

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD



GUIA DE CRITERIOS BASICOS PARA SUBESTACIONES DE 115, 230 Y 400 kV

GUIA PROVISIONAL
CFE 04400-42

NOVIEMBRE 1989

MEXICO

P R E F A C I O

Esta guía ha sido elaborada de acuerdo con las Bases Generales para la Normalización en CFE, habiendo preparado el proyecto inicial la **Gerencia de Proyectos de Transmisión y Transformación**.

Participaron en la revisión y aprobación del presente documento normalizado las áreas que se indican a continuación:

GERENCIA DE CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGIA, CENACE
GERENCIA DE DISTRIBUCION
GERENCIA DE GENERACION Y TRANSMISION
GERENCIA DE LABORATORIO
GERENCIA DE PROYECTOS GEOTERMoeLECTRICOS
GERENCIA DE PROYECTOS TERMoeLECTRICOS
GERENCIA DE PROYECTOS DE TRANSMISION Y TRANSFORMACION

De acuerdo al procedimiento para elaboración de documentos normalizados, autorizado por la Dirección General de CFE, con oficio núm. 03742 del 4 de diciembre de 1987, presentamos esta GUIA PROVISIONAL para que sea aplicada durante por lo menos un año, a partir de la fecha abajo indicada y probar su efectividad durante el período en que esté en vigor. Posteriormente se someterá a la autorización de la Dirección General tomando en cuenta las observaciones que se deriven de la aplicación de la misma las cuales deberán enviarse al Departamento de Normalización de la Gerencia de Laboratorio.

Este documento normalizado revisa y substituye a todos los relacionados con con guía de criterios básicos para subestaciones que se hayan publicado, dentro del campo de aplicación del presente.



JULIAN ADAME MIRANDA
GERENTE DEL LABORATORIO

NOTA: Entra en vigor como guía provisional a partir de:

C O N T E N I D O

1	OBJETIVO	1
2	DIAGRAMA UNIFILIAR.	1
2.1	Selección del Esquema de Barras	2
2.2	Arreglos de Barras	3
2.3	Hipótesis y Datos Generales para las Subestaciones	3
2.4	Hipótesis y Datos Eléctricos	4
3	ASPECTOS ESPECIFICOS DE LOS PROYECTOS NORMALIZADOS CONSIDERADOS PARA LA CONSTRUCCION DE SUBESTACIONES TIPO INTEMPERIE.	29
3.1	Determinación de los Criterios de Análisis	30
3.2	Seguridad General de la Operación de la Red	30
3.3	Condiciones de Operación.	30
3.4	Número de Interruptores que deben Abrir en caso de Fallas por Salida de Línea	30
3.5	Simplicidad de Maniobras de Operación.	30
3.6	Mantenimiento del Equipo	31
3.7	Costo y Confiabilidad General de la Subestación	31
3.8	Condiciones que deben Satisfacer la Construcción de una Subestación.	31
4	IMPACTO AMBIENTAL DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS	32
4.1	Apariencia	33
4.2	Ruido Audible	33
4.3	Interferencia en Radio y Televisión.	34
5	LOS SERVICIOS PROPIOS	35
5.1	Selección de Fuentes de Alimentación.	35
5.2	Servicios Auxiliares Esenciales	36
5.3	Servicios Auxiliares Principales.	37
5.4	Cálculos de los Servicios de Emergencia	38
5.5	Alumbrado de las Subestaciones.	39
TABLA 1	Tensiones normalizadas	4
TABLA 2	Tensiones nominales, calibre y material del conductor	5
TABLA 3	Corrientes de corto circuito.	5
FIGURA 1	Barra principal y transferencia (B1, B2) (115 kV)	6
FIGURA 2	Barra principal y transferencia (B1, B2)	7
FIGURA 3	Doble barra principal (B1, B2) (115 y 230 kV)	8
FIGURA 4	Doble barra principal (B1, B2) (115 y 230 kV)	9
FIGURA 5	Interruptor y medio (B7, B2) (115 y 230 kV).	10
FIGURA 6	Banco de transferencia interruptor y medio (B1, B2) (115 y 230 kV)	11
FIGURA 7	Banco de transferencia interruptor y medio (B1, B2) (230 y 400 kV)	12

FIGURA 8	Interruptor y medio (B1, B2) (230 y 400 kV)	13
FIGURA 9	Interruptor y medio en "U" (B1, B2) (230 y 115 kV)	14
FIGURA 10	Interruptor y medio en "U" (230 y 115 kV).	15
FIGURA 11	Interruptor y medio en "I" (230 y 115 kV)	16
FIGURA 12	Interruptor y medio en "I" (230 y 115 kV)	17
FIGURA 13	Doble juego de barras principales	18
FIGURA 14	Principal y transferencia con previsión a doble juego de barras principales	19
FIGURA 15	Principal y transferencia limitada a expansión a doble juego de barras principales	20
FIGURA 16	Principal y transferencia previsto para doble juego de barras principales	21
FIGURA 17	Interruptor y medio más uno de reserva (400 y 115 kV)	22
FIGURA 18	Interruptor y medio más uno de reserva (400 y 115 kV)	23
FIGURA 19	Doble barra principal (B1, B2) (115 y 230 kV)	24
FIGURA 20	Barra principal y transferencia (B1, B2)	25

1 OBJETIVO

El diseño de subestaciones eléctricas, se puede considerar en cierta manera, como el ensamble repetitivo, en distintas formas de elementos prediseñados; dependiendo de los requerimientos funcionales, y ambientales.

Las subestaciones a una cierta tensión se construyen por lo general, conectando los mismos equipos, o aparatos, en varias formas; y la diferencia, cuando la hay, estriba únicamente en la cantidad y arreglo de estos componentes. Existen algunas diferencias impuestas; ya sea por las características funcionales y por las condiciones ambientales; como pueden ser la distinta naturaleza del terreno; las diferentes condiciones meteorológicas; los distintos niveles de contaminación.

Para una empresa eléctrica grande, como la Comisión es razonable y económico, diseñar los componentes comunes a todos los sistemas, una vez y para todos. En otras palabras, llegar a la normalización de sus componentes, en la misma forma; dado que la mayoría de los componentes, consiste a su vez, de un cierto número de subcomponentes: los elementos normalizados -componentes y subcomponentes-. Estos se deben diseñar, tomando en consideración todas las posibles limitaciones ambientales y funcionales que; presumiblemente caracterizan a los lugares, a donde estos elementos, estarán destinados.

En este punto, el diseño de una subestación dada, consiste principalmente en la selección de los elementos necesarios; y la definición del mejor arreglo que deben tener, pensando en su comportamiento y posible automatización considerando como aspectos fundamentales, los diferentes arreglos de barras; distancias entre partes vivas y a tierra; distancias de seguridad, estética, selección y aplicación de partes principales; como conductores, aisladores, conectores, estudios para selección de protecciones, red de tierras, también se debe proporcionar, la información necesaria para los trabajos de ingeniería civil.

2 DIAGRAMA UNIFILAR

El punto de partida para el diseño de una subestación eléctrica es el llamado diagrama unifilar; este diagrama debe mostrar la conexión y arreglo de todos los equipos eléctricos; es decir, barras, puntos de conexión, transformadores de potencia, acoplamiento entre bahías, interruptores, transformadores de instrumento, cuchillas desconectadoras, apartarrayos.

Para elaborar el diagrama unifilar se debe considerar el arreglo de barras; el grado de flexibilidad en operación, y la confiabilidad. De hecho, antes de proceder a la definición de las características de los distintos elementos de la subestación, así como su posible localización, se elabora al menos un diagrama unifilar simplificado, en donde se indique el arreglo propuesto de barras y su posición relativa.

Existen distintas variaciones para los arreglos de barras, la selección de un arreglo en particular depende de varios factores como por ejemplo: La tensión del sistema; la posición de la subestación en la red; la flexibilidad de operación; la confiabilidad en el suministro y el costo de la instalación. En adición a esto, se deben considerar los siguientes aspectos técnicos, que influyen en la decisión:

- a) Simplicidad en el sistema, al cual se conectará la subestación constituyendo un nodo.
- b) El mantenimiento se debe realizar facilmente; sin interrupción del --- servicio, o peligro para el personal de operación.
- c) Se debe tener disponibilidad de arreglos alternativos; en el caso de - salidas de servicio, o fallas en algunos equipos.
- d) El arreglo del equipo, no debe limitar la expansión, y/o aumento, en - el crecimiento de la carga; hasta un valor determinado.
- e) Debido a que de hecho, cada parte del equipo, constituye un punto ---- débil; de manera que, en los casos necesarios, se debe considerar la - posibilidad de usar equipo adicional -redundancia de equipos-, para -- cubrir posibles contingencias.
- f) La instalación debe ser, lo mas económica posible.

2.1 Selección del Esquema de Barras

Una de las consideraciones que se deben hacer, cuando se hace la selección de un --- esquema de barras, además de la económica; es la flexibilidad que el arreglo permita, entendiendose por flexibilidad, la facilidad para sacar de servicio un interruptor; - las barras; etcétera; sin interrumpir el servicio, o modificar la protección.

Los siguientes aspectos, se toman en consideración:

- . costo,
- . seguridad,
- . confiabilidad,
- . flexibilidad de operación,
- . simplicidad en la protección,
- . arreglo de equipo simple, y con fácil mantenimiento,
- . disponibilidad de terreno para la construcción,
- . localización de las líneas,
- . área requerida para ampliaciones futuras,
- . estética.

Algunos factores adicionales que se pueden considerar, porque en un momento dado, --

afectan la operación; son las condiciones metereológicas; la contaminación y la --- cantidad; y condiciones del mantenimiento por realizar.

2.2 Arreglos de Barras

Existen cinco formas básicas para conexión de barras, interruptores y líneas o ---- alimentadores; y cada una de estas formas, puede tener algunas variantes, para ---- satisfacer los requerimientos particulares de un proyecto. Como se ha indicado antes, la selección de un arreglo, depende principalmente del costo; la aplicación de la - subestación, a la red que se conectará; y del grado de confiabilidad, y continuidad de servicio requerida.

Los arreglos de barras mas comunes, usados para los distintos niveles de tensión, - en los proyectos de la gerencia de proyectos de transmisión y transformación; son - los siguientes:

En 115 kV.

Doble juego de barras principales; también conocido como barra principal y barra auxi liar. (barra 1 - barra 2).

Barra principal y barra de transferencia.- (definitiva o con previsión, para conver- sión a barra 1 - barra 2).

En 230 kV

Doble juego de barras principales. (barra 1 - barra 2).

Barra principal y barra de transferencia. (con previsión a barra 1 y barra 2).

Interruptor y medio.

En 400 kV.

Interruptor y medio.

2.3 Hipótesis y Datos Generales para las Subestaciones

La construcción de una subestación eléctrica, para llegar a obtener el arreglo ---- seleccionado, es un compromiso, entre un número de factores físicos, del lugar mis- mo de la instalación; como son: El clima, la altitud sobre el nivel del mar, la --- contaminación, las características del terreno, desde el punto de vista de mecánica de los suelos, la topografía, el coeficiente sísmico, la dirección de las líneas de transmisión, entrantes y salientes, etcétera. Otras condiciones, estan relacionadas con la operación de los interruptores; del tipo de cuchillas desconectadoras, de -- acuerdo a su apertura y que constituyen un facor decisivo, en la determinación del- arreglo físico y tamaño de la subestación.

El arreglo constructivo de la subestación, esta también influenciado, por el tipo - de conductor; ya sea que se trate de conductor (cable), o tubo; debido al espacio- que se ocupa, en cada caso.

Como regla general, para cualquier arreglo de una subestación; para un nivel de --- voltaje en particular, se considera:

- . que la subestación más económica; es aquella que es la más - baja y ocupa el menor espacio,
- . que la subestación más confiable; es aquella que incluye, el- menor número de cadenas de aisladores o aisladores soporte y- que las conexiones estén,
- . localizadas debajo del nivel de barras.

2.4 Hipótesis y Datos Eléctricos

2.4.1 Tensiones

Los valores de tensiones normalizadas, son los que se indican en la tabla 1.

TABLA 1- Tensiones normalizadas

Tensión nominal kV	Tensión máxima de diseño kV	Nivel básico de aislamiento, al impulso por rayo. kV	Nivel básico de aislamiento, al impulso por maniobra kV
115	123	550	-
230	245	1050 900	-
400	420	1300 1425	1050 1050

2.4.2 Corrientes nominales

Los valores de corrientes nominales, para cada uno de los niveles de tensión; estan determinados, por los límites térmicos de los conductores usados; así como en las - bahías de líneas, a partir del calibre nominal; se indican en la tabla 2

TABLA 2- Tensiones nominales, calibre y material del conductor

Tensión nominal kV	Calibre y material del conductor MCM, ACSR	Límite de corriente térmico, por conductor (A 75°C) AMPER
115	795 900 1113	900 970 1110
230	900 1113	970 1110
400	1113	1110

2.4.3 Corriente de corto circuito

Los valores máximos de corrientes de corto circuito simétrica en 115, 230 y 400 kV a excepción de casos especiales, estarán limitados a los indicados en la tabla 3.

TABLA 3- Corrientes de corto circuito

Tensión nominal kV	Corriente de corto circuito simétrica kA
115	25.0
230	31.5
400	40

Con estos valores, se verifica:

- la capacidad térmica de los conductores,
- la capacidad interruptiva, de los interruptores,
- el cálculo de los esfuerzos electrodinámicos, en conductores, aisladores y conectores,
- el cálculo de la resistencia, de los efectos de arco eléctrico en las cadenas de suspensión,

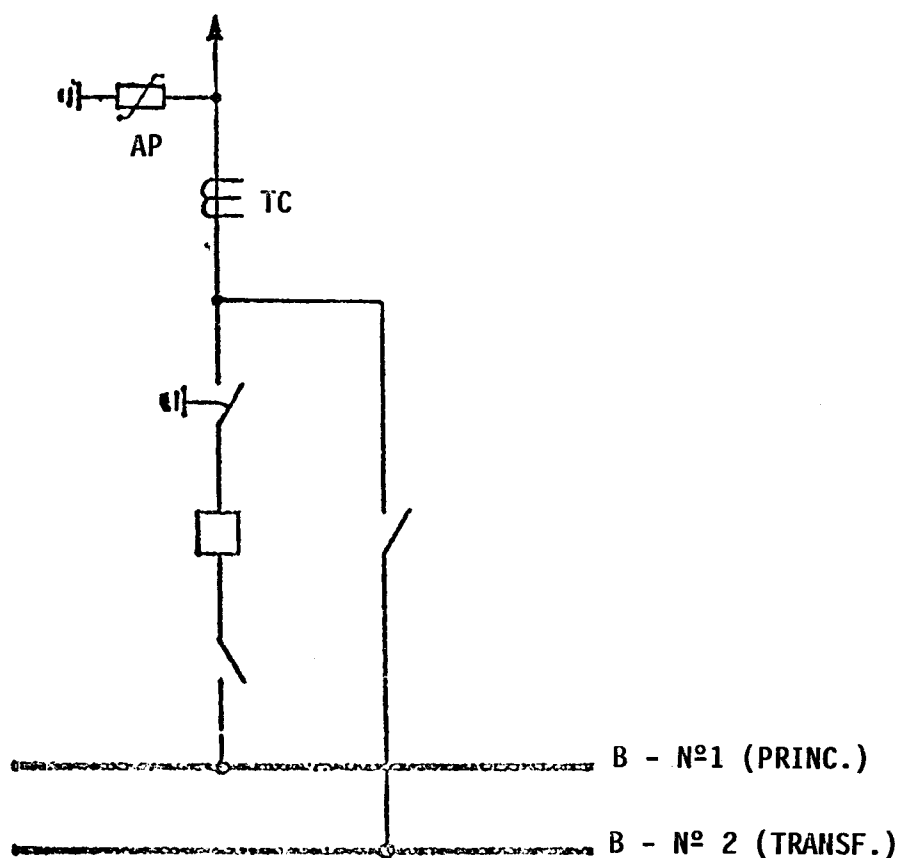
las corrientes de corto circuito térmicas y dinámicas, en --- transformadores de corriente, cuchillas desconectadoras, tram pas de onda.

Las duraciones de corto circuito, se consideran las siguientes:

0.05 S sin recierre.

0.10 S con un recierre posterior a 0.10 S con un tiempo de aislamiento de falla, no menor a 5 S.

**ALIMENTADOR DE LINEA DE TRANSMISION SUBESTACION: 115 kV,
CON CUCHILLA OPERACION VERTICAL LIMITADA PARA DOBLE BARRA**



**FIGURA 1- Barra principal y Transferencia (B1, B2)
(115 kV.)**

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
115	123	550	-----

ALIMENTADOR DE BCO. DE TRANSFORMACION
SUBESTACION: 115 kV

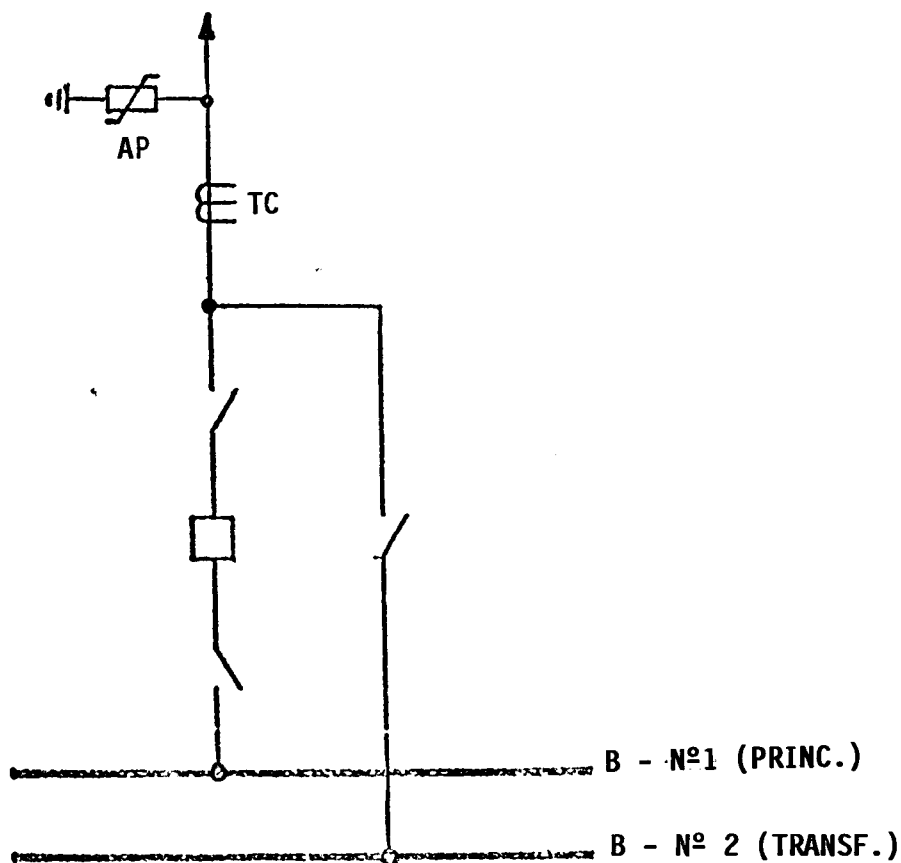


FIGURA.2- Barra principal y transferencia (B1, B2)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
115	123	550	-----

ALIMENTADOR DE BCO. DE TRANSFORMACION
SUBESTACION: 115 y 230 kV

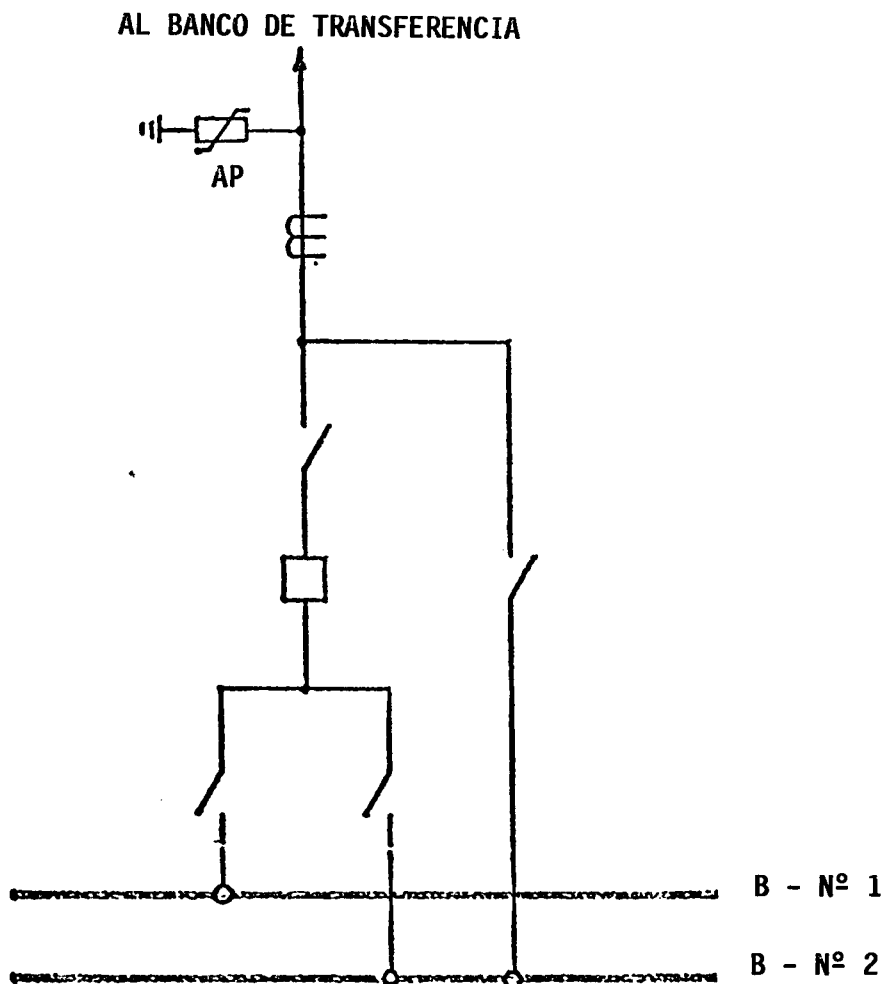


FIGURA 3- Doble barra principal (B1, B2)
(115 y 230 kV)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
115	123	550	-----
230	245	1050	-----

ALIMENTADOR DE LINEA DE TRANSMISION
SUBESTACION: 115 y 230 kV

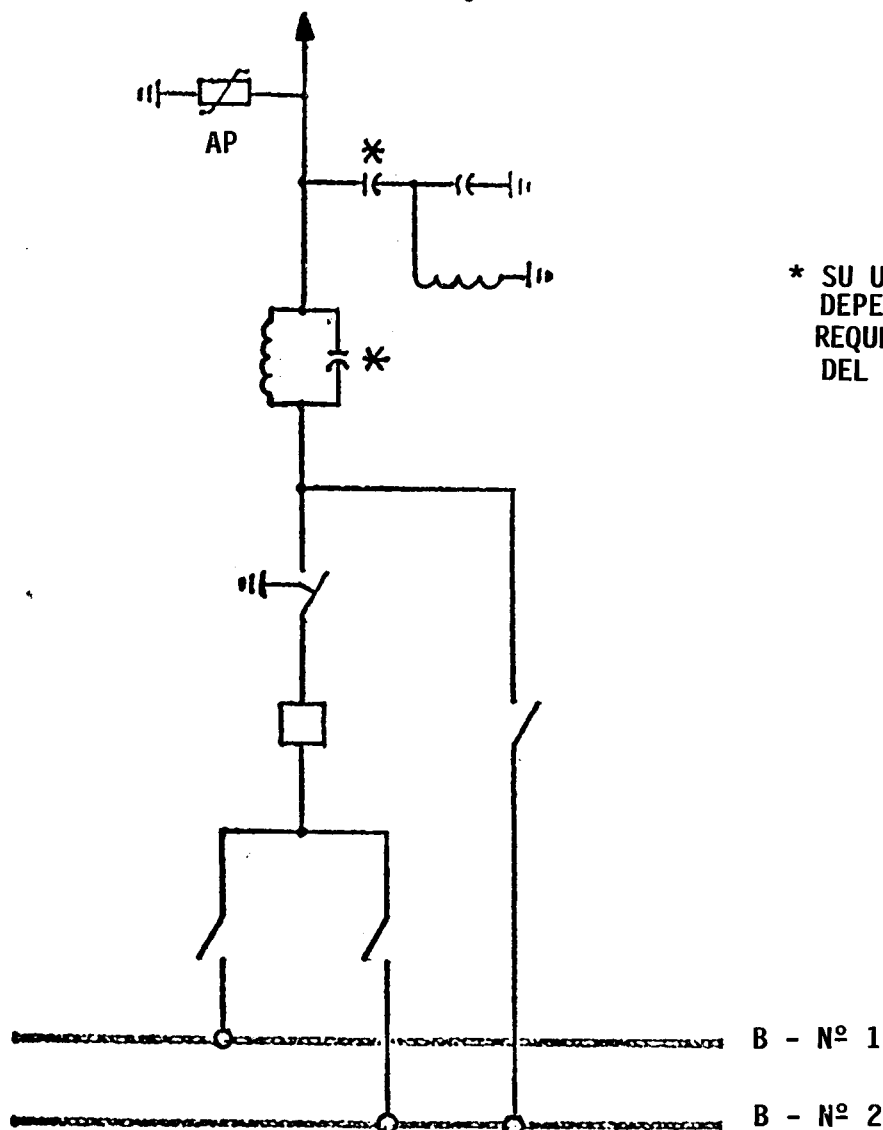
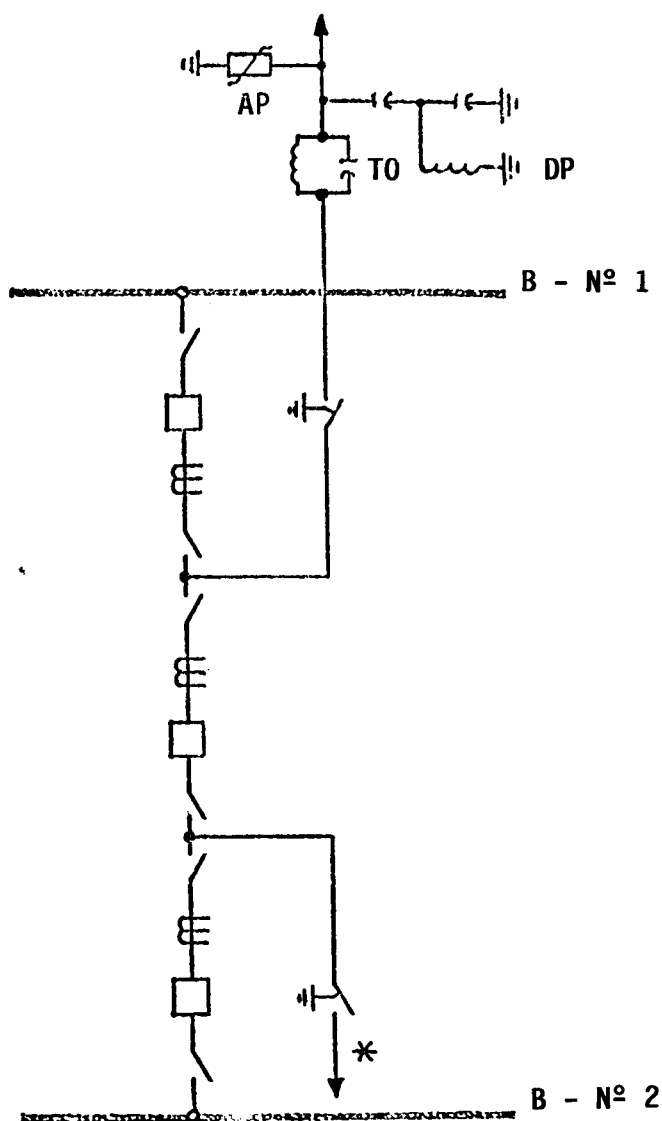


FIGURA 4 Doble barra principal (B1, B2)
(115 y 230 kV)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
115	123	550	-----
230	245	1050	-----

DOBLE ALIMENTADOR DE LINEA DE TRANSMISION
SUBESTACION: 115 y 230 kV. (S.E. EN LINEA)



* EQUIPO IDEM A LA
SALIDA SUPERIOR.

FIGURA 5- Interruptor y medio (B1, B2)
(115 y 230 kV)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
115	123	550	-----
230	245	1050	-----

DOBLE ALIMENTADOR DE LINEA DE TRANSMISION Y BCO. DE TRANSFORMACION SUBESTACION: 115 y 230 kV (EN LINEA)

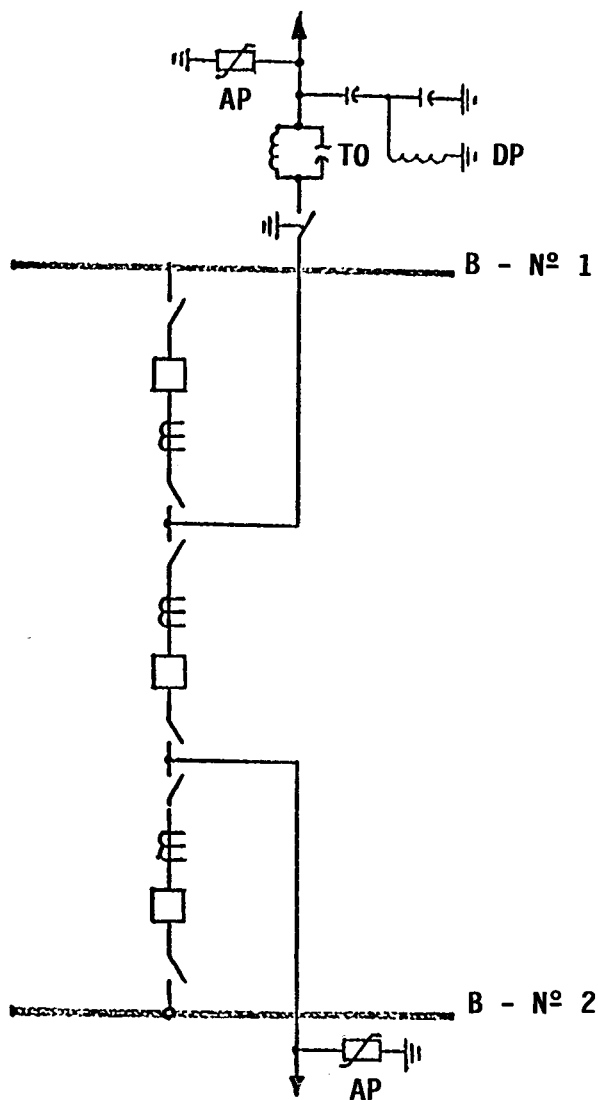


FIGURA 6-A Bco. de transferencia interruptor y medio (B1, B2)
(115 y 230 kV)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
115	123	550	-----
230	245	1050	-----

DOBLE ALIMENTADOR: DE LINEA DE TRANSMISION Y BCO. DE
TRANSFORMACION SUBESTACION: 230 y 400 kV (EN LINEA)

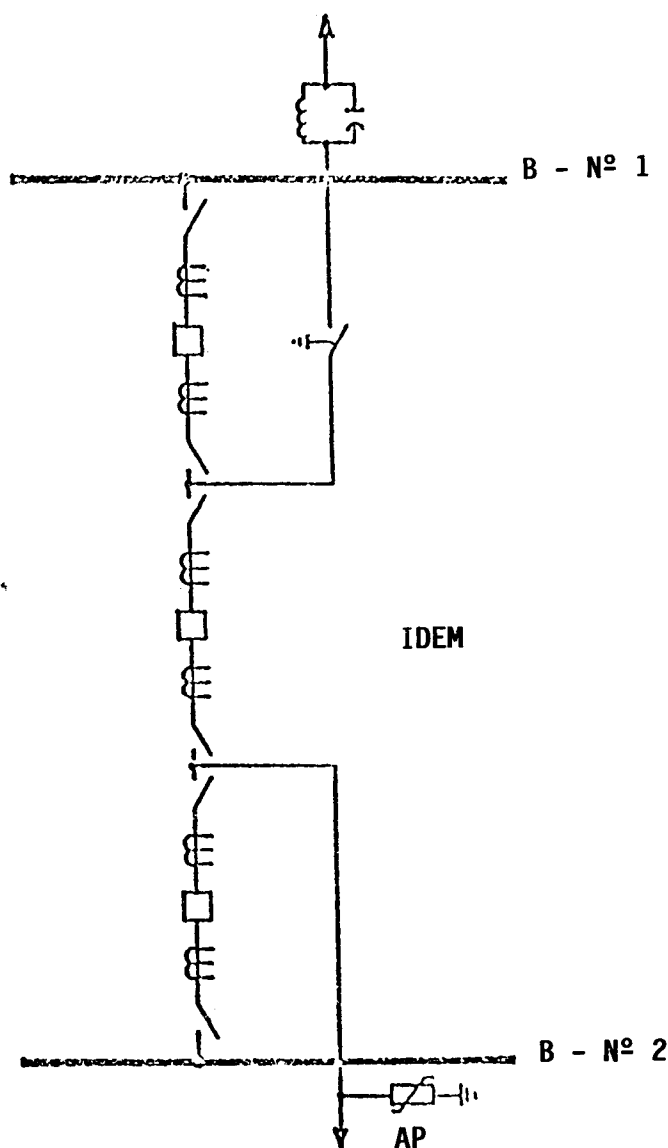


FIGURA 7-A Banco de transferencia interruptor y medio
(B1, B2) (230 y 400 kV)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
230	245	1050	-----
400	420	1425	1050

DOBLE ALIMENTADOR DE LINEA DE TRANSMISION SUBESTACION:
230 y 400 kV (S.E. EN LINEA) (I) Y EN (U)

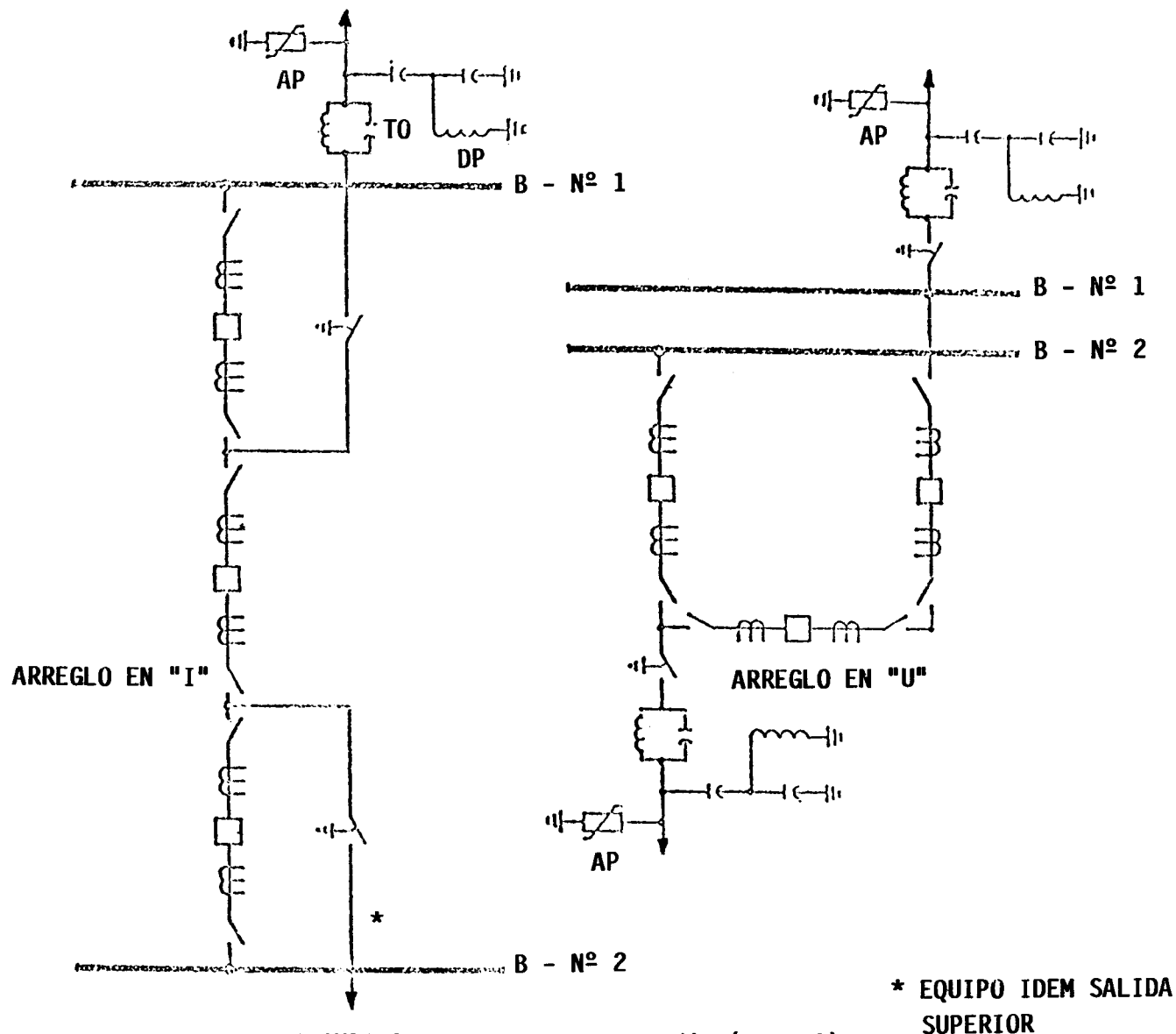


FIGURA 8- Interruptor y medio (B1, B2)
(230 y 400 kV)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
230	245	1050	-----
400	420	1425	1050

AREA DE TRANSFORMACION SUBESTACION:
230 y 115 kV (INT. Y MEDIO EN "U")

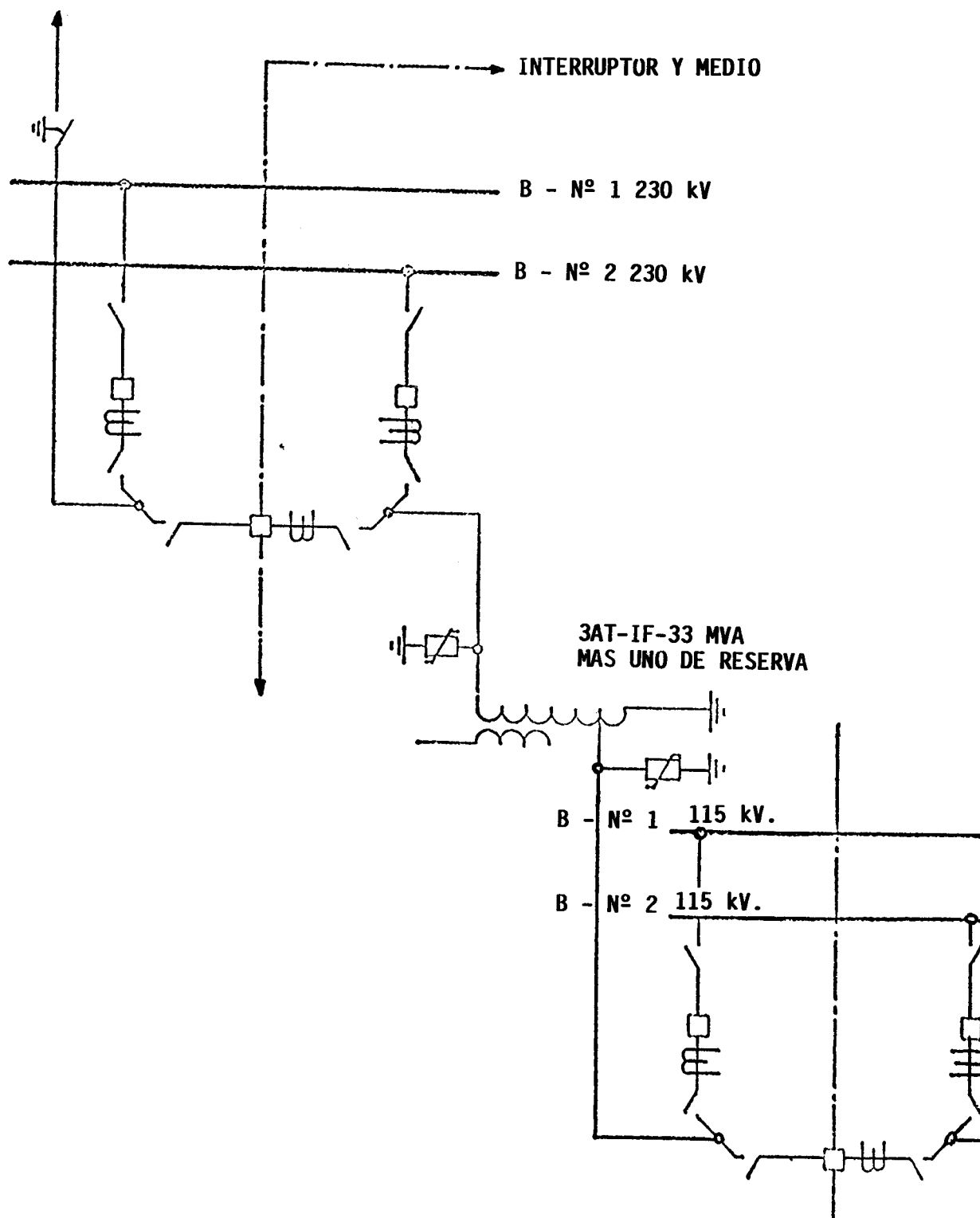


FIGURA 9.- Interruptor y medio en "U"
(B1, B2) (230 y 115 kV)

AREA DE TRANSFORMACION SUBESTACION:
230 Y 115 kV (INT. Y MEDIO EN "U")

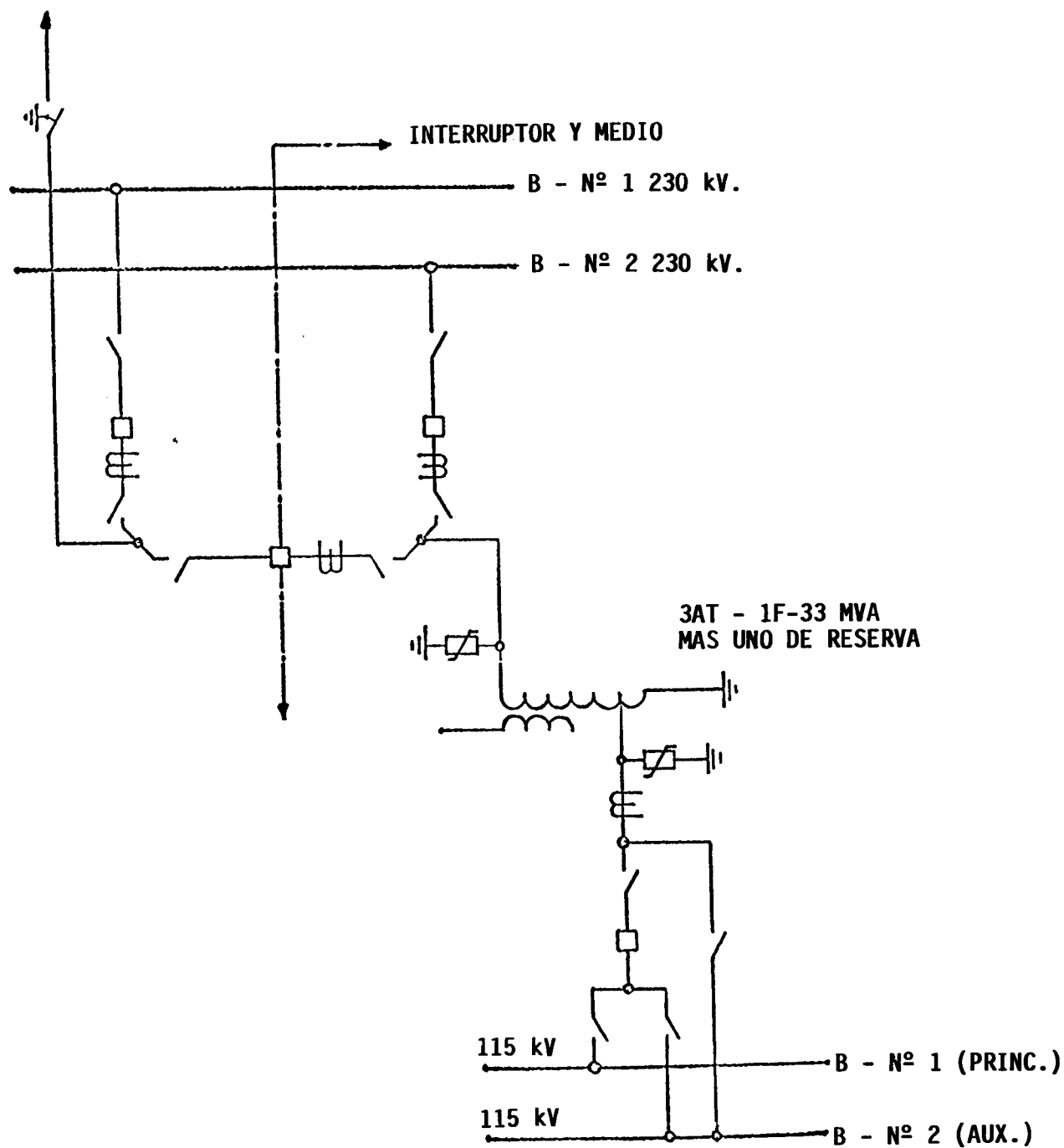


FIGURA 10- Interruptor y medio en "U"
(230 y 115 kV)

AREA DE TRANSFORMACION SUBESTACION: 230 Y 115 kV (INT. Y MEDIO EN "I")

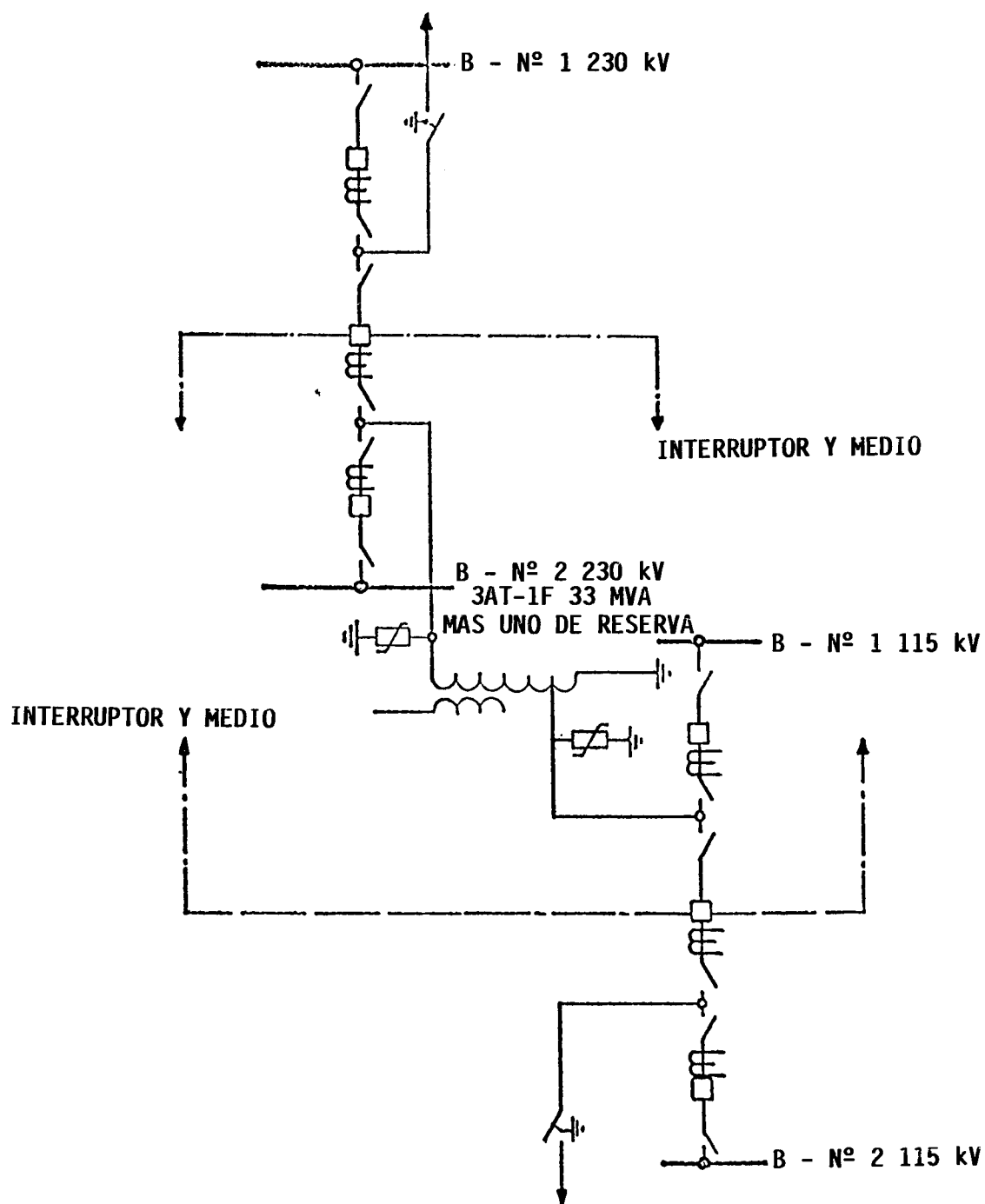


FIGURA 11- Interruptor y medio en "I"
(230 y 115 kV)

AREA DE TRANSFORMACION SUBESTACION: 230 y 115 kV (INT. Y MEDIO EN "J")

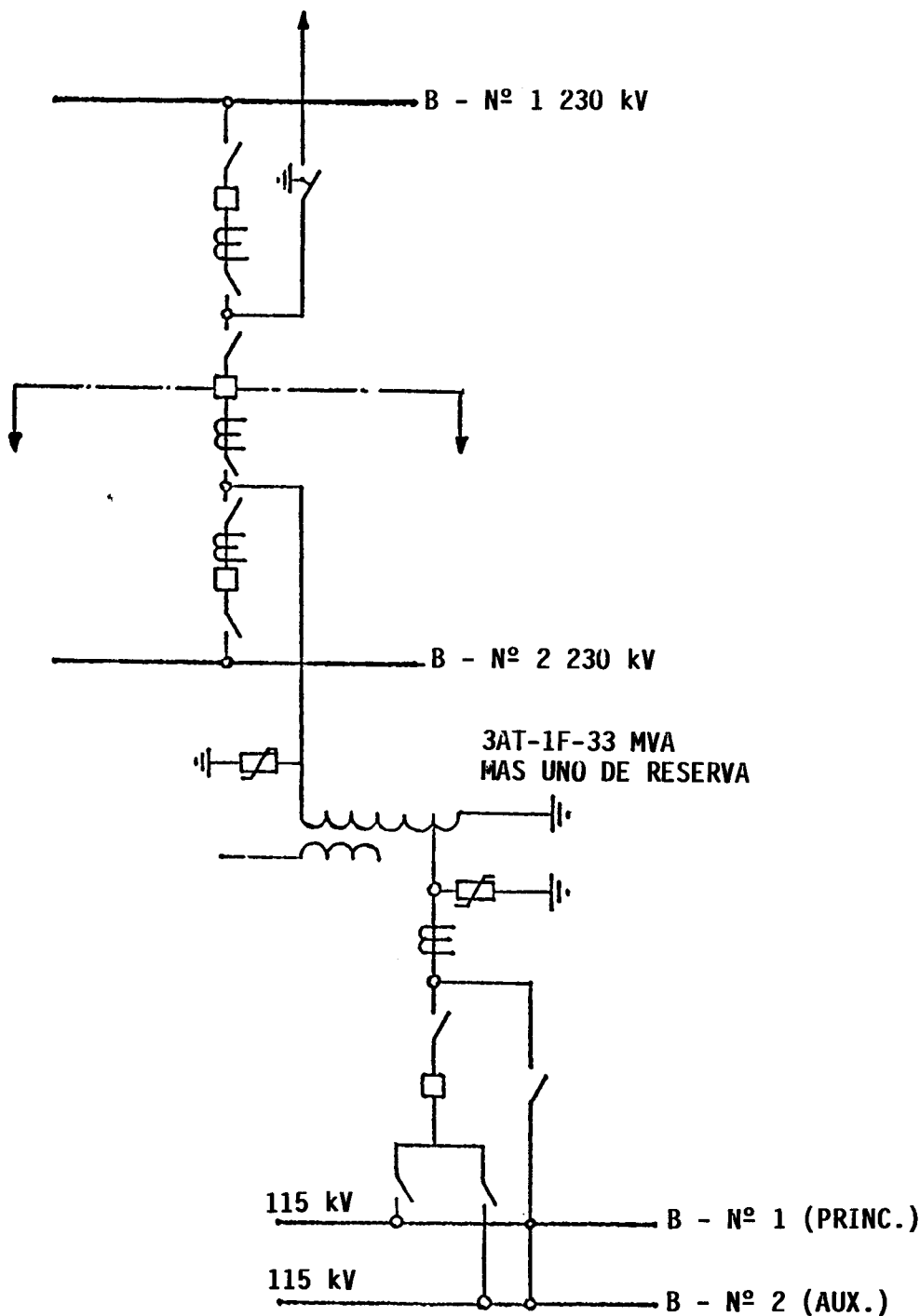


FIGURA 12- Interruptor y medio en "I"
(230 y 115 kV)

AREA DE TRANSFORMACION SUBESTACION:
230 Y 115 kV

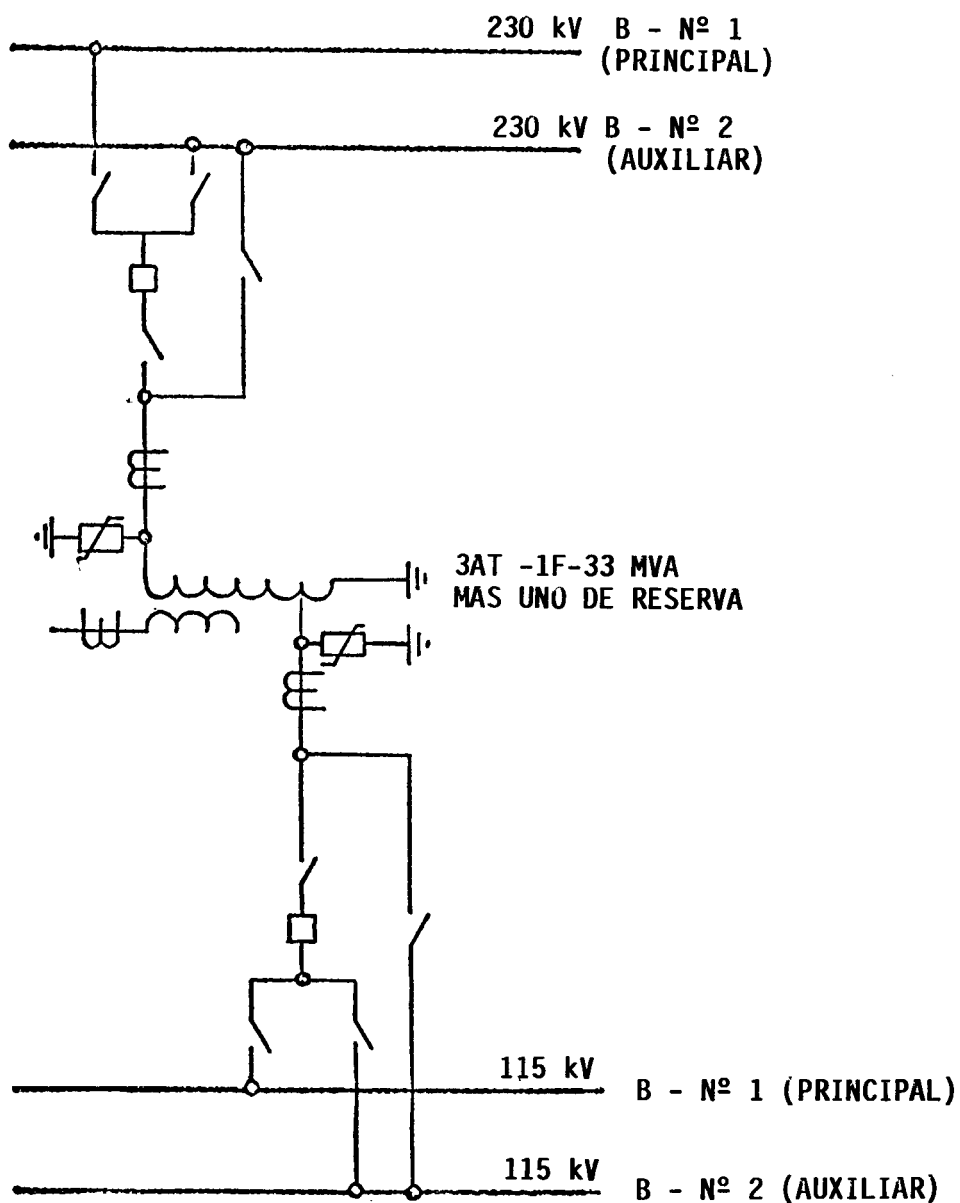


FIGURA 13- Doble juego de barras principales

AREA DE TRANSFORMACION
SUBESTACION: 230 y 115 kV

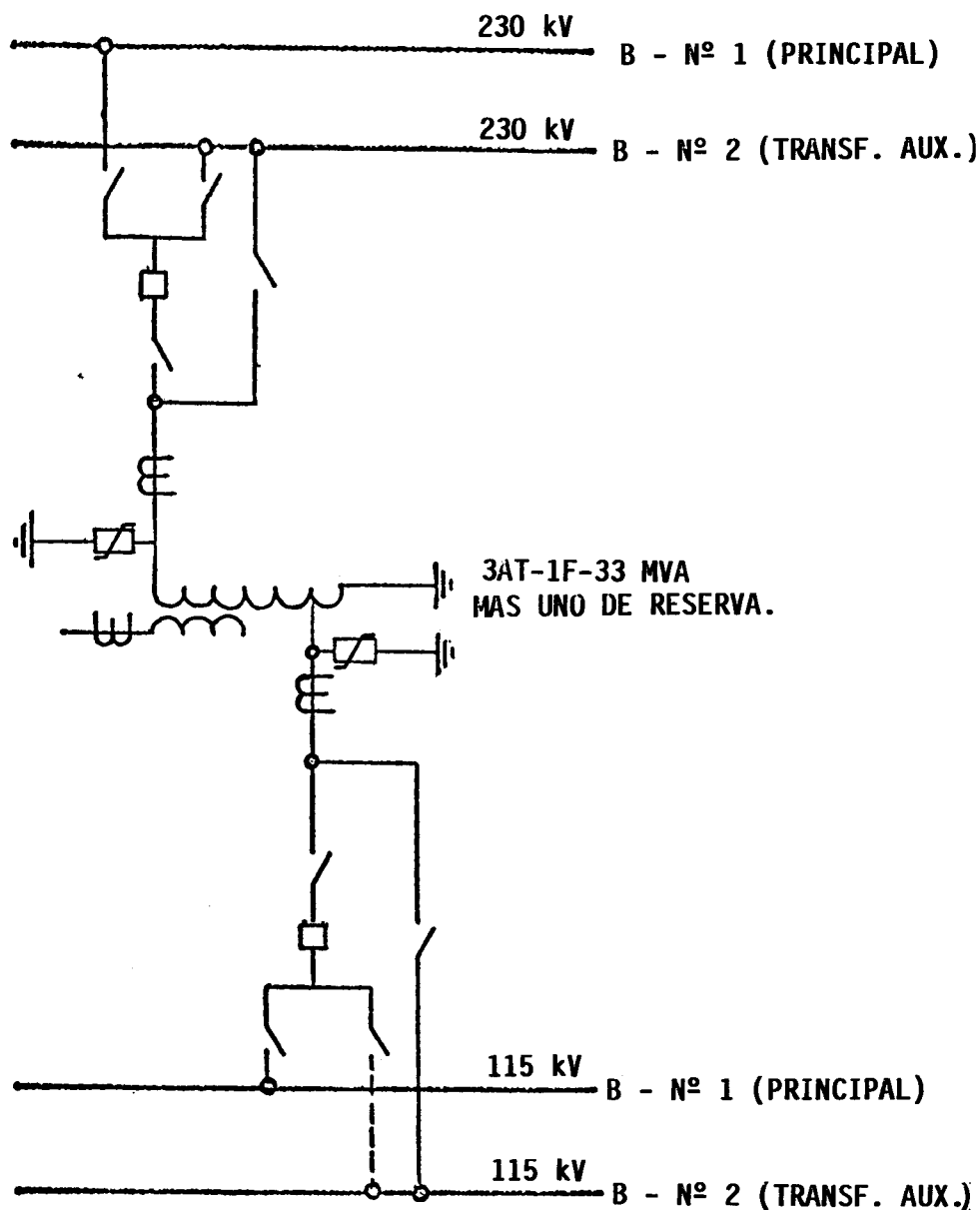


FIGURA 14- Principal y transferencia con previsión
a doble juego de barras principales.

AREA DE TRANSFORMACION
SUBESTACION: 230 / 69 kV

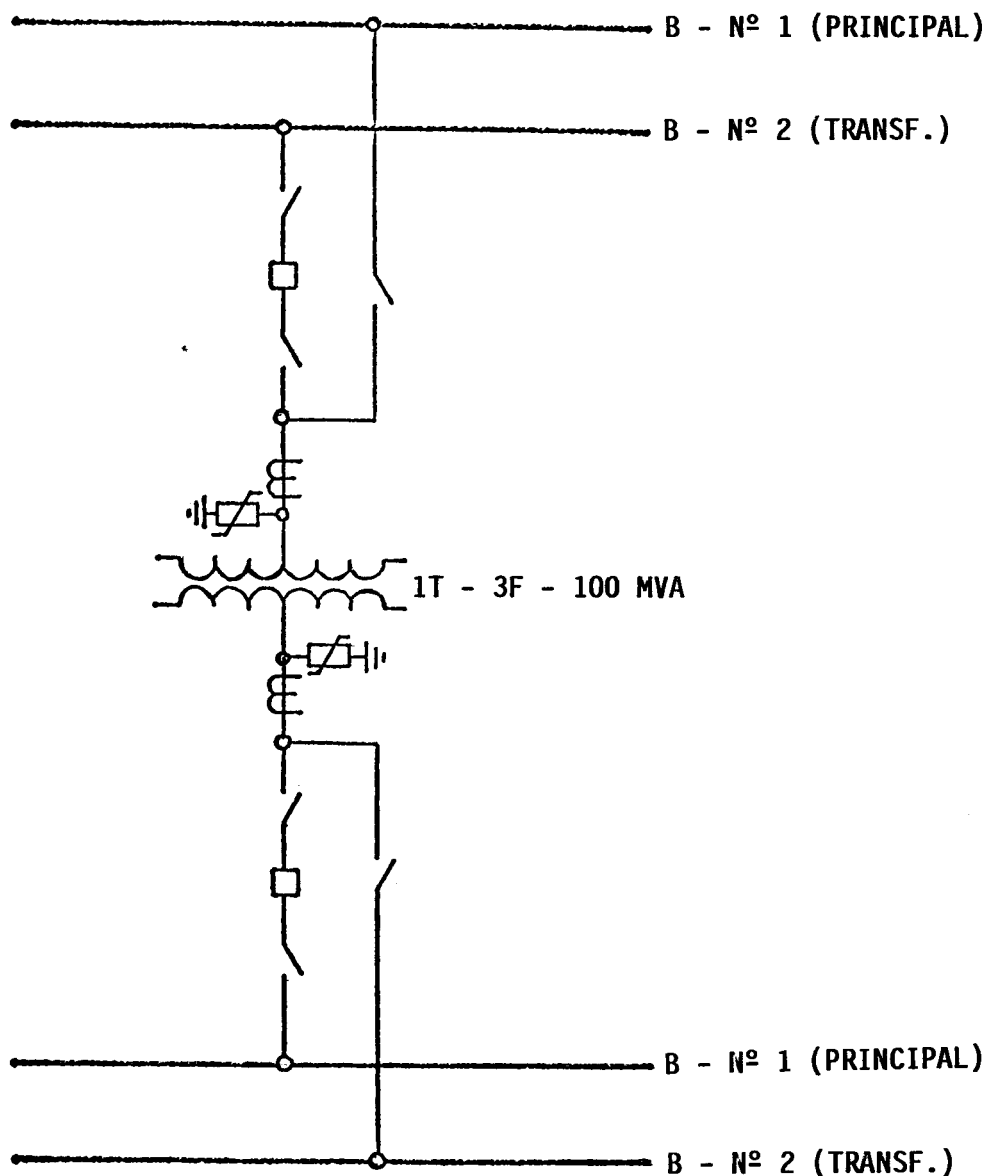


FIGURA 15 - Principal y transferencia limitado a expansión
a doble juego de barras principales.

AREA DE TRANSFORMACION
SUBESTACION: 230 / 69 kV

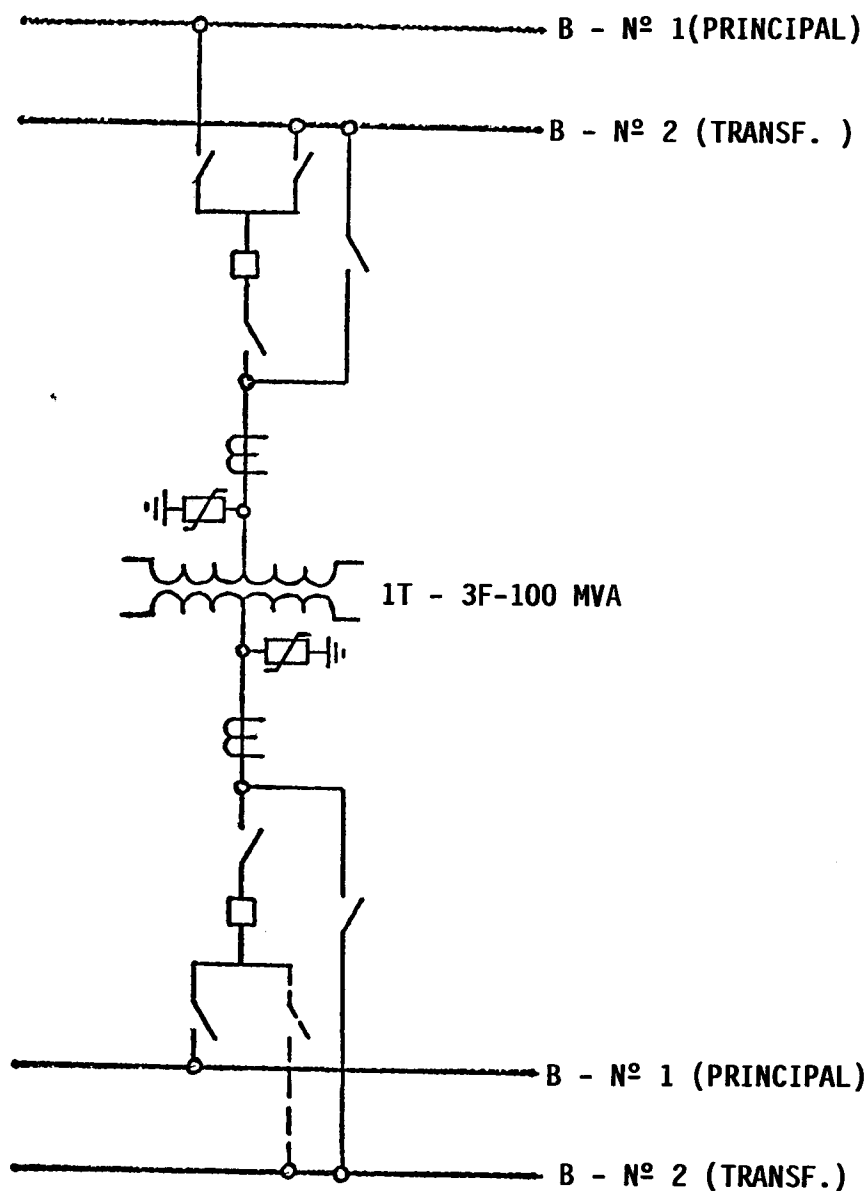


FIGURA 16- Principal y transferencia previsto para
doble juego de barras principales.

AREA DE TRANSFORMACION
SUBESTACION: 400 y 115 kV

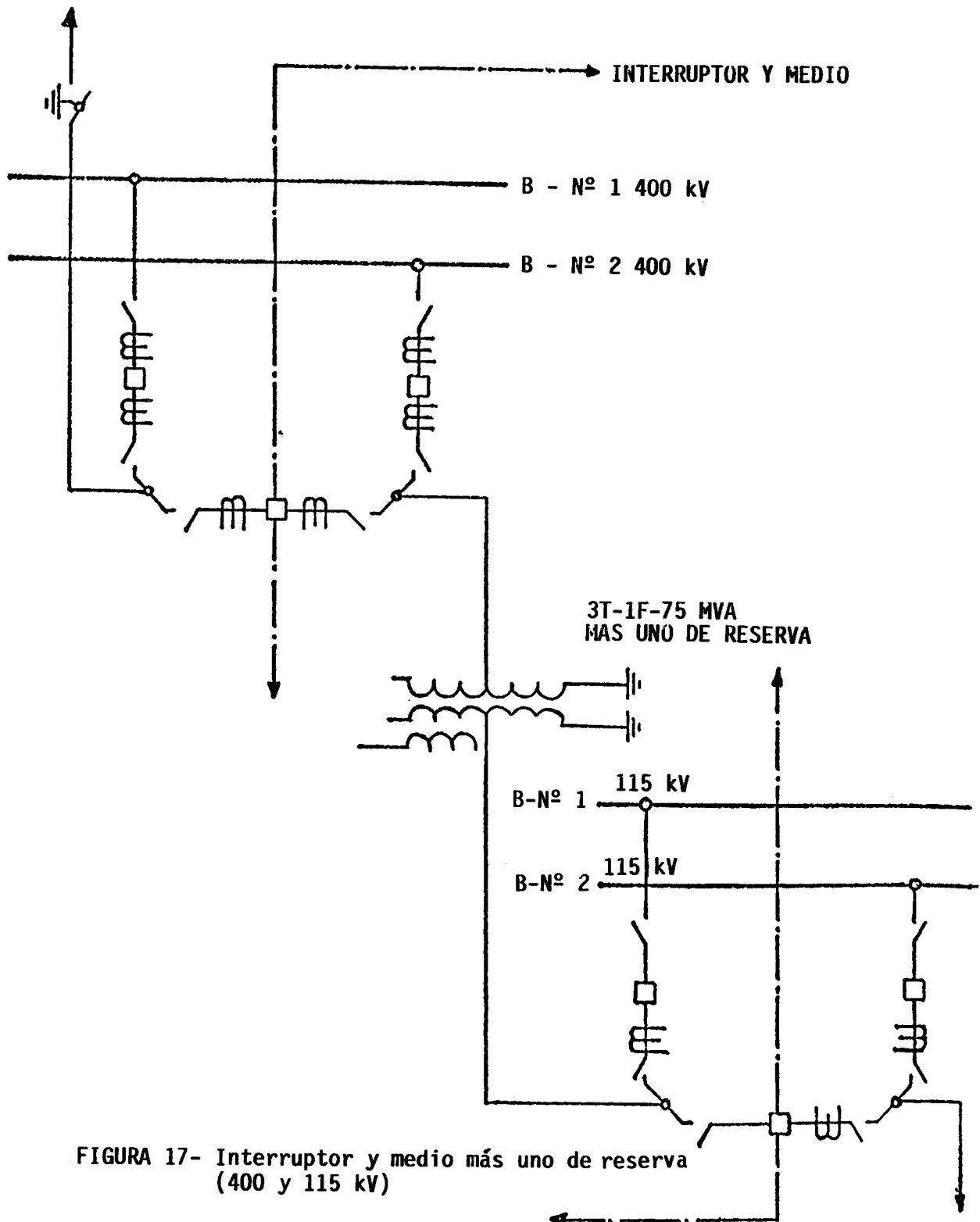


FIGURA 17- Interruptor y medio más uno de reserva
(400 y 115 kV)

AREA DE TRANSFORMACION
SUBESTACION: 400/ 230 kV

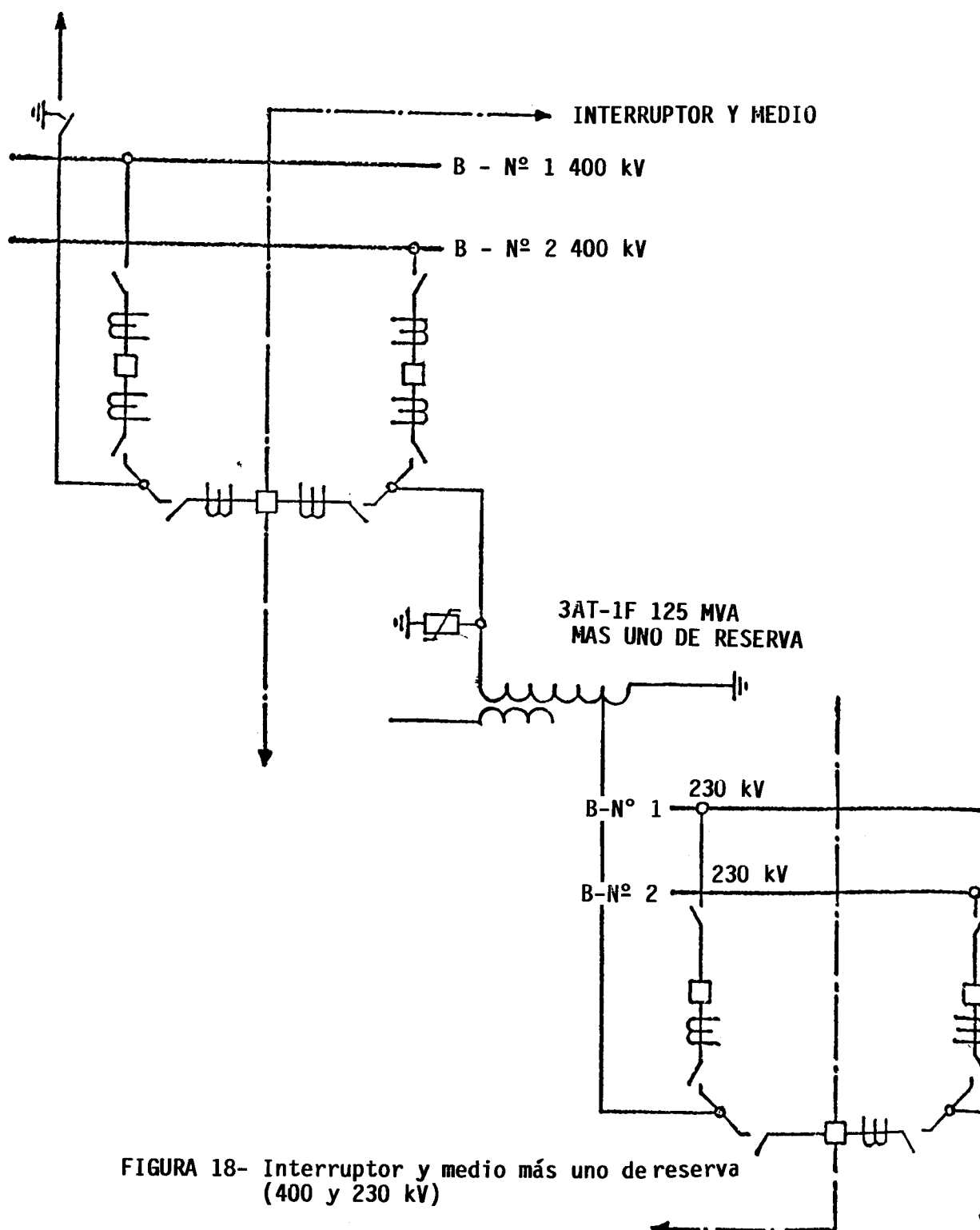


FIGURA 18- Interruptor y medio más uno de reserva
(400 y 230 kV)

INTERRUPTOR DE AMARRE SUBESTACION:
115 y 230 kV

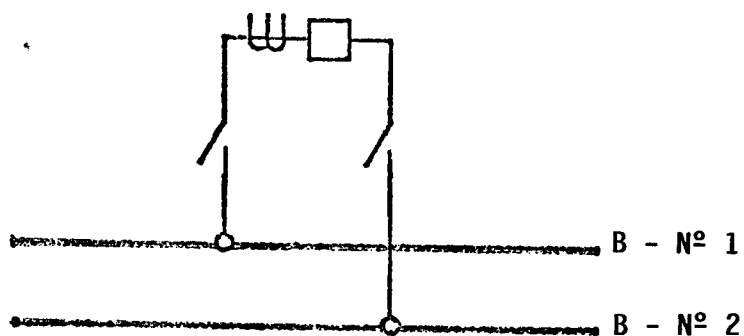


FIGURA 19- Doble barra principal (B1, B2) (115 kV y 230 kV)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
115	123	550	-----
230	245	1050	-----

INTERRUPTOR DE AMARRE
SUBESTACION 115 kV

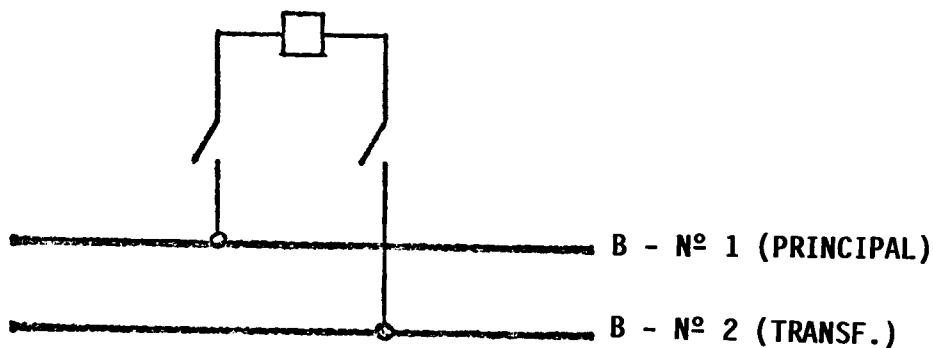


FIGURA 20- Barra principal y transferencia (B1, B2)

Tensión nominal del sistema (kV)	Tensión máxima de diseño (kV)	Tensión al impulso por rayo onda completa, valor cresta (kV)	Tensión al impulso por maniobra de interruptores (kV)
115	123	550	-----

2.4.4 Coordinación de aislamiento

Las disposiciones relativas a la coordinación de aislamiento, para los distintos -- equipos y materiales, usados en las subestaciones eléctricas; están de acuerdo, con la especificación CFE L0000-06, de coordinación de aislamiento; y con la guía de -- coordinación de aislamiento, de subestaciones eléctricas.

En estos documentos, se precisa para cada nivel de tensión normalizada:

- . los valores de niveles básicos de aislamiento por rayo, y por maniobra de interruptores,
- . los márgenes de protección correspondientes,
- . las distancias mínimas, de fase a tierra en aire,
- . las distancias mínimas, de fase a fase en aire,
- . las distancias mínimas al suelo,
- . las distancias horizontales de trabajo,
- . las distancias de trabajo verticales.

2.4.5 Hipótesis y datos mecánicos

Los datos necesarios, para el cálculo mecánico en los elementos de las subestaciones; se obtiene del documento: "datos de parámetros ambientales y metereológicos" de la -- gerencia de proyectos de transmisión y transformación.

2.4.6 Conceptos generales sobre el efecto del medio ambiente en el diseño de las subestaciones.

El equipo que producen los fabricantes del equipo eléctrico se debe adaptar para -- cualquiera de los arreglos definidos, en cada uno de los arreglos de barras estable -- cidos, para cada nivel de tensión. Aún cuando el equipo está diseñado de acuerdo -- con las especificaciones de CFE, y normas nacionales e internacionales, para satis -- facer las condiciones que impone el medio ambiente, como son; en términos generales el clima, la contaminación, la altitud y la sismicidad. Es conveniente que se haga -- referencia a condiciones ambientales especiales; condiciones de transporte a sitio -- y procedimientos de operación.

Desde el punto de vista de las condiciones ambientales; el criterio para la selec -- ción del equipo (y su adaptación, cuando se requiera), se relaciona principalmente con los tipos de materiales y técnicas de ensamblado, referidas a:

- . su adaptación a la contaminación,
- . su resistencia a la corrosión,

- . la conservación dentro de los límites de tolerancia de sus -- características y dimensiones en los rangos de temperatura; - dentro de los que van a operar,
- . su envejecimiento bajo la acción de la temperatura; el llama-- do shock térmico y la radiación solar,
- . resistencia al ataque químico,
- . su resistencia al impacto, vibración resultantes del transpor-- te y manejo a sitio; así como otros factores.

2.4.7 Adaptación a la contaminación

Como se sabe, el polvo, la sales minerales y los residuos de la combustión, tienden a depositarse en los aisladores; estos, en ambiente seco pueden ser relativamente -- buenos aislantes; los elementos contaminantes se pueden disolver con lluvia ligera y se vuelven ligeramente conductores al principio facilitando las corrientes de fuga; esta condición se presenta en las zonas costeras y con industria contaminante.

En la actualidad, se estan desarrollando trabajos tendientes a medir la cantidad y - tipo de contaminantes; encaminando su aplicación al diseño del aislamiento externo - en líneas y subestaciones; en tanto se dispone de esta información, se consideran -- para los fines de proyecto, dos zonas de contaminación con respecto a las cuales, se deberá ubicar cada proyecto, de acuerdo al mapa preliminar de contaminación que ---- aparece en el documento: "datos de parámetros ambientales y meteorológicos", de la - gerencia de proyectos de transmisión y transformación; estableciéndose los siguien-- tes valores de diseño:

Tipo de Zona de contaminación	Distancia de fuga recomendada CM/kV, al neutro
Media	3.5
Alta	4.5

En casos excepcionales se podrán usar distancias de fuga mayores; o bien recomendar, la instalación de sistemas de lavado, cuyas características se definirán en cada -- caso específico.

Es conveniente pensar que durante el proceso de localización de sitio para una sub-- estación en las áreas consideradas como fuerte contaminación; se tome en considera-- ción la dirección predominate del viento y en lo posible no construírlas en áreas en donde se encuentre la contaminación.

2.4.8 Adaptación a condiciones climatológicas

2.4.8.1 Clima tropical

Para los propósitos de especificación de acabado en equipo y estructuras; el clima-tropical se define como aquél que tiene una temperatura dentro del rango de 12°C a 40°C, con una humedad relativa que varía de acuerdo con la estación del año, entre-35% y 100%; adicionalmente, se presentan lluvias abundantes durante el año, en la época de lluvias que se alternan, con épocas de radiación solar.

El equipo para clima de estas características, debe tener acabado "tropicalizado" - es decir, debe cumplir principalmente con:

- . el uso de aleaciones apropiadas en condiciones homogéneas, -- para prevenir los efectos galvánicos,
- . acabados galvanizados o extra galvanizados en todas las estruc-turas, soportes, marcos y en general todas las partes metáli-cas,
- . la selección de las formas o siluetas apropiadas para los --- aisladores para reducir los efectos de la contaminación,
- . el uso de casetas, gabinetes, cuartos bien ventilados; con la protección apropiada contra insectos y otra clase de animales pequeños, como roedores.

2.4.8.2 Clima desértico

Las condiciones de los climas desérticos se caracterizan por temperaturas ambiente; que van desde algunos grados centígrados bajo cero, hasta temperaturas que exceden-los 45°C con una humedad relativa que varía entre 15% y 100%.

En general los materiales y equipos usados en zonas tropicales se usan tambien en - zonas desérticas, pero los procedimientos de instalación son distintos; dado que es necesario proteger al equipo de la arena o polvo y hacer arreglos especiales para - la protección contra calor intenso y terreno seco. En el caso de uso de protecciones estáticas y equipo con componentes electrónicas; se debe verificar el efecto de las bajas y altas temperaturas sobre estos equipos para evitar imprecisiones y efectos- de desajuste o fallas.

2.4.9 Adaptación a la altitud

Una altitud implica una menor densidad del aire, con lo que se tiene también, una - reducción en la rigidez dieléctrica y el calor específico.

Las distancias en aire de fase a tierra y entre fases; se deben aumentar para tomar en consideración este efecto. Para este propósito se tomarán en consideración las - recomendaciones de la especificación de coordinación de aislamiento, CFE L0000-06,- de la Comisión Federal de Electricidad y la guía de coordinación de aislamiento de- la gerencia de proyectos de transmisión y transformación; que básicamente se refie- ren, en este aspecto, a un incremento en las distancias en aire de 1.25% por cada - 100 metros de incremento; en la altitud, arriba de 1000 msnm.

Los proyectos normalizados consideran básicamente, dos rangos de altitud para el --- dimensionamiento y son: de 0 a 1500 msnm y de 1501 a 2500 msnm.

La reducción del calor específico del aire, debido a la altitud; se compensa por medio de un incremento en el enfriamiento, en particular para los transformadores o bien especificando aparatos de mayor capacidad. Las secciones de conductores entre aparatos se seleccionan y verifican con relación a este fenómeno.

2.4.10 Diseño sísmico

La construcción de subestaciones en áreas consideradas como de actividad sísmica , - plantea problemas para el diseño de las estructuras y equipos. Cualquier parte de -- una subestación ya sean transformadores, interruptores, cuchillas desconectadoras, - transformadores de instrumento, apartarrayos, etc. y sus bases de montaje; así como las estructuras de acero, tienen una frecuencia resonante y un factor de amortigua-- miento; los cuales son dependientes de como estén contruídos e instalados y del --- material usado en su construcción. Estas frecuencias son de alrededor de unos pocos- Hz.

El diseño de subestaciones de zonas sísmicas debe cubrir básicamente los dos aspec-- tos siguientes:

- . los interruptores deben ser capaces de soportar los esfuerzos- dinámicos que se les transmiten del suelo a través de sus ---- bases de montaje y que resultan de las componentes de carga -- vertical y horizontal más la ampliación debida a la vibración- resonante,
- . el arreglo de la subestación debe considerar la limitación de- los esfuerzos dinámicos aplicados al equipo a través de sus -- conexiones.

3 ASPECTOS ESPECIFICOS DE LOS PROYECTOS NORMALIZADOS CONSIDERADOS PARA LA -- CONSTRUCCION DE SUBESTACIONES TIPO INTEMPERIE.

Como se mencionó antes, la construcción de una subestación correspondiente a un arre- glo normalizado, es un compromiso entre un determinado número de factores físicos -- del propio sitio de la construcción; como son: clima, altitud, contaminación, cimen- taciones, topografía, efecto sísmico, dirección de las líneas de transmisión, así -- como condiciones relacionadas con la operación de los interruptores y en especial -- las cuchillas desconectadoras que representan un facor decisivo en la determinación- del arreglo físico y tamaño de la subestación.

Los planos de la disposición y arreglo del equipo corresponden al diagrama unifilar- de la subestación; en cada caso, cubriéndose las distancias en aire, de fase a ---- tierra, de fase a fase y de seguridad, corregidas a la altitud correspondiente.

En el caso particular de los proyectos normalizados, para la gerencia de proyectos -

de transmisión y transformación, se usa para las barras conductoras; esto afecta al dimensionamiento, al considerar la flecha, las reacciones en las estructuras de ---- soporte y las deflexiones.

3.1 Determinación de los Criterios de Análisis

Para hacer un análisis de los conceptos fundamentales, relacionados con el tipo de - servicio y operación que desarrollará una subestación, generalmente se revisan los - esquemas eléctricos normalizados en base a ciertos criterios como son los siguientes:

3.2 Seguridad General de Operación de la Red

Toda falla interna en una subestación -falla en las barras, en un elemento de línea, en el transformador o cualquier otro aspecto- que no este aislada por la protección- misma de las barras; se debe eliminar lo mas rapidamente posible, por otras seccion- nes; usando el menor número posible de interruptores, de manera tal, que se deje --- fuera de servicio un mínimo de elementos.

3.3 Condiciones de Operación

Una subestación eléctrica ubicada dentro del sistema eléctrico de potencia, puede -- desempeñar distintas funciones; que desde el punto de vista de la red, se pueden --- agrupar como de enlace o interconexión; o para operación de estructura radial. Depen- diendo de esto, existen algunas variantes en cuanto a la constitución misma de la - subestación; en forma independiente de su capacidad y a igualdad de relación de trans- formación. Estas variantes, estan impuestas principalmente por las condiciones de -- operación que impone el sistema en el punto de la red o nodo de instalación.

3.4 Número de Interruptores que deben Abrir en caso de Falla por Salida de --- Línea

La eliminación de una falla en una salida {o entrada, según se considere} de líneas; se debe hacer, por la apertura de un determinado número de interruptores por abrir.

Un aumento en la complejidad de los equipos en baja tensión para protección y lo re- lacionado con relevadores, aumenta aún más el riesgo de falla. Esto debe considerarse en la selección de los esquemas de control y protección.

3.5 Simplicidad de Maniobras de Operación

La operación de las subestaciones eléctricas, aún en los casos de un alto índice de- automatización; esta sujeta a la intervención de personal; por lo que el esquema --- seleccionado, debe permitir su intervención cómoda, tanto en tableros de control --- como en los equipos mismos.

Este criterio debe ser analizado en forma independiente de aquel adoptado; con relación a la operación de la subestación y como parte integrante de un sistema; ya que es suficiente que la mezcla de estos traiga como consecuencia un aumento en la complejidad de los esquemas adoptados y se debe tratar de obtener siempre esquemas que minimicen el número de maniobras.

3.6 Mantenimiento del Equipo

Cuando se adopta un esquema eléctrico para la subestación; un aspecto muy importante a considerar, es su condición de operación; que debe ser seguro y con un mínimo de interrupciones de servicio. Esto requiere además de un buen mantenimiento en los equipos de la subestación, con el objeto de que la buena calidad de servicio se pueda conservar por un período de tiempo, razonablemente largo.

El aumento de complejidad de un esquema, se refleja como un aumento en el número de sus componentes; lo que conduce a un mayor mantenimiento, que debe estar en concordancia con la calidad de servicio esperada, para el esquema adoptado.

3.7 Costo y Confiabilidad General de la Subestación.

El análisis de un esquema, generalmente es insuficiente para establecer con precisión los elementos de costo de una subestación; ya que intervienen también en forma directa las disposiciones constructivas.

De igual manera es insuficiente, para estimar la confiabilidad general; ya que es necesario considerar algunos aspectos de detalle; como número de conexiones a usar; número y tipo de aisladores; tipo de cuchillas desconectadoras.

3.8 Condiciones que deben Satisfacer la Construcción de una Subestación.

El estudio relativo al equipamiento en alta tensión de una subestación eléctrica; consiste en el arreglo de un determinado número de elementos destinados a la realización de un cierto esquema eléctrico adoptado.

El arreglo de estos elementos, debe responder a un cierto número de condiciones, dictadas por las normas de seguridad de operación y de mantenimiento; que deben ser consideradas para cada proyecto en particular a partir de los proyectos Normalizados.

3.8.1 Condiciones generales

Estas condiciones se fijan en base a lo siguiente:

Condiciones relativas con la seguridad del personal, y de los equipos.

- inaccesibilidad a toda parte u órgano bajo tensión, por las personas de talla normal que circulen en la subestación,

- posibilidad de trabajar sobre uno de los juegos de barras; estando el otro energizado,
- posibilidad de efectuar trabajos de construcción o mantenimiento, en una bahía o módulo de la subestación; estando los módulos o bahías vecinas, bajo tensión.

Condiciones relativas a la operación de la subestación.

- la adopción de arreglos generales a nivel del suelo; en donde todas las partes de la instalación sean accesibles, debe ser preferente,
- posibilidad de dar mantenimiento a los equipos, sin necesidad de recurrir a equipos especiales,
- facilidad de circulación en la subestación, sin perder la seguridad,
- adopción de disposiciones en los equipos y materiales, de manera que se limite la posibilidad de accidentes.

Condiciones relativas a la construcción de la subestación.

- adopción de disposiciones que permitan una normalización de los elementos constitutivos de la subestación,
- posibilidad de equipar la subestación con transformadores de potencia; provenientes de diferentes fabricantes, pero adecuando el área destinada para aquellos, con accesos y zonas de maniobras determinadas,
- posibilidad de operar y maniobrar con equipo de construcción; sin necesidad de demoler o modificar instalaciones iniciales.

3.8.2 Disposiciones legales

En este dominio, la construcción de subestaciones de alta tensión; deberá responder a las disposiciones legales para construcción y seguridad de las normas técnicas para instalaciones eléctricas.
(reglamento de obras e instalaciones eléctricas).

4 IMPACTO AMBIENTAL DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS

Aún cuando es considerado como un aspecto secundario, en el proyecto de las subesta

ciones eléctricas; el impacto ambiental, es un aspecto que debe ser considerado; ya que, algunos de los inconvenientes de las subestaciones eléctricas, que pueden ser importantes, dependiendo del lugar de su instalación; son: la apariencia, el ruido, el efecto de los altos voltajes en las transmisiones de radio y televisión; así como el efecto de las altas corrientes en los sistemas subterráneos de distribución de gas; o bien, sobre las tuberías de agua.

El proyecto de las subestaciones eléctricas no debe despreciar el efecto del impacto ambiental; de manera que sus inconvenientes, se reduzcan a un nivel tolerable.

4.1 Apariencia

Los elementos que intervienen en este aspecto y que se deben considerar principalmente, son los siguientes:

4.1.1 Selección o localización del sitio

4.1.2 Arreglos compactos

4.1.3 Respetto de las características ecológicas del lugar (vegetación, terreno, etcétera).

4.1.4 Barda de protección apropiada

4.2 Ruido audible

El ruido audible en las subestaciones, es causado principalmente por la operación de los interruptores y los transformadores. En el caso de las subestaciones de 230- y 400 kV; el ruido también lo produce la presencia del campo eléctrico alrededor de los conductores.

A este respecto, considerando que arriba de 40 DB, el ruido es molesto en las subestaciones cercanas a lugares habitados; se deben tomar medidas, tendientes a limitar el nivel de ruido audible, del valor indicado antes.

4.2.1 Ruido de los interruptores

Cuando operan los interruptores se produce un ruido; los interruptores que producen el nivel de ruido mas elevado, son los neumáticos; en cambio los interruptores en aceite y los de SF₆ son los menos ruidosos; practicamente el ruido que producen, -- son los de su mecanismo de operación.

El ruido que produce un interruptor de SF₆ de 400 kV, cuando opera; es aproximada--

mente de 100 dB, a 10 metros de distancia.

4.2.2 Ruido de los transformadores

El ruido que produce el circuito magnético de los transformadores de potencia de -- construcción normal, es del orden de 70 a 90 dB; dependiendo de su capacidad y el -- proveniente de los ventiladores, se encuentra en el rango de 50 a 70 dB.

En las subestaciones cercanas a zonas habitadas, considerando que los transformadores son de operación prácticamente continua; se debe limitar el nivel de ruido audible, al rango de 5 a 35 dB. La reducción del nivel de ruido, se puede lograr de --- distintas formas, de acuerdo a los métodos siguientes:

- de 5 a 10 dB, colocando muros o bardas entre el transformador y -- la zona por proteger,
- 12 dB, colocando cubiertas metálicas especialmente diseñadas, -- para el tanque del transformador,
- de 10 a 14 dB, instalando el transformador en fosa,
- de 25 a 35 dB, instalando el transformador dentro de un local, -- especialmente construido.

4.2.3 Ruido de las conexiones

El más audible proveniente de las conexiones, es debido al efecto corona; y depende de la intensidad máxima del campo eléctrico en la superficie. En barras o alimentadores, con mas de un conductor por fase; el nivel de ruido, alcanza hasta 65 dB, -- para una intensidad del campo eléctrico de 15 kV/cm; y llega a exceder a 70 dB, --- para intensidades de campo sobre 20 kV/cm; por lo que, los diseños normalizados de 400 kV y 230 kV, toman en consideración este aspecto, en el dimensionamiento; de -- acuerdo a la "guía de coordinación de aislamiento de subestaciones eléctricas".

4.3 Interferencia en Radio y Televisión

La interferencia se produce, a la amplitud modulada (AM) de la radio recepción; y -- en ciertas condiciones, en las transmisiones en frecuencia modulada. (FM y TV).

La interferencia en AM, la causan las descargas positivas en la superficie de los -- conductores; y ocurren principalmente, en las instalaciones de 230 kV y 400 kV.

La interferencia en FM y TV; la cusan descargas positivas -como en el caso de AM-; -- pero durante ciertas condiciones climatológicas particulares. También es producida,

por la presencia de pequeños arcos eléctricos y pueden aparecer en instalaciones -- desde 115 kV y tensiones mayores.

5 LOS SERVICIOS PROPIOS

La operación de una subestación eléctrica, necesita disponer de distintas formas de alimentación eléctrica; para asegurar sus diversas funciones (protección, control, señalización, fuerza motriz, alumbrado).

Los servicios propios, agrupan a las instalaciones de producción y de distribución, de estas alimentaciones y que pueden ser:

- . corriente alterna en baja tensión,
- . corriente continua.

5.1 Selección de fuentes de alimentación

Las fuentes de alimentación constituyen, un punto muy importante en el diseño de -- los servicios propios de la subestación; ya que de esto depende la correcta opera-- ción de los sistemas de protección; control, medición y señalización; elementos --- importantes en la confiabilidad de la subestación.

El número y tipo de alimentación de los servicios propios; depende principalmente, de la disponibilidad que se tenga de estas y de la importancia y localización de la subestación en el sistema; por lo que las alternativas, pueden variar de proyecto a proyecto. En general es recomendable emplear tres fuentes de alimentación como máxi-- mo; que pueden determinarse, de las siguientes alternativas:

- . líneas de distribución externas,
- . alimentación del devanado terciario, de uno de los bancos de transformación existentes,
- . central generadora diesel.

Adicionalmente, se contará con una fuente de alimentación, para los elementos que -- usen corriente directa en baja tensión, a base de:

- . banco de baterías.

Siempre que sea posible se deberán utilizar como fuente de alimentación, dos líneas

Alternativas de fuentes de alimentación para servicios propios en subestaciones de 400/230 kV, 400/230-115 kV; 400/115 kV y 230 kV.

Alternativas (en orden de prioridad)	Líneas de distribución	Líneas de distribución	terciario del primer banco	terciario del segundo banco	Planta generadora diesel
A	X	X			X
B	X		X		X
C			X	x	X

Los valores más comunes de tensión en líneas de distribución utilizados como alimentación primaria, para 34.5 kV y 13.8 kV. Excepcionalmente podrán emplearse otros -- valores de tensión; dependiendo de las características particulares, de un proyecto.

Las tensiones de alimentación secundaria a los servicios propios de las subestaciones; se seleccionarán considerando la distancia de las cargas por alimentar y las caídas de voltaje; pero se seleccionarán, preferentemente, entre los siguientes --- valores:

- . en corriente alterna 440/254 V
 220/127 V
- . en corriente directa: 125 V

Comprenden los circuitos que deben alimentar, bajo cualquier circunstancia; de mane

ra que permitan asegurar el funcionamiento esencial de la subestación cuando ocurre una perturbación, que afecte a la misma. Estos circuitos, alimentan principalmente:

- . los relevadores y equipo de protección,
- . los circuitos de control y de señalización de los equipos,
- . los circuitos de control de los equipos auxiliares. (motores- de cuchillas desconectadoras, ventiladores, etcétera),
- . equipos de control remoto, supervisorio, etc.

Los servicios auxiliares esenciales, que se alimentan en corriente directa, por la- batería de acumuladores, son:

- . equipo de protección,
- . equipo de telecomunicaciones.

5.3 Servicios Auxiliares Principales

Los servicios auxiliares principales, para los fines de la evaluación de la carga o potencia que demandan; se pueden agrupar como:

5.3.1 De alimentación normal

- . accionamiento de cuchillas desconectadoras,
- . alumbrado exterior y perimetral,
- . aire acondicionado en la caseta de control,
- . extractores de aire en el cuarto de baterías,
- . calefactores para interruptores y cuchillas desconectadoras,
- . contactos exteriores en áreas de trabajo,
- . alumbrado y tablero de alumbrado, en la caseta de control.

5.3.2 De alimentación de emergencia

- . accionamiento de interruptores,
- . aire acondicionado en casetas de control,
- . ventiladores en bancos de transformación,
- . alumbrado de emergencia en caseta de control,
- . cargadores de baterías,
- . alumbrado de acceso,
- . alumbrado exterior de emergencia.

5.4 CALCULOS DE LOS SERVICIOS DE EMERGENCIA

Como parte de los cálculos a realizar, para los servicios auxiliares de las subestaciones; se consideran los siguientes:

- a) Determinación de las características principales de los transformadores de servicios propios.
- b) Cálculo y selección, en su caso, de la planta diesel de emergencia.
- c) Cálculo y selección de bancos y cargadores de baterías.
- d) Determinación de las características de equipos de protección y ----- desconexión.
- e) Recomendaciones generales para especificación de tableros de servicios propios.
- f) Recomendaciones generales para canalizaciones.
- g) Circuitos de control, medición y señalización.
- h) Criterios generales, para la coordinación de protecciones.

Todos estos aspectos se determinarán, de acuerdo a, "la guía para determinación y -

características de los servicios propios de subestaciones de 230/115 kV, 400/115 kV y 400/230 kV".

5.5 Alumbrado de las Subestaciones

El alumbrado de las subestaciones se calculará, de acuerdo con las recomendaciones - de "la guía para alumbrado de subestaciones eléctricas".