



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO**

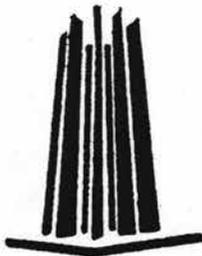
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO PARA
SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD
INTERRUPTIVA EN ALTA TENSIÓN POR
INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD
INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA”**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO
P R E S E N T A :
VÍCTOR LIMA MEJÍA

ASESOR:

ING. RUBÉN CISNEROS RODRÍGUEZ.



SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MEXICO 2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO



*ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"A R A G O N"*



Para la realización del presente trabajo se requirió del apoyo de las siguientes personas a las cuales va mi más profundo agradecimiento y amistad.

Al Ing. Rubén Cisneros Rodríguez por ser un excelente profesor, así como sus consejos y recomendaciones para el mejoramiento del presente trabajo.

A los Ings. Bernardo Cabrera Reyes, Edgar Velázquez Butrón, Sergio Ortiz por el apoyo en recopilación de información de la Compañía Luz y Fuerza del Centro y al Ing. Sergio Padilla Arteaga por parte de Comisión federal de Electricidad.

A mis Padres y Hermanos por estar siempre juntos a mí.

A mis tíos y primos por apoyarme.

Y a todos aquellos que de alguna manera hicieron posible mi formación profesional

DEDICATORIAS

A mis padres

Al esfuerzo de mis padres, por que siempre serán un ejemplo a seguir para mí, así como su amor y apego hacia mí.

Al Ingeniero Rubén Cisneros Rodríguez

Por todo su apoyo ilimitado para la elaboración de este trabajo.

A Raquel y Paula

Para que realicen siempre su máximo esfuerzo en todo lo profesional

A mis amigos

Por ser excelentes amigos en momentos buenos o malos, amistad que nunca voy a perderles.

A Diana

Por ser una inspiración.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

PRÓLOGO

"LA ENERGÍA ELÉCTRICA NECESIDAD DE LA HUMANIDAD"

Tratemos de viajar cien años al pasado, cuando la iluminación se realizaba por combustión de aceite, gas, petróleo, etc., los grandes trabajos se realizaban en forma manual, no existían máquinas activadas por motores eléctricos.

Hoy no podríamos imaginar cómo sería nuestra actividad laboral, la convivencia en el hogar, nuestro círculo social, sin esta energía eléctrica que produce principalmente la Iluminación, la fuerza de trabajo, que nos dio y nos da, más comodidad, una mejor calidad de vida y considerando que la energía eléctrica es fundamental para el crecimiento de la planta productiva. México está obligado a responder grandes necesidades de crecimiento de la capacidad de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica, así como la necesidad de ser más eficiente él (SEP) Sistema Eléctrico de Potencia con las primicias de "CALIDAD Y CONFIABILIDAD" de la energía eléctrica, reflejándose en un gran desarrollo del país.

El propósito de esta tesis es atender un punto "La capacidad interruptiva de los equipos eléctricos" ya que es uno de los primeros pasos a seguir para dar un buen y oportuno servicio en la distribución y transmisión de la energía eléctrica. No debo de olvidar en hacer hincapié en conservar, ahorrar la energía eléctrica ya que es un patrimonio de la humanidad.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

INTRODUCCIÓN

La electricidad fue la innovación tecnológica esencial en los trabajos mineros y la respuesta a lo que tanto se había buscado: La fuerza motriz capaz de desaguar las minas y de iluminarlas. La energía eléctrica desplazó poco a poco las actividades manuales; permitió la modernización de las fundiciones; además favoreció la expansión de la minería en la primera década del siglo XX.

Los primeros intentos de generación de energía eléctrica fueron aislados, muchas veces relacionados con el uso de la fuerza hidráulica y con la utilización creciente de las máquinas de vapor. Hay que distinguir entre la generación de electricidad para el uso urbano y la que se generaba para usos industriales. En el primer caso, se destinó al principio a lograr un alumbrado público más eficiente que sustituyera al ya existente a base de aceite y gas. En el segundo se generó sobre todo como fuerza motriz para fábricas y minas.

La electrificación urbana se inició en 1881 en la ciudad de México, donde "la compañía de Samuel B. Knight había puesto en servicio 40 lámparas eléctricas, sistema Busch, para el alumbrado público, pero en 1905 la Mexican Electric Works Co. Ltd., adquiere el contrato de Fuerza y de Luz de la ciudad de México, desarrollando su evolución de la siguiente manera;



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

1903-1960, Privada.
1960-1975, Paraestatal.
1975-1994, Paraestatal en Liquidación.
1994-2003, Organismo Descentralizado

Al pasar de la década de los 60s hacia los 90s ocurre un momento de transición con el crecimiento vertiginoso de la zona conurbana del Estado de México respecto del Distrito Federal, lo que trae consigo un importante crecimiento en la demanda de energía eléctrica en el Área Central del Sistema Eléctrico Nacional, área a cargo de Luz y Fuerza del Centro. De los años 90s hasta ahora el crecimiento de la demanda de energía eléctrica no se compensa con el despacho de generación, por lo que trae como consecuencia un fenómeno llamado "Apagón", para evitar esto es necesario hacer estudios de Estabilidad, Flujos de Potencia, y de Corto Circuito, el estudio de Corto Circuito nos permite conocer con precisión los valores de corto circuito en cada una de las barras de la totalidad del Sistema del Área Central, valores que se van incrementando principalmente en barras con presencia de altas cargas. Los valores de corto circuito en aumento hacen que los interruptores tengan problemas para operar en la Ciudad de México y Área Metropolitana ya que están en el límite o han rebasado su capacidad interruptiva por lo tanto se debe determinar el momento en que será necesario efectuar el reemplazo de interruptores de baja capacidad interruptiva por interruptores de alta capacidad interruptiva, es necesario de ante mano hacer el análisis técnico económico.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CONTENIDO

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

**CAPÍTULO 1 EL SISTEMA ELECTRICO, INTERCONECTADO SUR,
ÁREA CENTRAL (ÁREA METROPOLITANA) 11**

- 1.1 SIN (Sistema de Interconexión Nacional)
- 1.2 Mapa actual de Sistema de Interconexión Nacional
- 1.3 Centrales Generadoras
- 1.4 Líneas de Transmisión
- 1.5 Ámbito Geográfico
- 1.6 Red Troncal del Área de Control Central
- 1.7 Zona de Influencia (Luz y Fuerza del Centro en el centro del país).

**CAPÍTULO 2 ESTUDIO DE LA CARGA DEMANDADA EN EL ÁREA
CENTRAL ASÍ COMO SU PROBLEMÁTICA 31**

- 2.1 Análisis de la evolución de la carga demandada
- 2.2 Evolución de la red de distribución de LyFC
- 2.3 Historia y estimación de la demanda eléctrica
- 2.4 Ámbito geográfico
- 2.5 Comportamiento típico del consumo eléctrico
- 2.6 Clientes de consumo eléctrico
- 2.7 Servicios en alta tensión
- 2.8 Sistema de Interconexión Nacional demanda máxima 2005



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CAPÍTULO 3 ESTUDIO E IDENTIFICACIÓN DE LOS (NODOS) CON
PROBLEMAS

50

- 3.1 Antecedente
- 3.2 Estados operativos de un sistema Eléctrico de Potencia
- 3.3 Demanda máxima 2002 (Sistema Eléctrico Nacional)
- 3.4 Fuentes de suministro al Área Central
- 3.5 Principales centrales generadoras y líneas de transmisión de las Áreas de Control Occidental y Oriental que aportan energía al Área Central
- 3.6 Flujos de Potencia para el Área Central
- 3.7 Anillo 400kV
- 3.8 Subestaciones que ya han rebasado su capacidad firme
- 3.9 Programa de generación por CFE y LFC
- 3.10 Crecimiento de la demanda VS capacidad instalada de Generación, gráfica comparativa
- 3.11 Interruptores que requieren cambios por obsolescencia
- 3.12 Valores de corto circuito trifásico y línea a tierra (kA), Área Central 85 (kV)
- 3.13 Valores de corto circuito trifásico y línea a tierra (kA), Área Central 230 (kV)
- 3.14 Programa de sustitución de interruptores de potencia en tensiones de 85 kV y 230 kV



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CAPÍTULO 4 INTERRUPTORES DE POTENCIA DE 3ª GENERACIÓN 70

- 4.1 El interruptor de potencia
- 4.2 Cámara de extinción
 - 4.2.1 Interruptor de potencia tanque muerto
 - 4.2.2 Interruptor de potencia tanque vivo
- 4.3 Medio de accionamiento
 - 4.3.1 Mecanismos de operación por medio hidráulico
 - 4.3.2 Mecanismos de operación por medio de resorte
 - 4.3.2.1 Historia del mecanismo de operación por medio de resorte
 - 4.3.2.2 Requerimiento que imponen los mecanismos de los interruptores
 - 4.3.2.3 Mecanismos de almacenamiento del resorte
 - 4.3.2.4 Principales características
 - 4.3.2.5 Descripción
 - 4.3.3 Segunda generación mecanismos de operación por medio de resorte
 - 4.3.3.1 Características
 - 4.3.3.2 Función
 - 4.3.3.3 Adaptaciones debido al principio de operación y efectos en su desempeño
 - 4.3.4 Una nueva generación de mecanismos de operación por medio de resortes (tercera generación)
 - 4.3.4.1 Características
 - 4.3.4.2 Función
 - 4.3.4.3 Desempeño optimizado a través de novedosas características
 - 4.3.4.4 Adecuado mejoramiento en los mecanismos de operación de la tercera generación
 - 4.3.4.5 Aplicaciones de los mecanismos de la tercera generación
 - 4.3.4.6 Ventajas de los mecanismos de la tercera generación



CAPÍTULO 5	COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICO ENTRE LOS INTERRUPTORES DE PÓTENCIA EXISTENTES Y LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA SUGERIDOS	97
5.1	Análisis del programa para sustituir interruptores en alto voltaje	
5.2	Puntos de mayor impacto	
5.3	S.E. Cerro Gordo	
5.3.1	Ubicación S.E. Cerro Gordo	
5.3.2	Niveles de corto circuito en Cerro Gordo 230 kV	
5.3.3	Análisis de la S.E. Cerro gordo	
5.3.4	Diagrama unificar S.E. Cerro Gordo en 230 kV	
5.3.5	Vista general del disyuntor Oerlinkon	
5.3.6	Características generales del disyuntor Oerlinkon en 230 kV	
5.3.7	Descripción de los conjuntos que forman el equipo	
5.3.8	Armario de mando	
5.3.9	Funcionamiento	
5.3.9.1	Elemento de ruptura	
5.3.9.2	Dispositivos de inserción de las resistencias	
5.3.9.3	Órgano de mando	
5.4	Características que deben cumplir los interruptores de potencia de 23 a 400 kV, usados en el sistema de LyFC	
5.4.1	Clasificación	
5.4.2	Características particulares	
5.4.2.1	Condiciones de servicio	
5.4.2.2	Características constructivas	
5.4.3	Pruebas	
5.4.3.1	Pruebas prototipo	
5.4.3.2	Pruebas rutina	
5.4.4	Empaque y embarque	
5.4.5	Equipos y accesorios	



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- 5.4.6 Información técnica adicional
- 5.5 Comparación entre interruptores existentes y los sugeridos
 - 5.5.1 Comparación técnica de interruptores de 230 kV a (40 y 63 kA), así como su costo por adquisición según especificación LFC-ING-017
 - 5.5.2 Comparación de costo por inversión para interruptores de baja capacidad interruptiva con interruptores de alta capacidad interruptiva
 - 5.5.3 Interruptores recomendados
- 5.6 S.E. Valle de México
 - 5.6.1 Ubicación de S.E. Valle de México
 - 5.6.2 Diagrama unificar de S.E. Valle de México
 - 5.6.3 Niveles de corto circuito en Valle de México
 - 5.6.4 Análisis de la S.E. Valle de México
 - 5.6.5 Vista general del disyuntor FX-12 en 230 kV
 - 5.6.6 Características generales de Disyuntor FX-12
 - 5.6.7 Descripción general
 - 5.6.8 Descripción de los elementos del disyuntor
- 5.7 Estudio y análisis del fenómeno ferresonancia debido a la posible repotenciación de los interruptores de 230 kV en S.E. Valle de México
 - 5.7.1 Objetivo
 - 5.7.2 Descripción de la Zona 230 kV de la S.E. Valle de México
 - 5.7.3 Simulación transitoria llevadas a cabo en el banco T-28 y en los TP'S
 - 5.7.4 Conclusiones
- 5.8 Impacto de capacitores de gradiente (5000 o 10000 pf) de interruptores FX-12, 230 kV, marca ALSTOM, en unidades turbogeneradores de planta-Subestación Valle de México
 - 5.8.1 Resonancia subsíncrona



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.8.2	Capacitor de gradiente y resonancia subsíncrona en la planta-subestación Valle de México	
5.8.3	Conclusiones	
5.9	Análisis económico por sustituir capacitores de gradiente de 5000 pf por 10000 pf	
CAPÍTULO 6	 DICTAMEN DE LA MEJOR SOLUCIÓN	178
6.1	Introducción	
6.2	Vista de los interruptores sugeridos	
6.3	Dictamen de la mejor so	
	CONCLUSIONES	184
	Programar Acciones	
	APÉNDICE I	185
A-1	Curiosidad del siglo XX indispensable hoy en día	
A-2	Agente extintor del arco y excelente medio dieléctrico	
A-3	Característica y propiedades del SF6	
A-3.1	Pruebas del hexafluoruro de Azufre (SF6)	
A-3.2	Constante física de SF6	
	APÉNDICE II	188
A-2	Planificación de expansión de infraestructura eléctrica en LFC	
A-2.1	Lo peculiar de los sistemas eléctricos de potencia	
A-2.2	Planeación de la expansión	
A-2.3	Etapas de estudio de la expansión del sistema eléctrico	
A-2.4	Resultado final	
	GLOSARIO	



CAPÍTULO 1

EL SISTEMA ELECTRICO, INTERCONECTADO SUR, ÁREA CENTRAL (ÁREA METROPOLITANA)

En este capítulo se tendrá referencia;

- Ámbito Nacional
- Zona metropolitana



CONTENIDO	PAGINA
1.1 SIN (Sistema de Interconexión Nacional).....	11
1.2 Mapa actual de Sistema de Interconexión Nacional.....	12
1.3 Centrales Generadoras.....	14
1.4 Líneas de Transmisión.....	21
1.5 Ámbito Geográfico.....	24
1.6 Red Troncal del Área de Control Central.....	25
1.7 Zona de Influencia (Luz y Fuerza del Centro, en el centro del país).....	26



CAPÍTULO 1

EL SISTEMA ELÉCTRICO, INTERCONECTADO SUR ÁREA CENTRAL (ÁREA METROPOLITANA)

1.1 SIN (SISTEMA DE INTERCONEXIÓN NACIONAL)

Un sistema eléctrico esta formado por; la generación, transmisión y la distribución. Actualmente la generación se lleva acabo por parte de CFE (Comisión Federal de Electricidad), LyFC (Luz y Fuerza del Centro) y productores externos estos últimos es menor cantidad, la transmisión y la distribución se realiza por CFE y LyFC.

Actualmente nuestro sistema eléctrico esta catalogado como un SEP Monopólico Vertical con una organización típica mostrada en la figura 1.

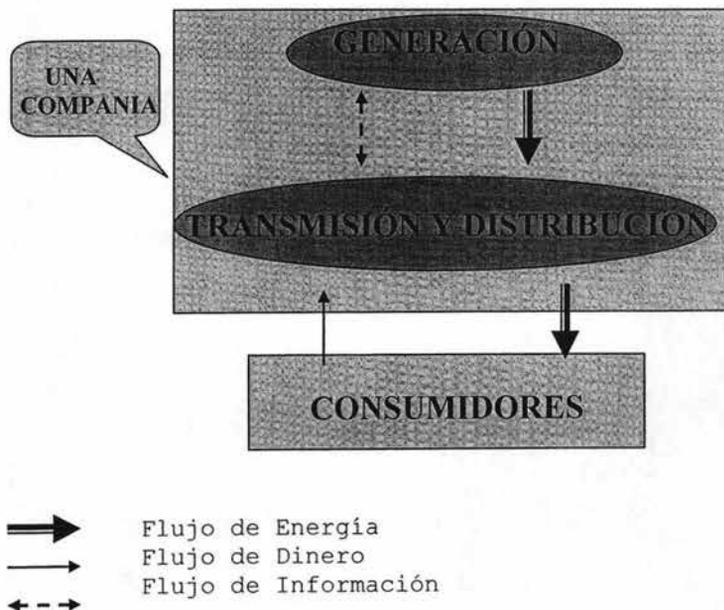


Figura 1



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

1.2 MAPA ACTUAL DEL SISTEMA DE INTERCONEXIÓN NACIONAL

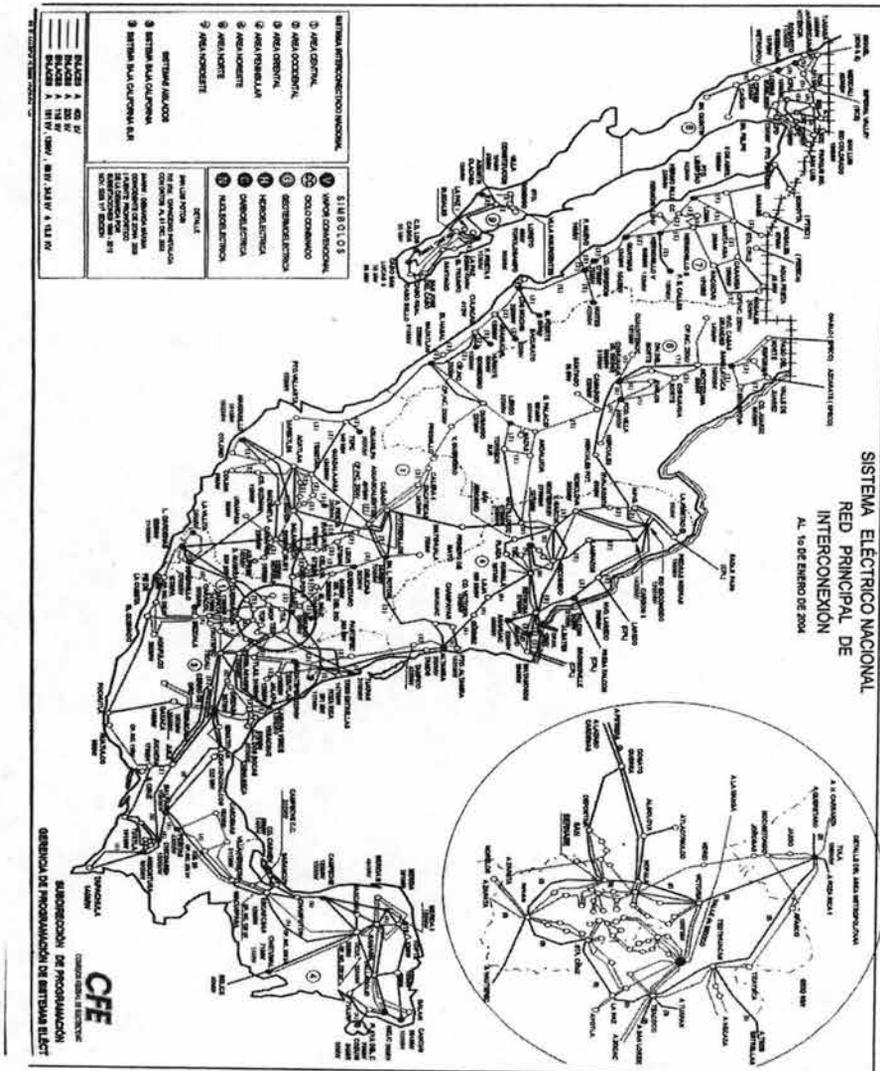


figura 2

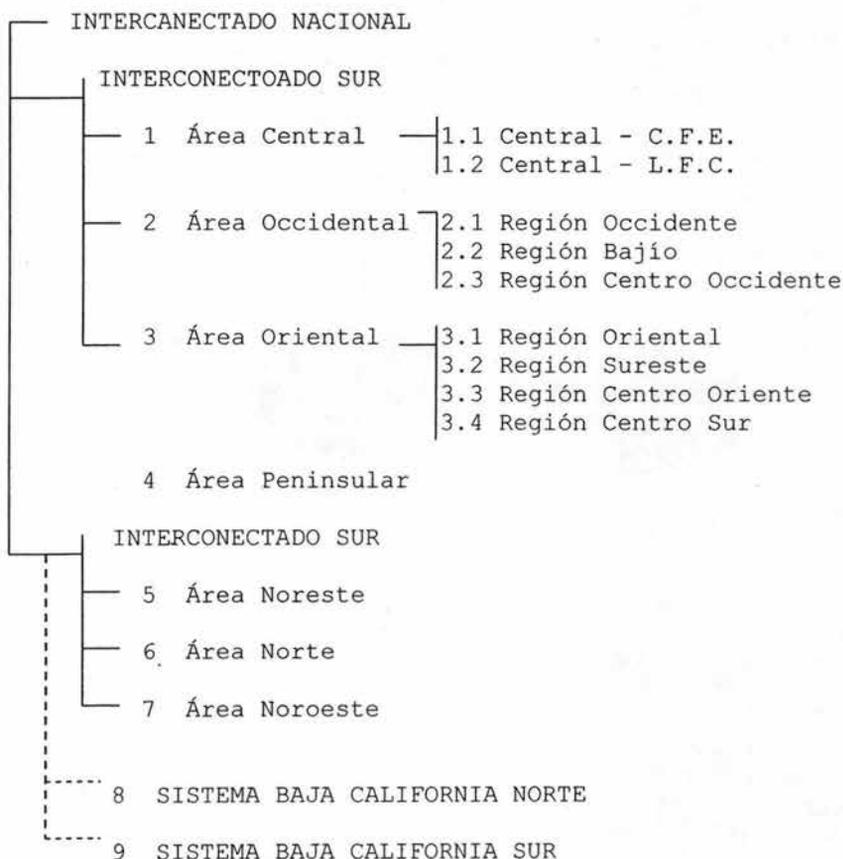


TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

En la figura (2) se puede apreciar que el SIN se divide de la siguiente manera;



También se marcan las principales plantas generadoras, las líneas de transmisión de enlace de; 400kV, 230kV, 115kV, 161kV, 138kV, 69kV, 34.5kV, 13.8kV y amplificado el enlace de la área Metropolitana, que es área a estudiar en el presente trabajo.



1.3 CENTRALES GENERADORAS

La capacidad efectiva de generación de energía eléctrica a cargo de CFE esta constituida por 163 centrales generadoras de energía eléctrica con una capacidad instalada de 40,354,240 MW en total al cierre del mes de marzo del año 2003, incluye productores externos.

Generación por fuente

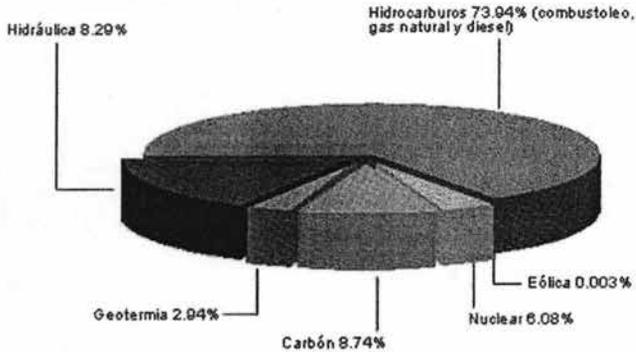


figura 3

Generación
Termoeléctrica

En el proceso termoeléctrico existe una clasificación de tipos de generación de acuerdo a la tecnología utilizada para hacer girar los generadores eléctricos, denominándoseles como sigue:

- Vapor
Con vapor se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.
- Turbogas
Con los gases de combustión se produce el movimiento de una turbina acoplada al generador eléctrico.
- Combustión Interna
Con un motor de combustión interna se produce el movimiento del generador eléctrico.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Una segunda clasificación corresponde al tipo de centrales que utilizan una combinación de las tecnologías de turbogás y vapor para la generación de energía eléctrica, denominada:

- Ciclo combinado

Otra clasificación de las centrales termoeléctricas corresponde al combustible primario para la producción de vapor, según:

- Vapor (combustóleo, gas y diesel)
- Carboeléctrica (carbón)
- Dual (combustóleo y carbón)
- Geotermoeléctrica (vapor extraído del subsuelo)
- Nucleoeléctrica (uranio enriquecido)

Termoeléctrica
Carboeléctrica

Descripción del proceso de las centrales carboeléctricas

Las centrales carboeléctricas prácticamente no difieren en cuanto a su concepción básica de las termoeléctricas de tipo vapor; el único cambio importante es el uso del carbón como combustible y que las cenizas de los residuos de la combustión, requieren de varias maniobras y espacios muy grandes para su manejo y confinamiento.



Esquema de una central carboeléctrica

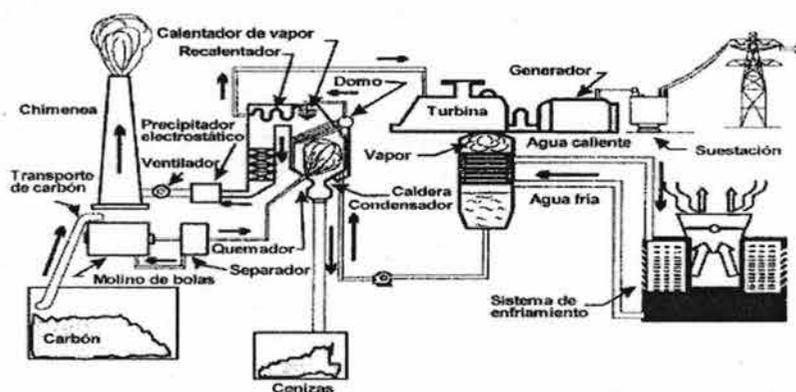


figura 4

Termoeléctrica
Ciclo combinado

Descripción del proceso de las centrales de ciclo combinado.

Las centrales de ciclo combinado están integradas por dos tipos diferentes de unidades generadoras: turbinas y vapor. Una vez terminado el ciclo de generación de la energía eléctrica en las unidades turbinas, los gases desechados con una alta temperatura, se utilizan para calentar agua llevándola a la fase de vapor, que se aprovecha para generar energía eléctrica adicional. La combinación de estos dos tipos de generación, permiten el máximo aprovechamiento de los combustibles utilizados, dando la mejor eficiencia térmica de todos los tipos de generación termoeléctrica.



Esquema de una central de ciclo combinado

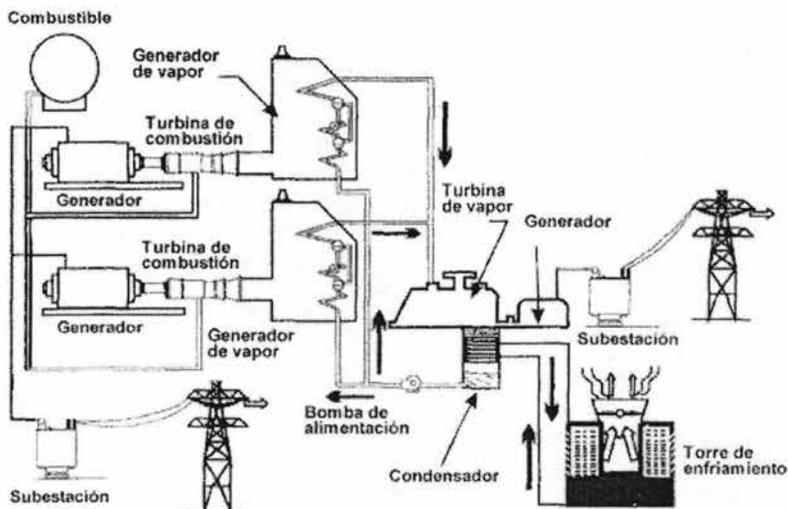


figura 5

El paquete o arreglo general de una planta de ciclo combinado se puede esquematizar de acuerdo con diversas posibilidades. El número de unidades turbogas por unidad de vapor varía desde uno a uno hasta cuatro a uno. En cuanto al criterio de diseño de la fase de vapor existen tres variantes:

- sin quemado adicional de combustible.
- con quemado adicional de combustible para control de la temperatura.
- con quemado adicional de combustible para aumentar la temperatura y presión del vapor.

Una ventaja de este tipo de plantas es la posibilidad de construirlas en dos etapas. La primera, turbogas, puede ser terminada en un plazo breve e inmediatamente iniciar su operación; posteriormente, se puede terminar la construcción de la unidad de vapor, y completarse así el ciclo combinado



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Generación
Nucleoeléctrica Laguna Verde

La única central nucleoeléctrica del país

Laguna Verde se encuentra localizada sobre la costa del Golfo de México, en el municipio de Alto Lucero, Estado de Veracruz. Está integrada por dos unidades, cada una con una capacidad de 682.44 MWe (Mega Watts eléctricos); los reactores son tipo Agua Hirviente (BWR-5) y la contención tipo Mark II de ciclo directo.

La Unidad 1 ha generado más de 57.2 millones de MWh, con una disponibilidad de 84.13% y un factor de capacidad de 80.08%; mientras que la Unidad 2 ha generado más de 37.3 millones de MWh, siendo su factor de disponibilidad de 85.34% y el de capacidad de 81.86%. Ambas unidades representan el 3.38% de la capacidad efectiva instalada de CFE*, con una contribución a la generación del 6.08%.



figura 6



Generación Hidroeléctrica

Las centrales hidroeléctricas utilizan la energía potencial del agua como fuente primaria para generar electricidad. Estas plantas se localizan en sitios en donde existe una diferencia de altura entre la central eléctrica y el suministro de agua. De esta forma, la energía potencial del agua se convierte en energía cinética que es utilizada para impulsar el rodete de la turbina y hacerla girar para producir energía mecánica. Acoplado a la flecha de la turbina se encuentra el generador que finalmente convierte la energía mecánica en eléctrica.

Una característica importante es la imposibilidad de su estandarización, debido a la heterogeneidad de los lugares en donde se dispone de aprovechamiento hidráulico, dando lugar a una gran variedad de diseños, métodos constructivos, tamaños y costos de inversión.

Las centrales hidroeléctricas se pueden clasificar de acuerdo con dos diferentes criterios fundamentales, a saber:

1. Por su tipo de embalse.
2. Por la altura de la caída del agua

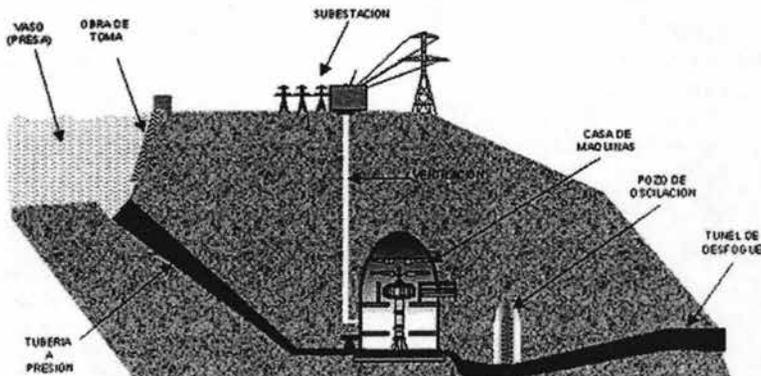


figura 7



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Chicoasén, hidroeléctrica

Está ubicada sobre el río Grijalva en el municipio de Chicoasén, Chiapas. El acceso a la central hidroeléctrica es por la carretera de Tuxtla Gutiérrez



figura 8

Generación

Eoloeléctrica

Descripción del proceso de las centrales eólicas

Este tipo de central convierte la energía del viento en energía eléctrica mediante una aeroturbina que hace girar un generador. La energía eólica está basada en aprovechar un flujo dinámico de duración cambiante y con desplazamiento horizontal. La cantidad de energía obtenida es proporcional al cubo de la velocidad del viento, lo que muestra la importancia de este factor.

Los aerogeneradores aprovechan la velocidad de los vientos comprendidos entre 5 y 20 metros por segundo. Con velocidades inferiores a 5 metros por segundo el aerogenerador no funciona por encima del límite superior y debe pararse para evitar daños a los equipos.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

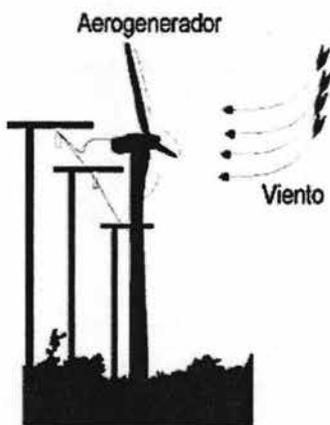


figura 9

1.4 LÍNEAS DE TRANSMISIÓN

Los niveles de transmisión son los siguientes:

- Por parte de Luz y Fuerza del Centro es; 23kV, 85kV, 230kV y 400kV.
- Por parte de Comisión federal de Electricidad es; 13.2kV, 34kV, 69kV, 155kV, 230kV y 400kV.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

RED ELÉCTRICA DE LFC (Km' s)

EN EL PERIODO 2001-2006 LA RED ELÉCTRICA DE TRANSMISIÓN Y SUBTRANSMISIÓN SE EXPANDIO EN UN 18%

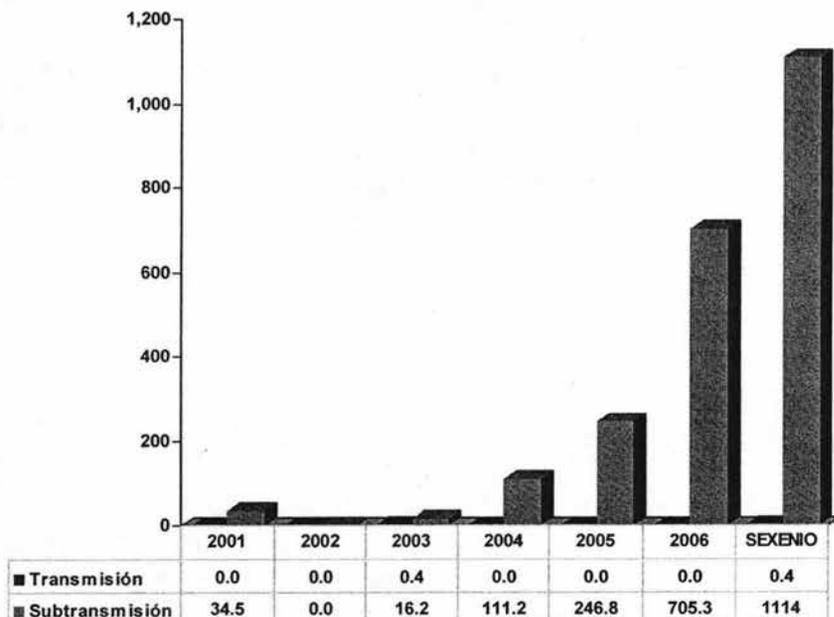


Figura 10



RED DE DISTRIBUCIÓN (KM´S)

EN EL PERIODO 2001-2006 CRECIÓ LA RED DE DISTRIBUCIÓN EN UN 14%

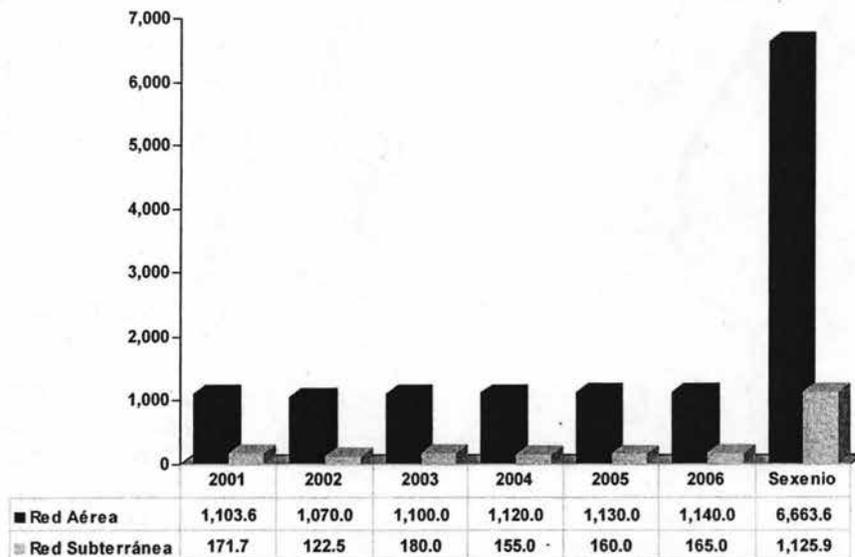


Figura 11



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

1.5 AMBITO GEOGRAFICO

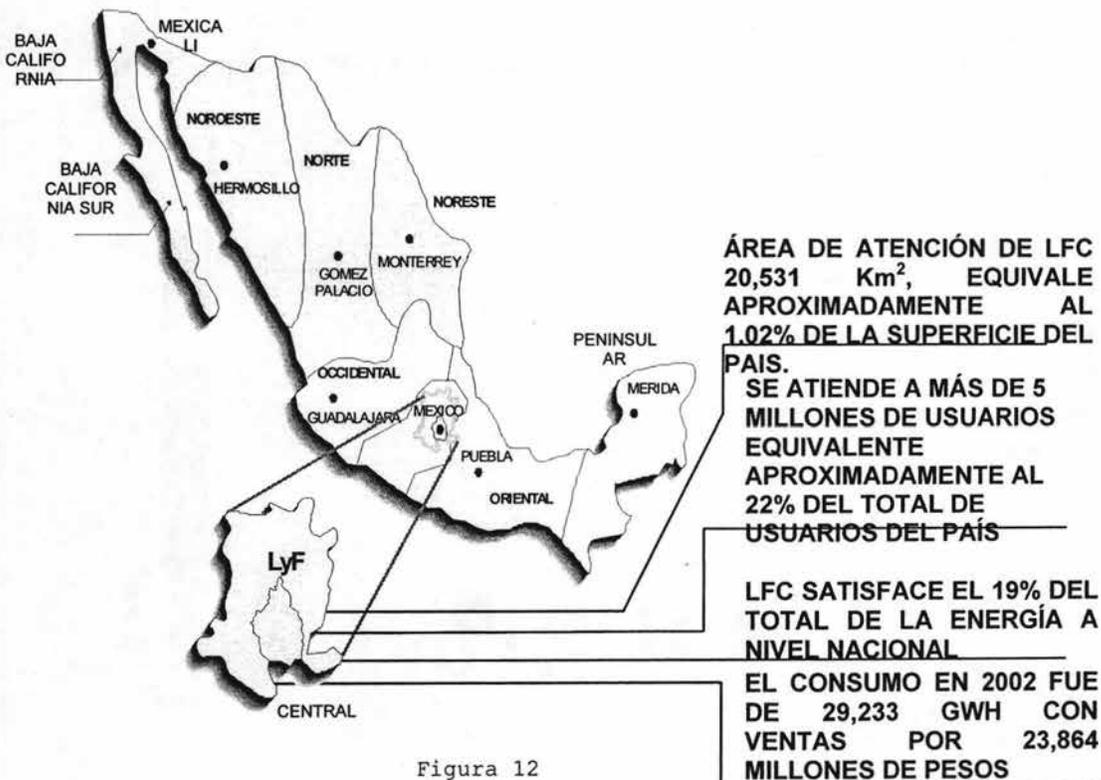


Figura 12

ENERO 2003

Escenario

Luz y Fuerza del Centro, una de las 2 empresas suministradoras de energía eléctrica del país atiende una pequeña zona del área central del territorio nacional, aproximadamente el 1%, dentro del cual se encuentra la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, zona con la mayor densidad de carga del país. Al finalizar el año 2002, estos fueron algunos de sus números más importantes figura (12).

- 5'457,833 usuarios
- 7856 MW demanda máxima
- 7081 MW demanda máx. LyF (91%)
- 29,805 GWh - energía facturada



1.6 RED TRONCAL DEL AREA DE CONTROL CENTRAL

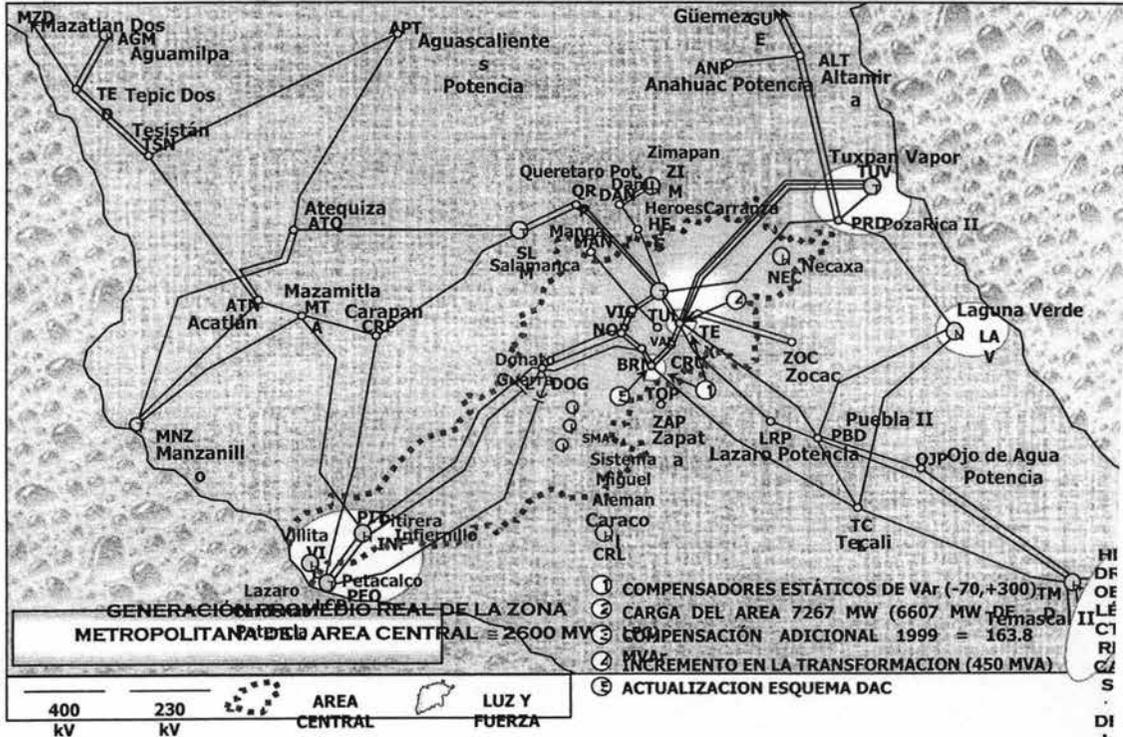


Figura 13

En el mapa de la figura (13) es un recuadro del área central del país, con las líneas punteadas es área central controlada por CFE y LFC y el área de color melón es el área controlada por LFC, como también se aprecia las principales líneas de transmisión de enlace que son de las que vienen de Tuxpar, Laguna Verde, Hidroeléctricas del Sureste, Infiernillo y Mazatlán.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

1.7 ZONA DE INFLUENCIA (LUZ Y FUERZA DEL CENTRO EN EL CENTRO DEL PAIS)

La zona de influencia de Luz y Fuerza del Centro se divide en dos partes:

- 1.- Metropolitana; M-1 Noroeste
M-2 Noreste
M-3 Centro
M-4 Suroeste
M-5 Sureste

- 2.- Divisiones; a) Toluca
b) Pachuca
c) Cuernavaca

En el mapa de la figura (14) es dividido así por razones de estadística estas zonas son evaluadas anualmente como también se hacen estudios del crecimiento de la demanda de carga. La zona de influencia de Luz y Fuerza del Centro se caracteriza por tener un anillo de enlace de 400kV, con los siguientes nodos;

Tula
Teotihuacan
Texcoco
La paz
Santa Cruz
Topilejo
San Bernabe
Nopala
Victoria



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

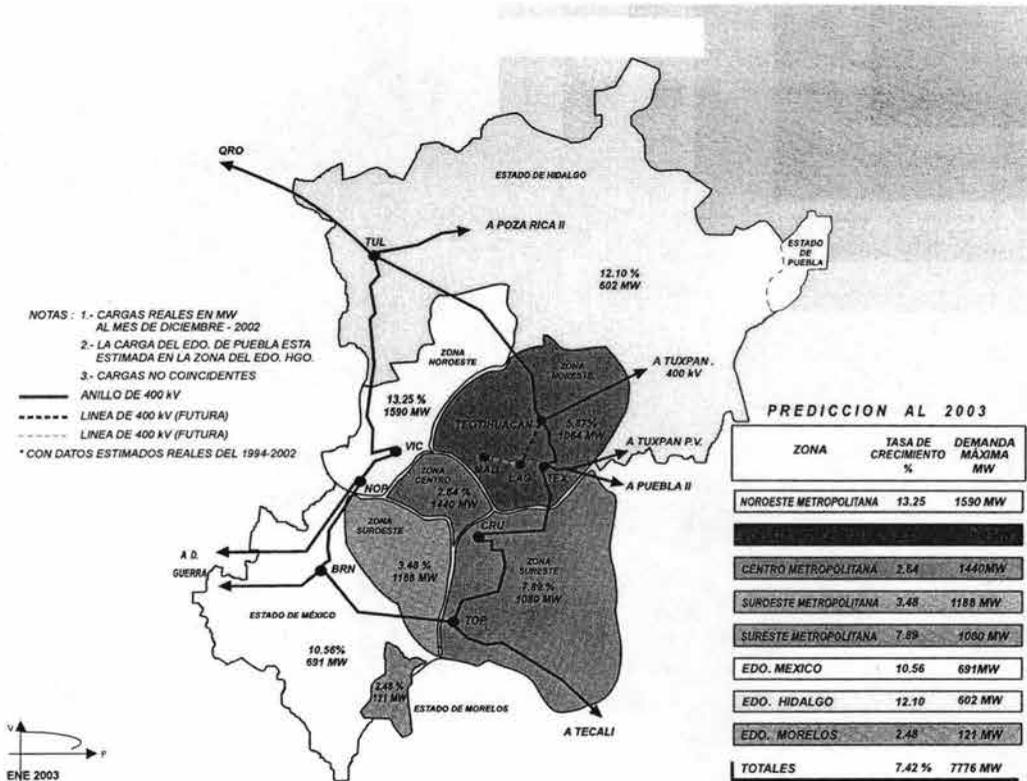


figura 14



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

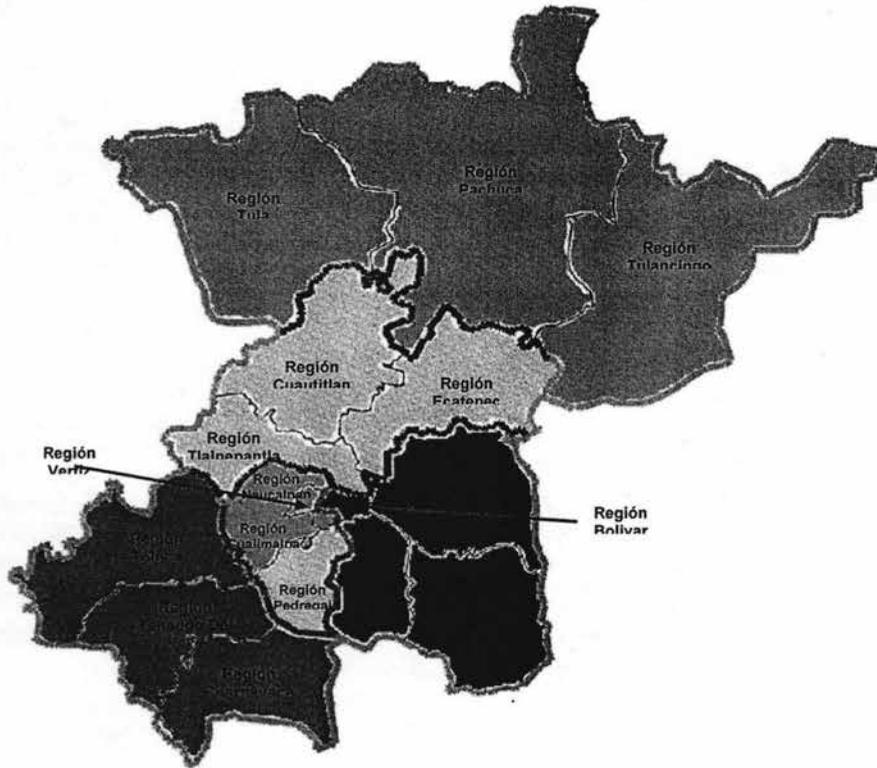


figura 15

Esta forma de dividir la zona de influencia de Luz y Fuerza del centro es por razones de Distribución ya que la distribución es el enlace entre la Compañía suministradora de la energía eléctrica y el consumidor (cliente), se divide en 5 Divisiones y 17 Regiones que a continuación se nombran, ver figura (15).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5 DIVISIONES

-  División I
-  División II
-  División III
-  División IV
-  División V

17 REGIONES

- 1) Región Tula
- 2) Región Tulancingo
- 3) Región Pachuca
- 4) Región Cuautitlan
- 5) Región Ecatepec
- 6) Región Chapingo
- 7) Región Tlalnepantla
- 8) Región Naucalpan
- 9) Región Iztapalapa
- 10) Región Chalco
- 11) Región Toluca
- 12) Región Vertiz
- 13) Región Bolivar
- 14) Región Cuajimalpa
- 15) Región Pedregal
- 16) Región Tenango del Valle
- 17) Región Cuernavaca



CAPÍTULO 2

ESTUDIO DE LA CARGA DEMANDADA EN EL ÁREA CENTRAL ASÍ COMO SU PROBLEMÁTICA

En este capítulo se analizara la evolución de la carga en el Área Central del país;

- Con 100 años de supervisión y dirección de Luz y Fuerza del Centro
- En las últimas décadas el crecimiento de la carga es vertiginoso
- crecimiento del 4.08 %



CONTENIDO	PAGINA
2.1 Análisis de la evolución de la carga demandada.....	31
2.2 Evolución de la red de distribución de LyFC.....	34
2.3 Historia y estimación de la demanda eléctrica.....	35
2.4 Ámbito geográfico.....	39
2.5 Comportamiento típico del consumo eléctrico.....	40
2.6 Clientes de consumo eléctrico.....	43
2.7 Servicios en alta tensión.....	45
2.8 Sistema de Interconexión Nacional demanda máxima 2005.....	47



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CAPITULO 2

ESTUDIO DE LA CARGA DEMANDADA EN EL ÁREA CENTRAL

2.1 ANALISIS DE LA EVOLUCIÓN DE LA CARGA DEMANDADA

El importante crecimiento en la demanda de Energía Eléctrica que se ha experimentado en los últimos años en el Área Central del Sistema Eléctrico Nacional, área a cargo principalmente de Luz y Fuerza del Centro, amerita el estudio de evolución del Mercado Eléctrico. Al pasar de la década de los 60s hacia los 80s ocurre un momento de transición con el crecimiento vertiginoso de la zona conurbana del Estado de México respecto del Distrito Federal, de los 80s a los 90s es muy similar y de 90s a nuestros días se tiene un crecimiento moderado del 4.08%.

Con una proyección a 20 años, se espera enfrentar una demanda vertical, a base de nuevos edificios, y grandes concentraciones de carga, esto es con densidades de carga, a partir de los 15 MVA/km².

Ya que Luz y Fuerza del Centro y Comisión Federal de Electricidad esta a cargo del Área Central del Sistema Eléctrico Nacional, por lo que han integrado un estudio anual por parte de las gerencias de Programación y Operación de LFC y de Programación de la CFE, que tome en cuentas las tasas de crecimiento correspondientes a esos incrementos significativos de la demanda, en un horizonte que se extiende hasta un plazo de diez años. Así conocida la evolución de dicho mercado en las diferentes zonas y divisiones en que se divide y para dar respuesta a la demanda planteada año con año en cada zona y división se han empezado a lo largo y ancho del Sistema Eléctrico de Potencia innumerables e importantes obras de Generación, Transformación, Transmisión y Subtransmisión buscando en todo momento un estado que no solo responda a una operación segura, confiable y eficiente del propio sistema, sino también de la red de distribución en condiciones de calidad en el servicio.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

La elaboración del programa de obras correspondiente, en el que se plasma la expansión del sistema año con año en el plazo de diez años, permite llevar a cabo los estudios eléctricos respectivos de flujo de potencia y de corto circuito, realizando, a partir de los resultados obtenidos, los cambios, modificaciones ó adiciones de las obras propuestas, necesarias para la operación optima del sistema.

Así mediante los estudios de los flujos de potencia, se logra conocer con alta precisión que en las nuevas instalaciones, se opere con cargabilidades dentro de las tolerancias permitidas, que los voltajes se mantengan dentro de los limites deseables de operación, que la compensación de potencia reactiva que se instale garantice la estabilidad de voltaje y la estabilidad del Sistema Eléctrico de potencia, que en un futuro la viabilidad para porteo de energía a través del Área central desde el Área Oriental a el Área Occidental y la factibilidad de alimentación a clientes en alta tensión se garantice.

Mediante el estudio de Corto Circuito nos permite conocer con precisión los valores de corto circuito en cada una de las barras de la totalidad del Sistema del Área Centra y la forma en que dichos valores evolucionan a lo larga del horizonte establecido de diez años. Ello nos permite:

- Determinar el momento en que será necesario efectuar el reemplazo de interruptores, cuya capacidad de interrupción esta amenazada ó rebasada por el nivel de falla de las barras asociadas.
- Conocer las altas concentraciones de capacidad de corto circuito en las barras del sistema y/o momentos en que se presentan, a efectos de tomar medidas técnicas necesarias que permitan eliminarlas (partición de barras, reconfiguración topológica, etc.)



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Además el estudio de corto circuito permite el diseño de los sistemas de protección de los elementos del Sistema de Potencia ante cada falla de corto circuito mediante la determinación de las aportaciones a la falla a través de todos los elementos que contribuyan a ella.

Por supuesto estos estudios se hacen con programas especializados para el análisis del comportamiento del sistema de distribución, diseñados y comercializados por la empresa canadiense CYME.

A efectos de dimensionar los retos que tienen en el servicio de la Energía Eléctrica, en la tabla (1) se muestra la evolución de la Red Eléctrica de Distribución en los 100 años de vida (1903-2003) de LyFC, analizando primero el crecimiento de la población a nivel Nacional que va los 12,700,294(1903) a los 95,483,000(2003) habitantes y que actualmente LyFC atiende a el 25% de la población Nacional, llevando como consecuencia una demanda de Energía Eléctrica de 8100 MW para el cierre del año 2003. También muestra la tendencia a desaparecer los alimentadores de 2KV, 3kV y la introducción de los alimentadores de 6kV, 13.2kV y 23kV.

Este escenario, deja como única posibilidad, con la idea de aplicar soluciones de máxima confiabilidad, el migrar hacia sistemas especializados de suministro, tales como:

- Red compacta
- Red aérea aislada
- Red blindada de baja tensión
- Redes subterráneas radiales
- Esquemas de suministro para desarrollos inmobiliarios, comerciales y de oficinas (PERISUR, PERINORTE, PLAZA POLANCO, LOS ATRIOS, SAN MARTÍN OBISPO, etc.).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

2.2 EVOLUCION DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE LyFC

DESCRIPCIÓN	1903	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	1995	2000	2003 (JUNIO)	
POBLACION TOTAL DEL PAIS	12,700,284	13,607,269	15,160,369	14,334,780	16,662,722	19,663,562	25,791,017	34,923,129	48,225,238	66,046,833	81,249,645	91,158,280	96,483,000	
HABITANTES EN LA ZONA DE ATENCION DE LyF	2,241,145	2,536,406	2,516,361	3,029,528	3,868,093	5,566,301	8,149,589	12,517,314	18,889,896	21,134,964	23,752,106	25,492,912	25,492,812	
RELACION PAIS / LyF	17.66%	18.64%	16.60%	21.13%	23.31%	28.32%	31.60%	35.64%	39.17%	31.62%	28.23%	27.97%	26.70%	
CONSUMIDORES LyFC	(15) 11,500	(15) 30,000	(15) 54,712	(9) 158,000	(9) 264,250	(15) 464,505	791,000	1,547,000	2,647,712	4,031,038	4,768,875	5,199,001	5,546,165	
ALIMENTADORES 23 KV						6	23	75	278	357	402	635	671	
ALIMENTADORES 6KV			9	61	91	120	260	307	192	190	119	124	120	
ALIMENTADORES 13.2 KV										6	6	28	27	
ALIMENTADORES 3 KV	6	10	21	17	15	(17) 4								
ALIMENTADORES 2 KV	3	11	4											
ALIMENTADORES SUBTERRANEOS	2	7	12	14 +Red Auto.	23 +Red Auto.	27 +Red Auto.	34 +Red Auto.	55 +Red Auto.	115 +Red Auto.	139 +Red Auto.	180 +Red Auto.	187 +Red Auto.	192 +Red Auto.	
TOTAL	11	28	(13) 46	92	129	(16) 157	317	437	585	692	707	974	1,010	
(9) Referencia	Alimentadores Aéreos, valores estimados por la capacidad instalada.						ZONA METROPOLITANA						TOTAL LYFC	

tabla 1



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

2.3 HISTORIA Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

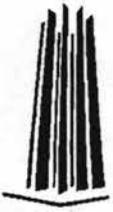
Como ya se mencionó anteriormente en el estudio de la Evolución del Mercado de la Energía Eléctrica se toman periodos y en este caso se analizaran dos periodos de mediano plazo de 1989-2000 y 2000-2009, correspondientes a la Historia y Estimación de la Demanda Eléctrica en el Área Central (potencia integrada MWH/H) e Historia y Estimación de la Demanda Eléctrica en Luz y Fuerza del Centro (potencia integrada MWH/H). En el Apéndice I (Planificación de Expansión de la Infraestructura Eléctrica) se detalla más las etapas de estudio de la expansión del sistema eléctrico.

En la tabla (2) gráfica con referencia al Área de Control Central se aprecia que se tiene una tasa de 5.4% en crecimiento medio/año, en la tabla (3) gráfica con referencia al Área de Influencia de Luz y Fuerza del Centro el crecimiento es mucho mayor con respecto al Área de Control Central que es del 5.8% crecimiento medio/año significando aún más desarrollo y requerimiento en Infraestructura Eléctrica para satisfacer la demanda y evitar disturbios que llevan como consecuencia a un apagón de una área ó en un caso extremo el colapso del Sistema Eléctrico Nacional. Para el Área de Influencia de Luz y Fuerza del Centro la demanda máxima del 5.52% para diciembre del 2006 es de 9700 MW.

En la tabla (4) se detalla un periodo a mediano plazo del 2002 al 2012, que muestran las dos zonas de influencia de Luz y Fuerza del Centro, zona Metropolitana y divisiones analizando tasa de crecimiento (%), evolución de la carga, e incremento anual (MW), en la zona Metropolitana analizando el área Noroeste es la que tiene mayor carga, teniendo casi el mismo consumo la zona Centro, siguiendo la zona Sureste, Noreste y Suroeste. Con respecto a la Divisiones la de Toluca es la de mayor consumo, siguiendo la de Pachuca y Cuernavaca. En el 2003 se tiene el incremento anual más grande de 573(MW), para el 2004 el incremento disminuye muy poco, para el 2005 al 2012 el incremento aumenta progresivamente alcanzando valores de consumo de 12,154(MW).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

HISTORIA Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN EL ÁREA DE CONTROL CENTRAL, POTENCIA INTEGRADA (MWH/H)

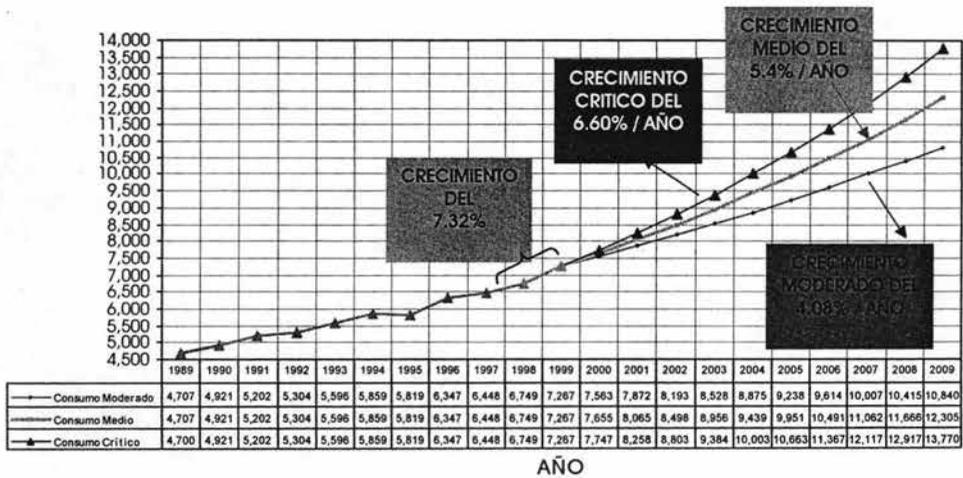


tabla 2



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

HISTORIA Y ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ELÉCTRICA EN LUZ Y FUERZA DEL CENTRO, POTENCIA INTEGRADA (MWH/H)

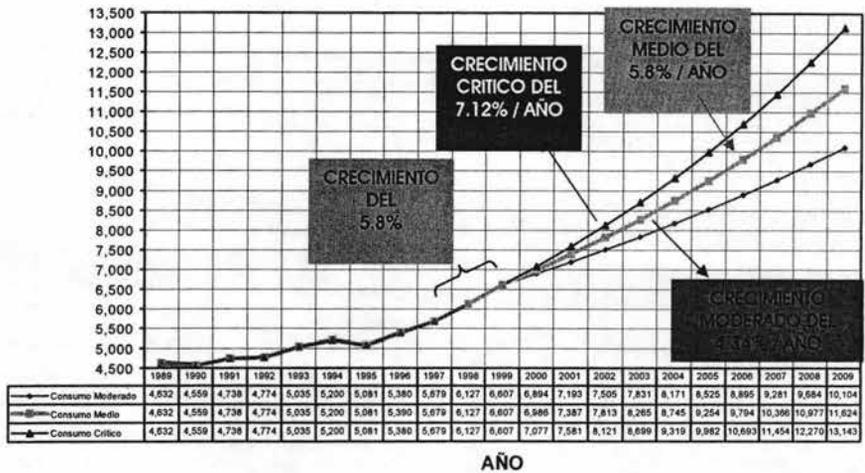


tabla 3



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO

GERENCIA DE PROGRAMACION

SECCION DE ESTUDIOS DE EXPANSION

EVOLUCION DE LA CARGA, TASA DE CRECIMIENTO E INCREMENTO ANUAL

ZONA	2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012	
	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)	MW (%)	INC/A (MW)
METROPOLITANA:																						
A-1 NOROESTE	1,404 5.37	-42 13.25	1,590 186	1,662 4.53	1,743 4.87	81	1,824 4.65	81	1,912 4.82	88	2,004 4.81	92	2,101 4.84	97	2,202 4.81	101	2,312 5.00	110	2,429 5.06	117		
A-3 CENTRO	1,403 3.11	-97 2.64	1,490 3.48	1,569 1.32	1,678 1.30	119	1,801 1.56	123	1,927 1.33	120	2,062 1.38	121	2,211 1.23	119	2,368 1.41	122	2,535 1.33	122	2,716 1.31	129		
A-4 SUROESTE	1,148 3.11	-13 3.48	1,188 3.48	1,228 3.37	1,263 2.85	35	1,304 3.25	41	1,345 3.14	41	1,387 3.12	42	1,430 3.10	43	1,475 3.15	45	1,520 3.06	46	1,567 3.09	47		
A-5 SURESTE	1,100 7.70	-19 7.89	1,180 7.41	1,180 7.41	1,222 7.93	42	1,262 7.69	46	1,303 7.87	49	1,345 7.78	50	1,387 7.78	51	1,430 7.70	51	1,475 7.60	53	1,520 7.50	53	1,567 7.89	153
SUBTOTAL METRO	5,961 4.37	-17 6.73	6,362 401	6,628 4.18	6,912 4.28	284	7,215 4.38	303	7,531 4.38	316	7,867 4.46	336	8,218 4.46	351	8,588 4.50	370	8,983 4.60	395	9,405 4.70	422		
DIVISIONES:																						
TOLUCA	625 10.44	-35 10.56	691 10.56	755 9.26	823 9.01	68	903 9.72	80	989 9.52	86	1,082 9.40	93	1,187 9.70	105	1,303 9.77	116	1,432 9.90	129	1,574 9.92	142		
PACHUCA	537 7.11	18 12.10	602 12.10	634 5.32	670 5.68	36	710 5.97	40	749 5.49	39	795 6.14	46	841 5.79	46	896 6.54	55	949 5.92	53	1,011 6.53	62		
CUERNAVACA	116 3.51	6 2.48	121 2.48	124 4.03	129 3.10	5	133 3.76	4	138 3.62	5	143 3.50	5	148 3.38	5	153 3.92	5	159 3.14	6	164 3.14	5		
TOTAL	7,239 5.07	-30 7.42	7,776 537	8,141 4.69	8,534 4.83	393	8,961 5.00	427	9,407 4.98	446	9,887 5.10	480	10,394 5.13	507	10,940 5.25	546	11,523 5.33	583	12,154 5.48	631		

OBSERVACIONES: * Cargas máximas no-coincidentes reales a diciembre del 2002

- INC/A. - Incremento anual

tabla 4



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

2.4 ÁMBITO GEOGRÁFICO

Entidad Federativa	Municipios o Delegaciones	Usuarios Diciembre 02	Usuarios diciembre 03
D.F.	16	2,617,059	2,686,486
Edo. de México	81	2,353,052	2,385,284
Hidalgo	45	379,417	398,851
Morelos	2	117,088	119,567
Puebla	3	24,288	24,731
TOTAL	147	5,490,906	5,614,919

tabla 5

En la tabla (5) muestra el ámbito geográfico que atiende Luz y Fuerza del Centro con respecto al número de usuarios por Entidad Federativa, Municipios o Delegaciones, en Entidades Federativas tenemos el Distrito Federal, Estado de México, Hidalgo, Morelos y Puebla atendiendo un total de 147 Municipios o Delegaciones y 5, 614,919 usuarios para diciembre de 2003.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

2.5 COMPORTAMIENTO TÍPICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO

El la figura (1) muestra la demanda de Energía Eléctrica del Área de Control Central típica de una semana de Enero del 2003, graficando (MW) versus (hrs.) siendo las líneas de color los días de la semana;



Observando que las horas pico comienza de 17:00 hrs. teniendo el nivel más alto a las 20:00 hrs. (8:00 p.m.), terminando a las 23:00 hrs. Con un consumo estable de las 9:00 hrs. a las 17:00 hrs., con un consumo mínimo a las 3.00 hrs. y con respecto a los días de la semana de Lunes a Viernes el consumo es similar y el más alto, siguiendo el día Sábado y por último el día Domingo con el menor consumo.

En la figura (2) se muestra la demanda de Energía Eléctrica del Área de Control Central típica anual especificando el periodo de 1994 al año 2003, observando que el nivel más alto de consumo es a finales de Diciembre y el nivel más bajo de consumo es por el séptimo mes del año (Julio), teniendo un consumo similar los meses de Enero, Febrero, Marzo, teniendo a bajar el mes de Abril, incrementando al siguiente mes Mayo y tendiendo a bajar hasta el nivel más bajo de consumo e incrementando hasta el nivel más alto que es al final del año.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

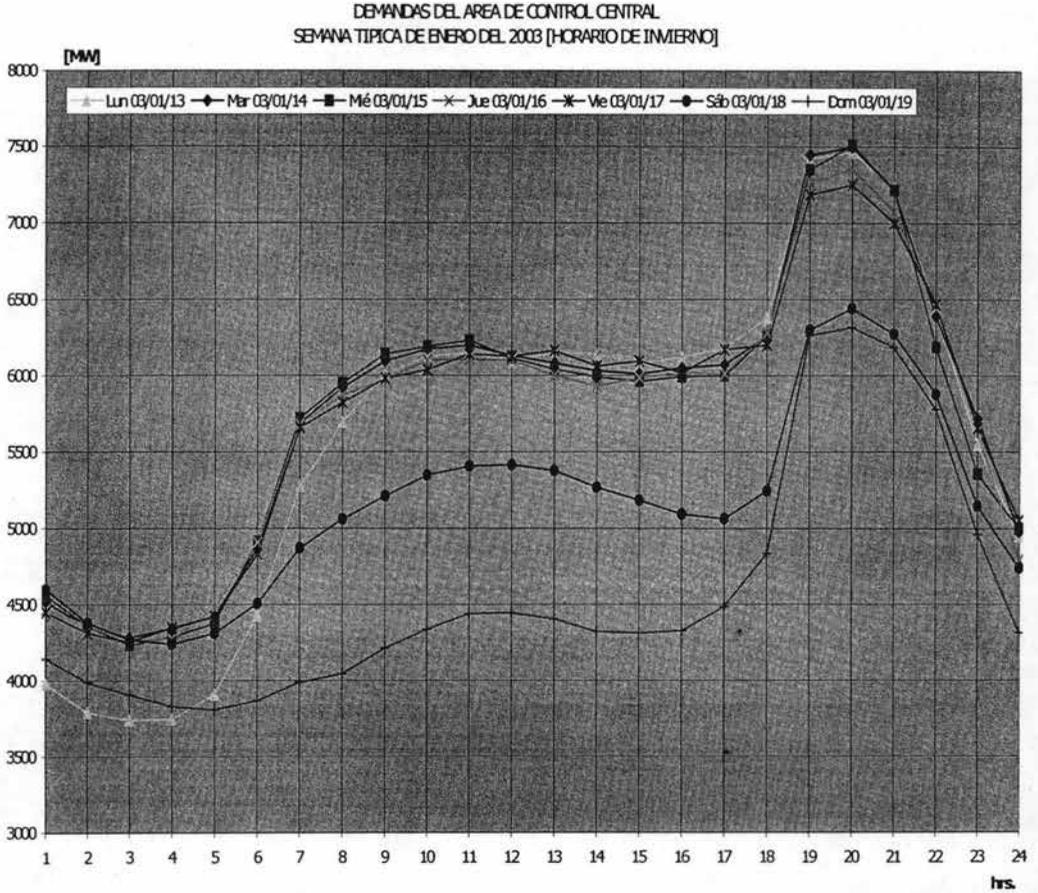


figura 1



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

AREA DE CONTROL CENTRAL
DEMANDA MÁXIMA SEMANAL
(1994 - 2003)

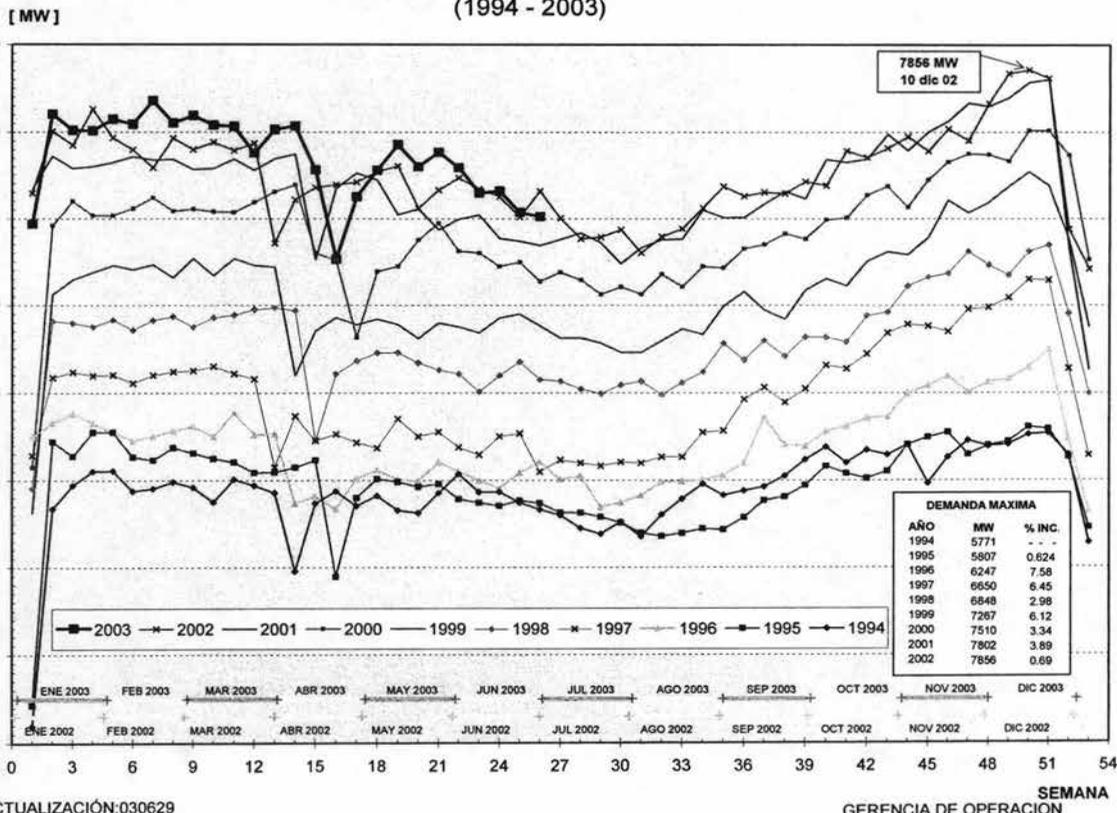


figura 2



2.6 CLIENTES DE CONSUMO ELECTRICO

Los clientes que consumen energía eléctrica se dividen en;

- Cargas Importantes (Industria grande)
(Empresa mediana)
- Desarrollo Normal
(Residencial)
(Comercial)
(Servicios)

Con el siguiente porcentaje, ver tabla (6).

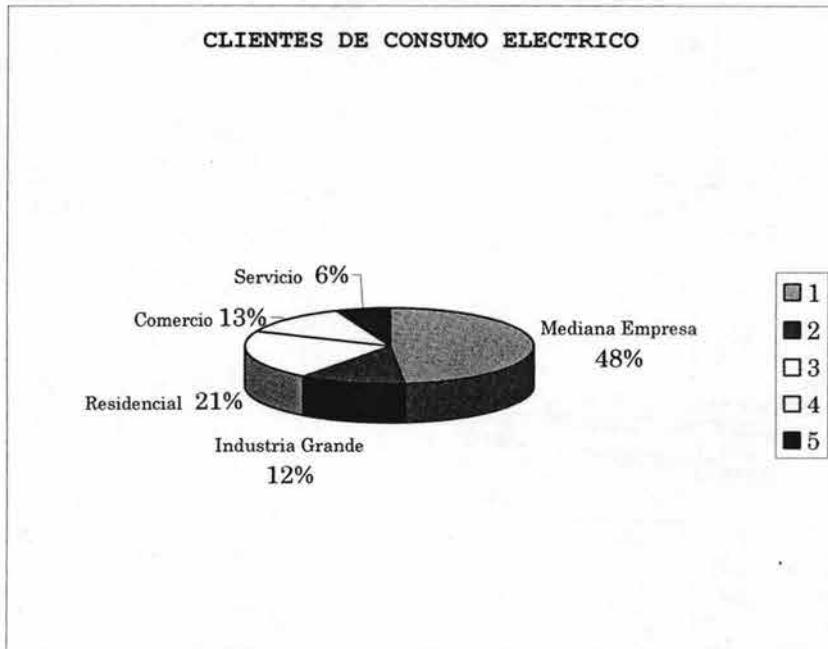


tabla 6



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

SUBDIRECCIÓN DE PLANEACIÓN ESTRATÉGICA

GERENCIA DE PROGRAMACIÓN

SUBGERENCIA DE PROGRAMAS DE INMERSIÓN

RESUMEN DE SERVICIOS EN ALTA TENSION

2000 - 2006



AÑO	S.E TIPO CLIENTE	ALIMENTACIÓN (KV)	DEMANDA CONTRATADA (MW)
ANTERIOR A 2000	VARIOS	85	674.59
		230	228.65
	SUBTOTAL MW:		

AÑO	S.E TIPO CLIENTE	ALIMENTACIÓN (KV)	DEMANDA CONTRATADA (MW)
2000	VIDREFRIGERACION	85	9.30
		SUBTOTAL MW:	

AÑO	S.E TIPO CLIENTE	ALIMENTACIÓN (KV)	DEMANDA CONTRATADA (MW)
2003	NACEL NACCERE	85	21.20
		85	10.00
	FABRICA DE JABÓN LA CORONA	230	29.00
		SUBTOTAL MW:	

AÑO	S.E TIPO CLIENTE	ALIMENTACIÓN (KV)	DEMANDA CONTRATADA (MW)
2001	CERVECERÍA MODELO	85	14.00
		85	8.50
	PROCTER & GAMBLE MANLF	230	40.00
		SUBTOTAL MW:	

TOTAL MW: 459.50

AÑO	S.E TIPO CLIENTE	ALIMENTACIÓN (KV)	DEMANDA CONTRATADA (MW)
2004	HIPODROMO DE LAS AMERICAS	85	16.20
		85	5.00
	DISTRIBUIDORA DE TEXTILES AVANTE	85	7.90
		230	100.00
	COOP. LA CRUZ AZUL	230	46.50
	LA FARGE CEMENTOS	230	46.50
SUBTOTAL MW:			175.60

AÑO	S.E TIPO CLIENTE	ALIMENTACIÓN (KV)	DEMANDA CONTRATADA (MW)	
2005	PARQUE IND. LAS AMERICAS	85	19.80	
		85	22.00	
	GILLETTE MANIFS.	85	12.00	
		85	10.00	
	F.F.C.C SUBURBANO	230	40.00	
	COCA COLA FEMSA...	230	41.60	
	SUBTOTAL MW:			145.40

AÑO	S.E TIPO CLIENTE	ALIMENTACIÓN (KV)	DEMANDA CONTRATADA (MW)
2006	ENVASES INNOVATIVOS (INNOPACK)	230	6.50
		SUBTOTAL MW:	

tabla 7



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

2.7 SERVICIOS EN ALTA TENSION

En la tabla (7), se muestra los contratos de consumo de energía eléctrica en alta tensión para el periodo 2000 al año 2006, con un consumo total de 459.50 (MW), observando que en el año 2004 se incrementa el número de contratos y con mayor valor en consumo.

CARGAS IMPORTANTES

BOMBEO AGRICOLA	PRAXIAR DE MEXICO S.A
KODA CELANESE MEX.	S.T.C. METRO
ZAPATA EMBASES	AGA GAS S.A. DE C.V.
NACEL DE COBRE	INST. DE INV. ELECTRICAS
PROTER & GAMBLE	PETROLEOS MEXICANOS
APA MEX.	METRO LINEA B
DART TUPERWARE	BOCAR
EMVASES DE PLASTICOS	CERVECERIA MODELOS
PROTER & GAMBLE IND. VJO.	ADATIZ
CEMENTO PORTLAND BLANCO	VIDRIERA TOLUCA
DANA HEAVY AXLE	ARANCIA
FIBRAS SINTETICAS	FCA. JABON LA CORONA
S.T.C.	VIDRIERA LOS REYES
CEMENTOS TOLTECA S.A.	ACEROS CORSA
VITROFIBRAS	FERRO NALES
C. CRUZ AZUL S.C.L.	S.D.N. IND. MILITAR
C. TOLTECA S.A.II	G. MOTOR DE MEXICO
ACEROS NALES S.A.	DEP. IND. MILITAR
CEMENTOS ANAHUAC S.A.	COLGATE PALMOLIVE S.A.
CEMENTOS APASCO S.A.	PEMEX (CENTRO ADMVO)
FORD MOTOR CO. S.A. V.	PLANO DE MEXICO S.A.
PENNWALT S.A. DE C.V.	F. DE PAPEL SN. RAFAEL
CAMPOS HERMANOS S.A.	CHRYSLER DE MEXICO
AUTOMETALES S.A. DE C.V.	SIDER. TULTITLAN S.A.
CRISOBA IND S.A.	
GOOD YEAR OXO S.A.	
NISSAN MEXICANA S.A.	
S.C. Y PAPEL DE M.	



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

SERVICIOS EN ALTA TENSION

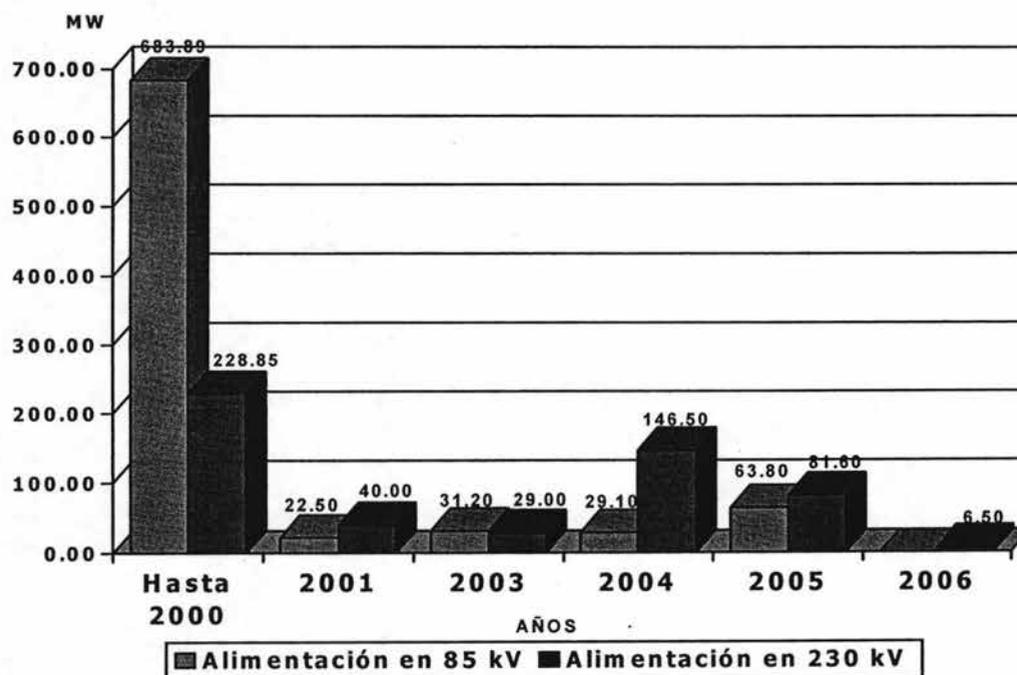


figura 3

En la figura (3), se muestra una grafica de los servicios en alta tensión que corresponde a los voltajes 85kV y 203kV, se observa que para los años 2004, 2005, aumenta los servicios en 230kV y posteriormente se igualan.



CAPÍTULO 3

ESTUDIO E IDENTIFICACIÓN DE LOS (NODOS) CON PROBLEMAS

En este capítulo la información se recopila gracias a la ayuda de Luz y Fuerza del Centro;

- Demanda VS capacidad de generación
- Valores de corto circuito
- Programa de sustitución de interruptores de potencia en 85 y 230 kV



CONTENIDO	PAGINA
3.1 Antecedente.....	50
3.2 Estados operativos de un sistema Eléctrico de Potencia.....	52
3.3 Demanda máxima 2002 (Sistema Eléctrico Nacional).....	53
3.4 Fuentes de suministro al Área Central.....	54
3.5 Principales centrales generadoras y líneas de transmisión de las Áreas de Control Occidental y Oriental que aportan energía al Área Central.....	55
3.6 Flujos de Potencia para el Área Central.....	56
3.7 Anillo 400kV.....	57
3.8 Subestaciones que ya han rebasado su capacidad firme.....	58



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.9 Programa de generación por CFE y LFC.....	59
3.10 Crecimiento de la demanda VS capacidad instalada de Generación, gráfica comparativa.....	60
3.11 Interruptores que requieren cambios por obsolescencia.....	61
3.12 Valores de corto circuito trifásico y línea a tierra (kA), Área Central 85 (kV).....	62
3.13 Valores de corto circuito trifásico y línea a tierra (kA), Área Central 230 (kV).....	64
3.14 Programa de sustitución de interruptores de potencia en tensiones de 85 kV y 230 kV.....	65



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CAPÍTULO (3)

(3) ESTUDIO E IDENTIFICACIÓN DE LOS "NODOS" CON PROBLEMAS.

3.1 ANTECEDENTE

Para la identificación de los "nodos" con problemas en el Área Central se tomaron en cuenta aspectos relevantes de los cuales destacan los siguientes puntos:

- Red troncal del Área de Control Central.
- Historia y estimación de la demanda.
- Mercado eléctrico con una tasa de crecimiento anual de 4.5% en el Área Central.
- Consumo eléctrico.
- Programa de proyectos de generación de LFC y CFE (2001-2010).
- Programa de proyectos (10años) 2001-2010.
- Despacho típico de generación.

Los tres primeros puntos ya se analizaron en el Capítulo (2)

Debido a diversas causas no técnicas, LUZ Y FUERZA DEL CENTRO (LFC), no ha instalado nuevas centrales generadoras en su zona de influencia desde la década de los 70's. El incremento de la demanda de energía eléctrica, ha ido en aumento de manera vertiginosa, provocando una dependencia cada vez más acentuada de la zona centro con las zonas aledañas.

De acuerdo con estudios realizados entre LFC y CFE, debido a la disminución de la generación dentro de la zona central en relación a su demanda, se tienen los siguientes problemas técnicos:

- Condiciones de estabilidad
- Soporte de voltaje
- Altos requerimientos de compensación de potencia reactiva



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Provocando permanentemente un estado operativo denominado **ALERTA**, lo anterior debido a:

- La **generación cercana** solo alcanza para el 33% de la demanda total y el 67% restante se recibe de fuentes lejanas
- La **disminución** del margen de reserva de la capacidad de generación a nivel nacional.
- Las **restricciones** de las líneas de transmisión para transportar la energía generada desde fuentes lejanas.
- La **vulnerabilidad** de estar transportando por líneas de transmisión el 67% de la energía necesaria, debido a diferentes causas como: descargas eléctricas, contaminación, temblor, sabotaje, entre otras, las cuales afectan la confiabilidad del sistema.
- Mayor **posibilidad** de ocurrencia en una segunda contingencia, por pérdida de líneas de transmisión.
- La **disminución** del margen de reserva la capacidad de transformación de 400/230 kV.
- La pérdida de capacidad firme en 20 Subestaciones (24%) de los bancos de transformación para distribución.
- El continuo crecimiento (el promedio histórico en los últimos 10 años fue de 4.5%) de la demanda de energía eléctrica en su área de influencia.



3.2 ESTADOS OPERATIVOS DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA



figura 1



3.4 FUENTES DE SUMINISTRO AL ÁREA CENTRAL

DEMANDA MAXIMA DICIEMBRE DEL 2002

7856 MW.

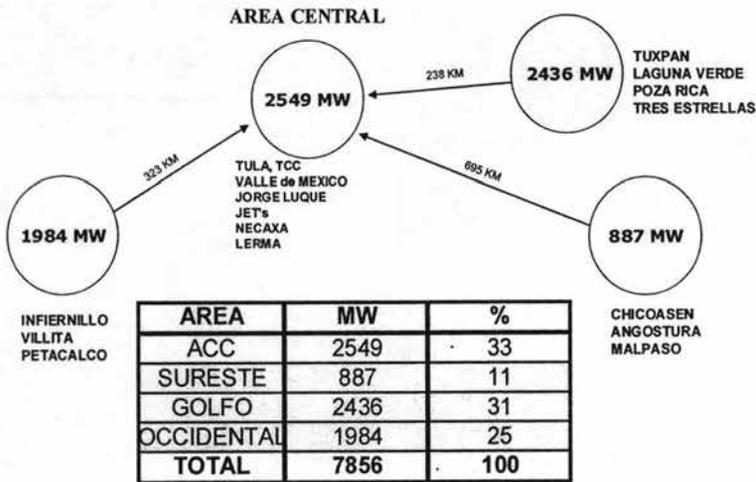


figura 4



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.5 PRINCIPALES CENTRALES GENERADORAS Y LINEAS DE TRANSMISIÓN DE LAS AREAS DE CONTROL OCCIDENTAL Y ORIENTAL QUE APORTAN ENERGÍA AL ÁREA CENTRAL

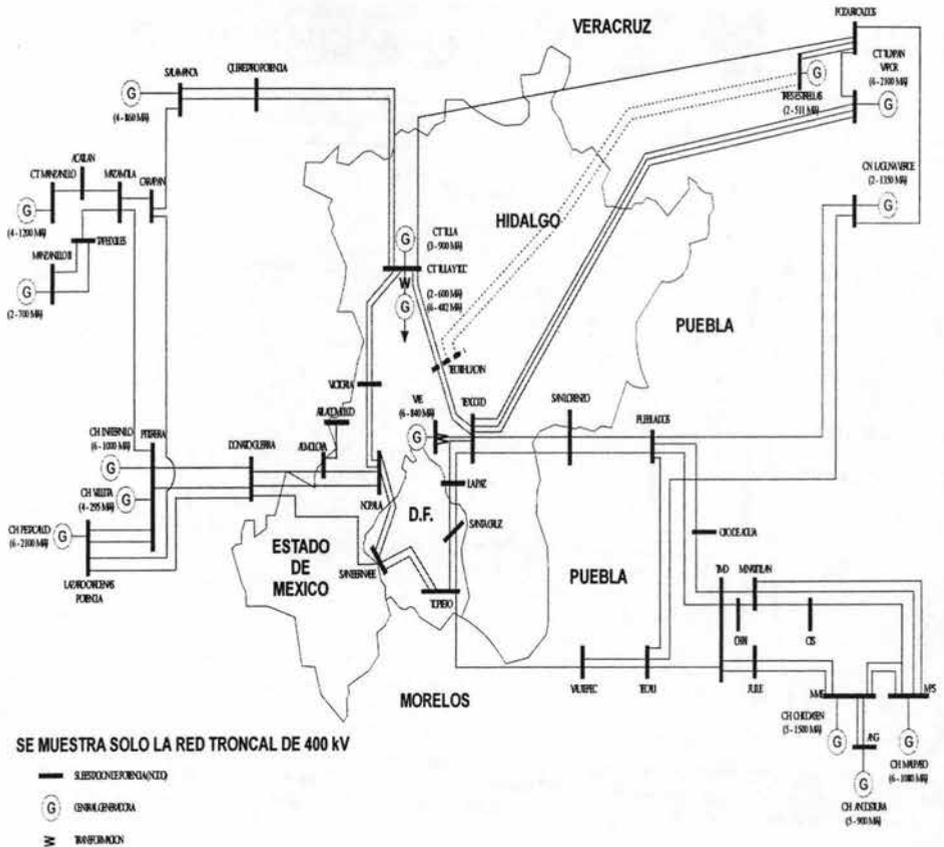


figura 5



3.5 FLUJOS DE POTENCIA PARA EL ÁREA CENTRAL

La figura (6) nos muestra las fuentes de suministro para el Área Central y cómo estuvieron conformados los flujos el día de demanda máxima del año 2002.

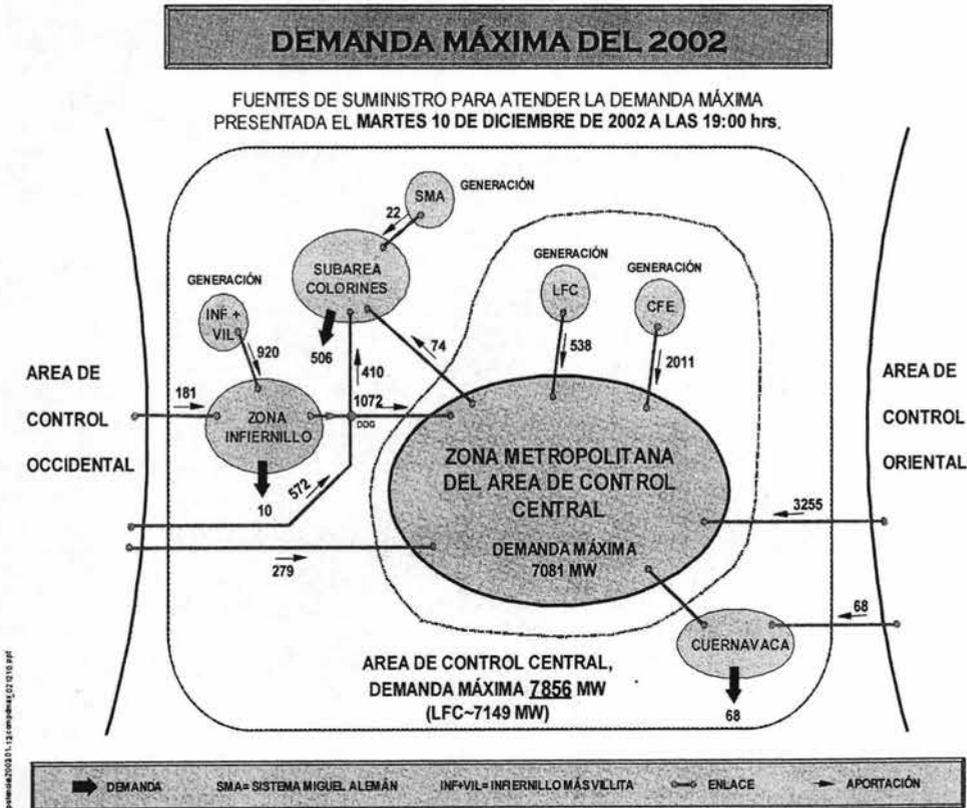


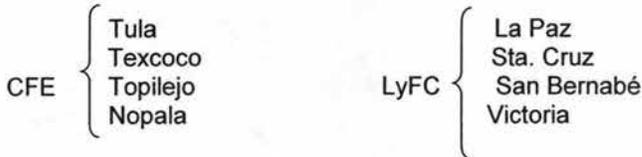
Figura 6



3.7 ANILLO DE 400kV

La figura (7) muestra la red troncal de transmisión de LyFC formada por un anillo con doble circuito en 400 kV que se concluyó al final del año 1990, enlazando los subestaciones Nopala de Comisión Federal de Electricidad con la Subestación San Bernabé de Compañía de Luz y fuerza del Centro, que circunda la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Las subestaciones que formarán parte de este anillo son:



ANILLO DE 400 kV.

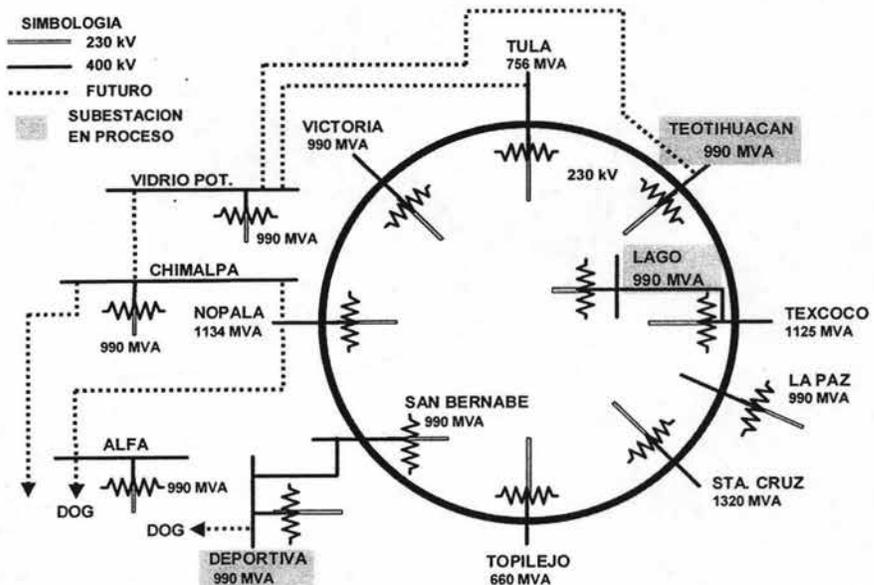


figura 7



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.8 SUBESTACIONES QUE HAN REBASADO SU CAPACIDAD FIRME

SUBESTACIONES QUE HAN REBASADO SU CAPACIDAD FIRME DICIEMBRE 2002

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
SUBDIRECCIÓN DE PLANEACION ESTRATEGICA
GERENCIA DE PROGRAMACION

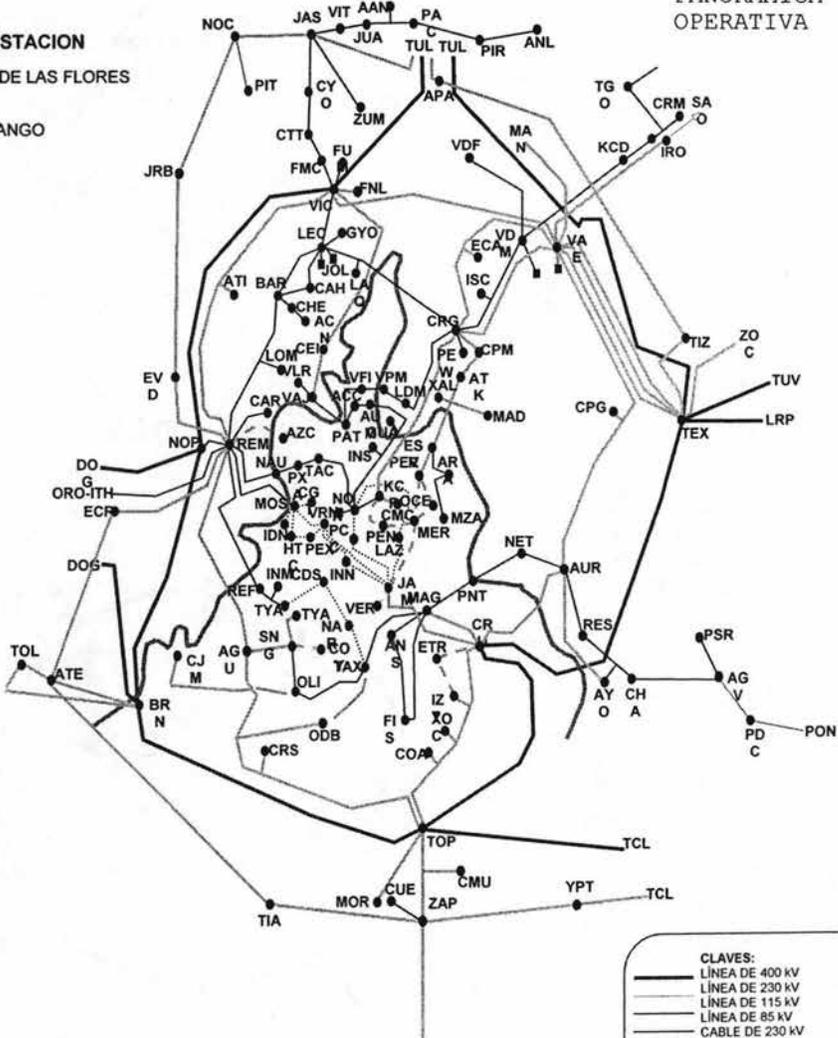
PANORÁMICA OPERATIVA

SUBESTACION

SUBESTACION

- NOPALA
- TEXCOCO
- AURORA
- AYOTLA
- JASSO
- ATENCO
- ATIZAPAN
- AURORA
- COAPA
- CONTRERAS
- CHAPINGO
- ECATEPEC
- ESTADIO
- IROLO
- IZTAPALAPA
- MADERO
- REMEDIOS
- TIZAYUCA
- VIDRIO
- XALOSTOC
- ACTOPAN
- AGUA VIVA
- ATENCO
- ATOTONILCO
- CARMEN
- COYOTEPEC
- CHALCO
- JUANDO
- K - 42
- OLIVAR
- P. IND. TEPEJI
- REFORMA
- TAXQUEÑA
- TULANCINGO

- VILLA DE LAS FLORES
- VITO
- ZUMPANGO



CLAVES:

- LINEA DE 400 kV
- LINEA DE 230 kV
- LINEA DE 115 kV
- LINEA DE 85 kV
- CABLE DE 230 kV
- - - CABLE DE 85 kV
- SUBESTACION
- SUBESTACIONES QUE REBASAN SU CAPACIDAD FIRME
- CENTRAL GENERADORA
- CLIENTE A.T.

figura 8



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.9 PROGRAMA DE GENERACIÓN POR CFE Y LFC

GENERACIÓN DE CFE PARA EL ÁREA CENTRAL (MW)										
KM al ACC	NOMBRE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
0	VALLE DE MÉXICO									
0	LA PAROTA								765	
238	TRES ESTRELLAS	1048			546					
238	TAMAZUNCHALE CC.					1046	1046	523		
695	CHICOASÉN U-6 HIDROELÉCTRICA	312								
695	CHICOASÉN U-7 Y U-8		624							
323	PETACALCO II					700		700	700	1400
323	EL SAUZ	139								
TOTAL		1499	624		536	1746	1045	1223	1465	1400

tabla 1

GENERACIÓN DE LFC PARA EL ÁREA CENTRAL (MW)										
NOMBRE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
NONCALCO						14				
LECHERIA				4						
VALLE DE MEXICO				3						
J. LUQUE					1105					
CERRILLO							546			
ZUMPANGO								567		
BERISTAIN					570					
NECAXA				14						
PATLA						65				
TEPEXI					75					
TOTAL				21	1750	79	546	567		

tabla 2



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.10 CRECIMIENTO DE LA DEMANDA VS CAPACIDAD INSTALADA DE GENERACIÓN, GRÁFICA COMPARATIVA

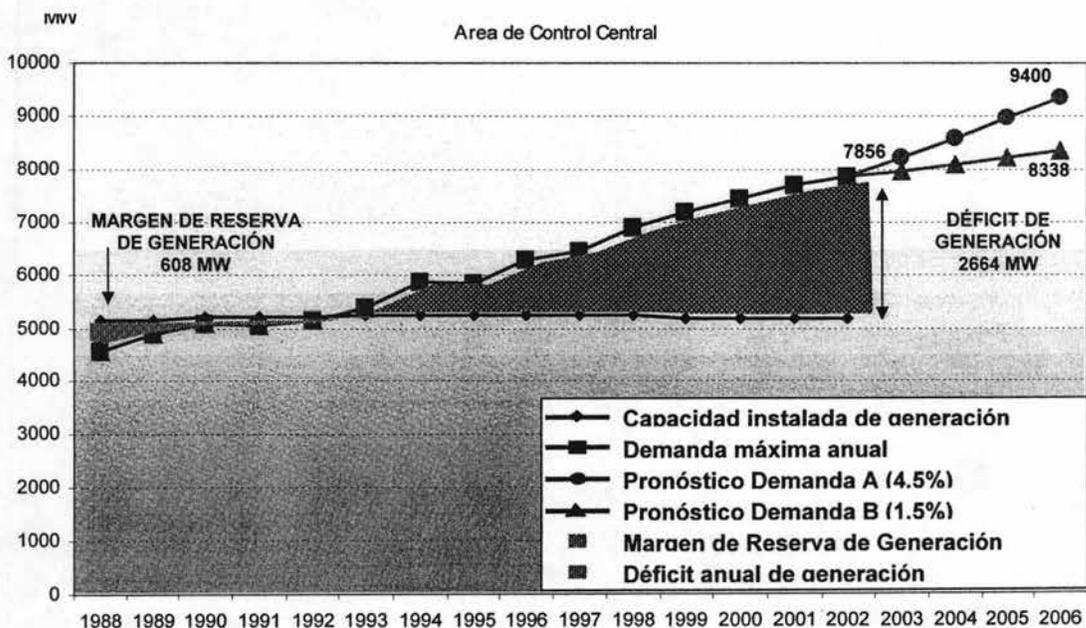


figura 9



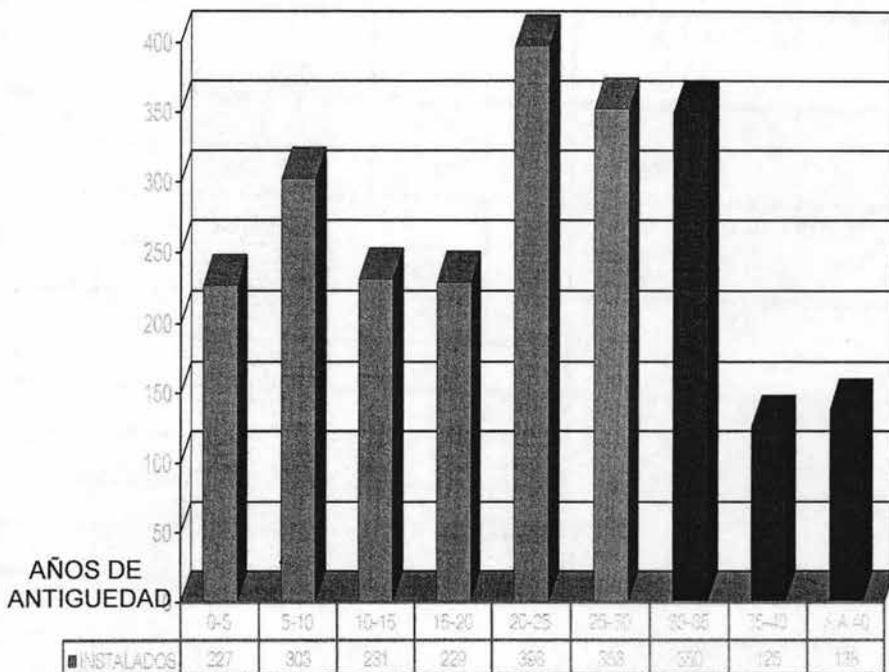
TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.11 INTERRUPTORES QUE REQUIEREN CAMBIO POR OBSOLESCENCIA

LUZ Y FUERZA DEL CENTRO
GERENCIA DE TRANSMISION, TRANSFORMACION
INTERRUPTORES INSTALADOS
JUNIO 2003



• NO SE CONSIDERAN INTERRUPTORES DE LAS DIVISIONES

■ INTERRUPTORES QUE REQUIEREN CAMBIO POR OBSOLESCENCIA

230 kv	50	5	0
85 kv	99	81	33
23 kv	173	7	28
13 kv	0	7	0
6 kv	28	26	77

figura 10



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
 INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
 TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
 PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.12 VALORES DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO Y LINEA A TIERRA
 (KA), AREA CENTRAL 85KV

VALORES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO Y LINEA A TIERRA. (KA), ÁREA CENTRAL 85KV					
85					
SUBESTACION	FALLA ^{KV}		2003	2006	2009
LECHERIA 40.0-(5), 50.0 (12)	3F	KA	29.98	47.09	47.47
	LT	KA	29.02	55.41	55.70
SAN LAZARO 17.5 -(3)	3F	KA	17.12	17.38	17.53
	LT	KA	9.02	9.06	9.07
REMEDIOS 26.2-(18), 42.7-(6)	3F	KA	36.91	39.17	40.19
	LT	KA	19.25	19.89	20.07
VICTORIA 40.0-(10), 31.4-(2)	3F	KA	27.00	36.98	37.56
	LT	KA	22.65	29.24	29.55
VERONICA 25.1-(6)	3F	KA	24.25	25.03	25.52
	LT	KA	14.78	15.01	14.99
↑ RIESGO	NÚMERO DE INTERRUPTORES				

RIESGO NUMERO DE INTERRUPTORES
 CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL KA

tabla 3



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

VALORES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO Y LINEA A TIERRA (KA)					
AREA CENTRAL					
85KV					
SUBESTACION	FALLA		2003	2006	2009
ACEROS NACIONALES	3F	KA	18.58	21.29	21.49
	LT	KA	11.66	13.02	13.25
CERRO GORDO	3F	KA	24.91	25.01	25.21
	LT	KA	17.46	15.07	15.12
INSURGENTES	3F	KA	7.27	7.28	7.30
	LT	KA	4.16	4.01	4.05
JAMAICA	3F	KA	22.88	23.54	23.95
	LT	KA	16.04	16.27	15.40
LA LOMA	3F	KA	15.24	16.79	16.32
	LT	KA	8.59	8.96	8.89
SAN LAZARO	3F	KA	17.12	17.38	17.53
	LT	KA	9.02	9.06	9.07
REMEDIOS	3F	KA	36.91	39.17	40.19
	LT	KA	19.25	19.89	20.07
TACUBAYA	3F	KA	9.45	9.59	9.67
	LT	KA	5.00	5.06	5.01
VICTORIA	3F	KA	27.00	36.98	37.56
	LT	KA	20.65	29.24	29.55

RIESGO

tabla 4



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.13 VALORES DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO Y LINEA A TIERRA (KA), AREA CENTRAL 230 KV

VALORES DE CORTOCIRCUITO TRIFASICO Y LINEA A TIERRA.(KA,)					
AREA CENTRAL 230 KV					
SUBESTACIO N	FALLA		2003	2006	2009
AURORA	3F	KA	31.66	33.21	36.42
	LT	KA	32.39	33.03	35.94
CERRO GORDO	3F	KA	39.49	45.13	50.40
	LT	KA	39.62	44.42	47.99
KM-0	3F	KA	23.06	24.81	25.64
	LT	KA	20.81	21.83	22.68
VALLE DE MEX B1	3F	KA	48.54	53.23	60.59
	LT	KA	54.25	56.67	63.37
VALLE DE MEX B2	3F	KA	48.35	52.87	60.20
	LT	KA	54.07	56.33	63.04
XALOSTOC	3F	KA	28.02	30.84	32.52
	LT	KA	22.11	23.39	23.96

RIESGO

tabla 5



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

3.14 PROGRAMA DE SUSTITUCIÓN DE INTERRUPTORES DE POTENCIA EN TENSIONES DE 85 KV Y 230 KV

PROGRAMA DE SUSTITUCION DE INTERRUPTORES DE POTENCIA EN TENSIONES DE 85 Y 230 KV DE LUZ Y FUERZA															
INTERRUPTORES DE 85 KV															
INT 58	SE	PTA EN SERV	ANTIG (AÑOS)	MARCA	CAP (KA)	IN (A)	EXTINCION	TIPO DE MECANISMO	I _{cc} (KA) 38/1φ			No. INTERVENIONES-02		FECHA PARA SUSTITUCION	
									2003	2006	2009	MAYOR	MEJOR		
T82D	REM	Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				0			SUSTITUIDO 2002
T82A	CAR	Ene-72	30	OPR	43	1200	ACEITE	HIDRÁULICO				11	10	1	2003
AMARRE		Jun-55	47	DEM	18	1200	ACEITE	SOLENOIDE	22.88/ 23.54/ 23.95/			1	1		2003
JAVILLA		Jun-55	47	DEM	18	1200	ACEITE	SOLENOIDE	16.04/ 16.27/ 15.4			0			2003
MORAZAN	JAM	Jun-55	47	WGH	13	1200	ACEITE	SOLENOIDE				0			2003
T82C		Ene-55	47	WGH	13	1200	ACEITE	SOLENOIDE				0			2003
T86		Ene-55	47	DEM	18	1200	ACEITE	SOLENOIDE				0			2003
T880		Ene-55	47	DEM	18	1200	ACEITE	SOLENOIDE				0			2003
C. GINTURA	LAZ	Dic-54	48	G.E.	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO	17.12/ 17.38/ 17.53/			3	3		2003
T868		Dic-54	48	DEM	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO	9.02/ 9.06/ 9.07			1	1		2003
MORAVIER 1		1955	47	WGH	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO				2	2		2003
T82A		1955	47	WGH	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO				0	0		2003
T82B	MOS	1954	48	WGH	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO				0	0		2003
T82C		1954	48	WGH	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO				0	0		2003
T82D		1955	47	WGH	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO				1	1		2003
CARG 1		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO	36.91/ 39.17/ 40.19/			6	5	1	2003
CARG 2		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO	19.25/ 19.89/ 20.07			1	1		2003
CRUC		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				0	0		2003
ITHCI		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				4	4		2003
MNS		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				0	0		2003
MON 1		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				0	0		2003
MON 2		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				0	0		2003
REFO 1	REM	Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				4	3	1	2003
REFO 2		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				3	3		2003
T88A		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				2	2	2	2003
T88B		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				2	2		2003
T88C		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				2	2		2003
T88E		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				3	3		2003
T88F		Jun-64	37	SIEMENS	25	1250	AIRE	NEUMÁTICO				3	3		2003
T88B	ARA	Jun-71	31	OPR	43	2500	ACEITE	HIDRÁULICO				6	6		2004

CRITERIO - 1 ANTIGUEDAD

CRITERIO - 2 NIVELES ALTOS DE CORTO CIRCUITO

CRITERIO - 3 CANTIDAD DE INTERVENIONES POR FALLA

CRITERIO - 4 OSESOLENCIA DE EQUIPO COSTO POR MANTENIMIENTO Y TIEMPOS FLERA DE SERVICIO POR ENTREGA DE REFACCIONES Y LABOR DEL TRABAJO

Programa de sustitución de interruptores de potencia en tensiones de 85 KV



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

INT 58	SE	PTA EN SERV	ANTIG (AÑOS)	MARCA	CAP (KA)	I _n (A)	EXTINCIÓN	TIPO DE MECANISMO	Icc (KA) 3W/φ			No. INTERVENIONES -02		FECHA PARA SUSTITUCION	
									2003	2006	2009	MANO	MEJOR		
INTERRUPTORES DE 65 KV															
GORDO	INS	Jun-65	37	IBM	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO	7.27	7.28	7.30	9	8	1	2004
MORA 1	REM	Jun-71	30	OER	43	2500	ACEITE	HIDRÁULICO	4.16	4.01	4.06				2004
T28C	JAM	1970	32	SIEMENS	40	2000	SF6	HIDRÁULICO	35.93	39.17	40.21	9	9	1	2005
GYOX 1		1948	54	G.E	40	1600	ACEITE	NEUMÁTICO				2	2	2	2005
GYOX 2	LEC	1948	54	G.E	40	1600	ACEITE	NEUMÁTICO				1	1	1	2005
T81A		Jun-72	30	OER	43	2500	ACEITE	HIDRÁULICO				8	7	1	2005
T81B		Jun-72	30	OER	43	2500	ACEITE	HIDRÁULICO				10	9	1	2005
ACEROS 1	ACN	Ene-71	31	OER	43	2500	ACEITE	HIDRÁULICO	18.59	21.2	21.49	2	2	2	2005
ACEROS 2		Ene-71	31	OER	43	2500	ACEITE	HIDRÁULICO	11.66	13.02	13.25	4	4	4	2005
ZUME	VIC*	1982	20	IME	32	1600	SF6	HIDRÁULICO	27.00	36.99	37.59	0			2005
FUTC		1982	20	IME	32	1600	SF6	HIDRÁULICO	20.00	29.24	29.55	5	3	2	2005
T28A	ARA	Jun-71	31	OER	43	2500	ACEITE	HIDRÁULICO				7	4	3	2006
AMARRE		Jun-70	32	MT	50	1200	ACEITE	NEUMÁTICO	24.91	25.01	25.21	6	4	2	2006
T82A	CRG	Jun-72	30	MT	50	1200	ACEITE	NEUMÁTICO	17.46	15.07	15.12	4	4	4	2006
T82B		Jun-72	30	MT	50	1200	ACEITE	NEUMÁTICO				6	4	1	2006
C. MORAZAN	LAZ	Jun-65	37	G.E	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO	17.12	17.39	17.53	5	4	1	2006
TAX 1	MAG	Feb-66	36	IBM	25	1200	ACEITE	NEUMÁTICO	9.02	9.06	9.07	5	4	1	2006
T281A	SNG	Jun-55	57	WGH	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO				5	4	1	2006
TACUBA	TAC	Mar-64	38	G.E	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO				5	4	1	2006
AMARRE		Jun-67	35	AEG	26	1250	AIRE	NEUMÁTICO	9.45	9.59	9.67	0			2006
CTACLUDESA		Jun-67	35	AEG	26	1250	AIRE	NEUMÁTICO	5.00	5.06	5.01	0			2006
T88A		Jun-67	35	AEG	26	1250	AIRE	NEUMÁTICO				9	6	3	2006
T88B		Jun-67	35	AEG	26	1250	AIRE	NEUMÁTICO				5	5	5	2006
TACUBAYA 2		Jun-67	35	AEG	26	1250	AIRE	NEUMÁTICO				1	1	1	2006
TACUBAYA 1		Jun-67	35	AEG	26	1250	AIRE	NEUMÁTICO				5	5	5	2006
CAREAGA 2	CAR	Ene-72	30	OER	43	1200	ACEITE	HIDRÁULICO	15.24	16.79	16.32	3	3	3	2007
AMARRE	LOM	Jun-55	47	WGH	18	1200	ACEITE	NEUMÁTICO	8.59	8.96	8.88	1	1	1	2007

CRITERIO - 1 ANTIGÜEDAD

CRITERIO - 2 NIVELES ALTOS DE CORTO CIRCUITO

CRITERIO - 3 CANTIDAD DE INTERVENIONES POR FALLA

CRITERIO - 4 OBSOLESCENCIA DE EQUIPO COSTO POR MANTENIMIENTO Y TIEMPOS FUERA DE SERVICIO POR ENTREGA DE REPARACIONES Y LABOR DEL TRABAJO

tabla 7



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

PROGRAMA DE SUSTITUCION DE INTERRUPTORES DE POTENCIA EN TENSIONES DE 85 Y 230 KV DE LUZ Y FUERZA															
INT. 50	S.E.	PTA. EN SERV.	ANTIG. (AÑOS)	MARCA	CAP. (KA)	I _n (A)	EXTINCION	TIPO DE MECANISMO	I _{sc} (KA) 3x1φ		No. INTERVENIONES 2002		FECHA PARA SUSTITUCION		
									2003	2006	2009	MAYOR		MEJOR	
INTERRUPTORES DE 230 KV															
CAP1		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO	39.49/	45.13/	50.40/	9	5	4	2004
CAP1 2		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO	39.62	44.46	47.99	5	4	2	2004
DIST 1		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				5	3	2	2004
DIST 12		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				2	1	1	2004
DIST 2		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				6	5	1	2004
ECAT 1	CRG	Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				7	6	1	2004
EC50 1		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				1	1	1	2004
SOSA		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				4	3	1	2004
T28A		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				8	2	6	2004
T28B		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				1	1	1	2004
TA. TB		Jun-71	31	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				18	15	3	2004
CRTA 1		Feb-72	30	M.G.	32	2000	AIRE	HIDRAULICO	31.66/	33.21/	36.42/	4	4		2005
CRTB 2		Feb-72	30	M.G.	32	2000	AIRE	HIDRAULICO	32.39	33.03	35.94	0			2005
CRUZ 1		Feb-72	30	M.G.	32	2000	AIRE	HIDRAULICO				0			2005
CRUZ 2	AUR	Feb-72	30	M.G.	32	2000	AIRE	HIDRAULICO				2	2		2005
T28A		Feb-72	30	M.G.	32	2000	AIRE	HIDRAULICO				5	5	4	2005
T28B		Feb-72	30	M.G.	32	2000	AIRE	HIDRAULICO				4	3	1	2005
** Capacidad interruptiva de los interruptores a punto de ser rebasada															
DIST 12		Jun-70	32	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO	23.06/	24.81/	25.64/	7	7		2004
PETC		Jun-70	32	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO	20.81	21.83	22.68	5	4	1	2004
T221A	KGR	Jun-70	32	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				4	4		2004
T221B		Jun-70	32	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				10	10		2004
T28B		Jun-70	32	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				5	4		2004
T222A		Jun-72	30	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO	24.58/	30.84/	32.52/	10	10		2004
CARTON	XAL	Jun-72	30	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO	19.9	23.39	23.96	5	3	2	2005
T222B		Jun-72	30	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				5	5		2005
XALO		Jun-72	30	OER	40	2000	ACEITE	HIDRAULICO				1	1		2005

CRITERIO - 1 ANTIGUEDAD
 CRITERIO - 2 NIVELES ALTOS DE CORTO CIRCUITO
 CRITERIO - 3 CANTIDAD DE INTERVENIONES POR FALLA
 CRITERIO - 4 OBSOLESCENCIA DE EQUIPO COSTO POR MANTENIMIENTO Y TIEMPOS FUERA DE SERVICIO POR ENTREGA DE REFACCIONES Y LABOR DEL TRABAJO

AÑO SUST.	CANT.
INT. 2003	28
INT. 2004	21
INT. 2005	18
INT. 2006	14
TOTAL	81

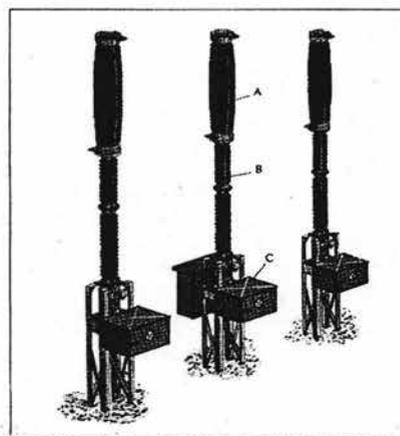


CAPÍTULO 4

INTERRUPTORES DE POTENCIA DE 3ª GENERACIÓN

En este capítulo se definirá el concepto de un Interruptor de Potencia, así como la tendencia de los nuevos Interruptores;

- Definición
- Tabla mostrando los principales puntos de evolución de los Interruptores de Potencia
- Cámara de extinción
- Medio de accionamiento
- Mecanismos de operación de la Tercera Generación



CONTENIDO	PAGINA
4.1 El interruptor de potencia	70
4.2 Cámara de extinción	72
4.2.1 Interruptor de potencia tanque muerto	73
4.2.2 Interruptor de potencia tanque vivo	75
4.3 Medio de accionamiento	75
4.3.1 Mecanismos de operación por medio hidráulico	77
4.3.2 Mecanismos de operación por medio de resorte	77
4.3.2.1 Historia del mecanismo de operación por medio de resorte.....	77
4.3.2.2 Requerimiento que imponen los mecanismos de los interruptores.....	78
4.3.2.3 Mecanismos de almacenamiento del resorte.....	80
4.3.2.4 Principales características.....	80
4.3.2.5 Descripción.....	81



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

4.3.3 Segunda generación mecanismos de operación por medio de resortes.....	82
4.3.3.1 Características.....	83
4.3.3.2 Función.....	83
4.3.3.3 Adaptaciones debido al principio de operación y efectos en su desempeño.....	85
4.3.4 Una nueva generación de mecanismos de operación por medio de resortes (tercera generación).....	87
4.3.4.1 Características.....	87
4.3.4.2 Función.....	89
4.3.4.3 Desempeño optimizado a través de novedosas características.....	90
4.3.4.4 Adecuado mejoramiento en los mecanismos de operación de la tercera generación.....	91
4.3.4.5 Aplicaciones de los mecanismos de la tercera generación.....	91
4.3.4.6 Ventajas de los mecanismos de la tercera generación.	92



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
 INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
 TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
 PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CAPÍTULO 4

4 INTERRUPTORES DE POTENCIA DE 3ª GENERACIÓN

4.1 EL INTERRUPTOR DE POTENCIA

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico.

Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora.

Si en cambio la operación de apertura o cierre se efectúa con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en el caso de alguna perturbación), el interruptor recibe el nombre de DISYUNTOR O INTERRUPTOR DE POTENCIA.

En la norma internacional los interruptores se les designan con el número 52, LFC emplea el primer número de la norma internacional para los interruptores y según sea el caso, el siguiente dígito indicará a que voltaje pertenece el interruptor.

Para un voltaje de	400 kV	se utiliza el número	4
Para un voltaje de	230 kV	se utiliza el número	3
Para un voltaje de	85 kV	se utiliza el número	8
Para un voltaje de	23 kV	se utiliza el número	2

Entonces se concluye que de la norma internacional y el voltaje de aplicación, se tiene el número de LFC para Interruptores.

Norma Internacional	Voltaje de Aplicación	Número de norma de LFC
<u>52</u>	<u>400</u> kV	54
	<u>230</u> kV	53
	<u>85</u> kV	58
	<u>23</u> kV	52



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
 INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
 TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
 PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Concepto	1ª Generación	2ª Generación	3ª Generación
Voltaje nominal			
400 kV	SI	SI	SI
230 kV	SI	SI	SI
85/230 kV	SI	SI	SI
23 kV	SI	SI	SI
Corriente nominal de corto circuito			
63 kA	NA	NA	SI
50 kA	NA	SI	SI
40 kA	NA	SI	SI
31.5 kA	SI	SI	SI
25 kA	SI	SI	SI
Métodos de extinción			
SF6 (Autosoplado termico)	NA	NA	SI
SF6	NA	SI	SI
Vacio	NA	SI	NA
Aceite	SI	SI	NA
Aire	SI	SI	NA
Medio de accionamiento			
Volante- biela	SI	NA	NA
Solenóide	SI	NA	NA
Neumático	SI	SI	NA
Hidráulico	NA	SI	SI
Resorte	NA	SI	SI
Cámara de interrupción			
Cámara de gran volumen	SI	NA	NA
Cámara tanque vivo	SI	SI	SI
Cámara tanque muerto	NA	SI	SI

tabla 1

En la tabla (1) se mencionan los puntos con más evolución en el diseño de interruptores de potencia, por las grandes exigencias en la continuidad en el servicio eléctrico la mayoría de los últimos interruptores predomina la extinción por medio de SF6, cámara de interrupción por medio de tanque vivo y medio de accionamiento por resorte e hidráulico.



4.2 CÁMARA DE EXTINCIÓN

4.2.1 INTERRUPTORES DE POTENCIA, TANQUE MUERTO

Desde 38 hasta 245 kV

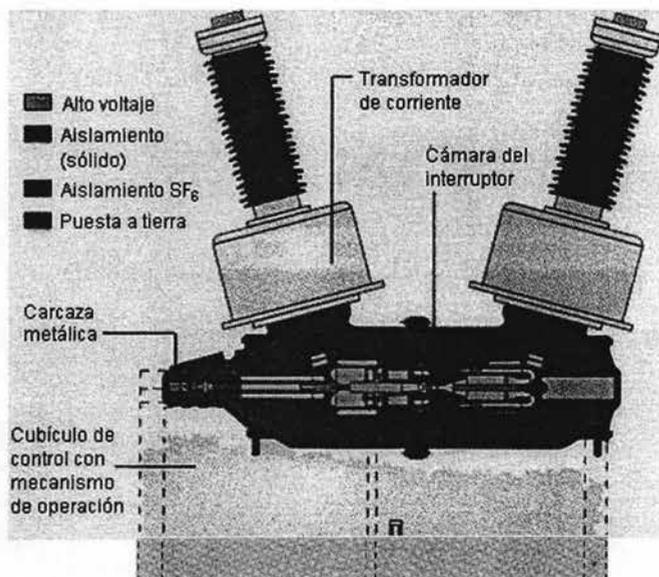


figura 1

La característica que distingue a la tecnología de "tanque muerto" es que la cámara de interrupción es colocada en una envolvente de metal aterrizada. Con este arreglo el gas SF₆ aísla las partes vivas de alta tensión del contacto del montaje de la envolvente. La conexión hacia la alta tensión es a través de boquillas en SF₆ tipo intemperie ver figura (1).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Los transformadores de corriente son montados directamente en las boquillas, lo cual elimina los mecanismos de sujeción y cableado requerido como es en el caso del montaje externo. Este tipo de interruptores ofrecen ventajas particulares si el diseño de protección requiere el uso de varios transformadores de corriente montados por polo, como para un típico sistema americano. La posibilidad de estar disponible para un arreglo de transformadores de corriente en frente o detrás del interruptor sobre el interruptor actual, permite esquemas de protección para satisfacer de una manera especial ahorro de costos. Además es relativamente simple para reemplazar los transformadores de corriente en el campo.

Ventaja adicional - Los interruptores de tanque muerto son particularmente resistentes a los sismos debido a su diseño compacto y bajo centro de gravedad.

4.2.2 INTERRUPTORES DE POTENCIA, TANQUE VIVO

Desde 72.5 hasta 800 kV

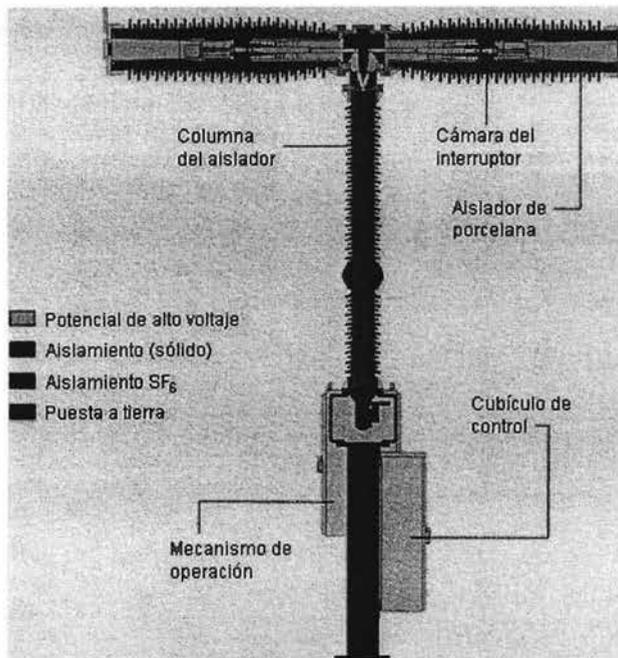


figura 2



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

En los interruptores del tipo tanque vivo, la cámara de interrupción es colocada dentro del aislador, el cual puede ser de porcelana o de un material compuesto y está directo al alto potencial, dependiendo el nivel de tensión, se determina la longitud de los aisladores para la cámara del interruptor y la columna del aislador ver figura (2).

Para niveles de tensión más altos, son conectadas en serie varias cámaras de interrupción sobre el interruptor de tanque vivo e instaladas en la columna del aislador.

Los transformadores de corriente son también colocados separadamente en frente o detrás del interruptor. Como en los interruptores de tanque vivo no pueden ocurrir corrientes de falla entre la unidad de interrupción y la envolvente, solo es necesario que se coloque un transformador de corriente por polo.

Una característica más de estos interruptores son sus compartimentos de gas relativamente pequeños. La ventaja del bajo volumen de gas es que hay una reducción en la cantidad de gas cuando se le da mantenimiento.

Para asegurar la correcta operación de estos interruptores en regiones sísmicas, los interruptores pueden ser montados sobre estructuras antifricción, una solución que ha sido probada a más de 800 kV y ha probado su funcionamiento varias veces.



4.3 MEDIO DE ACCIONAMIENTO

4.3.1 MECANISMO DE OPERACIÓN POR MEDIO HIDRÁULICO

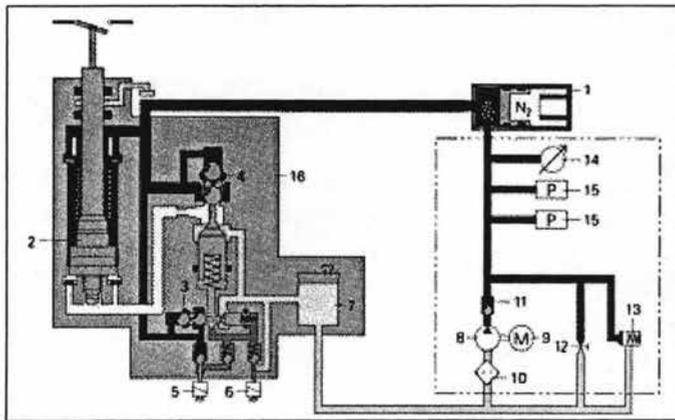


figura 3

- 1 Acumulador de energía a alta presión
- 2 Cilindro
- 3 Válvula piloto
- 4 Válvula principal
- 5 Electroimán de cierre
- 6 Electroimán de apertura
- 7 Tanque de aceite
- 8 Bomba de aceite
- 9 Motor
- 10 Filtro
- 11 Válvula no retorno
- 12 Válvula de compensación de presión
- 13 Válvula de seguridad
- 14 Manómetro
- 15 Indicador de presión
- 16 Caperuza



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

A la unidad de ruptura le corresponde un acumulador de aceite a presión el cual suministra la energía necesaria para maniobrar la varilla móvil de contacto. Una tubería aislante y resistente a la presión conduce el aceite a presión a los cilindros sin interposición de ninguna transmisión mecánica ver figura (3).

Beneficios de los mecanismos de operación electrohidráulicos

- Bajo mantenimiento económico y una larga vida.
- Seguridad a los más estrictos requerimientos ambientales.
- Chequeo de la reserva de energía en un solo tiempo.
- Un auto-monitoreo constante.
- Múltiples aperturas/cierres sin necesidad de recargar.
- Alta respuesta en switcheo.
- Disponibilidad en el mantenimiento de contactos.
- En caso de producirse pérdida de presión, el disyuntor permanece en la posición en que se encuentra: cerrado o abierto.
- El pistón del cilindro se mueve en el sentido de cierre o de la apertura, el fluido motor circula en la misma dirección dentro de las tuberías de ida y retorno.
- El excedente estático de las fuerzas de los órganos de accionamiento y la regulación del la velocidad final a través de un diafragma, hacen que la carrera de los contactos móviles estén prácticamente libres de la influencia de resistencias mecánicas y de la viscosidad del fluido del circuito hidráulico.



4.3.2 MECANISMO DE OPERACIÓN POR MEDIO DE RESORTE

Mecanismos de operación por medio de resortes o muelles con una amplia aceptación en el mundo, hoy en día unos 70,000 mecanismos con operación de muelles o resortes son utilizados para interruptores de potencia alrededor del mundo con un respaldo de setenta años gozando de una buena reputación, ver figura (4).

4.3.2.1 HISTORIA DEL MECANISMO DE OPERACIÓN POR MEDIO DE RESORTE.

En el año de 1933 se introdujo el primer mecanismo que almacena energía para soltar un resorte o muelle, marcando el inicio a la tendencia de dejar ausente los mecanismos que operan con solenoides, motores y equipos neumáticos que tanto prevaleció en los mecanismos de los interruptores de potencia.

En siete décadas se han producido tres generaciones de mecanismos de operación por medio de muelles o resortes con 20 tipos, tabla (2).

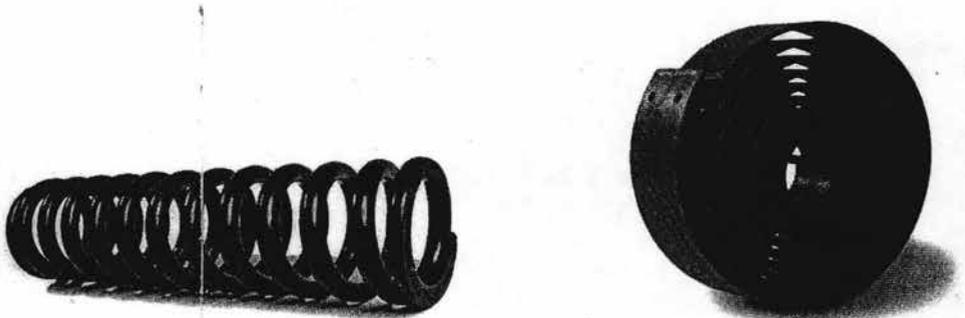


figura 4



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

MECANISMO	PERIODO	APLICACIONES	RANGO DE VOLTAJE
1ra Generación	1933-1936	Tanque-muerto bulk-aceite Interruptor	15-150kV
2da Generación	1936-2003	Min-aceite. Interruptores SF6	15-800kV 72.5-550kV
3ra Generación	1994-2004	Interruptores en SF6	36-550kV

tabla 2

4.3.2.2 REQUERIMIENTOS QUE IMPONEN LOS MECANISMOS DE LOS INTERRUPTORES.

Los interruptores son elementos de seguridad en un sistema eléctrico de distribución. Los mecanismos de los interruptores son comandados por un sistema de control, estos mecanismos operan acelerando los contactos con un peso de un poco más de 80 kg a una velocidad de 3-14 m/s dentro de unos pocos milisegundos la apertura termina de un solo golpe. Con su función básica, los mecanismos deben operar con severos requerimientos tanto de calidad, precisión, fiabilidad y servicio de mantenimiento. En la figura (5) se muestra entre requerimientos que reforan uno u otro (convergencia de requerimientos) y aquellos que se contradicen uno u otro (divergencia de requerimientos).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

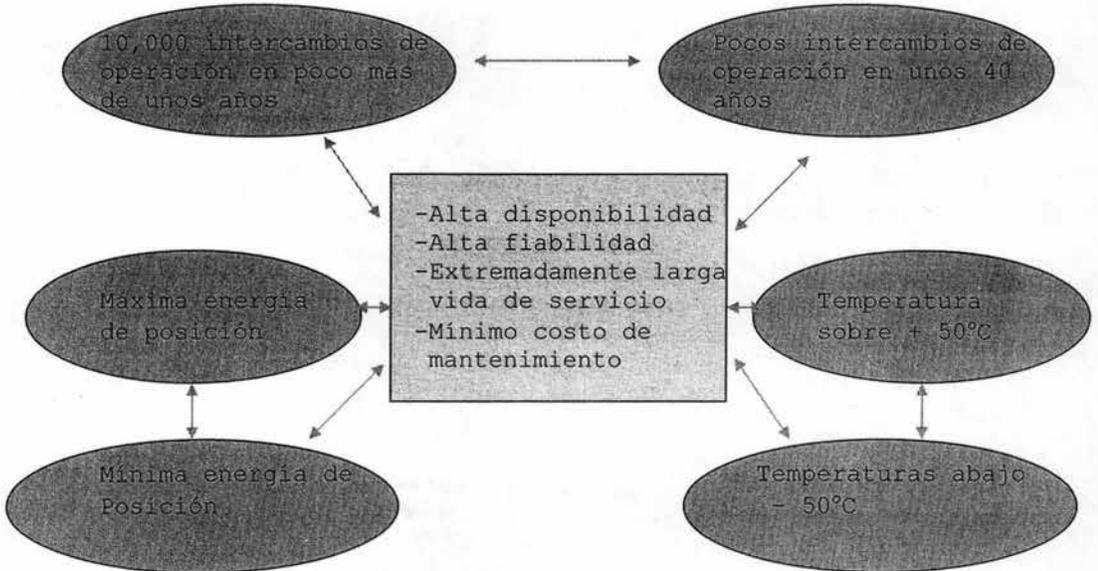


Figura 5

↔ Convergencia de requerimientos
↔ Divergencia de requerimientos

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

4.3.2.3 MECANISMO DE ALMACENAMIENTO DEL RESORTE

Operación del mecanismo que almacena

Un interruptor de potencia, se diseña para tener una vida útil de 40 años (operación de APERTURA Y CIERRE), para un acumulativo únicamente de 6 a 7 minutos.

Una vez la energía cargada dentro de muelle o resorte, el mecanismo del muelle o resorte puede almacenarse y no perderse por años y estar listo para responder a un comando de apertura y cierre. En otras palabras, así que este tipo de mecanismo tienen un diseño tan bondadoso que se vuelven activo solo durante la operación de apertura o cierre quedando pasivo el resto del tiempo.

Los mecanismos de accionamiento hidráulico, son diseñados para estar disponibles teniendo un promedio de 6 a 7 minutos, el sistema de presión alcanza su presión más alta en intervalos regulares. Los mecanismos hidráulicos bombean, así que registran más de trescientos tiempos de operación justos que no dejan al mecanismo dispuesto a actuar. (No incluye el recargamiento de la energía almacenada después de una operación de apertura o cierre).

4.3.2.4 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

Los mecanismos con operación de muelle o resorte no solo almacenan energía, dentro de los interruptores los mecanismos no solo ponen en libertad y estos liberan los mecanismos de apertura y cierre, si no también ofrece una adaptación en las siguientes características:



- Funcionar con el principio de limpieza.
- Muy alta fiabilidad y disponibilidad.
- Máxima energía estable durante décadas.
- Mínimo costo de mantenimiento.
- Una máxima eficiencia debido a un mínimo dispersión de tiempo de apertura-cierre.
- Energía liberada (verificable de -50°C a la salida y se eleva la temperatura hasta $+50^{\circ}\text{C}$).

4.3.2.5 DESCRIPCIÓN

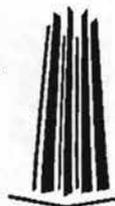
Los mecanismos de accionamiento operan a base de un resorte o muelle estos son de dos ejes (dispositivo) y se emplea el mismo subsistema, de esta manera es su principio funcional.

Subsistema

- Motor
- Velocidad de transmisión
- Cerrado del eje (con)
 - [Cierre del resorte
 - [Volante
 - [Disco de leva
- Cerrado del pasador
- Eje principal (con)
 - [Activar el acoplo del resorte
 - [Acoplamiento del interruptor
 - [Activar el acoplo del contra peso
- Activar el pasador
- En lanzar
- Control (con)
 - [Limitador de apertura y cierre del motor
 - [Apagadores auxiliares



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

4.3.3 SEGUNDA GENERACIÓN MECANISMOS DE OPERACIÓN POR MEDIO DE RESORTES

Más de 60,000 mecanismos operan alrededor del mundo proporcionando un seguro servicio. Ver figura (6)

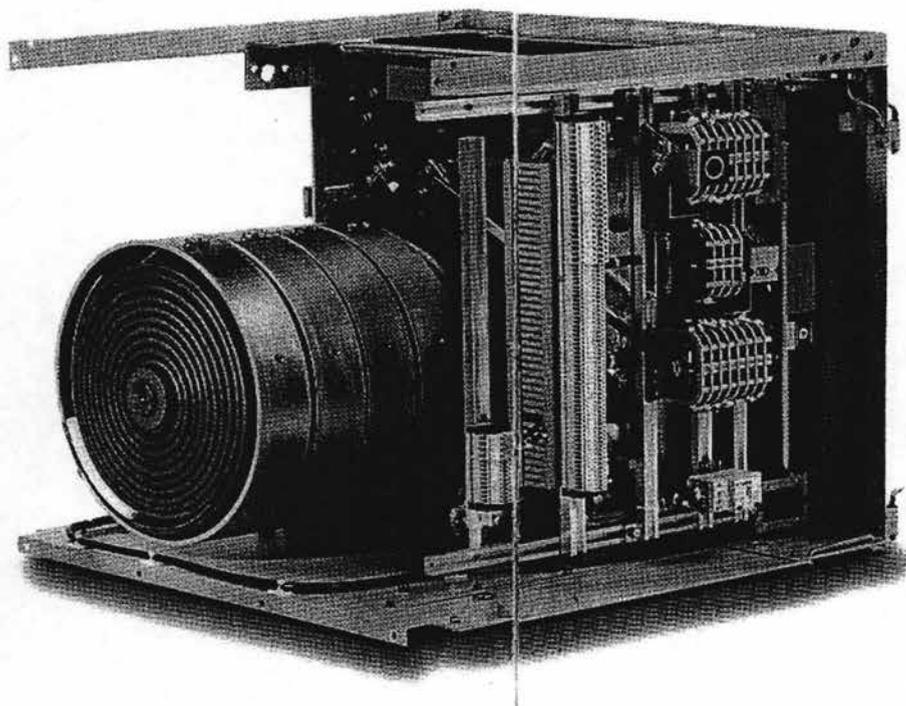


figura 6



4.3.3.1 CARACTERÍSTICAS

Estos mecanismos de operación siguen compartiendo características técnicas muy similares a los mecanismos de operación de primera generación:

- Cierre del espiral del muelle.
- Activación de la compresión del muelle helicoidal.
- Cierre por la rotación de 360° del eje (por medio de la leva).
- Volante con fricción engancha un sistema que equilibra el torque y dispara el excedente de energía al final de la operación de cerrado.
- Arranque y activación del resorte usualmente localizado fuera del mecanismo de operación.

Clasificación con respecto a la energía:

- o (arriba de 3200J).
- o (arriba de 6500J).
- o (arriba de 11,000J).
- o (arriba de 12,500J).

4.3.3.2 FUNCIÓN

Tensar el muelle: cuando se aplica voltaje al motor,
(1)Arrancado inmediatamente y enrollado del muelle,
(3)A través de la transmisión de velocidad,
(2) El motor termina de dar vueltas por un mecanismo de control (no mostrado) cuando esta completa el enrollamiento.

Cerrado: cierre del eje (flecha),
(7)Esta se libera por una palanca,
(5)Cuando el seguro se cierra,
(4)Esta se desembraga por el cierre de un solenoide. El cerrado del resorte,
(3)Actúa a través del cierre del eje (flecha),
(7)Y volante,
(8)Se acelera el disco,
(6)El mecanismo del interruptor es movido en posición de cerrado por la palanca del rodillo,
(9)Y el eje central,
(10)Al mismo tiempo, el muelle se activa,
(12)El interruptor se carga.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Al final del cierre el cambio de la activación del muelle se mantiene en posición de CERRADO cerca del eje central y activa el seguro.

El rebobinado del cierre del muelle empieza con el movimiento de cerrado quedando inmóvil dentro del camino y esto se tarda alrededor de 8-10 seg.

El interruptor ya en la posición de CERRADO. El cerrado y la activación del resorte cambian, esa energía se almacena para el cerrado y la apertura del ciclo (operación normal).

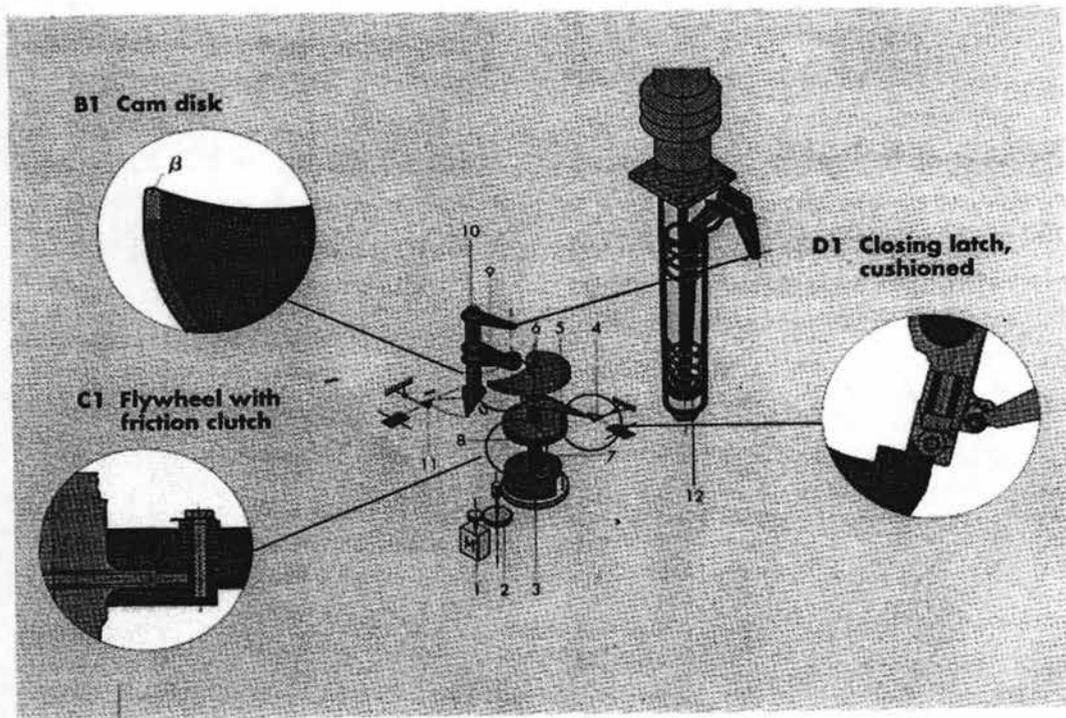


figura 7



4.3.3.3 ADAPTACIONES DEBIDO AL PRINCIPIO DE OPERACIÓN Y EFECTOS EN SU DESEMPEÑO.

Hacia el final del movimiento de cerrado, la palanca (5) completa la revolución junto con el mango (7) y golpea el pasador de cerrado (4) a una alta velocidad. El exceso de energía necesaria para asegurar el pasador en el sistema de cerrado (verde) es disipado a través de fricción por el sistema de embrague y el volante [C1 en figura (7)]. El momento de impacto en pasador de cierre [D1 en figura (8)], causado en la aceleración máxima en el armazón del mecanismo de operación [C1 en figura (8)], que limitado por el (contra peso), en los pasadores [D1 en figura (7)] y por la fricción del sistema de embrague [C1 en figura (7)].

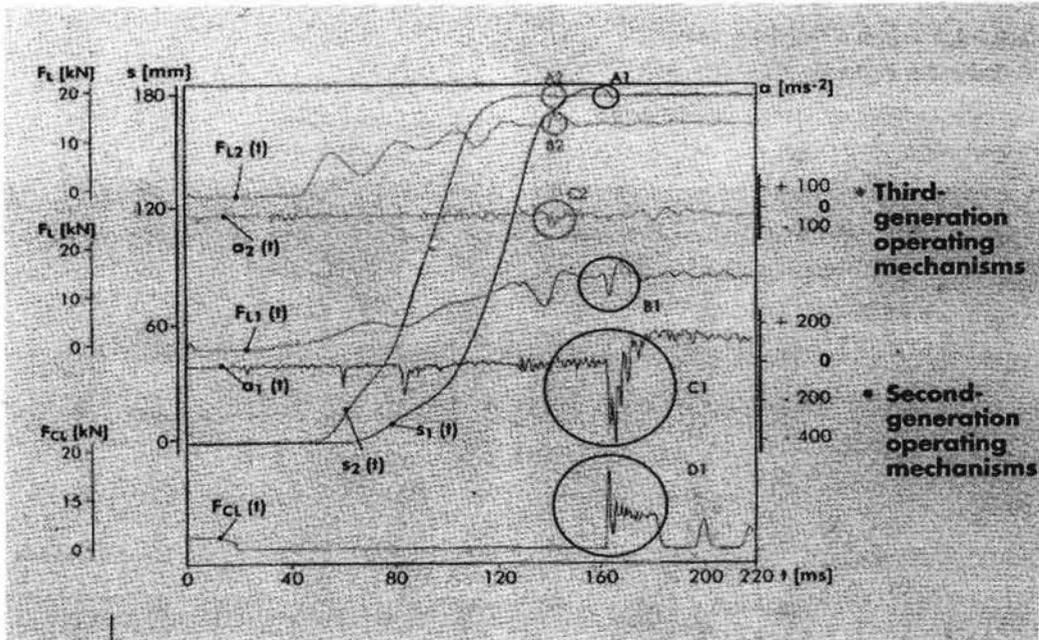


Fig. 4 Comparison of dynamic characteristics of FKF 1-2 and FK 3-2 operating mechanisms on FXT 14F circuit breaker



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

La curva roja en la figura (8) fue medido en un representativo mecanismo de segunda generación: conectado a un interruptor estimado a 245kV.

Accionado: cuando un impulso es liberado por el solenoide (o mecánicamente), el activa el pasador (11) es desconectado y el eje principal (10) es libre a girar en la dirección de apertura. Es activado el resorte (12) acelera el mecanismo del interruptor en la dirección de apertura.

Al final de la operación de accionado, el movimiento de la masa del interruptor es otra vez dispuesto a cerrar.



4.3.4 UNA NUEVA GENERACIÓN DE MECANISMOS DE OPERACIÓN POR MEDIO DE RESORTES (TERCERA GENERACIÓN)

4.3.4.1 CARACTERÍSTICAS

El desarrollo de la nueva familia de mecanismos comienza a principios de la década de los 90s, obteniendo resultados modernos, funciones optimizadas, sistemas que se ajustan a los requerimientos de las más avanzadas tecnologías de interrupciones figura (9).

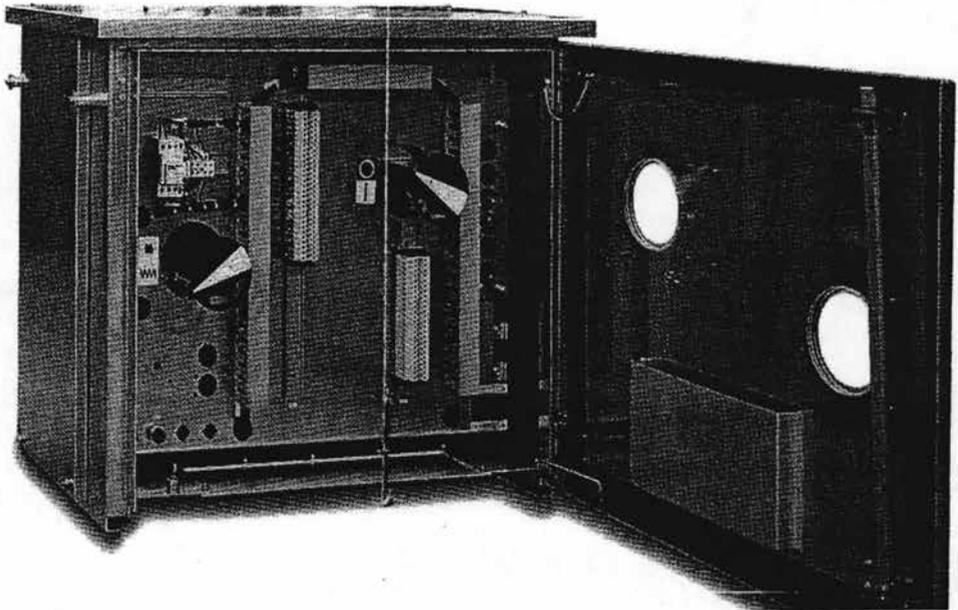


figura 9

Operan con un mecanismo que utilizan un principio de mediano-voltaje, ver figura (10).



Con los siguientes puntos de diseño:

- Accionamiento de apertura y cerrado por la compresión de muelles o resortes helicoidal.
- Manivela excéntrica con un sistema de cerrado que viaja 220-240° sobre el eje el exceso de energía al final de la operación de cerrado es recuperado y almacenado el cierre del muelle).
- Un diseño de leva patentado por su suave engranamiento la palanca del rodillo con el accionado del pasador.
- La activación del muelle o resorte puede estar montada en mecanismo de operación y/o en el interruptor (permitiendo activar energía que esta distribuida con forme a la necesidad).

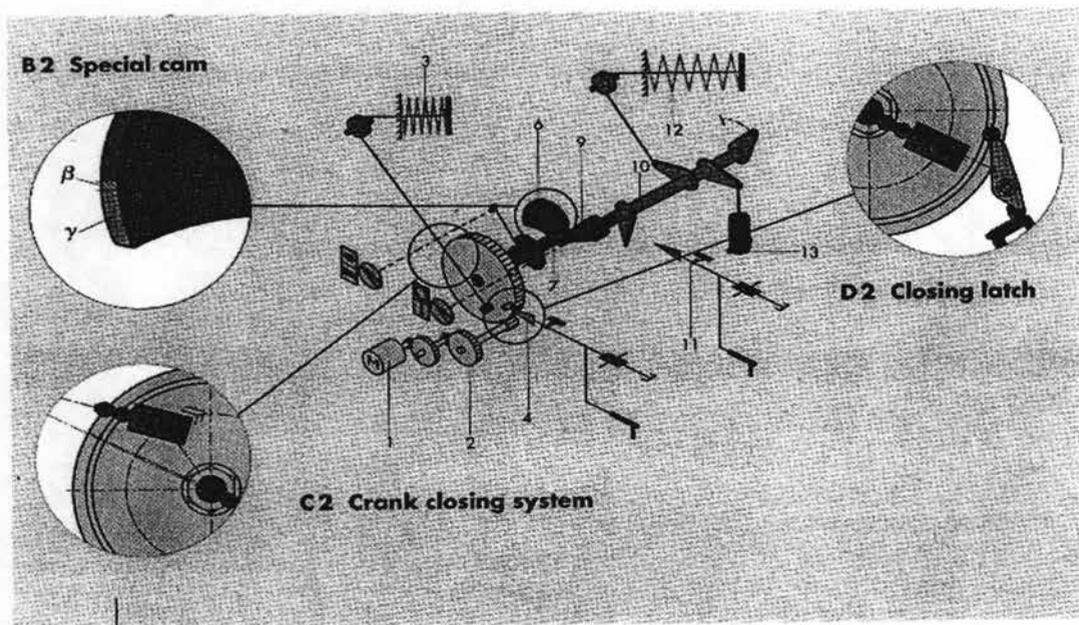


Fig. 5 Functional principle of third-generation operating mechanisms



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

4.3.4.2 FUNCION

Cargando el muelle o resorte: El motor (1) expuesto en marcha tan pronto como es aplicado un voltaje de control, cargando el cerrado del muelle o resorte (3) a través de la transmisión de una rueda dentada (2). La carga es suspendida cuando el pasador del rodillo gira sobre la manivela y se restaura al regresar el pasador a su posición de cerrado, (4) el motor suspende su giro por un mecanismo de control.

Cerrado: Cuando el pasador esta en posición de cerrado (4) es liberado por el cierre de una bobina, el cerrado del resorte (3) actúa a través del giro de la manivela acelerando el cierre del eje (7) con una leva (6) el movimiento del interruptor se coloca en posición de cerrado a través de la palanca del rodillo (9) y el eje principal (10) y simultáneamente se activa el resorte (12) en la operación del mecanismo y/o es cargado o cortado el polo del interruptor.

Al final del movimiento de cerrado, es cargado el accionamiento del resorte (12) ligeramente se resiste en la posición de CIERRE contra la activación del pasador (11).

En estos mecanismos como aquellos de generaciones anteriores, se recarga al cierre del resorte (3) comienza el movimiento de cerrado mientras aún esta finalizando su trayectoria.

Los interruptores ahora en la posición de CERRADO. El cierre y la activación de los resortes son cargados, los mecanismos de operación almacenan energía según la necesidad de la apertura- cierre de los ciclos de switcheo (operación normal).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

4.3.4.3 DESEMPEÑO OPTIMIZADO A TRAVÉS DE NOVEDOSAS
CARACTERÍSTICAS.

Los excesos de energía al final de la operación de cerrado es recuperado, retornando al cierre de resorte (3) por medio de un sistema de manivela [C2 en la figura (10)]. Durante el trayecto del sistema de cerrado (verde) se produce un suave paro. [Contra peso] en el sistema de cerrado y el cierre del pasador no es necesario debido a este principio [D2 en figura (10)] y esto se demuestra en la harmónica natural de la operación, el mecanismo de tercera generación fue montado a un interruptor de 245 kV y la aceleración sobre el chasis del mecanismo de operación se grafica en (kN) contra tiempo (ms). El trazo verde en la figura (8) en contraste con el trazo rojo del mecanismo de segunda generación mostrando el pico en su aceleración [C2 en figura (8)]. Un diseño del disco de leva [B2 en figura (10)] permite a la palanca del rodillo (9) llegar a un paro gradual en la activación del pasador (11) al final de la operación de cierre. El resultado es notable en la reducción en tener picos de forzamiento en le acoplamiento de la barra de el interruptor [B2 en la figura (8)].

Accionamiento: La operación de activación es idéntico al mecanismo de segunda generación. Cuando un impulso es liberado por el solenoide (o mecánicamente), la activación del pasador (11) es desenganchado y el eje principal (10) es libre a girar en la dirección de abierto. La activación del resorte (12) acelera el mecanismo del interruptor en dirección de apertura.

Al final de la operación de activación el movimiento de la masa del interruptor es abierto a paro por la acción del (contra peso) (13). En el intermedio del proceso, un seguro (no mostrado) fue enganchado al cierre del pasador (7) por la siguiente operación de cierre. El interruptor esta listo de nuevo para el cierre.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

4.3.4.4 ADECUADO MEJORAMIENTO EN LOS MECANISMOS DE OPERACIÓN
DE LA TERCERA GENERACIÓN.

La incorporación de muchas décadas de experiencia de mecanismos que operan por medio de muelles y resortes conducen a resultados y una dinámica optimizada en su desempeño. Con una crucial ventaja ganando siempre, que incluye los siguientes resultados:

- Bajo impacto en la dinámica de operación.
- Mínima transferencia de energía interna (bajo "reactivo" en disipación).
- Una reducción simple y reduciendo un 30% en número de partes en comparación a la primera generación.
- Bajos costos.
- Reducido mantenimiento (no requiere mantenimiento por más de 10,000 operaciones de switcheo).
- Una alta disponibilidad combinado con una larga vida útil.
- Baja emisión de ruido.

4.3.4.5 APLICACIONES DE LOS MECANISMOS DE TERCERA GENERACIÓN.

Los mecanismos de tercera generación cubren un amplio rango de sistemas de cierre porque optimiza la energía para cada tipo (individualmente). Se tiene una amplia cobertura en la garantía de operación ideal de los mecanismos, que están disponibles para los nuevos desarrollos en velocidades de switcheo.



4.3.4.6 VENTAJAS DE LOS MECANISMOS DE LA TERCERA GENERACIÓN

Los mecanismos de la tercera generación son concebidos como la llegada de un nuevo producto. Estos se parecen exteriormente [ver foto figura (13,14)], la similitud en ciertas partes es muy notable, igual cuando por su relación física difieren en tamaño figura (12). Los mecanismos de la tercera generación se caracterizan por dar resultados de mayor ventaja para proveedores, productores y clientes Figura (11).

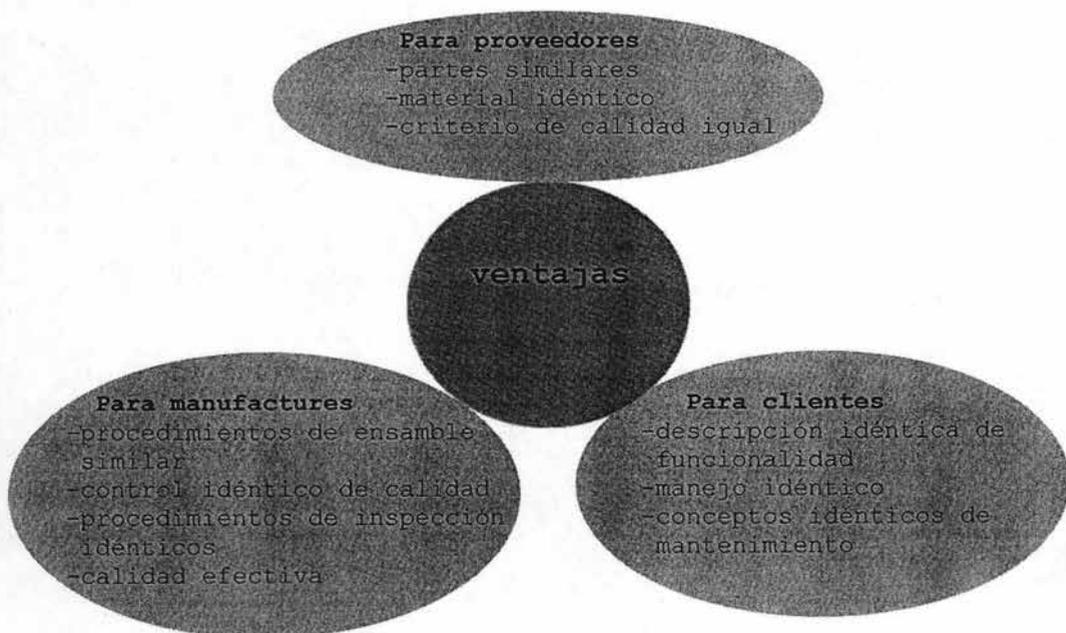


figura 11



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

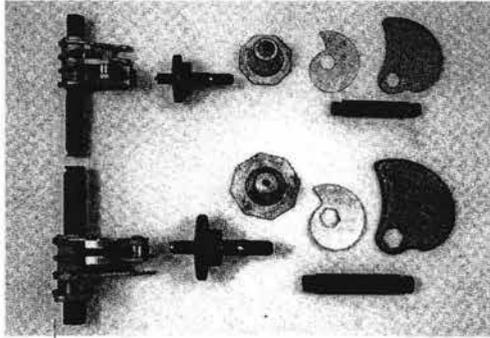


Fig. 11 Similar parts of FK 3-1 and FK 3-2 operating mechanisms

figura 12

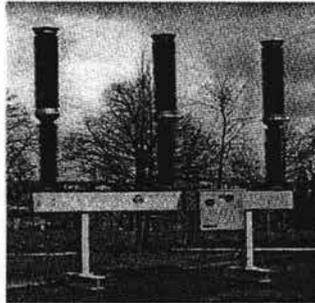


Fig. 7 GL 312/FK 3-1
145 kV, 40 kA

figura 13

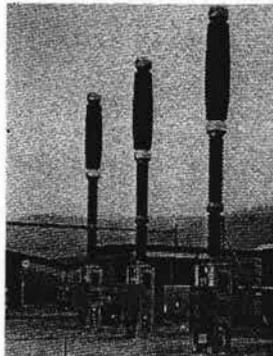


Fig. 8 FXT 14F/FK 3-2
245 kV, 40 kA

figura 14



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Cualidad y Certidumbre

Muchos años de experiencia hacen posible enfocar en la integración de calidad y certidumbre, dentro los procesos de manufactura de los mecanismos de operación de la nueva tercera generación. En la tabla 3 se listan algunos métodos de trabajo.

Todo mecanismo de operación es sometido a una inspección, la funcionalidad se prueba con la norma IEC 60694, 60056 y 60517, la inspección de prueba incluye la prueba de dureza 30 CO. El objetivo de las pruebas es tener cero-defectos en los mecanismos para evitar redundantes pruebas.

La línea de tercera generación tiene una alta fiabilidad y disponibilidad con el desempeño seguro, con su velocidad de switcheo.

Método	Efecto	Ejemplo
Herramientas que se limitan a dar forma a partes	<ul style="list-style-type: none">• Cero partes retrabajadas• Notable reducción en la intervención en procesos de manufactura	<ul style="list-style-type: none">• Corte de placa de chasis en un solo paso• Precisión en el estampado de la leva
Procesos determinados a Identificar las partes	<ul style="list-style-type: none">• Prevención en no confundir las piezas• Verificación en la instalación de partes	<ul style="list-style-type: none">• Fabricación del seguro y (dashpot) <u>traducir</u> con maquinas CNC
Herramientas determinadas al ensamble	<ul style="list-style-type: none">• Reducción en errores de ensamble	<ul style="list-style-type: none">• Especial ensamblado de partes, inmovilizando y alineando el chasis durante el ensamble del mecanismo
Base de datos de computo Para una rutina de Prueba	<ul style="list-style-type: none">• Identificación de anomalía antes de que la unidad salga de de la fabrica	<ul style="list-style-type: none">• Funcionales pruebas dinámicas y un banco de datos

Tabla 3

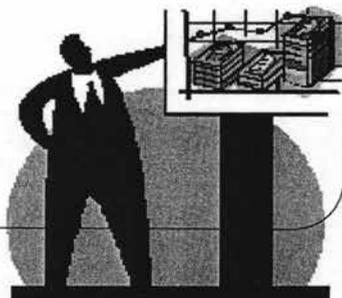


CAPÍTULO 5

COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA ENTRE INTERRUPTORES DE POTENCIA EXISTENTES Y LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA SUGERIDOS

La comparación técnica-económica es necesaria Para tomar el dictamen más apropiado;

- Se toma como referencia 2 S.E. Cerro Gordo y Valle de México
- Comparación de Interruptores de baja capacidad interruptiva VS Interruptores de alta capacidad interruptiva



CONTENIDO

PAGINA

5.1 Análisis del programa para sustituir interruptores en alto voltaje.....	97
5.2 Puntos de mayor impacto.....	101
5.3 S.E. Cerro Gordo.....	103
5.3.1 Ubicación S.E. Cerro Gordo.....	103
5.3.2 Niveles de corto circuito en Cerro Gordo 230 kV.....	104
5.3.3 Análisis de la S.E. Cerro Gordo.....	105
5.3.4 Diagrama unificar S.E. Cerro Gordo en 230 kV.....	106
5.3.5 Vista general del disyuntor Oerlinkon.....	107
5.3.6 Características generales del disyuntor Oerlinkon en 230 kV.....	107
5.3.7 Descripción de los conjuntos que forman el equipo.....	108
5.3.8 Armario de mando.....	109
5.3.9 Funcionamiento.....	111
5.3.9.1 Elemento de ruptura.....	111
5.3.9.2 Dispositivo de inserción de las resistencias.....	114
5.3.9.3 Órgano de mando.....	115
5.4 Características que deben cumplir los interruptores de 23 a 400 kV, usados en el sistema de LyFC.....	117



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.4.1	Clasificación.....	117
5.4.2	Características particulares.....	117
5.4.2.1	Condiciones de servicio.....	117
5.4.2.2	Características constructivas.....	118
5.4.3	Pruebas.....	132
5.4.3.1	Pruebas prototipo.....	132
5.4.3.2	Pruebas rutina.....	132
5.4.4	Empaque y embarque.....	133
5.4.5	Equipos y accesorios.....	133
5.4.6	Información técnica adicional.....	134
5.5	Comparación entre interruptores existentes y los sugeridos.....	134
5.5.1	Comparación técnica de interruptores de 230 kV a (40 y 63 kA), así como su costo por adquisición según especificación LFC-ING-017.....	135
5.5.2	Comparación de costo por inversión para interruptores de baja capacidad interruptiva con interruptores de alta capacidad interruptiva.....	140
5.5.3	Interruptores recomendados.....	142
5.6	S.E. Valle de México.....	143
5.6.1	Ubicación de S.E. Valle de México.....	143
5.6.2	Diagrama unificar de S.E. Valle de México.....	143
5.6.3	Niveles de corto circuito en Valle de México.....	145
5.6.4	Análisis de la S.E. Valle de México.....	147
5.6.5	Vista general del disyuntor FX-12 en 230 kV.....	150
5.6.6	Características generales del Disyuntor FX-12.....	150
5.6.7	Descripción general.....	151
5.6.8	Descripción de los elementos del disyuntor.....	154
5.7	Estudio y análisis del fenómeno ferresonancia debido a la posible repotenciación de los interruptores de 230 kV en S.E. Valle de México.....	162
5.7.1	Objetivo.....	162
5.7.2	Descripción de la zona 230 kV de la S.E. Valle de México.....	163
5.7.3	Simulación transitoria llevadas a cabo en 1 banco T-28 y en los TP'S.....	164
5.7.4	Conclusiones.....	170
5.8	Impacto de capacitores de gradiente (5000 0 10000 pf) de interruptores FX-12, 230 kV, marca ALSTOM, en unidades turbogeneradores de planta-Subestación Valle de Mexico.....	172
5.8.1	Resonancia Subsíncrona.....	172
5.8.2	Capacitor de gradiente y resonancia subsíncrona en la planta subestación Valle de México.....	175
5.8.3	Conclusiones.....	176
5.9	Análisis económico por sustituir capacitores de gradiente de 5000 pf por 10000 pf.....	177



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CAPÍTULO 5

5 COMPARACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA ENTRE INTERRUPTORES DE POTENCIA EXISTENTES Y LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA SUGERIDOS

5.1 ANÁLISIS DEL PROGRAMA PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES EN ALTO VOLTAJE.

En este capítulo se debería de tomar todas las Subestaciones que han rebasado su capacidad (niveles de corto circuito).

Con un total de 20 en 230 kV y 17 en 85 kV Subestaciones Eléctricas, según el programa de Sustitución de Interruptores en alto voltaje de LyFC se programa que para el periodo del año 2003 al 2006 se sustituirán para 230 kV y 85 kV la cantidad de 81 Interruptores, es notable la diferencia en cantidad al número total de interruptores por la Subestaciones que han rebasado su capacidad (sea niveles de corto circuito o por obsolescencia de equipo), pero debemos de ser realistas ya que eso solo se cumple en países de primer mundo, donde la vida útil promedio de los elementos de una Subestación (interruptores) es de **20 años**.

Referente a los Interruptores en alto voltaje en la Zona Metropolitana se tienen Interruptores de hasta 40 años de antigüedad implicando que un 30% de los fabricantes de los interruptores antes mencionados ya no existen, con esto se tiene un gran número de problemas principalmente con respecto a la adquisición de refracciones de los interruptores, se ha llegado el caso de restablecer un solo Interruptor adquiriendo sus refacciones de hasta dos Interruptores de la misma marca y modelo, estos últimos fuera de servicio.

La misión de este capítulo es establecer un criterio para Sustituir Interruptores en alto voltaje para la Zona Metropolitana tomando como referencia la comparación técnica y económica.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

En las Subestaciones de la Zona Metropolitana contamos con una variedad de marcas en Interruptores, diferente tensión de servicio, diferentes fechas de puesta en servicio de los interruptores, diferente capacidad de interrupción, diferentes tipos de medios de extinción, diferentes tipos de accionamiento, diferentes dimensiones, etc.

Ver figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6.

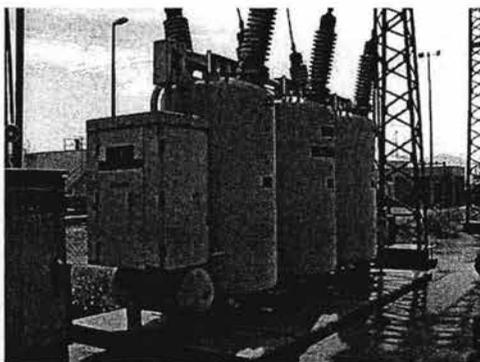


figura 1 Interruptor de gran volumen de aceite, marca G.E.
de accionamiento neumático (S.E. Lechería)

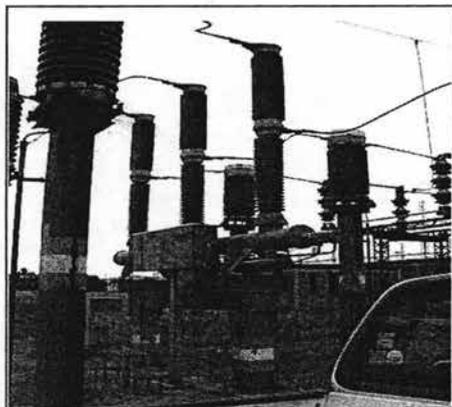


figura 2 Interruptor en SF6, marca IME de accionamiento
hidráulico (S.E. Victoria)



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

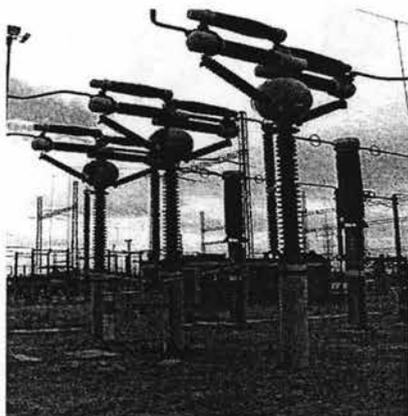


figura 3 Interruptor en vacío (S.E. Victoria)



figura 4 Interruptor en SF₆, marca ALSTOM accionamiento de
operación por medio de resorte



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA



figura 5 Interruptor en SF6, marca SIEMENS accionamiento hidráulico

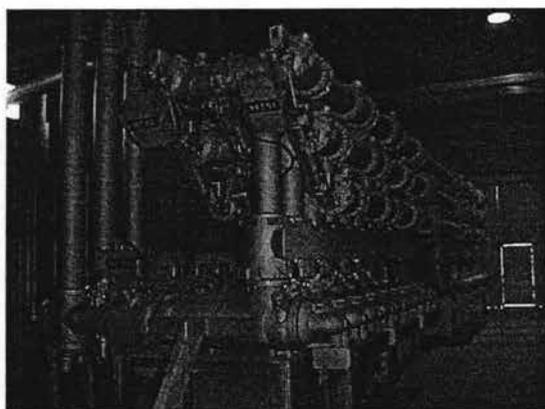


figura 6 Interruptor encapsulado en SF6, marca SPRECHER
ENERGIE accionamiento resorte (S.E. la Quebrada)



5.2 PUNTOS DE MAYOR IMPACTO

Por lo que es necesario nombrar los puntos de mayor impacto:

- a) Niveles de corto circuito
- b) Antigüedad
- c) Obsolescencia de equipo costo/Mantenimiento
- d) Cantidad de intervenciones por falla
- e) Tiempos fuera de servicio por entrega de refracciones y labor de trabajo

A los puntos anteriores le asignaremos un valor para poder evaluar si un interruptor es susceptible a una sustitución, cuantificaremos los puntos anteriores en conjunto con una puntuación de 100 puntos.

Basándose en la experiencia del mantenimiento.

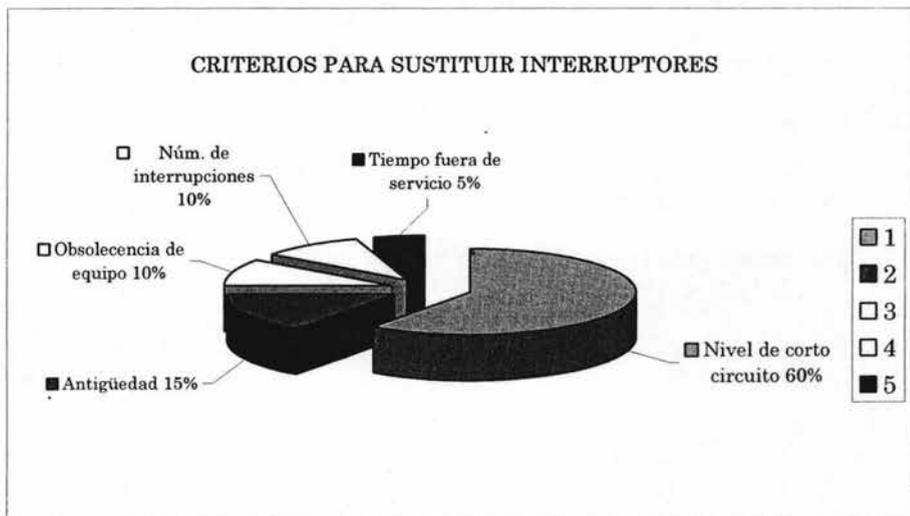


tabla 1



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- a) con 60 puntos
- b) con 15 puntos
- c) con 10 puntos
- d) con 10 puntos
- e) con 5 puntos

Rango en puntos	Código
0 - 60	1
60 - 80	2
80 - 100	3

tabla 2

Partiendo de la puntuación podemos establecer un cuadro de códigos tabla 2, donde daremos un código de 1 a un valor menor o igual a 60 puntos haciendo la observación que se debe realizar la sustitución del interruptor. Con una puntuación entre 60 y 80 puntos damos un código 2 con la necesidad de programar la sustitución. Con puntuación entre 80 y 100 será un código 3 donde se debe realizar la sustitución inmediata del interruptor.

Para ejercer el criterio de sustitución de Interruptores, tomaremos dos casos:

- 1.- Subestación CERRO GORDO
- 2.- Subestación VALLE DE MEXICO



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.3 S.E. CERRO GORDO

5.3.1 UBICACIÓN SUBESTACIÓN CERRO GORDO

La primera subestación CERRO GORDO con dirección Av. Industrias # 11 pueblo Cerro Gordo Ecatepec Estado de México, tiene enlace de 230 kV con VALLE DE MEXICO, ECATEPEC, y 85kV con LECHERIA, hacia NONOALCO pasando por ocho Subestaciones.

Cerro Gordo es muy importante ya que tiene cargas como; Xalostoc, Pennwalt, Aceros Corsa, Vidrio Plano, Auto Metales e Industrias San Cristóbal.

En el caso de la subestación Cerro Gordo, en Interruptores de 230 KV con capacidad de corte de corriente de corto circuito de 40kA, con un total de 19, 12 de los Interruptores tienen problemas;

- Están por rebasar su capacidad de corte de corriente de corto circuito 40kA.

- Han rebasado por un año la duración de servicio: 30 años

- 11 de ellos han tenido de 1 a 9 intervenciones, solo uno ha tenido 18 intervenciones el Interruptor TA-TB, lo que significa que a rebasado la cantidad de ciclos mecánicos de cortes (15) por valor $I = 39.00$ a 39.62 kA.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.3.2 NIVELES DE CORTO CIRCUITO EN CERRO GORDO 230 KV

FALLA	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
3Φ	KA	38.0	38.90	39.49	41.11	43.80	45.23	47.00	49.03	50.40	51.05
	MVA	10028	11762	12507	13124	14889	15377	16860	17991	18675	19986
1Φ	KA	38.1	39.0	39.62	41.00	43.02	44.42	46.9	49.00	47.61	50.8
	MVA	11650	12436	13232	14888	15194	16585	17290	18413	19643	20021

tabla 3 NIVELES DE CORTO CIRCUITO EN S.E. CRG

APLICACIÓN DEL CRITERIO PARA LA SUSTITUCIÓN DE INTERRUPTORES PARA LA SUBESTACIÓN CERRO GORDO EN 230KV						
SUBESTACION CERRO GORDO	CAPACIDAD I (Ka) 2003	AÑOS DE ANTIGUEDAD	NÚM. DE INTERVENCIONES 2002	OBSOLECENCIA DEL EQUIPO	TIEMPO FUERA DE SERVICIO	PUNTOS/ CRITERIO
CAP1 1	***	***	**	---	*	83/3
CAP1 12	***	***	*	---	*	80/3
CAP1 2	***	***	*	---	*	80/3
DIST 1	***	***	*	---	*	80/3
DIST 12	***	***	*	---	---	78/≈3
DIST 2	***	***	*	---	*	80/3
ECAT 1	***	***	*	---	*	80/3
ECSO 1	***	***	*	---	---	78/≈3
SOSA	***	***	*	---	---	78/≈3
T28A	***	***	**	---	*	80/3
T28B	***	***	*	---	---	78/≈3
TA-TB	***	***	***	---	*	80/3

tabla 4

Núm. de intervenciones

* = 3 puntos

** = 6 puntos

*** = 10 puntos

Tiempo fuera de servicio

* = 2 puntos

** = 3 puntos

*** = 5 puntos



5.3.3 ANÁLISIS DE LA S.E. CERRO GORDO

Se ha Analizado la subestación Cerro Gordo en 230 kV por que está a punto o ya a alcanzado su limite máximo en su capacidad interruptiva y por los demás puntos se encuentre en el criterio número 3 ver tabla (4).

Por lo tanto se debe proceder:

- a).- Analizar primero las características técnicas del interruptor en este caso todos los interruptores instalados en la Subestación Cerro Gordo son marca OERLINKON en 230 kV y Icc de 40kA.
- b).- Conocer las características que deben cumplir los interruptores de potencia de 23 a 400 kV, usados en el sistema de Luz y Fuerza del Centro.
- c).- Analizar los posibles interruptores recomendados.
- d).- Comparar el costo entre un interruptor de 230 kV a 40 kA y un interruptor de 230 kV a 63 kV, así como contemplar el costo total por la inversión de la adquisición, instalación y puesta en marcha del nuevo equipo.

Por lo anterior empezaremos por la descripción del equipo; interruptor de 230 kV a 40 kA marca OERLINKON posteriormente establecer las necesidades técnicas en base a la especificación LFC-ING-017 (Interruptores de potencia de 23 a 400 kV), establecida por Luz y Fuerza del centro, conocer los aspectos técnicos de los interruptores sugeridos y por último el análisis económico para el interruptor recomendado.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.3.4 DIAGRAMA UNIFILAR S.E. CERRO GORDO EN 230kV

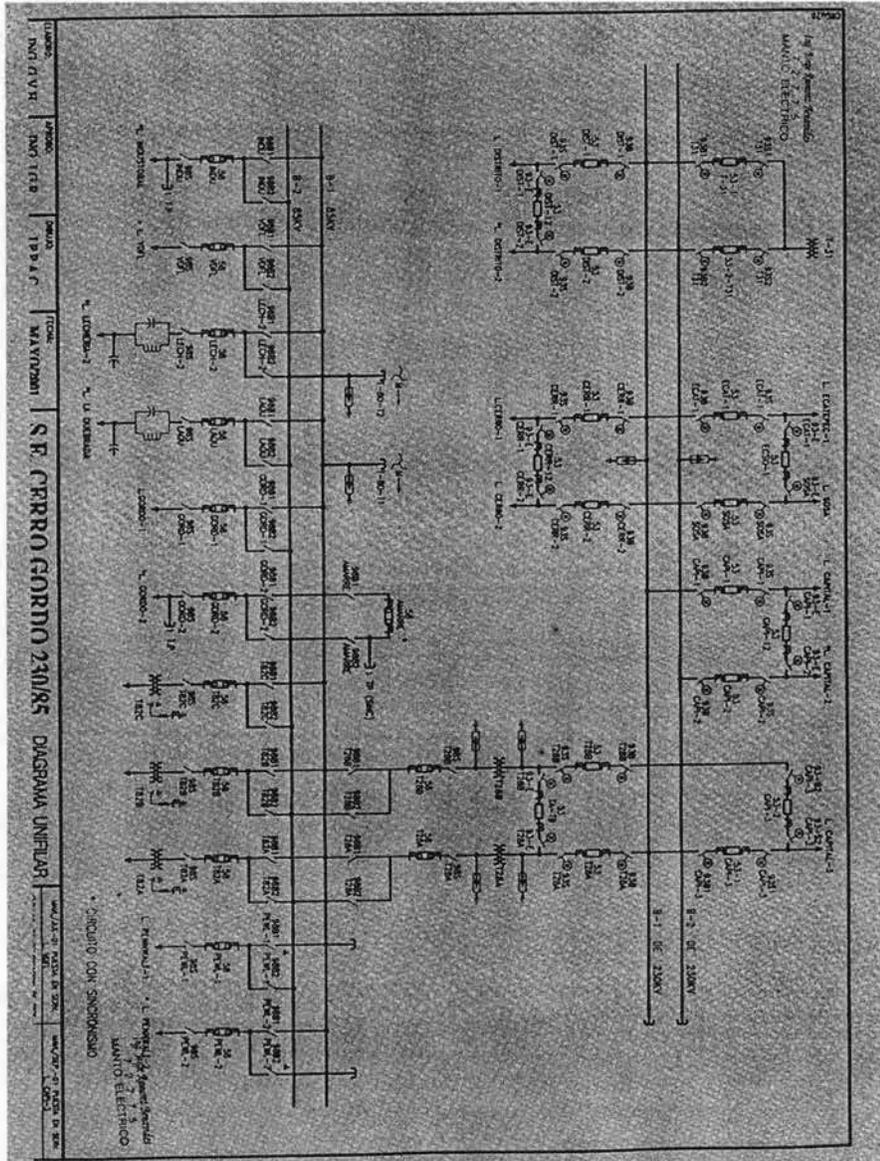


figura 7



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.3.5 VISTA GENERAL DEL DISYUNTOR OERLINKON

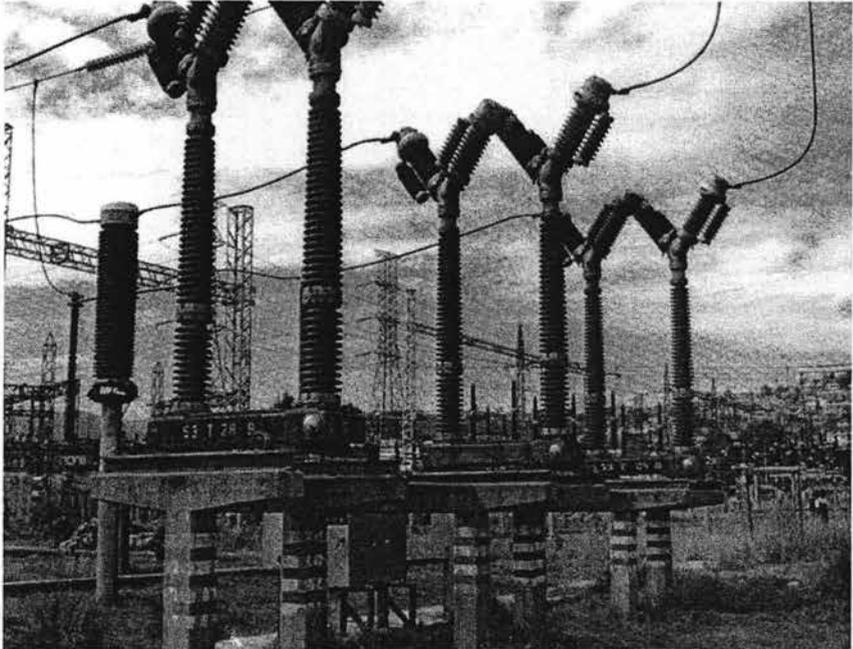


figura 8

5.3.6 CARACTERISTICAS GENERALES DEL DISYUNTOR OERLINKON EN 230kV

Tensión nominal	245 kV
Tensión al impulso	1000 kV
Frecuencia	50-60 Hz
Corriente nominal en servicio	2000 A
Corriente sostenida de corta duración	40 kA
Tiempo de corto circuito	2.5-3 seg.
Corriente de corte de corto circuito	40 kA
Resistencia de contacto	25 $\mu\Omega$
Presión del aceite	325 kg/cm
Cantidad de aceite/unidad de ruptura en V, con resistencias	421 ó 38kg



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.3.7 DESCRIPCIÓN DE LOS CONJUNTOS QUE FORMAN EL EQUIPO ver figura 9

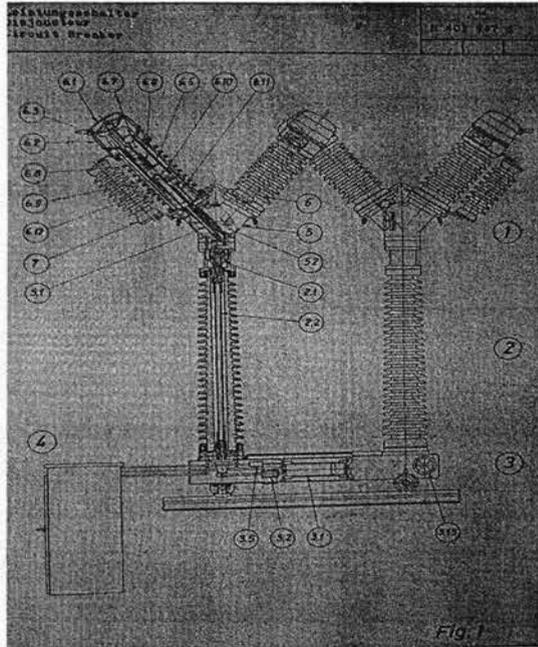


figura 9

- | | | | |
|------|--------------------------------------|------|---|
| 1 | Unidad de ruptura | 6 | Elemento de ruptura |
| 2 | Columna aislante | 6.1 | Tapa |
| 2.1 | Válvula principal | 6.2 | caperuza |
| 2.2 | Conducción de alta presión | 6.3 | Contacto superior |
| 3 | Carro del disyuntor | 6.5 | Cámara de ruptura |
| 3.1 | Acumulador de energía a alta tensión | 6.6 | Juego de discos de la cámara de ruptura |
| 3.2 | Cilindro piloto | 6.7 | Cámara de expulsión de los gases |
| 3.5 | Válvula amplificadora | 6.8 | Cámara de recorrido de los gases |
| 3.15 | Indicador de estado apertura/cierre | 6.9 | Varilla móvil de contacto |
| 4 | Armario de mando | 6.10 | Contacto inferior |
| 5 | Parte media | 6.11 | Bomba de inyección de aceite |
| 5.1 | Cilindro del elemento de ruptura | 6.12 | Aislador |
| 5.2 | Depósito de aceite | 7 | Condensador |



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.3.8 ARMARIO DE MANDO

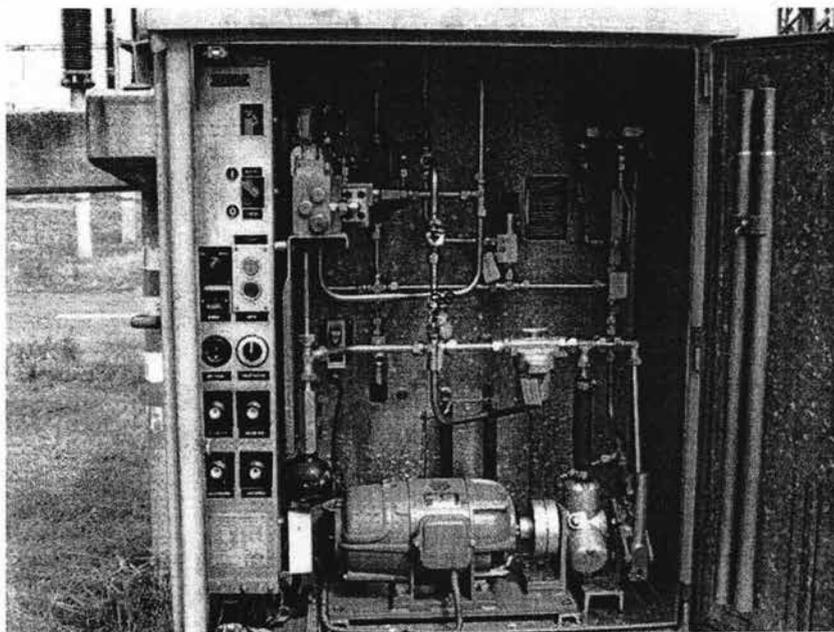


figura 10 a



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

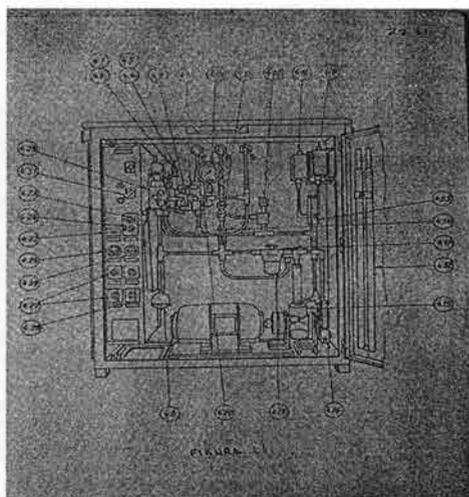


figura 10 b

- 4.1 Válvula de mando
- 4.2 Órgano de mando
- 4.3 Diafragma de auto retención
- 4.4 Válvula de cierre
- 4.5 Electro imán de cierre
- 4.6 Válvula de apertura
- 4.7 Electro imán de apertura
- 4.8 Acumulador de baja presión
- 4.9 Interruptor manóstato para la carga automática
- 4.10 Interruptor manóstato para el enclavamiento/baja de presión
- 4.11 Válvula de seguridad
- 4.12 Grifo para la puesta fuera presión
- 4.13 Grifo de cierre del circuito de retorno
- 4.14 Grifo para el llenado y vaciado
- 4.15 Bomba
- 4.16 Bomba manual
- 4.17 Filtro de aceite
- 4.18 Cilindro del interruptor auxiliar
- 4.19 Interruptor auxiliar
- 4.20 Diagrama de sincronización del interruptor auxiliar
- 4.21 Manómetro
- 4.22 Interruptor de motor de la bomba
- 4.23 Bloque de mando
- 4.24 Toma de corriente
- 4.25 Botón pulsador de cierre
- 4.26 Botón pulsador de apertura

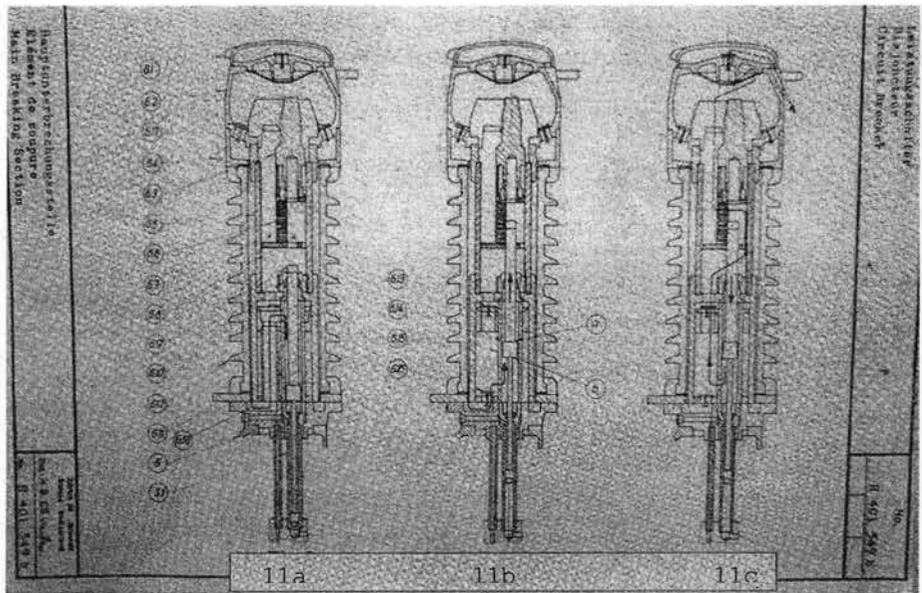


5.3.9 FUNCIONAMIENTO

5.3.9.1 ELEMENTO DE RUPTURA ver figuras (11a, 11b y 11c)

La figura (11a) representa el elemento de ruptura en posición "abierto" y las figuras (11b) y (11c) en posición intermedia, respectivamente en carrera de cierre y de apertura. La figura (11a) muestra que el cuerpo de la bomba (6.15) comunica por el lado "a" del pistón (6.14) con la cavidad (6.18) existente entre el aislador (6.12) y la cámara de ruptura (6.5). En la figura (11b) se ve que ahora es el lado "b" del pistón (6.14) que está en comunicación con la cavidad (6.18) a través de la válvula (6.16). Finalmente en la figura (11c) se ve que este mismo lado del cuerpo de la bomba comunica a través de la válvula (6.13) con la cámara de ruptura.

De acuerdo a esta disposición se consiguen las siguientes corrientes de circulación de aceite según la maniobra de acoplamiento.



figuras 11a, 11b, 11c



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Movimiento de cierre figuras (11a y 11b)

El aceite del lado "a" del pistón (6.14) discurre dentro de la cavidad (6.18), la cual por otra parte alimenta el cuerpo de bomba (6.15) del lado "b" del pistón (6.14) a través de la válvula (6.16), durante el movimiento de cierre, la válvula (6.13) impide que el aceite se escape de la cámara de ruptura (6.5) el volumen de aceite correspondiente a la masa de la varilla móvil de contacto (6.9) fluye a través de las entalladuras de los discos de la cámara en donde se produce el arco (6.8).

Movimiento de apertura figuras (11a y 11c)

Por el lado "a" del pistón (6.14) el cuerpo de la bomba (6.15) se llena de aceite proveniente de la cavidad anular (6.18) situada entre la cámara de ruptura (6.5) y el aislador (6.12). Empujando el aceite por el movimiento del pistón (6.14) en el sentido de apertura, hace que por el lado "b" abra la válvula (6.13) pasando así hacia la cámara de ruptura, penetrando en la misma a través de las aberturas inferiores del apilado de los discos, creando con ello una sobre presión dentro de la cámara en donde se produce el arco (6.8).

Las válvulas (6.17) sirven para equilibrar el nivel de aceite entre la caperuza (6.2) y la cavidad anular comprendida entre la cámara de ruptura (6.5) y el aislador (6.12).

Debido a esta alternancia del efecto de la bomba, en función del movimiento de apertura o cierre, se obtienen los siguientes resultados.

- Al realizarse el cierre, la sobre presión engendrada dentro de la cámara en donde se produce el arco (6.8) aumenta la rigidez dieléctrica, lo cual evita prácticamente un encendido prematuro.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.3.9.2 DISPOSITIVOS DE INSERCIÓN DE LAS RESISTENCIAS
figura (13), posición (8)

El dispositivo de inserción de resistencia, cuyo montaje es facultativo, está previsto para limitar a unos valores no peligrosos las sobre tensiones que pueden aparecer en casos especiales, al realizarse el corte de transformadores en vacío. Este elemento esta acoplado en paralelo con el elemento de ruptura. El proceso de ruptura se descompone en dos gradientes. Con la ruptura de corriente dentro del elemento de ruptura principal viene la resistencia intercalada en el circuito. El segundo gradiente corresponde a la apertura del circuito por la interrupción de la corriente residual (limitada por la resistencia) dentro del dispositivo de inserción de resistencia.

La válvula (8.2) conecta el cilindro (8.1) del dispositivo en cuestión, al circuito hidráulico, lo cual permite coordinar la carrera de las dos varillas de contacto acopladas en paralelo ver punto 3.3 figura (14). Tanto al cierre como a la apertura, la forma de mando de las varillas de contacto asegura la inserción previa de la resistencia dentro del circuito de corriente.

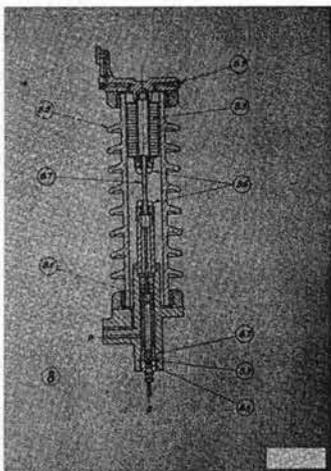


figura 13



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.9.3.3 ÓRGANO DE MANDO

A cada una de las unidades de ruptura la corresponde un acumulador de aceite a presión el cual suministra la energía necesaria para maniobrar las varillas móviles de contacto. Una tubería aislante y resistente a la presión, conduce el aceite a presión a los cilindros acoplados directamente a las varillas móviles de contacto, sin interposición de ninguna transmisión mecánica. Un cilindro situado dentro del zócalo (3) acciona por mediación de un varillaje mecánico las tuberías aislantes del polo, imprimiéndoles un movimiento de rotación con fin de sincronizar la maniobra de las válvulas principales situadas dentro de cada una de las partes medias.

Este sistema hidráulico presenta las siguientes ventajas:

- el pistón se mueve en el sentido del cierre o de la apertura; el fluido motor circula en la misma dirección dentro de las tuberías de ida y de retorno, con esta circulación del aceite del circuito hidráulico se obtiene un filtrado periódico.
- el sistema de alta presión y la tubería de retorno no están sometidas a fluctuaciones de presión externa.
- la utilización de la parte media como acumulador de aceite del circuito de baja presión ha permitido cerrar herméticamente el sistema hidráulico en relación al aire ambiente.
- en caso de que se pierda presión, disyuntor permanece en la posición en que se encuentra.
- la disposición de los acumuladores de energía en la base de cada una de las columnas aislantes y la repartición simétrica de las tuberías paralelas, asegura la simultaneidad de las carreras de los contactos móviles de cada uno de los elementos de ruptura.
- el excedente estático de las fuerzas de los órganos de accionamiento y la regulación de la velocidad final a través de un diafragma, hacen que la carrera de los contactos móviles estén prácticamente libres de la influencia de resistencias mecánicas y de la viscosidad del fluido del circuito hidráulico.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

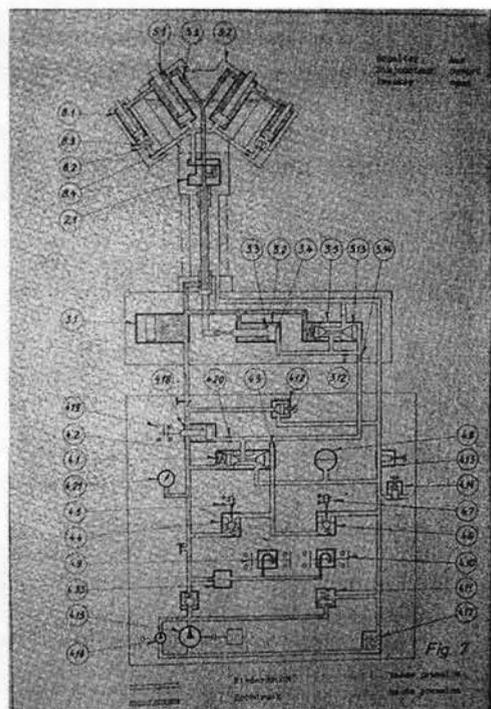


figura 14

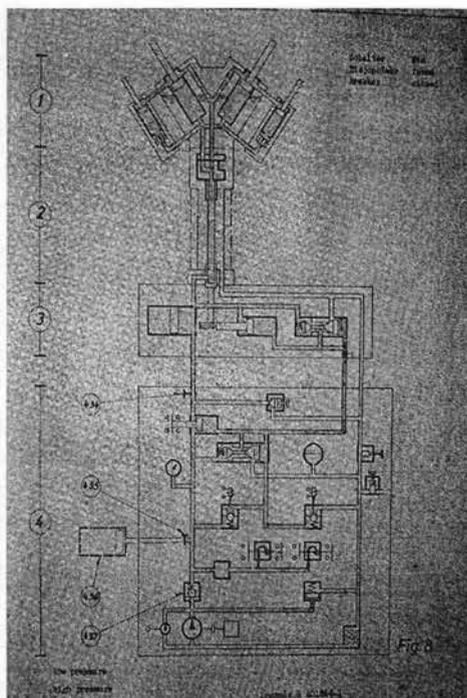


figura 15



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.4 CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN CUMPLIR LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA DE 23 A 400 KV, USADOS EN EL SISTEMA DE LUZ Y FUERZA DEL CENTRO.

Las características de los interruptores de potencia se basan en la especificación LCF-ING-017 (revisión en Julio del 2003). La especificación LFC-ING-017 será la base técnica para poder aprobar el interruptor sugerido, para nuestros ejemplos a estudiar: S.E. Cerro Gordo, S.E. Valle de México y en general, siempre y cuando estén a cargo (supervisión) de Luz y Fuerza del Centro.

5.4.1 CLASIFICACIÓN

- a) Tipo de instalación (Servicio intemperie)
- b) Tipo de medio de extinción
 - b-1) En gas hexafluoruro de azufre SF6
 - b-2) En vacío

5.4.2 CARACTERÍSTICAS PARTICULARES

5.4.2.1 Condiciones de Servicio

- a) Tipo de conexión a tierra del sistema

El tipo de conexión a tierra, dependerá de la tensión nominal del sistema y estará de acuerdo a la tabla (5)

Tabla núm. 1 Tipos de conexiones a tierra	
Tensión nominal del sistema kV	Conexión
23	Estrella- aterrizada A través de un reactor de .4-.6Ω
85	Delta
230	Estrella- aterrizada
400	Estrella- aterrizada

tabla 5

- b) Temperatura de operación

Los límites de la temperatura de operación deben estar entre -10 a 40° C.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

c) Altitud de operación

Los interruptores de potencia deben estar diseñados para operar a una altitud de 2300 a 2600 m.s.n.m.

d) Frecuencia de operación

Los interruptores de potencia debe operar a 60 Hz.

e) Velocidad del viento

Los interruptores de potencia, servicio intemperie, deben diseñarse para soportar el esfuerzo debido a una velocidad de viento de 33.34 m/s.

f) Sismos

Los interruptores de potencia deben diseñarse para soportar el esfuerzo por sismo debido a una aceleración horizontal y vertical de 0.4 veces la aceleración de la gravedad (g).

5.4.2.2 Características Constructivas

a) Números de polos

Todos los interruptores de potencia deben ser tripolares, con construcción de polos independientes.

b) Medio de extinción

Debe ser de acuerdo con lo indicado en la tabla (6)

Tensión Nominal de Sistema (kV)	Medio de Extinción
23	Vacío
85, 230 y 400	Gas hexafluoruro de azufre (SF ₆)

tabla 6

En el caso de la extinción del arco eléctrico con gas hexafluoruro de azufre, el gas debe ser a una sola presión.

Cada polo debe constituir un compartimiento de gas totalmente independiente de los correspondientes a los polos restantes.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

c) Tensiones nominales y valores de prueba dieléctricas

Los valores de tensiones nominales y pruebas dieléctricas se establecen en la tabla (7)

NOTAS:

Los valores de pruebas dieléctricas deben garantizarse a 1000 m.s.n.m.

Los interruptores de 23 kV pueden ser tipo intemperie o interior removibles.

Los interruptores de 85, 230 y 400 kV son tipo intemperie (tanque vivo).

VALORES DE PRUEBAS DIELECTRICAS EN kV								
TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	TENSION MAXIMA DE DISEÑO	TENSION DE AGUANTE DE CORTA DURACION A FREC. INDUSTRIAL (VALOR EFICAZ)	TENSION DE AGUANTE AL IMPULSO POR MANIOBRA (VALOR CRESTA)	TENSION DE AGUANTE AL IMPULSO POR MANIOBRA (VALOR CRESTA)			TENSION DE AGUANTE AL IMPULSO/RAYO (VALOR CRESTA)	
		ENTRE FASE TIERRA Y ENTRE FASES	ENTRE CONTACTOS ABIERTOS DEL INTERRUPTOR Y/O A TRAVES DE LA DISTANCIA DE AISLAMIENTO	ENTRE FASE Y TIERRA Y ENTRE CONTACTOS ABIERTOS	ENTRE FASES	A TRAVES DE LA DISTANCIA DE AISLAMIENTO	ENTRE FASE Y TIERRA Y ENTRE FASES	ENTRE CONTACTOS ABIERTOS DEL INTERRUPTOR Y/O A TRAVES DE LA DISTANCIA DE AISLAMIENTO
23	25.82	50	60	---	--	--	150	165
85	123/145	230	265	---	--	--	550	630
230	245	460	530	---	--	--	1050	1200
400	550	620	800	1175	1760	900 (+450)	1550	1550 (+315)

tabla 7

d) Corrientes nominales y corrientes interruptivas

- Corriente nominal

La corriente nominal del interruptor debe ser como mínimo la indicada en la tabla (8). Esta corriente está dada por el valor eficaz (r_{mc}) de la misma, que es capaz reconducir continuamente el interruptor sin sufrir deterioro a la frecuencia nominal y sin exceder los valores de elevación de temperatura de las diferentes partes del interruptor.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CORRIENTES NOMINALES E INTERRUPTIVAS							
TENSION NOMINAL DEL SISTEMA	CORRIENTE PERMANENTE (MÍNIMA)	CORRIENTE INTERRUPTIVA (MÍNIMA)	CORRIENTE DE AGUANTE DE CORTA DURACIÓN (3S) (MÍN)	CORRIENTE INTERRUPTIVA DE CARGA DE LINEAS EN VACÍO (MÍNIMA)	CORRIENTE INTERRUPTIVA DE CARGA DE CABLES EN VACÍO (MÍNIMA)	TIEMPOS DE INTERRUPTIÓN (BASE 60 Hz)	TIEMPOS DE INTERRUPTIÓN (MAXIMA)
kV	A	kA	kA	A	A	C. P. S.	Ms
23	1250 2000	25	25	10	31.5	5	83
85	1600	40	40	31.5	140	3	50
230	2000	40	40	125	250	3	50
		50	50				
400	2000	63	63	500	500	3	50
		31.5	31.5				
		40	40				

tabla 8

- Corriente interruptiva de corto circuito

Los interruptores deben cumplir con la corriente interruptiva de corto circuito dada por el valor eficaz (rmc) de su componente de c.a., asociada con una componente de c.d. como se indica en la tabla (8).

- Corriente de aguante de corta duración

La corriente de aguante de corta duración, se indica en la tabla (8).

- Corriente interruptiva de carga de línea en vacío

El interruptor debe ser capaz de interrumpir una corriente de carga de líneas, del valor indicado en la tabla (8).

- Corriente de cierre en corto circuito

Todos los interruptores deben de poder cerrar sin sufrir daños ni deformaciones permanentes, una corriente (valor cresta) de corto circuito de 2.6 el valor (rmc) de la corriente interruptiva de corta duración, correspondiente a la tensión nominal y frecuencia nominal de 60 Hz.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- Corriente interruptiva y de cierre en oposición de fases
Todos los interruptores deben ser capaces de soportar sin sufrir daños ni deformaciones permanentes, una corriente interruptiva en oposición de fases del 25% del valor (rmc) de la corriente interruptiva de corto circuito y una corriente de cierre en oposición de fases del valor cresta de la corriente interruptiva en oposición de fases, correspondiente a la tensión nominal del interruptor.

- Condiciones de falla de línea corta
Todos los interruptores deben cumplir con las características nominales de corriente interruptiva en línea corta.

- Todos los interruptores deben ser capaces de soportar e interrumpir, sin sufrir daños ni deformaciones permanentes, una corriente interruptiva mínima capacitiva por la conexión y desconexión de bancos de capacitares bajo condiciones de uso.

e) Tensiones transitorias de restablecimiento (TRV) por falla en terminales línea corta y oposición de fases relativas a la corriente interruptiva de corto circuito.

Las tensiones transitorias de restablecimiento relacionadas con los valores nominales de la corriente de corto circuito, indicadas en la tabla (8).

f) tiempo de interrupción

Es el tiempo transcurrido desde la energización del circuito de disparo, hasta la extinción completa del arco en todos los polos, debe ser como máximo a la frecuencia de 60 Hz, los valores indicados en la tabla (8).

g) Tiempo de cierre

El tiempo transcurrido desde la energización del circuito de cierre, hasta el instante en que se toquen los contactos principales de todos los polos, debe ser como máximo 10 ciclos (160 ms) en base a la frecuencia de 60 Hz.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- h) Distancia de aislamiento de los interruptores
Distancia de fase a tierra, distancia entre fases y
distancia de fuga, ver tabla (9).

Distancia de aislamiento			
Tensión nominal del Sistema. kV	Distancia mínima de fase a tierra (mm)	Distancia entre fases (mm)	Distancia o línea De fuga mínima (mm)
23	325	375	660
85	1200	1700	2706
230	2200	3500	5390
400	3600	6000	9240

tabla 9

Las columnas de aisladores deben ser de porcelana con diseño propio para un nivel de contaminación de acuerdo con lo establecido en la Norma IEC-815.

La distancia mínima de fuga, debe estar referida a la tensión máxima de diseño del interruptor (fase a fase) expresada en mm/kV. (la distancia de fuga de la cámara y de los capacitares de distribución de tensión, en caso de usarse deberán ser igual o mayor a la especificada por la distancia de fuga de fase a tierra).

- i) Ciclo de operación

El interruptor debe ser capaz de ejecutar a tensión nominal y frecuencia nominal, el siguiente ciclo de operaciones mostradas en la tabla (10), establecidos en la norma IEC-62271-100.

Ciclos de operación	
Tensión nominal del sistema kV	Ciclos de operación
23	A-0.3 s-CA-15 s-CA-15 s-CA
85	A-0.3 s-CA-3 min-CA
230	A-0.3 s-CA-3 min-CA
400	A-0.3 s-CA-3 min-CA

tabla 10



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Donde:

A= Representa la operación de apertura

CA= Representa la operación de cierre seguida inmediatamente de una operación de apertura sin tiempo de retraso adicional al "propio" de la operación del interruptor.

Cuando no se cuenta con una alimentación eléctrica externa, el interruptor debe contar con la energía almacenada necesaria para cumplir con la secuencia de operación antes citada, a excepción de los mecanismos de resorte, que deben contar con un maneral externo con el cual se debe cargar manualmente el resorte, en un tiempo máximo de tres minutos.

- Simultaneidad en la operación de los polos

Los interruptores deben garantizar las siguientes diferencias como máximo, en simultaneidad de tiempos de operación entre el primero y el último polo de interruptor:

En operación de cierre:	En operación de apertura:
1/4 de ciclo (4.16 ms)	1/6 de ciclo (2.77 ms)

- Simultaneidad entre contactos del mismo polo

En los interruptores que cuentan con más de una cámara por polo, se debe garantizar que las diferencias de tiempo entre el primero y el último contacto del mismo polo, sea la siguiente:

En operaciones de cierre o apertura
1/8 de ciclo (2.08 ms)
De acuerdo a la norma IEC-62271-100

j) Tensiones de control y del equipo auxiliar del interruptor

Las tensiones de control y del equipo auxiliar del interruptor, así como sus rangos de tensión a los que el interruptor debe ser capaz de operar satisfactoriamente, se indican a continuación:

- El rango de tensión C.D. de control para relevadores, bobinas de disparo y cierre, señalización, alarmas y otros, se indica en la tabla (11).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Rango de operación de la tensión C.D.		
Tensión nominal V C.D.	Rango de la tensión de control (mínimo y máximo en % de la tensión nominal)	
	CIERRE	DISPARO
125	85- 110%	85- 110%

tabla 11

- El rango de tensión C.A. de equipos auxiliares, resistencias, calefactores, motores de accionamiento, contactores y otros, se indica en la tabla (12).

Rango de operaciones de la tensión C.A.	
Tensión nominal C.A. a 60 Hz	Rango de la tensión de operación (mínimo y máximo en % de la tensión nominal)
220 Trifásico	85- 110%
127 Monofásico	85- 110%

tabla 12

Los motores del mecanismo de operación de los interruptores de 85, 230 y 400 kV deben ser alimentación trifásica 220 VCA o monofásica 127 VCA para cada polo, respetando el balanceo de las tres fases, los interruptores de 23 kV podrán contar con un motor monofásico para el accionamiento tripolar.

Todos los interruptores deberán tener sus resistencias calefactores dentro de los dos límites de temperatura adecuados, diseñadas de tal manera que el arreglo de las mismas, mantengan balanceadas las tres fases de alimentación C.A.

k) Cámaras de interrupción

El medio de extinción del arco eléctrico de las cámaras de interrupción debe coincidir de acuerdo al nivel de tensión, con lo indicado en el punto 5.4.2.1 inciso b), para el caso de SF₆, éste debe ser a una sola presión y cumplir con los requisitos siguientes:



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- La presión máxima del gas SF₆ a 20°C, no debe exceder los 0.8 MPa.
- Las distancias internas de aislamiento deben ser tales que, en caso de pérdida de presión, hasta un valor igual a la presión atmosférica, el interruptor soporte en forma continua su tensión nominal entre terminales y a tierra.
- El interruptor debe contar con los dispositivos de alarma necesarios para la supervisión y control de las condiciones del gas en cada polo, en dos niveles, "ALERTA" Y "EMERGENCIA".

l) Contactos principales y partes conductoras

Todas las partes conductoras de corriente del interruptor deben ser capaces de conducir la corriente nominal en forma continua, a tensión y frecuencia nominales, sin sufrir daños y sin excederlos límites de temperatura indicadas en la norma ICE-60694.

Los contactos principales, cámaras de arqueo, resortes y otros deben ser intercambiables y poder ajustarse en campo, en caso de falla o para efectuar mantenimiento.

Todos los contactos y partes conductoras alojados dentro de las cámaras de interrupción, deben ser accesibles para su inspección.

Se debe proporcionar las tolerancias para el ajuste de los elementos de las cámaras. Todas las cámaras de interrupción, así como las columnas o los elementos de aislador soporte, deben ser intercambiables.

m) Columnas de aisladores de porcelana

Toda la porcelana usada debe ser homogénea y libre de cavidades o burbujas de aire. El acabado debe ser de color uniforme libre de aristas, manchas u otros defectos. Deben tener una resistencia a la perforación, mayor que su tensión de flameo en seco. El aislamiento externo debe ser capaz de soportar las condiciones de contaminación.

n) Bridas y empaques

Todas las uniones metálicas de las columnas de porcelana y cámara de interrupción, deben tener bridas atornilladas, con un maquinado que evite fugas y daño a los empaques alojados en cajas maquinadas y éstos a prueba de la acción del gas SF₆, para los interruptores de 85 a 400 kV, se debe garantizar un porcentaje de gas menor o igual al 1% anual.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

o) Capacitores para mejorar la distribución de potencial

De acuerdo con el diseño de los interruptores y solamente cuando se tengan dos cámaras de interrupción por polo, las cámaras deben contar con capacitores conectados en paralelo para mejorar la distribución de potencial en las mismas, para interruptores con una sola cámara de interrupción por polo, esta debe ser diseñada para operar sin capacitor de distribución de potencial. Se deberá indicar los valores de reactancia y capacitancia de los elementos capacitores utilizados.

Para los interruptores de 230 kV, 63kA, si su diseño es de una sola cámara podrán tener capacitores especiales en paralelo con la misma, para cumplir con las características de línea corta y TRV establecidos en la norma IEC 62271-100.

p) Mecanismos de operación

El debe contar con un mecanismo de operación de energía almacenada, con control remoto local eléctrico y manual.

El control manual debe permitir el disparo de emergencia sin alimentación de energía externa.

Los mecanismos de operación deben ser intercambiables entre polos del mismo interruptor y entre interruptores del mismo tipo y características.

El número de mecanismos de operación depende de la tensión nominal del interruptor y será de acuerdo a lo indicado en la tabla (13).

Mecanismos de operación	
Tensión nominal	Número de mecanismos
23 kV	Uno para los tres polos .
85 kV	Uno para los tres polos o uno por cada polo
230 kV	Uno por cada polo
400 kV	Uno por cada polo

tabla 13

En el caso donde se suministra un mecanismo de operación por cada polo, también se deben suministrar un acumulador hidráulico o un juego de resortes.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- Tipos de energía almacenada

La energía almacenada para la operación del mecanismo debe ser de cualquiera de los tipos siguientes, con sus respectivos accesorios:

* Hidráulica

- Acumulador de energía
- Grupo moto-bomba con mando manual de emergencia.
- Válvula para llenado, drenaje y muestreo del aceite del mecanismo.
- Válvulas de alivio.
- Accesorios de conexión para acoplarse al sistema hidráulico.

* Mecánica

- indicador de carga del resorte.
- Mecanismo de carga manual del resorte.
- Manivela de carga manual con bloqueos eléctricos y mecánicos.
- Relevador de tiempo que evite la alarma en el lapso de carga del resorte

* Combinación hidráulica y mecánica

la carga de la energía almacenada, debe ser por medio de un motor eléctrico que accione la bomba o cargue el resorte.

El motor del mecanismo de operación debe contar con un placa de datos.

- Discrepancia o Asincronismo de polos

Los interruptores con mecanismos de operación monopolar deben contar con un dispositivo de detección y señalización para cuando existe diferencia en la posición de los contactos de los tres polos, en la posición de cerrado.

q) Condiciones de cierre, apertura y/o disparo

Para el control eléctrico de interrupción, se debe suministrar bobinas de cierre y apertura y/o disparo con la disposición que se muestra en los diagramas LyFC-INT-001-1 y -2.

- Disparo

El mecanismo del interruptor debe ser de disparo libre eléctrico-mecánico y a prueba de antibombeo.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- Bobinas de apertura y/o disparo

Las bobinas de apertura y/o disparo son dos, primaria y respaldo, deben ser de operación directa e independiente dentro del rango de la tensión de operación y únicamente se intercalan contactos auxiliares.

- Bobina de cierre

Se requiere una bobina de cierre con sus bloqueos respectivos, cuya operación debe estar dentro del rango de la tensión de operación.

r) Bastidores y estructuras soporte

Para los interruptores de 230 y 400 kV, se debe suministrar una estructura soporte por polo, en caso de interruptores de tensiones menores, puede ser un bastidor soporte por polo o uno común para los tres polos, en ambos casos su diseño debe cumplir con las distancias mínimas entre fases y fase a tierra, indicadas en la tabla No. 5.

El diseño debe ser tal que pueda soportar el peso del interruptor, esfuerzos producidos por las operaciones del interruptor, así como los efectos producidos por sismos, velocidad del viento y otros. El bastidor soporte debe ser de acero galvanizado por doble inmersión. Las estructuras soporte debe ser intercambiables entre polos del mismo interruptor y entre interruptores del mismo tipo.

s) Cimentación del interruptor

LFC diseñara la cimentación.

t) Gabinete de control

El gabinete de control debe ser de lámina de aleación de aluminio, acero inoxidable o acero galvanizado, estos gabinetes deben cumplir con:

- Puerta embisagrada, en esta se debe colocar la placa de datos.

* Nombre del fabricante y fecha de fabricación

* Número de serie

* Número de contrato, requisición, lote o partida

* Tipo y modelo

* Tensión nominal del sistema

* Tensión máxima de diseño

* Tensión de aguante al impulso de rayo

* Tensión de aguante al impulso por maniobra

* Tensión de aguante a frecuencia industrial

* Altura de operación sobre el nivel del mar



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- * Frecuencia nominal
- * Corriente nominal
- * Capacidad de corriente interruptiva de corto circuito
- * Secuencia nominal de operación
- * Tiempo máximo de interrupción en base a 60 Hz
- * Corriente de aguante de corta duración de 3 s
- * Tensión de control de los dispositivos de cierre y apertura
- * Tensión de circuitos auxiliares
- * Peso por polo del interruptor en kg
- * Carga del gas SF₆, en kg.
- * Presiones nominales del gas SF₆, para operación, alarmas y bloqueos.

- Resistencia calefactora y control con termostato.

La tensión de alimentación se indica en el punto 5.4.2.1 inciso j), esta resistencia debe estar protegida con una rejilla metálica e interruptor termomagnético y su placa de datos debe contener:

- * Tensión nominal
- * Potencia
- Un selector de tres posiciones, para operación local, remota y fuera.
- Elementos necesarios para el control eléctrico local, con dispositivos de seguridad que evite la operación involuntaria así como los elementos mecánicos de control manual-local, que permita al disparo de emergencia del interruptor sin alimentación externa del control.
- Relevadores para la operación de antibombeo, asincronismo de polos en los casos de 230 y 400 kV, accesorios de control, relevadores de bajo voltaje para supervisar la alimentación en V.C.D. al circuito de control del interruptor, así como relevadores para supervisar la alimentación de V.C.A. del circuito de fuerza y de equipo auxiliar.
- Medios de interrupción y desconexión.
- Combinación de interruptor termomagnético y arrancador directo a la línea, para alimentación y protección de cada motor del mecanismo de operación.
- Tablillas terminales de control y de los circuitos de fuerza auxiliares, deben tener un aislamiento de 600V, 30A, mínimo y una capacidad de corriente de acuerdo al uso definido.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- * Las tablillas de control deben ser independientes de las tablillas de los circuitos auxiliares de fuerza.
- * Todas las tablillas de control y de circuitos auxiliares deben estar debidamente identificadas.
- * Se deben suministrar un 10% de terminales adicionales de reserva.
- * Las tablillas deben ser de tipo de sujeción de la zapata terminal del cable, por medio de tornillos.
- Alumbrado de control y de circuitos auxiliares debe reunir los siguientes requisitos:
 - * El alumbrado interno debe llegar a un mismo lado de la tablilla terminal.
 - * El alumbrado debe ser tal, que los aparatos e instrumentos puedan ser removidos sin causar problemas en el mismo.
 - * La ruta del cableado debe ser ordenada y no obstaculizar la apertura de puertas, cubiertas, revisión del equipo y al alambrado en el campo.
 - * El proveedor debe realizar en fábrica todo el alambrado interno.
 - Los cables conductores y accesorios que se utilicen en el alambrado, deben cumplir con:
 - * Cable flexible para 600V y 75°C.
 - * Los cables que pasen a puerta embisagrada, deben ser del tipo extra flexible.
 - * El cable usado no debe ser menor a 2.08 mm² de área de sección transversal.
 - * No se debe efectuarse ningún empalme.
 - * Cada cable debe ser identificado con un número en los extremos, por medio de un manguito de plástico.

u) Terminales

Las terminales de los conductores deben ser con zapatas tipo ojo (anillo) o tipo punta (espada), en el alambrado interno debe hacerse como máximo, dos conexiones en cada terminal.

v) Alarmas y bloqueos que permitan:

- En caso de alarmas, detectar condiciones anormales en cámaras o mecanismos antes de que se presenten situaciones peligrosas.
- En caso de bloqueos, estos deben impedir la operación del interruptor por presentarse condiciones de riesgo al quedarse fuera los límites de seguridad.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- Para la señalización de alarmas de alertas y emergencia debe cumplir con la especificación LFC-INT-001-1.

w) Accesorios

- Indicador visual de la posición de cierre (en color rojo y letra "I") y apertura (en color verde y letra "O").
- Contador de ciclos de operaciones.
- Conmutador de contactos auxiliares.
- Manómetro indicador de la presión del SF6.
- Válvulas de gas SF6.
- Anillos equipotenciales, si el diseño de los interruptores lo requiere.
- Resistencia de preinserción

Una resistencia de preinserción por cada cámara operada directamente por el mecanismo de operación del interruptor.

Los requisitos de esta resistencia de preinserción en caso de solicitarse son:

- * Rango de la resistencia en ohms
- * Número de pasos de la resistencia
- * Tiempo mínimo de preinserción
- * Capacidad térmica en °C.

x) Placas de conexión en alta tensión

Los interruptores de 230 y 400 kV deben tener dos placas de conexión en alta tensión por polo con ocho barrenos de 14.3 mm de diámetro para conectarse con dos terminales zapata de compresión de 4 barrenos.

y) Conectores terminal zapata de compresión

Los interruptores de 230 y 400 kV deben contar con doce conectores terminal zapata de compresión de aluminio para recibir cable ACSR de 1113 kCM/interruptor.

z) Conector a tierra del interruptor

Tres o dos conectores de cobre de acuerdo al número de estructuras soporte para recibir cable calibre 107.2 mm.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.4.3 PRUEBAS

5.4.3.1 Pruebas prototipo

Estas pruebas tienen como objetivo la comprobación de las características de diseño del interruptor.

Se debe realizar las pruebas prototipo que se enumeran a continuación, de acuerdo a la norma IEC-62271-100.

- a) Verificar las características de operación mecánica a temperatura ambiente.
- b) Medición de la resistencia del circuito principal
- c) Elevación de temperatura
- d) Voltajes de radio interferencia
- e) Dieléctricas:
 - Tensión de aguante al impulso por rayo.
 - Tensión de aguante de corta duración a frecuencia industrial.
- f) Estanqueidad (hermeticidad)
- g) Corriente interruptiva y cierre de corto circuito
- h) Pruebas de falla en línea corta
- i) Corriente de aguante y corriente pico de corta duración
- j) Corriente interruptiva y cierre en oposición de fases
- k) Interrupción por corrientes capacitivas
 - Corriente interruptiva de carga de líneas en vacío
 - Corriente interruptiva de carga de cables en vacío
- l) Interrupción por pequeñas corrientes inductivas

5.4.3.2 Pruebas de rutina

Se deben realizar al 100%

- a) Tensión de aguante a frecuencia industrial (60 Hz) al circuito principal
- b) Descargas parciales
- c) Tensión de aguante de corta duración a frecuencia industrial (60 Hz) a circuitos auxiliares y de control
- d) Medición de la resistencia en el circuito principal
- e) Estanqueidad (hermeticidad)
- f) Operación mecánica, durante estas pruebas de operación mecánica no se deben hacer ajustes ni presentar fallas en la operación.
- g) Verificación de los tiempos de apertura, cierre y simultaneidad de polos, se debe medir los tiempos de apertura y cierre, por medio de oscilogramas. Los tiempos de cierre no deben exceder 10 ciclos, en base a frecuencia de 60 Hz.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.4.4 EMPAQUE Y EMBARQUE

Todos los interruptores deben ser empacados en forma individual como una unidad de embarque, se realizará en caja de madera, totalmente cerrada con las dimensiones adecuadas para contener un interruptor completo con todas las piezas y elementos que lo integran, es decir tiene que incluir, cámaras interruptivas, aisladores soporte, barras de accionamiento, terminales de alta tensión, mecanismos, tableros de control, tortillería, etc.

El embalaje debe de estar provisto de los refuerzos necesarios, para garantizar su integridad bajo las condiciones en que se vera sometido durante el transporte, así como un almacenamiento a la intemperie y con posibilidad de estibarse hasta en dos niveles.

Los gabinetes de control, deberán tener protección contra lluvia utilizando bolsas selladas.

Las cámaras de interrupción y aisladores soporte, por ser de porcelana, adicionalmente a la condición de que estén montadas en la estructura o se suministren en cajas de madera deberán protegerse con un material amortiguador de golpes con hule espuma u otro.

En embarque que contenga un interruptor ensamblado completamente, con todas las piezas y elementos necesarios para ser instalados en campo, que utilice gas SF₆ como medio de extinción y/o aislamiento, las cámaras del interruptor deben embarcarse con presión positiva de este gas a un valor aproximados de 0.5 bar para evitar la entrada de humedad.

5.4.5 EQUIPOS Y ACCESORIOS

- a) herramienta especial (por lote de interruptor), si se requiere alguna que sea de fabricación especial para el montaje o mantenimiento del interruptor.
- b) Carga de gas SF₆ para el primer llenado.
- c) Accesorios para llenado del gas como válvulas, manómetros, adaptadores, mangueras, etc.
- d) Dispositivo móvil para reabastecimiento y evacuación del gas SF₆, preparado para el transporte de botellas con parte de conexión, bomba de vacío y botella de 40 kg de SF₆



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- e) Bomba manual para llenado de aceite en caso de interruptores con mecanismo hidráulico.
- f) Juego completo de calibradores (dispositivos auxiliares para el ajuste), por cada tipo diferente de interruptor.
- g) Detector de fuga de gas SF₆ (para interruptores de 85 a 400 kV).
- h) Una manivela por cada interruptor de 85, 230 y 400 kV, para el accionamiento manual.

5.4.6 INFORMACIÓN TÉCNICA ADICIONAL

- a) Planos genéricos
- b) Catálogos técnicos
- c) Copia de los reportes completos de las pruebas prototipo.

5.5 COMPARACIÓN ENTRE INTERRUPTORES EXISTENTES Y LOS SUGERIDOS

Los interruptores recomendados deben cumplir con características técnicas según especificación LFC-ING-017 (CUESTIONARIO ANEXO 1) ver tabla 14, de esta manera se comparan técnicamente los interruptores de baja capacidad interruptiva con los interruptores de alta capacidad interruptiva.

Para hacer la comparación económica se ha investigado el COSTO TOTAL o sea el costo global que genera la adquisición (según especificación LFC-ING-017), instalación (puesta en marcha), operación (inspección) y mantenimiento ver tablas (15) y (16).

5.5.1 COMPARACIÓN TÉCNICA DE INTERRUPTORES DE 230 KV A (40 Y 63 KA), ASÍ
 COMO SU COSTO POR ADQUISICIÓN SEGÚN ESPECIFICACIÓN LFC-ING-017

Referencia	Descripción	Interruptor de Potencia			
		Baja capacidad	Icc	Alta capacidad	Icc
		Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
5.4.2	CARACTERÍSTICAS PARTICULARES				
5.4.2.1	Temperatura de operación	-15°/+40°	°C	-30°/+40°	°C
5.4.2.1	Altitud de operación	2300	m.s.n.m	2300	m.s.n.m
5.4.2.1	Frecuencia de operación	50/60	Hz	50/60	Hz
5.4.2.1	Velocidad de viento	34	m/s	35	m/s
5.4.2.1	Aceleración máxima por sismo	0.3/0.4	G	0.3/0.5	G
5.4.2.1	Números de polos	3		3	
5.4.2.1	Medio de extinción SF6, indicar si el gas es a una sola presión	0.85	MPa Absoluto	0.86	MPa Absoluto
5.4.2.2	Tensión máximo de diseño del interruptor	245	kV	245	kV
	Tensión de aguante de corta duración	460/530	kV	460/530	kV
	-Entre fase y tierra/entre fases				
	-Entre contactos abiertos				
	Tensión de aguante al impulso por rayo	1050/1200	kV	1050/1200	kV
	-Entre fase y tierra/entre fases				
	-contactos abiertos				
5.4.2.2	Corriente nominal	2000	A	4000	A
5.4.2.2	Corriente interruptiva de corto circuito a tensión nominal	40	kA	63	kA
5.4.2.2	Corriente de aguante de corta duración (3s) valor eficaz	40	kA	63	kA
5.4.2.2	Corriente interruptiva de carga de líneas en Vacío	125	kA	125	kA
5.4.2.2	Corriente interruptiva de carga de cable en Vacío	250	kA	250	kA
5.4.2.2	Corriente de cierre en corto circuito	100	kA	100	kA
5.4.2.2	Corriente interruptiva en oposición de fases	10	kA	10	kA
5.4.2.2	¿Cumple con lo establecido en la norma IEC-62271-100, para la tensión transitoria de restablecimiento (TVR) por falla en terminal de línea cierta y oposición de fases relativas a la corriente de corto circuito?	SI		SI	

		1/3	S	1/3	S
5.4.2.2	Tiempo de interrupción				s
5.4.2.2	Tiempo de cierre	3	Ciclos	2	Ciclos
5.4.2.2	Distancias de aislamientos de los -Distancia mínima de fase a tierra -Distancia entre fases -Distancia mínima de fuga	2005 3000 6140	mm mm mm	2005 3000 6140	mm mm mm
5.4.2.2	Nivel de contaminación de las columnas de aisladores	40	Kg/m ³	40	Kg/m ³
5.4.2.2	Ciclo de operación	A-0.3s-CA-3min-CA		OCO-15s-CO	
5.4.2.2	Simultaneidad en la operación de polos -En operación de apertura -En operación de cierre	8	s	8	s
5.4.2.2	Tensión de control y del equipo auxiliar del Interruptor -Tensión C.D. de control (Relevadores, alarma bobinas, señalización) -Tensión C.A. de equipos auxiliares (motores contactores, resistencias calefactores)	125 220	VCD VCA	125 220	VDC VCA
5.4.2.2	Cámaras de interrupción -Material del aislador de cámara -Para SF6, indicar presión máxima a 20°C ¿Las cámaras de interrupción son intercambiables? -¿En caso de pérdida de presión las distancias internas de aislamiento son adecuadas para soportar en forma continua la tensión nominal entre fase y tierra?	Porcelana 0.85 SI SI	MPa	Porcelana 0.85 SI SI	MPa
5.4.2.2	Contactos principales y partes conductoras -¿Los contactos y partes conductoras alojadas en la cámara de extinción son accesible para inspección y mantenimiento? -¿Los contactos principales, cámaras de arqueo, resortes, etc. son intercambiables?	SI SI		SI SI	

5.4.2.2	<p>Bastidores y estructuras soporte</p> <ul style="list-style-type: none"> -Uno por polo -¿La estructura aguanta esfuerzos por agentes externos (viento, sismos)? 	SI	SI	SI
5.4.2.2	<p>Gabinete de control</p> <ul style="list-style-type: none"> ¿Los gabinetes de control son para servicio intemperie tipo IP-54? -¿cuentan con resistencias calefactores protegidas con rejillas metálicas, termostato termomagnético? -¿Cuentan con un selector de operación local, remoto y fuera? -¿Proporcionan dispositivos de seguridad que evita la operación involuntaria de elementos de control? -¿Proporciona relevadores de antibombeo? -¿proporciona relevadores de asincronismo de fases? -¿Proporciona relevadores de tiempo para la carga del resorte? -¿Proporciona relevadores de pérdida de tensión de C.D. y C.A.? -¿Proporciona termomagnético y arrancador en el circuito del motor? -¿Proporciona elementos mecánicos de control local que permite el disparo de emergencia del interruptor sin alimentación en C.D.? -¿Contiene tabllillas de control y circuitos auxiliares con aislamiento mínimo de 600 V? -¿Suministro de 10% de terminales adicionales de reserva por polo para uso de LFC? -¿Las tabllillas sujetan la zapata terminal con tornillo? 	SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI	SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI	SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI SI

5.4.2.2	Columna de aisladores de porcelana -¿Tiene resistencia a la perforación mayor que su tensión de flameo en seco y es capaz de soportar las condiciones de contaminación?	SI		SI	
5.4.2.2	Bridas Y empaques -¿las bridas atornillables forman cajas maquinadas que alojan los empaques? -¿Los empaques son a prueba de SF6?	SI SI		SI SI	
5.4.2.2	Capacitores para mejorar la distribución de Potencial -¿Los interruptores con dos o más cámaras por polo cuentan con capacitores de distribución de potencial? -¿Para los interruptores de 63 KA, si son de un sola cámara, cuentan con capacitor? Indicar el valor de la reactancia Y Capacitancia	NA NA		SI SI	
5.4.2.2	Mecanismos de operación -Tipo de energía almacenada de mecanismo	resorte	Mecánica	resorte	Mecánica
5.4.2.2	Discrepancia o asincronismo de polos -¿los interruptores con mecanismos de operación monopolar cuentan con detección y señalización para cuando existe diferencia en la posición de los contactos de los tres polos? -¿El mecanismo de disparo del interruptor es libre, eléctrico, mecánico y a prueba de antibombeo? ¿Cuentan con contactos auxiliares que impiden el cierre del interruptor antes de completar una operación de apertura? ¿Cuenta con dos bobinas de disparo "protección primaria y respaldo"?	NA SI SI SI		NA SI SI SI	

5.4.2.2	Alambrado de control y circuitos auxiliares -¿El arreglo de alambrado permite remover aparatos e instrumentos sin problemas? -¿Los circuitos de control y equipos auxiliares cumplen con la prueba de aguante de voltaje aplicado?	SI SI	SI SI	SI SI	
5.4.2.2	Resistencia -Pasos de la resistencia -Tiempo mínimo de preinserción -Capacidad térmica	NA NA NA	NA NA NA	NA NA NA	
5.4.2.2	Accesorios -¿Cuenta con indicador visual de posición de cierre y apertura? -¿Cuenta con contador de operaciones no regresivo?	SI SI	SI SI	SI SI	
5.4.2.2	Placa y datos -¿La placa de datos del motor del mecanismo de operación cumple con lo indicado? -¿La placa de datos del mecanismo de energía almacenada cumple con indicado? -¿La placa de datos de las resistencias calefactores cumplen con lo indicado?	SI SI SI	SI SI SI	SI SI SI	
5.4.4	EMPAQUE Y EMBARQUE -¿Los interruptores son empacados en forma individual como unidad de embarque? -¿Los elementos de porcelana se protegen con material amortiguador de golpes? -¿Los gabinetes se protegen contra lluvia, polvo y humedad, con material higroscopio?	SI SI SI	SI SI SI	SI SI SI	
5.4.5	EQUIPOS Y ACCESORIOS -Herramienta especiales -Gas para el primer llenado -Juego completo de calibradores -Dispositivo para el accionamiento manual	SI SI SI SI	SI SI SI SI	SI SI SI SI	
Costo total \$775,000.				Costo total \$985,000.	

tabla 14



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.5.2 COMPARACIÓN DE COSTO POR INVERSIÓN PARA
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA CON
INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA

INTERRUPTOR DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD/ UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Interruptor de potencia tripolar, tanque vivo, para 230 kV a 40 kA, para altitud de 2300 msnm, de acuerdo a la Especificación LFC-ING-017 de julio de 2003.	1 pza	USD 74,000	USD 74,000
Materiales para el cableado de control y fuerza	1 lote	USD 2000	USD 2000
Ingeniería civil y electromecánica	1 lote	\$ 15,000	\$15,000
Subtotal		\$ 775,000	\$ 775,000

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD/ UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Costo de mantenimiento por 5 años, (inspección)	1 lote	\$ 5000	\$ 5000
Costo de mantenimiento por 10 años, (inspección)	1 lote	\$ 10,000	\$ 10,000
Costo de mantenimiento por 15 años, (inspección)	1 lote	\$ 5000	\$ 5000
Costo de mantenimiento por 20 años, (inspección)	1 lote	\$ 10,000	\$ 10,000
Subtotal		\$ 30,000	\$ 30,000

TOTAL DEL COSTO POR INVERSIÓN \$ 805,000

tabla 15

Considerando una vida útil del interruptor de 20 años, bajo condiciones normales de operación.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

INTERRUPTOR DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD/ UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Interruptor de potencia tripolar, tanque vivo, para 230 kV a 63 kA, para altitud de 2300 msnm, de acuerdo a la Especificación LFC-ING-017 de julio de 2003.	1 pza	USD 95,000	USD 95,000
Materiales para el cableado de control y fuerza	1 lote	USD 2000	USD 2000
Ingeniería civil y electromecánica	1 lote	\$ 15,000	\$ 15,000
Subtotal		\$ 985,000	\$ 985,000

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD/ UNIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Costo de mantenimiento por 5 años, (inspección)	1 lote	\$ 5000	\$ 5000
Costo de mantenimiento por 10 años, (inspección)	1 lote	\$ 15,000	\$ 15,000
Costo de mantenimiento por 15 años, (inspección)	1 lote	\$ 5000	\$ 5000
Costo de mantenimiento por 15 años, (inspección)	1 lote	\$ 15,000	\$ 15,000
Subtotal		\$ 40,000	\$ 40,000

TOTAL DEL COSTO POR INVERSIÓN	\$ 1025,000
-------------------------------	-------------

tabla 16

Considerando una vida útil del interruptor de 20 años, bajo condiciones normales de operación.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.5.3 INTERRUPTORES RECOMENDADOS

Información técnica del interruptor RECOMENDADO (tanque vivo) en 245kV hasta 63 kA.

Tipo de interruptor		Unidad
Voltaje máximo de diseño	245	kV
Frecuencia	50/60	Hz
Voltaje de aguante: • 50/60 Hz, 1 min	460	kV r.m.s.
• 1.2/50 μ s impulso	900/1050	kV (pico)
Corriente continua	Hasta 4,000	A
Corriente de corto circuito	Hasta 63	kA r.m.s
Valor de corriente pico nominal de soporte	Hasta 170	kA
Duración de la corriente de corto circuito	1/3	S
Tiempo de interrupción	2	Ciclos
Ciclos de operación	OCO-15 s-CO	
Rango de temperatura ambiente	-30°/+40°	°C
Capacidad sísmica	0.3/0.5	G
Peso complete del interruptor ensamblado	Hasta 3,200/7,040	kg / lb

tabla 17



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

La subestación Valle de México es muy especial ya que se tiene generación de manera que suministra potencia y aporta corriente en caso de una falla y a la vez se comporta como una subestación de enlace (línea Texcoco), no olvidemos que tiene también cargas importantes como Ecatepec y Capital.

En el caso de la subestación Valle de México área de LFC con arreglo de interruptor y medio, los Interruptores de 230 kV, con capacidad de corte de corriente de corto circuito de 50kA, corriente permanente de 2000 A, para una altitud de instalación de 2300 msnm marca ALSTOM con un total de 20 Interruptores que tienen el siguiente problema:

- Esta por rebasar o esta ya rebasada su capacidad de corte de corriente de corto circuito 50kA. Por lo tanto en caso de una falla se correría el riesgo de seguridad, continuidad y calidad del servicio
- Efecto de ferresonancia debida a la interacción entre el capacitor de gradiente del interruptor y la impedancia no lineal de un transformador. (El fenómeno de la ferresonancia se caracteriza por la presencia de sobretensiones sostenida, que aparecen en las terminales de los elementos de un circuito que contiene inductancias y capacitancias, si éste se excita con una frecuencia igual a muy cercana a su frecuencia natural).

En la tabla (18) se aprecian los niveles de corto circuito en la Subestación Valle de México en 85 kV y 230 kV en sus respectivas barras. Estos valores se han obtenido gracias al programa PSS/E (Power System Simulator, Power Technologies) comercializada por la empresa Canadiense CYME.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.6.3 NIVELES DE CORTO CIRCUITO EN VALLE DE MÉXICO EN 230 kV

NIVELES DE CORTO CIRCUITO EN VALLE DE MÉXICO 230 KV B1

FALLA		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
3Φ	KA	44.77	46.92	51.4	55.46	57.38	58.61	62.32	62.64	62.81	65.32
	MVA	17834	18690	20476	22093	22859	23347	24824	24955	25023	26023
1Φ	KA	49.07	51.08	55.71	59.88	60.65	61.63	65.9	66.2	66.35	70.48
	MVA	19548	20349	22194	23853	24160	24551	26251	26373	26433	28077

NIVELES DE CORTO CIRCUITO EN VALLE DE MÉXICO 230 KV B2

FALLA		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
3Φ	KA	45	47.1	51.48	55.54	57.46	58.68	62.4	62.73	62.91	65.21
	MVA	17928	18762	20507	22124	22889	23377	24860	24991	25059	25978
1Φ	KA	49.33	51.3	55.81	59.97	60.73	61.72	66	66.3	66.45	70.3
	MVA	19650	20436	22232	23888	24194	24585	26290	26413	26473	28005

NIVELES DE CORTO CIRCUITO EN VALLE DE MÉXICO 85 KV

FALLA		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
3Φ	KA	19.49	20.04	18.6	22.29	22.36	22.39	22.44	22.45	22.45	22.48
	MVA	2870	2950	2738	3281	3292	3295	3304	3304	3305	3309
1Φ	KA	18.6	18.96	17.92	20.07	20.11	20.12	20.15	20.15	20.16	20.17
	MVA	2737	2791	2638	2954	2960	2962	2966	2967	2967	2969

tabla 18 niveles de corto circuito en S.E VAE



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

De igual manera que se hizo para S.E. Cerro Gordo se aplica el criterio para la sustitución de interruptores para la subestación Valle de México ver la siguiente tabla (19). Analizamos que se encuentra en el criterio 2 por lo que recomienda programar la sustitución de interruptores.

APLICACION DEL CRITERIO PARA LA SUSTITUCION DE INTERRUPTORES PARA LA SUBESTACION VALLE DE MEXICO EN 230KV						
SUBESTACION CERRO GORDO	CAPACIDAD I (Ka) 2003	AÑOS DE ANTIGUEDAD	NÚM. DE INTERVENCIONES 2002	OBSOLECENCIA DEL EQUIPO	TIEMPO FUERA DE SERVICIO	PUNTOS/ CRITERIO
T28A 1	***	*	*	---	*	70/2
T28A 2	***	*	*	---	*	70/2
CAPI 2	***	*	*	---	*	70/2
CAPI 12	***	*	*	---	*	70/2
CAPI 1	***	*	*	---	*	70/2
ECAT 2	***	*	*	---	*	70/2
ECAT 12	***	*	*	---	*	70/2
ECAT 1	***	*	*	---	---	68/2
CENT 2	***	*	*	---	*	70/2
CENT 12	***	*	*	---	*	70/2
CENT 1	***	*	*	---	---	68/2
MEX 2	***	*	*	---	---	68/2
MEXI 12	***	*	*	---	---	68/2
MEXI 1	***	*	*	---	---	68/2
VAE-ZOC	***	*	*	---	---	68/2
TEX-ZOC	***	*	*	---	---	68/2
VAE-TEX	***	*	*	---	---	68/2
ORIE 2	***	*	*	---	---	68/2
CHOR 2	***	*	*	---	---	68/2
CHAP 2	***	*	*	---	---	68/2

tabla 19

Años de antigüedad

* = 5 puntos

** = 10 puntos

*** = 15 puntos

Núm. de intervenciones

* = 3 puntos

** = 6 puntos

*** = 10 puntos

Tiempo fuera de servicio

* = 2 puntos

** = 3 puntos

*** = 5 puntos



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.6.4 ANÁLISIS DE LA S.E. VALLE DE MÉXICO

Se ha Analizado la subestación Valle de México en 230 kV

Por que a rebasado la capacidad interruptiva y no alcanza el criterio número 3.

Es verdaderamente un caso muy especial dentro del área Metropolitana por lo tanto se debe analizar a fondo:

1.- Se debe analizar las alternativas; primero las características técnicas del interruptor en este caso todos los interruptores son de marca ALSTOM (FX-12) y por lo tanto se puede utilizar la repotenciación, segundo ver la posibilidad de partir barra.

2.- Analizar las consecuencias técnicas como la ferresonancia, la resonancia subsíncrona al hacer los diferentes cambios necesarios.

Por lo anterior empezaremos por la descripción del equipo interruptor marca ALSTOM (FX-12), posteriormente el análisis de la repotenciación (ferresonancia, resonancia subsíncrona), el análisis económico por sustituir capacitores de gradiente de 5000 pf por 10000 pf y así lograr la repotenciación y por último implementar un nuevo arreglo de barras.

Existiría un tema de relevancia e influencia la homologación en la especificación de transformadores de potencia LFC-CFE. El suministro de carga a la Zona Metropolitana de la Ciudad de México en los últimos años tuvo como mayor problemática el tener que operar con reservas de potencia reactiva muy baja, de tal forma que se llegó a tirar carga para evitar riesgos de un colapso de voltaje.

Este incremento de potencia reactiva en la zona, se debe en gran medida a los altos valores de reactancia que se tienen en los transformadores de potencia de LyFC.

Esto originó una solicitud a esta entidad por parte del CENACE de revisar las especificaciones de transformadores de potencia de LyFC y homologarlo con la especificación de CFE.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Esto se entiende en función de que CFE atiende prácticamente todo el Territorio Nacional en el cual hay gran diversidad en las características geográficas del sitio de instalación, por lo cual CFE refiere a especificaciones particulares en las cuales los parámetros eléctricos de diseño toman valores del rango que permite la norma y están determinados por las características propias de la red y las condiciones geográficas de la zona en la cual va a operar el equipo.

Las características geográficas de la zona que atiende LyFC son homogéneas, lo cual permite tener valores fijos establecidos en los parámetros eléctricos de diseño y operación del equipo.

Impedancia:
CFE K0000-06

"la impedancia se indica en las características particulares y debe estar de acuerdo con las normas: NMX-j284 y ANSIC57.12".

NMX-j284
"rango de valores de impedancia 10-21% con base en su capacidad nominal".

LFC-ING-039
% de impedancia = 11%

Si se determinara homologar la especificación de los transformadores, el valor de la impedancia será el único impedimento para realizar ésta. La razón es que actualmente en muchos puntos de la red de transmisión y subtransmisión, la Icc ha alcanzado o está a punto de alcanzar los valores nominales de capacidad interruptiva de los interruptores y el bajar la impedancia ahondaría aún más este problema.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Conclusiones

La especificación original de los auto transformadores de potencia 400/230 kV, 110 MVA, 1 ϕ , data de los años 70.

Se tuvo que elegir entre la disyuntiva de reducir el nivel de pérdidas o reducir el nivel de I_{cc} .

Vislumbrando el crecimiento de la red de transmisión así como la configuración de su topología, se optó por elegir una alta impedancia con la finalidad de controlar los niveles de I_{cc} , sin embargo este problema lo tenemos hoy y homologar valores de impedancia a valores iguales a los que maneja CFE traería un problema mayor.

Para enfrentar el crecimiento en los valores de I_{cc} en la red de transmisión de LyFC, la Gerencia de Programación realiza estudios en los cuales el modificar topología (abrir anillos, partir barras) o la instalación de reactores, y mantener estos valores de Impedancia en los transformadores instalados en la red. Tendrán que ser parte de la solución, antes que optar por elevar la capacidad interruptiva a valores como 63 kA.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.6.5 VISTA GENERAL DEL DISYUNTOR FX-12

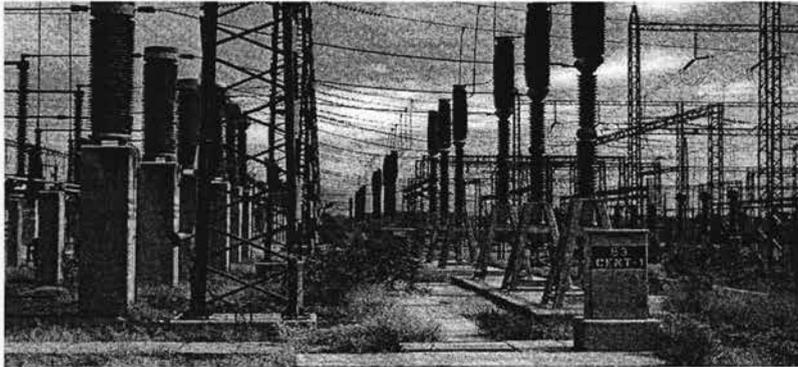


figura 17

5.6.6 CARACTERISTICAS GENERALES DEL DISYUNTOR FX-12 EN
230kV

Tensión nominal	245kV
Tensión al impulso onda completa cresta	1050kV
Frecuencia nominal	60Hz
Corriente nominal en servicio continuo	2000A
Corriente sostenida de corta duración admisible	50kA
Tiempo de corto circuito	3s
Corriente interruptiva de corto-circuito, simétrica	50kA
Corriente de cierre en corto-circuito	125kA
Resistencia de contacto (por cámara de corte, contacto nuevo)	36VΩ
Secuencia nominal de operación	A-0,3s-CA-3min-CA
Presión del gas SF6 20°C, 1013 kPa	7,65 bar
Presión del gas SF6 segundo limite, 20°C, 1013 kPa	7,1 bar
Masa total del gas SF6	22,2 kg



5.6.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

DESCRIPCIÓN DE LOS CONJUNTOS QUE FORMAN EL EQUIPO, ver figura 18

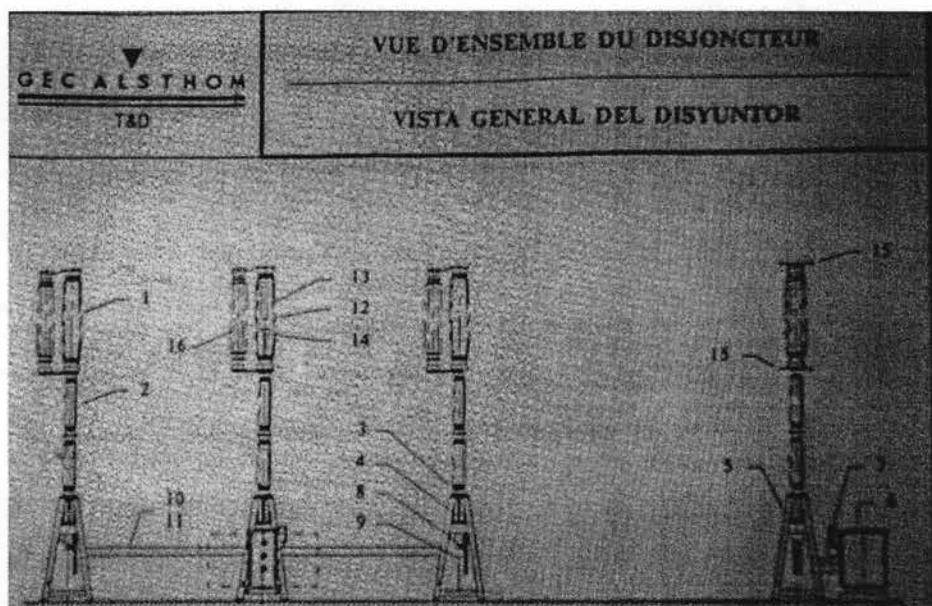


figura 18

- 1.- Cámara de corte
- 2.- Columna de estanquidad y de raccordamiento SF6
- 3.- Carter inferior
- 5.- Chasis
- 6.- Armario de los auxiliares
- 7.- Cofrecito SF6
- 8.- Gato
- 9.- Acumulador
- 10.- Tubería hidráulica
- 11.- Tubería de gas SF6
- 12.- Aislador
- 13.- Contacto superior
- 14.- Contacto móvil
- 15.- Toma de corriente
- 16.- Condensador



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Cada polo está constituido por un elemento de corte

- Elemento de corte comprende:
- Una cámara de corte modular (1) con revestimiento cerámico, dispuesto verticalmente.
- Una columna soporte aislante hueca de cerámica (2) por la que pasa una biela de maniobra aislante, solidaria del contacto móvil (14) de la cámara de corte
- En la base de la columna se encuentra un cartel (4) que contiene el dispositivo biela-manivela de maniobra del contacto móvil y el dispositivo de enlace (3) con el manó-contacto de control de presión del SF6. La cámara de corte y la columna se ensamblan en la fabrica o en el sitio y se forman un volumen único de SF6.
- El órgano de maniobra es un mando hidráulico integrado, del que ciertos órganos están situados en los elementos de corte y de otros en un armario auxiliar (6). Este armario también contiene la parte eléctrica.
- Una tubería hidráulica (10) conecta los elementos de corte al armario de auxiliares.
- Una tubería SF6 (11) conecta los polos a la caja de control SF6 (7) situada en el armario o en el chasis.



5.6.8 DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL DISYUNTOS

a) CAMARA DE CORTE (1)

Es del tipo auto-neumático con doble soplado. El medio extintor es de SF₆ a baja presión. La cámara ha sido concebida con el fin de aumentar la duración mecánica y eléctrica de la parte activa y de aprovechar las ventajas del poco desgaste de los contactos sometidos al arco en el SF₆. La parte activa esta encerrada en un revestimiento de cerámica estanca que garantiza el aislamiento entre la salida y la entrada del disyuntor y que puede ser, según el caso, de línea de escape normal o de larga línea de escape.

La cámara está compuesta de los siguientes elementos:

- Un revestimiento formado por un aislador de cerámica (12).
- Un contacto fijo (13).
- Un contacto móvil (14) accionado por el mando y que contiene el dispositivo de soplado.
- Las tomas de corriente (15). Si el polo comprende una sola cámara de corte, hay una toma de corriente en la parte superior y una toma de corriente en la parte inferior.
- En ciertos casos, están equipadas con condensadores (16) y/o dispositivos de inserción de resistencia de cierre.

b) COLUMNA SOPORTE (2)

Constituida por una o varios aisladores de cerámica, garantiza el aislamiento a la masa del disyuntor y encierra a la biela de maniobra de contacto móvil.

Las características mecánicas le garantizan una resistencia sísmica. Según el nivel de contaminación, puede estar prevista de una larga línea de escape.

El volumen interior de la columna soporte lleno con SF₆ está en comunicación con el de la cámara de corte, a través de un tamiz molecular que evita que el gas de corte se mezcle con el gas de aislamiento a la masa.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

c) DISPOSITIVO DE DESCONECTABILIDAD

Las columnas soporte y las cámaras de corte se envasan, sea por separado, sea juntas, y están equipadas de un dispositivo de desconectabilidad.

Este dispositivo permite, poner en comunicación estos dos elementos, prehinchados con gas SF₆ a una presión de 0.3 bar, sin puesta a la atmósfera.

d) CÁRTEL INFERIOR

Sirve de base de fijación al elemento de corte en el chasis (5). Comprende:

- En el interior, en la base de la columna soporte, se encuentra el bloque de estanqueidad de la biela de maniobra y de llenado del polo, así como el dispositivo de acoplamiento de la biela de maniobra con el gato hidráulico (8).

e) CHASIS

Soporta el elemento de corte completo. En el interior se encuentra fija la parte potencia-gato (8) y el acumulador (9).

f) CAJA DE CONTROL SF₆ (7)

Cada armario de auxiliares comprende una caja de control SF₆. Hay, pues, según el caso, un solo recinto de gas SF₆ para un disyuntor o un polo.

Esta caja está fija a la parte trasera del armario de auxiliares o sobre el chasis. Comprende el manó-contacto de vigilancia de la presión de SF₆ y un bloque de llenado equipado con una válvula que permite efectuar;

- al poner en servicio, el complemento de llenado de SF₆ del disyuntor.

- estando el equipo en servicio, el control de la presión mediante un manómetro de control y eventualmente un complemento de llenado, ello sin perjudicar el correcto funcionamiento del equipo.

El manó-contacto SF₆, compensado en temperatura, posee 2 ó 3 contactos manipulados al bajar la presión:

- contacto negro = 1^a umbral
- contacto rojo(s) = 2^a umbral.



g) FUNCIONAMIENTO DEL POLO

El movimiento de cierre y de apertura está dirigido por la puesta en tensión de la bobina correspondiente que equipa el órgano de maniobra figura (18 punto núm. 6).

El acumulador hidráulico (1) suministra la energía necesaria figura (19).

El movimiento está transmitido al contacto móvil (5) de la cámara de corte por la biela aislante (4) accionada por el gato (3).

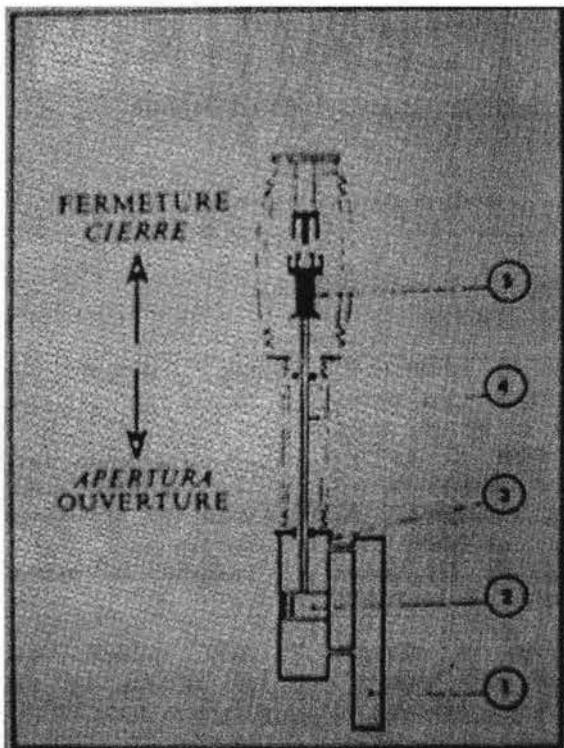


figura 19



g-1) CIERRE

La liberación de la energía almacenada en el acumulador hidráulico provoca el desplazamiento de las partes móviles.

En la posición de "CIERRE" figura (20)

La corriente pasa por los contactos principales (7) y los contactos de arco (14), el cilindro (9), los contactos acordeón (10) y el soporte de contacto móvil (11).

El contacto fijo (6) y el soporte (11) están conectados, ya sea a las conexiones entre cámaras o bien a las tomas de corriente.

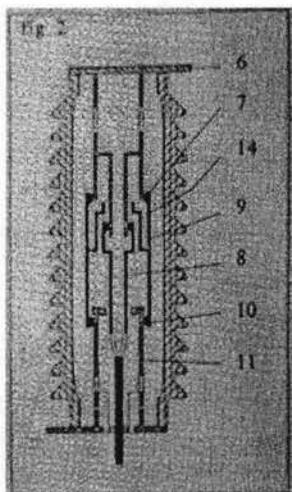


figura 20

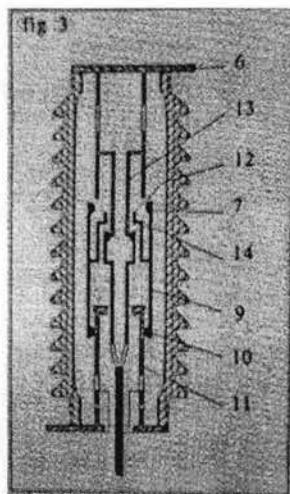


figura 21

g-2) APERTURA figura (19)

La presión de aceite suministrada por el acumulador hidráulico (1) se retira, en el gato (3) de la cara inferior y se mantiene en la cara superior del pistón (2) que se desplaza hacia abajo.

El movimiento se transmite por la biela de maniobra aislante (4) al contacto móvil (5) de la cámara de corte que abandona al contacto fijo.

Cuando el equipo está en la posición "cerrado" figura (20), se asegura el corte de la siguiente forma:



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- Separación de contactos principales y comienzo de compresión del gas figura (21).

Cuando los contactos principales abandonan el contacto fijo (6), la corriente continúa pasando por vástago parachispas (13), los contactos de arco (14), el cilindro (9), los contactos "acordeón" (10) y el soporte del contacto móvil (11).

Simultáneamente, el desplazamiento del cilindro (9) en relación al soporte (11) provoca la compresión progresiva del gas en el interior del cilindro, el vástago parachispas (13) obtura el orificio de la boquilla (12).

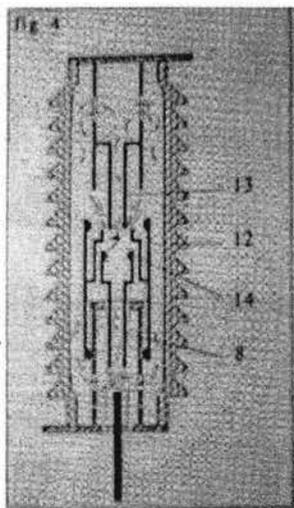


figura 22

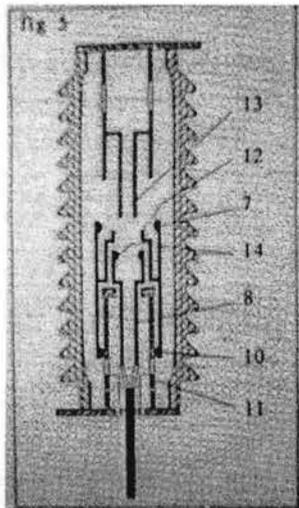


figura 23

- Separación de los contactos de arco con presión del gas y soplado de arco figura (22).

Cuando los contactos de arco (14) abandonan el vástago parachispas (13), el arco comienza entre estas dos piezas. Al no obturar más el vástago parachispas (13) el orificio de la boquilla (12), el gas comprimido sopla el arco a la salida de la boquilla (12). El gas comprimido también se escapa por la parte trasera del tubo (8) estirando el arco, lo que facilita su extensión.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



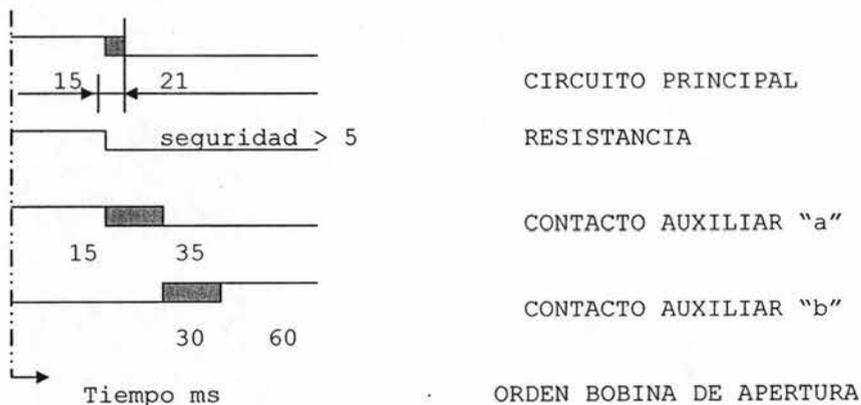
UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

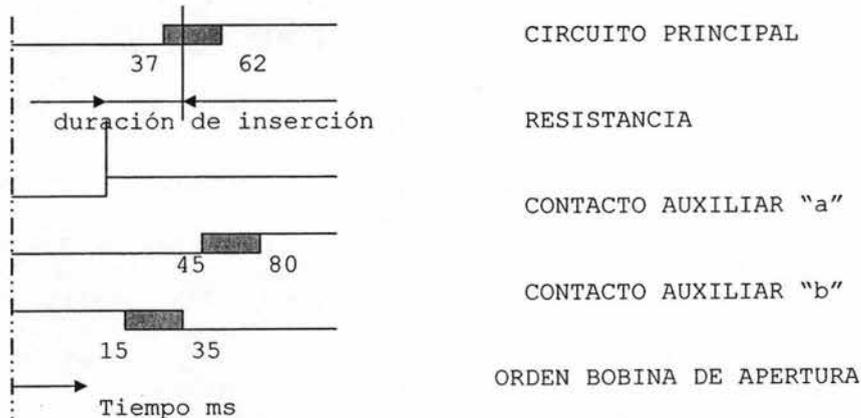
Un amortiguador incorporado en el gato (3) figura (19) amortigua el movimiento del contacto móvil al final de su recorrido. El equipo se encuentra en la posición "abierto" figura (23).

h) DURACIONES DE FUNCIONAMIENTO

1 APERTURA



2 CIERRE





i) DESCRIPCIÓN DEL MANDO HIDRÁULICO

Este mando es un conjunto de órganos concebido para las maniobras de cierre y de apertura de los disyuntores.

Este mando está compuesto por 3 grupos principales de órganos, ver figura (24).

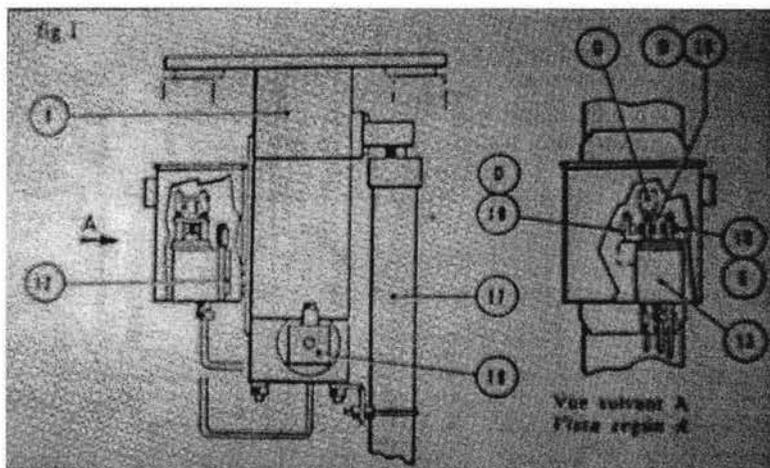


figura 24

i-1) PARTE POTENCIA

De una "parte de potencia" situada al pie de cada elemento de corte del disyuntor.

- un gato con doble efecto diferencial (8).
- un acumulador de energía (17).
- una válvula principal (16).

i-2) PARTE PILOTAJE

De una "parte pilotaje" pegada a la precedente, una por polo, en funcionamiento unipolar una en el polo central, en funcionamiento tripolar.

- una válvula eléctrica de cierre (10).
- una válvula eléctrica de apertura (19).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- una válvula intermedia de auto mantenimiento hidráulico (13).
- un depósito de descompresión (12).
- un calentamiento permanente.

i-3) PARTE AUXILIAR

De una "parte auxiliar" situada en 1 o 3 armarios que comprenden también la(s) parte(s) eléctrica(s).

i-4) PARTE HIDRÁULICA

Que comprende de; ver figura (25)

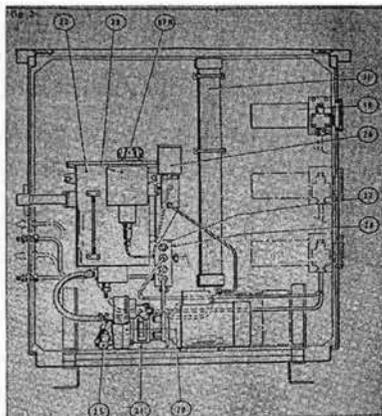


figura 25

- grupo de motobomba (20) con mando manual de emergencia (21).
- un depósito de aceite con nivel visible (22).
- una válvula de mariposa de no retroceso a la bomba (25).
- una válvula de seguridad (26).
- una bloque de distribución (27) que posee una toma (28).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

- un manó-contacto (29).
- uno o tres, en el caso de apertura fase por fase con un solo armario, gato(s) de la señalización (18) que indican la posición del disyuntor.

j) PARTE ELÉCTRICA

Que comprende entre otros:

- Los botones pulsadores de mando de apertura y de cierre local.
- el (los) contador(es) de maniobra del disyuntor y el contador de la cantidad de arranque de la bomba.
- el relevado necesario para el funcionamiento del equipo (bloqueos, antibombeo...),
- un calentador permanente (anticondensación) y según los casos, con calentamiento dirigido por termostato.



figura 26



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

**5.7 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL FENÓMENO DE FERRORESONANCIA
DEBIDO A LA POSIBLE REPOTENCIACIÓN DE LOS INTERRUPTORES
DE 230 KV EN LA SUBESTACIÓN VALLE DE MÉXICO**

5.7.1 OBJETIVO

Debido al incremento en los valores de corto circuito que se presenta en las barras de 230 KV. De la SE. Valle de México por el aumento en la infraestructura de la red eléctrica de potencia (principalmente a la entrada de la Unidad 1 de la S.E Valle de México), se desarrollaron las actividades siguientes:

- Investigar la posible presencia y efectos de riesgo del fenómeno electromagnético de ferresonancia en la zona de 230 kV de la S.E. VALLE DE MÉXICO, derivado de la propuesta del fabricante de repotenciación de los interruptores FX-12 marca ALSTOM de esta subestación mediante sustitución de capacitores de gradiente.
- Resolver la viabilidad de la propuesta formulada por el fabricante ALSTOM de repotenciación de los interruptores FX-12, frente a los posibles problemas de ferresonancia.
- Resolver sobre las medidas técnicas que se deban implementar para reducir los efectos electromagnéticos ferresonantes sobre el equipó y las instalaciones, en caso de presentarse dicho problema.

NIVELES DE CORTO CIRCUITO EN VALLE DE MÉXICO 230 KV B2

FALLA	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
3Φ	KA	45	47.1	51.48	55.54	57.46	58.68	62.4	62.73	62.91	65.21
	MVA	17928	18762	20507	22124	22889	23377	24860	24991	25059	25978
1Φ	KA	49.33	51.3	55.81	59.97	60.73	61.72	66	66.3	66.45	70.3
	MVA	19650	20436	22232	23888	24194	24585	26290	26413	26473	28005

TABLA 20. NIVELES DE CORTO CIRCUITO EN S.E. VAE



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.7.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA 230 kV DE LA S.E. VALLE DE MÉXICO

La subestación Valle de México en la zona de 230 kV posee arreglos de interruptor y medio figura (27), con once bahías y siete circuitos de generación, uno de los cuales tiene el banco T-28 de 100 MVA's.

A cada barra, se encuentra conectado su respectivo transformador de potencial

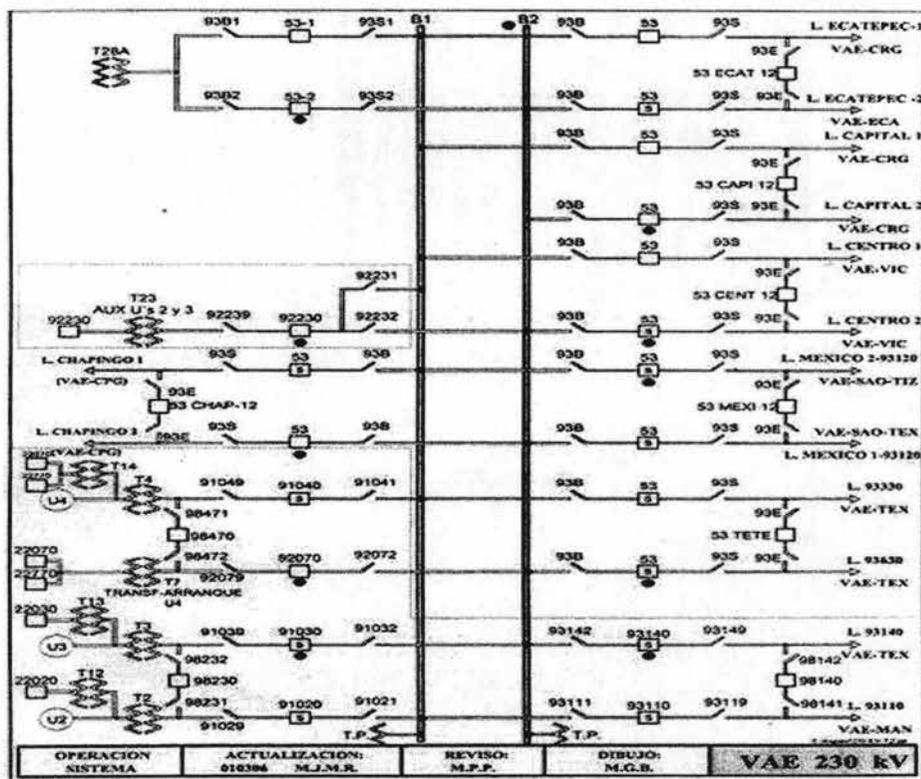


figura 27



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.7.3 SIMULACIONES TRANSISTORIAS LLEVADAS ACABO EN EL
BANCO T-28 Y LOS TP'S

Ferroresonancia con los TP's en 230 kV de la S.E. Valle de México
Interruptores con capacitores de 10,000 pF.

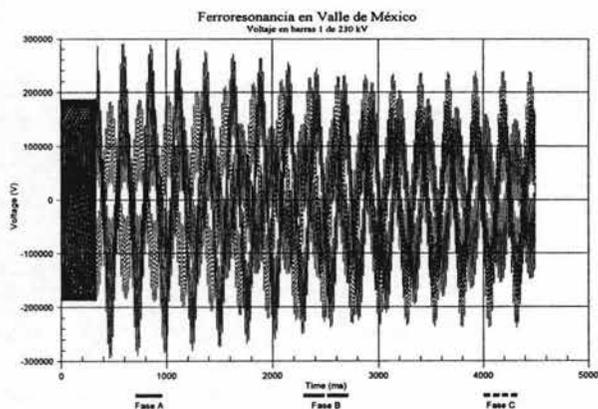


figura 28

Figura (28), Voltaje
en barras 1 de 230
kV de la S.E. Valle
de México, visto
desde el lado
primario del TP.
(casi 300 kV pico)

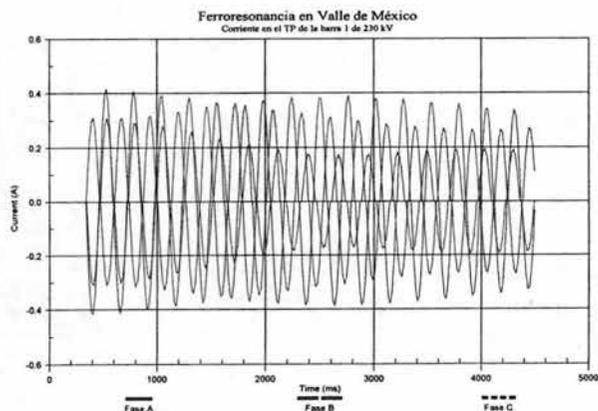


figura 29

Figura (29),
Corriente a través
del TP de las
barras 1 de 230 kV
de la S.E. Valle de
México, vista desde
el lado secundario
del TP. (0.3 amp)



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Ferroresonancia con los TP's en 230 kV de la S.E. Valle de México
Interruptores con capacitores de 10,000 pF.

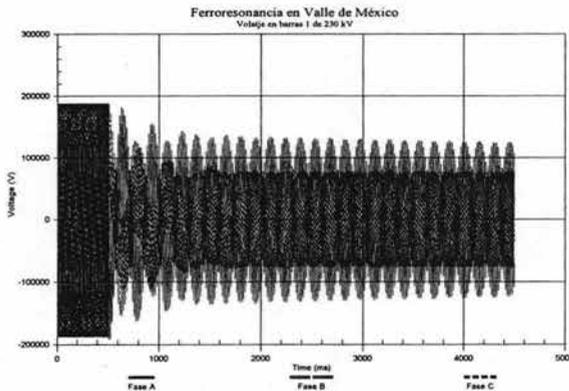


Figura (30),
Voltaje en barras
1 de 230 kV de la
S.E. Valle de
México, visto
desde el lado
primario del TP
(supresión de
sobretensiones).

figura 30

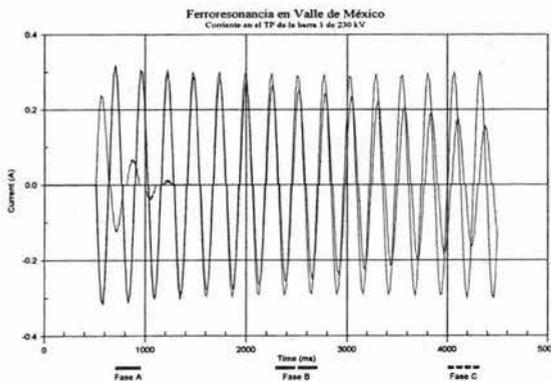


Figura (31),
Corriente a través
del TP de las
barras 1 de 230 kV
de la S.E. Valle de
México, vista desde
el lado secundario
del TP, (0.3 amp).

figura 31



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Ferroresonancia con los TP's en 230 kV de la S.E. Valle de México
Interruptores con capacitores de 10,000 pF.

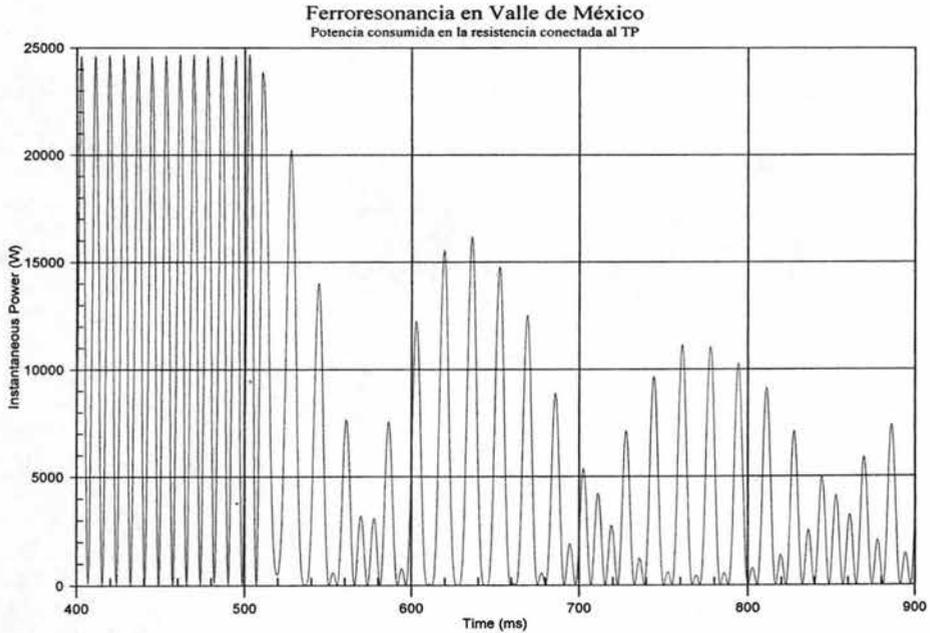


figura 32



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Ferroresonancia con el banco 28 de la S.E. Valle de México
Interruptores con capacitores de 10,000 pF.

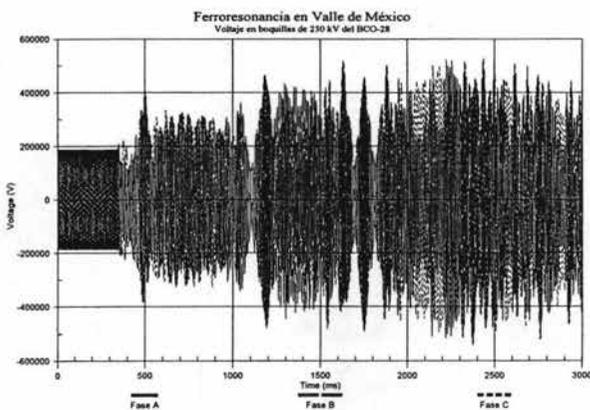


Figura (33),
Voltaje en boquillas de 230 kV del banco 28 de la S.E. Valle de México. (500 KV pico)

figura 33

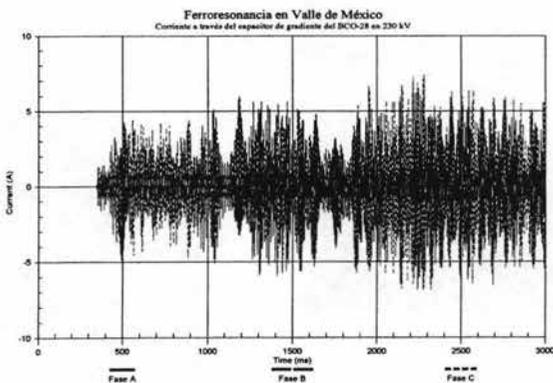


Figura (34),
Corriente a través del capacitor de gradiente del interruptor de 230 kV del banco 28 de la S.E. Valle de México. (7.5 amp)

figura 34



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Ferresonancia con el banco 28 de la S.E. Valle de México Interruptores con capacitores de 10,000 pF.

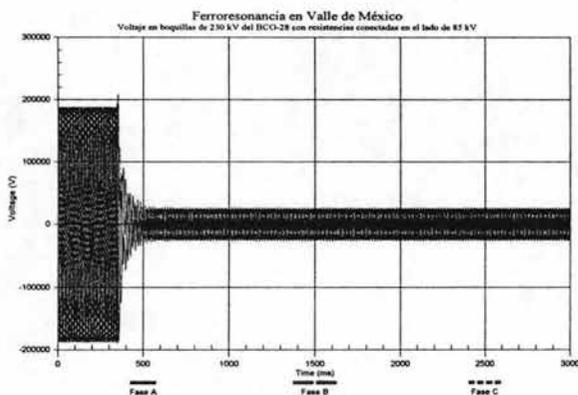


figura 35

Figura (35),
Voltaje en
boquillas de 230
kV del banco 28
de la S.E. Valle
de México
(supresión del
fenómeno 74.5
Kohms).

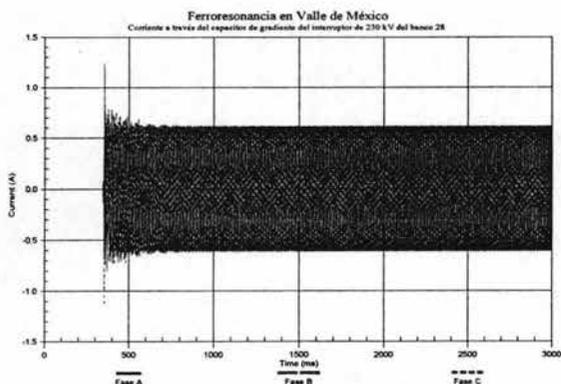


figura 36

Figura (36),
Corriente a
través del
capacitor de
gradiente del
interruptor de
230 kV del banco
28 de la S.E.
Valle de México
(Supresión del
fenómeno 74.5
Kohms).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

ferroresonancia con el banco 28 de la S.E. Valle de México
Interruptores con capacitores de 10,000 pF.

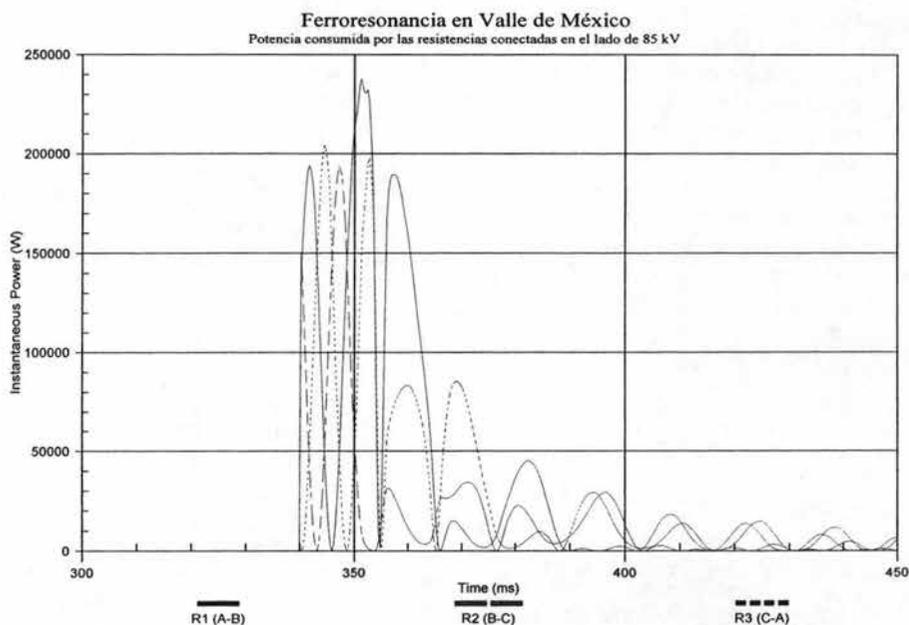


figura 37

Figura (37), Potencia instantánea consumida por las resistencias conectadas en el lado de 85 kV del banco 28 de la S.E. Valle de México (supresión del fenómeno 74.5 Kohms 710KW x 3).



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.7.4 CONCLUSIÓN

·La repotenciación o incremento de la capacidad de corte de los interruptores marca ALSTOM FX-12 en la zona de 230 kV constituye una medida factible. Para ello el fabricante deberá dar garantía y soporte técnico de su afirmación de que la capacidad interruptiva a 63 kA se logra con la sustitución del capacitor de gradiente (5000 pF) de cada cámara, por otro de 10000 Pf.

·El fenómeno de ferresonancia es un problema que se presenta en los transformadores de potencial UEZ-220 y el banco T-28 de 100 MVA's conectados a las barras de 230 kV.

·Los problemas de sobretensión por ferresonancia se presentan indistintamente para valores de 5000 ó 10000 pF en los capacitores de gradiente, con los TP's y con el bco. T-28, siendo con este último en donde el fenómeno se presenta más severo.

·El orden de las sobretensiones por ferresonancia es de:

1.56 pu (TP's -10000 pF)	2.8 pu (T-28 -10000 pF)
1.51 pu (TP's - 5000 pF)	2.6 pu (T-28 - 5000 pF)

·Con el propósito de erradicar las sobretensiones por ferresonancia en la zona de 230 kV de la S.E. VALLE DE MÉXICO debidas a los TP's, deberán conectarse permanentemente en el secundario delta de éstos, resistores de amortiguamiento con un valor de 1 ohm.

·Con el propósito de erradicar las sobretensiones por ferresonancia en la zona de 230 kV debidas al banco T-28, deberán entrar en operación solo durante las maniobras de sus interruptores, tres resistores conectados en delta en el lado de 85 kV, con un valor de 74.5 k ohms cada uno, o seguir los procedimientos de maniobra de interruptores que dictaminó la subdirección de Producción de LFC.

·El orden de las tensiones mitigadas con las medidas correctivas del fenómeno de ferresonancia es de:

0.10 pu (TP's-10000 pF)	0.15 pu (T-28 -10000 pF)
0.08 pu (TP's- 5000 pF)	0.15 pu (T-28 -10000 pF)



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

·En tanto no se lleven acabo las medidas para mitigar los problemas de ferresonancia, deberán observarse con toda precisión los procedimientos de maniobra de interruptores que actualmente se tiene implementados en la subestación para librar el banco.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.8 IMPACTO DE CAPACITORES DE GRADIENTE (5000 Ó 10000 pF)
DE INTERRUPTORES FX 12, 230 KV, MARCA ALSTOM, EN UNIDADES
TURBOGENERADORAS DE LA PLANTA-SUBESTACIÓN VALLE DE
MÉXICO.

5.8.1 RESONANCIA SUBSÍNCRONA

El fenómeno es sencillo de entenderse cuando se tienen presentes los siguientes cuatro principios electromecánicos básicos de las unidades turbogeneradoras:

1. Al momento de fallas o disturbios en un sistema de potencia, una unidad turbogeneradora conectada radialmente a él a través de una línea sin compensación serie, se ve recorrida en las fases de su armadura por un sistema trifásico de corrientes de falla a 60 Hz, que se caracteriza por que dichas corrientes inicialmente se encuentran descentradas debido a la presencia de una componente de c.d. amortiguada.

2. Al momento de fallas en un sistema de potencia, una unidad turbogeneradora conectada radialmente a él mediante una línea con compensación serie, se ve recorrida por un sistema de corrientes de falla a través de la armadura, las cuales en lugar de componente de c.d. descentrada, contienen una componente de c.a. transitoria a frecuencia natural del circuito LC tomado entre la fuente ideal interna del turbogenerador y el punto de falla en el sistema de potencia.

3. El sistema trifásico de corrientes transitorias a frecuencia natural (f_n) menor de 60 HZ (de aquí el nombre de subsíncrona), mediante el campo rotatorio que producen en el inducido del turbogenerador, induce a su vez un sistema de corrientes alternas en su inductor a frecuencia deslizante ($60 - f_n$) que lo llevan a un comportamiento de "motor de inducción" cuyo par actúa sobre la flecha del sistema turbinas tandem-generator.



4. Al aplicarse una fuerza de giro (función de una frecuencia natural de deslizamiento de magnitud subsíncrona) a un sistema de varias masas rotatorias de distinto momento de inercia, figura (38), montadas sobre una misma flecha (como el sistema turbinas tandem - generador), el estado mecánico de equilibrio se ve perturbado al desviarse cada masa (de modo distinto) de la velocidad angular común del sistema, desviaciones que se caracterizan por ser oscilaciones de distinta amplitud según su inercia (pero de igual frecuencia subsíncrona de deslizamiento); estas desviaciones oscilantes subsíncronas provocan en los acoplamientos mecánicos de las masas a lo largo del eje, torceduras sobre la flecha.

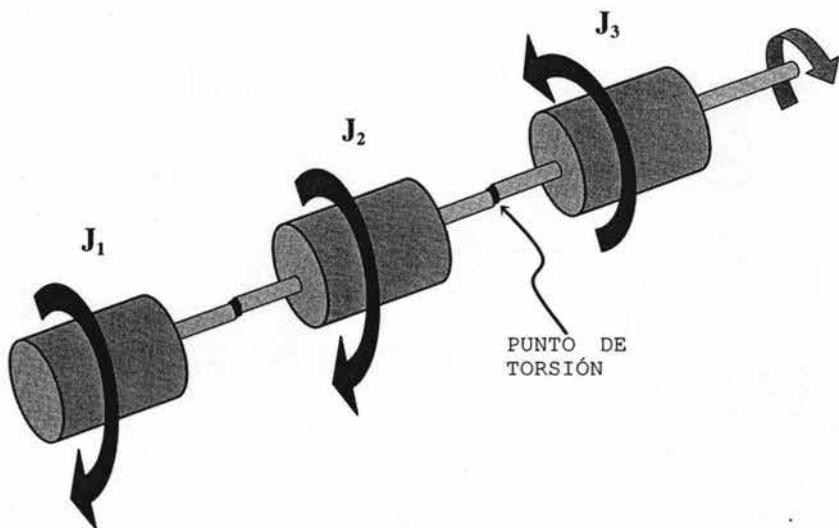


Figura 38.- Sistema o grupo de masas giratorias



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Consideremos ahora un turbogenerador conectado radialmente a un sistema eléctrico de potencia con transformador de unidad, vía una línea de transmisión compensada en serie, ver figura (39).

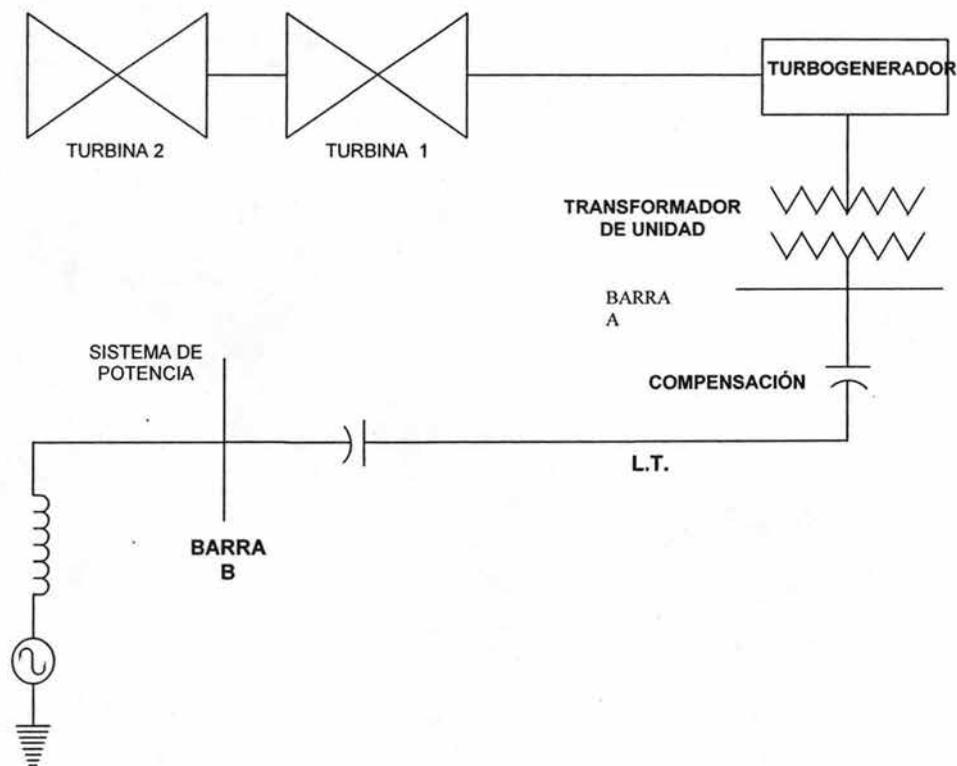


Figura 39.- Diagrama esquemático de un turbogenerador conectado radialmente mediante una línea a un sistema de potencia.



5.8.2 CAPACITORES DE GRADIENTE Y RESONANCIA SUBSÍNCRONA EN LA PLANTA-SUBESTACIÓN VALLE DE MÉXICO.

La posible repotenciación de los interruptores FX 12 en VALLE DE MÉXICO, mediante el reemplazo de los capacitores de gradiente de 5000 pF por otros de 10000 pF en las cámaras de extinción de dichos interruptores, motivó a efectuar un estudio, ante la remota posibilidad de la presencia de resonancias subsíncronas en las unidades generadoras de la planta, que tendrían efectos no deseables para el sistema eléctrico de potencia.

Para determinar si es un riesgo o no dicho fenómeno, en primera instancia se determinó la frecuencia natural de los circuitos eléctricos que conectan las unidades con las barras de 230 kV y evaluar así sus efectos caen dentro del rango de las frecuencias subsíncronas resonantes. Para ello tomaremos como circuito de prueba aquel de la(s) unidad(es) generadora(s) que presente la mayor reactancia inductiva.

Para el circuito eléctrico de las U-1 y U-Jets la reactancia inductiva serie XL (línea, transformador y generador) vista desde la barra de 230 kV es:

$$X_L = 148.48 \Omega;$$

como:

$$X_C = \frac{1}{(377 \times 10000 \times 10^{-12})} = 265,252 \Omega,$$

entonces, la frecuencia natural de dicho circuito será:

$$f = 60 \sqrt{\frac{265,252}{148.48}} = 2536 \text{ Hz}$$



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.8.3 CONCLUSIONES:

En la certeza de que las capacitancias de gradiente figura (40), de los interruptores FX 12, 230 KV, marca ALSTOM, no son elementos de riesgo que puedan excitar fenómenos oscilatorios subsíncronos, es claro que la repotenciación de dichos interruptores no representa ningún riesgo para el sistema ni para el personal.

El fenómeno de resonancia subsíncrona debido a los capacitores de gradiente de los interruptores FX 12 230 KV, no es posible que ocurra en las unidades generadoras de CFE como queda establecido en el presente estudio.

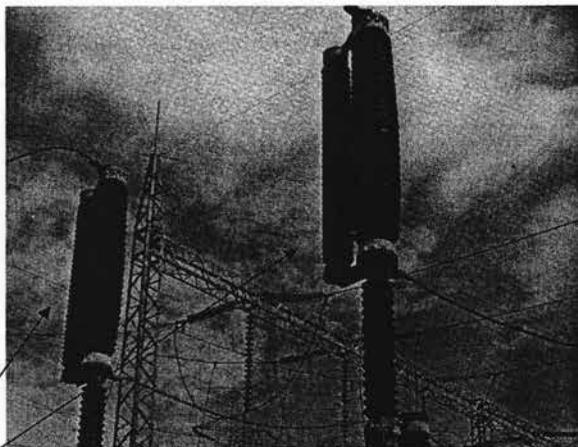


Figura (40).- capacitores de gradiente conectados en paralelo a la cámara de extinción.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

5.9 ANALISIS ECONÓMICO POR SUSTITUIR CAPACITORES DE GRADIENTE DE 5000 pf POR 10,000 pf

OFERTA ECONOMICA

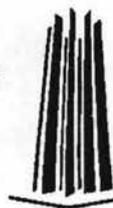
PAR TE	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	21	Lote	Suministro de refracciones para repotenciar interruptores GEC- ALSTOM tipo FX-12, de 230 kV, incluye 3 capacitores de 10,000 pf con juego de adaptaciones	\$ USD 250300 ≈	\$ 5256300
2	21	lote	Suministro de refacciones para mantenimiento de interruptores GEC- ALSTOM, tipo FX-12 de 230 kV	\$ USD 6150 ≈	\$ 129150
3	1	Lote	Instalación de capacitores De 10 000 pf	\$ 10000	\$ 210000
				TOTAL:	\$ 5,595,450

tabla 21

En la tabla (21), se maneja la moneda USD, establecida por el fabricante y dependen del tipo de cambio. El total esta referida a un lote de 21 interruptores para la S.E. Valle de México.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CAPÍTULO 6

DICTAMEN DE LA MEJOR SOLUCIÓN

En este capítulo se da una conclusión



CONTENIDO	PAGINA
6.1 Introducción	179
6.2 Vista de los interruptores recomendados	181
6.3 Dictamen de la mejor solución	182



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CAPÍTULO 6

6 DICTAMEN DE LA MEJOR SOLUCIÓN

6.1 INTRODUCCIÓN

Para el primer caso Subestación Cerro Gordo se encuentra en el criterio número 3 que sugiere que se debe sustituir inmediatamente el interruptor de potencia de 230 kV, de baja capacidad interruptiva (en este caso es 40 kA) por uno interruptor de potencia de 230 kV de alta capacidad interruptiva (en este caso de 63 kA) ya que se vislumbra tener estos valores a largo plazo y teniendo en cuenta que la vida útil de un interruptor es de 20 años. En este momento solo tenemos referencia de alcanzar valores de corto circuito de 51 kA para el año 2010, ver tabla (3) capítulo 5. A su vez se ha analizado el costo por la inversión del interruptor de alta capacidad interruptiva en 230 kV a 63 kA que es; \$1,025,000, parte de este gasto implica la seguridad, continuidad y calidad del servicio del sistema. Al mencionar parte del gasto me refiero que también se requiere considerar entre otras cosas el funcionamiento de transformadores de corriente y el ajuste de protecciones: estas últimas dos situaciones no se tratan en el presente trabajo.

Para el segundo caso Subestación Valle de México se encuentra en el criterio número 2 que sugiere programar la sustitución del interruptor de potencia de baja capacidad interruptiva (en este caso es de 50 kA). Tomando como referencia los niveles de corto circuito de la Subestación Valle de México ver tabla (19) del capítulo 5, se observa el aumento del nivel de corto circuito a tal grado que las corrientes de falla son superiores a las que por diseño pueden soportar interruptores y otros equipos (transformadores de corriente y sistemas de protección), valores de hasta 70 kA en corrientes de falla monofásica para el año 2010 a lo anterior propone a primera instancia la repotenciación de los interruptores cambiando su interruptor de gradiente, cuyo valor actual es de 5000 pf por uno de 10000 pf esta solución es acorto plazo.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

Tomado información del fabricante ALSTOM para el interruptor FX-12 instalado en la subestación Valle de México, los interruptores tienen; duración del servicio 20 años, cantidad de ciclos mecánicos 3000 a 4000 ciclos, desgaste eléctrico ver figura (1), se puede apreciar que estos interruptores son capaces de soportar corrientes de corto circuito de hasta 63 kA.

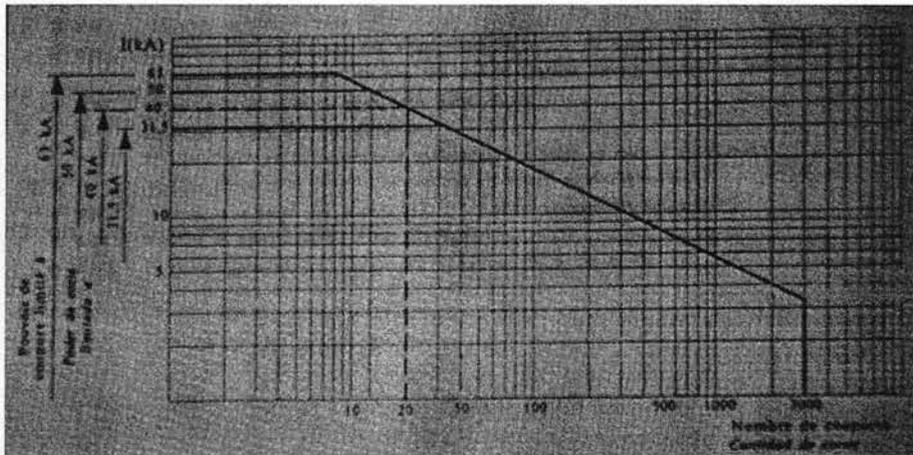


figura 1, desgaste eléctrico del interruptor FX-12, de 230 kV

Para dar una solución a largo plazo; el diseño de la expansión futura de los sistemas de potencia, así como también en la determinación de las mejores condiciones de operación en el sistema, se hace necesario de manera mutuamente complementaria entre los estudios de corto circuito y flujo de potencia tomar la decisión de seccionamiento de las barras de la subestación Valle de México, ya que el pensar en el diseño de interruptores con niveles interruptivos especiales (>63 kA) sería más costosa y sobre diseño especial.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

6.2 VISTA DE LOS INTERRUPTORES RECOMENDADOS

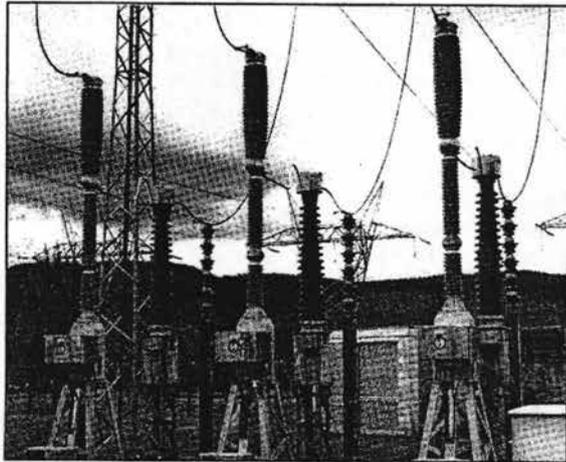


figura 2

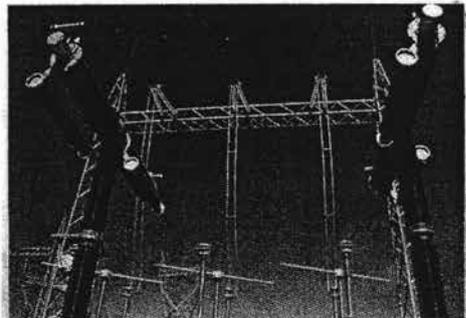


figura 3



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

6.4 DICTAMEN DEL MEJOR INTERRUPTOR

Los interruptores mejores serán los que cumplan con la especificación técnica LFC-ING-017 última revisión, ya que esta trata los requerimientos técnicos de los interruptores de Potencia desde 23 kV hasta 400 kV. Para este presente trabajo solo se manejaron interruptores de 230 kV, pero es un ejemplo a seguir para el análisis de sustitución de cualquier interruptor de potencia, ya que para la toma de decisión no solo es el valor de corto circuito si no se debe ver el tema de manera integral, es por eso que se tomo el caso de la Subestación Valle de México y como caso con menos implicaciones el de la Subestación de Cerro Gordo.

En adición a los puntos anteriores es necesario mencionar dos conceptos, el primero concepto es la importancia en tiempo para la ejecución de un proyecto, como es el tiempo de entrega, es decir el tiempo que se tarde la compañía seleccionada para el desarrollo del proyecto, ver el siguiente cronograma.

Tiempo para poner en marcha un Interruptor	Tiempo estimado	3 MES	6 MES	9 MES	12 MES	15 MES	18 MES
Ingeniería para su selección	1 mes	□					
Tramite de licitación y Adjudicación de contrato	3 meses	▬					
Fabricación de los equipos	10 meses		▬				
Equipos en almacen .	1 mes					□	
Obra civil y electromecánica	4 meses			▬			
Montaje y puesta en servicio de los equipos	1 mes						□
Total	16 meses						

tabla 1



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

El segundo concepto es;
Bases de la Licitación

- Bienes *Descripción
 *Cantidad
 *Unidad de medida
- Requisitos técnicos
- Asistencia técnica y capacitación
- Mantenimiento
- Refracciones
- Calidad de bienes
- Periodo de garantía del bien
- Plazos de entrega *De los dibujos y planos
 *De los manuales
- Condiciones de entrega de los bienes
- lugar de entrega y horarios
- Forma de recepción de los bienes
- Identificación de los bienes
- Empaque de los bienes
- Condiciones de pago
- Moneda en que se debe entregar su propuesta
- Urgencia de la propuesta
- Pagos anticipados
- Garantías
- Penas convencionales por atraso en las entregas



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

CONCLUSIONES

PROGRAMAR ACCIONES

En todas aquellas subestaciones (existentes o nuevas) en que se den valores de corto circuito de riesgo próximos a presentarse dentro del lazo de diez años, es necesario implementar y programar acciones urgentes que permitan:

- Proceder a la sustitución oportuna de interruptores cuya capacidad interruptiva esté en riesgo de ser rebasada o que ya haya sido rebasada.
- Efectuar los cambios topológicos en el Sistema Eléctrico de Potencia que erradiquen las altas concentraciones de capacidad de corto circuito que actualmente acusa un importante número de barras del sistema, previos estudios de factibilidad que garanticen la operación segura y confiable del mismo.
- Planear estratégicamente la generación futura para evitar su concentración como actualmente se presenta en algunas zonas ya que es un factor importante de las elevadas capacidades de corto circuito.
- Estudiar la posible implementación en el Sistema Eléctrico de Potencia de aquellas soluciones técnicas que actualmente ofrecen las tecnologías de punta de la Electrónica de Potencia (FACTS).



APÉNDICE I

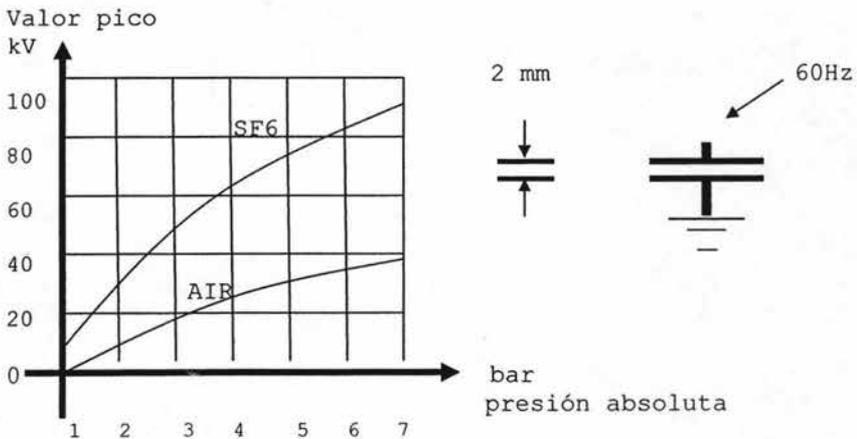
A-1 CURIOSIDAD DEL SIGLO XIX INDISPENSABLE HOY EN DIA

La síntesis del hexafluoruro de azufre SF₆, por acción directa del fluor gaseoso sobre el azufre se realizo por primera vez en 1900 en Paris por Moissan y Lebeau.

A-2 AGENTE EXTINTOR DEL ARCO Y EXCELENTE MEDIO DIELECTRICO

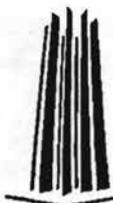
El SF₆ es un excelente fluido de corte
-La alta energía de disociación del SF₆ ocasiona el eficaz enfriamiento de arco.
-El hexafluoruro de azufre y los compuestos disociados siendo fuertemente electronegativos, captan rapidamente los electrones libres lo que permite restablecimiento de tensión muy estrictos, hasta temperaturas de algunos miles de ° K.

En condiciones comparables la rigidez dieléctrica del SF₆ es más del doble que la del aire. Esta propiedad se debe esencialmente al carácter electronegativo de la molécula de SF₆ que capta electrones libres y previene el fenómeno de avalancha, cuyo origen es la activación.





TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

A-3 CARACTERISCAS Y PROPIEDADES DEL SF6

El SF6 es un gas inerte, dieléctrico, interruptor, no inflamable, no tóxico e inodoro.

Densidad cerca de 3 veces al aire resistividad es de 2 veces la del aire excede a 3kg/cm^2 de presión al aceite.

A-3.1 PRUEVAS DEL GAS HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF6)

- Conceptos generales relacionados con la humedad.
- Punto de rocío
- Humedad
- Humedad absoluta
- Humedad relativa
- Vapor saturado
- Partes por millón
- Pruebas en campo de contenido de humedad (punto de rocío)
- Medición del contenido de humedad (punto de rocío)
- Procedimientos de la prueba en el campo de contenido de humedad con equipos
- Interpretación de resultados de la prueba del contenido de humedad



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

A-3.2 CONSTANTE FÍSICA DEL SF6

	SF6	Aire
-Peso Molecular	146	28.8
-Punto de fusión (°C)	-50.70	
-Temperatura de sublimación (°C)	-63.8	
-Temperatura critica (°C)	45.547_+ 0.003	
-Presión critica (kg/cm ²)	38.35	
-Densidad critica (kg/cm ³)	0.730	
-Constante dieléctrica a 25°C 1 atm	1.002	1.0005
-Relación de calor especifico	1.07	1.4
-Conductividad térmica	3.36×10 ⁻⁵	5.12×10 ⁻⁵
a 30°C Cal/seg*cm*°C		
-Calor especifico presión constante	23.2	6.8
a 25°C 1 atm		
-Solubilidad en aceite	0.297	
cm ³ por cm ³ de aceite		
-Solubilidad en agua	0.001	
cm ³ por cm ³ en agua		
-Solubilidad del gua en SF6	0.933± 0.01	
(% de peso a 30°C)		
-Densida a 20°C (gr/l);		
0 kg/cm ²	6.25	1.166
1 kg/cm ²	12.3	
5 kg/cm ²	38.2	
10 kg/cm ²	75.6	
15 kg/cm ²	119.0	



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

APÉNDICE II

A-2 PLANIFICACION DE EXPANCIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELECTRICA EN LFC.

ARTICULO 4°

Para efectos de esta ley, la presentación del servicio público de la energía eléctrica comprende:

- I. La planeación del sistema eléctrico.
- II. La generación, conducción, transformación, y distribución y venta de la energía eléctrica.
- III. La realización de todas las obras, instalación y trabajos que requieran la, planeación, ejecución, operación y mantenimiento del sistema eléctrico.

ARTICULO 9°

- I. Prestar los servicios de energía en los términos del artículo 4°, y conforme a lo dispuesto al artículo 5°.
- II. Proponer a la SENER los programas a los que se refiere el artículo 4°.



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

A-2.1 LO PECULIAR DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

PECULIARIDAD
OPORTUNIDAD

NECESIDAD

Electricidad
no Almacenable

Suministro en
cualquier punto,
acotado por capacidad
de Generación y de
Transmisión

Elasticidad de
Operación y
Distribución, casi
nulas en plazo corto

Balance de O/D
en tiempo real

Conciliación de
O/D a larga
plazo

Minimizar costos
de Operación
(despacho
generación)

Minimizar costos
Operación +
+ Inversión
Fallas
(planificación
de largo plazo)



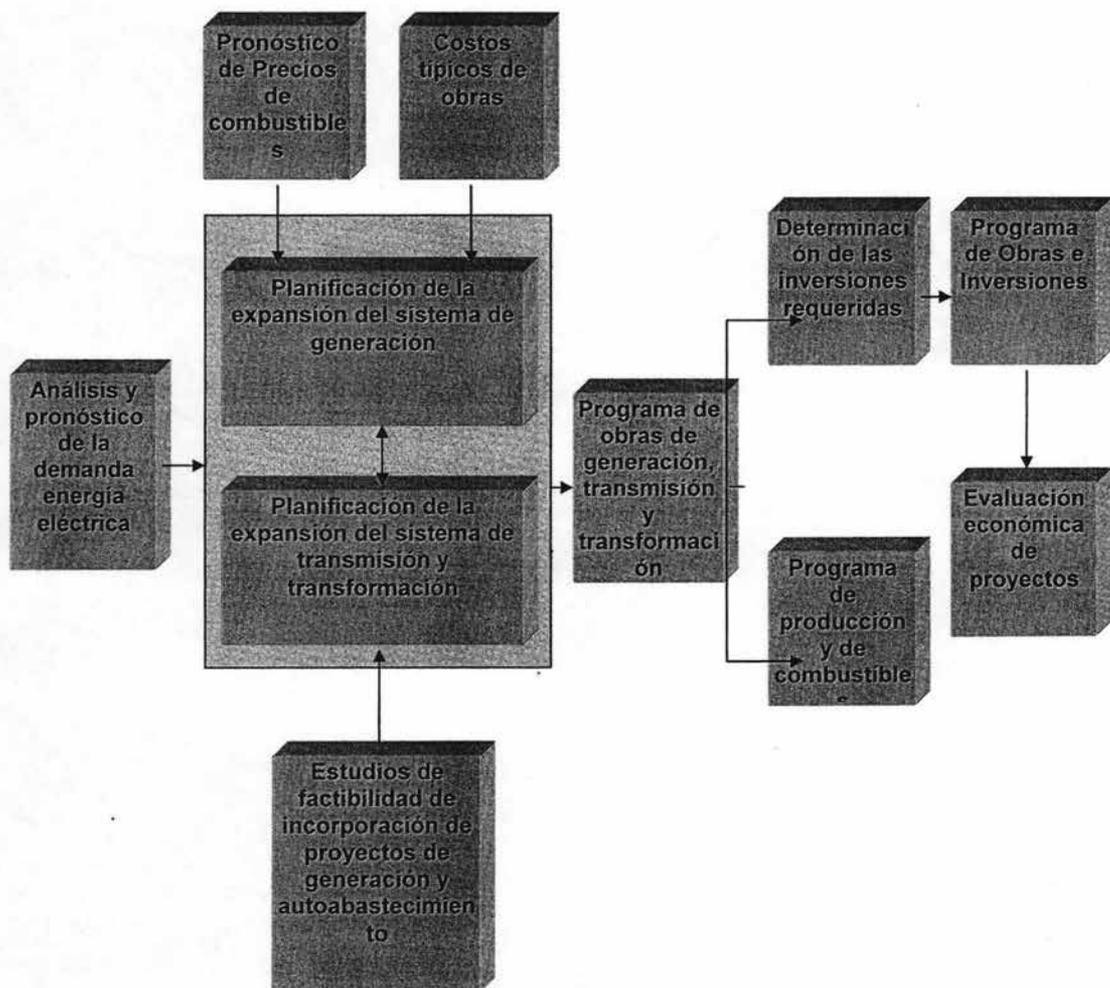
TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

A-2.2 PLANEACION DE LA EXPANSIÓN





TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

A-2.3 ETAPAS DE ESTUDIO DE LA EXPANCIÓN DEL SISTEMA ELECTRICO

ETAPAS	PERIODO DE INTERÉS	ESTUDIOS DE GENERACIÓN	ESTUDIOS DE REDES		
			NACIONAL	REGIONAL	DISTRIBUCIÓN
1	LARGO PLAZO de N+10 a N+30	Lineamientos Estructura del Parque de Generación	Lineamiento de Centrales Corredores de Transmisión		
2	MEDIANO PLAZO de N+4 a N+10	Programa de Centrales Generadoras	Programa Obras de Transmisión	Programa de Líneas y Subestaciones	
3	CORTO PLAZO de N+1 a N+4	Ajustes al Programa	Modificación de Redes	Modificación de Redes	Programa de Obras de Distribución



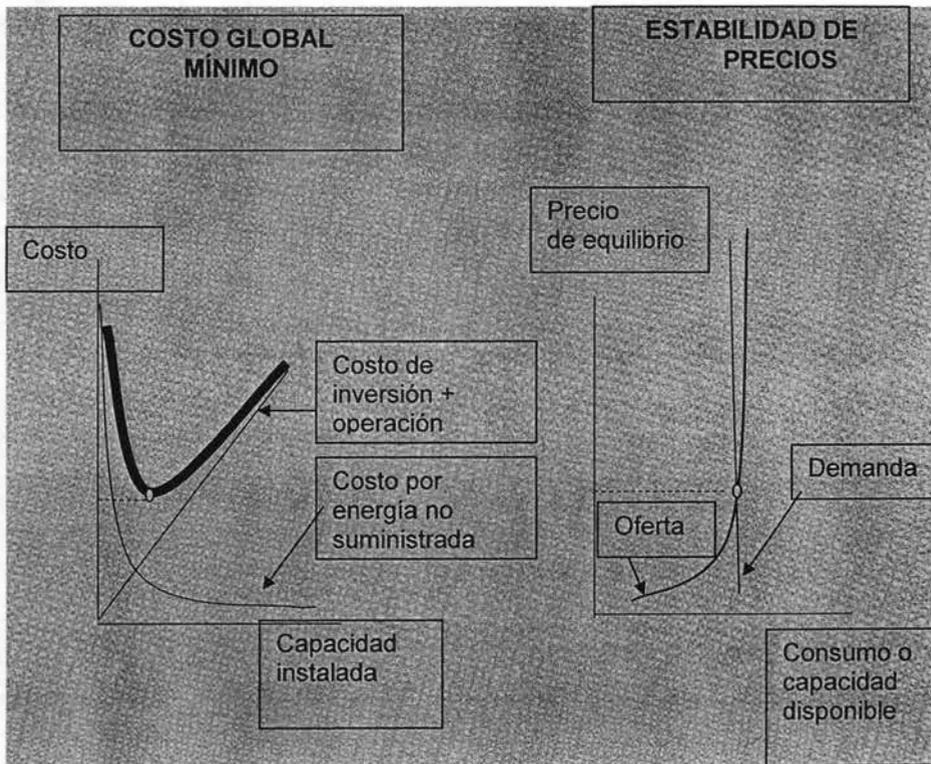
TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

A-2.4 RESULTADO FINAL





TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

GLOSARIO

ZMCM	Zona Metropolitana de la Ciudad de México
POISE	Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico
SIN	Sistema de Interconectado Eléctrica
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CENER	Secretaria de Energía



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA



UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

BIBLIOGRAFIA

Manual de Operación
OERLINKON (CIRCUIT BRACKER)
Intruccion for Ereccion and Service
8050 Zurich, Switzerland

Manual de Operación y Servicio
Disyuntor en SF6/CI de 230 kV
GEC - ALSTHOM
T&D

Manual de diagrama unifilar de Subestaciones Zona Centro
Mantenimiento, LFC
Enero 2003

Especificación LFC-ING-017
Interruptores de Potencia de 23 a 400 kV
Gerencia de Ingeniería
Julio 2003

Tercera Semana de la calidad y Confiabilidad:
-Estudio de la Expansión de la Red Eléctrica
Interconectada entre LFC y CFE
-Estudio de Corto Circuito en Subestaciones del Área de
Control Central

Sexta Semana de la Calidad y Confiabilidad:
PANEL 2 Presentación Ing. Edgar Velázquez
PANEL 4 100 Años de operación de la red de
distribución LFC
PONENCIA 03 Operación de LFC-Pasado, Presente y Futuro
PONENCIA 04 Transmisión de LFC- Pasado, Presente y Futuro
PONENCIA 07 Revisión de la capacidad Interruptiva
PONENCIA 09 Homologación en la especificación de
Transformadores
PONENCIA 10 Alternativas del incremento del suministro de
la energía eléctrica
PONENCIA 11 Análisis de Redes
PONENCIA 12 Capacidad de suministro de interconexión de
la Red de la zona Metropolitana
PONENCIA 13 Análisis de los disturbios mas recientes en
el Sistema eléctrico



TESIS: ANALISIS TECNICO Y ECONOMICO PARA SUSTITUIR
INTERRUPTORES DE BAJA CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN ALTA
TENSION POR INTERRUPTORES DE ALTA CAPACIDAD INTERRUPTIVA
PARA LA ZONA METROPOLITANA

UNAM-ARAGON

PRESENTA: VICTOR LIMA MEJIA

WWW.// tde.alstom.com

WWW.// CFE.com.mx

WWW.// LFC.com.mx

WWW.// Siemens México PTD.com.mx