



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

**“Diseño de una Subestación de Transformación
de 5 MVA 69/13.8 KV para Plastigama S.A.**

Informe Técnico

**Previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

Especialización: POTENCIA

**Presentado por:
JORGE PLUA BEJAR**

Guayaquil, Ecuador

1990

AGRADECIMIENTO

A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL
LITORAL

AL ING. JORGE FLORES MACIAS

A PLASTIGAMA S.A.

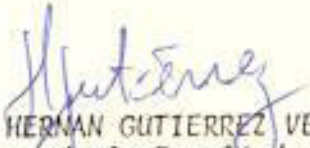
DEDICATORIA


A MI ESPOSA ROSY

A MIS HIJOS:

JORGE y VERÓNICA

A MIS PADRES


Ing. HERNAN GUTIERREZ VERA
Decano de la Facultad de
Ingenieria Eléctrica


Ing. JORGE FLORES MACIAS
Director del Informe
Técnico


Ing. ARMANDO ALTAMIRANO CHAVEZ
Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

"LA RESPONSABILIDAD POR LOS HECHOS, IDEAS Y DOCTRINAS
EXPUESTOS EN ESTE INFORME TECNICO, ME CORRESPONDEN EX
CLUSIVAMENTE; Y, EL PATRIMONIO INTELECTUAL DEL MISMO
A LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(REGLAMENTO DE EXAMENES Y TITULOS PROFESIONALES DE LA
ESPOL).

A handwritten signature in dark ink, appearing to read "Jorge Plúa B", with a large, sweeping flourish that loops back under the name.

JORGE PLUA BEJAR

RESUMEN

En este informe técnico contemplamos la creación de una sub-estación de 69/13-8KV que cumpla con los requerimientos actuales y futuros de la Industria Procesadora de Plásticos "PLASTIGAMA S.A."

Previamente se hizo un estudio de la demanda actual y su proyección futura, se efectuaron estudios de corto circuito y sobrevoltaje en el sitio, se determinó el factor de Potencia y la necesidad de Bancos de Capacitores.

Partiendo siempre de las necesidades particulares y enmarcándose en las normas técnicas contempladas para este tipo de instalaciones se seleccionaron los equipos y protecciones, la ubicación de la sub-estación, la puesta a tierra del Sistema y los Equipos de medición.

Finalmente, el proyecto se lo enmarcó en la mayor confiabilidad y seguridad técnicamente aceptable, dentro de los menores costos posibles.

INDICE GENERAL

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE TABLAS.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	X
INTRODUCCION.....	XI
CAPITULO I	
OBJETIVOS.....	13
1.1 <u>Nivel de Continuidad del Servicio</u>	15
1.2 <u>Operatividad del Sistema</u>	15
CAPITULO II	
DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL.....	16
2.1 <u>Estudio de la demanda actual</u>	16
2.2 <u>Proyección de la demanda</u>	22
CAPITULO III	
DISEÑO DE LA SUB-ESTACION.....	25
3.1 <u>Determinación del voltaje de alimentación en alta</u>	25
3.2 <u>Determinación de la capacidad de la subestación</u>	25
3.3 <u>Determinación de la ubicación de la subestación</u>	26
3.4 <u>Lay Out</u>	27
3.5 <u>Estudios previos</u>	27
3.5.1 <u>Corto Circuito</u>	29
3.5.2 <u>Sobrevoltaje sitio</u>	37
3.5.3 <u>Puesta a Tierra</u>	38
3.5.4 <u>Factor de Potencia</u>	40
CAPITULO IV	
CARACTERISTICAS DE LA SUBESTACION MONTADA A LA INTEMPERIE...	43
4.1 <u>Estructuras</u>	43
4.2 <u>Conductores</u>	47
4.3 <u>Malla de puesta a tierra</u>	48

	<u>Página</u>
4.4 <u>Interruptor de desconexión</u>	51
4.5 <u>Circuito interruptor</u>	52
4.6 <u>Transformador de poder</u>	54
4.7 <u>Interruptor en pequeño volumen de aceite de 13.8 KV</u>	55
4.8 <u>Equipo de medición de 13.8 KV</u>	55
4.9 <u>Reconectores</u>	58
4.10 <u>Pararrayos</u>	59
4.11 <u>Capacitores</u>	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
ANEXOS.....	63
BIBLIOGRAFIA.....	68

INTRODUCCION

PLASTIGAMA es una industria local procesadora de resinas plásticas que ha venido funcionando por más de 25 años en el mismo sitio. En el ~~curso~~ curso de todos esos años, ha crecido físicamente por la compra de algunos de los terrenos colindantes.

Su última adquisición es las 2 terceras partes del área de terreno que poseía, lo cual cristalizaba los anhelos de sus principales, el de poder llevar a cabo las ampliaciones de sus instalaciones a fin de incrementar su producción y prestar un mejor servicio a propios y a la comunidad en general.

Aún antes de tomar posesión física de los nuevos terrenos, se comenzaron a elaborar Pre-proyectos en los que se redistribuían edificios de Planta, Maquinarias de Producción, montaje de nuevas maquinarias, etc. Paralelos a todos los nuevos proyectos, estaba también el de la ampliación de la red de distribución eléctrica.

El hecho de haber colaborado en esta Industria en forma directa por más de ocho años, participando en el crecimiento y desarrollo de la misma, fue un factor favorable para prestar mi contingente en el Proyecto de Ampliación y Reordenamiento de las Instalaciones Eléctricas de la Fábrica.

En consulta previa con la Empresa Eléctrica del Ecuador y ante una demanda actual próxima a los 21MVA y con una capacidad instalada sobre los 4MVA, se consideró como proyecto a corto tiempo el montaje de una sub-estación a 69 KV con sus sistemas auxiliares, a la vez que se reorganiza la red de distribución interna con la redistribución y reubicación de bancos de Transformadores alimentados radialmente desde la sub-estación.

Ante de lo último mencionado ya se lo ha efectuado, preparándose paulatinamente el recibimiento a futuro de la Sub-estación de 69 KV.

CAPITULO I
OBJETIVOS

PLASTIGAMA que procesa algunos cientos de toneladas de su materia prima PVC, Polietileno y Polipropileno en la elaboración de sus productos plásticos, requiere de una infraestructura confiable en los servicios básicos de la misma. La electricidad no escapa a ello, siendo uno de los pilares en la industrialización de sus productos.

Las paralizaciones por fallas internas y externas significan elevados costos de producción y una disminución de competitividad en el mercado. (Ver Tabla N°I-1).

TABLA N°1-1
PERDIDAS DE PRODUCCION POR FALLAS ELECTRICAS
EXTERNAS

M E S	KILOS PVC
<i>Octubre de 1989</i>	2.720
<i>Noviembre de 1989</i>	3.200
<i>Diciembre de 1989</i>	2.600

1.1 NIVEL DE CONTINUIDAD DEL SERVICIO

Según estadísticas de los últimos cinco años, hemos encontrado paralizaciones a nivel de alimentadora de 13.8 KV. Consultando con la Empresa Eléctrica del Ecuador, en el sector donde está ubicada PLASTIGAMA, la alimentadora de 13.8 KV, tuvo durante el año 1989, 97 interrupciones, en el mismo período la Alimentadora de 69 KV de la cual PLASTIGAMA se tomaría, tuvo 7 interrupciones. Este mayor grado de continuidad del servicio representa reducción de desperdicios, más kilos de producción y algunos cientos de miles de sucres de incremento en las utilidades.

1.2 OPERATIVIDAD DEL SISTEMA

En el transcurso de todo este año que he trabajado en PLASTIGAMA así como también por referencias de años anteriores, se conoce - que el sistema primario eléctrico de esta Industria adolece de un sinnúmero de fallas que han provocado continuas interrupciones en el flujo eléctrico. Su crecimiento constante ha dejado obsoleto muchas instalaciones y es así que un alto grado de interrupciones del servicio por fallas internas de la red de alta tensión se han estado dando.

Aprovechando el cambio de alimentadora y de la reorganización de su red interna, se optó por independizar eléctricamente las varias Plantas Industriales ubicadas en diversos sectores de la misma, las cuales requieren de una selectividad en el suministro de energía que no interfieran un sector con otro.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL SISTEMA ACTUAL

En la Figura 2-1 se muestra el Diagrama Unifilar del Plastigama, en el cual se podrán observar cinco Bancos de Transformadores ubicados en diferentes sectores de la fábrica. Además el Banco de Transformadores N°2, puede trabajar alternativamente con un generador de emergencia.

La acometida principal es tomada del poste de la Empresa Eléctrica del Ecuador, más adyacente a la fábrica y no cuenta con interruptor principal sino que en el Cuarto de Transformadores se dividen tres alimentadoras en Distribución Radial, las mismas que sirven según la Tabla N° II-1.

Las características de los Transformadores de servicios se dan en la Tabla N°II-2 y sus impedancias están en porcentajes de los datos bases de cada Transformador.

2.1 ESTUDIO DE LA DEMANDA ACTUAL

En la Tabla N°II-3 podemos apreciar las seis últimas facturas de la demanda y consumo que ha tenido PLASTIGAMA, y en la Figura 2-2 vemos las diferentes curvas que representan los consumos comparativos de los últimos meses.

TABLA N°II-1
RED DE DISTRIBUCION INTERNA A 13.8 KV

ALIMENTADORA	KVA TRANSFORMADOR	SERVICIO
1	1974	Tubería, cintas
2	501	Extruder, Cabos
3	630	Imprenta, Soplado, Confección.

TABLA N°II-2
 CARACTERISTICAS DE LOS BANCOS DE TRANSFORMADORES

BANCO DE TRANSFORMADORES.	VOLTAJE	CONEXION	IMPEDANCIA
3 x 1 \emptyset 333 KVA	13200/480 - 240 V.	Y Δ	1.6 %
1 x 3 \emptyset 225 KVA	13200/220 - 127 V.	Δ Y ₄	3.27 %
3 x 1 \emptyset 250 KVA	13200/240 - 120 V.	Y Δ	2.1 %
3 x 1 \emptyset 167 KVA	13200/240 - 120 V.	Y Δ	1.8 %
1 x 3 \emptyset 630 KVA	13200/208 - 120 V.	Δ Y ₇	4.7 %

TABLA II-3
 DEMANDA Y CONSUMO ACTUAL PLASTIGAMA. AÑO 1989

M E S	DEMANDA MAXIMA/KV	CONSUMO/Kw-H
ENERO	1.862	866.880
FEBRERO	1.862	735.360
MARZO	1.862	752.164
ABRIL	1.862	649.440
MAYO	1.862	896.960
JUNIO	1.762	762.720
JULIO	1.762	701.760
AGOSTO	1.762	850.560
SEPTIEMBRE	1.762	764.160
OCTUBRE	1.762	834.240
NOVIEMBRE	1.762	789.120
DICIEMBRE	1.834	785.760

2.2 PROYECCION DE LA DEMANDA

Con el criterio de que todo sistema eléctrico debe poseer capacidad suficiente para alimentar las cargas para las que se ha diseñado, más una capacidad adicional para aceptar el crecimiento anticipado en la carga del sistema, se rediseñó la red interna de distribución eléctrica de la fábrica. En particular, esto significa que los conductores y los conductores deben ser de tamaños liberalmente suficientes para las cargas calculadas, los transformadores y los dispositivos de interrupción y protección deben tener la capacidad y los valores nominales necesarios.

La capacidad adicional en todos los circuitos derivados deben reflejarse en todo el sistema eléctrico hasta el punto de alimentación de energía.

Conociendo de los Proyectos de Adquisición de Equipos y Maquinarias Industriales a un futuro inmediato. (Ver Tabla N^oII-4), y teniendo presente la historia de PLASTIGAMA, de ser siempre una industria en crecimiento, pero, sin caer en un exagerado optimismo, se consideró las limitaciones físicas en que se desenvolvería a futuro y las nuevas cargas a incorporarse al sistema, así que tomando todos estos parámetros dentro de un marco técnico-económico se proyectó la sub-estación de 69 - 13.8 KV. Podemos ver en la Figura 2.3 el Diagrama Unifilar que se aplicaría a la Industria luego de una redistribución y ampliación de sus cargas.

TABLA N° II-4
PROYECCION DE LA DEMANDA

NOMBRE	UBICACION	CARGA (KW)
<i>Oficina Tubería</i>	ECASA	40
<i>Planta Solvente</i>	ECASA	20
<i>Planta Cabos</i>	ECASA	80
<i>Planta Aglomerados</i>	PLASTIGAMA	45
<i>Planta Molinos</i>	PLASTIGAMA	120
<i>Planta Tubería</i>	PLASTIGAMA	60
<i>Planta Imprenta</i>	PLASTIGAMA	30
<i>Planta Soplado</i>	PLASTIGAMA	35
<i>Planta Servicios Auxiliares.</i>	PLASTIGAMA	100

CAPITULO III

DISEÑO DE LA SUB-ESTACION

El diseño de esta Sub-estación está encuadrado en los requerimientos técnicos de ENELEC y la aplicación particular de PLASTIGAMA.

3.1 DETERMINACIÓN DEL VOLTAJE DE ALIMENTACIÓN EN ALTA

Según Figura 3.1 podemos observar que por el sector donde se encuentra instalada PLASTIGAMA, en la Avenida C. J. Arosemena, en su acera frontal cruza tangencialmente la alimentadora de 69 KV de Ceibos 1 según Código E.E.E. y el ramal de 13.8 KV de C.J. Arosemena siendo este último donde actualmente toma su energía PLASTIGAMA.

Ante las dos alternativas, el de mantener el mismo voltaje de alimentación cambiando y reforzando la acometida existente, o ante el justificable costo de alimentación a 69 KV y por consulta previa con el Departamento de la Empresa Eléctrica del Ecuador - se seleccionó el voltaje a 69 KV como nivel de acometida para PLASTIGAMA.

3.2 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE LA SUB-ESTACION

Cuando realizamos la proyección de la demanda y considerando reservas para desarrollos futuros de la empresa, podemos apreciar en la Tabla 11-3 un valor actual cercano a los 2 MVA.

Las alternativas próximas a nuestras necesidades era instalar una sub-estación de 3.75; 5; 7,5 MVA. Se seleccionó la de 5 MVA por consideraciones técnicas-económicas como podemos resumir de las - Tablas Nos. II-3 y II-4.

3.3 DETERMINACION DE LA UBICACION DE LA SUB-ESTACION

Para ubicar la sub-estación de distribución se consideraron los - siguientes factores:

- a) Distribución actual de Plantas, Edificios y Bodegas
- b) Localización del Centro de Carga
- c) Proximidad del Sistema de 69 KV
- d) Facilidad para la entrada y salida de las líneas
- e) Localización de las líneas de 13.8 KV existentes

Con todos estos factores tratamos de conseguir los objetivos de minimizar la inversión, darle una mayor seguridad al personal de la fábrica, debido a que una menor cantidad de líneas de alta - tensión correrán las instalaciones de la empresa y respetar las distancias de seguridad establecidas en la normalización de las Sub-estaciones de Distribución.

3.4 LAV OUT

En la Figura 3-2 podemos apreciar la disposición de los Equipos - de la sub-estación de distribución en la cual se dieron las siguientes consideraciones:

- Ahorro en Terreno
- Permitir al máximo posible las entradas y salidas sin desviar su trayectoria.
- Mantener las distancias libres
- Disponer las distancias suficientes entre elementos para operación y mantenimiento.
- Permitir la libre entrada y salida del Transformador de Poder

Con respecto a la configuración eléctrica lo podemos apreciar a detalle en el diagrama unifilar de la Figura 2-3 en el cual vemos el arranque de la línea de la red de 69 KV de EMELEC, hasta las alimentadoras de Distribución de la Red Interna de la Fábrica a 13.8 KV.

3.5 ESTUDIOS PREVIOS

Para seleccionar los equipos se consideraron datos propios dados - en las tablas del Capítulo anterior, así como también información proporcionada por EMELEC.

3.5.1 Corto Circuito

En la Tabla N^o III-1 detallamos los datos de cortocircuito proporcionado por ENELEC en el punto de suministro de energía eléctrica para PLASTIGAMA, tanto a 69 KV como a 13.8 KV.

En las instalaciones industriales se deben determinar las corrientes de cortocircuito en distintos puntos para seleccionar el equipo de protección y efectuar una coordinación en forma adecuada.

La falla puede ser de los tipos siguientes:

- a) De línea a tierra. (fase a tierra)
- b) De línea a línea. (fase a fase)
- c) De dos líneas a tierra. (fase a fase a tierra)
- d) De Trifásica. (tres fases entre sí)

De estos tipos de fallas la más probable de ocurrir es la denominada falla de línea a tierra.

Para cálculos preliminares se puede suponer que la falla es trifásica y entonces se simplifican los cálculos, ya que la red se trata en condiciones de simetría y con una sola red en la que se representan las fuentes de corto -

circuito y los elementos limitadores.

Asumiendo voltajes de fase e impedancia en cada una de las tres fases, la falla trifásica es una condición balanceada y resulta en una corriente de falla igual en cada una de las tres fases. Concordadamente las fallas trifásicas pueden ser calculadas sobre las siguientes bases:

V = Voltaje de fase a fase normal del sistema

Z_f = Impedancia del Sistema en cada fase entre el voltaje V y el punto de falla.

$I_{3\phi}$ = Magnitud de la corriente de falla en cada fase

Es frecuente expresar el voltaje, la corriente, los KVA y la impedancia de un circuito o en P.U., referidas a un valor base o de referencia que se elige para cada una de tales magnitudes o en porcentaje que es 100 veces el valor por unidad, la ventaja que se tiene es que estos valores sean más fáciles de manejar que usando volts. amperes o volts-amperes, ya que en un sistema eléctrico las impedancias de los equipos y componentes están referidas a los valores bases.

En el caso que nos compete y remitiéndonos a nuestro diagrama unifilar de la Figura 2-3 tenemos los siguientes valores:

La capacidad de interrumpirse del interruptor a 69 KV dada por la compañía suministradora de energía la ubicamos en - 500 MVA, la impedancia del Transformador T_1 , $Z_t = 7\%$, y la impedancia equivalente de los motores a 480 voltios y a - 240 voltios es $Z_{UM} = 25\%$; este último dato fue tomado de - los diagramas unifilares de distribución interna de la fábrica que nos es parte del presente estudio.

Utilizando el sistema por unidad definimos los siguientes parámetros y ecuaciones:

$$MVA_{pu} = \frac{\text{Valor Actual MVA}}{MVA \text{ Base}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$\text{Valor Actual de MVA} = MVA_{pu} \times MVA \text{ base} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Para la mayoría de las Plantas Industriales, el valor de voltaje de alimentación principal es posible asumirlo como un voltaje que se mantiene normal, para la mayoría de las más severas fallas en la planta industrial, esto frecuentemente se refiere a una barra infinita. En tal forma que será dicho voltaje el que se lo tomará como voltaje base y representar como $KV = 1 \text{ P.U.}$

$$Z_{pu} = \frac{KV^2}{MVA} = \frac{1}{MVA_{pu}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$MVA_{pu} = \frac{1}{Z_{pu}} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Para el caso de PLASTIGAMA tendremos que MVA = 1 PU representa 5 MVA siendo éste la base. Luego $Z = 1$ PU representa el circuito y la impedancia de carga el cual puede permitir a 5 MVA fluir con voltaje normal (KV = 1 PU) de fuente localizado en la barra infinita del sistema.

Este sistema de la Planta es diseñado sobre la base que la máxima contribución de falla trifásica simétrica por parte de la Empresa Eléctrica del Ecuador, luego advierte que 8 ciclos, 500 MVA y 69 KV serían características satisfactorias para un breaker en aceite.

El transformador de 5 MVA auto-enfriado puede incrementar su capacidad a 7 MVA por el uso de ventiladores de enfriamiento.

El sistema de la Empresa Eléctrica del Ecuador puede ser representado por una impedancia Z_a entre la barra infinita y los 500 MVA en la localización de la falla en la Planta.

Usando la Ecuación 1:

$$\frac{500 \text{ MVA}}{5} = 100 \text{ MVA pu}$$

Usando la Ecuación 3:

$$Z_a = \frac{1}{100} = 0.01 \text{ PU}$$

Estos cálculos pueden ser reducidos usando la Ecuación 6 que se deriva sustituyendo la Ecuación 4 en la 2.

$$\text{Valor Actual MVA} = \frac{\text{MVA Base}}{Z \text{ pu}} \quad \text{[Ecuación 5]}$$

$$Z_{\text{pu}} = \frac{\text{MVA Base}}{\text{Actual Valor MVA}} \quad \text{[Ecuación 6]}$$

luego...

$$Z_a = \frac{5}{500} = 0.01 \text{ Impedancia PU}$$

Cálculo de la capacidad de falla en la barra de 13.8 KV

Una falla en la barra de 13.8 KV es suministrado desde la Empresa Eléctrica del Ecuador a través de la reactancia - del Transformador y Z_a en serie. La resistencia del Transformador puede ser despreciada.

Refiriéndonos a la Tabla II-3 la reactancia del Transformador es 7% referido a una Razón de 5 MVA. Asumiendo que el Transformador seleccionado para esta planta está sujeto a una máxima variación $\pm 7.1/2$ % para cálculo de falla, seleccionamos la mínima reactancia considerada. Esto es:

$$0.925 \times 7 \% = 6.48 \%$$

luego

$$Z_{\text{total}} = 0.01 + 0.0648 = 0.0748 \text{ P U}$$

Usando la Ecuación 5

$$\text{Actual Valor MVA} = \frac{5}{0.0748} = 66.84 \text{ MVA}$$

Será la contribución de falla a través del Transformador desde la Empresa Eléctrica del Ecuador, PLASTIGAMA posee en su mayoría motores de Inducción y de Corriente Continua y podemos señalar que tiene alrededor de 1825 en motores de Inducción Jaula de Ardilla.

Los motores de Inducción no son considerados para contribuir a la corriente de falla en el tiempo de 8 ciclos en que actuarán los interruptores de potencia. Sin embargo, el breaker de interrupción requerido sería de 66.84 MVA. El breaker escogido tiene 350 MVA IC.

El uso de 600 % es conservador y 50% es a menudo usado , sin embargo por la mayor inercia de los motores, tales como bombas centrífugas y compresores se escogió el 600%.

El uso de 1 HP = 1 KVA también es conservador, considerando un factor de potencia de 0.8.

Luego, la contribución simétrica de los motores a la ba - rra de 13.8 , podemos asumir:

$$\frac{1.825}{0.25 + 0.055} = \frac{1.825}{0.31} = 5.89 \text{ MVA}$$

donde 0.25 representa el equivalente a los motores con el rotor bloqueado más la reactancia del cable alimentador y a 55 representa la equivalencia de las reactancias a los Transformadores a 13.8 KV.

Usando el factor 1.5 de asimetría podemos decir que el breaker requerido es:

$$1.5 (66.84 + 5.89) = 109.09 \text{ MVA asimétricas}$$

$$\text{Partiendo de KVA} = \frac{1.73 \text{ VA}}{1.000}$$

$$\text{MVA} = \frac{\text{KVA}}{1.000} = 1.73 \text{ KV (KA)}$$

$$\frac{\text{KA}}{\text{MVA}} = \frac{1}{1.73 \text{ KV}} = \frac{0.577}{\text{KV}}$$

$$\frac{\text{A}}{\text{MVA}} = \frac{577}{\text{KV}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Luego tendremos:

$$\frac{577 \times 109.09}{13.8} = 4.561.22 \text{ amps. asimétrica}$$

El breaker escogido tiene 13.500 amps. asimétrica.

3.5.2 Sobrevoltaje sitio

Los cálculos de fallas son frecuentemente hechos, asumiendo todos los transformadores conectados a su tap nominal. Un transformador normalmente tiene cuatro taps a $\pm 2\ 1/2\ %$ de su voltaje nominal.

Sucede que transformadores mayores a 750 KVA y con uno de los dos devanados en 15 KV a 69 KV, el máximo cambio en reactancia para recibir un voltaje tope podría ser de 15% de incremento. Los máximos cambios en reactancia están basados en Transformadores con reactancia nominal X y con 2 taps arriba y abajo del voltaje nominal. Si un voltaje mayor que el correspondiente al tap de voltaje es aplicado, la corriente de falla secundaria podría por supuesto ser mayor que la indicada normalmente por el exceso de voltaje aplicado.

Aún de mayor peligro son los sobrevoltajes atmosféricos para lo cual en la subestación se dispuso de pararrayos tanto en el lado de alta tensión como de baja tensión del Transformador, proporcionando una trayectoria temporal de baja impedancia a tierra, permitiendo que la carga eléctrica asociada con el sobrevoltaje vaya a tierra sin producir daño en el Transformador.

3.5.3 Puesta a Tierra

Los fines de puesta a tierra de la sub-estación son:

- Fijar el nivel de potencial de todas las masas metálicas con respecto al suelo.
- Proteger las máquinas y los aparatos de sobretensiones
- Asegurar la protección del personal en lo que se refiere a los peligros de la corriente eléctrica.

Los sistemas de Tierra comprenden:

- El Dispensor

Constituido por un cuerpo metálico o un conjunto de cuerpos metálicos puestos en contacto directo con la tierra y destinadas a dispersar las corrientes de tierra.

- El Conductor de Tierra

Lo constituye un conductor que sirve para unir las partes de puesta a tierra con el dispensor.

- Los Colectores eventuales de Tierra

Conjunto de colectores en los cuales se hacen más dispersores y conductores de corriente las terminales de ellos.

En el trazado de la malla de tierra se deben hacer las siguientes consideraciones:

- Toda el Area de la Sub-estación debe estar cubierta con una capa de alrededor de 10 cm. de piedra triturada y de una resistividad mínima de 3.000 Ohmios-metro.
- La malla de tierra debe estar constituida de conductores principales espaciados a intervalos iguales y de conductores secundarios colocados perpendicularmente a los primeros y espaciados en el doble de distancia.
- La separación de los conductores principales no debe ser menor de 2.0 mts. ni superior a 9.0 mts.
- Los conductores principales y secundarios se conectan en sus intersecciones.
- Los conductores de malla deben enterrarse por lo menos a 0.50 mts. de la superficie.
- Para la determinación del calibre de los conductores de la malla se debe considerar un tiempo de duración de 3 segundos de la corriente de falla a tierra.

Utilizando todos estos criterios y lo que indica la REA Bulletin 65-1 y por las características propias del terre

no y de la sub-estación de 69 KV de PLASTIGAMA se determina que con 9 varillas de Coppeeveld de 5/8" x 8' se obtiene una resistencia de 13.15 Ohmios. En Figura 3.3 se observa la malla de tierra y su distribución en el terreno de la sub-estación.

También se consideró pozos de revisión, ajustes de varillas y cables de puesta a tierra.

3.5.4 Factor de Potencia

PLASTIGAMA posee actualmente un factor de potencia que cumple con los requerimientos de la Empresa Eléctrica del Ecuador, como lo podemos apreciar en la Figura 3-4.

La Fábrica ha utilizado Capacitores en Baja Tensión instalándolos en los diferentes Bancos de Transformadores, lo cual apreciamos en la Tabla N°III-2.

El cambio de los Capacitores por otros en alta tensión no ha sido justificado económicamente y no será parte de estudio del Presente Proyecto.

TABLA N°III-2
CARACTERISTICAS DE LOS BANCOS DE CAPACITORES

UBICACION	TIPO	VOLTAJE (Voltios)	K VAR
Tubería	Automática	480 V	372
Cintas	Automática	240 V	200
Extruder	Manual	240 V	80
Soplado	Manual	240 V	240

CAPITULO IV

CARACTERISTICAS DE LA SUB-ESTACION MONTADA A LA INTEMPERIE

Se selecciona este tipo de Sub-estación para poseer las siguientes ven-
tajas significativas:

- Alta seguridad de servicio
- Reducido espacio de Instalación
- Reducido peso
- Cortos tiempos de montaje
- Control y Supervisión sencillos
- Reducido Mantenimiento

4.1 ESTRUCTURAS

Este tipo de Sub-estación tiene como estructura fundamental en el lado de 69 KV, poste de hormigón de sección rectangular y cruce-ta de hierro galvanizado.

Las barras principales serán de cobre; los pernos de sujeción de la barra será del mismo tipo de conductor de barra. Todas las uniones de la Barra, incluyendo uniones ajustables deberán ser en sambladas y aisladas, teniendo en cuenta que las superficies es-tén limpias y con la pasta respectiva, para tener un buen contac-
to.

- Postes

Los postes en la alimentación de la sub-estación serán de 18 mts. de altura y 600 Kgs. de esfuerzo útil, en la retención será de 800 ó 1.200 Kgs. de esfuerzo útil.

Referencia	:	Elecdor
Tipo	:	H
Altura	:	18 metros
Carga de Rotura	:	6 metros

- Perfil estructural

El perfil estructural para las crucetas tienen las siguientes características:

Referencia	:	Acero estructural ASTM A36
Tipo	:	Perfil U
Alto	:	1º Nivel 6"
		2º Nivel 4"
		3º Nivel 4"

Los pernos, tuercas y anillos para la sujeción de los perfiles a los postes, serán de hierro galvanizado por inmersión en caliente.

La estructura en el lado de 69 KV, tendrá tres niveles.

El primer nivel que es el más alto, está situado a 9.0 metros de altura, sobre el que se instalará el seccionador tripolar.

El segundo nivel estará situado a 6.9 metros de altura y soportará los pararrayos.

El seccionador-fusible estará sujeto a 2 crucetas separadas 1.4 metros una de otra. La más baja quedará a 4.5 metros de altura. De esta misma cruceta se sujetará la cadena de aisladores, de manera que su parte inferior quedará al mismo nivel que los terminales de los bushings de alta del transformador.

En el lado de 13.8 KV, la estructura está compuesta de tubos galvanizados de 4" de diámetro y crucetas de perfil estructural tipo C de 100 mm de alto, 50 mm de ancho y un espesor de 4 mm.

En la parte inferior de los tubos se soldará una plancha metálica de forma cuadrada de 30 cm., de lado y de 5 mm de espesor, que servirá para fijar el poste al suelo por medio de pernos de expansión de 1/2" de diámetro. En el suelo se fabricará un plinto que permita esta sujeción. La estructura estará compuesta de 4 tubos formando dos pórticos unidos también entre sí por crucetas de hierro galvanizado en caliente de 3" x 3" x 5/16".

El pórtico más cercano al transformador constará de 3 niveles.

El nivel más alto estará a 5 metros de altura y tendrá 2 crucetas. En ellas estarán ubicados los pararrayos, las cajas fusibles para el by-pass del reconectador y los aisladores de suspensión para -

Las barras de 13.8 KV.

El segundo nivel con dos crucetas separadas entre sí 0.40 metros, se situarán los transformadores de corriente y potencial para la medición de EMELEC.

El nivel más bajo consta también de dos crucetas separadas entre sí 0.60 mts. La cruceta más baja estará situada a 2.70 mts. de altura. En ellas se fijarán dos seccionadores monofásicos que conectan la entrada y salida del reconectador.

El segundo pórtico situado a 3.50 metros de distancia del anterior, tendrá una cruceta situada a 5 metros de altura donde se sujetan los aisladores de suspensión para las barras y una segunda cruceta a 3 metros de altura que servirá de apoyo a la tubería por donde entrarán las alimentadoras de 13.8 KV. hasta el cuarto de control.

El soporte para el seccionador de operación en grupo, así como los pórticos mencionados, en el párrafo anterior, será también de tubo galvanizado de 4" de diámetro. En su parte inferior se soldará una plancha de hierro galvanizado de 30 cms. de lado y un espesor de 5 mm., la cual se fijará mediante el mismo procedimiento anterior.

4.2 CONDUCTORES

Alta tensión	:	69 KV.
Conductor de Aluminio desnudo		
Referencia	:	Cablec
Calibre	:	4/0
Construcción	:	6 hilos AL 1 hilo acero
Area aproximada	:	125.1 mm. 2
Resistencia a la Rotura	:	3.820 Kg.
Baja Tensión	:	13.8 KV.

Conductor de Cobre desnudo

Referencia	:	Cablec
Calibre	:	250 MCM
Construcción	:	19 hilos
Area aproximada	:	126.68 mm. 2
Resistencia a la Rotura	:	4.008 Kg.
Capacidad	:	410 A.

Puesta a Tierra de pararrayos

Alta Tensión	:	69 KV.
Cobre desnudo		
Calibre	:	No. 4 AWG

Las alimentadoras desde el patio de 13.8 KV. hasta los equipos de seccionamiento y protección, serán dos ternas de cable aislado para 15 KV.

Tipo	:	URD
Calibre	:	No. 1-7 hilos
Material	:	Cobre
Aislamiento	:	XLPE
Nivel de aislamiento	:	100 %

4.3 MALLA DE PUESTA A TIERRA

Su trazado está dado fundamentalmente por la disposición de los Equipos y de las estructuras. Un cable continuo debe rodear el perímetro de la malla.

Dentro de la malla los cables se dispondrán en líneas paralelas espaciadas de manera uniforme y adecuada que permite conectar a tierra los neutros del sistema, los equipos y las estructuras y además limita la corriente máxima de choque permisible.

En el trazado de la malla, se determina la longitud total del conductor enterrado, incluyendo la de las varillas de tierra.

- Trazado preliminar de la malla

En el trazado de la malla de prueba, se determina la longitud total del conductor enterrado, incluyendo la de las varillas tierra.

La longitud tiene que ser por lo menos igual a la longitud calculada en la siguiente ecuación:

$$L = \frac{K_m F_{ip} I t}{116 + 0.17 p}$$

Donde:

L = longitud total del conductor enterrado en metros.

K_m es un coeficiente que toma en cuenta el número n de conductores paralelo de la malla en una dirección dada la separación D ; el diámetro d ; y la profundidad de enterramiento h .

$$K_m = \frac{1}{2} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{3}{4} \right) \left(\frac{5}{6} \right) \left(\frac{7}{8} \right) \dots \text{etc.}$$

el número de factores entre paréntesis debe ser igual a $(n-2)$.

n = Número de conductores principales paralelos de la malla básica, tomando en una sola dirección.

D = Separación entre los conductores de la malla en metros

d = Diámetro de los conductores que forman la malla en metros.

h = Profundidad de enterramiento de la malla en metros

K_i = Factor que toma en cuenta el flujo irregular de la corriente hacia el terreno.

$$K_i = 0.65 + 0.72 n$$

p = Resistividad promedio en ohmios-metro

I = Máxima corriente R.M.S. Total, en amperios corregida por un factor que toma en cuenta el efecto del desplazamiento producido por la componente de corriente directa y los decrementos debido a las componentes de corriente alterna y de corriente directa, y también, considera el crecimiento futuro del sistema.

En la siguiente Tabla se da valores del factor de corrección en relación a la duración de la falla.

<u>DURACION DE LA FALLA Y DEL CHOQUE ELECTRICO EN SEG.</u>	<u>FACTOR DE CORRECCION DE LA CORRIENTE DE FALLA</u>
0.008	1.65
0.1	1.25
0.25	1.10
0.5 o mayor	1.00

Se recomienda que cuando no se dispongan de información precisa, se puede considerar lo siguiente:

- K_m K_i : 2.0
- p : 3.000 Ohmios-metro
- t : 3.0 segundos

Con lo que:

$$L = \frac{I}{180}$$

De tal forma que basándonos en el método descrito en el REA Boletín 65-1 obtuvimos el No. 9 de varillas de tierra para encuadrarnos en las recomendaciones del NEC, para sub-estaciones de 69 KV.

Partiendo de una resistividad de tierra de 300 ohmios-metro y varillas de copperweld de 5/8" x 8' con la malla propuesta según Figura 3-3 bajamos a 12.5 ohmios que está dentro del rango recomendado.

4.4 INTERRUPTOR DE DESCONEXIÓN

El interruptor de desconexión a 69 KV tiene las siguientes especificaciones:

- Nivel de aislamiento básico (BIL)	350 KV
- Número de Polos	3
- Frecuencia	60 Hz
- Voltaje Nominal	69 KV rms
- Voltaje Máximo de operación	72.5 KV rms
- Corriente nominal para operación continua	600 A.
- Corriente momentánea asimétrica de la cuchilla de puesta a tierra.	40 Ka. rms
- Operación	manual

Interruptor de desconexión de 69 KV en poste:

- Nivel de Aislamiento Básico (BIL)	350 KV
- Número de Polos	3
- Frecuencia	60 Hz
- Voltaje nominal	69 KV, rms
- Voltaje máximo de operación	72,5 KV rms
- Corriente nominal para la operación continua.	600 A.
- Corriente momentánea simétrica	40 Ka. rms
- Espacios entre polos	213 cms.
- Operación	manual

4.5 CIRCUITO INTERRUPTOR

El circuito interruptor debe tener las siguientes especificaciones:

- Número de Polos	3
- Voltaje Nominal	69 KV
- Voltaje máximo de diseño	72.5 KV
- Frecuencia	60 Hz
- Corriente Nominal Continua	1.200 A, rms
- Corriente Momentánea de corta duración	61 KA, rms
- Corriente Momentánea de tres segundos	40 KA, rms

- Espaciamiento entre polos	215 cm.
- Voltaje de Control	48 VCD
- Operación	Automática

El circuito Interruptor debe ser estilo "Apertura Vertical", para el montaje horizontal, con el elemento de disparo paralelo de C.D. La unidad de interrupción herméticamente sellada con gas SF₆ e indicador de "posición de cerrado", 350 KV BIL, 3 polos de apertura conjunta operado por motor similar a S&C, MARK 5.

Debe tener provisión para poner a tierra las líneas (3 fases).

La Unidad de control debe tener un elemento para prevenir el cierre de cuchillas estando abierto el elemento de interrupción.

El mecanismo operador del circuito interruptor debe ser de alta velocidad y tener los siguientes elementos y características: Provisión para bloqueo automático del mecanismo del eje de operación; ventana de observación para la inspección del desacoplamiento del mecanismo interior y el indicador de posición mecánica y lámparas indicadoras de posición; freno ajustable; cubierta a prueba de polvo, y equipado con calentador; interruptores de desconexión y fusibles para la fuente de control (C.D.); contador de operaciones; lámpara y tomacorriente; interruptor auxiliar (acoplado al circuito interruptor) y provisión para operación manual.

4.6 TRANSFORMADOR DE PODER

- Número de Fases	3
- Frecuencia Nominal (HZ)	69 KV
- Capacidad DA, 55/65 grad. cent. (MVA)	5
- Capacidad FA, 55/65 grad. cent. (MVA)	7
- Voltaje Nominal a tierra para los <u>ter</u> minales de voltaje primario (KV).	69/3
- Voltaje Nominal a tierra para los <u>ter</u> minales de voltaje secundario.	13.8/3
- Conexión de Primario	Delta
- Conexión del Secundario	Estrella con neutro sólidamente a tierra.
- Cambiador de Taps. sin tensión, lado primario.	+/- 5
- Reactancia en su propia base	7 %
- Relación de los transformadores de co- rriente tipo bushing en el lado secun- dario. Relación múltiple.	350/5

4.7 INTERRUPTOR EN PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE DE 13.8 KV

Interruptor en pequeño volumen de aceite

630/800 amperios 13.8 KV nominal, clase 350

MVA, 95/110 KV BIL, 3.3 ciclos, mando motorizado

Bobina de aceite y disparo, contactos auxiliares

Marca Westinghouse, Brasil Cat. : HR 24-15. Además

con las siguientes protecciones:

- *Pérdida de Fase, desbalance de fase, inversión de fase, sobrevoltaje, bajo voltaje, sobrecorriente y falla a tierra.*
- *Transformadores de corriente de 15 KV para uso con el interruptor en pequeño volumen de aceite, y transductor de protección de voltaje.*
- *Transformadores de voltaje de 15 KV para uso del transductor de protección de voltaje.*

4.8 EQUIPO DE MEDICION DE 13.8 KV

Los transformadores de Potencial serán del Tipo Intemperie, debe cumplir con la Norma N E M A, clase de voltaje de aislamiento 15.000 voltios en el lado secundario.

Transformador de Potencial

- *Tipo* : *1 Terminal de alto voltaje*
- *Voltaje Nominal de Sistema* : *13.8 KV*

- BIL	: 110 KV
- Relación	70.1
- Precisión	0.3
- Capacidad	1.500 V A
- Clase de Aislamiento	15 H
- Voltaje de diseño	8.400/14.500
- Frecuencia	60 HZ

Para la lectura de los parámetros eléctricos, se selecciona el equipo de medición IQ DATA PLUS.

El IQ DATA PLUS es un equipo de monitoreo y protección basado en la tecnología del microprocesador que provee de una completa gama de mediciones eléctricas.

El IQ DATA PLUS hace las siguientes mediciones:

- | | |
|----------------|---------------|
| - AMPERAJE A.C | 1 % exactitud |
| Fase A | |
| Fase B | |
| Fase C | |
| - VOLTAJE A.C | 1 % exactitud |
| Fase A-B | |
| Fase A-C | |
| Fase B-C | |

- Todas las fases con respecto a tierra.
- Megavatios 2 % exactitud
- Megavars 2 % exactitud
- Frecuencia 0.5 % exactitud
- Demanda de Megavatios 2 % exactitud
- Opcionalmente se puede medir Me
gavatios - hora.
- Opcionalmente puede ser programado para trabajo activo o pasivo de protección por:
 - Pérdida de fase:
 - Cuando menos del 50% de la tensión de fase es detectado
 - Cuando la mínima corriente en una fase es el 1/16 de la máxima corriente en otra de las fases.
 - Desbalance de fases:
 - Si la máxima desviación entre dos fases cualesquiera exceda la cantidad de desbalance prefijada a través de los interruptores DIP.
 - Sobrevoltajes
 - Se lo puede ajustar dentro del rango de 105 a 140 %, en incremento del 5 %.

- *Bajo Voltaje*

- . Se lo puede ajustar dentro del Rango de 95 a 60 %, en incremento del 5 %.

- *Cambio de Fase*

- . Ocurre cuando se cambian dos fases por más de un segundo

- *Especificaciones*

Referencia	I Q D P O 2 de Westinghouse
Potencial requerido	20 VA
Frecuencia	50 - 60 HZ
Tensión Nominal	+ 20 % - 20 %
Temperatura de Operación.	0 - 70 grados centígrados
Humedad	0 - 95 %
Fusibles	1 A
Típo	K J K - R - 1

4.9 RECONECTADORES

Los reconectores automáticos tienen las siguientes características:

- Número de Polos	3
- Voltaje Nominal	14.4 KV
- Voltaje Máximo	15.5 KV
- Frecuencia	60 HZ

- Corriente Nominal
- Corriente de Interrupción 10 Ka
- Trifásica asimétrica a 14.4 KV
- Duración de la Apertura 2.7 ciclos
- Medio de Interrupción Aceite
- Control Electrónico
- Bobina de Disparo Paralelo
- Cierre Solenoide 13.8 KV (línea a línea)
- Corriente mínima de disparo 560 A
- Voltaje de Control C.D. 48 VCD
- Voltaje de Control C.A. 120 VCA

4.10 PARARRAYOS

Los pararrayos son dispositivos de protección para limitar las tensiones de impulso sobre los equipos eléctricos, mediante la descarga o derivación de la correspondiente corriente de impulso.

LADO DE 13.8 KV

- Voltaje 10 KV

LADO DE 69 KV

- Referencia Tipo IMX de Westinghouse
- Clase Intermedio
- Tensión del Sistema 69 KV

Tensión Nominal del Pararrayo	60 KV
Frecuencia Nominal	60 Hz
Temperatura Ambiente	40 C.
Trabajo	Pesado
Instalación	A nivel del Mar

Accesorios:

Terminal de Línea y Tierra con conectores universales para Conductor No. 2 a 350 MCM.

Los pararrayos deberán ser autosoportantes para montaje a la intemperie, en estructura metálica.

4.11 CAPACITORES

PLASTIGAMA posee actualmente Capacitores para la corrección de su factor de potencia, los mismos que están instalados en el lado de la Tensión de Servicio, esto es a 480 ó 240 Voltios.

En la Tabla N° III-2 pudimos apreciar los capacitores instalados en la fábrica.

A fin de no incrementar los gastos en el montaje de la sub-estación y por estar cumpliéndose con la corrección del Factor de Potencia demandado por la Empresa Eléctrica del Ecuador, no será motivo de estudio del presente Proyecto, el de instalar capacitores en la barra de 13.800 voltios, pero dejando siempre la inquietud de poder hacerlo más adelante.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La Sub-estación de Distribución de 69 KV a 13.8 KV. propuesta está basada en las Normas y Recomendaciones dadas por la Empresa - Eléctrica del Ecuador e INECEL, y en la experiencia de Subestaciones similares instaladas en el País.
2. Una especial atención merece dársele a la observancia de las distancias mínimas, tanto en el lado de 69 KV como el de 13.8 KV a fin de precautelar la continuidad del servicio y la seguridad del personal que circule por la sub-estación.
3. Por la proximidad de la sub-estación a la red de 69 KV de la Empresa Eléctrica del Ecuador, se recomienda que el seccionar en aire a este voltaje se lo ubique en el patio de maniobras de la sub-estación.
4. El uso de un interruptor en pequeño volumen de aceite le da una máxima confiabilidad al Sistema, considerando que la capacidad de interrupción requerida no es superior a los 16 KA.
5. El nivel de iluminación normal sobre el piso de la sub-estación debe ser de 50 lux uniformemente distribuida y debe ser conectado a los servicios auxiliares de corriente alterna de la subestación.

Se debe proveer de iluminación de emergencia que debe ser conectados a los servicios auxiliares de corriente directa y su nivel de iluminación no debe ser menor a los 10 lux uniformemente repartidos sobre el piso de la subestación.

6. Se deben instalar tomacorrientes monofásicos y trifásicos en el patio de la sub-estación de tal manera que puedan conectarse lámparas portátiles y aparatos de prueba con un cable de 10 mts. de longitud.
7. El banco de baterías a instalarse debe tener un margen de reserva adecuado que en ningún caso sea menor de 4 horas después de faltar el suministro de corriente alterna.
8. Para el cálculo de las fundaciones debe tomarse en cuenta el peso del Transformador, de los Equipos, herrajes, postes, etc.
9. A la sub-estación se la debe proteger físicamente con una malla metálica galvanizada a lo largo de todo su perímetro, con una altura de 3 metros y con pilares en tubo galvanizado de 2.1/2" separados cada dos metros. En su parte superior se instalará 3 hileras de alambre de púas y la cerca en general se la aterrizará al sistema de tierra de la sub-estación.

ANEXO N°1
LISTADO DE MATERIALES

<u>ITEM</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1	1	Seccionador Tripolar operado en grupo, para 69 KV, 600 A.
2	3	Pararrayos clase intermedia 60 KV
3	3	Pararrayos clase distribución 10 KV
4	3	Fusible Unipolar de Potencia para 69 KV, 65 E tipo DBA.
5	1	Interruptor en pequeño volumen de Aceite 13.8 KV 350 MVA, 3 ciclos, Westinghouse HR 24-15.
6	1	Transformador de Fuerza 5 MVA, 69/13.8 KV.
7	6	Seccionar Monopolar Kearney H72 15 KV.
8	3	Reconectador 15 KV ES 565 G 03 de Westinghouse.



<u>ITEM</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
9	1	Pértiga para operación de fusibles 69 KV.
10	1	Pértiga para operación de equipos de 13.8 KV.
11	6	Postes de Hormigón. Tipo H Elecdor, 18 metros.
12	15	Aislador tipo suspensión clase ANSI 52-3 "Ball and Socket".
13	48	Aislador tipo suspensión clase ANSI 52-1 "HORQUILLA - OJO".
14	16	Grapa de retención con terminal hor- quilla para conductor de al. calibre 1/0 - 4/0 similar a A.B. CHANCE C501 - 0707.
15	3	Grapa de retención con terminal Socket para conductores de Al. Calibre 4/0 - 477 MCM similar a A.B. CHANCE C501-0699.

<u>ITEM</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
16	12	Grapa de retención tipo recta, terminal horquilla, para conductores de Al. de calibre 4/0 - 477 MCM, similar a A.B. CHANCE C 501-0727.
17	15	Conector de ranuras paralelas para conductor de Al. calibre 1/0 - 500 MCM similar a BURNDY QPX 3428 - Y.
18	21	Conector de ranuras paralelas para conductor de Al, calibre 250-500 MCM similar a BURNDY QPX 3434 - Y.
19	12	Conector de ranuras paralelas para conductor de Al. calibre 1/0 - 4/0 , similar a BURNDY QPX 2828 - Y.
20	3	Adaptador "Horquilla Y - Bola" para sujeción de cadena a estructura, similar a A.B. CHANCE C 501-0045.
21	30	Grillete con pasador para sujeción de cadena de aisladores a estructura metálica, similar a A.B. CHANCE 5818.

<u>ITEM</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
22	24	Conector de bronce plano para conductor 2/0 de cobre similar a BURNDY GEM 26.
23	25	Conector de cobre tipo Cruz, para conductor 2/0, similar a BURNDY GX 2626.
24	8	Varilla copperweld 5/8" x 8 pies
25	3	Transformador de potencial para sistema 13.8/7.98 KV relación de transformación 70.1, carga ANSI : V.
26	3	Transformador de corriente tipo Bushing incorporado en el reconector RX, relación múltiple, 600: 5A, alambrado en el tap 200: 5A.
27	1	Gabinete de medición y distribución para Subestación de 5 MVA.
28	2,7 Ton.	Perfiles "L", láminas de hierro, pernos varillas, etc., para cuadros de 13.8 KV.

<u>ITEM</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>DESCRIPCION</u>
29	1.7 Ton.	Perfiles "L" láminas de hierro, varillas, pernos para pórtico de 69 KV.
30	Lote	Lote materiales para barras de 13.8 KV, malla de tierra, luminarias, transformador de servicios auxiliares material para instalación eléctrica, etc.
31	-	Terreno, cerramiento, obras civiles , compactación, camino de acceso.
32	-	Transporte y montaje.

BIBLIOGRAFIA

1. DIRECCION GENERAL DE NORMAS DE MEXICO. "Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas". Edición de 1981.
2. GILBERTO ENRIQUEZ HARPER. "Fundamentos de las Instalaciones Eléctricas de mediana y alta tensión". Editorial Limusa. México. Edición 1980.
3. MULTI-AMPS. CORPORATION. "The Coordination and Testing of Protective Relays in Industrial Plants". Bulletin ET-21.
4. CODIGO ELECTRICO NACIONAL. Edición 1981
5. SAM CLUTS. "Modern Substation Design". The Ohio State University Columbus, Ohio.
6. P.J. GALVEZ. "Normalización de las Sub-estaciones de Distribución para zonas urbanas de la ciudad de Guayaquil". Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Eléctrica de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Año 1985.
7. A.B. STURTON. "Sub-station Application Engineering". April 1982. Central New Jersey.

8. INECEL. "Proyecto y Normalización de las Líneas y Sub-estaciones a 69 KV.
9. SIEMENS. "Aclaraciones Técnicas sobre Aparatos de Maniobra de Baja Tensión, Instalaciones y Distribuciones". Catálogo NSO/NVO. 1978.
10. D.V. FARWCETT. "Overcurrent Protection For Industrial Power Systems". Canadian Westinghouse, Co. Ltd.
11. THOMAS H. DODDS. "Medium and Low Voltage Power System Equipment". The Ohio State University, Columbus, Ohio.
12. ENCICLOPEDIA CEAL DE ELECTRICIDAD. "Estaciones de Transformación y Distribución - Protección de Sistemas Eléctricos". Tercera Edición, 1977.

mrc.



A.F. 142503