y la normatividad en materia ambiental.

**Sistema de tierras:** El usuario deberá proporcionar en cada subestación dos tomas de tierra con cable de cobre desnudo de 250 MCM., cuyo valor de resistencia medida sea menor o igual a 10 Ohms.

**Instalación eléctrica:** Será dependiente del sistema eléctrico del edificio, consistente en un interruptor termomagnético de 30 A., apagador-contacto de 600 Watts. alumbrado adecuado, consistente en lámparas incandescentes de 100 Watts cada una. También se deberá contar con alumbrado de emergencia.

**\* Trayectoria de circuitos de media y baja tensión.**

Se construirán ductos verticales para la instalación de los circuitos de media y baja tensión, con dimensiones mínimas de 2.00 x 0.80 m. con charolas de 0,35 m., debiéndose tener acceso a los mismos en cada piso como se muestra en la figura 6. Estos ductos deberán ser exclusivamente para instalaciones de la empresa suministradora, la cual instalará los candados correspondientes.

Los circuitos de media y baja tensión deberán instalarse en forma independiente entre sí y de otras instalaciones del edificio.

De la misma manera, se construirán los pasos de cables necesarios para los circuitos de baja tensión, a fin de comunicar la subestación con las concentraciones de los equipos de medición, siendo también indispensable construir los ductos requeridos para ligar las subestaciones con el exterior.

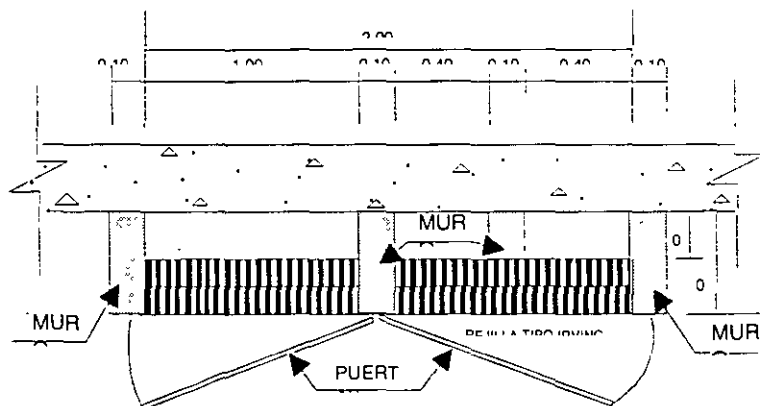


Figura 6.- Ductos verticales para la torre

**\* Equipos de medición.**

El usuario tiene la obligación de proporcionar los locales para la instalación de los equipos de medición correspondientes, cuyas dimensiones quedarán definidas por el número y tipo de servicios ubicados en una misma concentración. También deberán instalarse sardineles con rejillas tipo Irving para protección de los circuitos de baja tensión.

**\* Equipo de control y comunicación.**

Para facilitar las maniobras de operación del sistema de distribución, el usuario instalará un sistema de comunicación interfono) entre los locales de las subestaciones y un teléfono en la parte baja del edificio, exclusivo para el personal de la empresa suministradora.  
El usuario debe proporcionar de ser necesario, los espacios para la instalación del equipo de control para operación remota.

**d).- EQUIPO CONTRA INCENDIO**

El usuario deberá proporcionar e instalar en cada subestación, el equipo contra incendio (tipo ABC) aprobado por el área de Protección Civil de la autoridad correspondiente. El mantenimiento de estos equipos será proporcionado por el propietario del inmueble, haciendo saber a la empresa suministradora del programa del mismo para obtener el acceso a las subestaciones.

**e).- SEGURO CONTRA DAÑOS**

El usuario contratará por su cuenta un seguro contra daños en bienes y/o personas que pudieran ser ocasionados al propio usuario y/o a terceros por falla de los materiales y/o equipos, fallas en los

circuitos de media y baja tensión, equipo de medición, control y comunicación. De la misma manera, el seguro deberá cubrir los daños que sufran las instalaciones propiedad de la empresa suministradora, ya sea por causas fortuitas de cualquier índole o de fuerza mayor.

#### **- REQUERIMIENTOS PARA LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN VERTICAL.**

La empresa suministradora será la responsable de efectuar todos los trabajos de instalación, operación y mantenimiento en el sistema de distribución, tanto en los circuitos de media y baja tensión, como en las subestaciones de distribución instaladas en el interior del inmueble en los diferentes pisos: así como en los equipos de medición y concentraciones.

Por tal motivo el propietario del inmueble o su representante legal deberán cumplir con todo los requerimientos indicados en la construcción del sistema de distribución, así como restringir el acceso a las instalaciones de la empresa suministradora a personal no autorizado.

#### **- INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE MEDICIÓN**

De acuerdo con el nivel o niveles de tensión solicitados por el propietario del inmueble o su representante legal para la contratación del servicio de energía eléctrica, la empresa suministradora, indicará al interesado el tipo o tipos de equipos de medición a utilizarse, así como los requerimientos para su instalación, operación y mantenimiento.

El usuario dará todas las facilidades de acceso, previa identificación del personal que en forma periódica realizará la toma de lecturas de los equipos de medición.

#### **- RESPONSABILIDAD CIVIL**

La empresa suministradora no se hará responsable por los daños que se puedan ocasionar a los bienes o personas del inmueble y/o terceros en siniestros por incendio, fuerza mayor o caso fortuito en las subestaciones eléctricas, así como en las instalaciones accesorias: por lo que el propietario del inmueble o su representante legal libera de toda responsabilidad a la empresa suministradora de los casos antes señalados. Toda vez que el seguro contratado por el propietario del inmueble o su representante legal será el obligado de cubrir dichos daños.

El propietario del inmueble o su representante legal deberá proporcionar a la compañía suministradora una copia del seguro contra incendio del inmueble y otros riesgos, que incluyan las subestaciones eléctricas, los sistemas de distribución en media y baja tensión y los equipos de medición propiedad de dicha dependencia, así como los bienes o personas del inmueble y/o terceros.



## **- FUENTES DE ENERGÍA ALTERNA.**

En el proyecto de la instalación eléctrica del edificio, debe preverse la instalación de una planta de emergencia de la capacidad adecuada, para alimentar en caso de interrupción por parte del suministrador, los circuitos del elevador de carga o montacargas, el alumbrado de emergencia y el sistema de comunicación entre subestaciones instaladas en el interior del edificio.

Adicionalmente se deben prever las facilidades para la conexión de una planta generadora móvil, para el caso de falla de la planta de emergencia propia del edificio.

## **- ASPECTOS COMERCIALES**

El propietario del inmueble o su representante legal, nombrarán a un coordinador general del proyecto de su edificio facultado para tratar con la empresa suministradora todo lo relacionado al proyecto, instalación, operación y mantenimiento tanto preventivo como correctivo del sistema de distribución vertical.

La empresa suministradora le brindará la asesoría en todo lo relacionado con el suministro de energía eléctrica en media y baja tensión, siempre que lo solicite.

Con respecto al pago de aportaciones, tensión de suministro, capacidad de energía eléctrica requerida y el programa de obras, estos serán convenidos por ambas partes.

## **- MARCO JURÍDICO**

Se elaborará un convenio, el cual establecerá las acciones que en forma coordinada realizará empresa suministradora con el usuario para la electrificación del inmueble, con la finalidad de obtener una instalación confiable, segura y de alta calidad, apegándose a los marcos jurídicos que se establecen en:

- \* La Constitución de los Estados Unidos Mexicanos.
- \* La Ley de Suministro de Energía Eléctrica.
- \* El Reglamento de Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica.
- \* El Manual de Servicio al Público en Materia de Energía Eléctrica.
- \* Las Normas Oficiales Mexicanas de Instalaciones Eléctricas.
- \* Las Tarifas Generales Autorizadas.
- \* El Reglamento de Operación.
- \* El Reglamento de Construcciones.

## **- RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES**

Dentro de la planeación para la construcción de un edificio vertical es recomendable tener presente, las necesidades de las empresas suministradoras de energía eléctrica para la electrificación de dicho inmueble.

El ingeniero que desarrolle el proyecto eléctrico correspondiente, puede prever la densidad de carga y demanda que requerirá dicho servicio, así como el número estimado de servicios que se

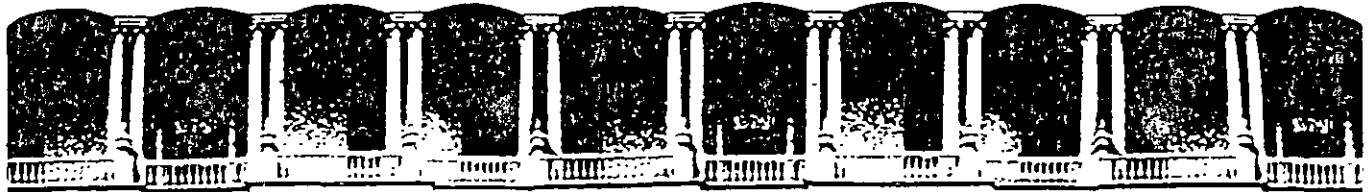
EDIFICIOS VERTICALES

ING ERNESTO A. NIÑO SOLIS  
SEPTIEMBRE 2002

requerirán.

El propietario del inmueble en base a la inversión que realice en lo relativo a la instalación eléctrica, debe estar conciente que para mayor confiabilidad, continuidad y calidad de servicio tendrá que realizar un gasto mayor.

Por lo tanto, en base a las experiencias obtenidas en el desarrollo de instalaciones en edificios verticales, se puede concluir que el sistema de distribución vertical más confiable es el de derivación múltiple por parte de la empresa suministradora y radial en anillo abierto en la trayectoria vertical del inmueble.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*CURSOS ABIERTOS*

*DIPLOMADO EN  
INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS*

*MODULO I: SISTEMAS DE  
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA*

*TEMA*

*OBRAS CÍVILES DE DISTRIBUCIÓN  
SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR  
ELECTRICO*

**EXPOSITOR: ING. ARQ. ALBERTO MONDRAGÓN CASTILLO  
PALACIO DE MINERIA  
SEPTIEMBRE DEL 2002**

**Palacio de minería**  
**Diplomado en Instalaciones Eléctricas**  
**Sistemas de Distribución Eléctrica**

Viernes 13/09	Jueves 12/09	Miércoles 11/09	Martes 10/09	Lunes 09/09	TEMA	PONENTE	HORARIO
					Inauguración	M. en I. Roberto Espinosa y Lara	17:00-18:00
					Introducción a los sistemas de Distribución	M. en I. Roberto Espinosa y Lara	18:00-19:00
					RECESO		
					Sobretensiones en sistemas de Distribución	Ing. Guillermo López Monroy	19:30-21:00
					Planeación de los sistemas de Distribución	Dra. Lourdes Gallegos M. en I. Roberto Espinosa y Lara	17:00-19:00
					RECESO		
					Planeación de los sistemas de Distribución	Dra. Lourdes Gallegos M. en I. Roberto Espinosa y Lara	19:30-21:00
					Mantenimiento a Líneas Aéreas	Ing. Arturo Soto Macías	17:00-19:00
					RECESO		
					Sobretensiones y dispositivos eléctricos	Ing. Marco A. Ponce	19:30-21:00
					Cálculos fundamentales	Ing. Ruben López Aguilera	17:00-19:00
					RECESO		
					Cálculos fundamentales	Ing. Ruben López Aguilera	19:30-21:00
					Obras Civiles de Distribución	Arg. Alberto Mondragón Castillo	17:00-19:00
					RECESO		
					Cables de energía y corrosión en Sistemas de Distribución Subterránea	Ing. Armando Lira Meneses	19:30-21:00

Viernes 20/09	Jueves 19/09	Miércoles 18/09	Martes 17/09	Sábado 14/09	TEMA	PONENTE	HORARIO
					Coordinación de protecciones	Ing. Fernando Gómez Vargas	09:00-11:00
					RECESO		
					Visita a instalaciones Subterráneas de Distribución	Ing. Carlos García Gama	11:30-13:00
					Telecontrol de Redes Aéreas de Distribución	Ing. Raúl Macías Maya	17:00-19:00
					RECESO		
					Telecontrol de Redes Subterráneas de Distribución	Ing. Javier Castro López Ing. Jesús Reguera	19:30-21:00
					Ahorro de energía	Ing. Ernesto Niño Solís	17:00-19:00
					RECESO		
					Edificios Verticales	Ing. Ernesto Niño Solís	19:30-21:00
					Método Montecarlo	Ing. Javier Castro López	17:00-19:00
					RECESO		
					Pensamiento Sistemico	Ing. A. Conrado García Pastrana	19:30-21:00
					Confiabilidad en sistemas de distribución	Ing. Gustavo Robles Peña	17:00-19:00
					Clausura	M. En I. Roberto Espinosa y Lara	19:00-21:00

# **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

## **OBRAS CIVILES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR ELÉCTRICO**

### **INTRODUCCIÓN**

- I.- **NORMATIVIDAD (Norma Oficial Mexicana)**
- II.- **ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE OBRAS CIVILES EN  
LyFC**
- III.- **PROCEDIMIENTO PARA EL TRAMITE Y EJECUCIÓN DE  
LA OBRA CIVIL**
- IV.- **OPTIMIZACIÓN DE AREAS Y PROPUESTA CON  
ELEMENTOS PREFABRICADOS**

ING ARQ ALBERTO MONDRAGÓN CASTILLO

# **SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELECTRICA**

## ***OBRAS CIVILES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEA EN EL SECTOR ELECTRICO.***

### ***INTRODUCCIÓN***

Dentro del sector eléctrico se requiere de un buen funcionamiento para el suministro de energía, y para ello periódicamente se actualizan las normas que rigen las instalaciones de los cables subterráneos de distribución cuyo equipo y cableado son alojados en los diferentes elementos constructivos usados en la obra civil para dicho fin, procurando su optimización así como de abaratar costos asociados en beneficio de los usuarios.

En México se experimenta un constante crecimiento en la distribución de energía, paralelo al avance tecnológico y su optimización económica, buscando alternativas para mejorar la calidad del suministro del fluido eléctrico en lo que concierne a cables subterráneos de distribución; para ello se requiere actualizar periódicamente los materiales, equipos y la adecuación de las normas en LyFC para resolver la problemática actual buscando elementos acordes con necesidades actuales.

Estudiando los nuevos avances tecnológicos y lineamientos que han surgido recientemente aunado a experiencias de empresas involucradas en este tipo de instalaciones subterráneas, se han obtenido mejores soluciones en los elementos constructivos reduciendo área, costo y tiempo en la realización de estas obras.

Los elementos prefabricados constituyen una alternativa para complementar o sustituir la tradicional estructura de concreto y/o acero, cuya infraestructura tiene la capacidad de moldear y adecuarse al entorno de acuerdo a las necesidades del hombre, siendo un elemento pre-elaborado y/o pre-moldeado construido en serie con tecnología de punta, y fabricado de acuerdo a formas y dimensiones normalizadas, logrando optimizar tiempo y costo, así como una mano de obra especializada.

### ***I. NORMATIVIDAD***

#### **REQUERIMIENTOS SEGÚN NORMA (NOM-001 SEMP-94)**

##### **ARTICULO 2302 OBRAS CIVILES PARA INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS**

2302-1 DEFINICION: "Obra civil para instalaciones subterráneas", es la combinación de ductos, banco de ductos, registros, pozos, bóveda y cimentaciones de SE's que lo forman.

##### **2302-2 TRAYECTORIA:**

###### **a) Disposiciones Generales:**

1.- Las instalaciones subterráneas deben hacerse en ductos, a excepción de cables submarinos.

2.- En la obra civil para la instalación de ductos de seguir en lo posible, una trayectoria recta; y cuando sea necesaria, una deflexión. Esta debe ser lo suficientemente grande para evitar el daño de los cables durante su instalación.

*Recomendación:* El cambio máximo de dirección en un tramo recto de un banco de ductos, no debe ser mayor a cinco grados.

4.- Se recomienda en cada entidad la formación de un comité que reglamente la ubicación de las instalaciones subterráneas en vía pública, atendiendo lo indicado por estas normas.

2302-3 PROFUNDIDAD: La siguiente tabla, indica la profundidad mínima a la que deben instalarse los ductos, o banco de ductos, los cuales serán diseñados de acuerdo a la carga exterior a que estén sometidos, la cuál se considera respecto a la parte superior de los ductos o su recubrimiento.

<i>LOCALIZACIÓN</i>	<i>PROFUNDIDAD MÍNIMA (m.).</i>
EN LUGARES NO TRANSITADOS POR VEHÍCULOS.	0.3
EN LUGARES TRANSITADOS POR VEHÍCULOS.	0.5
BAJO CARRETERAS	1.0

*NOTA:* Cuando se instalen cables para diferentes tensiones en una misma trinchera, los cables de mayor tensión deberán estar a mayor profundidad.

2302-4 SEPARACIÓN DE OTRAS INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS

b) La separación mínima entre ductos, o banco de ductos, y entre ellos u otras estructuras se indica en la tabla sig.

#### *SEPARACIÓN ENTRE DUCTOS*

<i>MEDIO SEPARADOR</i>	<i>SEPARACIÓN MÍNIMA (m)</i>
TIERRA COMPACTADA	0.3
TABIQUE	1.0
CONCRETO	0.05

2302-5 EXCAVACIÓN Y MATERIAL DE RELLENO

a) Trincheras. El fondo de las trincheras debe estar limpio, relativamente plano y compactado al 90 % para banquetas y al 95 % para calles. Cuando la excavación se haga en terreno rocoso, el ducto o banco de ductos debe colocarse sobre una capa protectora de material de relleno limpio y compactado.

b) Material de relleno: El relleno debe estar libre de materiales que puedan dañar a los ductos o banco de ductos y compactado al 90 %.

2302-6 DUCTOS

a) General.

a 1) El material de los ductos debe ser resistente a esfuerzos mecánicos a la humedad y al ataque de agentes químicos del medio donde quede instalado.

a 2) El material y la construcción de los ductos debe seleccionarse y diseñarse en tal forma que la falla de un cable en un ducto, no se extienda a los cables de ductos adyacentes.

a 5) La sección transversal de los ductos debe ser tal que de acuerdo con su longitud y curvatura, permita instalar los cables sin causarles daño.

El área de la sección transversal de los cables no debe ser mayor a 55% del área de la sección transversal del ducto.

b) Instalación.

b 1) En media tensión debe usarse un ducto por cable y en baja tensión un ducto por circuito

b 2) Los ductos incluyendo sus extremos y curvas, deben quedar fijos por el material de relleno envolvente de concreto, anclas u otros medios, en tal forma que se mantengan en su posición original, bajo los esfuerzos impuestos durante la instalación de los cables u otras condiciones.

b.8) El extremo de los ductos dentro de los registros, pozos, bóvedas u otros recintos, deben tener los bordes redondeados y listos para evitar daño a los cables (emboquillados).

b 9) Se recomienda que los ductos se instalen con una pendiente de 0.5% como mínimo para facilitar el drenado.

#### 2302-10 REGISTROS POZOS DE VISITA Y BÓVEDA

a) Localización. La localización de los registros, pozos y bóvedas debe ser tal que su acceso desde el exterior, quede libre y sin interferir con otras instalaciones.

b) Desague - En los registros, pozos y bóvedas, cuando sea necesario se debe instalar un medio adecuado de desague. No debe existir comunicación con el sistema de drenaje

2302-11 RESISTENCIA MECÁNICA: Los registros, pozos y bóvedas deben estar diseñadas y construidas para soportar todas las cargas estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre su estructura.

d) Cuando en los registros, pozos y bóvedas se coloquen anclas para el jalado de los cables, éstas deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas con un factor de seguridad mínimo de 2.

2302-12 DIMENSIONES: Las paredes interiores de los registros deben dejar un espacio libre cuando menos igual al que deja su tapa de acceso y su altura debe ser tal que permita trabajar desde el exterior o parcialmente introducida en ellos.

En los pozos y bóvedas, además del espacio ocupado por cables y equipos, debe dejarse espacio libre suficiente para trabajar. La dimensión horizontal debe ser cuando menos 1m. La vertical de 1.8m.

#### 2302-13 ACCESO A POZOS Y BÓVEDAS

a) El acceso a los pozos debe tener un espacio libre mínimo de 56 x 65 cm (rectangular), o de 84 cm de diámetro si es circular.

#### 2302-14 TAPAS

Las tapas de los registros, pozos y bóvedas deben ser de peso y diseño adecuados para que asienten y cubran los accesos, así como para evitar que puedan ser fácilmente removidas sin herramientas.

Cuando las tapas de bóvedas y pozos para acceso personal sean ligeras, deben estar provistas de aditamentos para la colocación de candados.

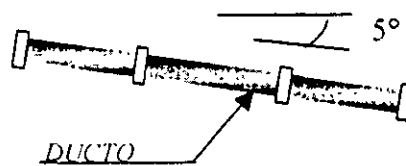
Las tapas deben ser antiderrapantes y tener una identificación visible desde el exterior que indique el tipo de instalación o la empresa a la que pertenecen.



## II. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE OBRAS CIVILES

La obra civil para instalación subterránea esta conformada por los elementos constructivos que se mencionaron a continuación y estos a su vez contendrán las instalaciones eléctricas requeridas, registros, pozos, bóvedas, cimentación y/o cuartos para subestaciones que lo conforman, estos contienen las instalaciones eléctricas, que deberán ser proyectadas atendiendo los requerimientos y flujos de información, así como consulta con los diferentes departamentos de la empresa suministradora LyFC involucrados como proyectos líneas aéreas, cables subterráneos, obras civiles, conexiones medidores etc., contemplando conceptos y necesidades de las normas que intervienen. Se elabora el proyecto eléctrico de acuerdo a las situaciones encontradas en el terreno y se coordina con los diferentes departamentos tomando en cuenta la localización, urbanización, vías de acceso, uso de banqueteta, áreas para SE's y tipo de suelo de acuerdo a los sig. Elementos constructivos con que se cuenta:

### DUCTO:



El ducto de PVC tiene poca posibilidad de curvatura o deflexión (máx. 5° de deflexión).

La colocación de los ductos en el banco de 4 vías en BT y MT irán en una sola cama horizontal con separadores de madera con su debido anclaje.

Los ductos en BT son de 2 y 4 vías, y en MT de 4, 8, 12 y 16 vías (el número de vías a utilizar dependerá del número de circuitos que requiere de acuerdo al proyecto eléctrico).

PVC	DIAMETRO INTERIOR	DIAMETRO EXTERIOR	PARED	SEPARACIÓN ENTRE DUCTOS	$\rho_c$
M.T.	78.2 mm	80 mm	1.8mm	50 mm	150kg/m <sup>2</sup>
B.T.	78.2 mm	80 mm	1.8mm	50 mm	150 kg/m <sup>2</sup>

El ducto PVC que se utiliza es de 80mm para M.T y B.T.

e) REGISTROS: Existe el de acometida en BT, de 0.60x0.40x0.60 y el registro para empalme, estos resultan de la unión de los cables, la localización de los registros por deflexión, o por la trayectoria en la línea (cambios de rumbo) y los registros de paso se localizan para maniobras en instalaciones y pendientes del terreno, por lo que en baja tensión se consideran 2 tipos de registro, el de paso o deflexión en banqueteta de 0.60x0.60x0.60m, y en registro en crucero de arroyo de 0.90x0.90x0.95m, éstas dimensiones son interiores, y resultan de la configuración de los bancos de ductos así como el radio de curvatura del cable. En M.T. se tiene un registro único de 1.25x1.25x1.40m, para todos los casos. (Exclusivamente para cambios de dirección).

## CARACTERÍSTICAS DE REGISTROS LyFC

DIMENSIONES LxLxh	TENSIÓN	PISO	MUROS 0.14m.	TAPA	F <sub>c</sub>	VS. EN BANQ.	VS. EN ARROYO
0.60x0.40x0.60	Acomet B T	Concr	ladrillo	Concr/arm	250kg/cm <sup>2</sup>	Malla 6 x 6	-
0.60x0.60x0.60	B. T	Concr	ladrillo	Concr/arm	250kg/cm <sup>2</sup>	Malla 6 x 6	-
0.90x0.90x0.95	B. T	Concr	Concr	Fierro ø0.84m	250kg/cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"
1.25x1.25x1.40	M. T.	Concr/arm	Concr/arm.	Fierro ø0.84m	250kg/cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"

- Ver fig. 1 y 2 (anexos)

Las boquillas a emplear en los registros B.T. y M.T., van en función del número de circuitos del proyecto eléctrico.

d) Los POZOS: Su localización resulta de la intersección de los bancos de ductos ya sea para cambio de dirección de estos o por el cambio de calibre o empalme de los cables en M.T. éstos van sobre ménsulas soportadas por las correderas que a su vez son fijadas al muro para su revisión periódica o para simplificar las maniobras en caso de reemplazo o para facilitar su movimiento por cambio de temperatura, las boquillas se adecuan a la de los bancos de ductos.

Se manejan 3 tipos de pozos en las normas LyFC el 2.240C (paso de cables) y el 2.480C (derivación en T o en X.) Éstas llevan una tapa circular de fierro y el pozo 3.280C es exclusivo para equipos en 23kv. (interruptores, buses o cajas de derivación).

## CARACTERÍSTICAS DE POZOS LyFC

NOMBRE NORMA	DIMENSIONES L x L x H	TENSIÓN	PISOS/CUB. MUROS	TAPA	F <sub>c</sub>	CUBIERTA	
						BANQUETA	ARROYO
2.280C	2.80x1.50x1.80	M.T.	Conc/arm	F.84ø0.84m	200kg/cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"
2.280C	2.80x1.50x1.80	M.T.	Conc/arm	F.84ø0.84m	200kg/cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"
2.280C	2.80x1.50x1.80	M.T.	Conc/arm	F.84ø0.84m	200kg/cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"

- Ver fig. 3 (anexos)

Cada pozo lleva su respectiva varilla de tierra ahogada en concreto y ésta se localiza en el piso.

e) CIMENTACIÓN: para transformadores DRS, la localización y orientación es en base al proyecto eléctrico y área cedida por el interesado y libre de obstáculos y paso de vehículos debe estar protegido con un enrejado o elemento limitante. Se coloca sobre su plataforma un transformador trifásico de 75 a 225.5kv, según el caso y con un peso máximo de 2300kg. y anexo a este un registro subterráneo comunicado por una ventana de paso para cables y con el número de boquillas requeridas.

## CARACTERÍSTICAS DE CIMENTACIÓN DRS (TIPO PEDESTAL) LyFC

	DIMENSIONES L x A x H	TENSION	PISOS/CUB MUROS	TAPA HIERRO	f <sub>c</sub>	MUROS MALLA	v's	RESISTENCIA
PLATAF	1.60 x 1.70 x 0.10	M.F. CON	CONC ARM		200kg/cm <sup>2</sup>		3/8"	3 Ton m <sup>2</sup>
REG	1.45 x 1.25 x 1.25	SALIDAS PARA B.T.	CONC ARM	F.84.0084	0.15m	66-68		3 Ton m <sup>2</sup>
TOTAL CIM	1.70 x 3.35		CONC ARM		200kg/cm <sup>2</sup>	@ 0.15	3/8"	3 Ton m <sup>2</sup>

- Ver fig. 4 (anexos)

f) BOVEDAS Y SUBESTACIONES: Deben de contar con los espacios requeridos para el alojamiento de los diferentes tipos de transformadores y equipo en las subestaciones, se clasifican de acuerdo a su ubicación y características en 3 tipos:

Bóveda: 480 x 220 (según Norma LyFC 4.0202)

Bóveda: 310 x 200 (según Norma LyFC 4.0306)

Cuarto para S.E.'s: de dimensiones variables (Normas en LyFC en elaboración)

Cimentación para TR's: DRS tipo pedestal 3.35 x 1.70m. (según plano LyFC dist. N-459)

NOTA: DRS: Distribución Residencial Subterránea

DCS: Distribución Comercial Subterránea

## CARACTERÍSTICAS, TIPO DE OBRA CIVIL PARA LAS BÓVEDAS

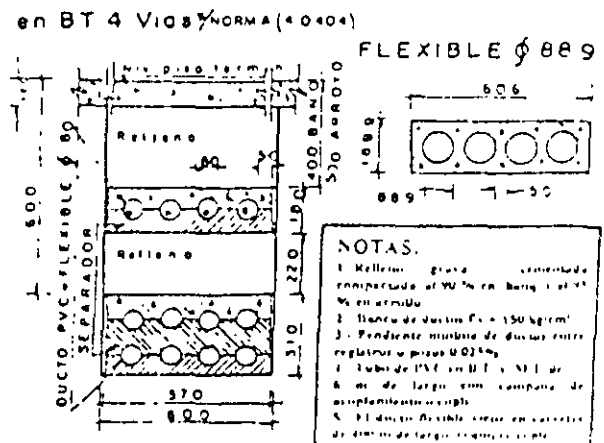
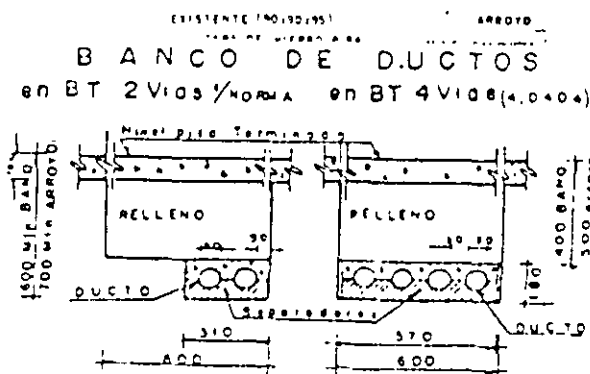
NOMBRE Y TIPO	ANCHO MUROS	f <sub>y</sub> kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>	CALIBRE VARILLAS	TAPAS DIMENS	MATERIAL	ESCALA HIERRO EST
BOVEDA 310 x 200	15	4.200	200	3/8" - 1/2"	210 x 185	FIERRO ENRIJADO	SEGUN PLANO DIS1 480 y 481
BOVEDA 480 x 220	30	4.200	200	3/8" - 1/2"	260 x 130 100 x 80	INVIING	SEGUN PLANO 081-18925

- Ver fig. 5 y 6 (anexos)

## CUARTOS PARA SUBESTACIÓN

**Definición:** Es un local ubicado dentro de una edificación con dimensiones adecuadas para soportar y albergar en su interior uno o varios TR's y su equipo correspondiente, así como para efectuar maniobras de instalación, operación y mantenimiento.

## ANEXOS



# ANEXOS

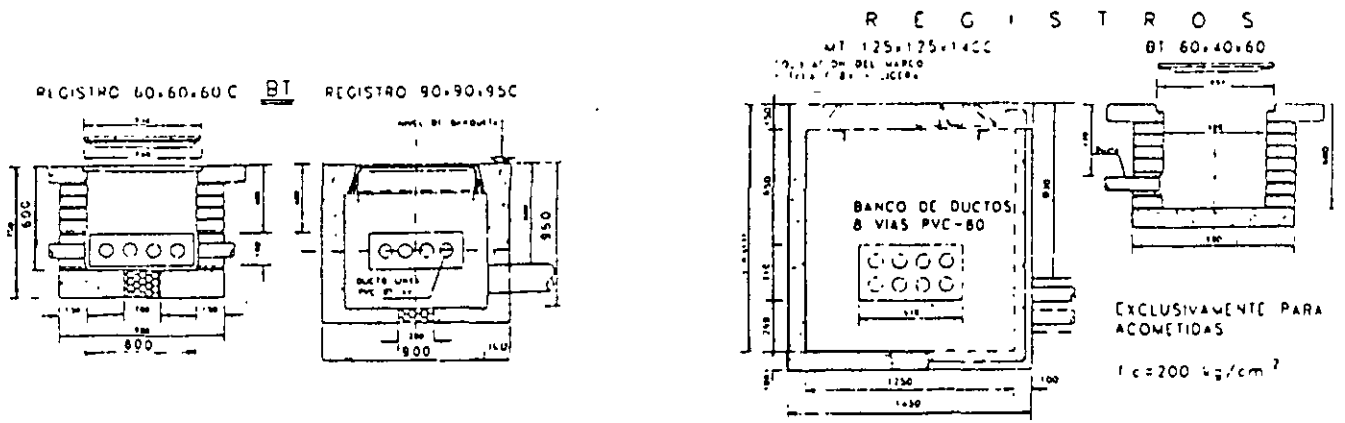


FIGURA 1

FIGURA 2

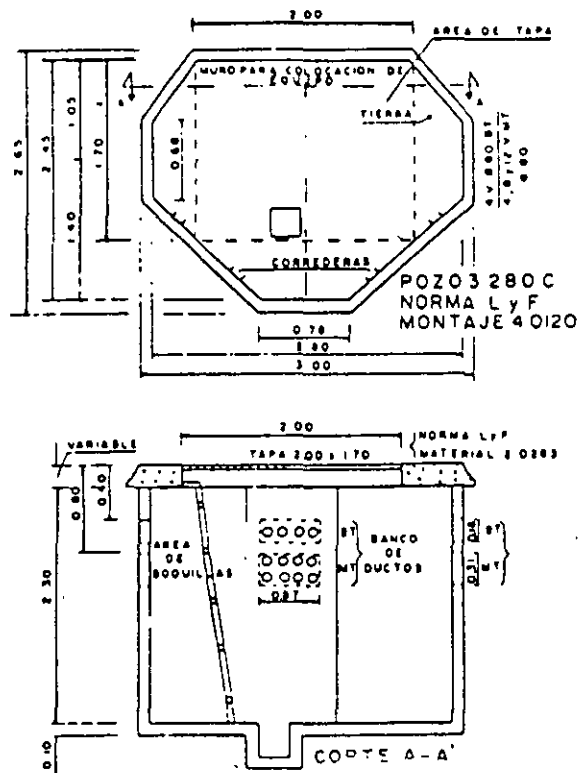
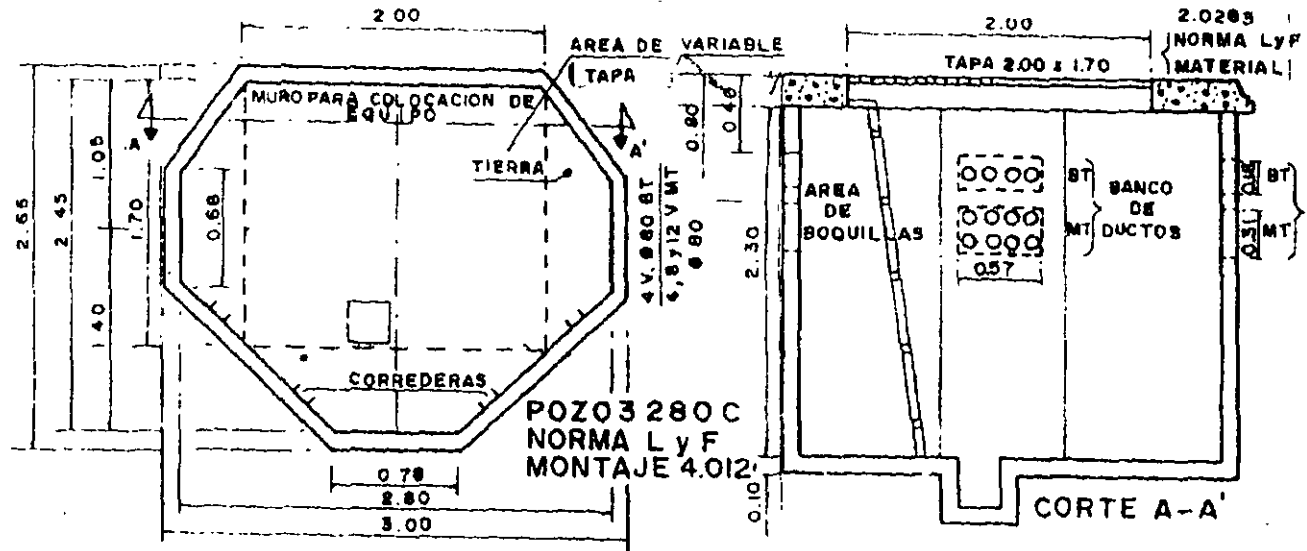
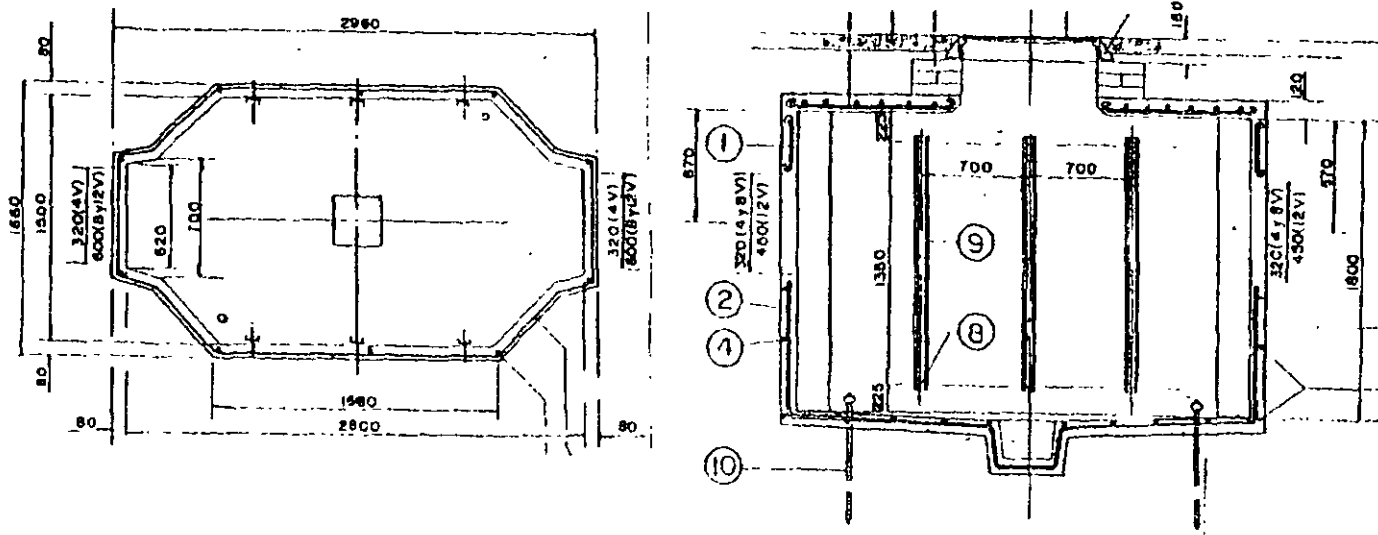


FIGURA 3

# POZO 3.280 C



# POZO 2.280 C



# ANEXOS

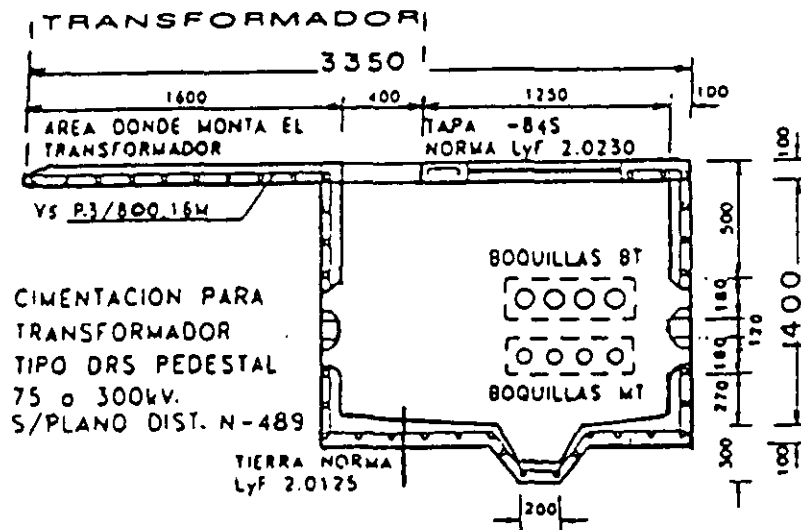


FIGURA 4

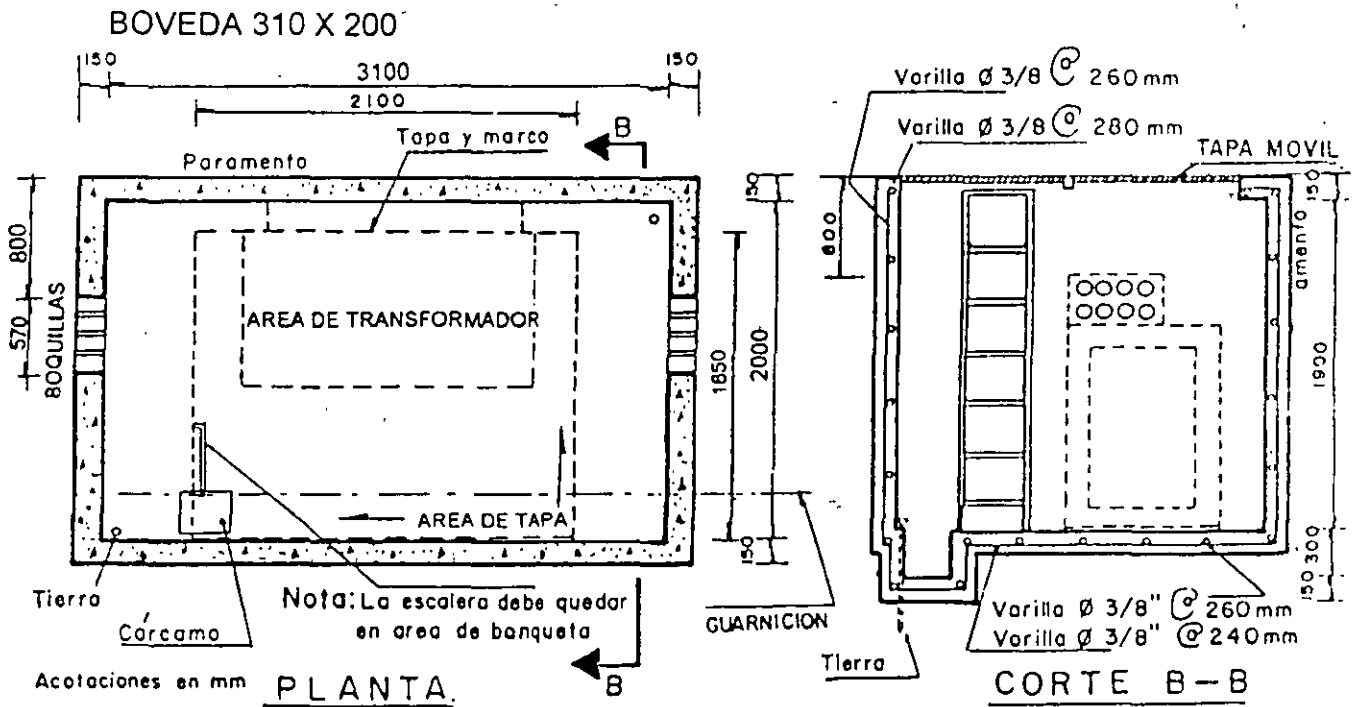


FIGURA 5

# ANEXOS

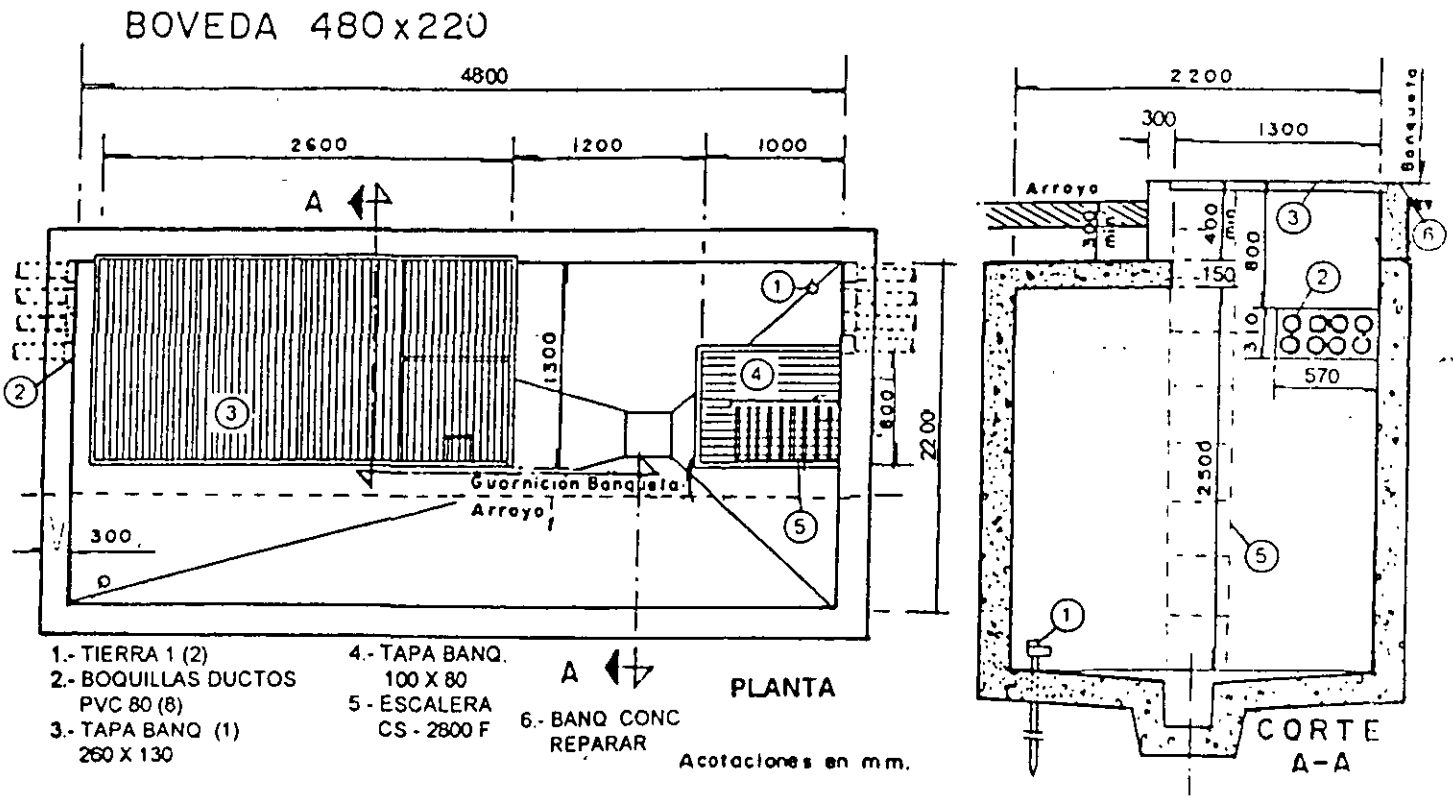


FIGURA 6

## REQUERIMIENTOS:

Para la construcción o adaptación de locales que alojan S.E.'s en el interior de edificios, para la alimentación de servicios en mediana o baja tensión que requieran un local para la instalación del equipo eléctrico propiedad de LyFC o particular. El solicitante deberá de entregar los siguientes requisitos:

- 1.- Planos en planta y elevación (de la edificación), indicando el lugar de la S.E. (1:200).
- 2.- Un detalle (1:200) indicando vías de acceso libres desde el exterior.
- 3.- Planos de localización.
- 4.- Tipo de servicio.

Entregarse a LyFC antes de iniciar o modificar la construcción del edificio, con objeto de seleccionar el lugar más conveniente para el local de acuerdo a las necesidades así como tipo de demanda solicitada.

### a) UBICACIÓN:

El local que alojará al equipo deberá estar situado en el primer sótano del edificio o en la planta baja, colindante a uno de los muros con el paramento contiguo a la calle y con acceso libre desde el exterior asta la puerta del local.

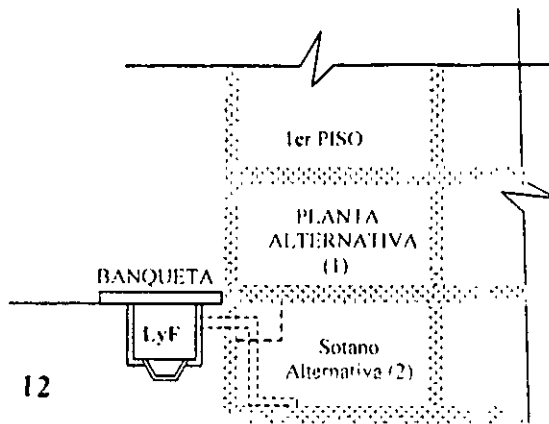
Dimensiones mínimas para los diferentes tipos de locales normalizados para el alojamiento y equipo para servicios en M.T. o B.T. de acuerdo a los tipos de alimentación y zona en que se localizan:

<i>SERVICIO EN M.T. (23 kv).</i>	
<i>TIPO DE ALIMENTACIÓN</i>	<i>DIMENSIONES DEL LOCAL EN m</i>
SIMPLE	4.0 x 3.5 x 2.6
SIMPLE (1 SECCIONADOR)	5.5 x 3.5 x 2.6
SIMPLE (2 SECCIONADORES)	4.5 x 4.0 x 2.6
DOBLE INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA	5.5 x 4.0 x 2.6

<i>SERVICIO EN B.T. RADIAL</i>		<i>SERVICIOS EN B.T. AUTOMÁTICA</i>			
<i>TIPOS DE ALIMENTACIÓN</i>	<i>Nº TR's</i>	<i>DIMENS. DEL LOCAL EN m.</i>	<i>TIPOS DE ALIMENTACIÓN</i>	<i>No. TR's</i>	<i>DIMENS. DEL LOCAL EN m</i>
SIMPLE	1	4.1 x 3.5 x 2.6	SIMPLE	1	4.0x3.5x2.6
SIMPLE (1 SECCIONADOR)	1	4.5 x 4.0 x 2.6	SIMPLE PROTECTOR ACOPLADO	1	4.5x4.0x2.6
DOBLE INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA	2	6.0 x 4.0 x 2.6	DOBLE	2	6.0x4.0x2.6

## ELEVACIÓN

Ver fig.7 (anexos)





**b) CONSTRUCCIÓN:**

El local será construido con materiales incombustibles, exento de humedad y protegido contra filtraciones, con la ventilación adecuada, siendo necesario que sea construido a prueba de explosiones.

El material preferente a utilizar será de concreto armado, este deberá soportar el paso de las instalaciones que se requieran, no deben de existir otros tipos de instalaciones dentro del local de S.E., el espesor de los muros y techos deben ser mínimos de 0.15m. y 0.10m. respectivamente.

El piso deberá ser de concreto armado para soportar 6 Ton/m<sup>2</sup> donde se alojaran de 1 a 4 TR's de acuerdo a la demanda solicitada.

**Número de ventanas en función del N° de TR's instalados:**

<i>N° DE TR's</i>	<i>ÁREA DEL LOCAL</i>	<i>N° DE VENTANAS</i> <i>1.0 x 0.60 m</i>
1	4.0 x 3.5	2
2	6.0 x 4.0	4
3	10.0 x 6.0	6
4	10.0 x 6.0	8

**c) VÍA DE TRÁNSITO PARA EQUIPO Y PERSONAL:**

De 2.30m. de altura por 3.00m. de ancho, desde el exterior del edificio hasta la puerta de entrada del local, para el tránsito del equipo eléctrico y personal de LyFC, con vía expeditada las 24 hrs para trabajos de mantenimiento o emergencia de la S.E.

**d) COSTO:**

El costo y trabajo de la o.civil serán por cuenta del propietario del inmueble de acuerdo a los planos presentados por el interesado y a instrucciones y planos aprobados por LyFC

**e) PLANOS DE LAS OBRAS CIVILES NECESARIAS:**

En base a los puntos anteriores para la construcción del local referente a las obras civiles complementarias que requiera LyFC para la instalación y equipo eléctrico, se entregarán al interesado los juegos de planos en los que se indique en planta y elevación los requerimientos y necesidades para cada caso en particular quedando bajo responsabilidad del interesado el cálculo estructural de la mencionada obra.

**f) SUPERVISIÓN Y RECEPCIÓN:**

Durante el proceso de construcción de la obra civil, personal de LyFC hará visitas periódicas al lugar para supervisar que planos y especificaciones se lleven a cabo, hasta el término de la obra, extendiendo posteriormente LyFC la aceptación y recepción del local.

**III. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA EL TRAMITE Y EJECUCIÓN DE LA OBRA CIVIL.**

Para su optimización requerimos agilizar el proceso y ejecución de la obra civil de distribución para el suministro de energía eléctrica de cables subterráneos en los

# ANEXOS

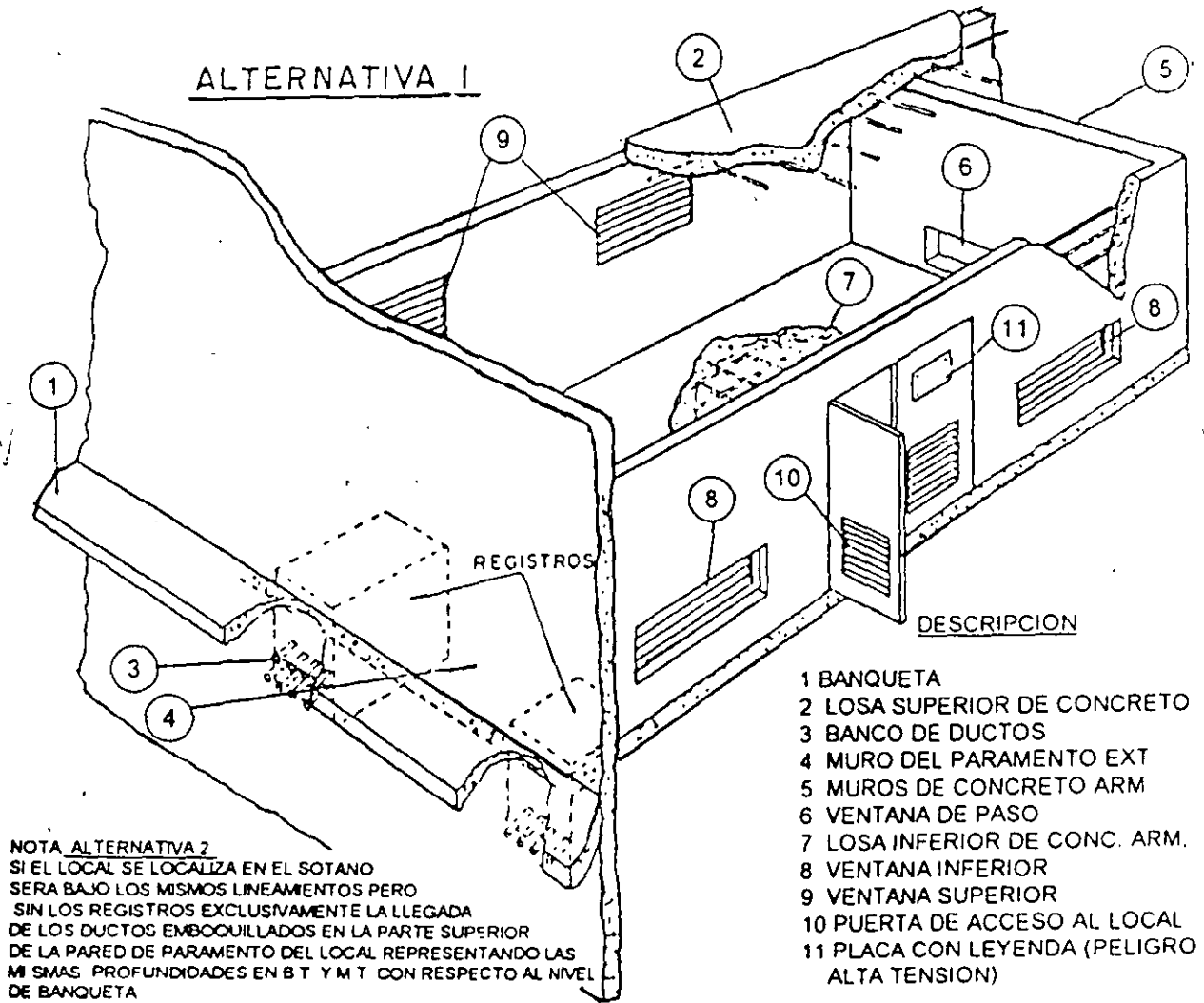


FIGURA 7

elementos constructivos, ubicados tanto en vía pública, como en los locales o áreas cedidas por los interesados, basándonos en los siguientes puntos:

- a) Las experiencias adquiridas por el personal de las compañías suministradoras.
- b) -- Las disposiciones oficiales para dichas obras según NOM-001 del 27 de Septiembre de 1999 y las normas internas.
- c) La secuencia de gestión, proyecto y ejecución con la que actualmente se desarrolla la obra civil que realizan las empresas suministradoras.

De acuerdo a estos puntos hacemos un estudio de factibilidad de la obra civil analizando y desarrollando un diagrama de flujo, que busque optimizar y hacerlas más dinámicas, logrando con esto reducir los tiempos requeridos para el trámite, proyecto y ejecución de estas obras.

Ahora analizaremos los requerimientos, proceso del proyecto y ejecución de la obra civil, para este fin, y lo dividiremos en los siguientes temas:

- A) *NORMATIVIDAD***
- B) *REQUERIMIENTOS***
- C) *DIAGRAMA DE FLUJO***

#### **A).- *NORMATIVIDAD***

Las normas internas de las empresas suministradoras (CFE y LyFC) cuya normatividad es regida por la Norma Oficial Mexicana (NOM-001) última revisión (1999-6° sección artículo 923), el objetivo a mediano plazo es que esta la sustituya para que exista una sola norma a nivel nacional con el fin de unificar criterios en beneficio de una mejor solución, eficiencia y aprovechamiento de las áreas en instalaciones futuras.

Requisitos que debe comprender la obra civil de distribución subterránea para su proyecto y ejecución:

- 1.- APLICACIONES
- 2.- INICIACIÓN DE OBRA
- 3.- OBRA CIVIL (Especificaciones y ejecución)
- 4.- PRUEBAS DE CAMPO
- 5.- RECEPCIÓN DE LA OBRA

#### **1.- APLICACIÓN**

en la obra civil de distribución subterránea para:

- CABLEADO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN
- ACOMETIDAS Y MEDICIÓN
- REGISTRAR DUCTOS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN
- INSTALAR INTERRUPTORES
- INSTALAR SE's Y EQUIPO DE SECCIONAMIENTO

#### **2.- INICIACIÓN DE LA OBRA**

deberán tener liquidadas a la empresa las aportaciones fijadas, con la documentación que lo acredite. Cuando lo realice un contratista deberá notificar a la empresa el día en que iniciara.

#### **REQUISITOS Y DOCUMENTACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS**

- RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN

- RED DE CIRCUITOS DE ALUMBRADO PÚBLICO
- RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN
- OBRAS CIVILES

#### LOS PLANOS DEBERAN CONTAR CON LOS SIGUIENTES DATOS

- RAZÓN SOCIAL
- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
- UBICACIÓN DEL PREDIO (calle, número, colonia, delegación y/o municipio y estado)
- DATOS DE CARGA INSTALADA
- DATOS DE DEMANDA SOLICITADA
- NÚMERO Y LOCALIZACIÓN DE CADA SERVICIO
- PUNTOS DE ENLÁCE CON ÁREAS DE CRECIMIENTO

#### CON LAS SIGUIENTE ESPECIFICACIONES EN PLANOS

- ESCALA 1:500 Y/O 1:1000
- PLANTAS
- CORTES O PERFILES
- SECCIONES TRANSVERSALES DE CALLES
- PERFILES TOPOGRÁFICOS
- DETALLES ESPECIALES

Para el desarrollo del proyecto de la obra civil se debe contar con los siguientes planos del proyecto eléctrico:

#### RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN

En plano de conjunto, dibujar las subestaciones, los alimentadores secundarios y las acometidas.

Indicando la urbanización del fraccionamiento, banquetas, arroyo, camellón etc.

- TRAYECTORIA DE LA CANALIZACIÓN PARA LA BAJA TENSIÓN
- CALIBRE DE LOS CONDUCTORES
- HINCADO DE POSTERIA
- REGISTRO Y POZOS DE VISITA (cantidad y tipo) ASÍ COMO UNIONES DE CABLE Y/O EQUIPO ELECTRICO
- DETALLE DE ACOMETIDAS A LOS MURETES
- RELACIÓN DE CARGAS POR TRANSFORMADOR

#### RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN

En un plano de conjunto, dibujar las subestaciones y los circuitos primarios subterráneos, así como los alimentadores aéreos que abastecen la red subterránea y la urbanización del fraccionamiento.

- TRAYECTORIA DE LA CANALIZACIÓN PARA BAJA TENSIÓN
- TRANSFORMADORES O SUBESTACIONES
- CALIBRE DE CONDUCTORES
- HINCADO DE POSTERIA (en redes aéreas y mixtas)
- REGISTROS Y POZOS DE VISITA, INDICANDO CANTIDAD Y TIPO; indicando la altura de ductos.
- INDICAR LOS POZOS EN QUE HABRA UNIONES DE CABLES Y/O EQUIPOS ELÉCTRICOS
- DIAGRAMA UNIFILAR

### 3.- OBRAS CIVILES

En plano de conjunto ubicar las subestaciones, los ductos línea y crucero. En un plano aparte la urbanización de los predios.

- REGISTROS Y/O POZOS INDICANDO ALTURA
- BANCO DE DUCTOS INDICANDO EL NÚMERO DE VIAS
- TRAYECTORIA DE LAS CANALIZACIONES, ESPECIFICANDO LA BAJA Y MEDIA TENSIÓN
- DISTRIBUCIÓN DE LA BANQUETA, ANDADORES, ARROYOS Y CIRCULACIONES CON DISTANCIAS DE CRUZAMIENTO EN PLANTA Y CORTE.
- CORTES DE SECCIÓN DE CALLES O LUGARES DE DESNIVEL.
- SUBESTACIONES Y/O BASES PARA CAJAS DE DISTRIBUCIÓN
- DETALLE DE CONSTRUCCIÓN DE MURETES Y REGISTROS
- DETALLE DE LA COLOCACIÓN DE LOS DUCTOS Y DEL AREA LIBRE QUE DEBE DESTINAR EL FRACCIONADOR A LA INSTALACIÓN DE LAS SUBESTACIONES.
- EN LOS PLANOS EL TITULO EN LA PARTE INFERIOR DERECHA, UN CROQUIS DE LOCALIZACIÓN Y SU ORIENTACIÓN.

#### BITÁCORA DE OBRA

Deberán contar con:

##### *EMPRESA SUMINISTRADORA*

- a. OBRA
- b. UBICACIÓN
- c. CIUDAD Y ESTADO
- d. FECHAS PROGRAMADAS
- e. NOMBRE DEL SUPERVISOR, IDENTIFICACIÓN Y FIRMA RECONOCIDA
- f. TELEFONOS
- g. No DE LAS SS Y NÚMERO (SERVICIOS)
- h. OTROS DATOS DE IDENTIFICACIÓN .

##### *DATOS DEL CONSTRUCTOR*

- i. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL
- j. DOMICILIO
- k. TELEFONOS
- l. REPRESENTANTE
- m. RESIDENTE CON IDENTIFICACIÓN Y FIRMA RECONOCIDA

Anotando los días de visita, indicando los trabajos realizados, acuerdos y modificaciones pequeñas al proyecto aprobado.

La bitácora tiene validez oficial, al finalizar cada nota, deberá firmar el residente y el supervisor de la empresa.

#### OBRA CIVIL (Ejecución)

##### **TRAZO**

Conforme a planos autorizados por la empresa con equipo de mano y/o aparatos, evitando interferencias con otras instalaciones, pero si no es posible evitarlo, debe coordinarse con el supervisor de la empresa para su solución. Si existen registros de teléfonos, agua etc. y no hay planos para su ubicación y profundidad, se efectuaran excavaciones para planear el nuevo trazo.

Marcar los límites de la cepa con pintura en banquetas y con cal en terracería al igual en la ubicación de registros y pozos de visita.

Cuando la construcción se realiza en zona urbana evitar que la trayectoria pase por líneas que contaminen (por ejemplo gasolineras).

#### **SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN**

Terminado el trazo se debe contar con avisos de precaución para proteger las áreas de trabajo, en zonas de paso a personas y vehículos, instalando tarimas y placas de acero para cubrir las zanjas y por la noche instalar señales luminosas para vehículos y barreras para peatones.

#### **EXCAVACIÓN**

Se puede realizar con equipo mecánico o con herramienta, esta última se recomienda en terrenos con material suelto. El equipo mecánico no se recomienda en lugares donde ya existen otras instalaciones para no dañarlas.

#### **DUCTOS**

Serán en número, diámetro y profundidad como indican los planos y normas; se deben utilizar separadores a una distancia no menor de 0.05m y como mínimo cada 3.0 m. antes del colar verificar que no exista obstrucción dentro del ducto.

#### **VACIADO DE CONCRETO EN BANCO DE DUCTOS**

Al vaciar el concreto, tapar provisionalmente los ductos de los extremos para evitar filtraciones.

El concreto en banquetas será de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  y con buen grado de compactación y en arroyo será  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . El concreto deberá vibrarse para su perfecto asentamiento.

Se requiere control de calidad y muestreo de concreto en un laboratorio oficial autorizado.

La zanja deberá estar libre de basura y derrumbes, nivelada y compactada, el colado deberá ser monolítico

#### **RELLENO COMPACTO Y NIVELADO**

En capas de material adecuado no mayor de 200 mm de espesor, con buena humedad para mejor grado de compactación.

Se tendrá que obtener muestra para las pruebas de laboratorio, entregarse por escrito al supervisor de la empresa.

El relleno podrá efectuarse utilizando el material de la excavación, siempre y cuando sea analizado por el laboratorio

#### **REGISTROS DE CONCRETO COLADOS EN SITIO**

Según plano y de acuerdo a especificaciones, sobre plantilla de concreto pobre de 50 a 70 mm de espesor y un  $f'c$  de  $100 \text{ kg/cm}^2$ , el armado deberá quedar sobre apoyos colocados sobre la plantilla aproximadamente 4 cm a fin de evitar filtraciones de agua.

Cuidar el troquelado de la cimbra ya que esta es muy fácil que se abra

Cuidar el vibrado del concreto y que contenga impermeabilizante.

El registro se deberá instalar sin la losa de la tapa, deberá contar únicamente con las varillas en la parte superior.

Es importante determinar el nivel freático con el fin de dejar o no cárcamo en el registro. Una vez instalado el registro y colocada la losa superior se deberá recibir el banco de ductos.

#### **REGISTROS O POZOS PREFABRICADOS**

Se utilizarán siempre y cuando cumplan con las normas y especificaciones.

Deben ser avalados por el laboratorio de la empresa.

También deben contar con una plantilla de concreto pobre de 50 a 70 mm de espesor y un  $f'c$  de  $100\text{kg/cm}^2$ ; en el caso que no cuenten con piso, la plantilla será de gravilla.

#### **POZOS DE VISITA COLADOS EN SITIO**

Se construirán de concreto armado según norma correspondiente.

Se deberá tener en el fondo de la excavación una plantilla de concreto pobre, con un espesor de 100mm y un  $f'c = 100\text{ kg/cm}^2$ , esta plantilla deberá de evitarse donde se ubique el cárcamo.

Se construirá cárcamo siempre y cuando el nivel freático se encuentre por debajo del pozo.

El pozo no se construirá sobre líneas de servicio (agua, drenaje etc.), de no ser posible, se recurrirá al supervisor de la empresa para una mejor solución.

Si el pozo queda bajo arroyo se deberá utilizar tapa y marco de hierro reforzado.

Al concreto se le deberá suministrar algún impermeabilizante para evitar filtración de agua

#### **BASES DE CONCRETO ARMADO PARA EQUIPO**

Su ubicación es según plano autorizado para construir la plataforma para soportar el transformador tipo pedestal.

El armado de la plataforma para transformadores deberá construirse con el registro, cuidando que la ventana que los comunica sea del tamaño adecuado para la conexión de la red.

#### **LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA**

Durante la construcción deberá conservar limpias las áreas, regando y barriendo al finalizar la jornada.

Terminados los trabajos de banco de ductos, registros y pozos, se deberá pasar la cuchara por los ductos para verificar que no exista ninguna obstrucción, se dejara un tapón de estopa con grasa y con alambre, de tal forma que se pueda jalar posteriormente.

#### **4.- PRUEBAS DE CAMPO**

se deberá llevar un control de calidad de los trabajos, debiendo asentar todo esto en bitácora y con las pruebas de laboratorio de lo siguiente:

- a) Concreto hidráulico
- b) Material de relleno
- c) Compactación

- d) Arena y grava
- e) La tubería de PVC ( según especificaciones y normas dela empresa )
- f) Los herrajes y fijaciones (según norma y certificado de garantia)
- g) Los marcos y tapas (serán de hierro con la aprobación de laboratorio)
- h) Las tapas especiales (según norma y especificaciones)
- i) El acero de refuerzo (verificar su resistencia a la tensión s/pruebas de laboratorio y especificaciones del proyecto).
- j) Sondeo de ductos (sondear cada ducto en presencia del supervisor de la empresa)

#### 5.-RECEPCIÓN DE LA OBRA

Para extender la recepción-finiquirto, se requiere los reportes técnicos de la obra civil con lo siguiente:

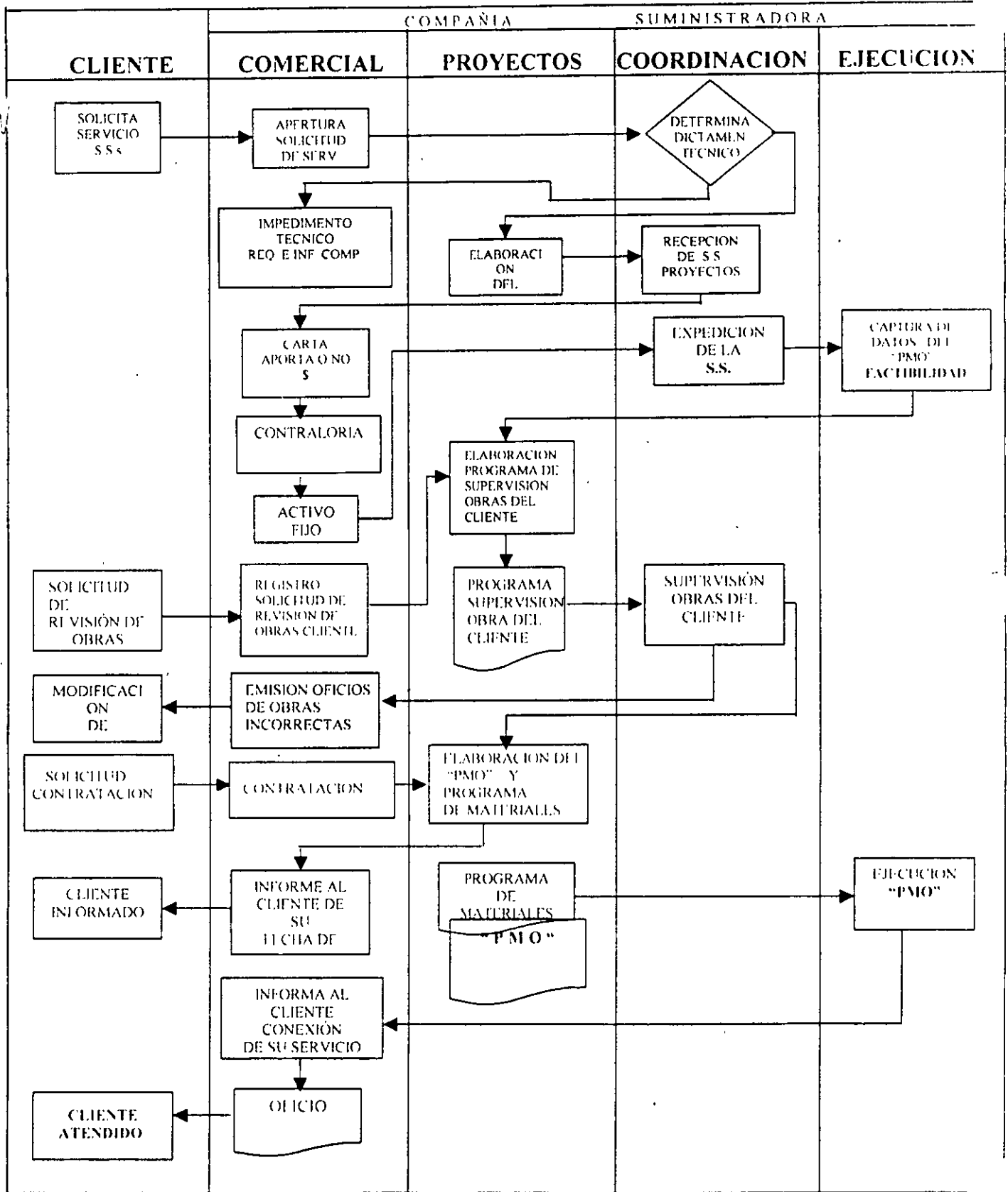
- Acta de recepción –entregá
- Bitácora de obra
- Copia(s) de plano(s) definitivos
- Inventario de la obra
- Comprobantes de las pruebas de campo y laboratorio
- Documento oficial, comprobando la entrega del fraccionamiento
- Comprobante de la certificación de calidad de los materiales utilizados
- Costo real y definitivo en papelería oficial

### **B. DIAGRAMA DE FLUJO (propuesto)**

La gestión que debe realizar el interesado, para la elaboración, aprobación, supervisión y ejecución de un proyecto eléctrico de distribución; se realiza bajo los lineamientos tradicionales, los cuales funcionaron en su momento, pero actualmente, no resultan los más adecuados. Debido a esto, se requiere agilizar y eficientizar el proceso; para lograrlo, proponemos nuevos esquemas, en los que exista una participación más estrecha entre el cliente y la empresa; como se muestra en el siguiente diagrama de flujo.



**SOLICITUD DE REVISION DE OBRAS POR TERCEROS**  
**PROGRAMA MAESTRO DE OBRAS DE SOLICITUDES DE SERVICIOS**  
**PLANO MAESTRO DE OBRAS ( FACTIBILIDAD )**



#### IV. PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR COSTO Y TIEMPO.

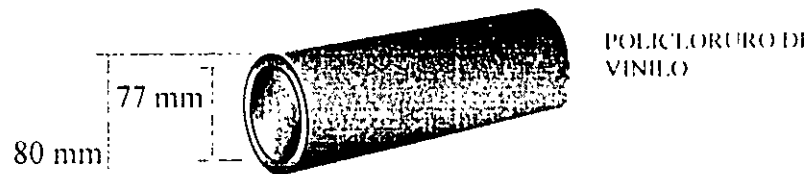
Para mejoras en los elementos constructivos utilizados en la obra civil, que contienen las instalaciones eléctricas en relación al abatimiento de área, costo y tiempo, debiendo atender los requerimientos y normalización correspondiente, así como el flujo de información y consulta con todos los departamentos de la empresa suministradora LyFC e involucrados.

Analizaremos los siguientes puntos:

##### 1.- Ductos rígidos y ductos flexibles.

El banco de ductos es una estructura formada por dos o más ductos fijados con material de relleno, envolvente de concreto, anclas u otros materiales manteniéndolos con la separación mínima requerida.

Existen dos tipos de ductos los rígidos de PVC y los flexibles. Actualmente en LyFC se utilizan los primeros teniendo pocas posibilidades de curvatura o deflexión. (Máxima 5° de deflexión)



a) Ducto Flexible: es un tubo con características flexibles fabricado con material de polietileno de alta densidad, permite hacer deflexiones con un radio de curvatura de hasta 1.00m. logrando librar longitudes curvas más largas entre registros, pozos, y bóvedas{ este material lo rige la norma ISO, bajo el concepto de calidad total y la NMX-E-1996

#### CARACTERÍSTICAS

PROPIEDADES	MÉTODO DE PRUEBA ASTM	VALORES
Densidad natural	D-4883	0.944g/cc
Esfuerzos a la tensión		
Punto crítico	D-638	22.8Mpa
Punto de ruptura	D-638	31.0Mpa
Dureza	D-2240	68
Resistencia a la fisura	D-1693	>2000h
Punto de suavidad	D-1525	126°c

Empacado en rollo de 400m. con un radio interior de 1.30m. y exterior de 2.50m., para proteger su transportación, manejo y mantenimiento.

**DUCTO FLEXIBLE PROPUESTO PARA EL CABLEADO EN B.T. Y M.T.  
ø80mm.**

Diámetro nominal	Diámetro interior mm	Diámetro exterior mm	Espesor pared mm	Tolerancia
Ducto Flexible PE-75	77.9	88.9	5.2	+ 0.05 ó -0.08

**COSTOS Comparativos entre ducto PVC rígido y flexible**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	IMPORTE
Tubo PVC 80 mm	m	1.0	\$ 11.06
Tubo flexible PE-75	m	1.0	\$ 20.58

**PROPUESTA DE BANCOS DE DUCTOS:**

Los cables de baja y mediana tensión irán alojados en ductos rígidos PVC 80 en tramos rectos y con ducto flexible 80 los tramos en que existan deflexiones mayores de 5°.

• **ver fig. 8 (anexos)**

**REGISTRO DE M.T.**

Partiremos del análisis de los espacios requeridos para los empalmes en M.T. de 23kv. utilizados actualmente y la propuesta con empalme contráctil.

Empalme: Este accesorio se utiliza para la unión de cable de acuerdo a norma NMX J-158. Se entiende por empalme, la conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen un cable de distribución aislado, protegido mecánicamente dentro de una misma cubierta o coraza. Existen varios tipos de empalmes, los encintados, premoldeados, moledados en campo y termocontráctiles.

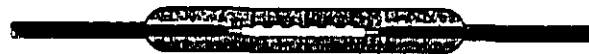
Termocontráctiles: Son aquellos en que los componentes se aplican retráctiles por la acción del calor.

Los empalmes utilizados en LyFC actualmente, son para cable R-23TC, para cable R-23PT, para cable R-23 PT.TC y RT-23TC. Según NMX-J-158 para 23kv.

Distancia que se requiere para los diferentes tipos de empalme usados en LyF:

Cable

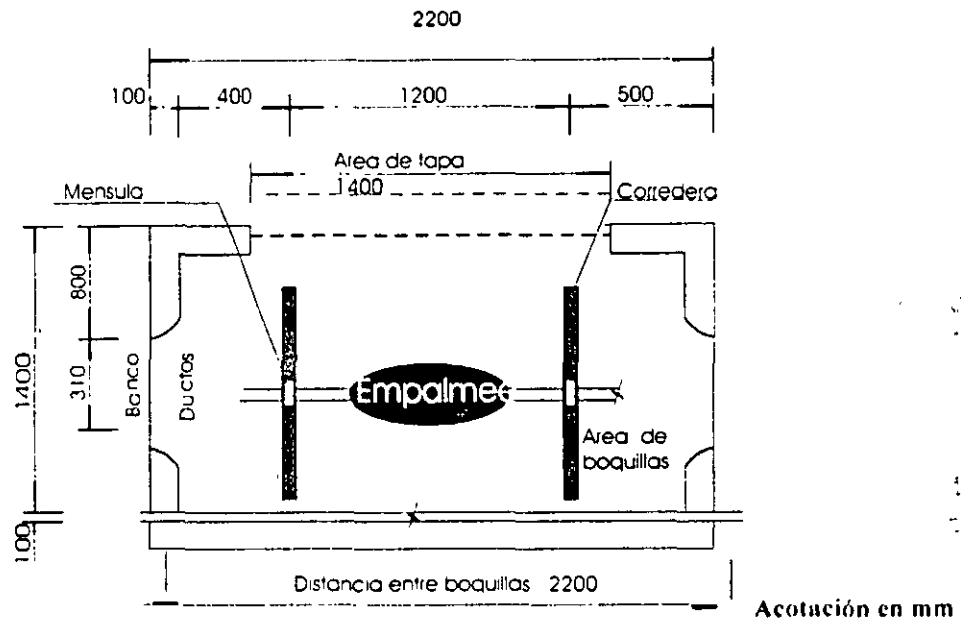
Cable



\_\_\_ Dimensión Máxima \_\_\_

PARA	TIPO DE CABLE	DIMENSION MÁXIMA	CALIBRE MÁXIMO	S/NORMA MATERIAL LyF
UNIONES R	23 PT	740mm	1x240	2.0294
UNIONES R	23 TC	725mm	1x240	2.0197
UNIONES RT	23 PT.TC	725mm	1x240	2.0265

Se propone desarrollarlos en menor distancia longitudinal como son los termocontráctiles, cuyos fabricantes han logrado reducir dimensiones utilizando la manga abierta (como si fuera un forro con cierre) esto permite no tener que correr las mangas hacia ambos lados respectivamente como se viene realizando en LyFC. Ya que este tipo requiere de espacios mayores en los registros o pozos para su instalación. Ahora al no tener que correr dicha manga sino exclusivamente el largo que requiere para cubrir el empalme.



Se requiere un espacio libre para la tapa del registro de 1.40 x 1.70 m para que puedan maniobrar dos operarios estando parados para la realización del empalme.

REGISTRO 200x130x140 C

Propuesto Norma en Estudios

### CIMENTACIÓN TIPO PEDESTAL

Propondremos la base tipo TABLETA para TR's DRS. Tipo Pedestal.

Esta tableta puede ser diseñada para albergar en dimensión y peso el tipo de TR's usados por LyFC. Tomaremos en cuenta el de mayor área que es el de 1,4x1,6m. La tableta está diseñada con una combinación de Polietileno de alta densidad en el centro (alma) y Poliuretano de alta densidad en su concha (envolvente), esta aleación nos da como resultado un diseño capaz de soportar los esfuerzos a la tracción y la compresión reforzándolo en el área donde el TR descansa, su superficie exterior, viene en color negro debido a su alto contenido de carbón del Poliuretano con protección UV. Dando como resultado una base con una vida probable de 35 años a la intemperie.

Este tipo de tableta puede eliminar la tradicional plancha de concreto, reduciendo considerablemente los tiempos y costo aproximadamente en un 75% y 60% respectivamente.

Cuenta con cuatro orificios (saques) para el sistema de entrada del tenedor (ascensor) para su transportación y montaje del TR. Eliminando así la tradicional base de madera utilizada exclusivamente para transportarlo. Esta tableta se fija haciéndolo más manuable. Esta cuenta con un área en la parte inferior para la entrada y salida del cable (charola). Es un Polímero capaz de soportar la corrosión muy común en la CD. De México.

Beneficios:

1. Elimina la necesidad de construirlos de concreto armado.
2. Reduce el costo del manejo y la instalación del TR.
3. Tiene aproximadamente la misma vida que una plataforma de concreto, pero reduce considerablemente su tiempo de realización.

### *CARACTERÍSTICAS*

<i>NOMBRE</i>	<i>FORMADO POR</i>	<i>MATERIAL DE ALTA DENSIDAD</i>	<i>DISEÑADO</i>	<i>DIMENSIONES m</i>	
				<i>Exteriores M</i>	<i>Charola p/cable</i>
Tableta	Alma	Polietileno	A presión 2800lbs	1.40 largo 1.60 ancho 0.15 peralte	0.50 largo 0.30 ancho
	Concha	Poluretano	Carbón UV		

Nota: (1) Esta base (tableta se complementa con el registro usado tradicionalmente en la cimentación tipo pedestal.

(2) Esta tableta irá sobre una plantilla de gravilla que tendrá un espesor de 0.5m habiendo nivelado y compactado el área anteriormente.

### ELEMENTOS PREFABRICADOS

Referente a los elementos constructivos usados en LyFC, se están utilizando los registros tradicionales de concreto armado, aunque en los años 80's; buscando otras alternativas, se hicieron pruebas de laboratorio con elementos precolados de hormigón armado, instalándose algunos de estos en el campo, exclusivamente los registros, lo cual no prosperó porque fueron hechos de una sola pieza, resultando:

- Demasiado pesados
- Dificiles de transportar
- Poco manuales
- Costo de material y mano de obra, casi el mismo que los colados en obra.

Causas por las que se desecharon y se optó por seguir utilizando los tradicionales, los cuales son usados hasta la fecha.

Es importante para esta empresa, el encontrar mejores soluciones, ya que es muy común que el costo total de un proyecto eléctrico subterráneo, la partida de obras civiles resulte más costosa que la de los cables subterráneos, por lo cual hemos seguido analizado nuevos componentes y materiales más ligeros y menos voluminosos valiéndose de los nuevos materiales que han salido al mercado.

### NUEVAS TÉCNICAS Y MATERIALES

Se tiene actualmente un gran desarrollo en el uso de los distintos materiales, desde la madera, metal y los nuevos materiales compuestos, formados usualmente por núcleo y matriz, tales como el hormigón armado o el COMPOSITE, que es una composición de plástico reforzado con fibra de vidrio, a la que se denomina (PRFV) la cuál a superado en número y cantidades a los metales y sus aleaciones.

Los materiales compuestos, son formados por distintos elementos que al mezclarlos, modifican las propiedades de cada uno de ellos:

1) Hormigón armado.

NÚCLEO: Formado de distintos elementos que modifican sus propiedades: agua, tipo de ácidos, granulometría de los áridos, espesantes, hidrófugos, cemento (tipo y proporción), fibras y cenizas; las propiedades del hormigón dependen de diseño.

MATRIZ: Es de acero y sus características mecánicas dependen del: tipo, cantidad y disposición en el núcleo de hormigón.

2) COMPOSITE (PRFV).

Núcleo: formado por distintos elementos (P.R.), cuya proporción y presencia dan al núcleo distintas características como elementos que modifican sus propiedades.

- Resinas de poliéster
- Monómeros
- Catalizadores
- Cargas minerales, alumina, barita, caolín, carbonato, etc.
- Colorantes
- Agentes desmoldeo, separadores
- Aditivos especiales, protección de rayos UV

MATRIZ: De fibra de vidrio, y sus características dependen del tipo de fibra usada (orgánica o inorgánica), cantidad de fibra (proporción en peso) y disposición de la fibra en la pieza o núcleo.

#### APLICACIONES DE LOS (PRFV) EN EL MUNDO

Es difícil de encontrar un producto que se asemeje a los (PRFV), por la diversidad y amplitud de sus aplicaciones, dirigidos al sector de la construcción, cuya intención es sustituir elementos pesados de manipular como el acero y el hormigón pretensado.

#### REGISTROS CONSTRUIDOS CON ENCOFRADO

Este producto cuenta con un sistema de construcción basado en un elemento superligero, construido de (PRFV), que facilita la ejecución de las obras con las siguientes cualidades:

- Versatilidad de usos
- Calidad y rapidez de ejecución
- Seguridad
- Durabilidad.

#### CONSERVACIÓN Y ENVEJECIMIENTO

a). Los (PRFV) presentan una resistencia a las causas externas de envejecimiento, soportando las variaciones de temperatura y humedad, así como la influencia de agentes degradantes.

b). La fibra de vidrio está casi exenta de fenómenos de fatiga o deformación manteniendo inalterable sus propiedades mecánicas a través del tiempo, aún al ser sometidos a

esfuerzos considerables, permitiendo a la estructura resistir y conservar sin cambios mecánicos; su capacidad y características originales.

- c). Inmune a la corrosión eléctrica
- d). Economía.- si por su costo total se entiende la suma de los diferentes costos como el: inicia + transporte + instalación + mantenimiento, se tienen ventajas aún cuando el costo inicial sea similar o mayor a otros materiales.

#### COMPOSITE (COMPOSICIÓN QUÍMICA)

Resina de poliéster _____	25 al 30 %
Refuerzo de fibra de vidrio _____	23 al 27 %
Cargas minerales inorgánicas _____	41 al 46 %
Resto, catalizador, desmoldeante, colorantes, etc. _____	4 al 6 %

#### SU APLICACIÓN EN LOS REGISTROS

El registro prefabricado llamado en Europa arqueta prefabricada de composite (PRVF) es reforzada en su periferia externa con hormigón, dándole mayor resistencia al material; logrando:

- a) Que no penetren las raíces
- b) Estanqueidad
- c) Exactitud de sus dimensiones
- d) Calidad homogénea
- e) Poca ocupación de espacio para su almacenamiento
- f) Muy liviano para su transporte
- g) Rapidez de ejecución

#### MEDIDAS UTILIZADAS EN LOS REGISTROS USADOS EN LyFC.

<i>MEDIDAS INTERIORES</i>				<i>VALORES USADOS EN LOS PRVF</i>				
<i>TIPO DE REGISTRO O ARQUETA</i>	<i>LARGO cm</i>	<i>ANCHO cm</i>	<i>ALTO cm</i>	<i>PESO kg</i>	<i>POSB. MAYOR PROF.</i>	<i>TENSIÓN</i>	<i>ESPESOR cm</i>	
							<i>PARLID</i>	<i>MARCO</i>
60 x 40 x 60	60	40	60	7	25	BT	0.25	1.5
60 x 60 x 60	60	60	60	9	25	BT	0.25	1.5
90 x 90 x 95	90	90	95	30	33	BT	0.30	2.0
125 x 125 x 140	125	125	140	50	33	MT	0.30	2.0

**CUADRO COMPARATIVO DE REGISTROS CONSTRUIDOS EN HORMIGÓN PREFABRICADO, TABIQUE O COMPOSITE**

<i>CONCEPTO</i>	<i>SISTEMA HORMIGÓN PREFABRICADO</i>	<i>SISTEMA LADRILLO</i>	<i>SISTEMA PREFABRICADO</i>
<i>Componentes</i>	<i>Registro c/ marco</i>	<i>Ladrillos, mortero, cemento, marco y tapa</i>	<i>Arqueta con tapa</i>
Peso unitario (sin peso de tapa)	957 Kg	690 Kg.	30 Kg.
Necesidades de medios de elevación	Si	Si	No
Tiempo de ejecución	Bajo	Alto	Muy bajo
Personal especializado	Si	Si	No
Volumen de ocupación	Muy alta	Medio	Muy bajo
Protección de raíces	No	No	Si
Oxidación marco/tapa	Si	Si	No
Calidad	Buena	Buena	Excelente
Calidad uniforme	No	No	Total.

NOTA: Se tomo como ejemplo el registro 90 x 90x 95.

**MONTAJE DE LAS ARQUETAS**

**1.- Excavación y Plantilla.**

- a) Mecánica o manual.
- b) Nivelar para una plantilla de 10cm de espesor.
- c) Arqueta sobre la plantilla.

**2.- Recepción de acometidas.**

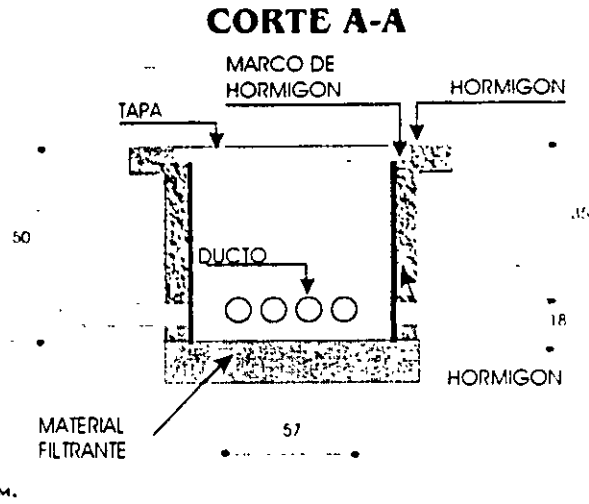
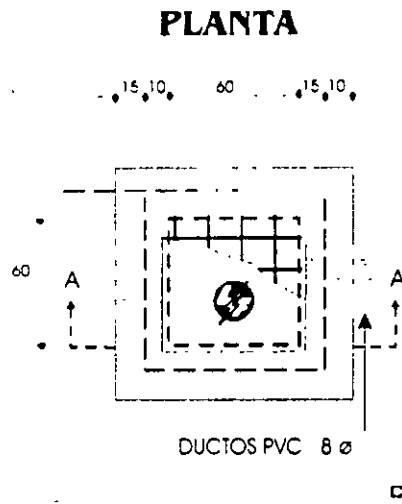
Las arquetas deberán contar en todas sus caras con aperturas predestinadas a recibir ductos de Ø80mm, previamente se requiere instalar una goma en el ducto de llegada la cuál hará la función de boquilla.

**3.- Ubicación y Colado.**

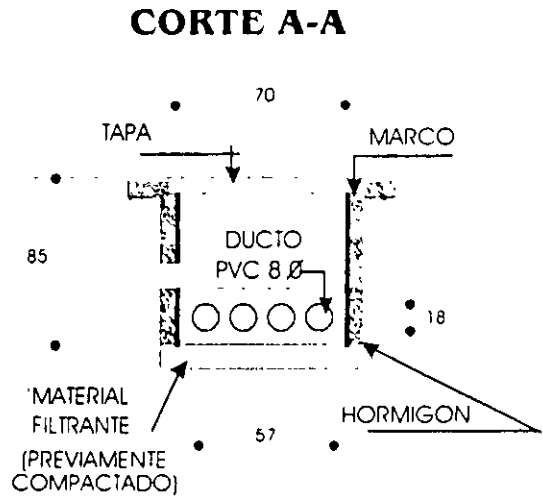
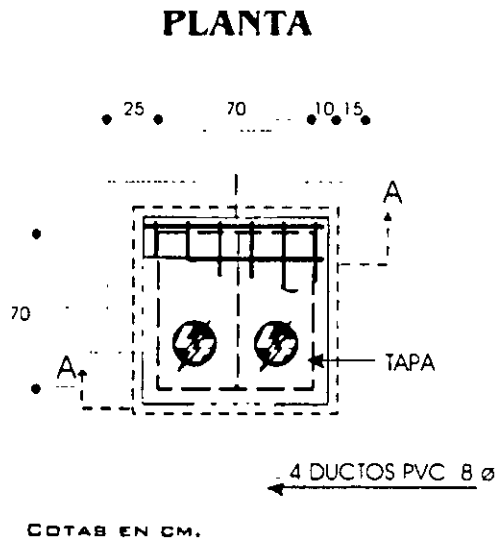
Se instalarán la arqueta respecto a los ductos de llegada y se homogénea con un concreto de 175kg/cm<sup>2</sup>, hasta la rasante del marco, abrazando a éste, con hormigón de 0.15x0.10m de profundidad para compensar el empuje del hormigón.



**REGISTRO 60 x 60 x 65**  
**PROPUESTO 60 x 60 x 50 P**



**REGISTRO CRUCERO DE ARROYO 90 x 90 x 95**  
**PROPUESTO 70 x 70 x 85 P**



**COSTOS**

Análisis comparativo entre elementos constructivos elaborados con (PRFV) y los tradicionales (LyFC).

REGISTRO O ARQUETA	C O S T O				TIEMPO DE ELABORACIÓN
	MAT.	TRANS.	INST.	TOTAL	
Prefabricado de PRFV	+30 %	- 75 %	+ 50 %	- 21 %	- 80 %
Concreto armado	- 30 %	+ 75 %	- 50 %	+ 21 %	+ 80 %

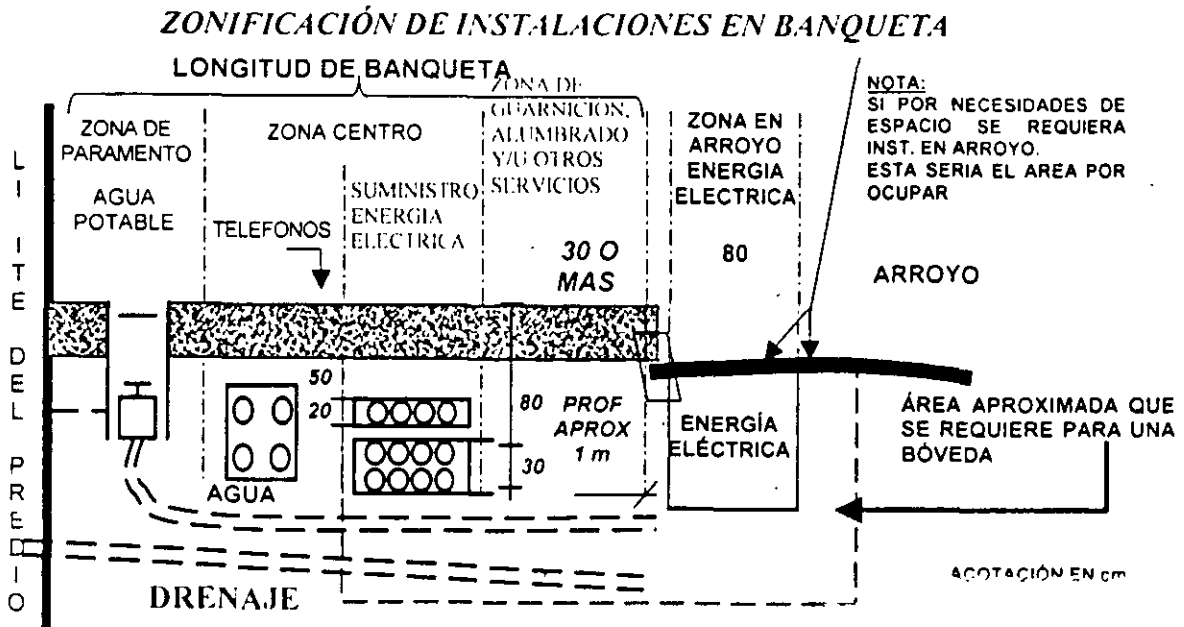
## 6- REQUISITOS Y NECESIDADES DE LA OBRA CIVIL

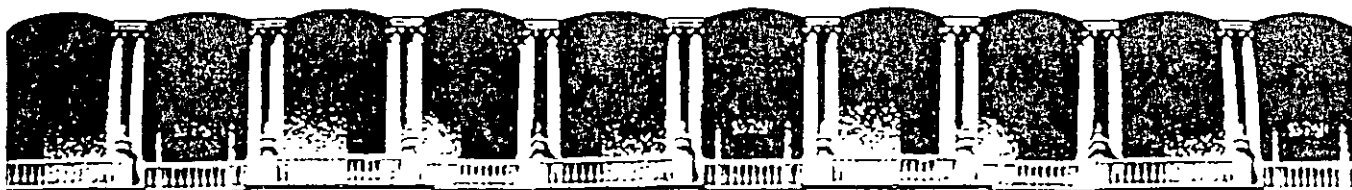
1. La trayectoria de los circuitos será a lo largo de las aceras, camellones, periferia de las zonas verdes y/o andadores.
2. La profundidad, el ancho del banco de ductos deberá cumplir con las normas LyFC.
3. Los ductos deben contar con boquillas abocinadas en la llegada a los registros, pozos y bóveda o cimentación de S.E.'s.
4. Se requieren los registros en las derivaciones, acometidas, cambios de dirección horizontal y vertical de los bancos de ductos.
5. Los registros pozos y cimentaciones de S.E.'s deben cumplir con las normas LyFC.
6. Evitar la localización de los registros donde las banquetas sean angostas en carriles de estacionamientos o frente a una cochera.
7. Se utilizará un registro para alimentar dos lotes, debiendo quedar instalado en el limite de ambos predios.
8. Donde no existan equipo y/o accesorios, se debe dejar excedente de cable de una longitud igual al perímetro del pozo de visita.
9. Debe instalarse soportería para los cables en los pozos y bóvedas
10. En los casos de cruces de avenidas o calles, se deberá dejar mínimo un ducto de reserva por cada uno de los circuitos.

## ZONIFICACIÓN DE INSTALACIONES

Debe existir una coordinación entre los diferentes sectores que utilizan el suelo para un mejor aprovechamiento de este. Actualmente se está trabajando en los registros computarizados de las diferentes instalaciones subterráneas como Teléfonos, PEMEX, Energía Eléctrica, Drenaje, Agua Potable, etc.

Para un mejor aprovechamiento del uso del suelo en banqueta, se propuso en la revisión de la NOM-001/99 la cual fue aceptada, se propone lo siguiente:





FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

*DIPLOMADO EN INSTALACIONES  
ELECTRICAS*

*MODULO I*

*CA 133*

*SISTEMAS DE DISTRIBUCION  
ELECTRICA*

*TEMA*

*PROTECCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN  
CONTRA SOBRETENSIONES*

EXPOSITOR: ING. GUILLERMO LOPEZ MONROY  
PALACIO DE MINERIA  
SEPTIEMBRE DEL 2002

PROTECCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCION  
CONTRA SOBRETENSIONES

ING. GUILLERMO LOPEZ MONROY

SEPTIEMBRE DEL 2002

# PROTECCION DE REDES DE DISTRIBUCION CONTRA SOBRETENSIONES

## INTRODUCCION

Las sobretensiones en los equipos eléctricos son fenómenos indeseables que dañan o envejecen los aislamientos, provocando pérdidas económicas considerables. Afortunadamente existen diferentes medios de protección siendo los más comunes los que atenúan o reducen la amplitud de la sobretensión drenándola a tierra, en sistemas de distribución para las líneas y equipos en media tensión, es decir hasta 34.5 kV se está imponiendo el uso generalizado de apartarrayos, sin embargo para que la protección sea adecuada se necesita una conexión lo suficientemente buena para drenar las sobretensiones a tierra.

### 1.- ORIGEN DE LAS SOBRETENSIONES

Las sobretensiones pueden ser de origen externo, es decir producidas por descargas atmosféricas (rayos) o de origen interno, por maniobra de apertura o cierre de interruptores, fallas a tierra, etc.

#### 1.1.- CLASIFICACION DE LAS SOBRETENSIONES

Se pueden clasificar por su duración como transitorias o temporales es decir de corta o larga duración, los principales tipos de sobretensión son producidas por:

a).- Descargas atmosféricas.- Este tipo de fenómenos es la causa del mayor número de fallas en los equipos y circuitos expuestos a la intemperie, como son las líneas aéreas y subestaciones. Se producen generalmente en las tormentas y vienen acompañadas por lluvia y viento, la intensidad de las corrientes del rayo puede llegar hasta 200,000 amperes con un potencial estimado de 10 a 15 millones de volts, el tiempo de duración del rayo varía-

del orden de unos cuantos microsegundos. En la ciudad de México en unas mediciones efectuadas se encontró que el promedio de las descargas va de 8 - kA para el Norte, 14 kA para el Centro y 20 kA para el Sur. La longitud de la trayectoria del rayo puede variar alrededor de varios kilómetros, 3.5 - en promedio, y puede inducir potenciales en las líneas hasta en 10 km. Las descargas se producen entre nubes, nube y tierra y dentro de la misma-nube. La que nos interesa es la de nube a tierra y hay cuatro variantes.

Descendente	Negativo
Descendente	Positivo
Ascendente	Negativo
Ascendente	Positivo

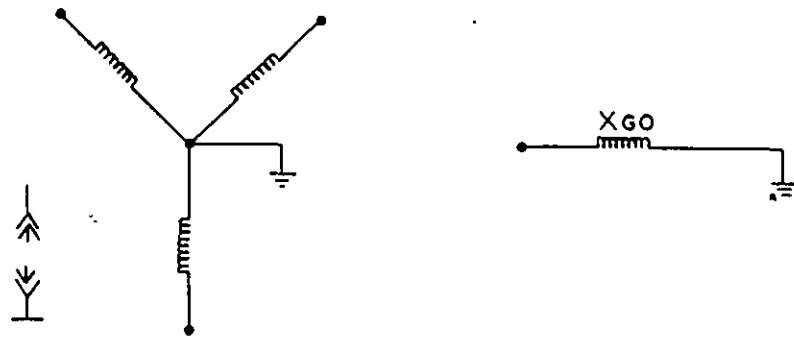
Como se producen los rayos, no está completamente definido, pero tiene que ver con las corrientes de aire ascendentes y descendentes, incluso pueden-existir en tormentas de arena, de nieve, de hielo y hasta en explosiones - nucleares.

b).- Maniobras de interruptores.- Cuando se abre o cierra un interruptor - en un sistema energizado se conectan o desconectan cargas inductivas o ca-pacitivas provocando sobretensiones en el sistema pudiendo durar algunos - ciclos es decir del orden de los milisegundos, este tipo de sobretensiones alcanza valores máximos de 3 veces la tensión nominal.

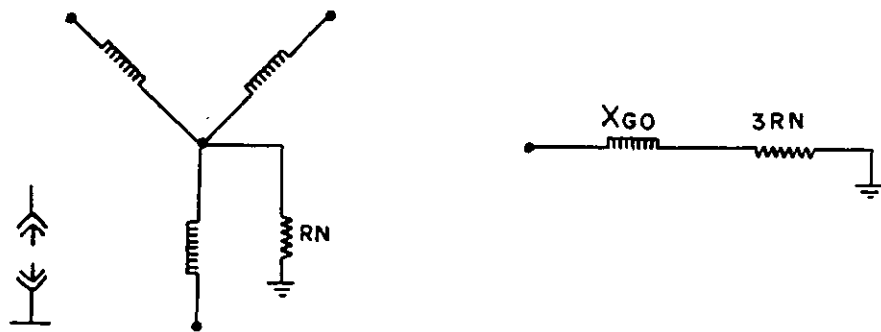
c).- Fallas monofásicas a tierra.- Al presentarse una falla de fase a tie-rra el voltaje tiende a elevarse en las fases no falladas, a la frecuencia nominal, el valor de la sobretensión depende del tipo de aterrizado del neu-tro del sistema.

Para que una falla a tierra exista es necesario que el sistema esté aterri-zado, es decir que por lo menos un conductor o un punto sea conectado a - tierra, lo cual se puede hacer directamente o a través de una impedancia,- los tipos de sistema de aterrizado del neutro más comunes son:

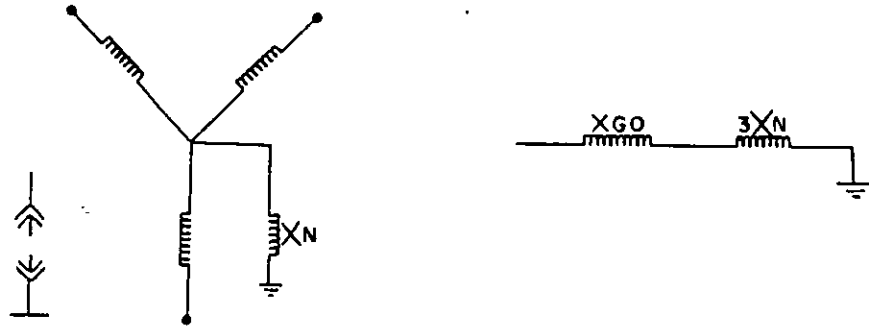
Sólidamente aterrizado.- Este sistema consiste en conectar en forma adecuada el neutro a tierra, sin instalar para ello impedancia alguna.



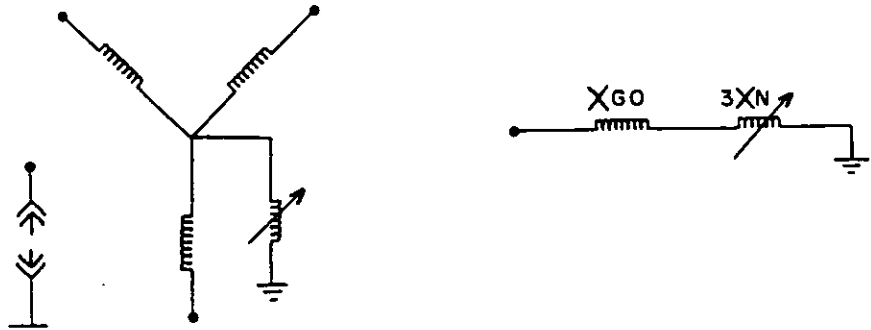
Aterrizado a través de una resistencia.



Aterrizado a través de una reactancia.



Aterrizado a través de un neutralizador de falla a tierra.- El método consiste en instalar un reactor con un valor alto de reactancia entre el neutro del sistema y tierra.





No aterrizado.- Este caso se menciona debido a que es importante enfatizar que para la contingencia de una línea a tierra, ésta tendrá una impedancia muy grande.

En todos los casos anteriores tenemos que:

$X_{Go}$  = Reactancia de secuencia cero del generador o transformador.

$X_n$  = Reactancia de aterrizamiento del generador o transformador.

$R_n$  = Resistencia de aterrizamiento del generador o transformador.

### 1.2.- CLASIFICACION DE SISTEMAS

De acuerdo con la conexión a tierra del neutro de un sistema y de las sobretensiones que se presentan ante fallas de fase a tierra, se tiene la clasificación mostrada en la tabla siguiente:

SISTEMA CLASE	NEUTRO DEL SISTEMA	RANGO DE LA RELACION DE IMPEDANCIA		COEFICIENTE DE ATERRIZAMIENTO	
		$X_0 / X_1$	$R_0 / X_1$	$V/E_n$	$V/E$
A	SOLIDAMENTE ATERRIZADO (Sin impedancia entre el neutro y tierra)	—	—	1.31	0.75
B	ATERRIZADO A TRAVES DE UNA IMPEDANCIA	$0 \leq 3$	$0 \leq 1$	1.40	0.80
C	ATERRIZADO A TRAVES DE UNA IMPEDANCIA	$3 \leq \infty$	$1 \leq \infty$	1.73	1.00
D	ASLADO (NO ATERRIZADO)	$-40 \leq -\infty$	—	1.90	1.10
E	ASLADO (NO ATERRIZADO)	$0 \leq -40$	—	—	—

#### CLASIFICACION DE SISTEMAS DE ATERRIZAMIENTO

- $X_1$  = REACTANCIA DE SECUENCIA POSITIVA
- $X_0$  = REACTANCIA DE SECUENCIA CERO
- $R_0$  = RESISTENCIA DE SECUENCIA CERO
- $V$  = MAXIMO VOLTAJE DE FASE A TIERRA EN LAS FASES NO FALLADAS, DURANTE UNA FALLA DE FASE A TIERRA
- $E$  = VOLTAJE NORMAL DEL SISTEMA DE FASE A FASE (RMS)
- $E_n$  =  $E/1.73$  = VOLTAJE DE FASE A TIERRA

EJEMPLO:

Ocurre una falla en el siguiente sistema:

Estrella con un neutro a tierra a través de una impedancia.

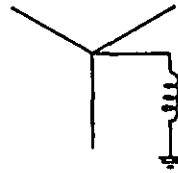
$E = 23 \text{ kV}$  entre fases.

$E_n = 23 / \sqrt{3} \text{ kV}$  fase-tierra.

Tipo C

$X_0/X_1 > 3$

$R_0/R_1 > 1$



El voltaje máximo a la frecuencia del sistema que se presenta en el momento de la falla en las fases falladas será:

De la tabla tenemos:

$V/E = 1$  ó  $V/E_n = 1.73$

$V = 1 \times E = 23 \text{ kV}$  ó  $V = 1.73 \times (23/1.73) = 23 \text{ kV}$

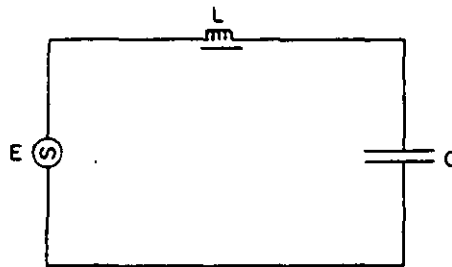
O sea que el voltaje de fase a tierra será en ese momento igual al voltaje entre fases. Por lo que para seleccionar el apartarrayos adecuado se tendrá que escoger un valor nominal superior a 23 kV (24 y 27 kV).

### 1.3.- FERRORESONANCIA

Pertenece a las sobretensiones del inciso "b", pero lo tratamos por separado debido a su importancia, es un fenómeno indeseable que provoca sobrevoltajes que pueden dañar los aislamientos, este fenómeno se empieza a mencionar desde 1914, en los treinta se investiga, ya en los sesenta se incrementó la aparición de este tipo de problemas en forma alarmante, debido al empleo de sistemas subterráneos, es decir con el uso de cables conectados a transformadores y operación de interruptores o cuchillas en forma monopolar. O sea que este fenómeno se presenta generalmente al momento de la - - apertura o cierre de la fuente de alimentación al no operar las tres fases al mismo tiempo, debido a la capacitancia de las líneas a tierra y la inductancia no lineal de los devanados del transformador, que forman un circuito serie, el cual puede tener un valor que propicie la falla, este valor se da cuando la reactancia capacitiva iguala a la reactancia inducti-

va, la no linealidad la da el núcleo del transformador de ahí el nombre de ferorrresonancia, los sistemas subterráneos tienen mayor capacitancia a tierra, por lo que son más susceptibles a este tipo de fallas.

El circuito ferorrresonante está caracterizado por un circuito serie, con un núcleo de acero, no lineal, una inductancia, una capacitancia, excitados por una fuente de voltaje alterna, como se muestra en la figura:



CIRCUITO TÍPICO FERORRESONANTE

La reactancia de una inductancia varía como una función del flujo de corriente.

La ferorrresonancia se presenta en diversos aspectos como son:

- Apertura o cierre de interruptores cuando no operan al mismo tiempo sus tres cuchillas.
- Operación de fusibles.

Para prevenir este tipo de problemas existen varios métodos:

- Conectar cargas resistivas al transformador.
- Conectar capacitores.
- Control de las aperturas y cierres de los interruptores.
- Usar transformadores con conexión estrella estrella.
- Incrementar el nivel de aislamiento.
- Limitando la longitud del cable.

#### 1.4.- MEDIOS DE PROTECCION

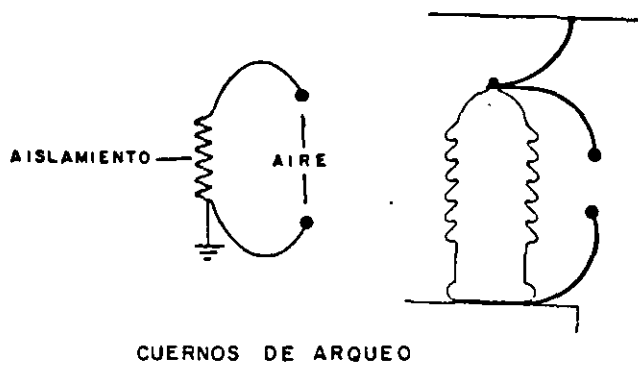
Existen diferentes medios para proteger un sistema eléctrico contra sobretensiones, así tenemos que para descargas directas en las líneas, se pueden proteger en forma adecuada diversificando la energía a través del hilo de guarda y drenándola a tierra.

Cuando la onda de sobretensión se encuentra en la línea se puede reducir en amplitud o también se puede modificar la forma de onda de la sobretensión, a un valor que no dañe a los aislamientos en ambos casos.

La amplitud de la onda se puede reducir por medio de dos elementos diferentes que son; los apartarrayos y los cuernos de arqueo, los apartarrayos mantienen la continuidad del servicio ya que drenan la sobretensión a tierra sin operación de la protección, los cuernos de arqueo al operar pueden hacer funcionar al fusible o a la protección de respaldo en la subestación. La onda de voltaje se puede modificar por medio de inductancias, capacitancias y resistencias que se colocan en la línea, sin embargo son de poco uso, los equipos de protección más comunes son:

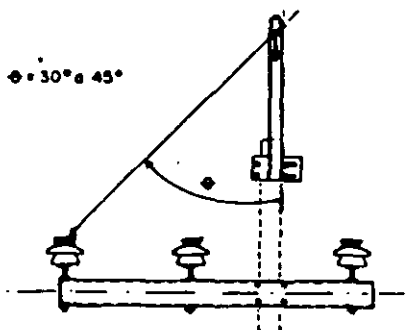
a).- Cuernos de arqueo.- Consiste de dos electrodos, generalmente esféricos que se conectan entre la línea y tierra respectivamente, con una cierta separación donde solo hay aire, al presentarse una sobretensión lo suficientemente grande como para romper el dieléctrico se produce un arco, evitando el daño en los aislamientos. Presenta el inconveniente que al operar, la tensión de la línea va a tierra, lo que requiere una protección de respaldo y cuando opera interrumpe el servicio disminuyendo la confiabilidad del sistema.

La respuesta eléctrica de los cuernos de arqueo es lenta y varía con la forma de onda del voltaje, su calibración presenta muchos problemas y actualmente están cayendo en desuso.



CUERNOS DE ARQUEO

b).- Hilo de guarda.- Consiste de un conductor desnudo que se coloca por arriba de la línea y tiene dos funciones principales, intercepta las descargas directas, drenándolas a tierra y distribuye la corriente producida por la descarga en dos o más trayectorias. La protección del hilo de guarda abarca el espacio comprendido en un prisma triangular cuya arista superior está situada a lo largo del cable. La altura del hilo de guarda que se requiere está en función de la distancia que se quiere proteger y va de  $30^\circ$  a  $45^\circ$  con respecto a la vertical como se muestra en la figura siguiente:



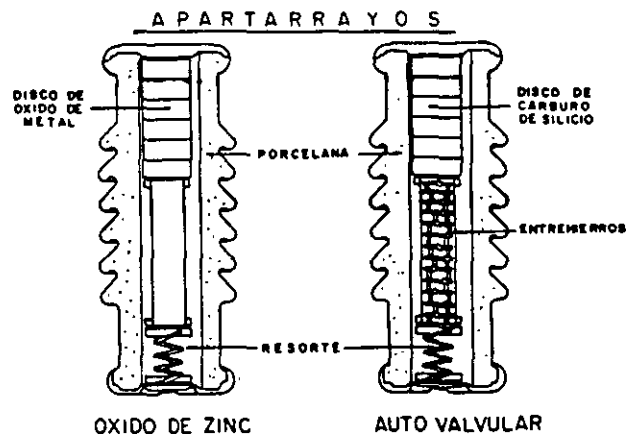
LÍNEA DE 25 KV. CON HILO DE GUARDA

c).- Apartarrayos.- Es un elemento no lineal que a tensiones normales se comporta como un aislador debido a su resistencia variable que a mayor tensión menor resistencia, la función del apartarrayos es drenar las sobretensiones que pueden dañar a los equipos sin interrumpir el servicio, actualmente existen dos tipos de apartarrayos:

Tipo autovalvular.- El elemento no lineal está formado por pastillas de carburo de silicio, también lleva un conjunto de entrehierros en serie.

Tipo óxido metálico.- Está desplazando rápidamente al apartarrayos autovalvular ya que no necesita entrehierros debido a la alta no linealidad de las pastillas de óxido metálico, principalmente óxido de zinc. Su principal aplicación se da en la protección de equipos subterráneos ya que debido a sus cualidades puede protegerlos si se coloca en la transición aéreo-subterráneo, actualmente se instala en fraccionamientos, unidades habitacionales, industrias grandes etc.

Este tipo de apartarrayos siempre está conduciendo ya que no tienen entrehierros pero su corriente es muy pequeña, aproximadamente un miliamper.



#### 1.4.1.- PRINCIPALES CAUSAS DE FALLAS EN LOS APARTARRAYOS

Los apartarrayos como todos los equipos están sujetos a fallas, siendo las principales:

Sobrecorrientes.- Los apartarrayos clase distribución están diseñados para drenar corrientes de 5000 amperes y una corriente mayor puede dañarlos.

Envejecimiento.- Los apartarrayos tienen una vida útil determinada que va a depender del uso y condiciones a que se someta.

Contaminación.- La porcelana está expuesta al medio y cuando este es contaminante puede dañar a los apartarrayos provocando flameos externos.

Vandalismo.- Es común que los apartarrayos reciban impactos en la porcelana siendo mayor la incidencia en áreas rurales.

#### 1.4.2.- SELECCION DE LOS APARTARRAYOS

La selección de los apartarrayos adecuados en un sistema, implica la elección de un voltaje nominal y una clase determinada, el voltaje nominal es un índice de un sobrevoltaje temporal permisible en las terminales del apartarrayos, sin que este opere. Hay cuatro clases de apartarrayos: Estación, Intermedio, Distribución y Secundario.

El de clase estación se usa solamente para subestaciones ya que su costo es muy elevado.

El de clase intermedio tiene su aplicación en zonas con nivel cerámico alto, es decir, donde las descargas atmosféricas son frecuentes y de alta energía, también han encontrado su aplicación para proteger sistemas subterráneos, subestaciones rurales, etc.

El de clase distribución como su nombre lo indica se aplica en sistemas de distribución donde el diseño económico es importante.

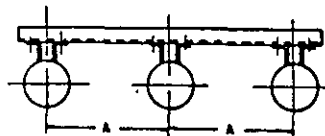
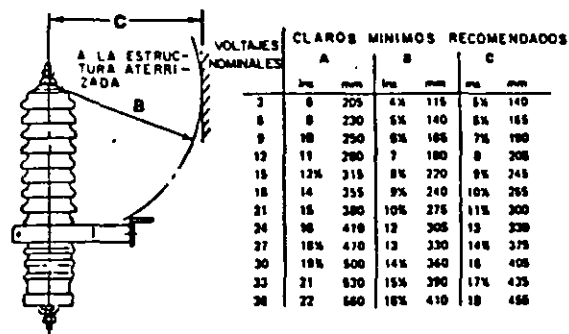
La clase secundaria se usa en tensiones reducidas menores a 1000 Volts y su aplicación no se ha generalizado todavía.

El voltaje adecuado del apartarrayos es aquel que cuando ocurre una falla de fase a tierra, no opera al elevarse la tensión en las fases no falladas. Pero al haber una sobretensión de otro tipo debe operar antes de que el aislamiento sufra algún daño.

### 1.4.3.- CONEXION

La conexión del apartarrayos es un aspecto muy importante ya que si no es adecuada provoca fallas en el sistema o simplemente no opera cuando se requiere, el apartarrayos debe conectarse a tierra en su base con un valor máximo de 25 Ohms a tierra, en la Compañía de Luz y Fuerza la bajada a tierra del apartarrayos se conecta también al tanque del transformador y al neutro de baja tensión, es decir, se usa el método de los tres puntos.

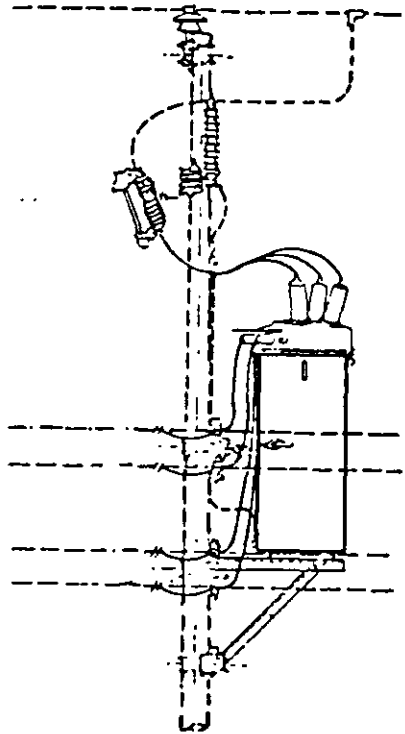
Las distancias mínimas de separación en las conexiones se dan en la figura siguiente:



CLARO MINIMO ENTRE LOS CENTROS DE LAS FASES

Además es importante que el apartarrayos esté ubicado lo más cerca posible al transformador o al equipo que se protege, sin embargo debe colocarse entre el cortacircuitos fusible y la línea para que al drenar las sobretensiones a tierra no opere el fusible ya que además el costo de este y su tiempo de reposición baja la confiabilidad del servicio.





#### CONEXION DEL TRANSFORMADOR

##### 1.4.4.- APLICACION

Los apartarrayos se deben instalar en sitios donde exista un equipo a proteger tal como:

Salida de alimentadores.

Cables puente.

Línea aérea.

Transformadores.

Seccionadores.

Restauradores.

Capacitores.

Acometidas subterráneas a servicios particulares.

Acometidas subterráneas a redes en anillo abierto.

#### 2.- COORDINACION DE AISLAMIENTOS EN REDES DE DISTRIBUCION

Para dar una protección adecuada a los equipos es necesario evitar que las

sobretensiones alcancen un valor que puedan dañar los aislamientos. La -- coordinación consiste del proceso de comparación entre el nivel de tensión que los aislamientos son capaces de resistir sin sufrir daño alguno y el -- voltaje máximo esperado o permitido por los apartarrayos, voltaje de des-- carga al frente de onda y tensión residual, para apartarrayos de óxido de zinc solo la tensión residual ya que no existe voltaje de descarga.

## 2.1.- COORDINACION DE AISLAMIENTO EN TRANSFORMADORES DE LINEAS AEREAS DE -- DISTRIBUCION

Este tipo de transformadores son los más elementales, generalmente van mon-- tados en postes, no incorpora ningún elemento de protección contra sobre-- tensiones ni contra sobrecorrientes, los elementos de protección de este -- tipo de transformador son externos, básicamente consisten de cortacircui-- tos--fusible, apartarrayos y en algunos casos cuernos de arqueo.

Existe otro tipo de transformadores de distribución, el tipo autoprotegi-- do, que incorpora en la misma unidad los elementos de protección contra so-- brecorrientes y contra sobretensiones, lo cual facilita su instalación, -- dando mayor confiabilidad y mejora su aspecto estético. Su funcionamiento se basa en el principio de acercar las protecciones lo más posible a los -- aislamientos para su mejor funcionamiento, este tipo de transformadores en-- cuentra su principal aplicación en sistemas rurales por lo que en general-- son monofásicos.

Los elementos de protección del transformador del tipo poste autoprotegido son:

Fusible de expulsión en alta tensión.-- Montado en la parte interior de la-- boquilla de alta tensión que desconecta al transformador de la línea en el caso de una falla interna.

Interruptor de baja tensión.-- Localizado bajo el nivel de aceite, prote--

giendo al transformador contra sobrecargas y cortocircuitos en baja tensión, la manija es externa y puede operarse manualmente o con pértiga.

Apartarrayos.- Se conectan al tanque sólidamente, la separación entre el apartarrayos y la boquilla de alta tensión en este tipo de transformadores es mínima.

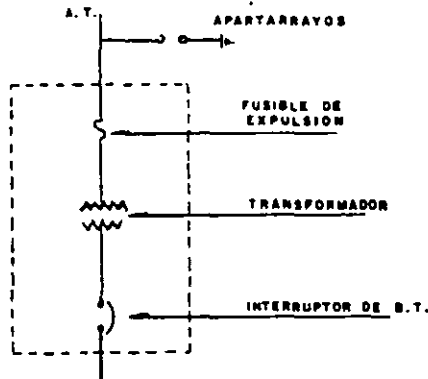


DIAGRAMA DEL TRANSFORMADOR  
AUTO PROTEGIDO

## 2.2.- TRANSFORMADORES USADOS EN CIRCUITOS SUBTERRANEOS DE DISTRIBUCION

Este tipo de transformadores generalmente se encuentran en lugares accesibles al público y personal de mantenimiento, se instalan en jardines, banquetas, estacionamientos, bóvedas, etc. Por lo que representan un peligro si las protecciones no son las adecuadas, por lo que se da mayor cuidado en su instalación, los principales tipos de transformador son:

a).- Tipo pedestal.- Va sobre un pedestal, de ahí su nombre, su apariencia debe ir de acuerdo al lugar donde se instala, generalmente en áreas verdes, zonas residenciales (DRS) y comerciales (DCS), básicamente es un transformador autoprotegido, integrado a un gabinete donde se alojan las terminales de alta y baja tensión, instrumentos y dispositivos de maniobra y protección contra sobrecorrientes.

Se está tratando de integrar la protección contra sobretensiones, es decir colocar apartarrayos dentro del gabinete, con terminales tipo codo y apartarrayos de óxido de zinc, aprovechando el tamaño más corto de este tipo -

de apartarrayos.

Las protecciones que llevan este tipo de transformadores son:

Interruptor secundario de baja tensión y fusible de expulsión con fusible-limitador de corriente de rango parcial en alta tensión.

Fusible de expulsión y fusible limitador de corriente de rango parcial en alta tensión.

Fusible secundario en baja tensión con fusible limitador de rango completo en alta tensión.

Fusible limitador de corriente en alta tensión.

Los dos primeros arreglos son los más comunes, las capacidades son 45, 75, 112.5, 150, 225 y 300 kVA.

b).- Tipo sumergible.- Este tipo de transformador tiene como principal característica el de instalarse en bóvedas bajo el nivel del suelo, por lo que debe trabajar en condiciones críticas de agua y lodo. Por esta característica la tapa, los accesorios, boquillas, registro de mano, manijas de operación, deben estar herméticamente sellados, ser de frente muerto y estar debidamente aislados. Las bóvedas pueden localizarse en banquetas, jardines, plazas, etc., con una rejilla o registro la cual impide el acceso a personas no autorizadas y al mismo tiempo ayuda en la disipación del calor que genera el transformador evitando que se caliente y sufra deterioro o envejecimiento.

Existen dos tipos de transformadores sumergibles, uno del tipo autoprotegido en el que todos los accesorios de seccionalización, protección, cambiador de derivaciones y boquillas de alta y baja tensión se localizan en la cubierta con el fin de facilitar las maniobras de inspección y operación desde la superficie sin que sea necesario entrar a la bóveda. El segundo -

tipo de transformador sumergible es uno que no es autoprotegido que normalmente cuenta con desconetador primario y garganta en baja tensión y es necesario entrar a la bóveda para sus maniobras de inspección y operación. En ambos tipos, no se puede colocar apartarrayos y es necesario protegerlos desde la transición aéreo subterránea, las capacidades son: 300, 500 y 750 kVA en 23 kV y 200, 400 kVA en 6 kV.

c).- Tipo subestación interior.- Tiene gran aplicación en instalaciones donde existe alta densidad de carga y donde hay gran concentración de personas como son: edificios públicos, cines, teatros e industrias en general. Este tipo de transformador se acopla a tableros, formando subestaciones unitarias, lugar donde se instalan las protecciones tanto de sobrecorrientes como de sobretensiones, siendo las más comunes: fusibles limitadores, fusibles de expulsión con silenciador, relevadores de sobrecorriente y apartarrayos.

El transformador puede ser alimentado de una red subterránea o de una red aérea a través de una acometida.

### 2.3.- MARGEN DE PROTECCION

Es la relación entre el nivel de voltaje de los aislamientos y el nivel de voltaje que permite el apartarrayos, para los apartarrayos autovalvulares se calcula en el momento de la descarga y cuando la tensión residual alcanza su valor máximo, en el apartarrayos de óxido de zinc solo se calcula con la tensión residual ya que no tiene tensión de descarga porque siempre está conduciendo. Las fórmulas del margen de protección para circuitos en líneas aéreas son:

$$MP_1 = \frac{1.15 \text{ NBAI} - \text{TD}}{\text{TD}} \times 100$$

$$MP_2 = \frac{\text{NBAI} - (\text{TR} + \text{TC})}{\text{TR} + \text{TC}} \times 100$$

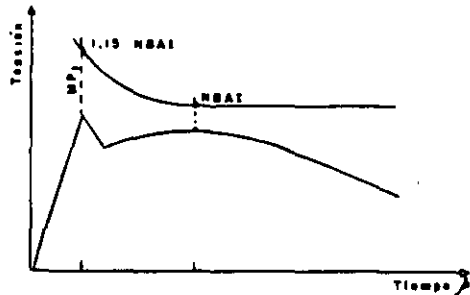
Donde:

NBAI.- Nivel básico de aislamiento al impulso.

TD.- Tensión de descarga del apartarrayos.

TR.- Tensión residual del apartarrayos.

TC.- Tensión en el cable.



CURVA QUE MUESTRA LA COORDINACION DE LOS AISLAMIENTOS Y SU MARGEN DE PROTECCION.

Las fórmulas de margen de protección para circuitos subterráneos son:

$$MP_1 = \frac{1.15 \text{ NBAI} - 2TD}{2TD} \times 100$$

$$MP_2 = \frac{\text{NBAI} - 2(\text{TR} + \text{TC})}{2(\text{TR} + \text{TC})} \times 100$$

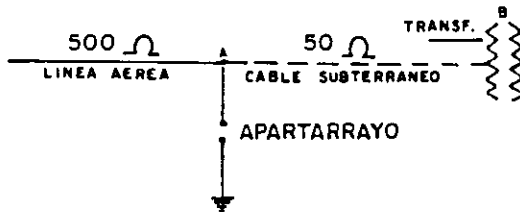
Los valores de margen de protección mínimos recomendados son: 20% para líneas aéreas y 10% para instalaciones subterráneas.

Cuando una onda de sobretensión entra al circuito subterráneo y encuentra una impedancia muy alta en su trayectoria, como es el devanado de un transformador, tiende a duplicar su valor. Los diagramas de Lattice son un método gráfico que nos ayuda a demostrar lo anterior, de ahí que las fórmulas del margen de protección para circuitos subterráneos se vean afectadas por un 2. En el siguiente ejemplo se dan valores típicos de impedancias de línea aérea y cable subterráneo así como la velocidad de la onda.

Impedancia de línea aérea de 450 a 500

Impedancia del cable de 25 a 75  $\Omega$   
 Velocidad en línea aérea 300 m/ $\mu$ s  
 Velocidad en onda en cable 150 m/ $\mu$ s

Consideremos el siguiente circuito:



El punto A es el punto de transición entre línea aérea y cable subterráneo, donde generalmente se localizan los apartarrayos. Al llegar una onda de sobretensión el apartarrayos la debe drenar a tierra, quedando un voltaje residual que depende de la energía de la onda a mayor corriente a tierra mayor tensión residual, este voltaje penetra al circuito subterráneo donde queda atrapado y como puede atenuarse y no causar problemas, también puede duplicarse y causar daños a los aislamientos de los cables, transformadores, codos, etc.

Las fórmulas de Lattice son:

$$K_t = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} = \frac{2 \times 50}{50 + 500} = 0.18$$

$$K_r = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{500 - 50}{500 + 50} = 0.82$$

COEFICIENTES	P U N T O	
	A	B
Kt	0.18	0
Kr	0.82	1

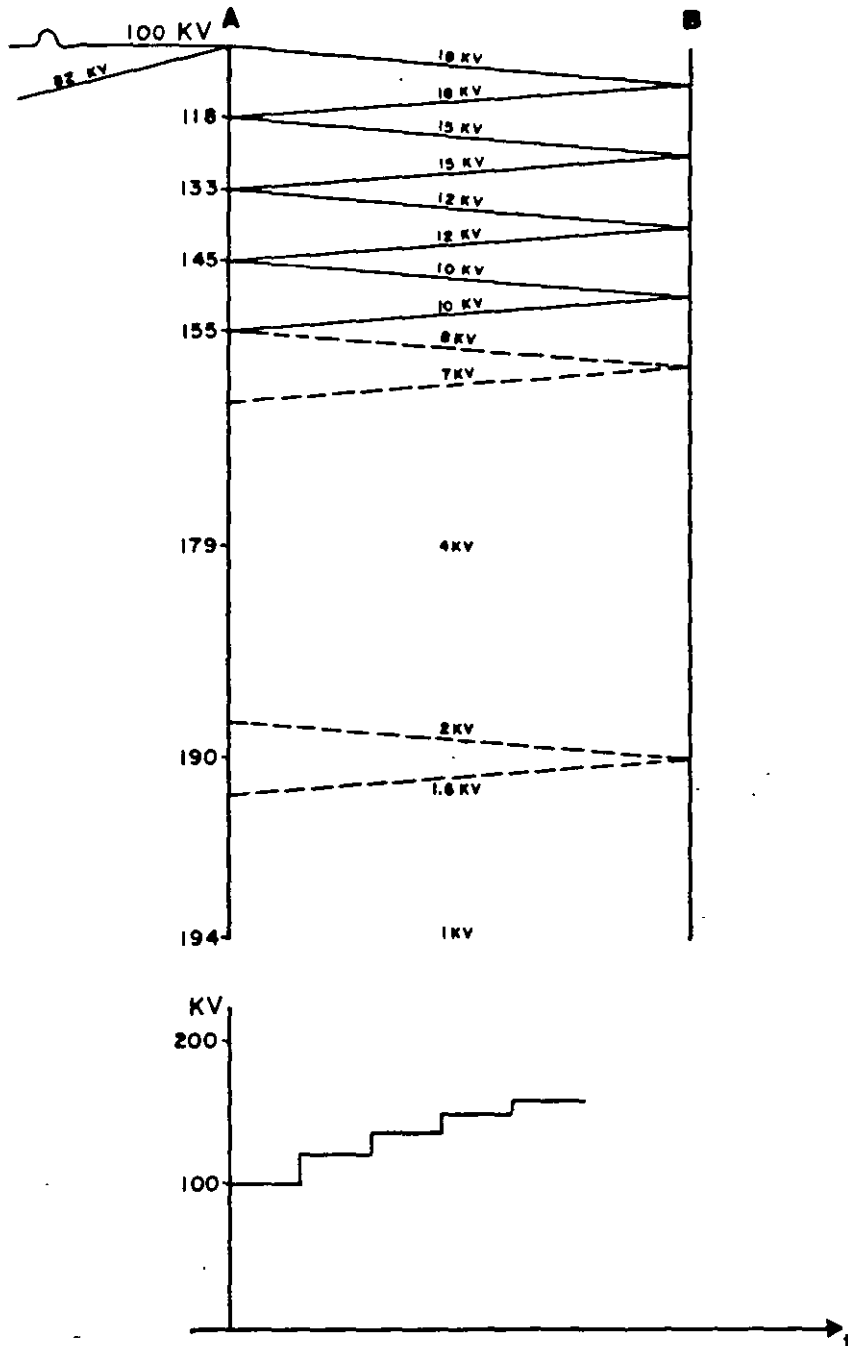


DIAGRAMA DE LATTICE



Ejemplo:

Supongamos que a un circuito subterráneo penetra una onda de sobretensión de 100 kV y la longitud entre A y B es de 150 m tenemos:

$$V = 150 \text{ m}/\mu\text{s}$$

El tiempo en que la onda llega del punto A al B es de 1  $\mu\text{s}$  por lo que la onda se duplica rápidamente.

También la separación entre el transformador o la mufa al apartarrayos afecta el valor de la onda de sobretensión a razón de 5.2 kV por metro.

Cuando ocurre la descarga a tierra de la onda de sobretensión y pasa por los apartarrayos la línea cambia su impedancia de onda característica ya que la capacitancia se afecta en la vecindad de la trayectoria a tierra quedando como una impedancia inductiva.

El voltaje que se desarrolla en el conductor por el flujo de la corriente es igual a:

$$V = LD \quad di/dt$$

Donde:

V = Voltaje del conductor.

L = Inductancia del conductor (puede asumirse 1.3  $\mu\text{H/m}$ ).

D = Longitud en metros.

di/dt = Cambio de la corriente de la onda con el tiempo (puede asumirse 4000 Amp./ $\mu\text{s}$ ).

Desarrollando para un metro de cable:

$$V = 1.3 \mu\text{H/m} \times 4000 \text{ Amp.}/\mu\text{s}$$

$$V = 5200 \text{ volts/m} = 5.2 \text{ kV/m}$$

Si la distancia es diferente a un metro basta con hacer la conversión.

#### 2.4.- CALCULOS DE MARGEN DE PROTECCION PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

##### 2.4.1.- TRANSFORMADOR TIPO POSTE

La protección contra sobretensiones del transformador tipo poste se logra con un juego de apartarrayos, el cual se instala en el mismo poste con una separación de 3 m. y con una tierra efectiva.

Datos del transformador:

Tensión	23000 - 220/127 Volts
Clase	25 kV
NBAI	150 kV

Datos del apartarrayos autovalvular:

Clase	Distribución
Tensión	24 kV
corriente de trabajo	5 kA
TR	Tensión Residual a 10 kA = 80 kV
TD	Tensión de Descarga con frente de onda 1.2 X 50 = 79 kV

Aplicando las fórmulas:

$$Mp_1 = \frac{1.15 \text{ NBAI} - \text{TD}}{\text{TD}} \times 100$$

$$Mp_2 = \frac{\text{NBAI} - (\text{TR} + \text{TC})}{\text{TR} + \text{TC}} \times 100$$

$$Mp_1 = \frac{1.15 \times 150 - 79}{79} \times 100 = 118\%$$

$$Mp_2 = \frac{150 - (80 + 15.6)}{80 + 15.6} \times 100 = 57\%$$

Como podemos apreciar los valores son superiores a 20% por lo que el transformador está protegido para sobretensiones con corrientes de 10 kA.

#### 2.4.2.- TRANSFORMADOR TIPO PEDESTAL

La protección del transformador tipo pedestal se hace con un juego de apartarrayos en la transición, primero veremos el caso de apartarrayos clase - distribución y posteriormente con apartarrayos clase intermedia. Los avances técnicos indican que los transformadores de este tipo se protegerán — con apartarrayos tipo enchufable de ZnO en el transformador.

Datos del transformador:

Tensión	23000 - 220 Y/127 Volts
Clase	25 kV
NBAI	150 kV
Capacidades	45, 75, 112.5, 150, 225, 300 kVA
Distancia entre apartarrayos y-terminal	1 m. (TC = 5.2 kV)

Aplicando las fórmulas:

$$Mp_1 = \frac{1.15 \text{ NBAI} - 2 \text{ TD}}{2 \text{ TD}} \times 100$$

$$Mp_2 = \frac{1.15 \text{ NBAI} - 2 (\text{TR} + \text{TC})}{2 (\text{TR} + \text{TC})} \times 100$$

$$Mp_1 = \frac{1.15 \times 150 - 2 (79)}{2 \times 79} \times 100 = - 9\%$$

$$Mp_2 = \frac{150 - 2 (80 + 5.2)}{2 (80 + 5.2)} \times 100 = - 12\%$$

Los resultados no son aceptables por lo que efectuaremos el cálculo con —  
apartarrayos clase intermedia.

Datos del apartarrayos:

Tipo	Oxido de Zinc
Clase	Intermedia
Tensión	24 kV
Corriente	10 kA
Tensión Residual a 10 kA	62 kV
Marca	Westinghouse Type RMX

Para apartarrayos de óxido de zinc la fórmula del cálculo de margen de pro  
tección es:

$$Mp = \frac{\text{NBAI} - 2 (\text{TR} + \text{TC})}{2 (\text{TR} + \text{TC})} \times 100$$

$$Mp = \frac{150 - 2 (62 + 5.2)}{2 (62 + 5.2)} \times 100$$

$$M_p = \frac{150 - 134.4}{134.4} \times 100 = + 12\%$$

El resultado es favorable ya que es superior al 10% que se recomienda para sistemas subterráneos.

Esta es la razón por la que se están instalando apartarrayos clase intermedia de óxido de zinc en las transiciones de fraccionamientos, unidades habitacionales, industrias, etc.

#### 2.4.3.- TRANSFORMADOR TIPO SUMERGIBLE

Cuando este tipo de transformadores instalados en bóvedas son alimentados de una red subterránea, la protección contra sobretensiones se efectúa desde la subestación y realmente es difícil que existan sobretensiones inducidas o por descargas atmosféricas sin embargo algunas veces la alimentación viene de una transición por lo que el cálculo para el transformador tipo pedestal es utilizable para este tipo de transformador.

#### 2.4.4.- TRANSFORMADOR TIPO SUBESTACION INTERIOR

En este tipo de transformadores es posible colocar apartarrayos en los gabinetes anexos por lo que la protección contra sobretensiones se logra instalando un juego de apartarrayos en la transición y otro juego de apartarrayos junto al transformador. Si una onda de sobretensión penetra al circuito subterráneo como consecuencia de la descarga del apartarrayos en la transición, tendrá poca energía por lo que la descarga del apartarrayos ubicado en el transformador será de poca energía y por esta razón se pueden instalar apartarrayos para 5 kA y la fórmula del margen de protección varía:

$$M_p = \frac{NBAI - V_{max}}{V_{max}} \times 100$$

$$V_{max} = TR + 0.5 TD$$

# PROTECCION DE ESTRUCTURAS CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

## RESUMEN

Las descargas atmosféricas son fenómenos naturales inevitables, causantes de disturbios y pérdidas irreparables, aunado a esto, el incremento de construcciones elevadas, el uso de equipos de comunicación con antenas, equipos de cómputo, depósitos de combustibles, etc., han creado la necesidad de diseñar mejores protecciones.

En este trabajo se intenta dar una guía de protección contra descargas atmosféricas, abarcando desde diseños elementales para casas de campo hasta diseños especiales para edificios elevados.

## INTRODUCCION

Desde hace muchos años, en los inicios de la humanidad, los rayos fueron motivo de temor. En la época del esplendor griego, se creía que el rayo era el arma del Dios Zeus. En este siglo en la década de los 30's, la industria eléctrica empezó a buscar medios de protección con el fin de reducir los efectos dañinos en los sistemas de potencia, y fue a partir de 1960, cuando cobró mayor interés a causa de los accidentes ocurridos en algunas aeronaves.

Las líneas de transmisión y distribución y los equipos eléctricos instalados en ellas no son la excepción y la mayoría de las fallas instantáneas se pueden atribuir a las descargas atmosféricas, siendo además la causa de quemaduras y muertes en personas y animales, incendios en los bosques, daños en equipo de comunicaciones y cómputo, en depósitos de combustible, etc.

La Compañía de Luz y Fuerza del Centro, ha recibido quejas de algunos clientes con servicios en media tensión, (23 kv) que han tenido fallas en sus instalaciones, sugiriendo que ésta ha sido la causante; sin embargo, tras breves análisis, se ha encontrado que el sistema de protección contra descargas atmosféricas de las instalaciones afectadas no es el correcto. Por ejemplo, la falla ocurrida en la Universidad Pedagógica, localizada en la ciudad de México en la Zona Sur. La falla ocurrió en un día de lluvia, escuchándose un estruendo en la subestación del cliente, dañando inclusive las instalaciones telefónicas. Al revisar su sistema de protección contra descargas, se encontró que las puntas y sus conexiones eran adecuadas; sin embargo, la única bajada a tierra había sido cortada. Al caer la descarga, no encontró camino a tierra y brincó de las instalaciones del cliente a las de la Compañía suministradora.

Casos como éste, se han repetido por diferentes razones, frecuentemente.

## NATURALEZA DE LAS DESCARGAS

Las descargas atmosféricas popularmente llamadas rayos, representan un peligro para los seres humanos, materiales y equipos en general, y por tanto han sido motivo de amplios estudios ya que por medio de su conocimiento se pueden diseñar mejores protecciones. La fuente más común de las descargas es la separación de la carga eléctrica entre nubes durante las tormentas, iniciando con un rompimiento dentro de la nube. Para que la descarga se realice se necesita un gradiente de potencial lo suficientemente grande como para romper el dieléctrico, ya sea entre nubes, o de nube a tierra, formado por una carga estática que oscila entre 5 y 10 kv por metro con una trayectoria de 3.5 Km. en promedio.

La descarga de nube a tierra es la de interés para estos casos, ya que afecta directamente a las instalaciones.

Existen cuatro tipos:

- DESCARGA ASCENDENTE POSITIVA
- DESCARGA ASCENDENTE NEGATIVA
- DESCARGA DESCENDENTE POSITIVA
- DESCARGA DESCENDENTE NEGATIVA

La descarga descendente positiva es de gran energía y se le conoce como superrayo y por lo general se dan en invierno; son de poca frecuencia. Las descargas ocurren durante las tormentas de arena, hielo, nieve, en erupciones volcánicas, en explosiones nucleares, con cielo limpio y azul.

Las nubes llegan a alcanzar hasta 12 km. de altura y la tormenta dura de media a una hora en promedio con 2 ó 3 descargas por minuto. Existen diferentes teorías, por ejemplo la del Dr. Simpson que dice que al elevarse el vapor de agua por el efecto de convección y alcanzar cierta altura donde la temperatura varía entre 0° y -20° C, se forman gotas de agua que al aumentar de tamaño se parten por la acción del viento, dando lugar al proceso de electrificación.

El rayo generalmente se compone por varias descargas sucesivas que pueden alcanzar tiempos hasta de medio segundo; sin embargo, el ojo humano no logra distinguir este fenómeno observándolo como si fuera una sola descarga. Al producirse el trueno, el aire se desplaza súbitamente provocando un ruido característico.

En algunos países como en Estados Unidos y Canadá se tienen mapas cerámicos con datos sobre el número de descargas y sus características; sin embargo, en forma práctica podemos esperar cinco descargas por kilómetro cuadrado año.

Algunos de los parámetros más comunes de las descargas atmosféricas y que son utilizados en el diseño de las protecciones se dan en la tabla 1:

TABLA 1

CARGA	De décimas a cientos de Coulombs
CORRIENTE	De 20 a 30 kA promedio y hasta 340 kA
POTENCIAL	De 10 a 15 millones de voltios
ANGULO DE INCIDENCIA	De 45° a 90°

Las estructuras elevadas son las más susceptibles para recibir descargas atmosféricas, incluso pueden recibirlas en los costados cuando superan los 23 metros, debido a esto su protección difiere de las demás.

Los rayos son capaces de originar incendios cuando producen el calor suficiente para generar la ignición de los materiales combustibles o cuando producen un arqueo en lugares de fácil combustión.

### DESCARGAS ARTIFICIALES

Se mencionó con anterioridad que las descargas atmosféricas son fenómenos naturales inevitables, sin embargo, hace muchos años, Benjamín Franklin logró producir una descarga valiéndose de un cometa, por lo que podemos decir que una descarga es artificial si es provocada por el hombre o por algún objeto fabricado por él.

Por medio del radar se detectó que los aviones pueden provocar descargas al introducir un conductor en un campo eléctrico elevado.

Una estructura que tiene 250 m o más tiende a provocar la descarga y a más altura se presentarán mayor número de descargas. Esto quedó demostrado al comparar el número de descargas en dos torres, una de 200 m de altura y otra de 400 m para una misma temporada de lluvias; la primera recibió 2 descargas mientras que la segunda recibió 12 impactos.

En 1963 el vuelo 707 de Boeing a 1,600 m de altura fue impactado por una descarga cerca de ELKTON, MARYLAND causando la muerte de todos sus ocupantes; aparentemente la descarga tocó las alas del avión causando un incendio en el combustible. En 1969 fue lanzado el cohete Apolo 12 en el Centro Espacial Kennedy de Florida. A los 36.5 segundos se provocó una descarga y a los 52 segundos una segunda dañando 9 instrumentos sensores de estado sólido, perdiendo momentáneamente la comunicación, iluminación, etc. En 1987 en Florida, Cabo Cañaveral la nave espacial Atlas Centauro 67 a 4,000 mts. de altura provocó una descarga con sus daños consecuentes. Esto, aunque no es de incumbencia en las estructuras aterrizadas, tiene su importancia debido a la cantidad de recursos económicos que se han destinado al estudio de los fenómenos atmosféricos a partir de estos accidentes.

### PROTECCION CONTRA DESCARGAS ATMOSFERICAS

Se conoce que la protección contra descargas atmosféricas es necesaria para evitar daños materiales o humanos; sin embargo, las descargas directas no son frecuentes en líneas de distribución o en casas habitación en las ciudades, donde hay edificios elevados que brindan un blindaje natural;

de aquí que hay que hacer una evaluación de la necesidad de protección, tomando en consideración los siguientes parámetros:

- Seguridad del personal
- Ocurrencia de las descargas
- Tipo de construcción
- Contenido
- Riesgo económico
- Grado de blindaje
- Tipo de terreno
- Altura de la estructura
- Exigencias de aseguradoras

La protección contra descargas atmosféricas se logra con dispositivos que captan y derivan los rayos a tierra por una o más trayectorias facilitando el paso de la corriente. Lograr una protección al 100% no es posible, lo ha demostrado la experiencia en líneas de alta tensión. La protección consiste básicamente de tres elementos:

- Punta o electrodo
- Conductor desnudo de bajada
- Electrodo de tierra

**Punta o electrodo.** Es el elemento encargado de interceptar la descarga ya que se encuentra muy por encima de los objetos a proteger, esta punta es metálica y puede ser hueca o sólida.

Es el único sistema generalmente aceptado por la comunidad científica y los comités de protección contra el rayo, aunque existen otros diseños de electrodos como son: los radiactivos, los activos, etc.

La zona protegida por la punta es en forma de cono, con ligeros arcos de circunferencia de concavidad hacia arriba,

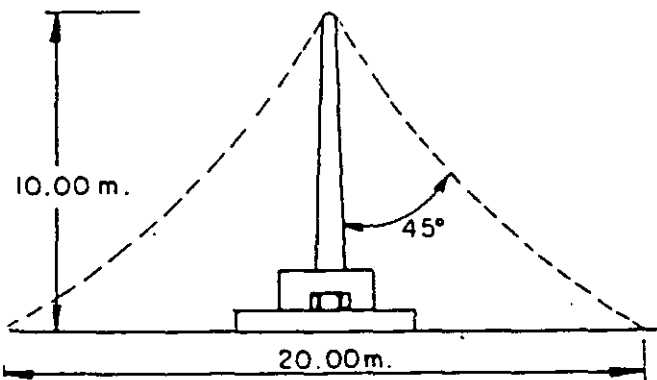


Figura 1 - ZONA DE PROTECCION DE LOS ELECTRODOS

el ángulo de apantallamiento se considera de 45° por la NFPA (National Fire Protection Association) y en el código británico es de 45° para estructuras ordinarias y 30° para casos especiales.

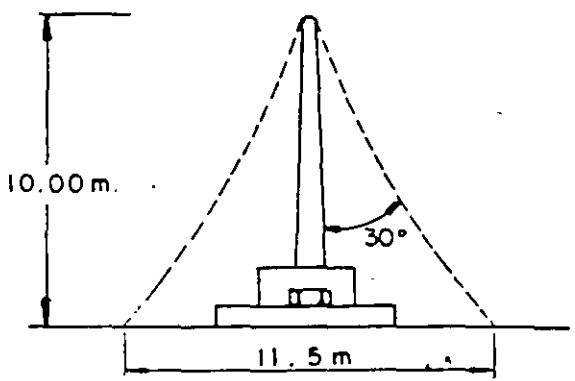


Figura 1A - ZONA DE PROTECCION DE LOS ELECTRODOS

La altura de la terminal aérea no debe ser menor a 25 cm. y con intervalos máximos de 6 m. como se muestra en la figura 2.

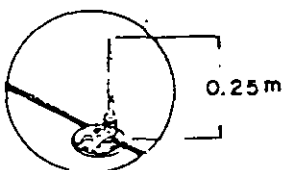
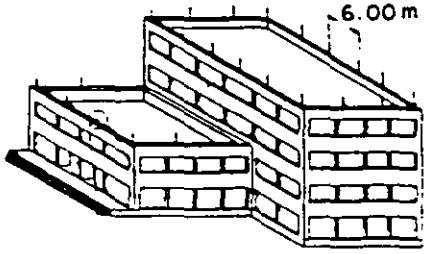


Figura 2 - FORMA DE PROTEGER UN EDIFICIO

La protección se puede colocar de manera que armonice con el perfil y aspecto del edificio.

**Conductor de bajada.** Es el encargado de conducir la corriente de la descarga a tierra por lo que debe tener un calibre específico, que se verá en detalle para cada caso en particular. La trayectoria a tierra, es decir, los conductores de bajada, por lo menos debe ser dos.



La conexión de la bajada debe ser buena en ambos extremos, en la punta y en el electrodo de tierra, ya que se dan casos en que esta conexión se corroe, se corta ó rompe, etc.

La localización de las bajadas depende de la ubicación de las terminales aéreas, el tamaño de la estructura protegida, la ruta más directa, la seguridad contra daño o desplazamiento, la localización de cuerpos metálicos, tuberías de agua, el electrodo de tierra y las condiciones del terreno.

La distancia promedio entre bajadas no debe exceder de 30 m. y no deben presentar dobleces con ángulos de 90° o menos, esto se ilustra en la fig. 3.

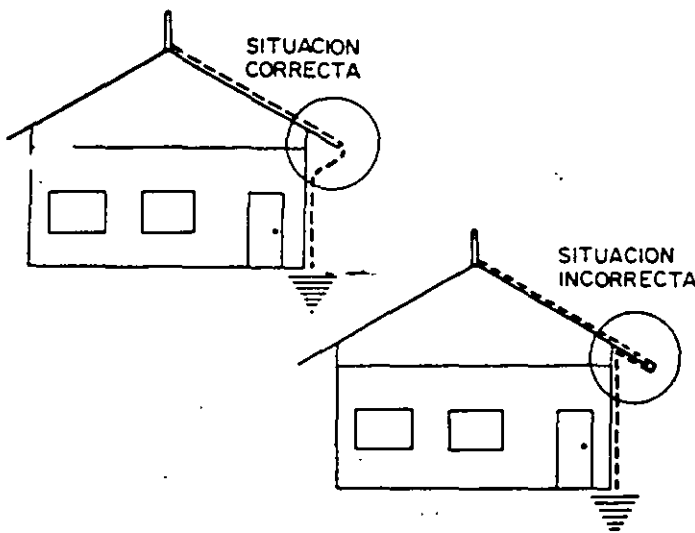


Figura 3 - FORMA DE DAR DOBLES AL CONDUCTOR DE BAJADA

**Electrodo de tierra.** Este elemento es tan importante como los anteriores y desgraciadamente no se le da la atención que requiere ya que va enterrado y por tanto, oculto y difícil de revisar, y si a esto le agregamos que en algunos casos existen terrenos de resistividad elevada, el problema se agrava aún más.

El Código Nacional Eléctrico (N.E.C.) recomienda una resistencia a tierra máxima de 25 ohms y el Código Británico 10 ohms como máximo.

Para una resistencia de tierra de 10 ohms, se requieren claros de cerca de 3.3 m. entre el conductor del pararrayos y cualquier tubería de agua u otro servicio. El reglamento N.E.C., no es tan estricto en este aspecto y solo pide 1.83 m.

lograr los valores de resistencia a tierra adecuados en terrenos de alta resistividad, se puede recurrir

a varios métodos de aterrizaje como son:

- Electrodo profundos
- Electrodo múltiples
- Electrodo horizontales
- Electrodo químicos

### PROTECCION DE ESTRUCTURAS ORDINARIAS

Las estructuras ordinarias son aquellas que se pueden proteger en forma sencilla como: edificios dedicados a vivienda, casas de campo, comercios, industrias, granjas, residencias, etc. y que no tienen una altura mayor a 23 m.

La protección se logra con un blindaje compuesto por puntas separadas cada 6 m. con una altura de 25 cm. y con dos bajadas a tierra como mínimo.

TERMINAL AEREA	COBRE	Ømm	ALUMINIO	Ømm
SOLIDA	X	9.5	X	12.7
TUBULAR (espesor)	X	15.9 0.8	X	15.9 1.6

CONDUCTOR	COBRE	CALIBRE	ALUMINIO	CALIBRE
PRINCIPAL	X	17 AWG	X	14 AWG
CONEXIONES	X	16 AWG	X	14 AWG

### PROTECCION DE ESTRUCTURAS ESPECIALES

Una estructura especial es aquella que requiere de mayores cuidados para su protección, debido a su contenido, uso, altura, etc. tales como: museos, edificios históricos, transmisoras de radio o T.V., antenas de radar, instalaciones de telecomunicaciones, industrias de pintura, papel, textiles, huleras, químicas, refinerías, hospitales, depósitos de combustibles, polvorines, edificios elevados o que en su interior contengan equipos sensibles, etc.

Los edificios que tienen más de 23 metros de altura tienen el riesgo de recibir descargas en sus costados, y los de 250 m. o más propician las descargas.

Los materiales usados en la protección deben cumplir con los siguientes requisitos:

TERMINAL AEREA	COBRE	Ømm	ALUMINIO	Ømm
SOLIDA	X	12.7	X	15.9

CONDUCTOR	COBRE	CALIBRE	ALUMINIO	CALIBRE
PRINCIPAL	X	15 AWG	X	13 AWG
CONDENES	X	17 AWG	X	14 AWG

### PROTECCION DE TORRES DE TELECOMUNICACION

Las torres de telecomunicación son estructuras elevadas por lo que están expuestas con mayor frecuencia a descargas atmosféricas, su protección se logra considerando a la torre como un electrodo en sí, ya que estas se construyen con metal. Las siguientes recomendaciones son necesarias para minimizar los daños.

- Tener baja resistencia en las uniones de las secciones de las torres.
- Los cables deben ir por el centro de la torre ya que la corriente del rayo fluye por la parte externa.
- Cualquier equipo en la base de la torre se debe aterrizar al mismo sistema de la torre.
- La resistencia a tierra de sus electrodos debe ser menor a 10 ohms.

### PROTECCION DE GRANDES EDIFICIOS

La protección de estos edificios se logra en forma convencional con una punta colocada en la parte superior y amarrada a la armadura o estructura del edificio, en el momento de la descarga todos los metales se encuentran al mismo potencial evitando gradientes peligrosos. Se deben de conectar a tierra todos los metales tales como tuberías, pantallas de los cables, ductos de ventilación, tierras y carcazas de subestaciones internas, etc.

Cada bajada conductora debe aterrizar en su base alejada de la construcción y si es posible a mayor profundidad de la cimentación, las zapatas de las columnas suelen ser tierras efectivas.

Debe existir buena continuidad en el armado o en la unión de las viguetas de acero, desde su base hasta la punta. Una de cada dos columnas deben conectarse a tierra y al distancia máxima entre tierras no debe exceder de 18 m.

El valor recomendado de resistencia a tierra para una buena protección es de 10 ohms y si existen equipos que no se pueden o quieren aterrizar, deben tener una

separación a las bajadas de tierra de por lo menos 1.83 m. según la NFPA 78.

Para alturas mayores de 250 m. el número de descargas se incrementa significativamente como se mencionó anteriormente.

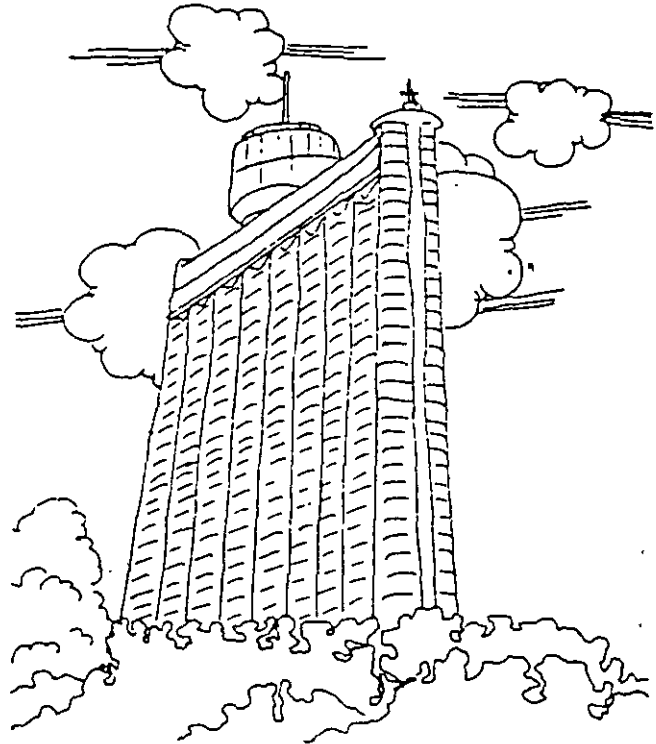


Figura 4 - EDIFICIO ELEVADO

### PROTECCION DE DEPOSITOS DE COMBUSTIBLE

La protección adecuada de este tipo de estructuras se puede lograr por dos caminos diferentes: blindando las estructuras para interceptar las descargas y darles un camino a tierra alejado del combustible ó utilizando los propios depósitos metálicos como camino a tierra, ya que se comportan como una jaula de Faraday.

En ambos casos es necesario seguir algunas recomendaciones. A pesar de esto se han presentado accidentes en diferentes partes del mundo y en la mayoría de los casos la causa fué el arqueo en los medidores de temperatura, por lo que hay que poner atención especial en los conductores de control que entran o salen de los depósitos.

Para blindar los depósitos existen dos criterios: el de la NFPA que exige 45° y el Británico que es más exigente con 30°. Otra alternativa es con una separación de 3 m. entre los conductores que forman el blindaje y los

depósitos, como se muestra en la figura 5:

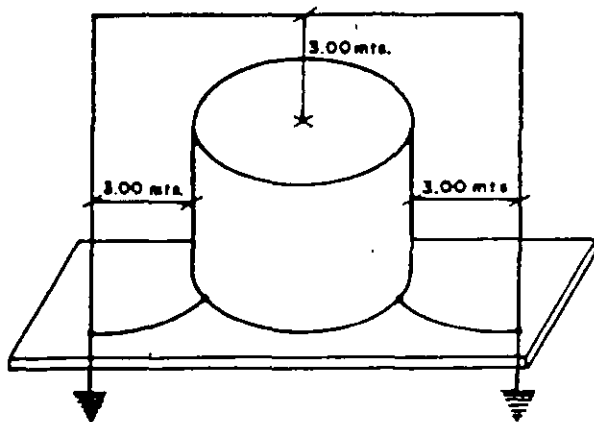


Figura 5 - DEPOSITO DE COMBUSTIBLE CON BLINDAJE

Si no se utiliza el blindaje y se usa el depósito como conductor, debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Espesor máximo de acero de 4.7 mm.
- Las juntas y conexiones de entrada deben tener continuidad eléctrica.
- No debe haber fugas de ningún tipo.
- Debe estar bien aterrizado.

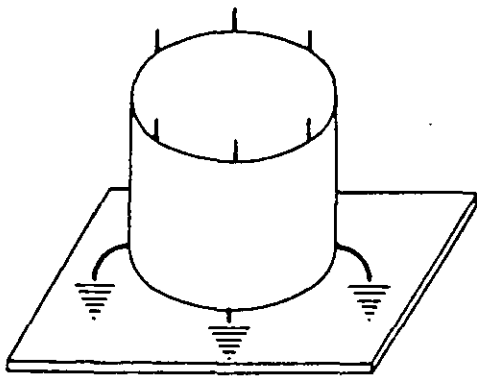


Figura 6 - DEPOSITO DE COMBUSTIBLE QUE UTILIZA EL TANQUE COMO CONDUCTOR

### PROTECCION DE ARBOLES

Los árboles son la causa de un gran número de muertes, esto se debe principalmente a las personas que se tratan de proteger de la lluvia. El árbol, al tener mayor altura atrae las descargas, se forma un arco entre las ramas y

pasando la corriente por el cuerpo humano. Es recomendable proteger los árboles cuando estos están por encima de las estructuras que se quieren proteger.

La forma correcta en que se deben proteger se muestra en la figura 7:

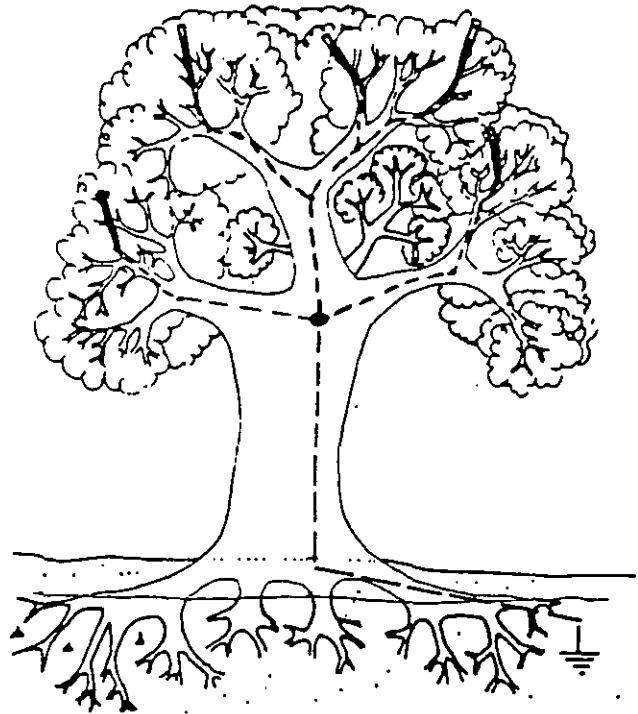


Figura 7 - PROTECCION DE ARBOLES

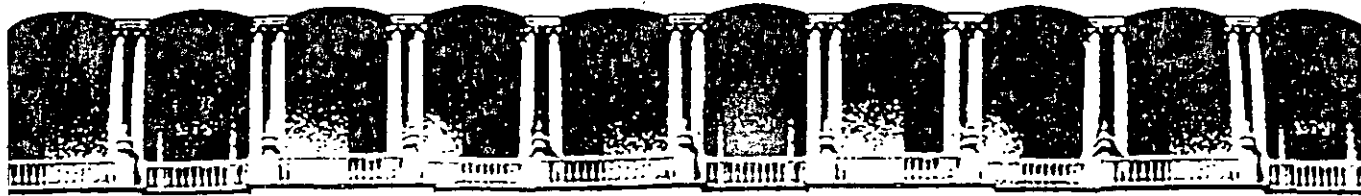
### RECOMENDACIONES

Una protección total es difícil de obtener en la mayoría de los casos; sin embargo, si se siguen las recomendaciones dadas por los reglamentos establecidos, se puede tener la seguridad de que las fallas por efectos de descargas serán mínimas y la protección se puede resumir a tres conceptos básicos:

- Un objeto conductor debe atraer la descarga intencionalmente.
- Se debe establecer una trayectoria con baja impedancia para facilitar el camino de la descarga.
- Se debe garantizar siempre una resistencia de tierra baja.

## REFERENCIAS

- 1.- DARVENIZA MAT.  
"LIGHTNING AND OVERVOLTAGE PROTECTION"  
ELECTRICAL ENGINEER  
MARCH 1989
- 2.- DARVENIZA MAT.  
"LIGHTNING AND OVERVOLTAGE PROTECTION"  
ELECTRICAL ENGINEER  
MAY 1989
3. LIQUIFIED NATURAL GAS  
NFPA 59 A  
1985 EDITION
- 4.- LIQUIFIED PETROLEUM GASES  
AT UTILITY GAS PLANTS  
NFPA 59  
1989 EDITION
- 5.- LIGHTNING PROTECTION CODE  
NFPA 78  
1986 EDITION
- 6.- N E C (National Electrical Code)  
1987 EDITION
- 7 - PETER HASSE  
PROTECCION DE LAS INSTALACIONES DE B.T.  
CON APARATOS ELECTRONICOS FRENTE A SO  
BRENSIONES.
- 8.- MARTIN A.  
NATURAL AND ARTIFICIALLY INITIATED LIGHT  
NING AND LIGHTNING TEST STANDARDS.
- 9.- BALDOMERO GONZALEZ SANCHEZ  
TECNICAS DE PROTECCION CONTRA EL RIESGO  
ELECTRICO EN INSTALACIONES DE BAJA TEN  
SION.
- 10.- A. M. G. MINTO B.  
LIGHTNING PROTECTION OF BUILDINGS  
ISSUE 16 - 1983
- 11.- RODNEY B. BENT  
SURGE AND TRANSIENT PROTECTION AND  
LIGHTNING WARNING SYSTEMS.  
PARTS I, II, III.
- 12.- GUILLERMO LOPEZ MONROY  
APLICACIONES PRACTICAS EN REDES DE  
DISTRIBUCION  
I RVP-88-CAP. V CURSO TUTORIAL  
"SISTEMAS DE CONEXION A TIERRA EN  
SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA".



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*CURSOS ABIERTOS*

*DIPLOMADO EN INSTALACIONES  
ELECTRICAS*

*MODULO I  
CA 133*

*SISTEMAS DE DISTRIBUCION  
ELECTRICA*

*TEMA*

*OBRAS CIVILES DE DISTRIBUCION*

**EXPOSITOR: ING. ARQ. ALBERTO MONDRAGON CASTILLO  
PALACIO DE MINERIA  
SEPTIEMBRE DEL 2002**

# **SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

## **OBRAS CIVILES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEA EN EL SECTOR ELÉCTRICO**

### **INTRODUCCIÓN**

- I.- **NORMATIVIDAD (Norma Oficial Mexicana)**
  
- II.- **ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE OBRAS CIVILES EN  
LyFC**
  
- III.- **PROCEDIMIENTO PARA EL TRAMITE Y EJECUCIÓN DE  
LA OBRA CIVIL**
  
- IV.- **OPTIMIZACIÓN DE AREAS Y PROPUESTA CON  
ELEMENTOS PREFABRICADOS**

ING. ARQ. ALBERTO MONDRAGÓN CASTILLO

# **SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA**

## ***OBRAS CIVILES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRANEA EN EL SECTOR ELÉCTRICO.***

### ***INTRODUCCIÓN***

Dentro del sector eléctrico se requiere de un buen funcionamiento para el suministro de energía, y para ello periódicamente se actualizan las normas que rigen las instalaciones de los cables subterráneos de distribución cuyo equipo y cableado son alojados en los diferentes elementos constructivos usados en la obra civil para dicho fin, procurando su optimización así como de abaratar costos asociados en beneficio de los usuarios.

En México se experimenta un constante crecimiento en la distribución de energía, paralelo al avance tecnológico y su optimización económica, buscando alternativas para mejorar la calidad del suministro del fluido eléctrico en lo que concierne a cables subterráneos de distribución; para ello se requiere actualizar periódicamente los materiales, equipos y la adecuación de las normas en LyFC para resolver la problemática actual buscando elementos acordes con necesidades actuales.

Estudiando los nuevos avances tecnológicos y lineamientos que han surgido recientemente aunado a experiencias de empresas involucradas en este tipo de instalaciones subterráneas; se han obtenido mejores soluciones en los elementos constructivos reduciendo área, costo y tiempo en la realización de estas obras.

Los elementos prefabricados constituyen una alternativa para complementar o sustituir la tradicional estructura de concreto y/o acero, cuya infraestructura tiene la capacidad de moldear y adecuarse al entorno de acuerdo a las necesidades del hombre, siendo un elemento pre-elaborado y/o pre-moldeado construido en serie con tecnología de punta, y fabricado de acuerdo a formas y dimensiones normalizadas, logrando optimizar tiempo y costo, así como una mano de obra especializada.

### ***I. NORMATIVIDAD***

#### **REQUERIMIENTOS SEGÚN NORMA (NOM-001 SEMP-94)**

##### **ARTICULO 2302 OBRAS CIVILES PARA INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS**

2302-1 DEFINICION: "Obra civil para instalaciones subterráneas", es la combinación de ductos, banco de ductos, registros, pozos, bóveda y cimentaciones de SE's que lo forman.

2302-2 TRAYECTORIA:

a) Disposiciones Generales:

1.- Las instalaciones subterráneas deben hacerse en ductos, a excepción de cables submarinos.

2.- En la obra civil para la instalación de ductos de seguir en lo posible, una trayectoria recta; y cuando sea necesaria, una deflexión. Esta debe ser lo suficientemente grande para evitar el daño de los cables durante su instalación.

*Recomendación:* El cambio máximo de dirección en un tramo recto de un banco de ductos, no debe ser mayor a cinco grados.

4.- Se recomienda en cada entidad la formación de un comité que reglamente la ubicación de las instalaciones subterráneas en vía pública, atendiendo lo indicado por estas normas.

2302-3 PROFUNDIDAD: La siguiente tabla, indica la profundidad mínima a la que deben instalarse los ductos, o banco de ductos, los cuales serán diseñados de acuerdo a la carga exterior a que estén sometidos, la cual se considera respecto a la parte superior de los ductos o su recubrimiento.

<i>LOCALIZACIÓN</i>	<i>PROFUNDIDAD MÍNIMA (m.).</i>
EN LUGARES NO TRANSITADOS POR VEHÍCULOS.	0.3
EN LUGARES TRANSITADOS POR VEHÍCULOS.	0.5
BAJO CARRETERAS	1.0

*NOTA:* Cuando se instalen cables para diferentes tensiones en una misma trinchera, los cables de mayor tensión deberán estar a mayor profundidad.

2302-4 SEPARACIÓN DE OTRAS INSTALACIONES SUBTERRÁNEAS

b) La separación mínima entre ductos, o banco de ductos, y entre ellos u otras estructuras se indica en la tabla sig.

#### *SEPARACIÓN ENTRE DUCTOS*

<i>MEDIO SEPARADOR</i>	<i>SEPARACIÓN MÍNIMA (m)</i>
TIERRA COMPACTADA	0.3
TABIQUE	1.0
CONCRETO	0.05

3202-5 EXCAVACIÓN Y MATERIAL DE RELLENO

a) Trincheras. El fondo de las trincheras debe estar limpio, relativamente plano y compactado al 90 % para banquetas y al 95 % para calles. Cuando la excavación se haga en terreno rocoso, el ducto o banco de ductos debe colocarse sobre una capa protectora de material de relleno limpio y compactado.

b) Material de relleno: El relleno debe estar libre de materiales que puedan dañar a los ductos o banco de ductos y compactado al 90 %.

2302-6 DUCTOS

a) General

a.1) El material de los ductos debe ser resistente a esfuerzos mecánicos a la humedad y al ataque de agentes químicos del medio donde quede instalado.

a.2) El material y la construcción de los ductos debe seleccionarse y diseñarse en tal forma que la falla de un cable en un ducto, no se extienda a los cables de ductos adyacentes.

a.5) La sección transversal de los ductos debe ser tal que de acuerdo con su longitud y curvatura, permita instalar los cables sin causarles daño.



El área de la sección transversal de los cables no debe ser mayor a 55% del área de la sección transversal del ducto.

b) Instalación.

b.1) En media tensión debe usarse un ducto por cable y en baja tensión un ducto por circuito.

b.2) Los ductos incluyendo sus extremos y curvas, deben quedar fijos por el material de relleno envolvente de concreto, anclas u otros medios, en tal forma que se mantengan en su posición original, bajo los esfuerzos impuestos durante la instalación de los cables u otras condiciones.

b.8) El extremo de los ductos dentro de los registros, pozos, bóvedas u otros recintos, deben tener los bordes redondeados y listos para evitar daño a los cables (emboquillados).

b.9) Se recomienda que los ductos se instalen con una pendiente de 0.5% como mínimo para facilitar el drenado.

#### 2302-10 REGISTROS POZOS DE VISITA Y BÓVEDA

a) Localización. La localización de los registros, pozos y bóvedas debe ser tal que su acceso desde el exterior, quede libre y sin interferir con otras instalaciones.

b) Desagüe.- En los registros, pozos y bóvedas, cuando sea necesario se debe instalar un medio adecuado de desagüe. No debe existir comunicación con el sistema de drenaje.

2302-11 RESISTENCIA MECÁNICA: Los registros, pozos y bóvedas deben estar diseñadas y construidas para soportar todas las cargas estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre su estructura.

d) Cuando en los registros, pozos y bóvedas se coloquen anclas para el jalado de los cables, éstas deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar las cargas con un factor de seguridad mínimo de 2.

2302-12 DIMENSIONES: Las paredes interiores de los registros deben dejar un espacio libre cuando menos igual al que deja su tapa de acceso y su altura debe ser tal que permita trabajar desde el exterior o parcialmente introducida en ellos.

En los pozos y bóvedas, además del espacio ocupado por cables y equipos, debe dejarse espacio libre suficiente para trabajar. La dimensión horizontal debe ser cuando menos 1m. La vertical de 1.8m.

#### 2302-13 ACCESO A POZOS Y BÓVEDAS

a) El acceso a los pozos debe tener un espacio libre mínimo de 56 x 65 cm. (rectangular), o de 84 cm de diámetro si es circular.

#### 2302-14 TAPAS

Las tapas de los registros, pozos y bóvedas deben ser de peso y diseño adecuados para que asienten y cubran los accesos, así como para evitar que puedan ser fácilmente removidas sin herramientas.

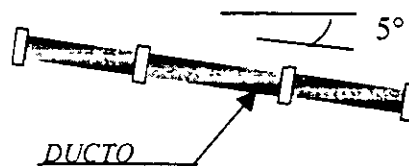
Cuando las tapas de bóvedas y pozos para acceso personal sean ligeras, deben estar provistas de aditamentos para la colocación de candados.

Las tapas deben ser antiderrapantes y tener una identificación visible desde el exterior que indique el tipo de instalación o la empresa a la que pertenecen.

## II. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE OBRAS CIVILES

La obra civil para instalación subterránea esta conformada por los elementos constructivos que se mencionaron a continuación y estos a su vez contendrán las instalaciones eléctricas requeridas, registros, pozos, bóvedas, cimentación y/o cuartos para subestaciones que lo conforman, estos contienen las instalaciones eléctricas, que deberán ser proyectadas atendiendo los requerimientos y flujos de información, así como consulta con los diferentes departamentos de la empresa suministradora LyFC involucrados como proyectos líneas aéreas, cables subterráneos, obras civiles, conexiones medidores etc., contemplando conceptos y necesidades de las normas que intervienen. Se elabora el proyecto eléctrico de acuerdo a las situaciones encontradas en el terreno y se coordina con los diferentes departamentos tomando en cuenta la localización, urbanización, vías de acceso, uso de banqueta, áreas para SE's y tipo de suelo de acuerdo a los sig. Elementos constructivos con que se cuenta:

### DUCTO:



El ducto de PVC tiene poca posibilidad de curvatura o deflexión (máx. 5° de deflexión).

La colocación de los ductos en el banco de 4 vías en BT y MT irán en una sola cama horizontal con separadores de madera con su debido anclaje.

Los ductos en BT son de 2 y 4 vías, y en MT de 4,8,12 y 16 vías (el número de vías a utilizar dependerá del número de circuitos que requiere de acuerdo al proyecto eléctrico).

PVC	DIÁMETRO INTERIOR	DIÁMETRO EXTERIOR	PARED	SEPARACIÓN ENTRE DUCTOS	$\rho_c$
M.T.	78.2 mm	80 mm	1.8mm	50 mm	150kg/m <sup>2</sup>
B.T.	78.2 mm	80 mm	1.8mm	50 mm	150 kg/m <sup>2</sup>

El ducto PVC que se utiliza es de 80mm para M.T y B.T.

c) REGISTROS: Existe el de acometida en BT. de 0.60x0.40x0.60 y el registro para empalme, estos resultan de la unión de los cables, la localización de los registros por deflexión, o por la trayectoria en la línea (cambios de rumbo) y los registros de paso se localizan para maniobras en instalaciones y pendientes del terreno, por lo que en baja tensión se consideran 2 tipos de registro, el de paso o deflexión en banqueta de 0.60x0.60x0.60m. y en registro en cruce de arroyo de 0.90x0.90x0.95m. éstas dimensiones son interiores, y resultan de la configuración de los bancos de ductos así como el radio de curvatura del cable. En M.T. se tiene un registro único de 1.25x1.25x1.40m. para todos los casos. (Exclusivamente para cambios de dirección).

## CARACTERÍSTICAS DE REGISTROS LyFC

DIMENSIONES LxLxh	TENSIÓN	PISO	MUROS 0.14m.	TAPA	F'c	VS. EN BANQ.	VS. EN ARROYO
0.60x0.40x0.60	Acomet. B. T	Concr	Tabique	Concr/arm	250Kg/cm <sup>2</sup>	Malla 6 x 6	-
0.60x0.60x0.60	B T.	Concr	Tabique	Concr/arm.	250Kg/cm <sup>2</sup>	Malla 6 x 6	-
0.90x0.90x0.95	B T	Concr.	Concr	Fierro ø0.84m	250Kg/cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"
1.25x1.25x1.40	M. T.	Concr/arm	Concr/arm.	Fierro ø0.84m	250Kg/cm <sup>2</sup>	3/8"	1/2"

- Ver fig. 1 y 2 (anexos)

Las boquillas a emplear en los registros B.T. y M.T., van en función del número de circuitos del proyecto eléctrico.

d) Los POZOS: Su localización resulta de la intersección de los bancos de ductos ya sea para cambio de dirección de estos o por el cambio de calibre o empalme de los cables en M.T. éstos van sobre ménsulas soportadas por las correderas que a su vez son fijadas al muro para su revisión periódica o para simplificar las maniobras en caso de reemplazo o para facilitar su movimiento por cambio de temperatura, las boquillas se adecuan a la de los bancos de ductos.

Se manejan 3 tipos de pozos en las normas LyFC el 2.240C (paso de cables) y el 2.480C (derivación en T o en X.) Éstas llevan una tapa circular de fierro y el pozo 3.280C es exclusivo para equipos en 23kv. (interruptores, buses o cajas de derivación).

## CARACTERÍSTICAS DE POZOS LyFC

NOMBRE NORMA	DIMENSIONES L x L x H	TENSION	PISOS/CUB. MUROS	TAPA	F'c	CUBIERTA	
						BANQUETA	ARROYO
2.280C	2.80x1.50x1.80	M T	Conc/arm	F-84ø0.84m	200kg/cm	3/8"	1/2"
2.280C	2.80x1.50x1.80	M T	Conc/arm	F-84ø0.84m	200kg/cm	3/8"	1/2"
2.280C	2.80x1.50x1.80	M T.	Conc/arm.	F-84ø0.84m	200kg/cm	3/8"	1/2"

- Ver fig. 3 (anexos)

Cada pozo lleva su respectiva varilla de tierra ahogada en concreto y ésta se localiza en el piso.

e) CIMENTACIÓN: para transformadores DRS. la localización y orientación es en base al proyecto eléctrico y área cedida por el interesado y libre de obstáculos y paso de vehículos debe estar protegido con un enrejado o elemento limitante. Se coloca sobre su plataforma un transformador trifásico de 75 a 225.5kv. según el caso y con un peso máximo de 2300kg. y anexo a este un registro subterráneo comunicado por una ventana de paso para cables y con el número de boquillas requeridas.

## CARACTERÍSTICAS DE CIMENTACIÓN DRS (TIPO PEDESTAL) LyFC

	DIMENSIONES L x L x H	TENSION	PISOS/CUB MUROS	TAPA FIERRO	f <sub>c</sub>	MUROS MALLA	∅'s	RESISTENCIA
PLATAF	1.60 x 1.70 x 0.10	M.T. CON SALIDAS PARA B.T	CONC ARM		200 kg/cm <sup>2</sup>		3/8"	3 Ton.m <sup>2</sup>
RÉG	1.45 x 1.25 x 1.25		CONC ARM	F-94-∅0.84	0.15m	66-68		3 Ton.m <sup>2</sup>
TOTAL CIM	1.70 x 3.35		CONC ARM		200 kg/cm <sup>2</sup>	@ 0.15	3/8"	3 Ton.m <sup>2</sup>

• Ver fig. 4 (anexos)

f) BOVEDAS Y SUBESTACIONES: Deben de contar con los espacios requeridos para el alojamiento de los diferentes tipos de transformadores y equipo en las subestaciones, se clasifican de acuerdo a su ubicación y características en 3 tipos:

Bóveda: 480 x 220 (según Norma LyFC 4.0202)

Bóveda: 310 x 200 (según Norma LyFC 4.0306)

Cuarto para S.E.'s: de dimensiones variables (Normas en LyFC en elaboración)

Cimentación para TR's: DRS tipo pedestal 3.35 x 1.70m. (según plano LyFC dist. N-459)

NOTA: DRS: Distribución Residencial Subterránea

DCS: Distribución Comercial Subterránea

### CARACTERÍSTICAS, TIPO DE OBRA CIVIL PARA LAS BÓVEDAS

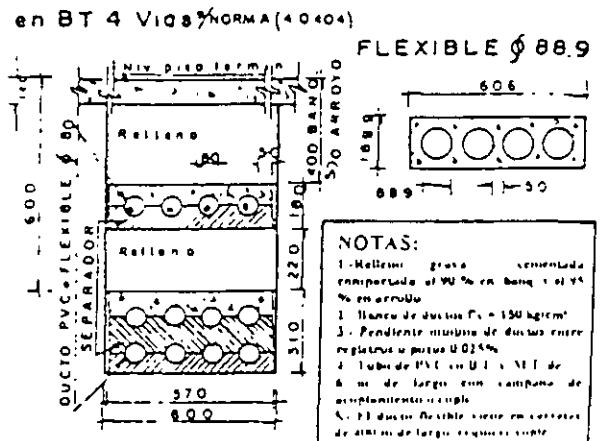
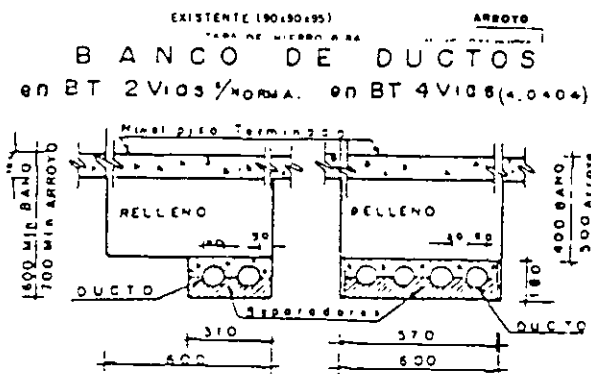
NOMBRE Y TIPO	ANCHO MUROS	f <sub>y</sub> kg/cm <sup>2</sup>	f <sub>c</sub> kg/cm <sup>2</sup>	CALIBRE VARILLAS	TAPAS DIMENS	MATERIAL	ESCALA HIERRO EST.
BOVEDA 310 x 200	15	4.200	200	3/8" - 1/2"	210 x 185	FIERRO ENREJADO	SEGUN PLANO DIST.480 y 481
BOVEDA 480 x 220	30	4.200	200	3/8" - 1/2"	260 x 130 100 x 80	INVIING	SEGUN PLANO 081-18925

• Ver fig. 5 y 6 (anexos)

### CUARTOS PARA SUBESTACIÓN

**Definición:** Es un local ubicado dentro de una edificación con dimensiones adecuadas para soportar y albergar en su interior uno o varios TR's y su equipo correspondiente, así como para efectuar maniobras de instalación, operación y mantenimiento.

## ANEXOS



# ANEXOS

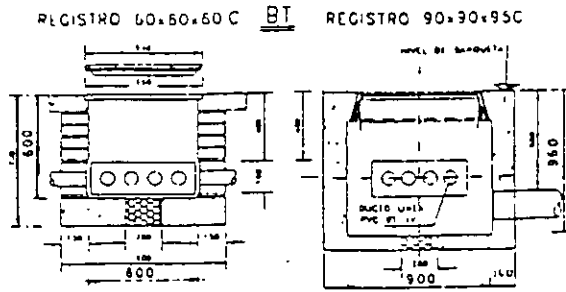


FIGURA 1

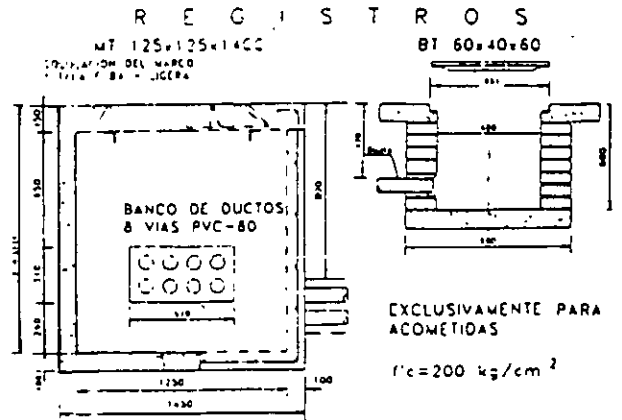


FIGURA 2

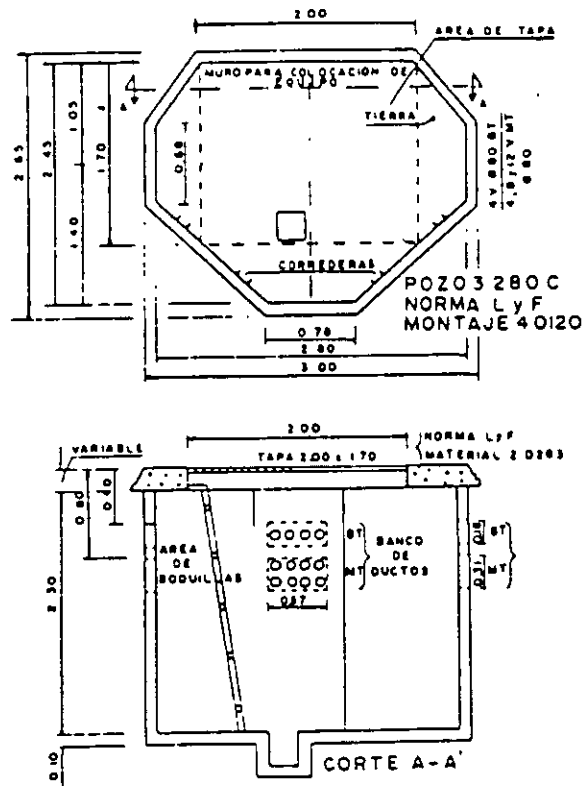
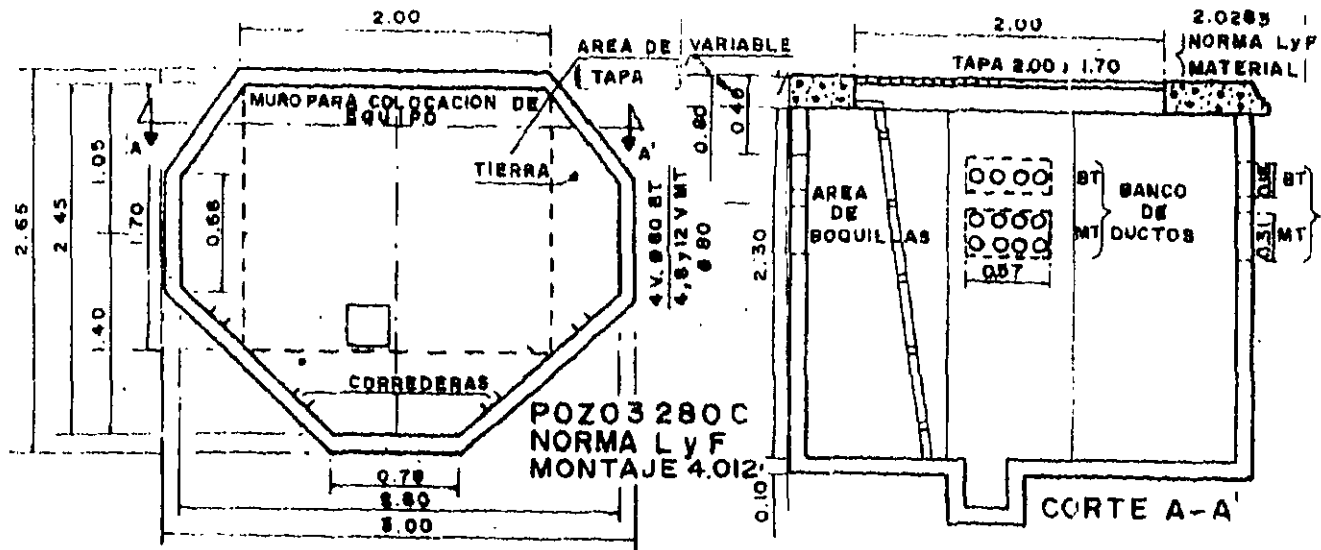


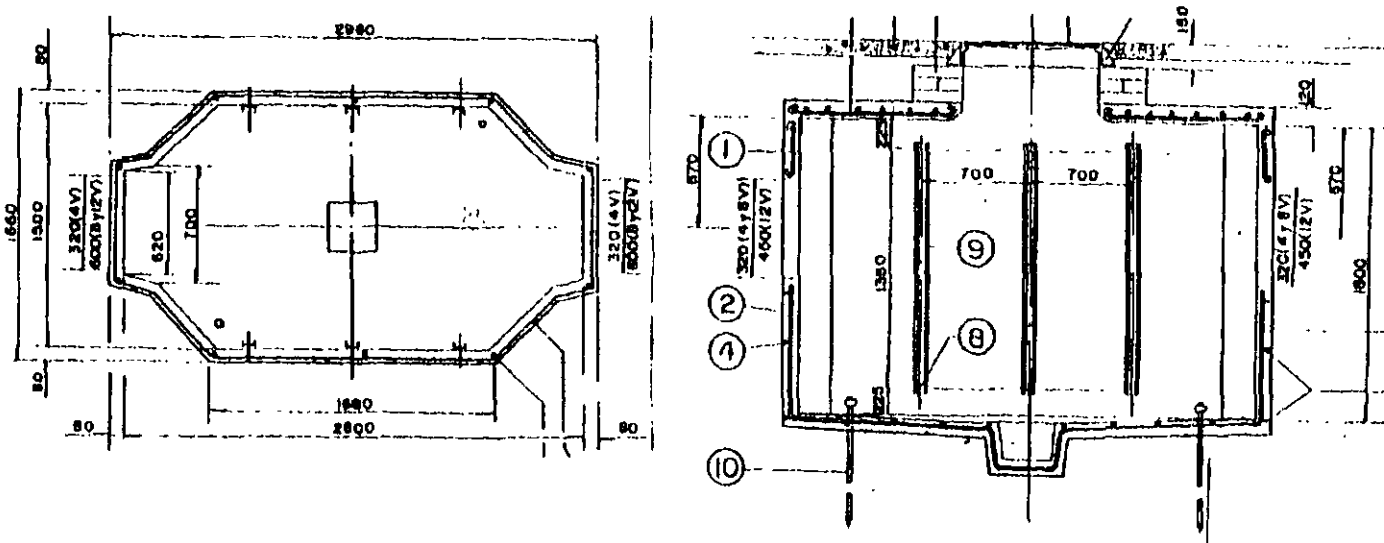
FIGURA 3

# POZO 3.280 C



6

# POZO 2.280 C



# ANEXOS

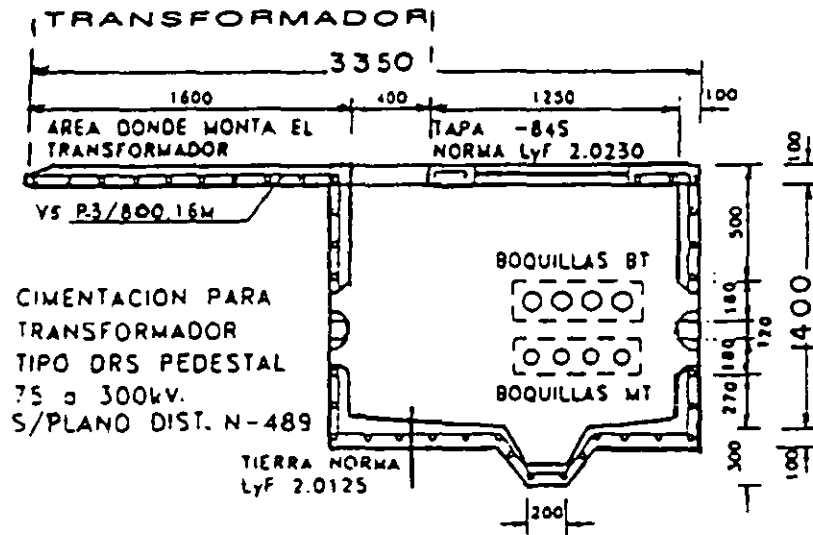


FIGURA 4

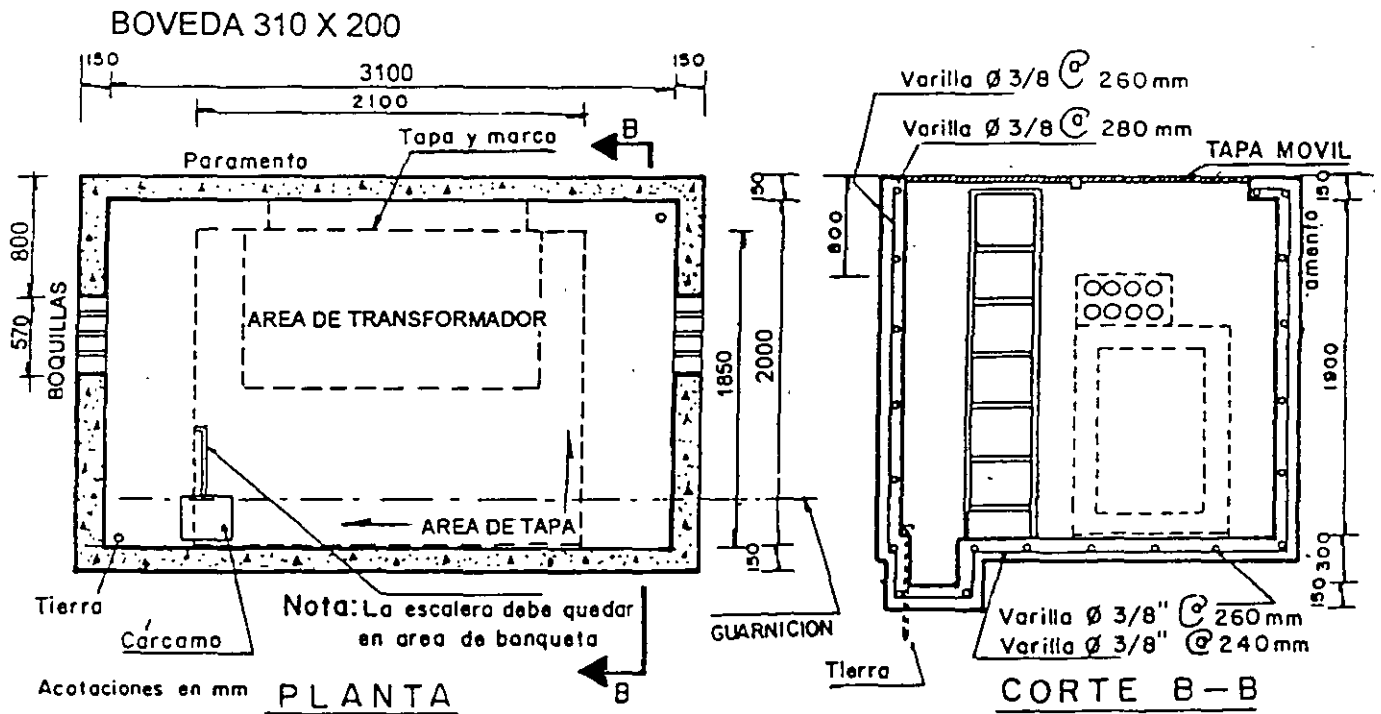
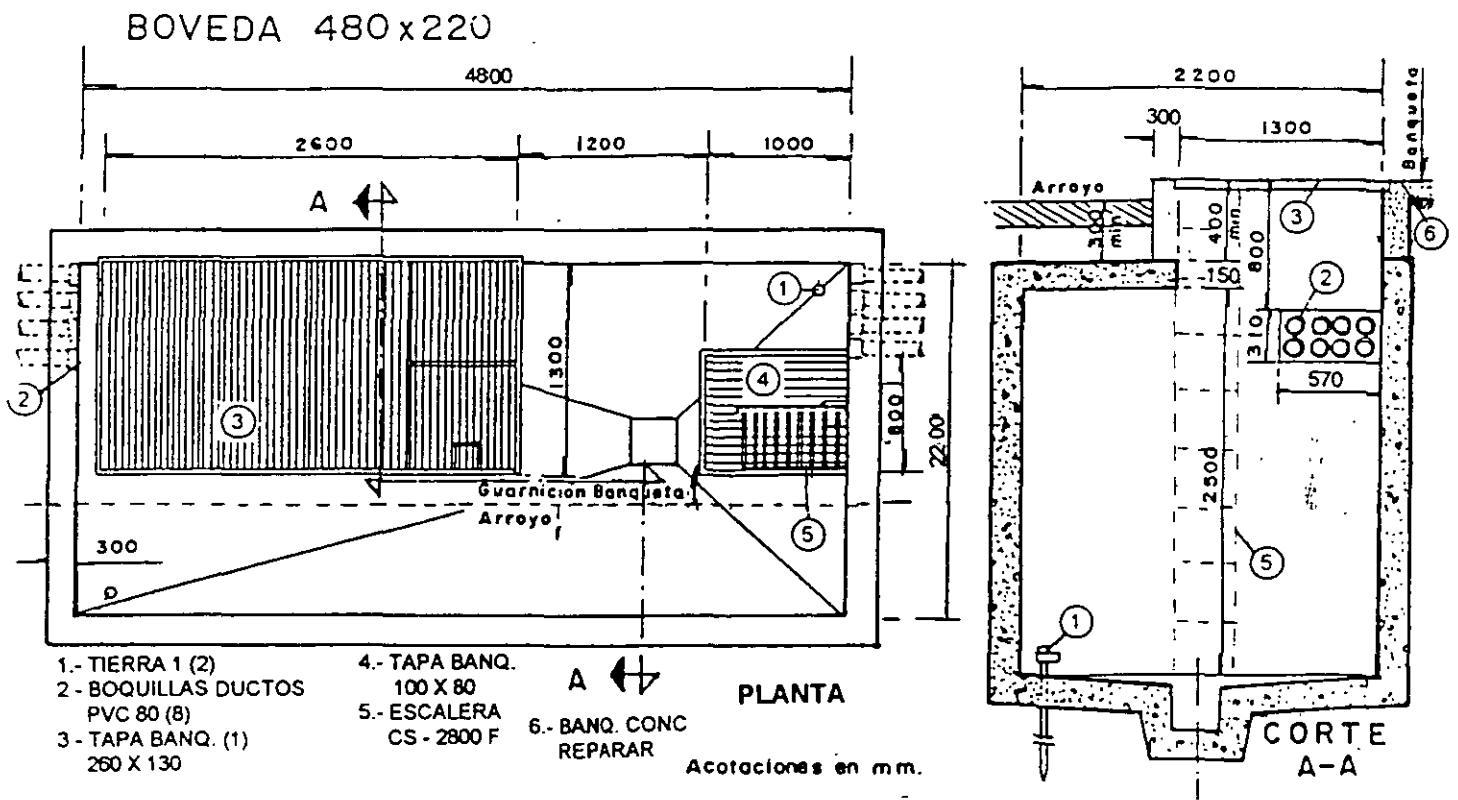


FIGURA 5

# ANEXOS



**FIGURA 6**



## REQUERIMIENTOS:

Para la construcción o adaptación de locales que alojan S.E.'s en el interior de edificios, para la alimentación de servicios en mediana o baja tensión que requieran un local para la instalación del equipo eléctrico propiedad de LyFC o particular. El solicitante deberá de entregar los siguientes requisitos:

- 1.- Planos en planta y elevación (de la edificación), indicando el lugar de la S.E. (1:200).
- 2.- Un detalle (1:200) indicando vías de acceso libres desde el exterior.
- 3.- Planos de localización.
- 4.- Tipo de servicio.

Entregarse a LyFC antes de iniciar o modificar la construcción del edificio, con objeto de seleccionar el lugar más conveniente para el local de acuerdo a las necesidades así como tipo de demanda solicitada.

### a) UBICACIÓN:

El local que alojará al equipo deberá estar situado en el primer sótano del edificio o en la planta baja, colindante a uno de los muros con el paramento contiguo a la calle y con acceso libre desde el exterior asta la puerta del local.

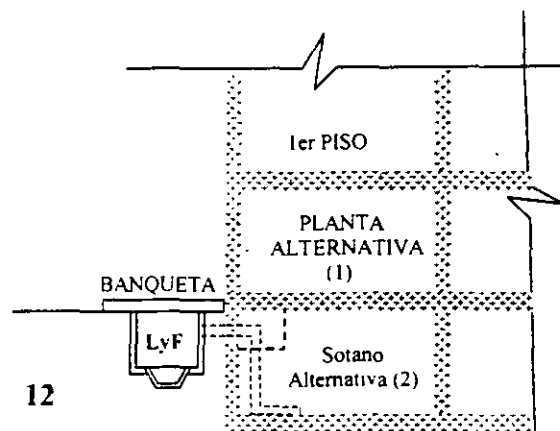
Dimensiones mínimas para los diferentes tipos de locales normalizados para el alojamiento y equipo para servicios en M.T. o B.T. de acuerdo a los tipos de alimentación y zona en que se localizan:

SERVICIO EN M.T. (23 kv).	DIMENSIONES DEL LOCAL EN m
TIPO DE ALIMENTACIÓN	
SIMPLE	4.0 x 3.5 x 2.6
SIMPLE (1 SECCIONADOR)	5.5 x 3.5 x 2.6
SIMPLE (2 SECCIONADORES)	4.5 x 4.0 x 2.6
DOBLE INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA	5.5 x 4.0 x 2.6

SERVICIO EN B.T. RADIAL	SERVICIOS EN B.T. AUTOMATICA				
TIPOS DE ALIMENTACION	No. TR's	DIMENS. DEL LOCAL EN m	TIPOS DE ALIMENTACIÓN	No. TR's	DIMENS. DEL LOCAL EN m
SIMPLE	1	4.1 x 3.5 x 2.6	SIMPLE	1	4.0x3.5x2.6
SIMPLE (1 SECCIONADOR)	1	4.5 x 4.0 x 2.6	SIMPLE PROTECTOR ACOPLADO	1	4.5x4.0x2.6
DOBLE INTERRUPTOR DE TRANF.	2	6.0 x 4.0 x 2.6	DOBLE	2	6.0x4.0x2.6

## ELEVACIÓN

Ver fig.7 (anexos)



**b) CONSTRUCCIÓN:**

El local será construido con materiales incombustibles, exento de humedad y protegido contra filtraciones, con la ventilación adecuada, siendo necesario que sea construido a prueba de explosiones.

El material preferente a utilizar será de concreto armado, este deberá soportar el paso de las instalaciones que se requieran, no deben de existir otros tipos de instalaciones dentro del local de S.E.,el espesor de los muros y techos deben ser mínimos de 0.15m. y 0.10m. respectivamente.

El piso deberá ser de concreto armado para soportar 6 Ton/m<sup>2</sup> donde se alojaran de 1 a 4 TR's de acuerdo a la demanda solicitada.

**Número de ventanas en función del N° de TR's instalados:**

<i>N° DE TR's</i>	<i>AREA DEL LOCAL</i>	<i>N° DE VENTANAS</i> <i>1.0 x 0.60 m</i>
1	4.0 x 3.5	2
2	6.0 x 4.0	4
3	10.0 x 6.0	6
4	10.0 x 6.0	8

**c) VÍA DE TRÁNSITO PARA EQUIPO Y PERSONAL:**

De 2.30m. de altura por 3.00m. de ancho, desde el exterior del edificio hasta la puerta de entrada del local, para el tránsito del equipo eléctrico y personal de LyFC, con vía expeditada las 24 hrs para trabajos de mantenimiento o emergencia de la S.E.

**d)COSTO:**

El costo y trabajo de la o.civil serán por cuenta del propietario del inmueble de acuerdo a los planos presentados por el interesado y a instrucciones y planos aprobados por LyFC

**e) PLANOS DE LAS OBRAS CIVILES NECESARIAS:**

En base a los puntos anteriores para la construcción del local referente a las obras civiles complementarias que requiera LyFC para la instalación y equipo eléctrico, se entregarán al interesado los juegos de planos en los que se indique en planta y elevación los requerimientos y necesidades para cada caso en particular quedando bajo responsabilidad del interesado el cálculo estructural de la mencionada obra.

**f) SUPERVISIÓN Y RECEPCIÓN:**

Durante el proceso de construcción de la obra civil, personal de LyFC hará visitas periódicas al lugar para supervisar que planos y especificaciones se lleven a cabo, hasta el término de la obra, extendiendo posteriormente LyFC la aceptación y recepción del local.

**III. PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO PARA EL TRAMITE Y EJECUCIÓN DE LA OBRA CIVIL.**

Para su optimización requerimos agilizar el proceso y ejecución de la obra civil de distribución para el suministro de energía eléctrica de cables subterráneos en los

# ANEXOS

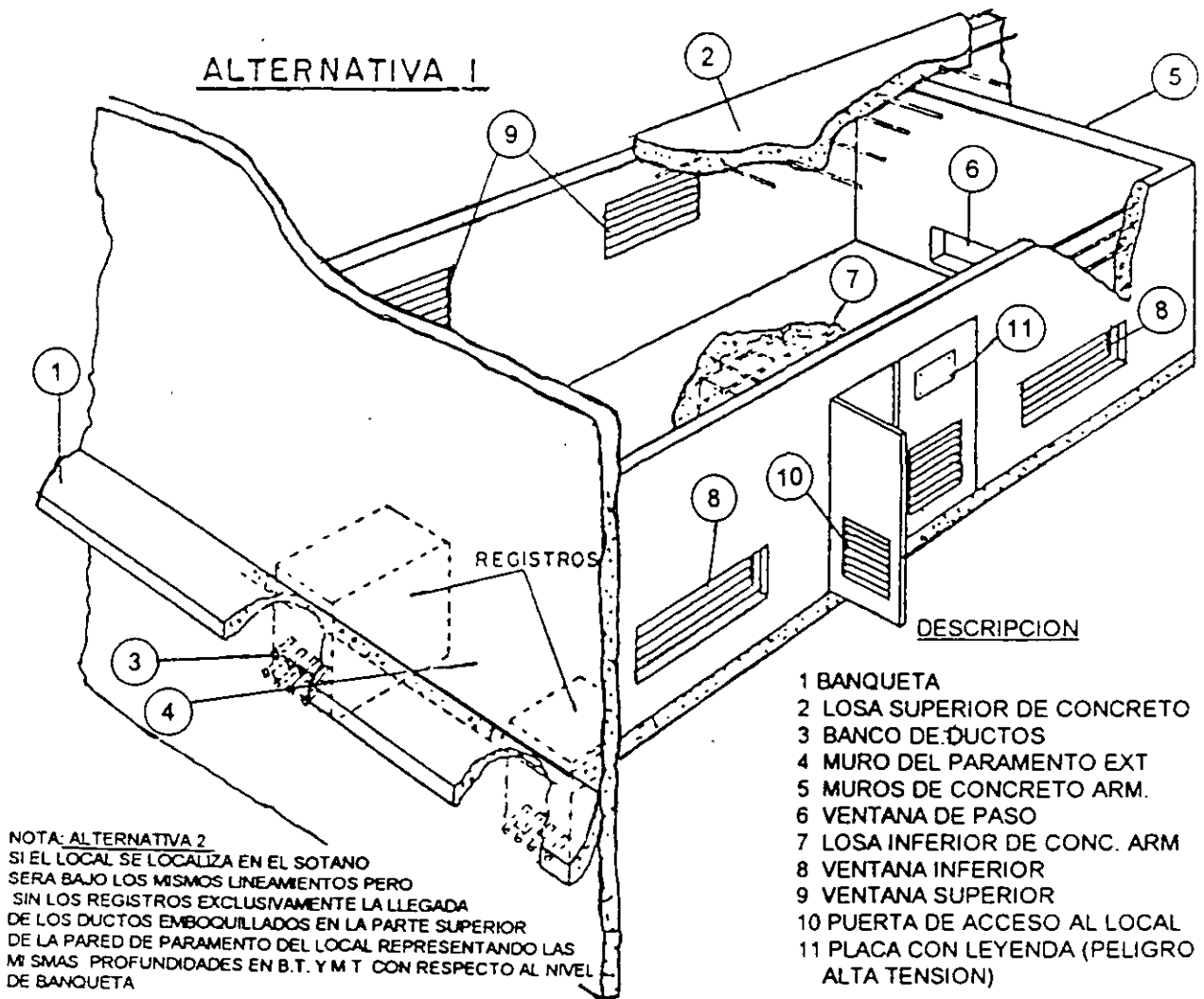


FIGURA 7

elementos constructivos, ubicados tanto en vía pública, como en los locales o áreas cedidas por los interesados. basándonos en los siguientes puntos:

- a) Las experiencias adquiridas por el personal de las compañías suministradoras.
- b) Las disposiciones oficiales para dichas obras según NOM-001 del 27 de Septiembre de 1999 y las normas internas.
- c) La secuencia de gestión, proyecto y ejecución con la que actualmente se desarrolla la obra civil que realizan las empresas suministradoras.

De acuerdo a estos puntos hacemos un estudio de factibilidad de la obra civil analizando y desarrollando un diagrama de flujo, que busque optimizar y hacerlas más dinámicas, logrando con esto reducir los tiempos requeridos para el trámite, proyecto y ejecución de estas obras.

Ahora analizaremos los requerimientos, proceso del proyecto y ejecución de la obra civil, para este fin, y lo dividiremos en los siguientes temas:

- A) *NORMATIVIDAD***
- B) *REQUERIMIENTOS***
- C) *DIAGRAMA DE FLUJO***

#### **A).- -N O R M A T I V I D A D**

Las normas internas de las empresas suministradoras (CFE y LyFC) Cuya normatividad es regida por la Norma Oficial Mexicana (NOM-001) última revisión (1999-6° sección artículo 923). el objetivo a mediano plazo es que esta la sustituya para que exista una sola norma a nivel nacional con el fin de unificar criterios en beneficio de una mejor solución, eficiencia y aprovechamiento de las áreas en instalaciones futuras.

Requisitos que debe comprender la obra civil de distribución subterránea para su proyecto y ejecución:

- 1.- APLICACIONES
- 2.- INICIACIÓN DE OBRA
- 3.- OBRA CIVIL (Especificaciones y ejecución)
- 4.- PRUEBAS DE CAMPO
- 5.- RECEPCIÓN DE LA OBRA

#### **1.- APLICACIÓN**

en la obra civil de distribución subterránea para:

- CABLEADO DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN
- ACOMETIDAS Y MEDICIÓN
- REGISTRAR DUCTOS DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN
- INSTALAR INTERRUPTORES
- INSTALAR SE's Y EQUIPO DE SECCIONAMIENTO

#### **2.- INICIACIÓN DE LA OBRA**

deberán tener liquidadas a la empresa las aportaciones fijadas, con la documentación que lo acredite. Cuando lo realice un contratista deberá notificar a la empresa el día en que iniciara.

#### **REQUISITOS Y DOCUMENTACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE PLANOS**

- RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN

- RED DE CIRCUITOS DE ALUMBRADO PÚBLICO
- RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN
- OBRAS CIVILES

#### LOS PLANOS DEBERAN CONTAR CON LOS SIGUIENTES DATOS

- RAZÓN SOCIAL
- CROQUIS DE LOCALIZACIÓN
- UBICACIÓN DEL PREDIO (calle, número, colonia, delegación y/o municipio y estado)
- DATOS DE CARGA INSTALADA
- DATOS DE DEMANDA SOLICITADA
- NÚMERO Y LOCALIZACIÓN DE CADA SERVICIO
- PUNTOS DE ENLACE CON ÁREAS DE CRECIMIENTO

#### CON LAS SIGUIENTE ESPECIFICACIONES EN PLANOS

- ESCALA 1:500 Y/O 1:1000
- PLANTAS
- CORTES O PERFILES
- SECCIONES TRANSVERSALES DE CALLES
- PERFILES TOPOGRÁFICOS
- DETALLES ESPECIALES

Para el desarrollo del proyecto de la obra civil se debe contar con los siguientes planos del proyecto eléctrico:

#### RED DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA TENSIÓN

En plano de conjunto, dibujar las subestaciones, los alimentadores secundarios y las acometidas.

Indicando la urbanización del fraccionamiento, banquetas, arroyo, camellón etc.

- TRAYECTORIA DE LA CANALIZACIÓN PARA LA BAJA TENSIÓN
- CALIBRE DE LOS CONDUCTORES
- HINCADO DE POSTERIA
- REGISTRO Y POZOS DE VISITA (cantidad y tipo) ASÍ COMO UNIONES DE CABLE Y/O EQUIPO ELECTRICO
- DETALLE DE ACOMETIDAS A LOS MURETES
- RELACIÓN DE CARGAS POR TRANSFORMADOR

#### RED DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIA TENSIÓN

En un plano de conjunto, dibujar las subestaciones y los circuitos primarios subterráneos, así como los alimentadores aéreos que abastecen la red subterránea y la urbanización del fraccionamiento.

- TRAYECTORIA DE LA CANALIZACIÓN PARA BAJA TENSIÓN
- TRANSFORMADORES O SUBESTACIONES
- CALIBRE DE CONDUCTORES
- HINCADO DE POSTERIA (en redes aéreas y mixtas)
- REGISTROS Y POZOS DE VISITA, INDICANDO CANTIDAD Y TIPO; indicando la altura de ductos.
- INDICAR LOS POZOS EN QUE HABRA UNIONES DE CABLES Y/O EQUIPOS ELÉCTRICOS
- DIAGRAMA UNIFILAR

### 3.- OBRAS CIVILES

En plano de conjunto ubicar las subestaciones, los ductos línea y cruce. En un plano aparte la urbanización de los predios.

- REGISTROS Y/O POZOS INDICANDO ALTURA
- BANCO DE DUCTOS INDICANDO EL NÚMERO DE VIAS
- TRAYECTORIA DE LAS CANALIZACIONES, ESPECIFICANDO LA BAJA Y MEDIA TENSIÓN
- DISTRIBUCIÓN DE LA BANQUETA, ANDADORES, ARROYOS Y CIRCULACIONES CON DISTANCIAS DE CRUZAMIENTO EN PLANTA Y CORTE.
- CORTES DE SECCIÓN DE CALLES O LUGARES DE DESNIVEL.
- SUBESTACIONES Y/O BASES PARA CAJAS DE DISTRIBUCIÓN
- DETALLE DE CONSTRUCCIÓN DE MURETES Y REGISTROS
- DETALLE DE LA COLOCACIÓN DE LOS DUCTOS Y DEL AREA LIBRE QUE DEBE DESTINAR EL FRACCIONADOR A LA INSTALACIÓN DE LAS SUBESTACIONES.
- EN LOS PLANOS EL TITULO EN LA PARTE INFERIOR DERECHA, UN CROQUIS DE LOCALIZACIÓN Y SU ORIENTACIÓN.

### BITÁCORA DE OBRA

Deberán contar con:

#### *EMPRESA SUMINISTRADORA*

- a. OBRA
- b. UBICACIÓN
- c. CIUDAD Y ESTADO
- d. FECHAS PROGRAMADAS
- e. NOMBRE DEL SUPERVISOR, IDENTIFICACIÓN Y FIRMA RECONOCIDA
- f. TELEFONOS
- g. No DE LAS SS Y NÚMERO (SERVICIOS)
- h. OTROS DATOS DE IDENTIFICACIÓN .

#### *DATOS DEL CONSTRUCTOR*

- i. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL
- j. DOMICILIO
- k. TELEFONOS
- l. REPRESENTANTE
- m. RESIDENTE CON IDENTIFICACIÓN Y FIRMA RECONOCIDA

Anotando los días de visita. indicando los trabajos realizados, acuerdos y modificaciones pequeñas al proyecto aprobado.

La bitácora tiene validez oficial, al finalizar cada nota, deberá firmar el residente y el supervisor de la empresa.

### OBRA CIVIL (Ejecución)

#### **TRAZO**

Conforme a planos autorizados por la empresa con equipo de mano y/o aparatos, evitando interferencias con otras instalaciones. pero si no es posible evitarlo, debe coordinarse con el supervisor de la empresa para su solución. Si existen registros de teléfonos. agua etc. y no hay planos para su ubicación y profundidad. se efectuaran excavaciones para planear el nuevo trazo.

Marcar los límites de la cepa con pintura en banquetas y con cal en terracería al igual en la ubicación de registros y pozos de visita.

Cuando la construcción se realiza en zona urbana evitar que la trayectoria pase por líneas que contaminen (por ejemplo gasolineras).

#### **SEÑALIZACIÓN Y PROTECCIÓN**

Terminado el trazo se debe contar con avisos de precaución para proteger las áreas de trabajo, en zonas de paso a personas y vehículos, instalando tarimas y placas de acero para cubrir las zanjas y por la noche instalar señales luminosas para vehículos y barreras para peatones.

#### **EXCAVACIÓN**

Se puede realizar con equipo mecánico o con herramienta, esta última se recomienda en terrenos con material suelto. El equipo mecánico no se recomienda en lugares donde ya existen otras instalaciones para no dañarlas.

#### **DUCTOS**

Serán en número, diámetro y profundidad como indican los planos y normas; se deben utilizar separadores a una distancia no menor de 0.05m y como mínimo cada 3.0 m. antes del colar verificar que no exista obstrucción dentro del ducto.

#### **VACIADO DE CONCRETO EN BANCO DE DUCTOS**

Al vaciar el concreto, tapar provisionalmente los ductos de los extremos para evitar filtraciones.

El concreto en banquetas será de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  y con buen grado de compactación y en arroyo será  $f'c = 150 \text{ kg/cm}^2$ . El concreto deberá vibrarse para su perfecto asentamiento.

Se requiere control de calidad y muestreo de concreto en un laboratorio oficial autorizado.

La zanja deberá estar libre de basura y derrumbes, nivelada y compactada, el colado deberá ser monolítico

#### **RELLENO COMPACTO Y NIVELADO**

En capas de material adecuado no mayor de 200 mm de espesor, con buena humedad para mejor grado de compactación.

Se tendrá que obtener muestra para las pruebas de laboratorio, entregarse por escrito al supervisor de la empresa.

El relleno podrá efectuarse utilizando el material de la excavación, siempre y cuando sea analizado por el laboratorio

#### **REGISTROS DE CONCRETO COLADOS EN SITIO**

Según plano y de acuerdo a especificaciones, sobre plantilla de concreto pobre de 50 a 70 mm de espesor y un  $f'c$  de  $100 \text{ kg/cm}^2$ , el armado deberá quedar sobre apoyos colocados sobre la plantilla aproximadamente 4 cm a fin de evitar filtraciones de agua.

Cuidar el troquelado de la cimbra ya que esta es muy fácil que se abra

Cuidar el vibrado del concreto y que contenga impermeabilizante.

El registro se deberá instalar sin la losa de la tapa, deberá contar únicamente con las varillas en la parte superior.

Es importante determinar el nivel freático con el fin de dejar o no cárcamo en el registro. Una vez instalado el registro y colocada la losa superior se deberá recibir el banco de ductos.

#### **REGISTROS O POZOS PREFABRICADOS**

Se utilizarán siempre y cuando cumplan con las normas y especificaciones.

Deben ser avalados por el laboratorio de la empresa.

También deben contar con una plantilla de concreto pobre de 50 a 70 mm de espesor y un  $f'c$  de  $100\text{kg}/\text{cm}^2$ ; en el caso que no cuenten con piso, la plantilla será de gravilla.

#### **POZOS DE VISITA COLADOS EN SITIO**

Se construirán de concreto armado según norma correspondiente.

Se deberá tener en el fondo de la excavación una plantilla de concreto pobre, con un espesor de 100mm y un  $f'c = 100\text{ kg}/\text{cm}^2$ , esta plantilla deberá de evitarse donde se ubique el cárcamo.

Se construirá cárcamo siempre y cuando el nivel freático se encuentre por debajo del pozo.

El pozo no se construirá sobre líneas de servicio (agua, drenaje etc.), de no ser posible, se recurrirá al supervisor de la empresa para una mejor solución.

Si el pozo queda bajo arroyo se deberá utilizar tapa y marco de hierro reforzado.

Al concreto se le deberá suministrar algún impermeabilizante para evitar filtración de agua

#### **BASES DE CONCRETO ARMADO PARA EQUIPO**

Su ubicación es según plano autorizado para construir la plataforma para soportar el transformador tipo pedestal.

El armado de la plataforma para transformadores deberá construirse con el registro, cuidando que la ventana que los comunica sea del tamaño adecuado para la conexión de la red.

#### **LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA**

Durante la construcción deberá conservar limpias las áreas, regando y barriendo al finalizar la jornada.

Terminados los trabajos de banco de ductos, registros y pozos, se deberá pasar la cuchara por los ductos para verificar que no exista ninguna obstrucción, se dejara un tapón de estopa con grasa y con alambre, de tal forma que se pueda jalar posteriormente.

#### **4.- PRUEBAS DE CAMPO**

se deberá llevar un control de calidad de los trabajos, debiendo asentar todo esto en bitácora y con las pruebas de laboratorio de lo siguiente:

- a) Concreto hidráulico
- b) Material de relleno
- c) Compactación



- d) Arena y grava
- e) La tubería de PVC ( según especificaciones y normas dela empresa )
- f) Los herrajes y fijaciones (según norma y certificado de garantia)
- g) Los marcos y tapas (serán de hierro con la aprobación de laboratorio)
- h) Las tapas especiales (según norma y especificaciones)
- i) El acero de refuerzo (verificar su resistencia a la tensión s/pruebas de laboratorio y especificaciones del proyecto).
- j) Sondeo de ductos (sondear cada ducto en presencia del supervisor de la empresa)

#### 5.-RECEPCIÓN DE LA OBRA

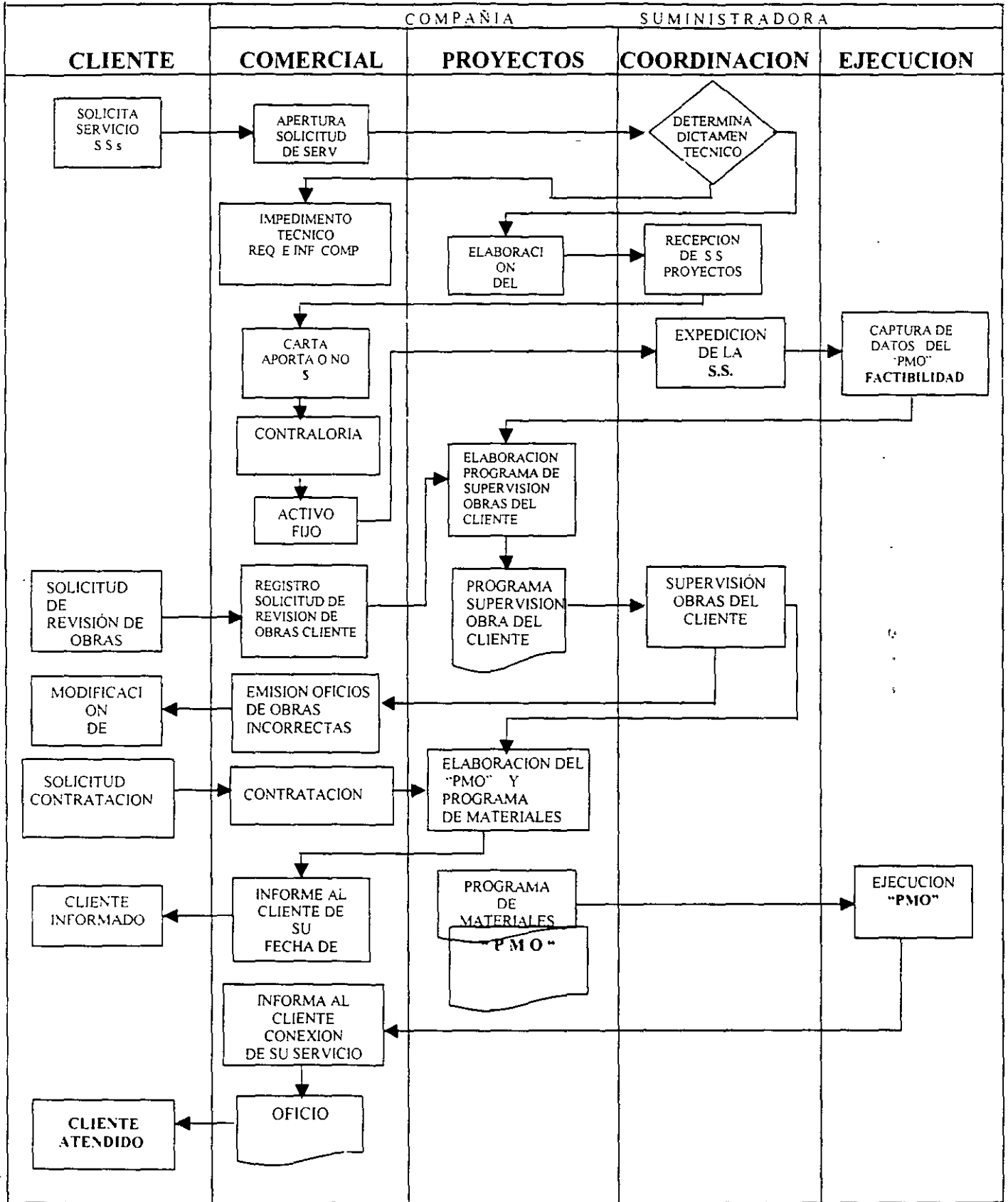
Para extender la recepción-finiquirto, se requiere los reportes técnicos de la obra civil con lo siguiente:

- Acta de recepción –entrega
- Bitácora de obra
- Copia(s) de plano(s) definitivos
- Inventario de la obra
- Comprobantes de las pruebas de campo y laboratorio
- Documento oficial, comprobando la entrega del fraccionamiento
- Comprobante de la certificación de calidad de los materiales utilizados
- Costo real y definitivo en papelería oficial

### **B. DIAGRAMA DE FLUJO (propuesto)**

La gestión que debe realizar el interesado, para la elaboración, aprobación, supervisión y ejecución de un proyecto eléctrico de distribución; se realiza bajo los lineamientos tradicionales, los cuales funcionaron en su momento, pero actualmente, no resultan los más adecuados. Debido a esto, se requiere agilizar y eficientizar el proceso; para lograrlo, proponemos nuevos esquemas, en los que exista una participación más estrecha entre el cliente y la empresa; como se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

SOLICITUD DE REVISION DE OBRAS POR TERCEROS  
PROGRAMA MAESTRO DE OBRAS DE SOLICITUDES DE SERVICIOS  
PLANO MAESTRO DE OBRAS ( FACTIBILIDAD )



#### IV. PROPUESTAS PARA OPTIMIZAR COSTO Y TIEMPO.

Para mejoras en los elementos constructivos utilizados en la obra civil, que contienen las instalaciones eléctricas en relación al abatimiento de área, costo y tiempo, debiendo atender los requerimientos y normalización correspondiente, así como el flujo de información y consulta con todos los departamentos de la empresa suministradora LyFC e involucrados.

Analizaremos los siguientes puntos:

##### 1.- Ductos rígidos y ductos flexibles.

El banco de ductos es una estructura formada por dos o más ductos fijados con material de relleno, envolvente de concreto, anclas u otros materiales manteniéndolos con la separación mínima requerida.

Existen dos tipos de ductos los rígidos de PVC y los flexibles. Actualmente en LyFC se utilizan los primeros teniendo pocas posibilidades de curvatura o deflexión. (Máxima 5° de deflexión)



a) Ducto Flexible: es un tubo con características flexibles fabricado con material de polietileno de alta densidad, permite hacer deflexiones con un radio de curvatura de hasta 1.00m. logrando librar longitudes curvas más largas entre registros, pozos, y bóvedas{ este material lo rige la norma ISO, bajo el concepto de calidad total y la NMX-E-1996

#### CARACTERÍSTICAS

PROPIEDADES	MÉTODO DE PRUEBA ASTM	VALORES
Densidad natural	D-4883	0.944g/cc
Esfuerzos a la tensión		
Punto crítico	D-638	22.8Mpa
Punto de ruptura	D-638	31.0Mpa
Dureza	D-2240	68
Resistencia a la fisura	D-1693	>2000h
Punto de suavidad	D-1525	126°c

Empacado en rollo de 400m. con un radio interior de 1.30m. y exterior de 2.50m.. para proteger su transportación, manejo y mantenimiento.

**DUCTO FLEXIBLE PROPUESTO PARA EL CABLEADO EN B.T. Y M.T.  
ø80mm.**

Diámetro nominal	Diámetro interior mm	Diámetro exterior mm	Espesor pared mm	Tolerancia
Ducto Flexible PE-75	77.9	88.9	5.2	+ 0.05 ó -0.08

**COSTOS Comparativos entre ducto PVC rígido y flexible**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	IMPORTE
Tubo PVC 80 mm	m	1.0	\$ 11.06
Tubo flexible PE-75	m	1.0	\$ 20.58

**PROPUESTA DE BANCOS DE DUCTOS:**

Los cables de baja y mediana tensión irán alojados en ductos rígidos PVC 80 en tramos rectos y con ducto flexible 80 los tramos en que existan deflexiones mayores de 5°.

• **ver fig. 8 (anexos)**

**REGISTRO DE M.T.**

Partiremos del análisis de los espacios requeridos para los empalmes en M.T. de 23kv, utilizados actualmente y la propuesta con empalme contráctil.

Empalme: Este accesorio se utiliza para la unión de cable de acuerdo a norma NMX J-158. Se entiende por empalme, la conexión y reconstrucción de todos los elementos que constituyen un cable de distribución aislado, protegido mecánicamente dentro de una misma cubierta o coraza. Existen varios tipos de empalmes, los encintados, premoldeados, moledados en campo y termocontráctiles.

Termocontráctiles: Son aquellos en que los componentes se aplican retráctiles por la acción del calor.

Los empalmes utilizados en LyFC actualmente, son para cable R-23TC, para cable R-23PT, para cable R-23 PT.TC y RT-23TC. Según NMX-J-158 para 23kv.

Distancia que se requiere para los diferentes tipos de empalme usados en LyF:

Cable

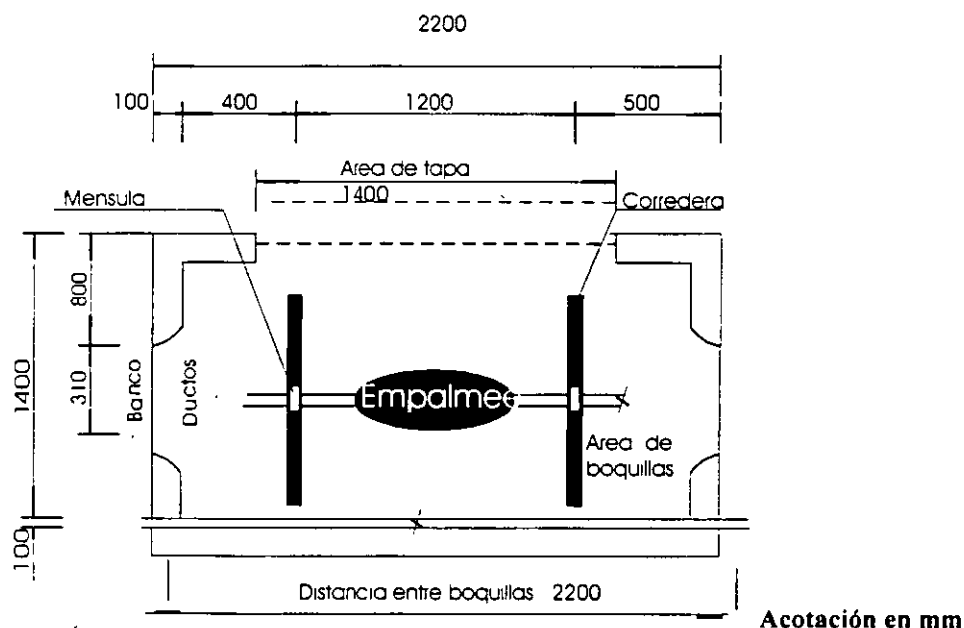
Cable



Dimensión Máxima

PARA	TIPO DE CABLE	DIMENSIÓN MÁXIMA	CALIBRE MÁXIMO	S/NORMA MATERIAL LyF
UNIONES R	23 PT	740mm	1x240	2.0294
UNIONES R	23 TC	725mm	1x240	2.0197
UNIONES RT	23 PT.TC	725mm	1x240	2.0265

Se propone desarrollarlos en menor distancia longitudinal como son los termocontráctiles, cuyos fabricantes han logrado reducir dimensiones utilizando la manga abierta (como si fuera un forro con cierre) esto permite no tener que correr las mangas hacia ambos lados respectivamente como se viene realizando en LyFC. Ya que este tipo requiere de espacios mayores en los registros o pozos para su instalación. Ahora al no tener que correr dicha manga sino exclusivamente el largo que requiere para cubrir el empalme.



Se requiere un espacio libre para la tapa del registro de 1.40 x 1.70 m para que puedan maniobrar dos operarios estando parados para la realización del empalme.

REGISTRO 200x130x140 C  
Propuesto Norma en Estudios

#### CIMENTACIÓN TIPO PEDESTAL

Propondremos la base tipo TABLETA para TR's DRS. Tipo Pedestal.

Esta tableta puede ser diseñada para albergar en dimensión y peso el tipo de TR's usados por LyFC. Tomaremos en cuenta el de mayor área que es el de 1,4x1,6m. La tableta está diseñada con una combinación de Polietileno de alta densidad en el centro (alma) y Poliuretano de alta densidad en su concha (envolvente), esta aleación nos da como resultado un diseño capaz de soportar los esfuerzos a la tracción y la compresión reforzándolo en el área donde el TR descansa, su superficie exterior, viene en color negro debido a su alto contenido de carbón del Poliuretano con protección UV. Dando como resultado una base con una vida probable de 35 años a la intemperie.

Este tipo de tableta puede eliminar la tradicional plancha de concreto, reduciendo considerablemente los tiempos y costo aproximadamente en un 75% y 60% respectivamente.

Cuenta con cuatro orificios (saques) para el sistema de entrada del tenedor (ascensor) para su transportación y montaje del TR. Eliminando así la tradicional base de madera utilizada exclusivamente para transportarlo. Esta tableta se fija haciéndolo más manuable. Esta cuenta con un área en la parte inferior para la entrada y salida del cable (charola). Es un Polímero capaz de soportar la corrosión muy común en la CD. De México.

Beneficios:

1. Elimina la necesidad de construirlos de concreto armado.
2. Reduce el costo del manejo y la instalación del TR.
3. Tiene aproximadamente la misma vida que una plataforma de concreto, pero reduce considerablemente su tiempo de realización.

### CARACTERÍSTICAS

NOMBRE	FORMADO POR	MATERIAL DE ALTA DENSIDAD	DISEÑADO	DIMENSIONES m	
				Exteriores M	Charola p/cable
Tableta	Alma	Poliétileno	A presión 2800lbs	1,40 largo 1,60 ancho 0,15 peralte	0,50 largo 0,30 ancho
	Concha	Poliuretano	Carbón UV		

Nota: (1) Esta base (tableta se complementa con el registro usado tradicionalmente en la cimentación tipo pedestal.

(2) Esta tableta irá sobre una plantilla de gravilla que tendrá un espesor de 0,5m habiendo nivelado y compactado el área anteriormente.

### ELEMENTOS PREFABRICADOS

Referente a los elementos constructivos usados en LyFC, se están utilizando los registros tradicionales de concreto armado, aunque en los años 80's; buscando otras alternativas, se hicieron pruebas de laboratorio con elementos precolados de hormigón armado, instalándose algunos de estos en el campo, exclusivamente los registros, lo cual no prosperó porque fueron hechos de una sola pieza, resultando:

- Demasiado pesados
- Dificiles de transportar
- Poco manuales
- Costo de material y mano de obra, casi el mismo que los colados en obra.

Causas por las que se desecharon y se optó por seguir utilizando los tradicionales, los cuales son usados hasta la fecha.

Es importante para esta empresa, el encontrar mejores soluciones, ya que es muy común que el costo total de un proyecto eléctrico subterráneo, la partida de obras civiles resulte más costosa que la de los cables subterráneos, por lo cual hemos seguido analizado nuevos componentes y materiales más ligeros y menos voluminosos valiéndose de los nuevos materiales que han salido al mercado.

### NUEVAS TÉCNICAS Y MATERIALES

Se tiene actualmente un gran desarrollo en el uso de los distintos materiales, desde la madera, metal y los nuevos materiales compuestos, formados usualmente por núcleo y matriz, tales como el hormigón armado o el COMPOSITE, que es una composición de plástico reforzado con fibra de vidrio, a la que se denomina (PRFV) la cuál a superado en número y cantidades a los metales y sus aleaciones.

Los materiales compuestos, son formados por distintos elementos que al mezclarlos, modifican las propiedades de cada uno de ellos:

1) Hormigón armado.

NÚCLEO: Formado de distintos elementos que modifican sus propiedades: agua, tipo de ácidos, granulometría de los áridos, espesantes, hidrófugos, cemento (tipo y proporción), fibras y cenizas; las propiedades del hormigón dependen de diseño.

MATRIZ: Es de acero y sus características mecánicas dependen del: tipo, cantidad y disposición en el núcleo de hormigón.

2) COMPOSITE (PRFV).

Núcleo: formado por distintos elementos (P.R.), cuya proporción y presencia dan al núcleo distintas características como elementos que modifican sus propiedades.

- Resinas de poliéster
- Monómetros
- Catalizadores
- Cargas minerales, alumina, barita, caolín, carbonato, etc.
- Colorantes
- Agentes desmoldeo, separadores
- Aditivos especiales, protección de rayos UV

MATRIZ: De fibra de vidrio, y sus características dependen del tipo de fibra usada (orgánica o inorgánica), cantidad de fibra (proporción en peso) y disposición de la fibra en la pieza o núcleo.

#### APLICACIONES DE LOS (PRFV) EN EL MUNDO

Es difícil de encontrar un producto que se asemeje a los (PRFV), por la diversidad y amplitud de sus aplicaciones, dirigidos al sector de la construcción, cuya intención es sustituir elementos pesados de manipular como el acero y el hormigón pretensado.

#### REGISTROS CONSTRUIDOS CON ENCOFRADO

Este producto cuenta con un sistema de construcción basado en un elemento superligero, construido de (PRFV), que facilita la ejecución de las obras con las siguientes cualidades:

- Versatilidad de usos
- Calidad y rapidez de ejecución
- Seguridad
- Durabilidad.

#### CONSERVACIÓN Y ENVEJECIMIENTO

a). Los (PRFV) presentan una resistencia a las causas externas de envejecimiento, soportando las variaciones de temperatura y humedad, así como la influencia de agentes degradantes.

b). La fibra de vidrio está casi exenta de fenómenos de fatiga o deformación manteniendo inalterable sus propiedades mecánicas a través del tiempo, aún al ser sometidos a

esfuerzos considerables, permitiendo a la estructura resistir y conservar sin cambios mecánicos; su capacidad y características originales.

- c). Inmune a la corrosión eléctrica
- d). Economía.- si por su costo total se entiende la suma de los diferentes costos como el: inicia + transporte + instalación + mantenimiento. se tienen ventajas aún cuando el costo inicial sea similar o mayor a otros materiales.

#### COMPOSITE (COMPOSICIÓN QUÍMICA)

Resina de poliester _____	25 al 30 %
Refuerzo de fibra de vidrio _____	23 al 27 %
Cargas minerales inorgánicas _____	41 al 46 %
Resto, catalizador, desmoldeante, colorantes, etc. _____	4 al 6 %

#### SU APLICACIÓN EN LOS REGISTROS

El registro prefabricado llamado en Europa arqueta prefabricada de composite (PRVF) es reforzada en su periferia externa con hormigón, dándole mayor resistencia al material; logrando:

- a) Que no penetren las raíces
- b) Estanqueidad
- c) Exactitud de sus dimensiones
- d) Calidad homogénea
- e) Poca ocupación de espacio para su almacenamiento
- f) Muy liviano para su transporte
- g) Rapidez de ejecución

#### MEDIDAS UTILIZADAS EN LOS REGISTROS USADOS EN LyFC.

<i>MEDIDAS INTERIORES</i>				<i>VALORES USADOS EN LOS PRFV</i>				
<i>TIPO DE REGISTRO O ARQUETA</i>	<i>LARGO cm</i>	<i>ANCHO cm</i>	<i>ALTO cm</i>	<i>PESO kg</i>	<i>POSB. MAYOR PROF.</i>	<i>TENSIÓN</i>	<i>ESPESOR cm</i>	
							<i>PARED</i>	<i>MARCO</i>
60 x 40 x 60	60	40	60	7	25	BT	0.25	1.5
60 x 60 x 60	60	60	60	9	25	BT	0.25	1.5
90 x 90 x 95	90	90	95	30	33	BT	0.30	2.0
125 x 125 x 140	125	125	140	50	33	MT	0.30	2.0



**CUADRO COMPARATIVO DE REGISTROS CONSTRUIDOS EN HORMIGÓN  
PREFABRICADO, TABIQUE O COMPOSITE**

<i>CONCEPTO</i>	<i>SISTEMA HORMIGÓN PREFABRICADO</i>	<i>SISTEMA LADRILLO</i>	<i>SISTEMA PRFV</i>
<i>Componentes</i>	<i>Registro c/ marco</i>	<i>Ladrillos, mortero, cemento, marco y tapa</i>	<i>Arqueta con tapa</i>
Peso unitario (sin peso de tapa)	957 Kg.	690 Kg.	30 Kg.
Necesidades de medios de elevación	Si	Si	No
Tiempo de ejecución	Bajo	Alto	Muy bajo
Personal especializado	Si	Si	No
Volumen de ocupación	Muy alta	Medio	Muy bajo
Protección de raíces	No	No	Si
Oxidación marco/tapa	Si	Si	No
Calidad	Buena	Buena	Excelente
Calidad uniforme	No	No	Total.

NOTA: Se tomo como ejemplo el registro 90 x 90x 95.

### **MONTAJE DE LAS ARQUETAS**

#### **1.- Excavación y Plantilla.**

- a) Mecánica o manual,
- b) Nivelar para una plantilla de 10cm de espesor.
- c) Arqueta sobre la plantilla.

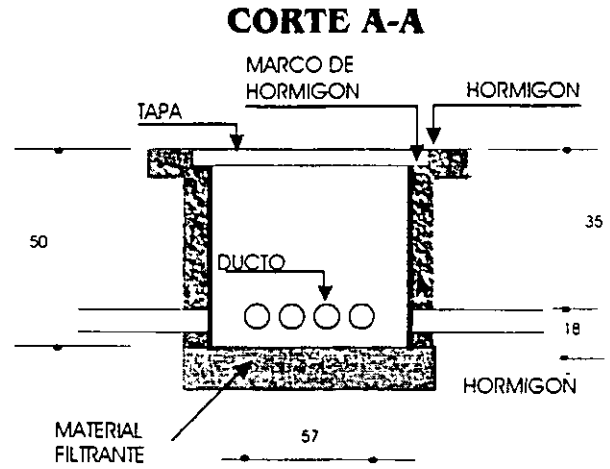
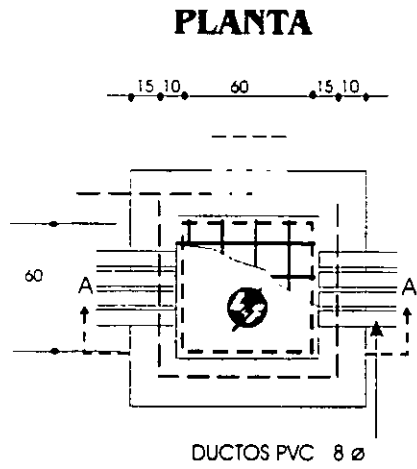
#### **2.- Recepción de acometidas.**

Las arquetas deberán contar en todas sus caras con aperturas predestinadas a recibir ductos de Ø80mm, previamente se requiere instalar una goma en el ducto de llegada la cuál hará la función de boquilla.

#### **3.- Ubicación y Colado.**

Se instalarán la arqueta respecto a los ductos de llegada y se homogénea con un concreto de 175kg/cm<sup>2</sup>, hasta la rasante del marco, abrazando a éste, con hormigón de 0.15x0.10m de profundidad para compensar el empuje del hormigón.

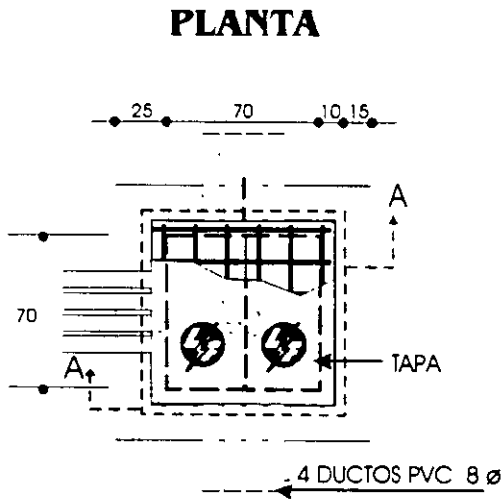
**REGISTRO 60 x 60 x 65**  
**PROPUESTO 60 x 60 x 50 P**



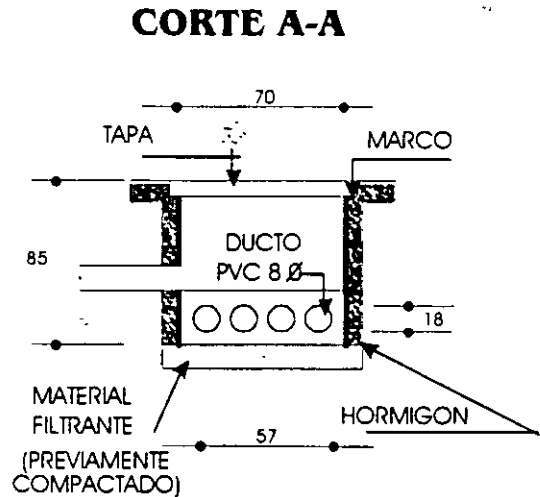
COTAS EN CM.

**REGISTRO CRUCERO DE ARROYO 90 x 90 x 95**

**PROPUESTO 70 x 70 x 85 P**



COTAS EN CM.



**COSTOS**

Análisis comparativo entre elementos constructivos elaborados con (PRFV) y los tradicionales (LyFC).

REGISTRO O ARQUETA	C O S T O				TIEMPO DE ELABORACIÓN
	MAT.	TRANS.	INST.	TOTAL	
Prefabricado de PRFV	+30 %	- 75 %	+ 50 %	- 21 %	- 80 %
Concreto armado	- 30 %	+ 75 %	- 50 %	+ 21 %	+ 80 %

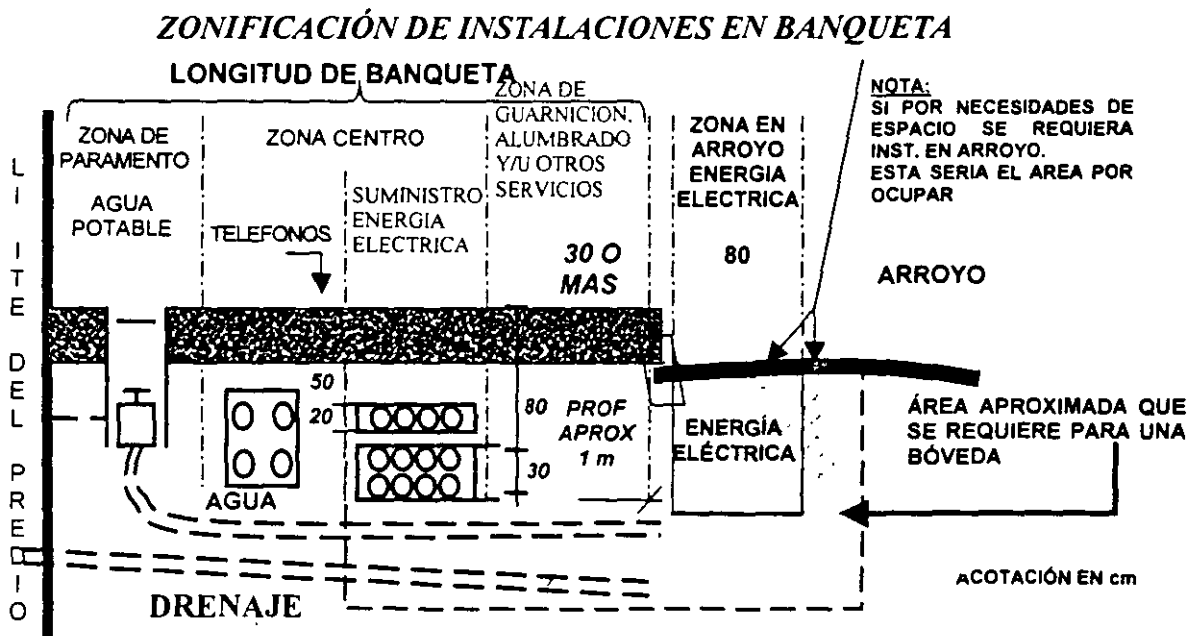
## 6- REQUISITOS Y NECESIDADES DE LA OBRA CIVIL

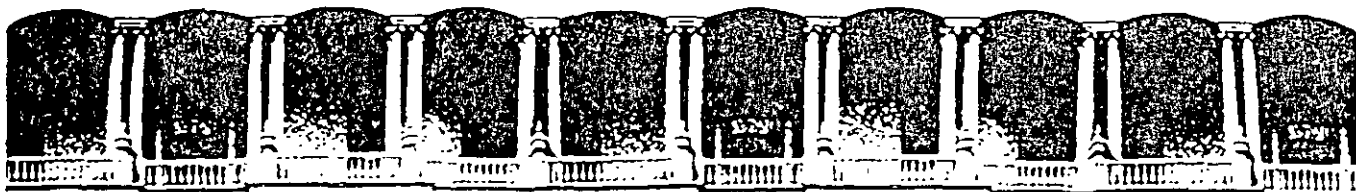
1. La trayectoria de los circuitos será a lo largo de las aceras, camellones, periferia de las zonas verdes y/o andadores.
2. La profundidad, el ancho del banco de ductos deberá cumplir con las normas LyFC.
3. Los ductos deben contar con boquillas abocinadas en la llegada a los registros, pozos y bóveda o cimentación de S.E.'s.
4. Se requieren los registros en las derivaciones, acometidas, cambios de dirección horizontal y vertical de los bancos de ductos.
5. Los registros pozos y cimentaciones de S.E.'s deben cumplir con las normas LyFC.
6. Evitar la localización de los registros donde las banquetas sean angostas en carriles de estacionamientos o frente a una cochera.
7. Se utilizará un registro para alimentar dos lotes, debiendo quedar instalado en el límite de ambos predios.
8. Donde no existan equipo y/o accesorios, se debe dejar excedente de cable de una longitud igual al perímetro del pozo de visita.
9. Debe instalarse soportería para los cables en los pozos y bóvedas
10. En los casos de cruces de avenidas o calles, se deberá dejar mínimo un ducto de reserva por cada uno de los circuitos.

## ZONIFICACIÓN DE INSTALACIONES

Debe existir una coordinación entre los diferentes sectores que utilizan el suelo para un mejor aprovechamiento de este. Actualmente se está trabajando en los registros computarizados de las diferentes instalaciones subterráneas como Teléfonos, PEMEX, Energía Eléctrica, Drenaje, Agua Potable, etc.

Para un mejor aprovechamiento del uso del suelo en banqueta, se propuso en la revisión de la NOM-001/99 la cual fue aceptada. se propone lo siguiente:





FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

*DIPLOMADO EN  
INSTALACIONES  
ELECTRICAS*

*MODULO I SISTEMAS DE  
DISTRIBUCIÓN ELECTRICA*

*TEMA  
TELECONTROL DE REDES*

**EXPOSITOR: ING. JAVIER CASTRO LOPEZ.  
PALACIO DE MINERIA  
SEPTIEMBRE DEL 2002**

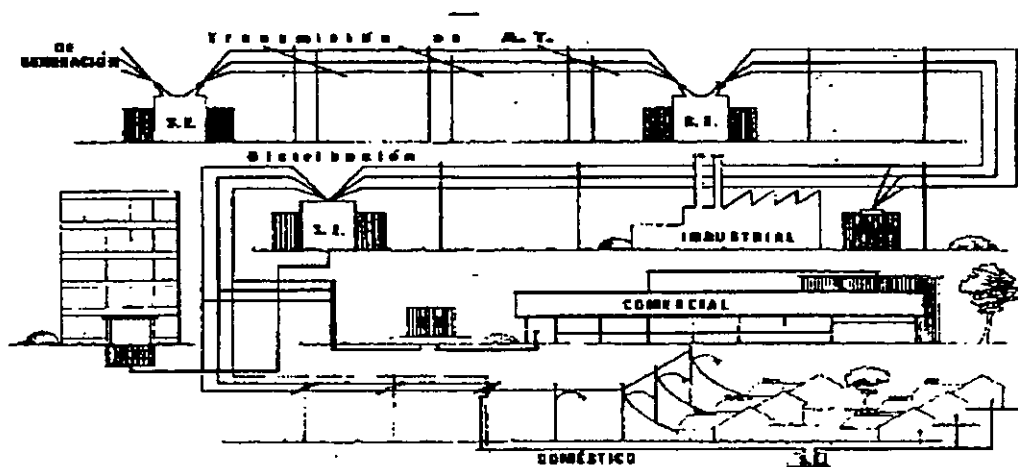
CA 125

*DIVISION DE EDUCACION CONTINUA*

FACULTAD DE INGENIERIA  
U.N.A.M.

*SISTEMAS DE DISTRIBUCION ELECTRICA*

**METODO DE MONTE CARLO PARA DISEÑO DE REDES**



ING. JAVIER CASTRO LOPEZ

## METODO DE MONTECARLO APLICADO A LA PREDICCIÓN DE CARGAS EN REDES DE DISTRIBUCIÓN SUBTERRÁNEAS.

Existen varios métodos para predicción de las tasas de crecimiento en sistemas de distribución, dadas las características de construcción, tiempo y costo de las redes subterráneas es necesario utilizar métodos que permitan no sólo el cálculo de las tasas, sino el tipo, localización geográfica, año de aparición, etc. En este estudio se presenta la aplicación del METODO DE MONTECARLO para simular la aparición de cargas en una red de distribución subterránea como una herramienta para predecir su crecimiento.

### SIMULACION

El método de simulación es un cálculo con el cual se puede predecir el comportamiento de un sistema en el tiempo, haciendo uso de modelos probabilísticos. Entendiéndose por modelo una representación operacional que describe el comportamiento de las partes del conjunto de un sistema físico real, siendo una abstracción para hacer predicciones.

Con el uso de la simulación se busca el desarrollo de la investigación adquiriendo conocimientos relativos a la predicción del comportamiento de un sistema, bajo diferentes condiciones, pudiendo ser implementado hasta obtener resultados prácticamente reales. La simulación es un instrumento útil en sistemas cuyo análisis matemático resulta demasiado complejo y sería muy costoso trabajar con el sistema físico real.

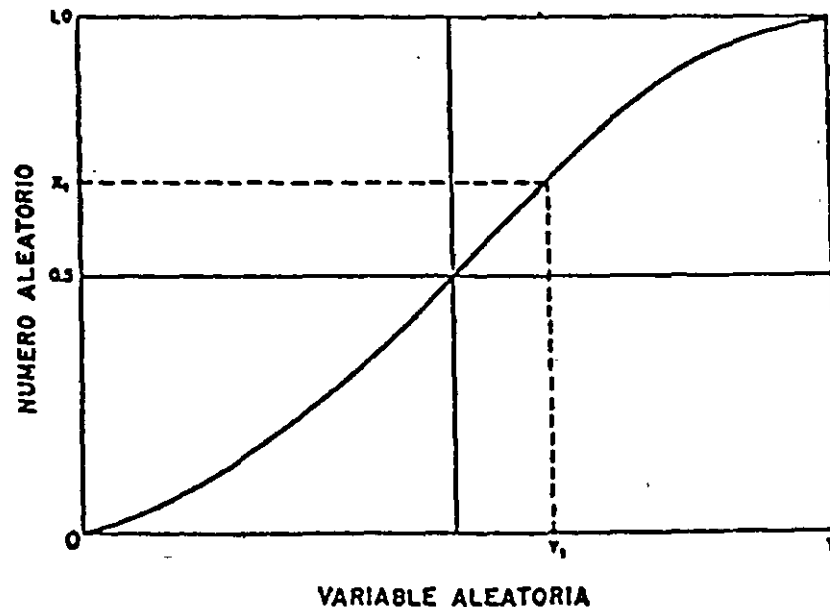
En los sistemas de distribución subterránea se ve la conveniencia de hacer uso de la simulación para la predicción en la aparición de carga, ya que éstos no siguen una ley determinística si no una combinación de eventos probabilísticos complejos, debido a procesos aleatorios.

- METODO MONTE CARLO

El método de Monte Carlo, es un método de simulación con el cual se hacen observaciones aleatorias a partir de una distribución probabilística.

El procedimiento del método sigue los siguientes puntos:

- 1.- Graficar la función de probabilidades relativas acumuladas.
- 2.- Obtener un número  $X_1$  al azar entre 0 y 1, con tantos decimales como se desee.
- 3.- El número  $X_1$  del punto 2, se localizará en el eje de las ordenadas y se proyectará horizontalmente hasta cortar en un punto a la función, proyectándolo a su vez sobre el eje de las abscisas, en donde se podrá leer el valor  $Y_1$ , como se muestra en la siguiente figura:



## - PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Para el establecimiento preciso del problema es necesario crear el modelo del sistema de distribución subterráneo, que nos permitirá predecir en que año y en que lugar aparecerán cargas eléctricas puntuales, ocasionadas por las construcciones en lotes disponibles. Las nuevas cargas puntuales serán conectadas a los alimentadores en Mediana Tensión de la zona, llevándose un balance de éstos y así obtener un crecimiento uniforme de la carga, debido al crecimiento vertical (o puntual) y horizontal (o natural) de la carga.

Como se ve el crear este modelo no es sencillo, ya que intervienen una gran cantidad de condiciones que no pueden ser expresadas en forma matemática por ser de carácter fortuito o aleatorio, es por esto que en este caso se propone el procedimiento de simulación que establece el Método de Montecarlo y que es aplicable a una red subterránea. En el diagrama de flujo siguiente se muestran los pasos a seguir con detalle.

## - ANTECEDENTES DE UNA RED SUBTERRANEA.

De estudios previos a una red de distribución subterránea se conoce:

- 1.- Límites de la zona
- 2.- Zonas vecinas en cables subterráneos
- 3.- Voltaje de operación
- 4.- Número de alimentadores en alta tensión
- 5.- Capacidad de corriente de alimentadores en alta y baja tensión
- 6.- Cantidad y capacidad de transformadores
- 7.- Estructura de alta y baja tensión

Así como:

- 1.- Densidad de carga
- 2.- Tasa histórica de crecimiento de la carga



El modelo de la red de distribución subterránea tiene las siguientes funciones PROBABILÍSTICAS:

- 1.- Número de subestaciones que aparecen por año
- 2.- Lotes disponibles para construcción
- 3.- Capacidad en kVA de las subestaciones

Los tres submodelos anteriores son creados al hacer la aproximación de curvas sobre el histograma de frecuencias relativas acumuladas que nos representan a cada uno de ellos.

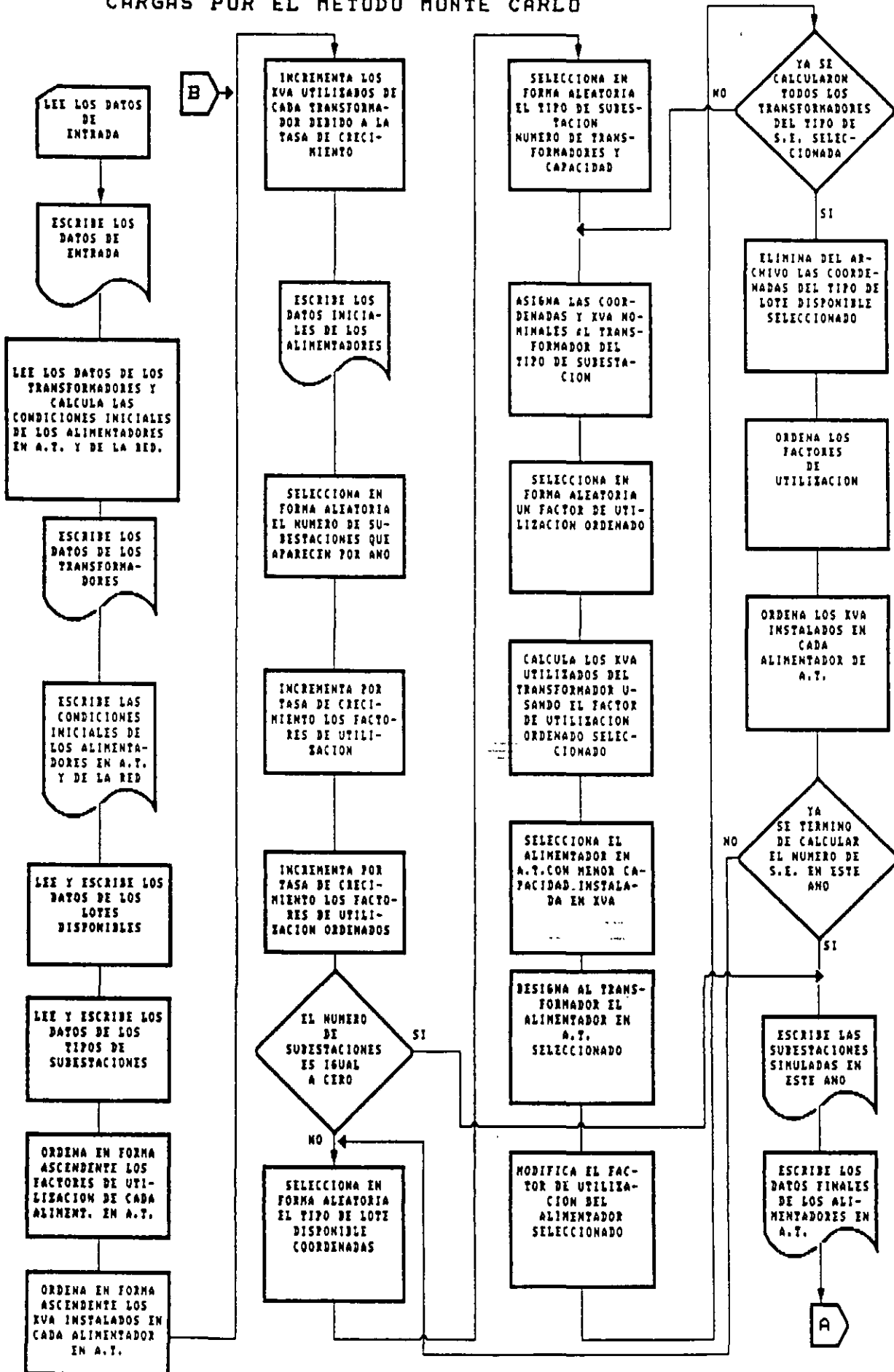
El método de Monte-Carlo como técnica de simulación aplicada a redes subterráneas es de suma utilidad, convirtiéndose de hecho en una herramienta de toma de decisiones ya que puede predecir:

- Número de subestaciones que aparecerán por año.
- Lugar preciso en donde aparecerán cada una de estas nuevas subestaciones.
- Cantidad y capacidad de los transformadores de cada una de las subestaciones.
- Año de saturación de la red en estudio, en los alimentadores de Mediana Tensión y Banco de las Subestaciones de Potencia.

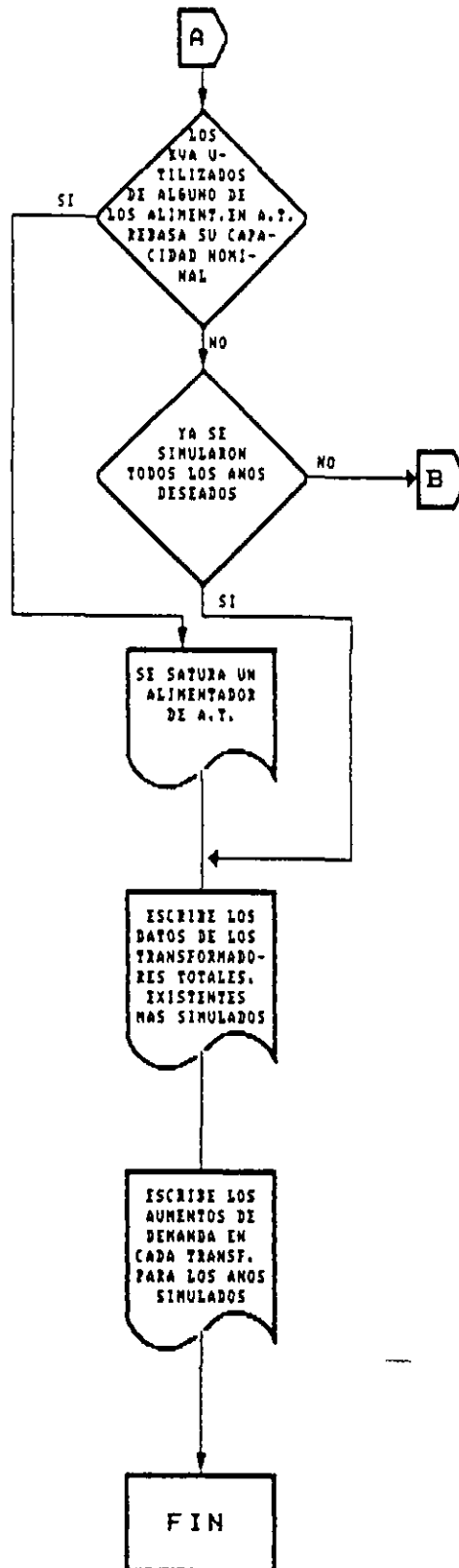
Todo lo anterior se logra basándose en los conocimientos que se tienen del sistema a simular, auxiliándose de la probabilidad y estadística matemática. Con los datos anteriores se desarrolla una función de probabilidades relativa acumulada, sobre la cual se hacen muestreos aleatorios, ya que como se sabe, un sistema de distribución no tendrá nunca un comportamiento determinístico.

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PREDICCIÓN DE CARGAS POR EL METODO MONTE CARLO

(H 1 de 2)



### DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PREDICCIÓN DE CARGAS POR EL MÉTODO MONTE CARLO



## EJEMPLO DE APLICACION. RED VERONICA.

Como se mencionó en páginas anteriores de este estudio, la de ci si ón de invertir en una red subterránea implica un estudio de ta ll ado de las cargas, zonas, forma geométrica, lo ca li za ci ón pu nt ua l de cargas futuras, etc. Una decisión equivocada involucra posibles pérdidas económicas y molestias a los usuarios.

El método de Monte-Carlo aplicado como herramienta de planeación en redes subterráneas permite considerar algunas de las va ria bl es heurísticas que otros métodos no consideran ya que se pueden obtener reportes de las condiciones actuales en que está operando la red y por medio de la simulación las posibles necesidades de inversión en equipo, expansión y material a corto y mediano plazos, ya que se tiene un control estadístico de cr ec im ie nto de carga en la zona en el tiempo, así como los lugares posibles o probables de aparición de las cargas.

Dada la importancia que tiene la Zona Rosa dentro de la Ciudad de México y su posible expansión futura, se seleccionó la RED VERONICA para la aplicación de este método.

### DATOS GENERALES DE LA RED

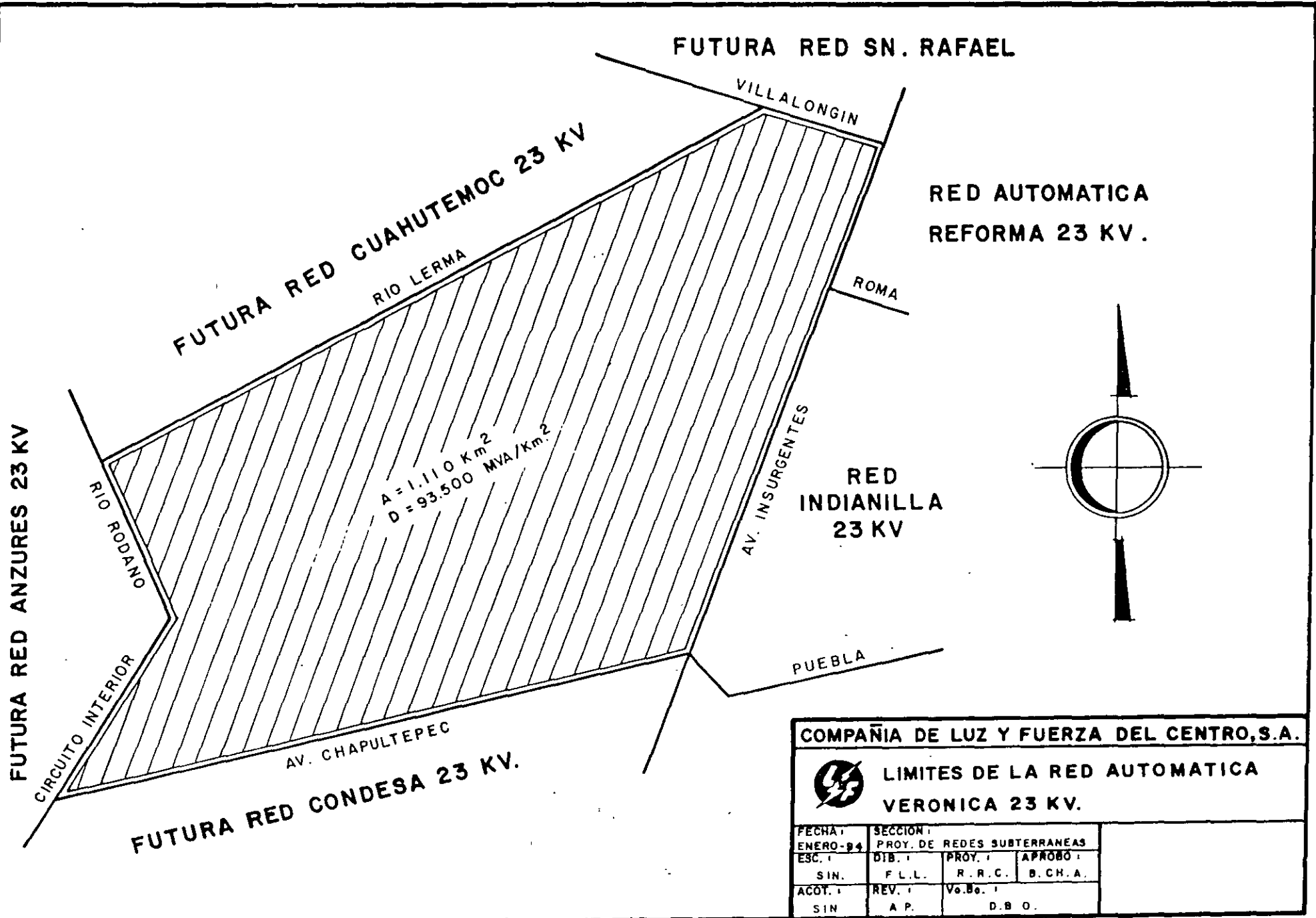
Los límites geográficos de la Red Automática Verónica 23 kV. son:

- Al Norte : Río Lerma y Villalongin
- Al Sur : Av. Chapultepec
- Al Oriente : Av. Insurgentes
- Al Poniente : Río Rodano y Circuito Interior

Con una superficie de: 1.11 km<sup>2</sup>.

En la red se encuentran instaladas: 101 subestaciones, tipo bóve da y tipo interior, con un total de 166 transformadores.

La densidad de carga es de: 93:38 MVA/ km<sup>2</sup>.



$A = 1.110 \text{ Km}^2$   
 $D = 93.500 \text{ MVA/Km}^2$

COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, S.A.



LIMITES DE LA RED AUTOMATICA  
VERONICA 23 KV.

FECHA:	SECCION:		
ENERO-94	PROY. DE REDES SUBTERRANEAS		
ESC.:	DIB.:	PROY.:	APROBO:
SIN.	F.L.L.	R.R.C.	B.C.H.A.
ACOT.:	REV.:	Vo.Bo.:	
SIN	A.P.		D.B.O.

Actualmente la Red Verónica se alimenta por seis (6) troncales de 10 MVA cada una, de dos bancos de 30 MVA. de la S.E. Huasteca.

En base a las demandas de los últimos 5 años se tiene una tasa de crecimiento de 2.55.

#### PROGRAMA DE SIMULACION

El programa de simulación requiere de los siguientes datos:

- Año en que se inicia la simulación.
- Número de años a simular.
- Número de alimentadores y capacidad.
- Número de transformadores instalados en la zona, ubicación geográfica, capacidades nominal y utilizada de cada uno.
- Tasa de crecimiento en los últimos 5 años.
- Número de lotes disponibles donde sea posible la aparición de S.E. nuevas, ubicación geográfica y clasificados de la siguiente forma:
  - Estacionamiento privado
  - Estacionamiento público
  - Taller mecánico
  - Edificio en ruinas
  - Lotes baldíos
  - Edificio en construcción

Tipo de subestaciones, tomando como base la siguiente clasificación:

- 3 transformadores de 750 kVA.
- 3 transformadores de 500 kVA.
- 2 transformadores de 750 kVA.
- 2 transformadores de 500 kVA.
- 1 transformador de 750 kVA.
- 1 transformador de 500 kVA.

También se proporcionan los modelos matemáticos de:

- Número de S.E. que aparecen por año.

$$f(x) = 4x$$

esta curva se obtiene de datos estadísticos de la aparición de subestaciones por año en los últimos años.

- Lotes disponibles.

$$f(x) = 6.3 \times 0.6006$$

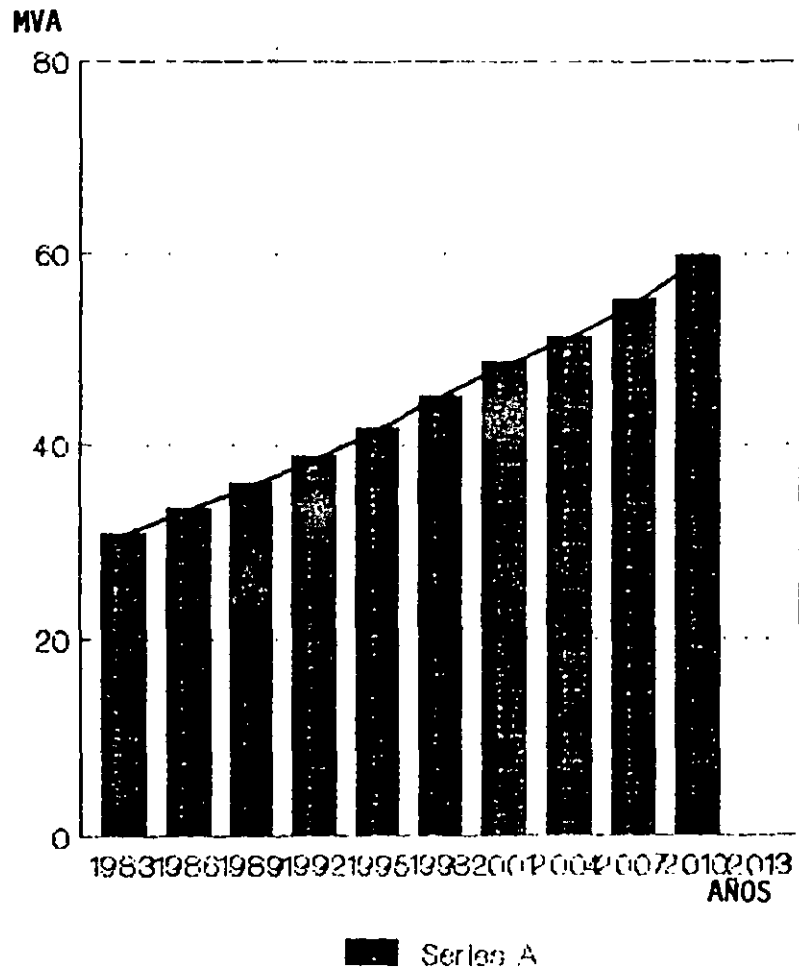
esta curva se obtiene dando valores probabilísticos de acuerdo a su factibilidad de necesidad de servicio eléctrico de acuerdo al tipo de lotes disponibles antes mencionados.

- Tipo de S.E.

$$f(x) = 6.0052 \times 0.3564$$

esta curva se obtiene de datos estadísticos de la capacidad de las subestaciones tipo que han aparecido en los últimos años.

# ANO DE SATURACION RED VERONICA 23 KV.



Tasa de Crecimiento = 2.55



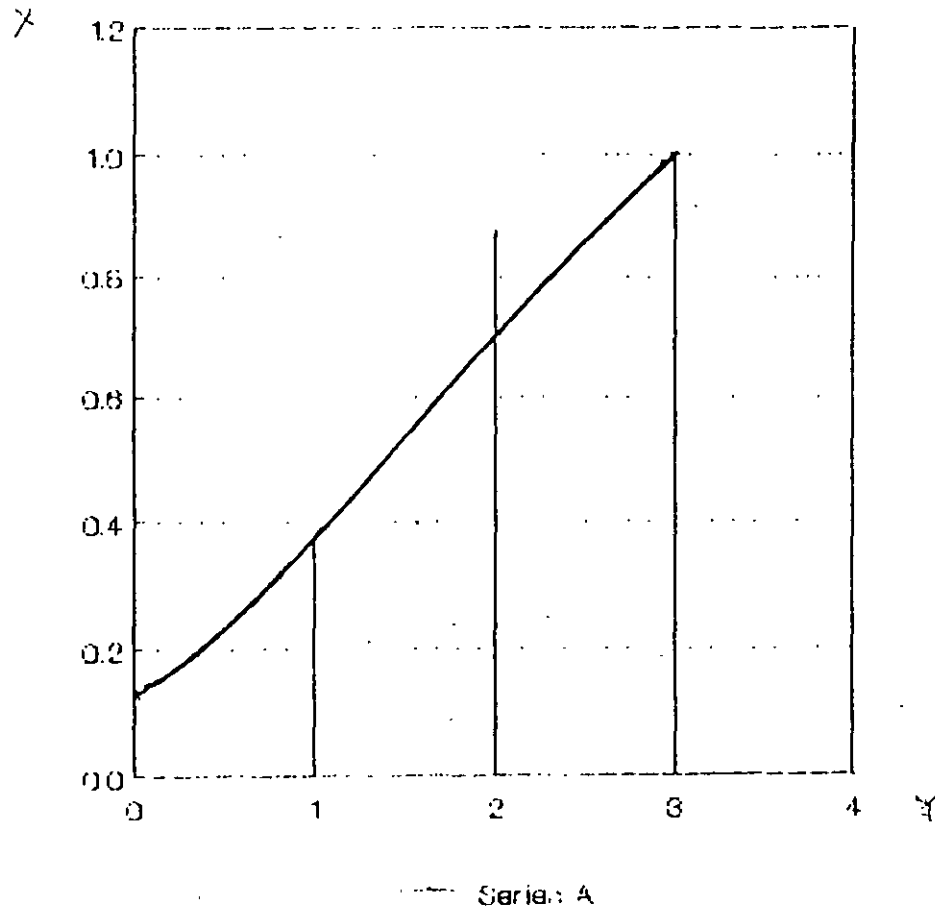
## DATOS HISTORICOS DE SE's POR AÑO

AÑO	No. DE SE's	CAPACIDADES EN KVAS
91	1	2x750
92	2	2x500, 1x750
93	2	1x750, 2x750
94	2	1x500, 2x500
95	3	1x500, 1x500, 1x750
96	2	1x500, 2x500
97	0	
98	1	1x750

MODELO HISTORICO  
DE SUBESTACIONES POR AÑO

Y	X		
NUMERO DE SUBESTACIONES POR AÑO	FRECUENCIAS DE SE/AÑO	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
0	1	0.125	0.125
1	2	0.250	0.375
2	4	0.5	0.875
3	1	0.125	1
TOTAL	8	1	

# NUMERO DE S.E./AÑO RED VERONICA 23 kV.



$$f(x) = 4 \cdot x$$

MODELO HISTORICO DE APARICION

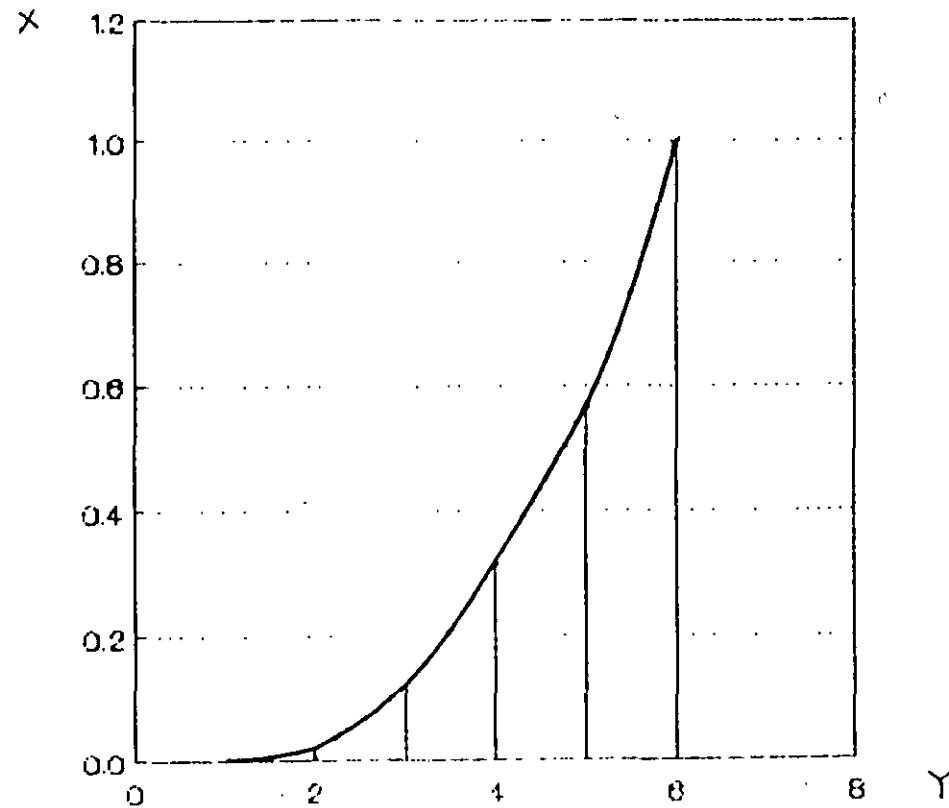
DE TIPO NORMALIZADO DE SE's

Y

X

TIPO DE SUBESTACION	NUMERO DE IDENTIFICACION	FRECUENCIA HISTORICA	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA ACUMULADA
3 x 750	1	0	0	0
3 x 500	2	0	0	0
2 x 750	3	2	0.153	0.153
2 x 500	4	3	0.230	0.383
1 x 750	5	4	0.307	0.69
1 x 500	6	4	0.307	1.00
TOTAL	8	13	1	

# TIPO DE S.E. RED VERONICA 23 kV.



Series: A

$$f(x) = 0.0052 \cdot x \exp(-0.3364x)$$

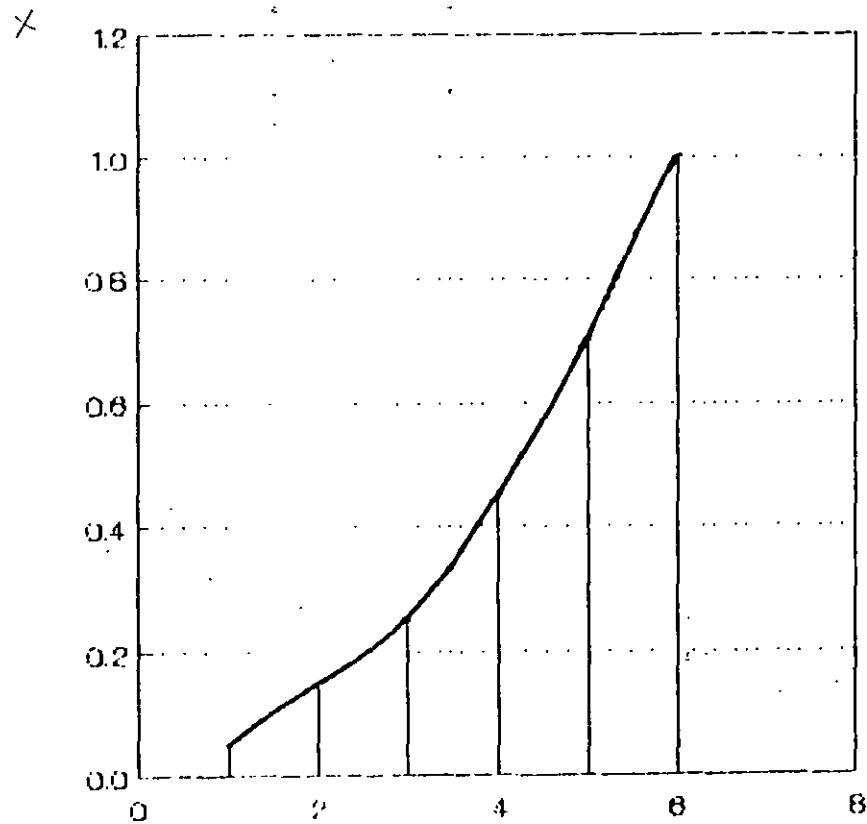
## MODELO PROBABILISTICO DE UTILIZACION DE TIPO DE LOTE

TIPO DE LOTE	N. DE IDENTIFICACION	PESO PROBABILISTICO	FRECUENCIA RELATIVA	FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA
ESTACIONAMIENTO PRIVADO	1	1	0.05	0.05
ESTACIONAMIENTO PUBLICO	2	2	0.10	0.15
TALLER MECANICO	3	2	0.10	0.25
EDIFICIO EN RUINAS	4	4	0.20	0.45
LOTE BALDIO	5	5	0.25	0.70
EDIFICIO EN CONSTRUCCION	6	6	0.30	1.00
TOTAL		20	1	1

# LOTES DISPONIBLES

## RED VERONICA 23 kV.

PROBABILIDAD DE UTILIZACION  
DE LOTES



Series A

$$f(x) = 0.30 \cdot x \exp(-0.60)$$

No. IDENTIFICACION

## REPORTES DEL PROGRAMA

Al ejecutarse el programa entrega un reporte de la información proporcionada siguiente:

- Los transformadores existentes instalados en la red. Indicando: ubicación geográfica, capacidad nominal, capacidad utilizada actual y alimentador al que está conectado.
- Lotes disponibles. Indicando: ubicación geográfica, índice probabilístico de acuerdo a su clasificación como lote disponible y un número secuencial dentro de esa clasificación.
- Un reporte del estado actual que guarda la red en su conjunto, esto es: se indica cada "ALIMENTADOR" (balance de alimentadores) los "kVA's INSTALADOS", "kVA's UTILIZADOS" (demanda) y "FACTOR DE UTILIZACION", estos mismos datos se dan para toda la red (balance de red).

## PROCESO DE SIMULACION

### DATOS INICIALES

Se proporciona los datos iniciales en el año que se simula, el balance de los alimentadores al inicio de ese año, indicando "ALIMENTADOR", "kVA's INSTALADOS", "kVA's UTILIZADOS", y "FACTOR DE UTILIZACION".

### SUBESTACIONES DE PROBABLE APARICION

Se reportan las subestaciones de probable aparición, en donde el "NO. DE R.T." es el número secuencial del transformador a partir del total de los existentes, las "COORDENADAS" de su ubicación topográfica de acuerdo con el Lote Disponible seleccionado, "kVA's NOMINALES" en base al tipo de subestación seleccionada, "kVA's UTILIZADOS" tomando en forma aleatoria los factores de utilización de los alimentadores de la red para estimar la utilización de cada transformador simulado y el "NO. DE ALIMENTADOR" al que estará conectado el nuevo transformador simulado, en base al balance de los kVA's instalados del alimentador con menor capacidad instalada.



## **DATOS FINALES**

En este reporte se indica el estado final de los alimentadores para el año simulados, teniéndose: "ALIMENTADOR", "kVA's INSTALADOS", "kVA's UTILIZADOS", "FACTOR DE UTILIZACION", debe notarse que los kVA's instalados han sido modificados por incluir los transformadores nuevos simulados, al igual los kVA's utilizados debido a el efecto de la tasa de crecimiento natural de la red, asi como los kVA's demandados por cada transformador simulado. Esto origina la correspondiente modificación del factor de utilización por alimentador.

## **REPORTE ADICIONAL**

Es un reporte final se proporciona el estado en que se encuentran los transformadores iniciales y simulados al final del cálculo. En el se indica: "NO." secuencial del transformador, "COORDENADAS" de la ubicación geográfica, "ALIMENTADOR" al que esta o estara conectado el transformador, "kVA's NOMINALES" de cada transformador, "kVA's UTILIZADOS POR AÑO" incluyendo el año inicial hasta el año de la ultima simulación.

Conviene hacer notar que todos los transformadores existentes y los simulados a partir de su aparición son afectados por la tasa de crecimiento natural de la red.

| RED AUTOMATICA VERONICA 23 kv.

AÑO EN QUE SE INICIA LA SIMULACION 1|

|NUMERO DE AÑOS A CALCULAR 5

NUMERO DE ALIMENTADORES EN LA RED 6|

|CAPACIDAD DE CADA ALIMENTADOR 10000 kVA.

NUMERO DE TRANSFORMADORES AL INICIO DE LA SIMULACION 166|

|TASA DE CRECIMIENTO 2.550

NUMERO DE LOTES DISPONIBLES 93|

|NUMERO DE INTERVALOS PARA LOS LOTES DISPONIBLES 6

MAXIMO NUMERO DE LOTES POR INTERVALO 36|

|NUMERO DE SUBESTACIONES TIPO 6

NUMERO DE INTERVALOS PARA SUBESTACIONES TIPO 6

DATOS PARA EL AÑO 0

NO.	COORDENADAS	kVA's.NOMINALES	kVA's.UTILIZADOS	NO.ALIM.
1	4782 7761	750	262	2
2	4782 5574	500	198	6
	4782 6765	500	217	4
	0 6548	750	206	4
5	4782 7651	500	110	1
6	0 0	500	205	5
7	4883 4209	500	156	3
8	4883 4210	500	175	6
9	4783 4	300	8	3
10	4782 5254	500	232	4
11	4782 5542	500	137	2
12	4782 5541	500	129	3
13	4782 7643	500	160	6
14	4782 8178	500	270	2
15	4782 7666	500	255	6
16	4782 6546 <	750	329	5
17	4782 6437	750	251	6
18	4782 6436	750	262	4
19	4782 8682	500	354	5
20	4783 1	750	176	3
21	4782 9300	750	213	1
22	4782 8729	750	262	5
23	4782 8728	750	191	2
24	4782 5180	500	144	1
25	4782 5181	500	141	5
26	4883 2018	500	152	4
27	4782 7241	500	141	3
28	4782 7242	500	148	6
	4781 3159	300	152	6
	4781 3059	300	140	3
31	4782 6384	500	201	3
32	4782 6785	500	202	5
33	4782 5574 <	750	168	6
34	4782 5575	750	150	5
35	4782 5576	750	172	4
36	4782 5460	750	284	1
37	4782 5464	750	143	2
38	4782 5466	750	281	6
39	4782 7487	750	236	1
40	4782 7488	750	239	3
41	4782 7489	750	198	6
42	4882 1682	500	274	2
43	4782 771	750	382	5
44	4782 6834	500	304	4
45	4782 6835	500	190	6
46	4782 6562	750	239	6
47	4782 6563	750	232	5
48	4782 4637	500	163	2
49	4782 4219	500	122	1
50	4782 4013	500	173	6
51	4883 610	500	171	3
52	4782 9589	750	191	4
53	4782 9590	750	198	1
	4782 7696	500	251	4
	4883 186	500	250	2
56	4883 3823	300	102	6
57	4883 3723	300	95	2
58	4883 3314	750	198	3
59	4883 3413	750	213	2
60	4883 3512	750	213	1
61	4883 1304	500	129	6

62	4883	1404	500	129	5
63	4882	1987	500	217	3
64	4882	1681	750	228	5
65	4882	1883	750	228	4
66	4882	3209	750	247	1
67	4882	1875	750	131	2
68	4882	1875	750	202	5
69	4782	9974	750	367	3
70	4782	9874	750	363	4
71	4882	1164	750	183	4
72	4882	562	500	144	5
73	4782	9262	300	274	6
74	4882	1056	500	202	5
75	4882	956	500	202	2
76	4782	8963	750	120	5
77	4782	8964	750	74	4
78	4782	1	750	116	3
79	4882	653	750	198	2
80	4882	654	750	209	3
81	4882	553	750	228	4
82	4882	554	750	247	5
83	4781	7726	750	59	3
84	4782	7648	750	37	6
85	4782	7647	750	26	4
86	4782	8729	750	228	4
87	4782	8730	750	224	2
88	4782	7332	750	322	1
89	4782	7331	750	322	3
90	4782	8320	750	131	1
91	4782	8319	750	135	5
92	4782	6923	500	144	2
93	4782	8013	750	419	4
94	4782	8013	750	607	2
95	4782	8015	750	0	6
96	4782	7018	750	359	2
97	4782	7019	750	404	5
98	4782	7020	750	445	6
99	4782	7021	750	378	1
100	4782	7708	500	122	2
101	4782	7607	750	117	3
102	4782	7606	750	138	5
103	4781	6970	500	312	1
104	4781	6888	500	274	2
105	4781	6989	500	289	3
106	4781	5792	750	206	6
107	4781	5793	750	187	3
108	4781	4074	300	99	4
109	4781	4464	750	296	1
110	4781	4265	750	284	2
111	4781	4565	750	303	4
112	4781	5257	750	243	4
113	4781	5258	750	206	5
114	4782	8446	500	198	3
115	4781	8730	750	74	1
116	4781	8729	750	0	5
117	4782	9743	750	479	1
118	4782	9742	750	389	3
119	4782	9644	750	442	4
120	4782	9645	750	427	5
121	4782	5322	500	123	1
122	4782	4725	500	118	6
123	4782	4427	500	160	4
124	4782	6815	500	186	3

125	4882	2386	500	259	2
126	4882	3185	500	236	1
127	0	0	750	292	3
128	0	0	750	307	2
	0	0	750	311	1
	4781	7583	750	322	6
131	4781	7582	750	299	3
132	4781	7581	750	303	2
133	4781	7675	500	163	4
134	4781	6265	500	167	6
135	4782	8923	750	202	5
136	4782	7494	500	156	5
137	4782	2797	750	371	4
138	4882	2796	750	352	3
139	4882	2695	750	356	2
140	4882	2595	750	363	1
141	4782	9510	500	95	2
142	4782	9410	500	95	6
143	4781	8890	500	122	5
144	4781	8285	500	202	1
145	4883	2707	750	284	4
146	4781	8485	750	89	2
147	4781	8285	750	104	5
148	4781	7495	500	186	6
149	4883	2703	500	190	6
150	4782	8307	500	152	1
151	4781	5753	300	96	1
152	4882	1164	500	160	1
153	4882	330	500	247	3
154	4782	9633	500	208	1
	4782	9534	500	198	2
	4782	5701	500	198	4
157	4782	5007	500	152	2
158	4782	6111	750	206	5
159	4782	6111	750	194	1
160	4781	3081	500	148	3
161	4781	4791	500	167	1
162	4782	7427	500	190	5
163	4782	6932	500	177	2
164	4781	6989	750	270	3
165	4782	4745	500	91	3
166	4782	4645	500	110	6

|DATOS PARA EL AÑO 0

DATOS DE LOS ALIMENTADORES|

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	17050	5971	0.350
2	17800	6479	0.364
3	17850	5914	0.331
4	17050	5999	0.352
5	18500	5819	0.315
6	15400	4969	0.323

DATOS DE LA RED|

kVA.'s INSTALADOS	103650
kVA.'s UTILIZADOS	35151
F.U.	0.339

LOTES DISPONIBLES

NO.	COORDENADAS	PESO PROBABILISTICO	NO. SECUENCIAL
1	4882 3082 - 4	1	1
2	4781 8295 - 1	2	1
	4882 1968	3	1
	4782 9831 - 1	4	1
5	4782 8908 - 1	5	1
6	4882 3698 - 4	1	2
7	4882 2191 - 3	2	2
8	4782 5508	3 <	2 <
9	4882 2470 - 2	4	2 <
10	4782 9015 - 4	5	2
11	4882 2268	1	3
12	4782 7884	2	3
13	4882 1867	4	3
14	4782 9820 - 5	5	3
15	4782 8602	1	4
16	4782 8092	2	4
17	4882 2379	4	4
18	4782 8111	5	4
19	4782 9209	1	5
20	4882 493	2	5
21	4782 7778	4	5
22	4782 8716	5	5
23	4882 1357	1	6
24	4782 9596	2	6
25	4782 9989	4	6
26	4882 956	5	6
27	4882 1663	1	7
28	4782 9690	2	7
	4882 191	4	7
	4782 8049	5	7
31	4782 9889	2	8
32	4782 9793	4	8
33	4882 996	5	8
34	4882 1064	1	9
35	4781 5754	2	9
36	4782 9993	4	9
37	4882 996	5	9
38	4882 1879	1	10
39	4781 5458	2	10
40	4883 406	4	10
41	4882 997	5	10
42	4882 2589	1	11
43	4781 3675	2	11
44	4883 1203	4	11
45	4882 1097	5	11
46	4883 3010	1	12
47	4782 5001	2	12
48	4782 5201	4	12
49	4883 900	5	12
50	4782 7751	1	13
51	4781 4696	2	13
52	4782 3804	4	13
53	4883 1002	5	13
54	4883 102	1	14
	4782 3805	2	14
56	4782 3703	4	14
57	4883 1104	5	14
58	4781 6357	1	15
59	4782 4412	2	15
60	4782 5070	4	15
61	4883 1005	5	15

62	4781	5598	1	16
63	4782	4539	2	16
64	4782	7476	4<	16 <
65	4883	905	5	16
66	4781	3992	1	17
67	4782	6453	2<	17 <
68	4883	806	5	17
69	4781	3283	1	18
70	4883	806	5	18
71	4782	4305	1	19
72	4883	706	5	19
73	4782	6102	1	20
74	4883	208	5	20
75	4782	6511	1	21
76	4883	107	5	21
77	4782	4951	1<	22 <
78	4783	9905	5	22
79	4883	204	5	23
80	4883	301	5	24
81	4883	501	5	25
82	4882	598	5	26
83	4882	698	5	27
84	4882	798	5	28
85	4882	897	5	29
86	4781	6986	5	30
87	4782	4109	5	31
88	4782	4010	5	32
89	4782	3909	5	33
90	4782	4421	5	34
91	4782	4523	5	35
92	4782	5226	5<	36 <



|S.E. TIPO

NO.DE TRANSF.	CAPACIDAD EN kVA.	INTERVALO PROB.
3	750	1
3	500	2
2	750	3
2	500	4
1	750	5
1	500	6

\*\*\*\*\*SIMULACION PARA EL AÑO 1 \*\*\*\*\*

DATOS INICIALES			
ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	17050	5971	0.350
2	17800	6479	0.364
3	17850	5914	0.331
4	17050	5999	0.352
5	18500	5819	0.315
6	15400	4969	0.323

SUBESTACIONES DE PROBABLE APARICION				
NO.RT	COORDENADAS	kVA's. NOMINALES	kVA's. UTILIZADOS	NO.ALIM.
167	4781 8296	500	165	6
168	4781 8297	500	180	1
169	4782 9832	750	255	6
170	4782 8909	750	271	6

DATOS FINALES			
ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	17550	6304	0.359
2	17800	6644	0.373
3	17850	6065	0.340
4	17050	6152	0.361
5	18500	5967	0.323
6	17400	5787	0.333

\*\*\*\*\*SIMULACION PARA EL AÑO . 2 \*\*\*\*\*

DATOS INICIALES

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	17550	6304	0.359
2	17800	6644	0.373
3	17850	6065	0.340
4	17050	6152	0.361
5	18500	5967	0.323
6	17400	5787	0.333

SUBESTACIONES DE PROBABLE APARICION

NO. RT	COORDENADAS	kVA's. NOMINALES	kVA's. UTILIZADOS	NO. ALIM.
171	4882 2471	750	276	4

DATOS FINALES

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	17550	6464	0.368
2	17800	6814	0.383
3	17850	6219	0.348
4	17800	6585	0.370
5	18500	6120	0.331
6	17400	5934	0.341

\*\*\*\*\*SIMULACION PARA EL AÑO 3 \*\*\*\*\*

DATOS INICIALES

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	17550	6464	0.368
2	17800	6814	0.383
3	17850	6219	0.348
4	17800	6585	0.370
5	18500	6120	0.331
6	17400	5934	0.341

SUBESTACIONES DE PROBABLE APARICION

NO. RT	COORDENADAS	kVA's. NOMINALES	kVA's. UTILIZADOS	NO. ALIM.
172	4882 2192	750	283	6

DATOS FINALES

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	17550	6629	0.378
2	17800	6987	0.393
3	17850	6378	0.357
4	17800	6753	0.379
5	18500	6276	0.339
6	18150	6369	0.351

\*\*\*\*\*SIMULACION PARA EL AÑO 4 \*\*\*\*\*

DATOS INICIALES

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	17550	6629	0.378
2	17800	6987	0.393
3	17850	6378	0.357
4	17800	6753	0.379
5	18500	6276	0.339
6	18150	6369	0.351

SUBESTACIONES DE PROBABLE APARICION

NO. RT	COORDENADAS	kVA's. NOMINALES	kVA's. UTILIZADOS	NO. ALIM.	
173	4882	3083	500	201	1
174	4882	3084	500	180	2
175	4782	9016	750	275	4
176	4882	3699	750	275	3

DATOS FINALES

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	18050	7000	0.388
2	18300	7345	0.401
3	18600	6816	0.366
4	18550	7200	0.388
5	18500	6436	0.348
6	18150	6531	0.360

\*\*\*\*\*SIMULACION PARA EL AÑO 5 \*\*\*\*\*

DATOS INICIALES

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	18050	7000	0.388
2	18300	7345	0.401
3	18600	6816	0.366
4	18550	7200	0.388
5	18500	6436	0.348
6	18150	6531	0.360

SUBESTACIONES DE PROBABLE APARICION

NO. RT	COORDENADAS	kVA's. NOMINALES	kVA's. UTILIZADOS	NO. ALIM.
177	4782 9821	500	188	1
178	4782 9822	500	178	6

DATOS FINALES

ALIMENTADOR	kVA's. INSTALADOS	kVA's. UTILIZADOS	F.U.
1	18550	7366	0.397
2	18300	7533	0.412
3	18600	6989	0.376
4	18550	7384	0.398
5	18500	6600	0.357
6	18650	6876	0.369

NO.	COORDE.			ALIM.	kVA's.NOM.					
kVA's.UTILIZADOS POR AÑO										
1	4782	7761	2	750	262	269	276	283	290	297
2	4782	5574	6	500	198	203	208	214	219	225
3	4782	6765	4	500	217	223	228	234	240	246
4	0	6548	4	750	206	211	217	222	228	234
5	4782	7651	1	500	110	113	116	119	122	125
6	0	0	5	500	205	210	216	221	227	233
7	4883	4209	3	500	156	160	164	168	173	177
8	4883	4210	6	500	175	179	184	189	194	198
9	4783	4	3	300	8	8	8	9	9	9
10	4782	5254	4	500	232	238	244	250	257	263
11	4782	5542	2	500	137	140	144	148	152	155
12	4782	5541	3	500	129	132	136	139	143	146
13	4782	7643	6	500	160	164	168	173	177	181
14	4782	8178	2	500	270	277	284	291	299	306
15	4782	7666	6	500	255	262	268	275	282	289
16	4782	6546	5	750	329	337	346	355	364	373
17	4782	6437	6	750	251	257	264	271	278	285
18	4782	6436	4	750	262	269	276	283	290	297
19	4782	8682	5	500	354	363	372	382	392	401
20	4783	1	3	750	176	180	185	190	195	200
21	4782	9300	1	750	213	218	224	230	236	242
22	4782	8729	5	750	262	269	276	283	290	297
23	4782	8728	2	750	191	196	201	206	211	217
24	4782	5180	1	500	144	148	151	155	159	163
25	4782	5181	5	500	141	145	148	152	156	160
26	4883	2018	4	500	152	156	160	164	168	172
27	4782	7241	3	500	141	145	148	152	156	160
28	4782	7242	6	500	148	152	156	160	164	168
29	4781	3159	6	300	152	156	160	164	168	172
30	4781	3059	3	300	140	144	147	151	155	159
31	4782	6384	3	500	201	206	211	217	222	228
32	4782	6785	5	500	202	207	212	218	223	229
33	4782	5574	6	750	168	172	177	181	186	191
34	4782	5575	5	750	150	154	158	162	166	170
35	4782	5576	4	750	172	176	181	185	190	195
36	4782	5460	1	750	284	291	299	306	314	322
37	4782	5464	2	750	143	147	150	154	158	162
38	4782	5466	6	750	281	288	296	303	311	319
39	4782	7487	1	750	236	242	248	255	261	268
40	4782	7488	3	750	239	245	251	258	264	271
41	4782	7489	6	750	198	203	208	214	219	225
42	4882	1682	2	500	274	281	288	296	303	311
43	4782	771	5	750	382	392	402	412	422	433
44	4782	6834	4	500	304	312	320	328	336	345
45	4782	6835	6	500	190	195	200	205	210	215
46	4782	6562	6	750	239	245	251	258	264	271
47	4782	6563	5	750	232	238	244	250	257	263
48	4782	4637	2	500	163	167	171	176	180	185
49	4782	4219	1	500	122	125	128	132	135	138
50	4782	4013	6	500	173	177	182	187	191	196
51	4883	610	3	500	171	175	180	184	189	194
52	4782	9589	4	750	191	196	201	206	211	217
53	4782	9590	1	750	198	203	208	214	219	225
54	4782	7696	4	500	251	257	264	271	278	285
55	4883	186	2	500	250	256	263	270	276	284
56	4883	3823	6	300	102	105	107	110	113	116
57	4883	3723	2	300	95	97	100	102	105	108
58	4883	3314	3	750	198	203	208	214	219	225
59	4883	3413	2	750	213	218	224	230	236	242
60	4883	3512	1	750	213	218	224	230	236	242
61	4883	1304	6	500	129	132	136	139	143	146

62	4883	1404	5	500	129	132	136	139	143	146
63	4882	1987	3	500	217	223	228	234	240	246
64	4882	1681	5	750	228	234	240	246	252	259
65	4882	1883	4	750	228	234	240	246	252	259
66	4882	3209	1	750	247	253	260	266	273	280
67	4882	1875	2	750	131	134	138	141	145	149
68	4882	1875	5	750	202	207	212	218	223	229
69	4782	9974	3	750	367	376	386	396	406	416
70	4782	9874	4	750	363	372	382	391	401	412
71	4882	1164	4	750	183	188	192	197	202	208
72	4882	562	5	500	144	148	151	155	159	163
73	4782	9262	6	300	274	281	288	296	303	311
74	4882	1056	5	500	202	207	212	218	223	229
75	4882	956	2	500	202	207	212	218	223	229
76	4782	8963	5	750	120	123	126	129	133	136
77	4782	8964	4	750	74	76	78	80	82	84
78	4782	1	3	750	116	119	122	125	128	132
79	4882	653	2	750	198	203	208	214	219	225
80	4882	654	3	750	209	214	220	225	231	237
81	4882	553	4	750	228	234	240	246	252	259
82	4882	554	5	750	247	253	260	266	273	280
83	4781	7726	3	750	59	61	62	64	65	67
84	4782	7648	6	750	37	38	39	40	41	42
85	4782	7647	4	750	26	27	27	28	29	29
86	4782	8729	4	750	228	234	240	246	252	259
87	4782	8730	2	750	224	230	236	242	248	254
88	4782	7332	1	750	322	330	339	347	356	365
89	4782	7331	3	750	322	330	339	347	356	365
90	4782	8320	1	750	131	134	138	141	145	149
91	4782	8319	5	750	135	138	142	146	149	153
92	4782	6923	2	500	144	148	151	155	159	163
93	4782	8013	4	750	419	430	441	452	463	475
94	4782	8013	2	750	607	622	638	655	671	688
95	4782	8015	6	750	0	0	0	0	0	0
96	4782	7018	2	750	359	368	378	387	397	407
97	4782	7019	5	750	404	414	425	436	447	458
98	4782	7020	6	750	445	456	468	480	492	505
99	4782	7021	1	750	378	388	398	408	418	429
100	4782	7708	2	500	122	125	128	132	135	138
101	4782	7607	3	750	117	120	123	126	129	133
102	4782	7606	5	750	138	142	145	149	153	157
103	4781	6970	1	500	312	320	328	336	345	354
104	4781	6888	2	500	274	281	288	296	303	311
105	4781	6989	3	500	289	296	304	312	320	328
106	4781	5792	6	750	206	211	217	222	228	234
107	4781	5793	3	750	187	192	197	202	207	212
108	4781	4074	4	300	99	102	104	107	109	112
109	4781	4464	1	750	296	304	311	319	327	336
110	4781	4265	2	750	284	291	299	306	314	322
111	4781	4565	4	750	303	311	319	327	335	344
112	4781	5257	4	750	243	249	256	262	269	276
113	4781	5258	5	750	206	211	217	222	228	234
114	4782	8446	3	500	198	203	208	214	219	225
115	4781	8730	1	750	74	76	78	80	82	84
116	4781	8729	5	750	0	0	0	0	0	0
117	4782	9743	1	750	479	491	504	517	530	543
118	4782	9742	3	750	389	399	409	420	430	441
119	4782	9644	4	750	442	453	465	477	489	501
120	4782	9645	5	750	427	438	449	461	472	484
121	4782	5322	1	500	123	126	129	133	136	140
122	4782	4725	6	500	118	121	124	127	131	134
123	4782	4427	4	500	160	164	168	173	177	181

62	4883	1404	5	500	129	132	136	139	143	146
63	4882	1987	3	500	217	223	228	234	240	246
64	4882	1681	5	750	228	234	240	246	252	259
65	4882	1883	4	750	228	234	240	246	252	259
66	4882	3209	1	750	247	253	260	266	273	280
67	4882	1875	2	750	131	134	138	141	145	149
68	4882	1875	5	750	202	207	212	218	223	229
69	4782	9974	3	750	367	376	386	396	406	416
70	4782	9874	4	750	363	372	382	391	401	412
71	4882	1164	4	750	183	188	192	197	202	208
72	4882	562	5	500	144	148	151	155	159	163
73	4782	9262	6	300	274	281	288	296	303	311
74	4882	1056	5	500	202	207	212	218	223	229
75	4882	956	2	500	202	207	212	218	223	229
76	4782	8963	5	750	120	123	126	129	133	136
77	4782	8964	4	750	74	76	78	80	82	84
78	4782	1	3	750	116	119	122	125	128	132
79	4882	653	2	750	198	203	208	214	219	225
80	4882	654	3	750	209	214	220	225	231	237
81	4882	553	4	750	228	234	240	246	252	259
82	4882	554	5	750	247	253	260	266	273	280
83	4781	7726	3	750	59	61	62	64	65	67
84	4782	7648	6	750	37	38	39	40	41	42
85	4782	7647	4	750	26	27	27	28	29	29
86	4782	8729	4	750	228	234	240	246	252	259
87	4782	8730	2	750	224	230	236	242	248	254
88	4782	7332	1	750	322	330	339	347	356	365
89	4782	7331	3	750	322	330	339	347	356	365
90	4782	8320	1	750	131	134	138	141	145	149
91	4782	8319	5	750	135	138	142	146	149	153
92	4782	6923	2	500	144	148	151	155	159	163
93	4782	8013	4	750	419	430	441	452	463	475
94	4782	8013	2	750	607	622	638	655	671	688
95	4782	8015	6	750	0	0	0	0	0	0
96	4782	7018	2	750	359	368	378	387	397	407
97	4782	7019	5	750	404	414	425	436	447	458
98	4782	7020	6	750	445	456	468	480	492	505
99	4782	7021	1	750	378	388	398	408	418	429
100	4782	7708	2	500	122	125	128	132	135	138
101	4782	7607	3	750	117	120	123	126	129	133
102	4782	7606	5	750	138	142	145	149	153	157
103	4781	6970	1	500	312	320	328	336	345	354
104	4781	6888	2	500	274	281	288	296	303	311
105	4781	6989	3	500	289	296	304	312	320	328
106	4781	5792	6	750	206	211	217	222	228	234
107	4781	5793	3	750	187	192	197	202	207	212
108	4781	4074	4	300	99	102	104	107	109	112
109	4781	4464	1	750	296	304	311	319	327	336
110	4781	4265	2	750	284	291	299	306	314	322
111	4781	4565	4	750	303	311	319	327	335	344
112	4781	5257	4	750	243	249	256	262	269	276
113	4781	5258	5	750	206	211	217	222	228	234
114	4782	8446	3	500	198	203	208	214	219	225
115	4781	8730	1	750	74	76	78	80	82	84
116	4781	8729	5	750	0	0	0	0	0	0
117	4782	9743	1	750	479	491	504	517	530	543
118	4782	9742	3	750	389	399	409	420	430	441
119	4782	9644	4	750	442	453	465	477	489	501
120	4782	9645	5	750	427	438	449	461	472	484
121	4782	5322	1	500	123	126	129	133	136	140
122	4782	4725	6	500	118	121	124	127	131	134
123	4782	4427	4	500	160	164	168	173	177	181
124	4782	6815	3	500	186	191	196	201	206	211



125	4882	2386	2	500	259	266	272	279	286	294
126	4882	3185	1	500	236	242	248	255	261	268
127	0	0	3	750	292	299	307	315	323	331
128	0	0	2	750	307	315	323	331	340	348
1	0	0	1	750	311	319	327	335	344	353
1	4781	7583	6	750	322	330	339	347	356	365
131	4781	7582	3	750	299	307	314	322	331	339
132	4781	7581	2	750	303	311	319	327	335	344
133	4781	7675	4	500	163	167	171	176	180	185
134	4781	6265	6	500	167	171	176	180	185	189
135	4782	8923	5	750	202	207	212	218	223	229
136	4782	7494	5	500	156	160	164	168	173	177
137	4782	2797	4	750	371	380	390	400	410	421
138	4882	2796	3	750	352	361	370	380	389	399
139	4882	2695	2	750	356	365	374	384	394	404
140	4882	2595	1	750	363	372	382	391	401	412
141	4782	9510	2	500	95	97	100	102	105	108
142	4782	9410	6	500	95	97	100	102	105	108
143	4781	8890	5	500	122	125	128	132	135	138
144	4781	8285	1	500	202	207	212	218	223	229
145	4883	2707	4	750	284	291	299	306	314	322
146	4781	8485	2	750	89	91	94	96	98	101
147	4781	8285	5	750	104	107	109	112	115	118
148	4781	7495	6	500	186	191	196	201	206	211
149	4883	2703	6	500	190	195	200	205	210	215
150	4782	8307	1	500	152	156	160	164	168	172
151	4781	5753	1	300	96	98	101	104	106	109
152	4882	1164	1	500	160	164	168	173	177	181
153	4882	330	3	500	247	253	260	266	273	280
154	4782	9633	1	500	208	213	219	224	230	236
	4782	9534	2	500	198	203	208	214	219	225
	4782	5701	4	500	198	203	208	214	219	225
157	4782	5007	2	500	152	156	160	164	168	172
158	4782	6111	5	750	206	211	217	222	228	234
159	4782	6111	1	750	194	199	204	209	215	220
160	4781	3081	3	500	148	152	156	160	164	168
161	4781	4791	1	500	167	171	176	180	185	189
162	4782	7427	5	500	190	195	200	205	210	215
163	4782	6932	2	500	177	182	186	191	196	201
164	4781	6989	3	750	270	277	284	291	299	306
165	4782	4745	3	500	91	93	96	98	101	103
166	4782	4645	6	500	110	113	116	119	122	125
167	4781	8296	6	500	0	165	170	174	178	183
168	4781	8297	1	500	0	180	185	190	195	200
169	4782	9832	6	750	0	255	261	268	275	282
170	4782	8909	6	750	0	271	278	285	292	299
171	4882	2471	4	750	0	0	276	283	291	298
172	4882	2192	6	750	0	0	0	283	291	298
173	4882	3083	1	500	0	0	0	0	201	206
174	4882	3084	2	500	0	0	0	0	180	185
175	4782	9016	4	750	0	0	0	0	275	282
176	4882	3699	3	750	0	0	0	0	275	282
177	4782	9821	1	500	0	0	0	0	0	188
178	4782	9822	6	500	0	0	0	0	0	178

## ANALISIS PREVIO DE RESULTADOS

El utilizar métodos probabilísticos con Sistemas de Distribución Subterráneos es totalmente novedoso en Luz y Fuerza. Es necesario por tanto, verificar sus resultados y establecer valores lo más cercano posible a la realidad; sin embargo, es una herramienta valiosa de planeación ya que proporciona no sólo un REPORTE DE LAS CONDICIONES ACTUALES de operación de la red sino las posibles NECESIDADES DE INVERSIONES en equipo y material para los próximos años.

Del ejemplo seleccionado se puede resumir que en los próximos 5 años se tendrán las siguientes necesidades:

	12 TRANSFORMADORES
DE LOS CUALES:	6 son de 750 kVA
	6 son de 500 kVA

Todos ellos en los Lotes Disponibles indicados por sus coordenadas y conectados a los alimentadores con mejor capacidad instalada, los cuales conllevan a un mejor balance de la red. La cantidad de metros de cable necesario se puede obtener directamente de los planos de la red.

Por otra parte se puede observar que los Factores de Utilización son muy bajos, así por ejemplo: si a un transformador de 750 kVA tiene un F.U. de 0.33 (F.U. de la red) en condiciones normales, al considerar una primera contingencia llegaría al 0.66, por tanto:

$$750 \text{ kVA} * 0.66 = 500 \text{ kVA}$$

Esto significa que probablemente convenga que todos los transformadores existentes y futuros no sobrepasen la capacidad de 500 kVA, ya que en condiciones normales el transformador estará trabajando al 50% de su capacidad (con máxima eficiencia) y para la primer contingencia está al 100% por un período corto.

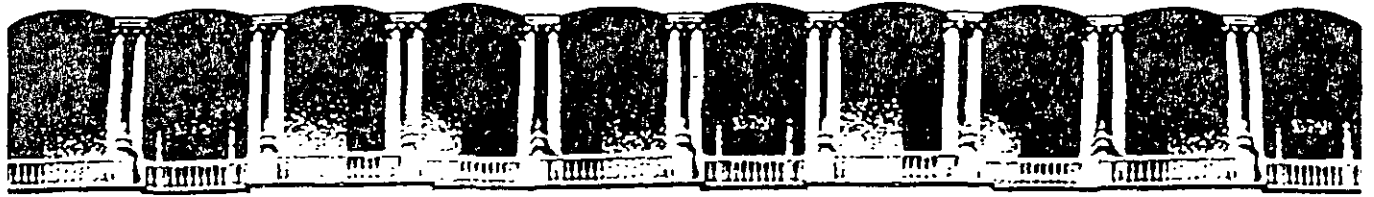
Es posible también observar los kVA's UTILIZADOS en la red son 35.15 MVA. en la red y dado que cada alimentador es de 10 MVA se tiene:

NO. ALIMENTADORES:  $\frac{35.15 \text{ MVA. en la red}}{10 \text{ MVA./alimentador}} = 3.515$  alimentadores

Por tanto la carga de toda la red podría ser llevada con cuatro (4) alimentadores, sin disminución de continuidad, y los alimentadores restantes dedicarlos a usuarios de Media Tensión con cargas puntuales elevadas.

Esto conlleva una disminución de inversiones en instalaciones, las cuales prácticamente no serán recuperadas en corto tiempo ya que como se mencionó la saturación de la red con la tasa de crecimiento actual de 2.55 será hasta el año 2011.

Es claro que este proceso de simulación es dinámico al igual que las necesidades de carga de los usuarios, por lo que se recomienda sea ejecutado una vez por año o cada vez que se prevean cambios importantes de las condiciones técnico-económicas en la red.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

*CURSOS ABIERTOS*

*DIPLOMADO EN INSTALACIONES  
ELECTRICAS*

*MODULO I  
CA 133*

*SISTEMAS DE DISTRIBUCION  
ELECTRICAS*

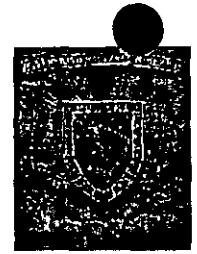
*TEMA*

*PENSAMIENTO SISTEMATICO*

**EXPOSITOR: ING. A. CONRADO GARCIA PASTRANA  
PALACIO DE MINERIA  
SEPTIEMBRE DEL 2002**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



**PENSAMIENTO SISTÉMICO APLICADO  
AL MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION EN  
LUZ Y FUERZA DEL CENTRO**



- BIBLIOGRAFIA:**
- PETER M SENGE, "THE FIVE DISPLINE"
  - JAMES L. RITCHIE – DUNHAM AND HAL RABBINO, "MANAGING FORM CLARITY"
  - "ADMINISTRACION CON CLARIDAD " TRABAJO PRESENTADO EN JULIO DEL 2001 EN COMPAÑIA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO POR CONRADO GARCIA MADRID Y ANNABEL MEMBRILLO

# PENSAMIENTO SISTÉMICO APLICADO AL MANTENIMIENTO DE LAS REDES DE DISTRIBUCION EN LUZ Y FUERZA DEL CENTRO



## INDICE

### **I INTRODUCCIÓN**

- 1.- Problemática
- 2.- Alternativas
- 3.- Pensamiento sistémico

### **II BARRERAS DEL APRENDIZAJE**

- 1.- Yo soy mi puesto
- 2.- El enemigo externo
- 3.- La ilusión de hacerse cargo
- 4.- La fijación en los hechos
- 5.- La ilusión de que “ Se aprende con la experiencia “
- 6.- El mito del equipo administrativo

### **III LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO**

- 1.- Los problemas de hoy derivan de las soluciones de ayer
- 2.- Cuanto más se presiona, mas presiona el sistema
- 3.- La conducta mejora antes de empeorar
- 4.- El camino fácil lleva al mismo lugar
- 5.- La cura puede ser peor que la enfermedad
- 6.- Lo mas rápido es lo mas lento
- 7.- La causa y el efecto no están próximos en el tiempo y el espacio
- 8.- Los cambios pequeños pueden producir grandes resultados, pero las zonas de mayor apalancamiento a menudo son las menos obvias
- 9.- Se puede alcanzar dos metas aparentemente contradictorias
- 10.- Dividir un elefante por la mitad no genera dos elefantes pequeños
- 11.- No hay culpa

**PENSAMIENTO SISTÉMICO APLICADO AL MANTENIMIENTO  
DE LAS REDES DE DISTRIBUCION EN  
LUZ Y FUERZA DEL CENTRO**



**INDICE**

**IV CIMIENTOS DE UNA ORGANIZACIÓN QUE APRENDE**

- 1.- Dominio personal
- 2.- Modelos mentales
- 3.- Visión compartida
- 4.- Aprendizaje en equipo
- 5.- Quinta disciplina: Pensamiento sistémico

**V INTRODUCCIÓN AL PENSAMIENTO SISTÉMICO**

- 1.- Ciclo de Toma de decisiones
- 2.- Lenguajes del pensamiento sistémico

**VI ESTRUCTURANDO UN MODELO PARA EL AREA DE MANTENIMIENTO  
DE REDES DE DISTRIBUCIÓN EN LUZ Y FUERZA DEL CENTRO**

- 1.- Meta global
- 2.- Recursos
- 3.- Acciones
- 4.- Estructura
- 5.- Personas



## **I.- INTRODUCCIÓN**

**Históricamente, las áreas de mantenimiento de las redes de Distribución de Luz y Fuerza del Centro, han enfrentado un gran reto: Disminuir la gran cantidad de fallas ocurridas en el proceso de distribución de la energía eléctrica. Los responsables del mantenimiento tienen que decidir como y en donde aplicar los recursos disponibles para maximizar la posibilidad de alcanzar este reto.**

**Como en cualquier empresa, hay personas con funciones y responsabilidades determinadas cuyos intereses por definición organizacional, no siempre son los mismos.**

**Debido a esta y otras situaciones, se ha intensificado la búsqueda para encontrar metodologías que ayuden a la Organización a diseñar nuevas estrategias para el mantenimiento, contando con los mismos recursos que a la fecha se tienen disponibles**

**En los últimos años, durante este proceso, se ha logrado reducir el índice de tiempo de interrupción por usuario y es posible que haya mejorado la confiabilidad y calidad del servicio, sin embargo; la meta fundamental está muy lejos de ser alcanzada, es por ello que estamos a tiempo de impulsar una metodología que permita introducir, *cambios profundos en la forma de pensar y actuar del personal*, de las diferentes áreas que intervienen directa o indirectamente en el proceso de dar mantenimiento a las redes de distribución, de tal forma que sumen sus esfuerzos para alcanzar las metas propuestas.**





## **1.- PROBLEMÁTICA:**

**a).- Constante ocurrencia de fallas en el proceso de distribuir y comercializar la energía eléctrica**

**b).- Las fallas de suministro de energía eléctrica, provoca protestas, quejas, inconformidad y malestar de los clientes contra Luz y Fuerza del Centro**

**c).- Al afectar a clientes importantes se generan presiones de alto nivel para corregir las fallas, requiriendo la utilización de muchos recursos**

**d).- Problemática interna (disponibilidad de personal, vehículos, material, etc.)**



## 2.- ALTERNATIVAS

- a).- **MÉTODOS TRADICIONALES** .- La responsabilidad del mantenimiento recae en el personal operativo de mayor antigüedad
  
- b).- **MÉTODO HIBRIDO**.- Lineamientos específicos con aplicación de ingeniería pero con alto grado de resistencia del personal operativo
  
- c).- **SOLUCIONES INTEGRALES**.- Agrupa las mejores experiencias del personal operativo y el conocimiento de ingenieros expertos, combinados con técnicas adecuadas. Requiere capacitación constante y un minucioso control.

En este caso, se pretende crear un modelo que auxilie a Luz y Fuerza del Centro a generar y probar estrategias para disminuir las fallas en el proceso de distribuir y comercializar la energía eléctrica, así como elaborar un sistema de comunicación que permita el conocimiento y el convencimiento de dicha estrategia a lo largo y ancho de la Compañía, es decir; que permanentemente haya **“APRENDIZAJE ORGANIZACIONAL”**.

El ambiente en el cual vivimos y desarrollamos nuestras actividades es demasiado complejo en su estructura y en sus procesos internos y por lo tanto es sumamente complicado que cada uno de los trabajadores tenga una clara y coherente visión de cómo influyen sus acciones en el sistema total. Lo que vemos y entendemos normalmente es una pequeña fracción de todo un sistema dando como resultado que tomamos decisiones con poca apreciación del rango consecuencias.



### **3.- PENSAMIENTO SISTÉMICO ¿ QUE ES ?**

**a).- Es entender las relaciones o estructuras que generan el desempeño, los resultados y las consecuencias inesperadas en sistemas complejos**

**b).- Es entender mas profundamente estas relaciones a nivel operacional y como afectan nuestras habilidad para alcanzar metas y objetivos**

**c).- Es desarrollar nuestras habilidades de pensamiento crítico acerca de las razones del porqué pasan las cosas. No que paso**

**d).- Es probar diferentes alternativas desde varios enfoques antes de comprometer recursos corporativos.**

**El Pensamiento Sistémico tiene un lenguaje y una metodología que nos permite construir entendimiento y comunicación dentro de sistemas complejos mediante modelos de simulación utilizando como herramientas los diagramas causales, modelos tasas y niveles y laboratorios de aprendizaje.**



## **II.- BARRERAS DEL APRENDIZAJE**

### **1.- YO SOY MI PUESTO**

**Cuando las personas de una Organización se concentran únicamente en su puesto, no sienten mayor responsabilidad por los resultados que se generan cuando interactúan todas las partes, mas aún; cuando los resultados son decepcionantes, resulta difícil saber porqué, solo se puede suponer que “alguien cometió una falla”**



## **II.- BARRERAS DEL APRENDIZAJE**

### **2.- EL ENEMIGO EXTERNO**

**Tenemos la propensión a culpar a un factor externo o a otras personas cuando las cosas salen mal “siempre hallarás a alguien a quien culpar”**

**Cuando nos concentramos solo en nuestra posición, no vemos que nuestros actos la trascienden. Cuando esos actos tienen consecuencias que nos perjudican, incurrimos en el error de pensar que estos nuevos problemas tienen un origen externo ( Sindicato, Gobierno, Clientes, Quejosos, etc.)**



## **II.- BARRERAS DEL APRENDIZAJE**

### **3.- LA ILUSIÓN DE HACERSE CARGO**

**Las areas deben de afrontar todos sus problemas por difíciles que sean y no esperar que alguien se haga cargo, resolver los problemas antes de que estalle una crisis**



## **II.- BARRERAS DEL APRENDIZAJE**

### **4.- LA FIJACIÓN EN LOS HECHOS**

**Estamos acostumbrados para ver la vida como una serie de hechos y creemos que para cada hecho hay una causa obvia. Las primordiales amenazas para la supervivencia de las Organizaciones, sistemas, sociedades, no vienen de hechos repentinos sino de procesos lentos y graduales**



## **II.- BARRERAS DEL APRENDIZAJE**

### **5.- LA ILUSIÓN DE QUE SE APRENDE CON LA EXPERIENCIA**

**La experiencia directa constituye un potente medio de aprendizaje, aprendemos a comer, a gatear, a caminar y a comunicarnos mediante ensayo y error, realizamos un acto y vemos las consecuencias de ese acto. Se aprende mejor de la experiencia pero muchas veces no experimentamos directamente las consecuencias de muchas de nuestras decisiones mas importantes. Las decisiones mas críticas de las Organizaciones, tienen consecuencia en todo el sistema y se extienden durante años**





## **II.- BARRERAS DEL APRENDIZAJE**

### **6.- EL MITO DEL EQUIPO ADMINISTRATIVO**

**Gente experimentada, seleccionada, que representan las diversas funciones de la Organización, son escogidas para resolver en conjunto los complejos problemas multifuncionales que son cruciales para la Organización. ¿pero porqué hemos de confiar que estos equipos podrán superar estos problemas?. La mayoría de los campos administrativos ceden bajo presión, pueden funcionar muy bien con problemas rutinarios, pero cuando enfrentan problemas complejos que pueden ser embarazosos o amenazadores, el espíritu de equipo se desvanece**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO**

#### **1.- LOS PROBLEMAS DE HOY DERIVAN DE LAS SOLUCIONES DE AYER**

**A menudo nos desconcierta la causa de nuestros problemas, cuando solo necesitamos examinar nuestras propias soluciones a otros problemas en el pasado.**

**Las soluciones que simplemente desplazan los problemas a otra parte de un sistema a menudo pasan inadvertidos, porque quienes “resolvieron” el problema no son los mismos que quienes heredan el nuevo**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTEMICO**

#### **2.- CUANDO MAS SE PRESIONA, MAS PRESIONA AL SISTEMA**

**El pensamiento sistémico, tiene un nombre para este fenómeno: “realimentación compensadora”. Hay realimentación compensadora cuando las intervenciones bien intencionadas provocan respuestas del sistema que compensan los frutos de la intervención.**

**Cuando mas esfuerzo realizamos para mejorar las cosas, mas esfuerzo se requiere. “Cuanto mas se trabaja, mas trabajo hay”**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTEMICO**

#### **3.- LA CONDUCTA MEJORA ANTES DE EMPEORAR**

**En los sistemas humanos complejos siempre hay maneras de lograr que las cosas luzcan bien a corto plazo. Los efectos de la realimentación compensadora llegan inevitablemente, pero mas tarde.**

**Una solución típica luce maravillosa cuando cura los síntomas, se aprecia una mejora.**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTEMICO**

#### **4.- EL CAMINO FÁCIL LLEVA AL MISMO LUGAR**

**Es cómodo aplicar soluciones típicas a los problemas, ateniéndonos a lo conocido, si la solución fuera obvia muy visible para todos, tal vez ya se hubiere encontrado**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTEMICO**

#### **5.- LA CURA PUEDE SER PEOR QUE LA ENFERMEDAD**

**El fenómeno de las mejoras de corto plazo que conducen a una dependencia de largo plazo es tan común que los pensadores sistémicos le han dado el nombre de “desplazamiento de la carga”. Las estructuras donde se desplaza la carga muestran que toda solución de largo plazo debe “fortalecer la aptitud del sistema para sobrellevar sus propias cargas”**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO**

#### **6.- LO MAS RÁPIDO ES LO MAS LENTO**

**Cuando el crecimiento de una Organización o sistema se vuelve excesivo, el sistema mismo procura compensarlo aminorando la marcha y quiza poniendo en jaque la supervivencia de la Organización**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO**

#### **7.- LA CAUSA Y EL EFECTO NO ESTAN PRÓXIMOS EN EL TIEMPO Y EL ESPACIO**

**Por “efecto” se entiende que son los síntomas que indican la existencia de problemas y por “causa” a lo que originó estos síntomas, tal que una vez identificados, podrían conducir a modificaciones que producirían mejoras duraderas.**





### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO**

#### **8.- LOS CAMBIOS PEQUEÑOS PUEDEN PRODUCIR RESULTADOS GRANDES**

**Pero las zonas de mayor apalancamiento a menudo son las menos obvias.**

**Los actos pequeños y bien focalizados a veces producirán mejoras significativas y duraderas si se realizan en el sitio apropiado, los pensadores sistémicos lo denominan “PRINCIPIO DE LA PALANCA”.**

**Afrontar problemas difíciles a menudo requiere ver donde se encuentra el punto de apalancamiento, un cambio que con mínimo esfuerzo produciría una mejora significativa y duradera.**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTÉMICO**

**9.- SE PUEDEN ALCANZAR DOS METAS APARENTEMENTE CONTRADICTORIAS**

**Reducir fallas y Reducir costos**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTEMICO**

#### **10.- DIVIDIR UN ELEFANTE POR LA MITAD NO GENERA DOS ELEFANTES PEQUEÑOS**

**En las organizaciones la comprensión de la mayoría de sus problemas requiere ver la totalidad del sistema que genera dichos problemas.**

**En cada departamento de una empresa se aprecian con claridad los problemas de su Organización pero son confusas la interacción de su departamento con las de otros, estas interacciones pueden ser las mas relevantes para resolver el problema en cuestión.**



### **III.- LAS LEYES DEL PENSAMIENTO SISTEMICO**

#### **11.- NO HAY CULPA**

**Nosotros y la causa de nuestros problemas formamos parte de un solo sistema. La cura reside en la relación con nuestro enemigo**



## **IV.- CIMIENTOS DE UNA ORGANIZACIÓN QUE APRENDE**

### **1.- DOMINIO PERSONAL**

**En cualquier Organización la fuerza activa es la gente y la gente tiene su propia voluntad, su propio parecer y su propia forma de pensar**

**El dominio personal es crecimiento y aprendizaje voluntario de cada individuo (se puede crecer mental y espiritualmente), a la empresa le corresponde alentarlos para que su personal alcance sus propias aspiraciones y su bienestar. Con ello logrará una predisposición positiva para la realización de su trabajo**



## **IV.- CIMIENTOS DE UNA ORGANIZACIÓN QUE APRENDE**

### **2.- MODELOS MENTALES**

**Disciplina de reflexión y destreza, son las ideas y enfoques que cada individuo tiene de su percepciones y actúa en consecuencia. Son imágenes internas que determinan no solo el modo de interpretar el funcionamiento del mundo, si no que nos limitan a modos familiares de pensar y actuar.**



## **IV.- CIMIENTOS DE UNA ORGANIZACIÓN QUE APRENDE**

### **3.- VISIÓN COMPARTIDA**

**Disciplina que logra en una Organización unir y comprender a su gente en torno de una identidad, una meta o una misión, propiciando un compromiso genuino para el logro de aspiraciones comunes.**

**Pocas fuerzas humanas son tan poderosas como una visión compartida.**



## **IV.- CIMIENTOS DE UNA ORGANIZACIÓN QUE APRENDE**

### **4.- APRENDIZAJE EN EQUIPO**

**Esta disciplina basada en el dialogo y la discusión, es de interacción en un grupo, mediante el dialogo las personas pueden ayudarse mutuamente para disipar las confusiones y contradicciones de sus pensamientos, de tal suerte que se forma un pensamiento colectivo, consistente y armonioso, con la discusión se fortalecen los puntos de vista y los equipos transforman su pensamiento colectivo.**





## **IV.- CIMIENTOS DE UNA ORGANIZACIÓN QUE APRENDE**

### **5.- PENSAMIENTO SISTÉMICO**

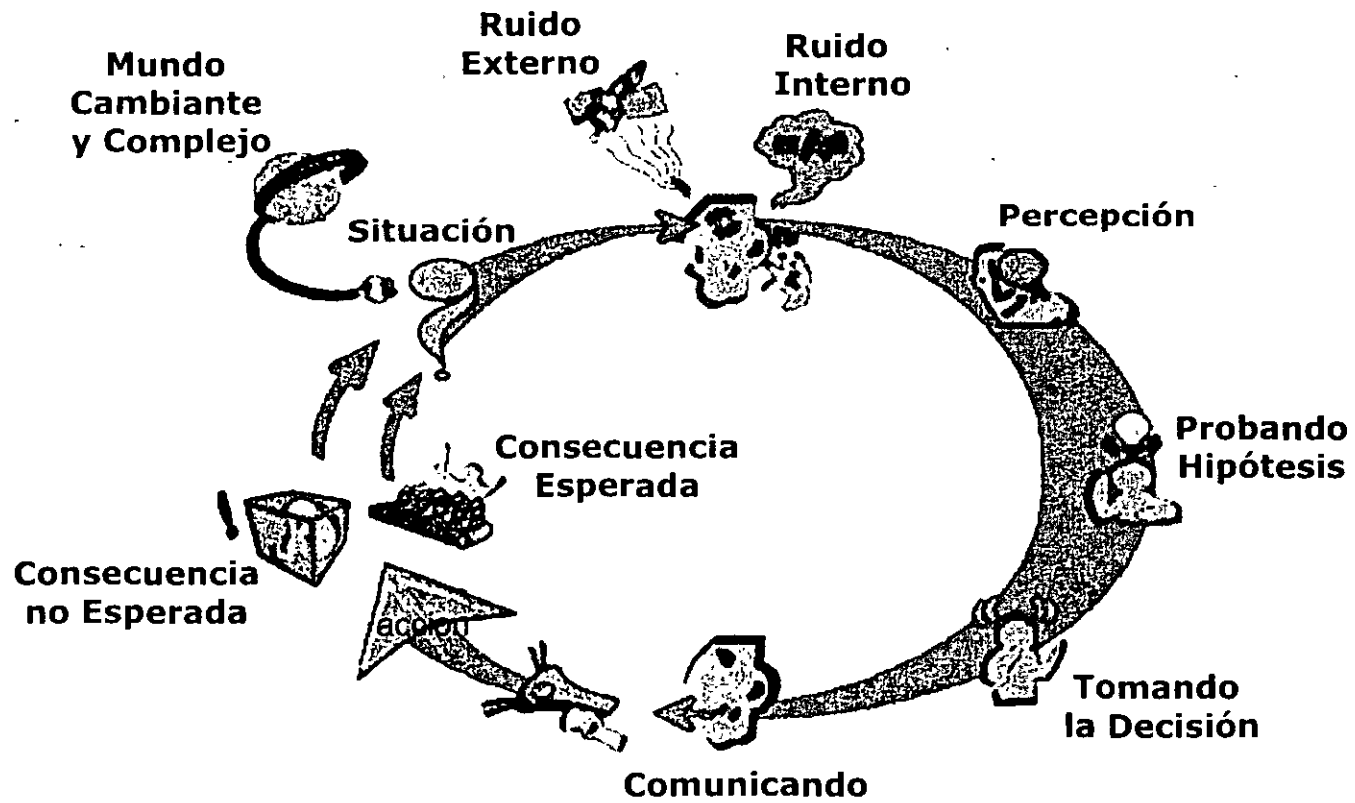
**Conocido como la quinta disciplina. Es la disciplina que integra las demás disciplinas, nos ayuda a entender mejor la interdependencia y la interrelación de las otras disciplinas, el pensamiento sistémico nos recuerda continuamente que el todo puede superar la suma de sus partes.**



# Introducción al Pensamiento Sistémico



## Ciclo de Toma de Decisiones

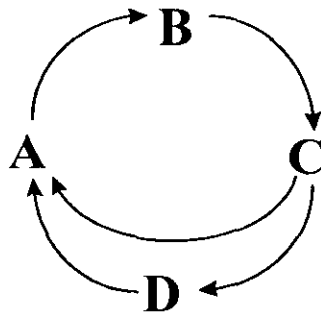


# Lenguajes del Pensamiento Sistémico



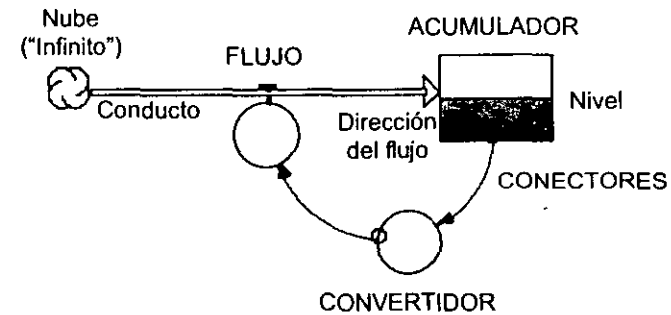
**Hay dos tipos de lenguajes para representar estos ciclos cerrados. Cual utilizar depende del objetivo que queremos alcanzar.**

*Diagramas causales*



- Nivel más estratégico.
- Herramientas de comunicación: Permiten representar e identificar más claramente los ciclos de retroalimentación.
- Se integran los múltiples modelos mentales de diferentes expertos en una sola hoja.
- Facilita la simulación mental.

*Diagramas de acumuladores y flujos*



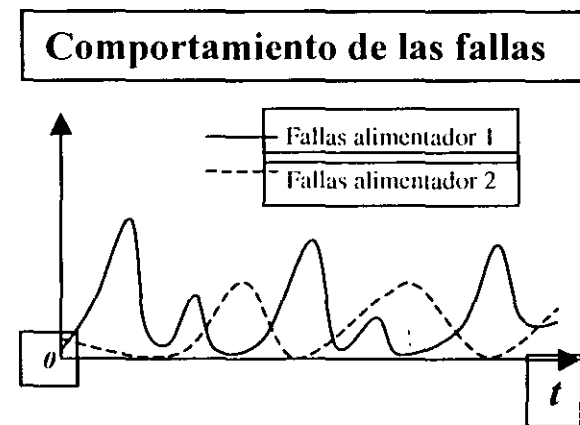
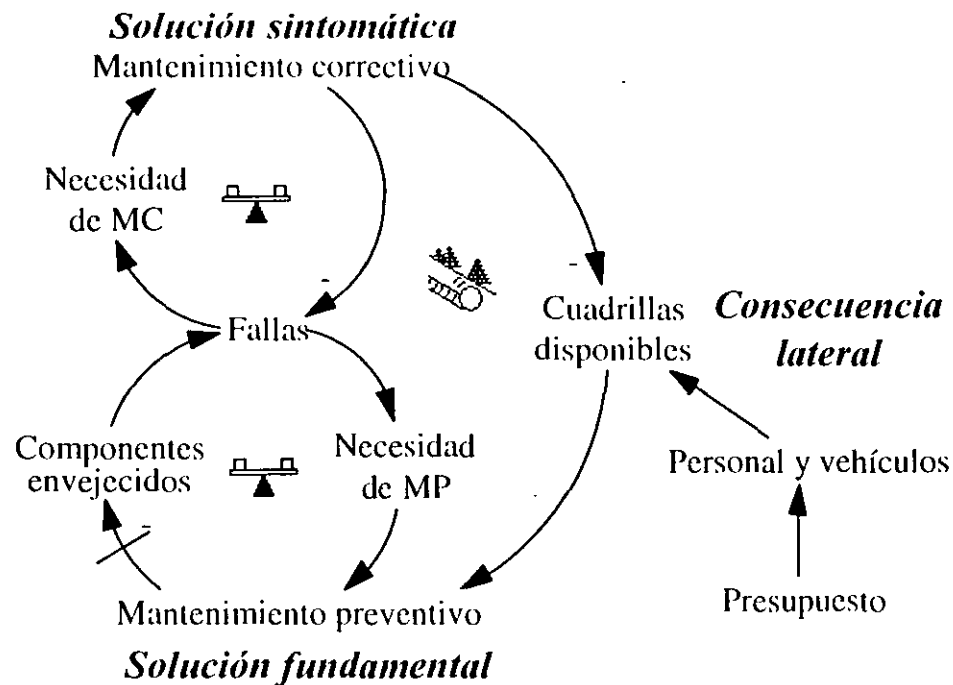
- Más operacional, obliga a pensar en el cuánto y cómo.
- Se identifican más claramente que elementos son recursos y cuales acciones.
- Permite representar las dinámicas de los recursos de manera clara.
- Permite la simulación en computadora.

# Arquetipos: Transferencia del Problema

## Ejemplo de Luz y Fuerza del Centro



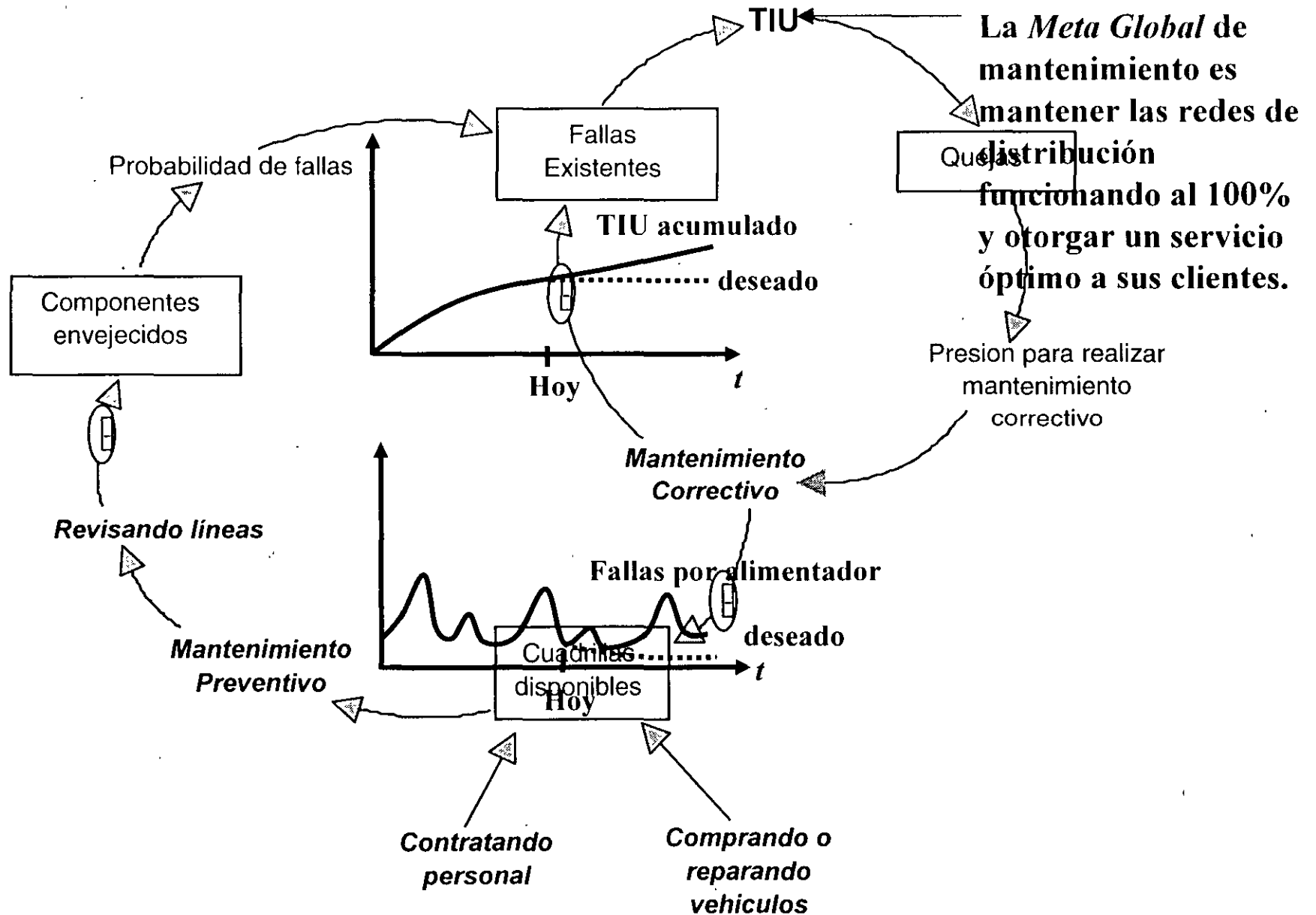
**Situación:** Se llevan a cabo dos tipos de mantenimiento: correctivo una vez que las fallas suceden y preventivo para cambiar los componentes envejecidos de los alimentadores y prever posibles fallas. Las mismas cuadrillas llevan a cabo los dos tipos de mantenimiento. Al presentarse las fallas se genera cierta presión para corregirlas lo más pronto posible, por lo que las cuadrillas normalmente se asignan al mantenimiento correctivo (solución sintomática de corto plazo) en vez del preventivo (solución fundamental de largo plazo).



**Solución sugerida:** Implementar las dos soluciones de manera paralela y cada una con sus recursos propios. Hacer conciencia de que si los componentes de cualquier alimentador son viejos siempre se van a presentar fallas.

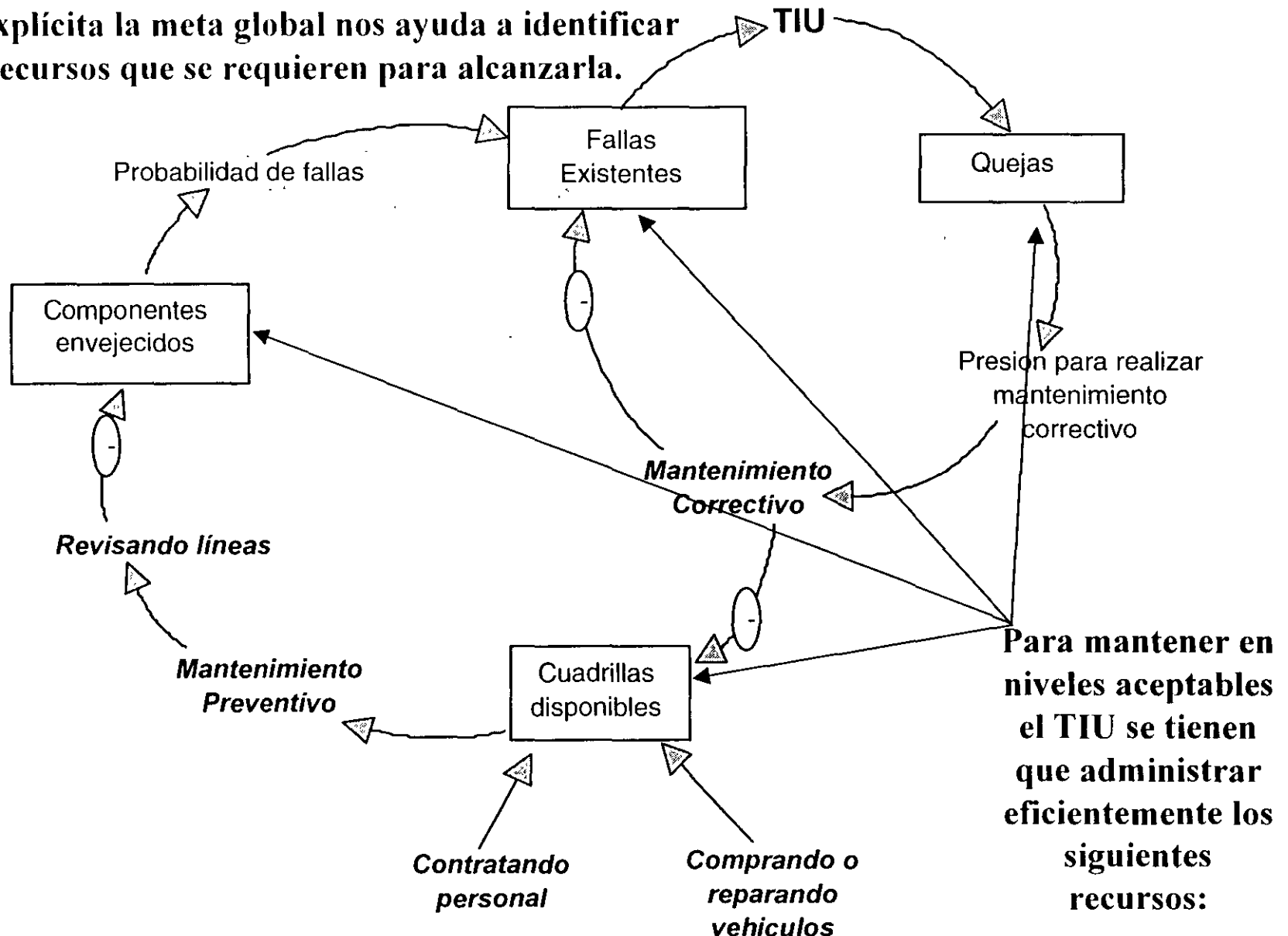


# 1. Meta Global: ¿Por qué existe el área de mantenimiento de Luz y Fuerza del Centro?

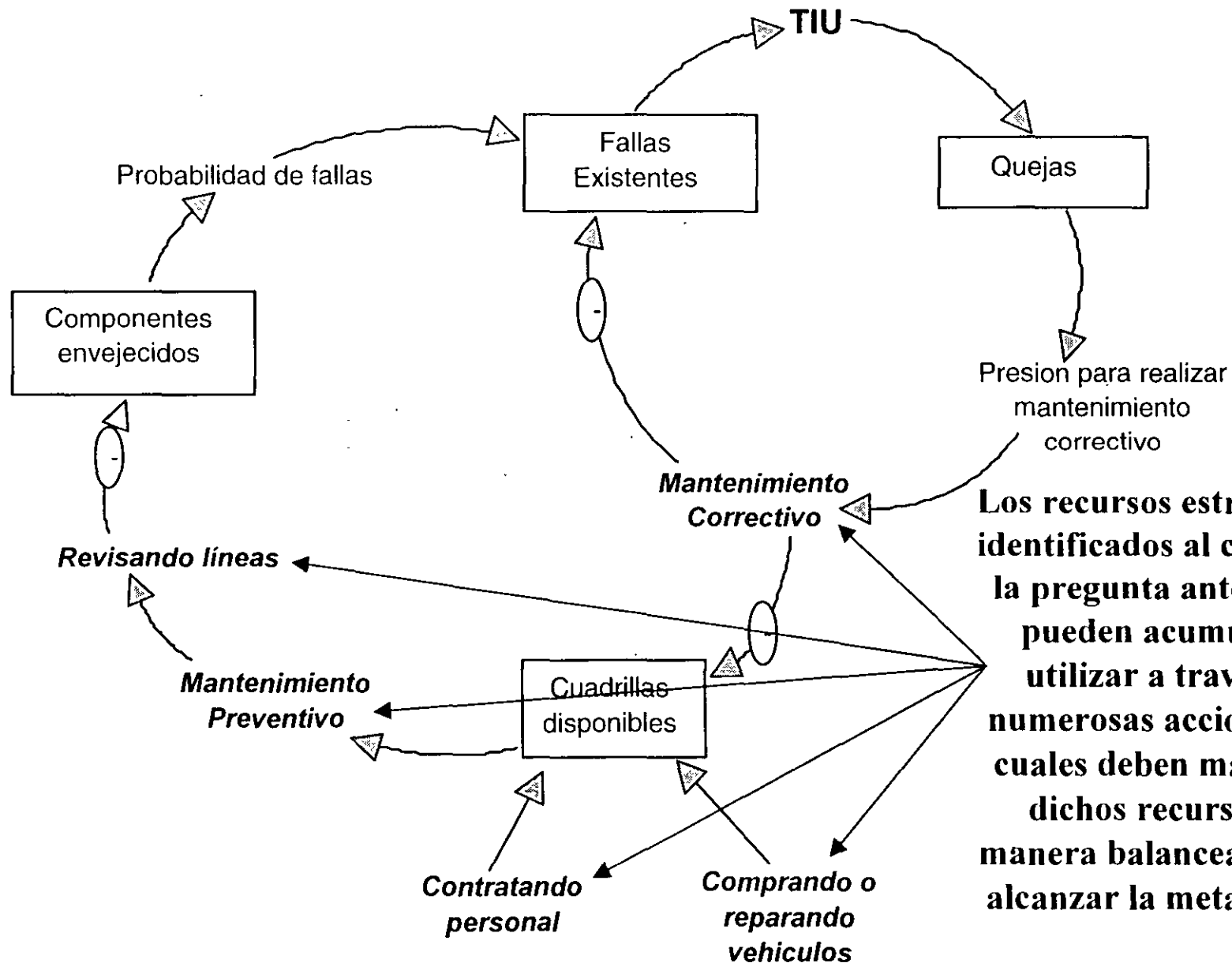


## 2. Recursos: ¿Qué recursos necesito para alcanzar la meta global?

Hacer explícita la meta global nos ayuda a identificar los recursos que se requieren para alcanzarla.



### 3. Acciones: ¿Qué acciones deben realizarse para administrar mejor estos recursos?

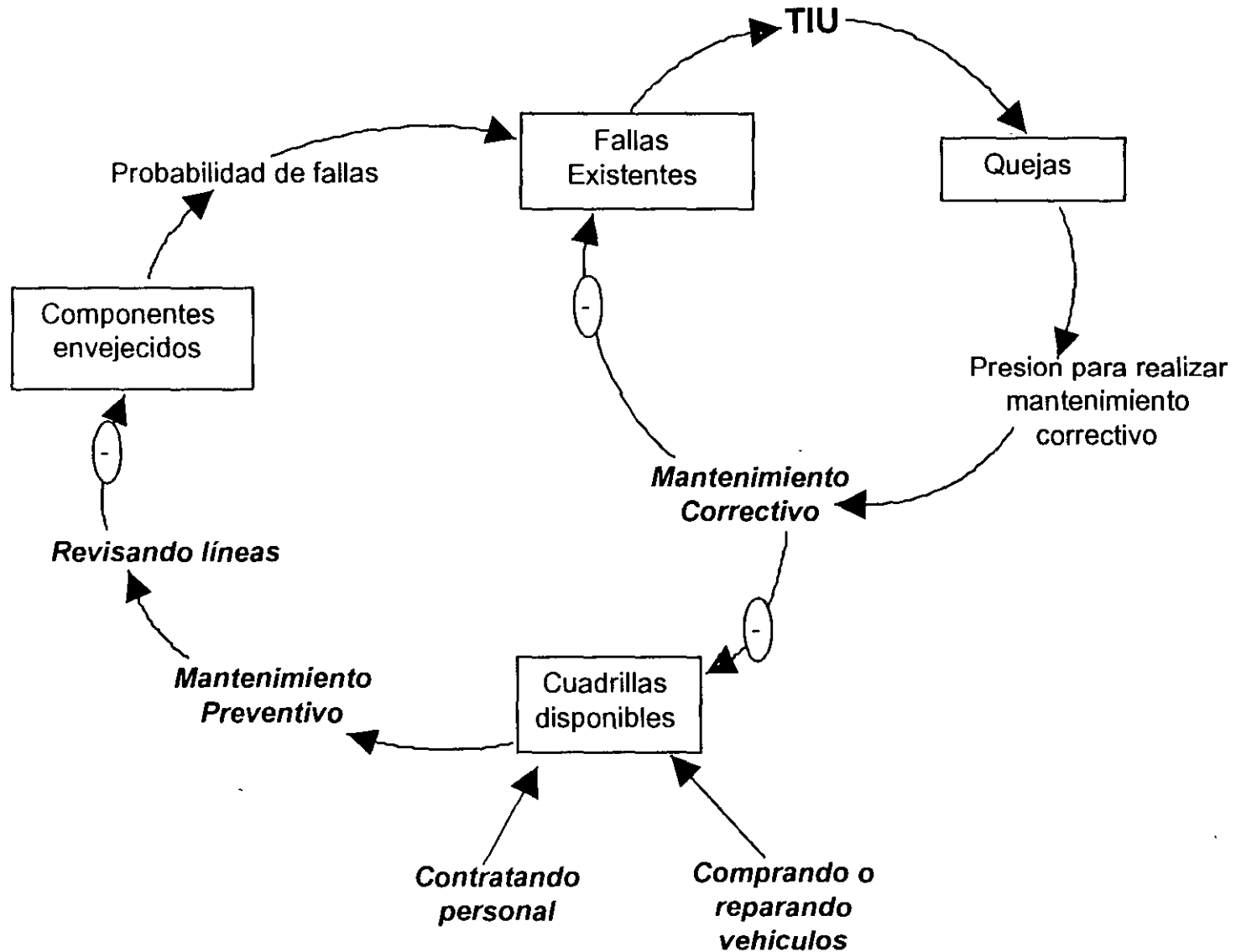


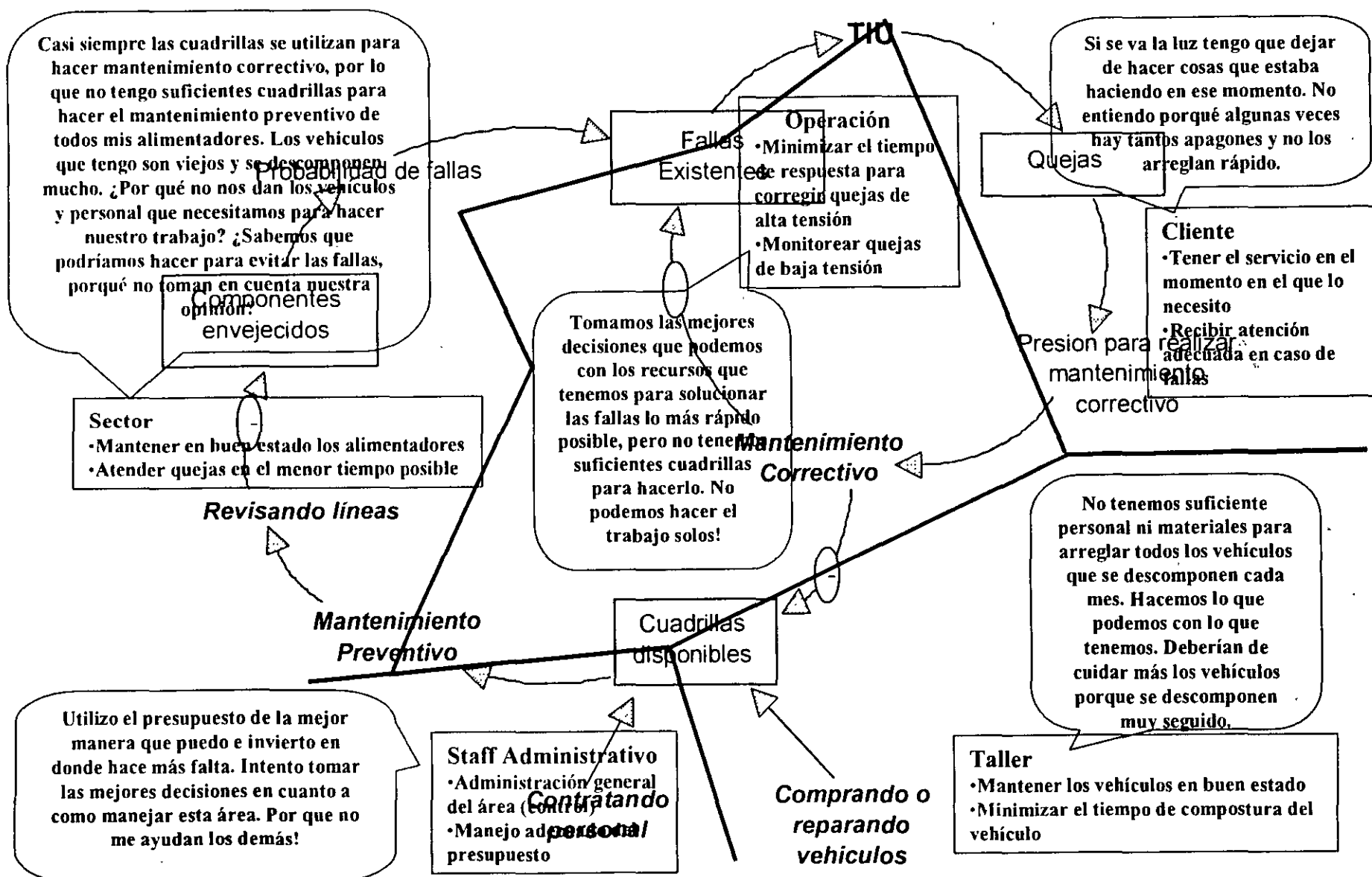
Los recursos estratégicos identificados al contestar la pregunta anterior se pueden acumular y utilizar a través de numerosas acciones, las cuales deben mantener dichos recursos de manera balanceada para alcanzar la meta global.

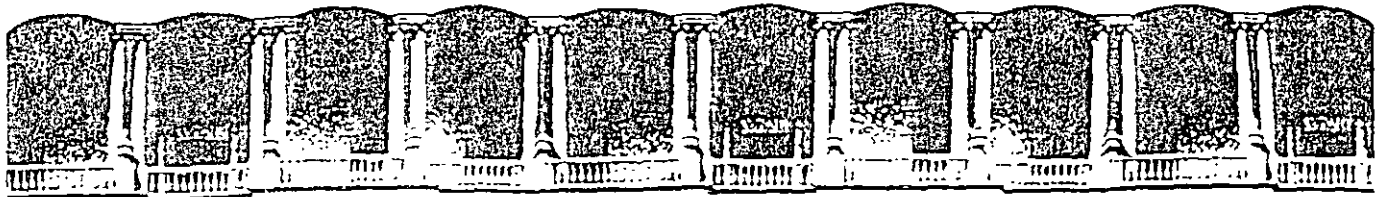




#### 4. Estructura: ¿Cómo se relacionan la meta, los recursos y las acciones?







FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA

*CURSOS ABIERTOS*

*DIPLOMADO EN INSTALACIONES  
ELECTRICAS*

*MODULO I  
CA 133*

*SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN  
ELECTRICA*

*TEMA*

*ANEXO*

EXPOSITOR: DRA. LOURDES GALLEGOS  
PALACIO DE MINERIA  
SEPTIEMBRE DEL 2002

# METODOLOGÍA DE SEGMENTACIÓN PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD Y REDUCIR PÉRDIDAS EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

Dra. Ma. de Lourdes Gallegos Grajales  
[mlg@iie.org.mx](mailto:mlg@iie.org.mx)

Ing. Elidé Medina Arévalo  
[ema@iie.org.mx](mailto:ema@iie.org.mx)

Ing. Francisco Martínez Lendech

Gerencia de Transmisión y Distribución – División de Sistemas Eléctricos  
Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE)  
Av. Reforma 113, Col. Palmira, CP 62490, Temixco, Mor., México

## I. RESUMEN

Este artículo presenta la Metodología de Segmentación la cual surgió como una necesidad de optimizar mejor los recursos eléctricos existentes en una red de distribución, mejorar la confiabilidad de la red de distribución y disminuir las pérdidas técnicas en una zona en estudio en LyFC.

La Metodología de Segmentación permite utilizar la capacidad total instalada de las subestaciones de distribución de la zona, asegurando la continuidad del sistema a través de red de distribución, en caso de falla de uno de los bancos de transformación de las subestaciones de la zona, lo cual es posible al realizar una reconfiguración sistemática de la red de media tensión, proponiendo y reubicando dispositivos de seccionamiento, lo que además permite una reducción significativa de pérdidas en el sistema de distribución y un diferimiento de inversiones en el corto plazo

## II. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la demanda en algunas zonas de distribución de LyFC, ha provocado que se haya rebasado el concepto de capacidad firme de las subestaciones, dejando algunos alimentadores más cargados que otros. Así como el problema de desorden en la distribución de carga de los alimentadores. Esta problemática ocasiona en que existan áreas con mayor demanda en el sistema de distribución.

La Metodología de Segmentación permite aliviar esta problemática ya que utilizando la capacidad total de la zona se realiza una reconfiguración sistemática de la red de distribución que permite balancear la carga en la zona en estudio, además de mejorar la confiabilidad de la red y disminuir pérdidas técnicas, esta metodología se fundamenta en los siguientes principios:

- Mantener la confiabilidad de la red de distribución ante la falla de algún banco de transformación.
- Asegurar que la red de distribución de la zona de estudio tiene la capacidad de reserva suficiente para tomar la carga del banco de transformación que sufrió la falla.
- Respalda la falla de un banco de transformación asegurando la alimentación emergente por medio de los alimentadores adyacentes.

La Metodología de Segmentación comprende cinco etapas:

1. Determinar el margen de capacidad disponible de la zona de estudio.
2. Evaluar el estado inicial de la zona en estudio.
  - Analizar la distribución de carga para cada alimentador.
  - Realizar el estudio de análisis de flujos en alimentadores.
3. Alternar en la distribución geográfica los alimentadores de una misma subestación.
4. Balancear carga  $\Rightarrow$  reconfiguración:
  - Revisar la configuración de cada alimentador.
  - Reconfiguración entre alimentadores adyacentes de una misma o diferente subestación.
5. Segmentar cada alimentador.

Las siguientes secciones presenta cada una de las etapas de esta metodología, utilizando los resultados obtenidos de la aplicación de la misma a la Zona Toluca de LyFC.

### III. ETAPAS DE LA METODOLOGÍA DE SEGMENTACIÓN.

#### III.1 Determinar el margen de capacidad disponible de la zona de estudio

El primer paso en estos estudios, es conocer la capacidad de reserva con la que cuenta la zona en estudio, con la finalidad de asegurar que la red de tiene la capacidad de reserva suficiente para tomar la carga en caso de falla de un banco de transformación de una subestación de la zona en estudio, de lo contrario lo que se requiere son nuevas subestaciones.

Para conocer la demanda de cada uno de los alimentadores, se realizan mediciones de demanda durante las 24 horas en tres puntos de cada alimentador de la zona de estudio, con la finalidad de caracterizar la demanda de cada uno de ellos.

Una vez que se tiene la demanda máxima de cada alimentador se resumen por subestación, obteniéndose:

- Para cada alimentador la demanda máxima, demanda media, factor de carga y factor de pérdidas.
- Demanda Máxima Coincidente de la Zona.
- Demanda Máxima No Coincidente de la Zona.
- Factor de Demanda Coincidente de la Zona

A manera de ejemplo, en la Tabla 1 se muestra la capacidad instalada y firme, la demanda máxima y la capacidad de reserva por subestación de la Zona Toluca.

Tabla 1. Demandas máximas y capacidades de reserva por subestación, Zona Toluca.

Subestación	Capacidad en kVA		Demanda Máxima en kVA	Capacidad de Reserva en kVA	
	Instalada	Firme		Instalada	Firme
Amomolulco	90,000	90,000	59,239	30,761	30,761
Atenco	120,000	72,000	102,579	17,421	-30,579
Cerrillo	120,000	72,000	90,629	29,371	-18,629
Estadio	180,000	144,000	117,440	62,560	26,560
Tiangustenco	120,000	72,000	37,932	82,068	34,068
Toluca	60,000	60,000	63,061	-3,061	-3,061
Zictepec	60,000	36,000	38,282	21,718	-2,282
TOTAL	750,000	546,000	509,162	240,838	36,838

Por ejemplo para la Zona Toluca la capacidad total instalada es de 750 MVA y tiene una demanda máxima no coincidente de 509.2 MVA, por tanto tiene una reserva de 240.8 MVA. El factor de demanda coincidente de la zona tiene un valor de 0.87, lo que implica que su demanda coincidente es de 443 MVA y por tanto tendría una reserva de 307 MVA.

La información del factor de coincidencia es importante porque permite visualizar realmente la reserva disponible que existe en la zona en estudio, aunque los estudios y análisis se realicen con demanda máxima no coincidente.

#### III.2 Evaluación de las condiciones eléctricas actuales de la zona en estudio.

##### III.2.1 Análisis de distribución de carga de cada alimentador.

Las mediciones de demanda realizadas durante las 24 horas en los alimentadores son capturadas en Cymdist, un sistema de análisis eléctrico donde se simulan y realizan estudios eléctricos de redes de distribución. Este sistema cuenta con una función para estimar la demanda de cada carga conectada a la red de distribución con base a los kVA instalados y las lecturas obtenidas de demanda registradas por los medidores.

En la Figura 1 tenemos un ejemplo de la ubicación de los medidores a lo largo del alimentador.

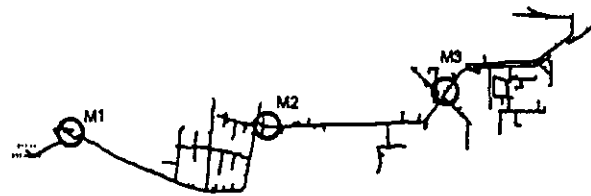


Figura 1. Ubicación de los medidores instalados en un alimentador de distribución.

Los resultados arrojados por el estudio de distribución de carga podrán servir para conocer la demanda en cada transformador del alimentador de manera más real de acuerdo a la forma de operación del alimentador, la cual es utilizada para conocer las condiciones actuales de la zona en estudio y poder evaluar las pérdidas técnicas a través de estudios de flujos de carga.

##### III.2.2 Análisis de flujos de carga en alimentadores de la zona de estudio.

En esta etapa se realiza un estudio de flujos de carga para cada alimentador y se obtiene:

- Pérdidas en kW.
- Energía entregada en MWh
- Pérdidas en MWh
- % de Pérdidas
- Costo de Pérdidas de potencia y energía
- Costo total de pérdidas

Para posteriormente evaluar el costo total de pérdidas por subestación y de la zona en estudio. Además se obtiene:

- Alimentadores con violaciones eléctricas de voltaje y corriente.

- Tramos de alimentadores sobrecargas por violar las ampacidades permitidas en sus conductores.
- Se pueden detectar los "cuellos de botella" en los alimentadores.

El análisis de estos resultados da lugar a proponer inicialmente recalibración de segmentos de alimentadores con la finalidad de aliviar problemas de violaciones a los límites de ampacidad de los conductores o bien para aliviar la problemática de "cuellos de botella".

La Tabla 2 muestra los resultados del análisis de flujos de los alimentadores pertenecientes a la Subestación Estadio de la Zona Toluca. Como se puede observar en esta tabla existen alimentadores que rebasan el 5 % de regulación de voltaje, y alimentadores que tienen más pérdidas que otros. También muestra la demanda máxima en kVA de cada alimentador, el voltaje de la sección con mayor regulación de voltaje, y la distancia desde la subestación hasta el punto de mayor regulación de voltaje.

Tabla 2. Resultados de los análisis de flujos de carga en alimentadores que integran una red de distribución.

Alimentador	Demanda máxima (kVA)	Pérdidas			Voltaje (kV) en la sección de mayor regulación	Reg. (%)	Distancia desde la S.E a la sección de mayor regulación (m)
		kW	kvar	kVA			
EST-21	11,473	287	429	518	21.87	4.91	7,818.1
EST-23	15,815	370	685	779	21.84	5.91	12,806.0
EST-25	11,194	309	529	613	21.71	5.61	10,008.0
EST-27	12,070	128	211	247	22.40	2.42	7,838.3
EST-22	8,325	83	160	180	22.51	2.13	5,387.1
EST-24	8,047	91	163	188	22.45	2.38	7,380.4
EST-26	5,935	75	89	116	22.35	2.83	8,636.7
EST-28	7,170	114	232	259	22.26	3.21	9,004.5
EST-21X	11,234	171	337	378	22.06	4.10	12,164.0
EST-23X	10,238	317	482	577	21.15	8.03	18,946.0
EST-27X	15,934	531	1,121	1,241	21.26	7.56	21,625.0
TOTALES:	117,439	2,480	4,442	5,097			

En resumen el estudio de flujos de carga nos permite conocer y evaluar el estado inicial de una zona de estudio, logrando inicialmente aliviar los problemas de flujo de corriente entre los alimentadores.

### III.3 Alternancia de la distribución geográfica de los alimentadores de cada subestación de la zona en estudio.

El propósito de alternar la distribución geográfica de los alimentadores en una subestación es que al lado de

cada alimentador siempre va a existir un alimentador que pertenece a un banco de transformación diferente; asegurando con esto, que es posible transferir la carga de un banco de transformación, en caso de falla, inicialmente a través de los alimentadores adyacentes de diferente banco de la misma subestación o bien a través de alimentadores vecinos de subestaciones diferentes.

Normalmente la distribución geográfica de los alimentadores un mismo banco de una subestación sirven a una misma zona geográfica y se encuentran uno al lado del otro, está problemática se origina porque inicialmente se instala primero un banco de una subestación y está inicia a dar servicio a un área que ya la requiere y no se tiene el cuidado de buscar mejor una reconfiguración ordenada y sistemática de la red de distribución, lo que además da lugar a una mala distribución de la carga de la subestación. Por ejemplo en caso de falla de un banco de una subestación con estas características y además con la demanda mayor a la capacidad firme de la subestación es muy difícil absorber la carga por otro banco de transformación de la misma subestación, por lo que primero se inicia a "traspalear" (transferir) carga entre alimentadores.

Un ejemplo de esta problemática se presenta en la Figura 2, donde los alimentadores de los tres bancos (T221-A, T221-B y T-221C) se encuentran concretados en la misma zona geográfica.

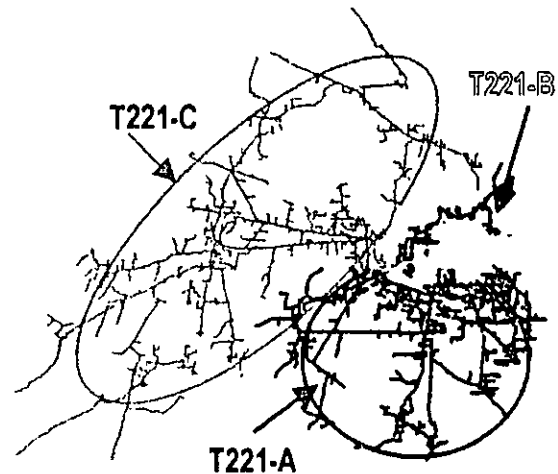


Figura 2. Trayectoria de los alimentadores de bancos diferentes de una misma subestación.

La Figura 3 se ilustra la situación actual y la alternancia de los bancos, se puede apreciar como quedan alternados los alimentadores pertenecientes a diferentes bancos y en la parte inferior izquierda de la figura se muestra los alimentadores que cambiaron de banco.

La alternancia de bancos se realiza inicialmente sin importar el balance de carga, ya que la finalidad primordial de ésta crear respaldos a un alimentador a partir de

alimentadores adyacentes de distinto banco, además estos cambios son hechos exclusivamente desde la subestación sin alterar las configuraciones de los alimentadores.

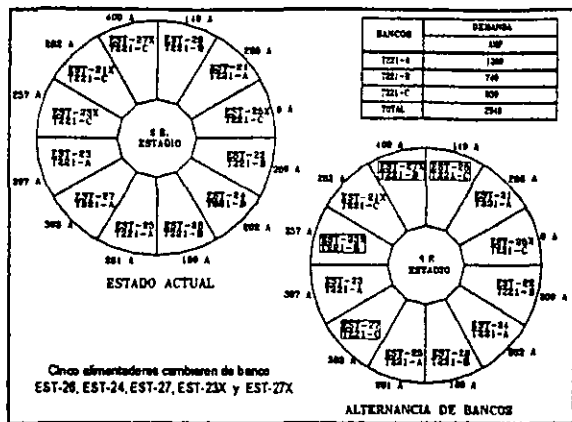


Figura 3. Alternancia de bancos de transformación de una subestación

### III.4 Balancear la carga en la zona de estudio realizando reconfiguraciones de alimentadores

La finalidad principal de la reconfiguración es balancear la carga de los bancos, además de determinar la mejor configuración de los alimentadores de tal manera que las pérdidas se reducen significativamente.

La reconfiguración de alimentadores consiste en transferir carga de un alimentador a otro. La reconfiguración sistemática que se realiza en la Metodología de Segmentación es en el siguiente orden:

- Reconfiguración en el mismo alimentador.
- Reconfiguración entre alimentadores adyacentes de diferente banco y misma subestación.
- Reconfiguración entre alimentadores vecinos de diferente subestación.

Si la reconfiguración se realiza en el mismo alimentador es con la finalidad de optimizar la configuración del alimentador, acortando su línea troncal de tal manera que las pérdidas de potencia y energía se reduzcan.

Cuando la reconfiguración se realiza en alimentadores adyacentes de distinto banco y misma subestación, es con el propósito de balancear la carga entre los bancos de una misma subestación, además de que también se pueden reducir las pérdidas y mejorar la regulación de voltaje.

Y por último, cuando la reconfiguración se da entre alimentadores vecinos de diferente subestación, su finalidad es balancear carga en la zona en estudio, logrando finalmente balancear la carga en la zona en estudio.

Las maniobras a realizar para la reconfiguración son distintas y pueden ser tan sencillas como abrir y cerrar dispositivos de seccionamiento, hasta como crear enlaces, recalibrar conductores o reubicar dispositivos de seccionamiento.

### III.5 Segmentación de alimentadores

La segmentación tiene como objetivo lograr una mayor flexibilidad de la red de distribución, facilitar la ubicación de dispositivos de seccionamiento automático, mejorar la confiabilidad de la red de distribución y utilizar la segmentación para casos de contingencia o libranzas sin ocasionar sobrecargas en los alimentadores de respaldo.

La segmentación de los alimentadores consiste en las siguientes etapas:

- Establecer los puntos de interconexión del alimentador con alimentadores adyacentes de diferente banco y de diferente subestación.
- Para cada dispositivo de seccionamiento a lo largo del alimentador establecer la demanda "aguas abajo".
- Establecer los segmentos entre demandas de 2 a 5 MVA. En caso de que los segmentos sean mayores mover dispositivos de seccionamiento.
- Cada segmento debe tener interconexión con alimentadores adyacentes, en caso de que no se tenga revisar la configuración del alimentador y de sus alimentadores adyacentes para proponer nuevas interconexiones.

La Figura 4 muestra un ejemplo de la creación de un nuevo enlace y recalibración de conductores para los alimentadores EST-26 y EST-27X de la subestación Estadio.

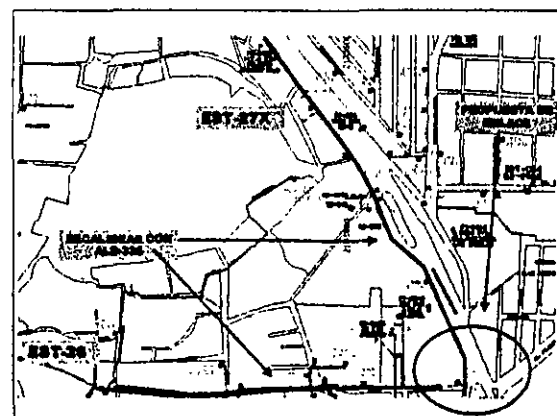


Figura 4. Creación de enlace y recalibración de conductores en dos alimentadores.

El crear un nuevo enlace por lo regular implica realizar la recalibración del conductor, ya que el enlace no necesariamente se lleva a cabo entre líneas troncales donde el conductor es de mayor ampacidad y el

recalibrar garantiza que la carga transferida en caso de falla del alimentador o banco pueda ser soportada por los conductores del alimentador de respaldo.

En el proceso de segmentación en ocasiones es necesario reubicar y ubicar nuevos dispositivos de seccionamiento, un ejemplo de esto se muestra en la Figura 5, para el alimentador ATE 23X de la subestación Atenco.

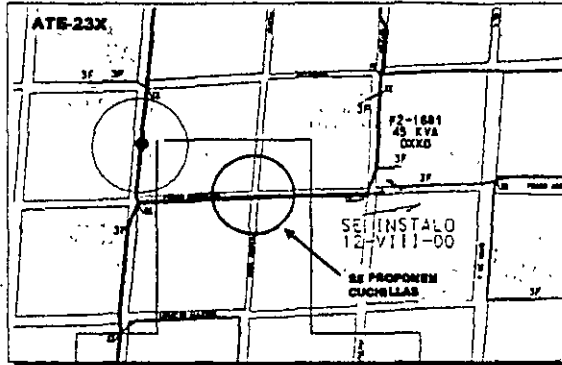


Figura 5. Ejemplo de la ubicación de un nuevo dispositivo de seccionamiento

La Figura 6 muestra la maniobra de reubicación de un dispositivo de seccionamiento, ésta se realiza cuando hay algún dispositivo cercano al lugar donde se quiere segmentar el alimentador.

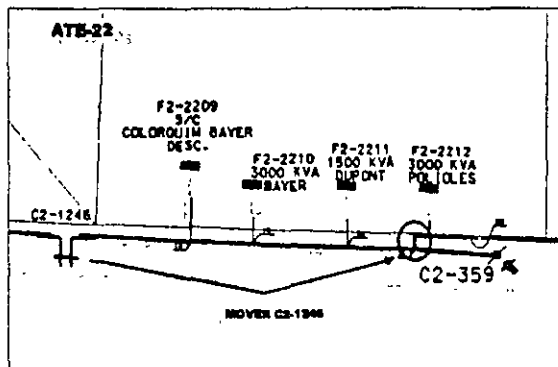


Figura 6. Reubicación del dispositivo de seccionamiento C2-1246.

La finalidad de colocar o reubicar dispositivos de seccionamiento es poder crear un nuevo segmento, de manera que cada alimentador cuente con segmentos con demandas no mayores a 5MVA.

Finalmente la Figura 7 muestra como queda segmentado un alimentador y es el caso del alimentador EST-27 de la subestación Estadio. En la figura se presenta la siguiente información:

- Las secciones encerradas con líneas representan

los segmentos formados para este alimentador.

- Los cuadros que tienen dentro el nombre de otro alimentador representan las interconexiones con ellos, en otras palabras sus respaldos.
- Los segmentos están numerados comenzando por la subestación, mostrando también el dispositivo que lo segmenta.

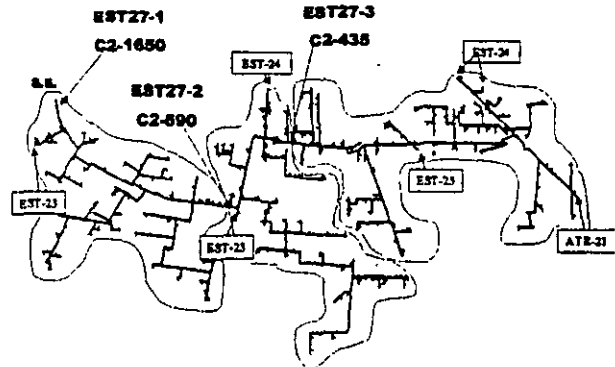


Figura 7. Ejemplo de un alimentador segmentado

Al finalizar esta etapa de la metodología se cuenta todavía con problemas de regulación de voltaje en algunos alimentadores de la zona en estudio sería recomendable realizar análisis para la ubicación de capacitores y reguladores de voltaje en estos alimentadores, pero normalmente al finalizar la aplicación de esta metodología dejan de existir alimentadores muy sobrecargados.

#### IV. CONCLUSIONES.

En la siguiente tabla se resumen las aplicaciones y beneficios que tiene la aplicación de la Metodología de Segmentación en una zona en estudio.

APLICACIONES	BENEFICIOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>BALANCEAR LA CARGA EN LA ZONA EN ESTUDIO</li> <li>OPERACIONES DE MANIOBRA DEFINIDAS PARA CONTINGENCIAS, LICENCIAS, ETC. SIN PROVOCAR SOBRECARGA EN ALIMENTADORES ADYACENTES</li> <li>LIBERAR CAPACIDAD DE RESERVA PARA SATISFACER LA DEMANDA EN EL CORTO PLAZO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS.</li> <li>"ELIMINACIÓN DE CUELLOS DE BOTELLA".</li> <li>MEJORA LA REGULACIÓN DE VOLTAJE.</li> <li>REUBICACIÓN DE DISPOSITIVOS DE SECCIONAMIENTO</li> <li>ESTABLECER LOS PUNTOS DE SECCIONAMIENTO AUTOMÁTICO EN LOS ALIMENTADORES</li> <li>FLEXIBILIDAD EN LA OPERACIÓN EN CONJUNTO DEL SISTEMA.</li> <li>MEJORA LA CONFIABILIDAD DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN</li> <li>DIFERIR INVERSIONES.</li> <li>DEJAR ATRÁS EL CONCEPTO DE CAPACIDAD FIRME.</li> </ul>



## V BIBLIOGRAFÍA.

1. Roberto Espinosa y Lara. **Sistemas de Distribución**. (1ra. Edición, México, D.F., Ed. Limusa)
2. José M. Maiz Carro. **Arquitectura de la Red de Distribución**. Revista de la Comisión de integración eléctrica regional. Volumen 8, Núm. 29. Septiembre 1999.
3. Dra. Ma. de L. Gallegos, Informe Final del proyecto 12068; **"Opciones para satisfacer la demanda en corto plazo en la Zona Toluca de LyFC"**. Instituto de Investigaciones Eléctricas. División de Sistemas Eléctricos. Gerencia de Transmisión y Distribución. Diciembre 2001.
4. CYMDIST. **Guía de Usuario**. CYME INTERNATIONAL INC. Mayo 1999

### J. Francisco Martínez Lendech



En 2001 se graduó de Ingeniero Eléctrico en el Instituto Tecnológico de Pachuca donde obtuvo mención honorífica por el mejor promedio de su generación. En el mismo año ingresó a la Gerencia de Transmisión y Distribución del IIE donde realizó una estancia de Adiestramiento en Investigación Tecnológica.

### BOGRAFÍAS:

#### Ma. de Lourdes Gallegos Grajales



En 1976 se graduó de Ingeniero Electricista en el Instituto Tecnológico de Cd. Madero. En 1982 se graduó como Maestro en Ingeniería en la División de Estudios de Postgrado de la UNAM, en donde obtuvo la Medalla Gabino Barreda como el mejor promedio de su generación en esta División. En 1987 obtuvo su grado de Doctor en la Universidad de Londres. Desde 1980 es investigador de la Gerencia de Transmisión y Distribución del IIE, donde creo la línea de desarrollo: Operación, Planeación, Diseño y Análisis en Sistemas de Distribución.

#### Elidó Medina Arévalo.

Egresado en 1999 de la facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Morelos, con el título de Ingeniero Eléctrico. Desde 1999 colabora como asesor en la Gerencia de Transmisión y Distribución del IIE, en el año 2000 participo totalmente en el Proyecto: "Integración de herramientas por la Ingeniería de distribución en LyFC y Capacitación a 24 ingenieros, mediante la solución de problemas de 160 alimentadores", actualmente es investigadora del IIE.