

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**PROYECTO ELECTROMECAÁNICO PARA LA INSTALACIÓN
DE CELDAS METAL CLAD EN 22.9 kV Y EN 10 kV EN LA
SUBESTACION LURIN**

Informe de Suficiencia para obtener el Título de
INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA

Presentado por:

Edwin Oria Espinoza

Lima-Perú

Noviembre 2009

DEDICATORIA

Los obstáculos son retos que nos planteamos, está de nuestra parte asumirlos y enfrentarlos siempre con la bendición Dios y saber levantarnos cuando nos caemos, para que él nos guíe por el buen sendero.

A mis padres, que me vieron tropezar y me apoyaron en todo momento en los momentos difíciles de mi vida y enfrentar con más fuerza y sin miedo los problemas; que gracias a su constancia y dedicación no hubiera logrado todas mis metas, ya que siempre estuvieron allí para guiarme, cuidarme y siga logrando objetivos en mi vida profesional y por el buen camino.

A mi esposa e hijos, quienes son mi inspiración de todos los días y me dan las fuerzas para no desmayar en el día a día de mi desarrollo profesional y así mismo en lograr culminar el desarrollo de este presente informe y que con este ejemplo ellos puedan alcanzar sus objetivos con muchas ganas y entusiasmo.

A mis amigos, que me apoyaron en todo momento, en los momentos más difíciles de mi profesión para que no desmayara dándome fuerzas para seguir poniéndole interés cada día a los retos y logros profesionales obtenidos hasta el momento.

A las empresas donde laboré, por darme el conocimiento y haberme permitido participar en el desarrollo y la ejecución de varios proyectos.

INDICE

	Pág.
Prólogo.....	5
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 Generalidades.....	9
1.2 Objetivo.....	10
1.3 Alcance.....	10
CAPÍTULO II EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.....	11
2.1 Características.....	11
2.2 Subestación Eléctrica.....	12
2.3 Estudio del Sistema Eléctrico.....	14
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	21
3.1 Generalidades.....	21
3.2 Características técnicas de los equipos y materiales.....	22
3.2.1 Transformador de potencia 60/22.9/10 kV.....	23
3.2.2 Cables de Energía 10 y 22.9 kV.....	29
3.2.2.1 Cálculo del cable de energía N2XSY de 10 kV.....	31
3.2.2.2 Cálculo del cable de energía N2XSY de 22,9 kV.....	35
3.2.3 Barras colectoras en la salida del TR-2 en 10 kV y 22,9 kV.....	39
3.2.3.1 Cálculo de barras rígidas de 10 kV. (Tramo en soporte de cables	

II

	del TR-2).....	39
3.2.3.2	Cálculo de barras rígidas 22.9 kV (Tramo en soporte de barras del TR-2).).....	44
3.2.3.3	Cálculo de barras rígidas 22.9 kV (Tramo en soporte de cables del TR-2).....	47
3.2.4	Terminales para cables de energía en 10 kV y 22.9 kV.....	50
3.2.5	Celda en 10 kV.....	51
3.2.6	Celdas Metal clad 22.9 kV.....	53
3.2.6.1	Normas de Fabricación	53
3.2.6.2	Características generales.....	53
3.2.6.3	Compartimientos de alta y baja tensión.....	57
3.2.6.4	Transformadores de medida.....	59
3.2.6.5	Interruptor de Potencia.....	60
3.2.6.6	Pruebas y planos.....	64
3.2.6.7	Características Técnicas de las Celdas del Proyecto.....	65
3.2.7	Iluminación.....	67
3.2.7.1	Desarrollo del cálculo del alumbrado en la Sala de Celdas Metal Clad.....	69
3.3	Implementación.....	73
3.3.1	Obras Electromecánicas.....	73
3.3.1.1	Sistema de Puesta a Tierra.....	73
3.3.1.1.1	Normas Técnicas Aplicadas.....	77
3.3.1.1.2	Descripción de la Red de Puesta a Tierra antes de la ampliación.....	78

III

3.3.1.1.3 Etapas del diseño de la Red de Puesta a Tierra...	79
3.3.1.1.4 Toma de información.....	82
3.3.1.1.5 Elaboración del cálculo.....	84
3.3.1.1.6 Criterios de diseño y cálculos justificativos.....	84
3.3.1.1.7 Consolidación de los datos e información de base.	84
3.3.1.1.8 Procedimiento del Cálculo de la Red de PAT....	85
3.3.1.2 Especificaciones técnicas de montaje.....	95
3.3.1.2.1 Montaje del transformador TR-2.....	95
3.3.1.2.2 Montaje de celda en 10 kV.....	97
3.3.1.2.3 Montaje de celdas metal clad de 22.9 kV.....	99
3.3.1.2.4 Montaje de cables de energía en 10 kV y 22.9 kV.	100
3.3.1.2.5 Montaje de tableros de control, medición y protección.....	104
3.3.1.2.6 Montaje de tableros de servicios auxiliares 220 Vac y 125 Vcc, rectificadores y bancos de batería.....	105
3.3.1.2.7 Integración al sistema de protección y control de la celda de 10 kV.....	106
3.3.1.2.8 Integración al sistema de protección y control de las celdas de 22.9 kV.....	107
3.3.1.2.9 Plan de contingencia durante el tendido de los cables de energía de 10 kV.....	110
3.3.1.2.10 Circuito de alimentación Servicios Auxiliares (SS.AA).....	110
3.3.2 Obras Civiles.....	111

IV

3.3.2.1	Actividades Preliminares y de Mantenimiento.....	113
3.3.2.2	Movimiento de tierras y rellenos.....	114
3.3.2.3	Trabajos de concreto en superficie, mezcla y concreto líquido.....	123
3.3.2.4	Acero de refuerzo y encofrado.....	150
3.3.2.5	Carpintería metálica y pinturas.....	153
3.3.2.6	Pavimentos.....	156
3.4	Calificación y selección de equipos.....	160
3.5	Reglamentos y Normas aplicadas al proyecto.....	163
	CAPÍTULO IV COSTO DEL PROYECTO.....	169
4.1	Costo de mano de obra.....	169
4.1.1	Costo de Montaje Electromecánico.....	170
4.1.2	Costo de Obra Civil.....	174
4.2	Costo de equipos y materiales.....	180
4.3	Costo total.....	180
	CONCLUSIONES.....	181
	RECOMENDACIONES.....	181
	BIBLIOGRAFIA.....	182
	PLANOS.....	183
	ANEXOS.....	184

PRÓLOGO

El presente informe de ingeniería trata sobre el proyecto electromecánico para la instalación de celdas metal clad de 22.9 kV y de una celda en 10 kV de la sub estación eléctrica Lurin perteneciente a la empresa distribuidora Luz del Sur S.A.A., con la finalidad de brindar un mejor servicio de suministro eléctrico y hacer más eficiente y confiable el sistema de energía eléctrica.

Las celdas metal clad en 22.9 kV, son celdas antiexplosión, completamente compactas y estarán instaladas en la nueva edificación, estas celdas cuentan con interruptores automáticos tipo extraíbles y con bloqueos electromecánicos para su extracción durante su operación así como los elementos de medida, control y protección.

La celda en 10 kV, es una celda convencional el cual contará con un interruptor de potencia tipo extraíble como elemento de interrupción ante una falla y equipos de medición (transformadores de corriente y tensión), estos equipos se adecuaran en la celda existe de llegada del transformador de potencia antiguo de 17.2 MVA, la alimentación de esta celda de llegada será desde el nuevo transformador de potencia TR-2.

Este informe consta de cuatro capítulos. En el primer capítulo se presenta el propósito de este informe y la mejora de las instalaciones. En el segundo capítulo se describe la evaluación del sistema eléctrico de la subestación Lurin. En el tercer capítulo se detalla la implementación de la instalación de las celdas de distribución en 10 y 22.9 kV, y finalmente el cuarto capítulo se presenta la inversión del proyecto.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

Los sistemas de protección constituyen hoy en el sector eléctrico una de las más complejas y cambiantes disciplinas, no sólo debido a la evolución experimentada en los sistemas eléctricos, sino también en los adelantos tecnológicos introducidos en los equipos con un fin, el de satisfacer las demandas de los usuarios y proveyendo demandas futuras.

Para asegurar el máximo retorno de las grandes inversiones de los equipos digitales (relés multifunción) utilizados en los sistemas de potencia y para mantener al usuario satisfecho con un servicio confiable, el total de los equipos deberán ser mantenidos en perfecto estado de operación. Esto se puede conseguir de dos formas.

La primera manera es por diseño y mantenimiento de cada componente de forma de prevenir fallas que podrían destruir los componentes utilizados.

La segunda manera es el controlar las fallas para minimizar los efectos destructivos que pudieran ocurrir en las celdas. En este punto es donde los relés de protección

entran en un sistema de potencia. El relé de protección es el dispositivo que opera instantáneamente para desconectar la parte fallada protegiendo el sistema de fallas permanentes que podrían ocasionar grandes daños al sistema y así mismo minimizar las interrupciones del servicio.

1.2 OBJETIVO

La Instalación de las Celdas Metal Clad en 22.9 kV y en 10 kV en la Subestación Lurin, propiedad de la empresa distribuidora Luz del Sur S.A.A. con la finalidad de asegurar la distribución de energía eléctrica a través de la red de Media Tensión, así como proteger las instalaciones empleadas para este fin y conseguir un óptimo rendimiento económico de ellas.

1.3 ALCANCE

Este proyecto contempla los siguientes alcances.

- Alimentar a nuevos clientes en 22.9 kV, para ello se instalarán 4 celdas metal clad.
- Construcción de nueva caseta de celdas-obras civiles.
- Instalación de nuevos alimentadores de 500 mm² desde el Transformador TR-2 hasta la nueva casa de celdas.
- Adecuación y Repotenciación de una Celda de 10 kV convencional, para la instalación de nuevos equipos.

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

2.1 Características

En este capítulo se contempla la evaluación y diagnóstico de la red de distribución eléctrica en la Subestación Lurin, para verificar el aumento de carga y nuevos clientes en 22.9 kV y la selección de las protecciones y del cableado de los circuitos eléctricos, en donde para su selección se respetaron las normas establecidas para las instalaciones eléctricas en el momento de la instalación de los mismos.

En consecuencia se optó por efectuar los cálculos y las formulaciones para la correcta selección de los cables de energía dentro de la subestación para el conexionado desde el TR-2 hasta la nueva celda de llegada de 10 kV y la celda de llegada metal clad de 22.9 kV, conductores y modificación de las protecciones del sistema eléctrico en el lado de 10 kV de la sede, para darle al sistema confiabilidad y seguridad durante la distribución de energía eléctrica.

Se realizaron los planos, de distribución de los circuitos de alumbrado, tomacorrientes, con el propósito de dejar establecido en forma clara la distribución

eléctrica de la nueva caseta de celdas metal clad. Este trabajo se elaboró, en base a las Normas vigentes en nuestro país como son el Código Nacional de Electricidad Suministro 2001, Tomo I y V, a las indicaciones contenidas en las Normas Técnicas de Calidad de los Servicios Eléctricos, a las Normas DGE – Terminología en Electricidad y Norma DGE-Símbolos Gráficos en Electricidad y las Especificaciones del Lighting Handbook INDAL Guide english, Chapter 10 – Indoor and Industrial Lighting. Por tal motivo, cualquier modificación deberá ser ejecutada bajo dichas normas.

2.2 Subestación Eléctrica

La Subestación esta situada en el Distrito de Lurin, a la altura del kilómetro 33.8 de la antigua Autopista Panamericana Sur, Ex-Fundo Santa Rosa, cuyo recorrido en dirección a la ciudad de Lima es SE-NO (**Fig. 1**); se halla en la explanada costera aproximadamente a 2.3 Km. de los rompientes del Océano Pacífico, en el lado izquierdo de la referida Autopista, netamente a una distancia de 30 m del eje de dicha arteria y en la zona limítrofe con el Distrito de Pachacamac, también perteneciente a la provincia de Lima.

El acceso desde Lima puede hacerse directamente tomando la antigua Autopista Panamericana Sur o de otro modo por la nueva autopista rápida debiendo desviar en el segundo paso a desnivel (25-A), para tener un ingreso casi directo a dicho emplazamiento.

El área que ocupa el Patio de la Subestación está a una cota de 9 m y tiene un desnivel bajo de aproximadamente 1.0 m, a una cota de 9.0 m con respecto al nivel

alto de la antigua autopista Panamericana Sur, desde donde se ingresa por una calle de suelo afirmado que conduce hacia las parcelas cultivadas que acaban en el borde de mar; la periferia del patio está rodeada de viviendas rústicas y terrenos agrícolas y pecuarios, la zona netamente urbana que recibe el servicio eléctrico se halla concentrada a ambos costados de la autopista con preferencia hacia el lado del piedemonte, donde se distribuye cada vez con menor densidad hacia el lado Este.

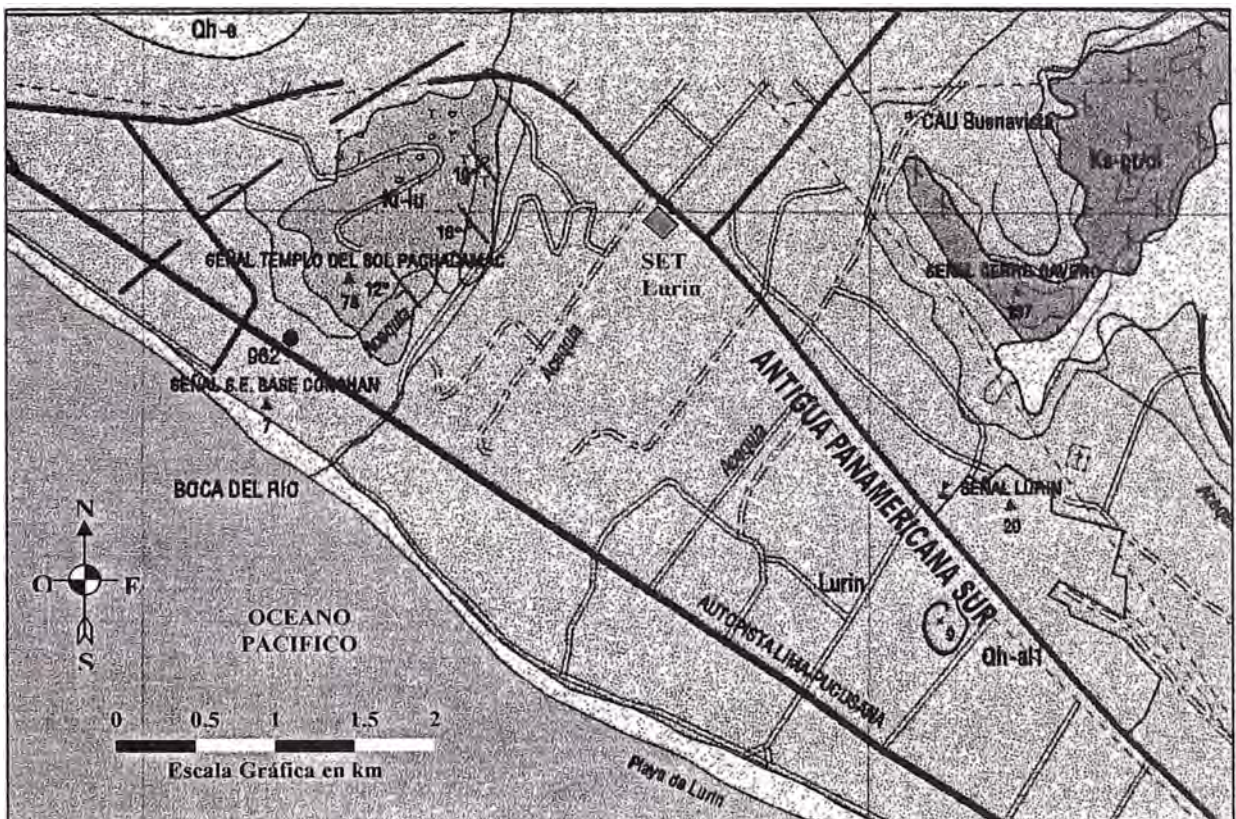


Fig. 1.- Ubicación de la Subestación Lurin y su Zona de Servicio Eléctrico.

Las instalaciones de la actual Subestación Lurin tienen una zona de influencia que abarca tanto el poblado de Lurin como parcialmente el poblado de Pachacamac, los cuales se extienden desde la franja costera hasta el interior del pie de monte.

Esta subestación de transformación es una instalación cuyo diseño eléctrico hasta principios del 2006 contaba dentro de sus instalaciones con un transformador de

potencia de 60/10 kV con una potencia de diseño de 17.2 MVA. Cuenta con seis alimentadores en 10kV, una de ellas es elevada de 10kV a 22.9kV con dos transformadores en paralelo de 3MVA cada uno y esta alimenta a la Subestación de distribución SS1431.

Con el requerimiento de nuevos suministros en el nivel de tensión de 22.9 kV y así mismo el aumento de potencia, se ejecuto la ampliación de la subestación, instalando un nuevo transformador de potencia TR-2 de 60/22.9/10 kV con una potencia de diseño de 25/25/25 MVA, el cual dentro de su nueva implementación de diseño para albergar a dos transformadores de potencia TR-1 y TR-2 donde el TR1 será en el futuro un transformador de potencia de 60/22.9/10 kV con una potencia de diseño de 40/40/40 MVA para futuras ampliaciones, así mismo dentro de esta ejecución se construyo la nueva sala de celdas el cual albergará a las celdas metal clad de 22.9 kV y en el futuro se esta dejando la implementación para la instalación de nuevas celdas metal clad de 10 kV, incluyendo la sala de relés, sala de baterías y servicios auxiliares.

2.3 Estudio del Sistema Eléctrico

El estudio de carga, es sin lugar a duda lo más importante que se realiza en un proyecto eléctrico, sí no se conocen exactamente las necesidades de carga. Recordando siempre que la energía eléctrica es un medio para lograr un servicio (movimiento, luz, calor, etc.), un buen servicio eléctrico sólo podrá ser dado, si se conocen bien las necesidades actuales y futuras de estos servicios. Cualquier esfuerzo por lograr un estudio completo y detallado de la carga es justificable, y por ello hemos concluido que en la presentación de los proyectos eléctricos se hace

necesario indicar cómo se hizo dicho análisis, dejando perfectamente claro, el estudio de carga realizado. Este análisis y presentación de esta forma tiene grandes ventajas, no sólo porque garantiza un buen proyecto, sino que facilita mucho la revisión o modificación del mismo.

Tabla 2.3.1 Flujo de carga para el análisis de alternativas de enlaces entre la Subestación

RESULTADOS DE LOS FLUJOS DE CARGA PARA EL ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE ENLACES ENTRE SET's

Factor de utilización línea de transmisión antes y despues de proyectos

Elemento	2005F	2006F	2007F	2008F	2009I	2009F	2010I	2010F	2011I	2011F	2012I	2012F	2013I	2013F	2014I	2014F
L-622	72	68	62	73	94	66	73	60	68	62	70	70	79	44	48	64
L-624A	16	20	24	18	20	24	25	37	40	45	48	48	51	49	53	50
L-624B	36	38	51	74	90	34	36	51	57	63	67	67	72	69	74	38
L-624C	56	64	50	69	82	0	0	0	0	0	0	50	56	57	65	20

Capacidad líneas de transmisión antes y despues de proyectos

Elemento	2005F	2006F	2007F	2008F	2009I	2009F	2010I	2010F	2011I	2011F	2012I	2012F	2013I	2013F	2014I	2014F
L-622	0,38	0,38	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36	0,38	0,36	0,36	0,38	0,36	0,36	0,68	0,68	0,66
L-624A	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
L-624B	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,38	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,66
L-624C	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,66

El trabajo de preparar este estudio de carga en la forma que recomendamos es indiscutiblemente laborioso, pero economiza mucho más tiempo del invertido en ello y permite conocer perfectamente el proyecto.

Tabla 2.3.2 Área de atención actual – Demanda Máxima Anual (DM) Subestación Lurin

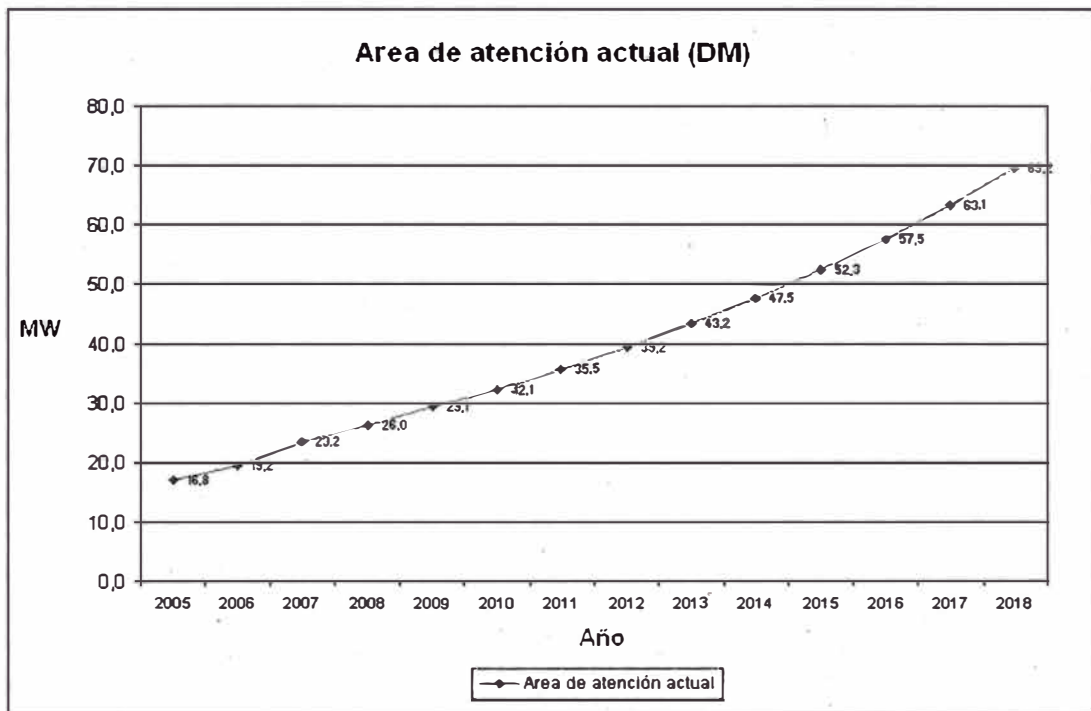
Factor de utilización del Transformador Lurin TR1 y TR-2

Capacidad máxima del Transformador TR1-40 MVA. TR2-25 MVA

Escenario Medio Área de atención actual

Datos en MW (no incluye pérdidas)

Subestación	Código	Numero de Transf.	Cap. Máx (MVA)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Lurin	L	2	65	16,8	19,2	23,2	26,0	29,1	32,1	35,5	39,2	43,2	47,5	52,3	57,5	63,1	69,2



En este desarrollo se muestran los resultados de los flujos de carga para el análisis de alternativas de enlace entre la subestación y el factor de utilización de las líneas de 60 kV correspondientes a la subestación tal como se muestra en la tabla 2.3.1, así mismo en la tabla 2.3.2 se detalla la capacidad máxima del transformador TR-2 de 25 MVA, el cual hace referencia a la atención actual y a la ampliación de carga en MW con la futura instalación del T1 de 40 MVA, no incluyendo las pérdidas desde el año 2005 al 2018. Así mismo se muestran en las tablas 2.3.3 las máximas demandas de dos clientes que están conectados a la red de media tensión de la subestación como

son OPPFILM y Cerámica San Lorenzo con sus máximas demandas desde el año 2005 hasta el 2018.

Tabla 2.3.3 Demandas Máximas de Clientes con proyección al 2018

Cuadro de cargas de algunos clientes

OPPFILM
Suministros 1395150
1539480

Al 28 de abril del 2008

Razon social	: OPPFILM
Suministro	: 1395150
Persona encargada	: Ing. Jose Antonio Cabieses
Cargo	: Gerente de Planta
Telefono	: 715-7000

Año	Maxima Demanda Energia Activa				
	HP (kW)	HFP (kW)	HP (MW.h)	HFP (MW.h)	
1	2005	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
2	2006	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
3	2007	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
4	2008	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
5	2009	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
6	2010	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
7	2011	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
8	2012	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
9	2013	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
10	2014	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
11	2015	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
12	2016	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
13	2017	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00
14	2018	6.500,00	6.500,00	800,00	3.500,00

Nota: Valores promedios anuales

HP HORA PUNTA
De lunes a sábado, entre las 18 y 23 horas
HFP HORA FUERA DE PUNTA
De lunes a sábado, de 0 a 18 horas y de 23 a 24 horas
Domingos y feriados, de 0 a 24 horas

Cuadro de cargas de algunos clientes

CERAMICA SAN LORENZO S.A.C.
Suministros 1312142

Al 05 de mayo del 2008

Razon social	: CERAMICA SAN LORENZO S.A.C.
Suministro	: 1312142
Persona encargada	: Ing. Manuel Gomez Burgos
Cargo	: Gerente de Producción
Telefono	: 417-0800

Año	Maxima Demanda Energia Activa				
	HP (kW)	HFP (kW)	HP (MW.h)	HFP (MW.h)	
1	2005	3.400,00	3.800,00	400,00	2.000,00
2	2006	3.400,00	3.800,00	400,00	2.000,00
3	2007	3.400,00	3.800,00	400,00	2.000,00
4	2008	3.800,00	3.800,00	400,00	2.000,00
5	2009	3.400,00	3.800,00	400,00	2.000,00
6	2010	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00
7	2011	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00
8	2012	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00
9	2013	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00
10	2014	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00
11	2015	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00
12	2016	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00
13	2017	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00
14	2018	4.400,00	4.800,00	600,00	3.000,00

Nota: Valores promedios anuales

HP HORA PUNTA
De lunes a sábado, entre las 18 y 23 horas
HFP HORA FUERA DE PUNTA
De lunes a sábado, de 0 a 18 horas y de 23 a 24 horas
Domingos y feriados, de 0 a 24 horas

En las tablas 2.3.4 se detalla las máximas demandas desde el año 2005 hasta el 2014, aquí se refleja el crecimiento de la demanda para los niveles de tensión de 60 kV, 22.9 kV y 10 kV, donde se observa que a la actualidad la máxima demanda prácticamente ya alcanzo al Transformador TR-2 de 25 MVA, es así que la empresa Luz del Sur a la fecha viene ejecutando la instalación del nuevo transformador T1 de 40 MVA, este proyecto contempla la ejecución de una bahía de protección con equipos de alta tensión en 72,5 kV, para este diseño no se esta considerando la instalación de equipos híbridos (Passmoo), debido a los problemas suscitados con estos equipos en otras instalaciones existentes de 60 kV.

Tabla 2.3.4 Máximas demandas desde el año 2005 al 2014 donde se reflejan la evaluación de las cargas de los transformadores de potencia en la subestación Lurin.

Evaluación del factor de utilización en Transformadores (Incluye pérdidas)

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2005					Año 2005				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		17,2	14,6	5,8	15,7	90,45%	17,2	16,8	6,7	18,1	105%
	L	1	60	L_T1	1,00	17,2	14,6	5,8	15,7	90,45%	17,2	16,8	6,7	18,1	105%
	L	1	23	L_T1G	1,00	6,0	5,8	2,3	6,2	103,33%	6,0	5,8	2,3	6,2	103%
	L	1	10	L_T1D	0,98	17,2	11,2	4,5	12,1	70,35%	17,2	12,6	5,0	13,6	79%
	L	2	60	L_T2	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2006					Año 2006				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		17,2	16,5	6,6	17,7	102,82%	25	19,2	7,7	20,7	79%
	L	1	60	L_T1	1,00	17,2	16,5	6,6	17,7	102,82%	25	19,2	7,7	20,7	79%
	L	1	23	L_T1G	1,00	6,0	5,4	2,2	5,8	96,67%	25	9,2	3,7	9,9	40%
	L	1	10	L_T1D	0,98	17,2	12,3	4,9	13,2	76,74%	25	13,2	5,3	14,2	57%
	L	2	60	L_T2	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2007					Año 2007				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		25	23,2	9,3	24,9	99,60%	25	20,5	8,2	22,1	87%
	L	1	60	L_T1	1,00	25	23,2	9,3	24,9	99,60%	25	20,5	8,2	22,1	87%
	L	1	23	L_T1G	1,00	25	10,3	4,1	11,1	44,40%	25	11,2	4,5	12,1	48%
	L	1	10	L_T1D	0,98	25	14,5	5,8	15,6	62,40%	25	15,2	6,1	16,4	66%
	L	2	60	L_T2	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2008					Año 2008				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		25	26,2	10,5	28,2	111,35%	25	24,5	9,9	26,4	105%
	L	1	60	L_T1	1,00	25	26,2	10,5	28,2	111,35%	25	24,5	9,9	26,4	105%
	L	1	23	L_T1G	1,00	25	11,2	5,1	12,3	49,20%	25	11,2	5,1	12,3	49%
	L	1	10	L_T1D	0,98	25	15,3	5,1	16,1	64,40%	25	13,4	4,5	14,1	56%
	L	2	60	L_T2	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2009					Año 2009				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		25	31,4	10,9	33,3	133%	50	31,6	10,8	33,4	67%
	L	1	60	L_T1	1,00	25	31,4	10,9	33,3	133%	25	16,6	5,7	17,5	70%
	L	1	23	L_T1G	1,00	25	16,5	5,5	17,4	70%	25	16,5	5,5	17,4	70%
	L	1	10	L_T1D	0,98	25	15,0	5,0	15,8	63%	25	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	60	L_T2	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	25	15,0	5,1	15,9	64%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	0	0,0	0,0	0,0	0%	25	15,0	5,0	15,8	63%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2010					Año 2010				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		50	34,9	12,0	36,9	74%	50	34,9	12,0	36,9	74%
	L	1	60	L_T1	1,00	25	18,3	6,3	19,4	78%	25	18,3	6,3	19,4	78%
	L	1	23	L_T1G	1,00	25	18,2	6,1	19,2	77%	25	18,2	6,1	19,2	77%
	L	1	10	L_T1D	0,98	25	0,0	0,0	0,0	0%	25	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	60	L_T2	1,00	25	16,6	5,7	17,5	70%	25	16,6	5,7	17,5	70%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	25	16,5	5,5	17,4	70%	25	16,5	5,5	17,4	70%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2011					Año 2011				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		50	38,6	13,2	40,8	82%	50	38,6	13,2	40,8	82%
	L	1	60	L_T1	1,00	25	20,3	7,0	21,4	86%	25	20,3	7,0	21,4	86%
	L	1	23	L_T1G	1,00	25	20,1	6,7	21,2	85%	25	20,1	6,7	21,2	85%
	L	1	10	L_T1D	0,98	25	0,0	0,0	0,0	0%	25	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	60	L_T2	1,00	25	18,3	6,3	19,4	78%	25	18,3	6,3	19,4	78%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	25	18,2	6,1	19,2	77%	25	18,2	6,1	19,2	77%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2012					Año 2012				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		50	42,6	14,6	45,0	90%	50	42,6	14,6	45,0	90%
	L	1	60	L_T1	1,00	25	22,4	7,7	23,7	95%	25	22,4	7,7	23,7	95%
	L	1	23	L_T1G	1,00	25	22,2	7,4	23,4	94%	25	22,2	7,4	23,4	94%
	L	1	10	L_T1D	0,98	25	0,0	0,0	0,0	0%	25	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	60	L_T2	1,00	25	20,2	6,9	21,4	86%	25	20,2	6,9	21,4	86%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	25	20,1	6,7	21,2	85%	25	20,1	6,7	21,2	85%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2013					Año 2013				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		50	47,0	16,2	49,7	99%	75	46,6	15,8	49,4	66%
	L	1	60	L_T1	1,00	25	24,7	8,5	26,1	104%	50	24,5	8,2	25,8	52%
	L	1	23	L_T1G	1,00	25	24,5	8,2	25,8	103%	50	24,5	8,2	25,8	52%
	L	1	10	L_T1D	0,98	25	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	60	L_T2	1,00	25	22,3	7,7	23,6	94%	25	22,3	7,7	23,6	94%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	25	22,2	7,4	23,4	94%	25	22,2	7,4	23,4	94%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

SET	Código SET	N° de Transf.	Devanado	Código de	FS	Año 2014					Año 2014				
						Pot. Instalada Inicio	Maxima demanda			FU Inicial	Pot. Instalada Fin	Maxima demanda			FU Final
							MW	MVAR	MVA			MW	MVAR	MVA	
LURIN	L	1	60	L		75	51,6	17,5	54,5	73%	75	51,6	17,5	54,4	73%
	L	1	60	L_T1	1,00	50	27,0	9,0	28,5	57%	50	29,9	10,0	31,5	63%
	L	1	23	L_T1G	1,00	50	27,0	9,0	28,5	57%	50	29,9	10,0	31,5	63%
	L	1	10	L_T1D	0,98	25	0,0	0,0	0,0	0%	25	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	60	L_T2	1,00	25	24,6	8,5	26,0	104%	25	21,7	7,5	22,9	92%
	L	2	23	L_T2G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	2	10	L_T2D	1,00	25	24,4	8,1	25,8	103%	25	21,6	7,2	22,8	91%
	L	3	60	L_T3		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	23	L_T3G		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%
	L	3	10	L_T3D		0	0,0	0,0	0,0	0%	0	0,0	0,0	0,0	0%

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 GENERALIDADES

El aumento del consumo eléctrico y nuevos clientes en el nivel de tensión de 22.9 kV llevaron a la empresa distribuidora Luz del Sur a realizar trabajos de ampliación en la Subestación Lurin, para ello se instalaron nuevas celdas de 22.9 kV y así mismo se modificó la celda de llegada de 10 kV, este proceso se desarrolló en el año 2006.

El transformador de potencia que existía antes de la ampliación era de relación 60/10 kV con una potencia de diseño 17.2 MVA y el nuevo transformador de potencia adquirido es de relación de transformación de 60/22.9/10 kV con una potencia de diseño 25/25/25 MVA a quien llamaremos TR-2.

El circuito que alimentaba a la Subestación Lurin en 60 y estas a su vez eran transformadas en 10 kV a través de un transformador de potencia de 17.2 MVA estaban integradas de la siguiente manera:

Las dos ternas de transmisión, las líneas L621 y L622 en un nivel de tensión de 60 kV que viene desde la subestación Villa el Salvador y Pachacamac respectivamente, llegan a la subestación a una de las torres que se encuentran en la entrada de la subestación, de esta doble terna la L622 ingresa al patio de 60 kV alimentado a su sistema de barras y esta a su vez al transformador de potencia 17.2 MVA cuya relación es de 60/10 kV, con sus respectivos equipos de potencia de protección. Desde este pórtico de barras en 60 kV sale una línea que se enlaza con otra torre que está a la salida de la subestación Lurin, de esta torre se continua la línea hasta la subestación San Bartolo 60 kV, como L624 en T en la subestación Praderas. La línea que alimenta actualmente a la subestación Lurin 60 kV es la línea L622 que sale como L624 hacia la subestación San Bartolo T con la subestación Praderas en 60 kV.

En este proyecto se contemplo la instalación del transformador de potencia TR-2 hasta los sectores 22.9 kV (nuevo edificio de celdas 22.9 kV) y 10 kV (modificación de celda de llegada en 10 kV) todos estos equipos actualmente en servicio; también se define la situación física de la subestación con la ampliación del cerco definitivo.

3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES

Este proyecto contempla las características de los equipos desde las salidas del TR-2 (cables de energía) hasta las celdas metal clad de 22.9 kV y la celda de llegada de 10 kV con sus respectivos equipamientos y diseños electromecánicos para la selección de las barras colectoras en el lado del TR-2 y los cables de energía de 10 kV y 22.9 kV. No contempla los equipos en el lado de 60 kV ni los cálculos para la selección de los mismos incluido el TR-2.

3.2.1 Transformador de potencia 60/22.9/10 kV

Un transformador de potencia es una máquina electromagnética, cuya función principal es el transformar la magnitud de las tensiones eléctricas, sin variar la frecuencia. Se puede considerar formado por tres partes principales:

- Parte activa
- Parte pasiva
- Accesorios

El transformador TR-2 a ser instalado en la subestación tiene las siguiente características:

Datos de Placa:

Marca: Siemens

Tipo: TLSN 7349

Datos Eléctricos:

Potencia Nominal: 20 / 25 MVA (ONAN / ONAF)

Relación nominal de transformación: 58000V ($\pm 13 \times 565$) / 22900 / 10000 V.

Tensiones e intensidades nominales:

Refrigeración	Devanado A.T.	Devanado M.T.	Devanado B.T.
V _n (V)	58000	22900	10000
I _n ONAN (A)	199.1 (Y)	504.2 (Y)	1154.7 (Δ)
I _n ONAF (A)	248.9	630.3	1443.4

Grupo de Conexión: Ynyn0d5

Capacidad de carga del punto neutro:

- Lado Alta tensión: 100 %
- Lado Media tensión: 100 %
- Lado Baja tensión: sin punto neutro

Frecuencia: 60 Hz

Temperatura ambiente (máx.): 40 °C

Calentamiento límite (sobre temperatura)

En el aceite (nivel superior): 60 °C

En el devanado: 65 °C

Ajuste de Contactos del termómetro de aceite:

Alarma: 95° C

Desconexión: 105 °C

Conexión ventiladores (ONAF): 80 °C

Ajuste de contactos del termómetro de devanado

	Alta tensión	Media tensión	Baja tensión
Conexión ventiladores	80 °C	80 °C	80 °C
Alarma	110 °C	110 °C	110 °C
Desconexión	123 °C	123 °C	123 °C

Valores de prueba a 75 °C:

Perdidas en vacío:

58 /22.9 kV (25 MVA): 22 kW

Perdidas bajo carga:

58/ 22.9 kV (25 MVA): 90.69 kW

58/ 10 kV (25 MVA): 89.87 kW

Tensión de cortocircuito a 75 °C

58/ 22.9 kV (25 MVA): 6.21 %

58/ 10 kV (25 MVA): 10.11 %

Gradiente de temperatura, alta tensión, media tensión y baja tensión: 21.3 °K

- **Protocolo de prueba del transformador**

Marca: Siemens

Tipo: TLSN 7349

Potencia nominal (MVA): 20/25 (ONAN/ONAF)

Tensiones AT/MT/BT: 58/22.9/10 kV

Número de fases: 3

Número de serie: 185466

Cálculo: 2003-03

Año de fabricación: 2003

Protocolo N°: 432

Fecha de pruebas: 14 Noviembre del 2006

- **Descripción de los aparatos de vigilancia y protección**

El transformador de potencia es trifásico, inmerso en aceite para ser instalado en la intemperie.

Niveles: Apilado; chapas laminadas en frío de hierro al silicio y de grano orientado.

Tanque: fabricado en lámina lisa, resistente al vacío con radiadores para evacuar el calor de pérdidas del transformador por refrigeración natural..

Tanque de expansión: desmontable, resistente al vacío

Aisladores pasatapas (Bushing).

Alta tensión: fases y punto neutro

Media tensión: fases y punto neutro

Baja Tensión: fases

Conmutador bajo carga:

MR VIII 350Y -76-14271W

Accionamiento a motor tipo ED 100

Regulador de voltaje TAPCON 240

Partes principales:

Ventilador trifásico

Marca: Fersal -Vent

Tipo: VT-644

Tensión nominal: 220 V CA (+10% - 15%)

Frecuencia: 60 Hz

Potencia: 0.373 KW, ½ HP, 2 A

Velocidad: 1700 RPM

Cantidad: 3

Corriente de Arranque: 6 A

Caja de accionamiento motor MR

Tensión: 230/400 V CA, TRIFÁSICO

Corriente: 1.9 A – 5.2 – 6.2 A

Revoluciones por minuto: 1500

Tiempo: 5.4 seg. por cambio de toma

Calefacción: 50 W (0.2 A)

Regulador de tensión

Marca: MR

Tipo: TAPCON 240

Cambiador de tomas: el cambiador de tomas bajo carga esta concebido como un conmutador – selector de diseño tubular.

El modelo V500 siempre selecto se suministra hasta un máximo de 12 posiciones de servicio y con preselector hasta un máximo de 23 posiciones de servicio.

Accionamiento a motor MA 9 con relé de protección RS 2001.

• **Descripción de los aparatos de vigilancia y protección**

Vigilancia térmica

Con monitor electrónico de temperatura Qualitrol 509-200 R70 103-023-01.

Estuche por termómetro Qualitrol 167-50-30

Estuche para termómetro Qualitrol 103-049-01

Vigilancia del nivel de aceite

Indicador electrónico de nivel de aceite ubicado en el tanque de expansión del transformador y tanque de expansión conmutador tipo radial Qualitrol 039-008-01.

Vigilancia de sobrepresiones

Válvula de sobrepresión tanque principal y conmutador Qualitrol 208-2 8 posee un contacto.

Protección contra altas velocidades y gases en el aceite.

Relé de protección tipo BUCHHOLZ CEDASPE DN 8ML.

Relé de flujo RS 2001 (2 A)

Protección contra humedad

Deshumectador de aire transformador VE – 4EL

Deshumectador de aire conmutador VE-10

Unidad de filtrado aceite OLTC, MR OF100D

Detector de humedad AQUAOIL 300

Detector de pasos 201R compuesto por:

Monitor de gases disueltos en el aceite HYDRAN 201 Ti, Controlador 201Ci-1

Acelerómetro IMPAC REGISTER RM-3WE**• Tablero de Control**

Contiene los circuitos siguientes:

Iluminación y calefacción.

Alimentación 220 VCA, ventiladores

Alimentación 120 VCC, control de ventiladores.

Señales de disparo: protecciones mecánicas

Señales de alarma: protecciones mecánicas

Señales de alarma: conmutador regulador

Señales de alarma: servicios auxiliares.

Señales de entrada y salida a equipos auxiliares

Alimentación: equipos auxiliares, mecánicos

Control Conmutador U75 desde el Regulador U90

Señales de corriente: Protección Imagen Térmica

Señales de Tensión: Regulación.

3.2.2 Cables de Energía 10 y 22.9 kV

Para la selección de los cables de energía se han tenido presente la tensión nominal, corriente de corto circuito del sistema, caída de tensión, condiciones mecánicas y efectos químicos.

En el tendido hay que protegerlos contra la torsión, pandeo, tracción excesiva, así como la presión y curvaturas muy pronunciadas.

El radio de curvatura debe ser 15 veces mayor que el diámetro exterior del cable. Los cables estarán enterrados en zanjas de 1.10 m de profundidad.

En las cruzadas con los cables de 22.9 kV estos estarán a la profundidad de 1.20 m y los de 10 kV estarán a una profundidad de 1.00 m. La longitud de cada cable de energía para 10kV será de 85 m. Para 25 MVA de potencia se ha considerado el tendido de 09 cables (3 por circuito) de 500 mm² de sección cada uno.

Características del cable para 10 kV:

Fabricante	INDECO S.A.
Tipo	N2XSY, Unipolar
Tensión Nominal	10 kV
Máxima tensión de servicio	15 kV
Sobretensión a frecuencia industrial	28 kV
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal entre conductor y vaina	8.7 kV
Corriente máxima admisible durante 1 seg.	12.5 kA
Material del conductor	Cobre electrolítico recocido (Cu) al 99.95%
Instalación	Directamente enterrados, en ductos, canaletas o en el suelo
Calibre	500 mm ²
Norma de fabricación	ITINTEC 370-050, IEC 502
Tensión de servicio	8.7 kV y 15 kV
Temperatura de operación	90 °C

Características del cable para 22.9 kV

Fabricante	INDECO S.A.
Tipo	N2XSY, Unipolar
Tensión Nominal	22.9 kV
Máxima tensión de servicio	30 kV
Sobretensión a frecuencia industrial	50 kV
Frecuencia	60 Hz
Tensión nominal entre conductor y vaina	18 kV
Corriente máxima admisible durante 1 seg.	25 kA
Material del conductor	Cobre electrolítico recocido (Cu) al 99.95%
Instalación	Directamente enterrados, en ductos, canaletas o en el suelo
Calibre	500 mm ²
Norma de fabricación	ITINTEC 370-050, IEC 502
Tensión de servicio	18 kV y 30 kV
Temperatura de operación	90 °C

Los cables secos unipolares son conductores de cobre electrolítico recocido, cableado concéntrico, redondo o comprimido con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), chaqueta exterior de PVC de color rojo.

Características particulares.- Resistente a la humedad y al ambiente hasta 90 °C para operación normal, 130 °C para sobrecarga de emergencia y 250 °C para condiciones de cortocircuito. Buena resistencia a los ácidos, grasas, aceites y abrasión. La instalación se realizó desde la estructura soporte de cables lado transformador TR-2 hasta la estructura soporte en el lado de la nueva celda de llegada de 10 kV ubicado en el lado de las celdas existentes de 10 kV. Antes de esta celda se instaló un buzón de paso para ordenar los cables de su forma de tendido en una sola hilera hasta la entrada de la celda en dos niveles, utilizando tuberías PVC-SAP de 6" de diámetro, ver plano E-02-2009.

La instalación de los cables de 22.9 kV se realizó desde la estructura soporte de cables lado transformador TR-2 hasta la celda metal clad de llegada ubicado en el nuevo edificio. La salida de los cables del TR-2 y el ingreso al nuevo edificio se hace a través de tuberías PVC-SAP de 6" de diámetro.

Tabla 3.2.2.1 del subtítulo 3.2-Niveles de Corto Circuito (kA) de la Subestación Lurin, configuración de Etapa Final; Cálculos según Estándar IEC- Tensión de Pre-Falla 1.1 p.u.

Niveles de cortocircuito						
Tensión Nominal (kV)	Falla Trifásica, 3F-T		Falla Monofásica, 1 F-T			
	Ik'' (kA)	Sk'' (MVA)	Ik''A= 3Io (kA)	Sk''A (MVA)		
60	8.3	860.8	10.8	372.5		
22.9	13.7	545.1	18.0	237.7		
10	19.9	345.2				
Impedancia equivalente						
Tensión (kV)	R ₀ (Ohm)	X ₀ (Ohm)	R ₁ (Ohm)	X ₁ (Ohm)	R ₂ (Ohm)	X ₂ (Ohm)
60	0.594	3.241	0.993	4.521	0.988	4.522
22,9	0.007	0.318	0.160	1.064	0.160	1.064
10	--	--	0.031	0.323	0.031	0.323

Tabla 3.2.2.1.- Corrientes de Falla Prevista en la Subestación Lurin

3.2.2.1 Cálculo del cable de energía N2XSY de 10 kV

Para los cálculos de selección del cable de energía el cual conectará el TR-2 con la nueva celda de llegada en 10 kV se emplearon los siguientes criterios de cálculo:

Datos eléctricos para los cálculos:

Potencia de cortocircuito	345.2 MVA
Tiempo de actuación de la protección	0.02 seg.
Características del cable INDECO	
Tipo	N2XSY
Sección	500 mm ²
Tensión nominal	10 kV
Intensidad de Corriente Admisible enterrado 20 °C	750 A
Intensidad de Corriente Admisible en el aire 30 °C	1010 A
Reactancia	0.1957 ohm/km
Caída de Tensión máxima según C.N.E	3.5 %
Corriente de cortocircuito trifásico en el punto de alimentación de LDS.	19.9 kA

Cálculo eléctrico de la caída de tensión:

Cálculo de la impedancia de cables N2XSY-500 mm² 8.7/15 kV proyectado:

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$$

Cálculo de la resistencia del cable proyectado:

$$R_1 = 0.0176 \frac{d}{s}$$

d = 85 m, es la longitud del cable proyectado.

s = 500 mm², es la sección del cable proyectado.

$$R_1 = 0.002992 \text{ ohmios}$$

Para una temperatura de trabajo TR-2=70°C, se tiene (°C⁻¹)

$\alpha = 0.00393$ es el coeficiente de dilatación para cobre blando

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)] = 0.002992 [1 + 0.00393(50)]$$

$$R_2 = 0.003578 \text{ ohmios}$$

El factor de conversión de resistencia de corriente continua es 1.03, luego:

$$R_L = R_2 \times 1.03 = 0.003687 \text{ ohmios}$$

Cálculo de la Reactancia X_L del cable proyectado:

La reactancia dada por tabla suministrada por INDECO es 0.1957 ohm/km.

Para una longitud de 85m = 0.085 km

$$X_L = 0.1957 \times 0.085$$

$$X_L = 0.01663$$

La impedancia Z_L será:

$$Z_L = \sqrt{0.003687^2 + 0.01663^2} = 0.017 \text{ ohmios}$$

Caída de Tensión del Cable:

$$v = \sqrt{3} I_N (R_L \cos \phi + X_L \sin \phi)$$

Donde:

$I_N = 1443.38$ A corriente nominal a 25 MVA, 10 kV

$R_L = 0.003687$ ohmios

$X_L = 0.01663$

$\cos \phi = 0.8$

$\sin \phi = 0.6$

$$V = \sqrt{3} (1443.38) (0.003687 \times 0.8 + 0.01663 \times 0.6)$$

$V = 32.32$ voltios

$V\% = 0.32 \%$

La caída de tensión no supera a los 3.5% de la tensión nominal según el tomo IV del Código Nacional de Electricidad.

Verificación del Conductor Seleccionado:Por corriente Nominal:

La intensidad de corriente nominal en el cable es de 750 A (dato suministrado por el fabricante).

El factor de corrección se calcula bajo las condiciones de operación del siguiente cuadro:

	Condiciones normales de operación	Condiciones particulares para Luz del Sur	Factor de corrección
Resistencia térmica del terreno	100°C x cm / W	150°C x cm / W	0.89
Profundidad del terreno	0.7 m	1.20 m	0.94
Temperatura del suelo a la profundidad del tendido	20 °C	25 °C	0.95
Numero de termas tendidas	1	3	3

Nota:

No se ha considerado en este cálculo ningún factor de corrección por agrupamiento de cables.

$$\text{F.C. } f_1 = 0.89 * 0.94 * 0.95 * 3 = 2.37$$

Considerando el F.C., la intensidad de corriente nominal en el cable será de $750 \text{ A} \times 2.37 = 1777.5 \text{ A}$, por lo tanto *si* podrá cumplir la corriente I_N que considera la Celda de Llegada en 10 kV para cable de energía directamente enterrado.

$$I_N = 1443.38 \text{ A} < 1777.5 \text{ A}$$

Por Intensidad de Corto circuito Admisible en el cable Proyectado (I_N):

La intensidad de cortocircuito admisible en el cable de 500 mm^2 será:

$$I_N = \frac{143 \times S}{1000 \sqrt{t}} \text{ kA}$$

Donde:

$$S = 500 \text{ mm}^2$$

$T = 0.02$ seg tiempo de duración del cortocircuito por accionamiento del interruptor.

$$I_N = \frac{143 \times 500}{1000 \sqrt{0.02}} \text{ kA} = 505.58 \text{ kA}$$

Con lo cual se cumple que la corriente de cortocircuito en el cable es mayor que la corriente de cortocircuito probable:

$$505.58 \text{ kA} > 19.93 \text{ kA}$$

19.93 kA es el valor de corriente de cortocircuito trifásico en el punto de alimentación de Luz del Sur, o sea $345.2 \text{ MVA} / \sqrt{3} \times 10 \text{ kV}$.

3.2.2.2 Cálculo de cable de energía N2XSY de 22.9 kV

Para los cálculos de selección del cable de energía el cual conectará el TR-2 con la celda metal clad de llegada en 22.9 kV se emplearon los siguientes criterios de cálculo:

Datos eléctricos para los cálculos:

Potencia de cortocircuito	545.1 MVA
Tiempo de actuación de la protección	0.02 seg.
Características del cable INDECO	
Tipo	N2XSY
Sección	500 mm ²
Tensión nominal	22.9 kV
Intensidad de Corriente Admisible enterrado 20 °C	770 A
Intensidad de Corriente Admisible en el aire 30 °C	1015 A
Reactancia	0.2004 ohm/km
Caída de Tensión máxima según C.N.E	3.5 %
Corriente de cortocircuito trifásico en el punto de alimentación de LDS.	13.7 kA

Cálculo eléctrico de caída de tensión:

Cálculo de la impedancia de cables N2XSY-500 mm² 18/30 kV proyectado:

$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$$

Cálculo de la resistencia del cable proyectado:

$$R_1 = 0.0176 \frac{d}{s}$$

d = 45 m, es la longitud del cable proyectado.

s = 500 mm², es la sección del cable proyectado.

$$R_1 = 0.00158 \text{ ohmios}$$

Para una temperatura de trabajo TR-2=70°C, se tiene (°C⁻¹)

$\alpha = 0.00393$ es el coeficiente de dilatación para cobre blando

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(T_2 - T_1)] = 0.00158 [1 + 0.00393(50)]$$

$$R_2 = 0.00189 \text{ ohmios}$$

El factor de conversión de resistencia de corriente continua es 1.03, luego:

$$R_L = R_2 \times 1.03 = 0.001947 \text{ ohmios}$$

Cálculo de la Reactancia X_L del cable proyectado:

La reactancia dada por tabla suministrada por INDECO es 0.2004 ohm/km.

Para una longitud de 45m = 0.045 km

$$X_L = 0.2004 \times 0.045$$

$$X_L = 0.009018$$

$$Z_L = \sqrt{0.001947^2 + 0.009018^2} = 0.009225 \text{ ohmios}$$

La impedancia Z_L será:

Caída de Tensión del Cable:

$$v = \sqrt{3} I_N (R_L \cos \phi + X_L \sin \phi)$$

Donde:

$I_N = 630.295$ A corriente nominal a 25 MVA, 22.9 kV

$R_L = 0.001947$ ohmios

$X_L = 0.009018$

$\cos \phi = 0.8$

$\sin \phi = 0.6$

$$V = \sqrt{3}(630.295)(0.001947 \times 0.8 + 0.009018 \times 0.6)$$

$V = 7.607$ voltios

$V\% = 0.0332\%$

La caída de tensión no supera a los 3.5% de la tensión nominal según el tomo IV del Código Nacional de Electricidad.

Verificación del Conductor Seleccionado:Por corriente Nominal:

La intensidad de corriente nominal en el cable es de 770 A (dato suministrado por el fabricante)

El factor de corrección se calcula bajo las condiciones de operación del siguiente cuadro:

	Condiciones normales de operación	Condiciones particulares para Luz del Sur	Factor de corrección
Resistencia térmica del terreno	100°C x cm / W	150°C x cm /W	0.89
Profundidad del terreno	0.7 m	1.20 m	0.94
Temperatura del suelo a la profundidad del tendido	20 °C	25 °C	0.95
Numero de ternas tendidas	1	3	3

Nota:

No se ha considerado en este cálculo ningún factor de corrección por agrupamiento de cables.

$$\text{F.C. } f_1 = 0.89 * 0.94 * 0.95 * 3 = 2.37$$

Considerando el F.C., la intensidad de corriente nominal en el cable será de $770 \text{ A} \times 2.37 = 1824.9 \text{ A}$, por lo tanto podrá cumplir la corriente I_N que considera la Celda de Llegada en 22.9 kV.

$$I_N = 630.295 \text{ A} < 1824.9 \text{ A}$$

Por Intensidad de Corto circuito Admisible en el cable Proyectado (I_N):

La intensidad de cortocircuito admisible en el cable de 500 mm^2 será:

$$I_N = \frac{143 \times S}{1000 \sqrt{t}} \text{ kA}$$

Donde:

$$S = 500 \text{ mm}^2$$

$T = 0.02 \text{ seg}$ tiempo de duración del cortocircuito por accionamiento del interruptor.

$$I_N = \frac{143 \times 500}{1000 \sqrt{0.02}} \text{ kA} = 505.58 \text{ kA}$$

Con lo cual se cumple que la corriente de cortocircuito en el cable es mayor que la corriente de cortocircuito probable:

$$505.58 \text{ kA} > 13.74 \text{ kA}$$

13.74 kA, es el valor de corriente de cortocircuito trifásico en el punto de alimentación de Luz del Sur, o sea $545.1 \text{ MVA} / \sqrt{3} \times 22.9 \text{ kV}$.

3.2.3 Barras colectoras en la salida del TR-2 en 10 y 22.9 kV

En las salidas del transformador TR-2 en 10 y 22.9 kV la conexión se realizó con barras colectoras de cobre electrolítico de 99.95% de pureza, estas están fijadas sobre soportes metálicos aislados con aisladores poliméricos y de porcelana.

Los soportes metálicos están conectados con trenzas de cobre para su conexión de puesta a tierra y así mismo los cables de energía de 10 y 22.9 kV estarán conectados a tierra por medio de las trenzas de cobre que vienen con estos cable de energía respectivos

3.2.3.1 Cálculo de Barras Rígidas 10 kV (En soporte de cables del TR-2).- Características eléctricas y mecánicas:

Potencia de cortocircuito	345.1 MVA
Tensión nominal	10 kV
Distancia entre apoyos	215/4 cm
Distancia entre fases	35 cm
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	1443 A
Tiempo de cortocircuito	3 seg.
Temperatura de barra	35 °C

Cálculos preliminares:

a) Determinación del tipo de barra:

Revisando las tablas de corrientes nominales, escogemos una barra de cobre rectangular 6 x 1 cm.

b) Cálculo de la corriente de cortocircuito:

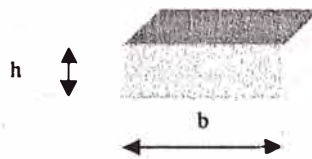
$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3}V_n} = \frac{345.1}{\sqrt{3} \times 10} = 19.92 \text{ kA}$$

Cálculo mecánico:

a) Cálculo de los momentos de inercia: $J = \frac{bh^3}{12}$, barras rectangular de

$$b = 6 \text{ cm}$$

$$h = 1 \text{ cm}$$



Barra de Cobre 60x10 mm

Considerando disposición vertical de las barras:

$$J = \frac{6}{12} = 0.5 \text{ cm}^4$$

$$\text{Fibras neutras: } C = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ cm}$$

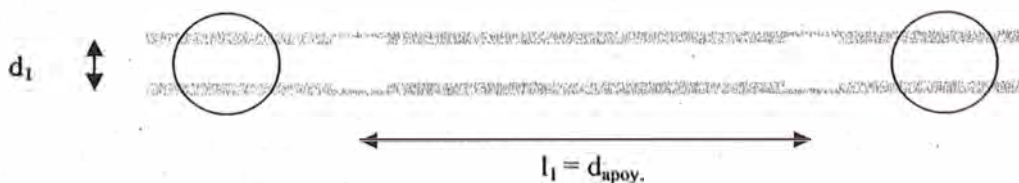
b) Cálculo de la fuerza entre fases: $F_s = 13.265 \times \left(\frac{l_1}{d_1}\right) \left(\frac{I_{cc}}{N}\right)^2 \times 10^{-2} \text{ kgf}$

Donde:

N: número de conductores parciales

l_1 : distancia entre separadores

d_1 : distancia entre barras parciales



$$F_p = \frac{13.625 \times 215 \times 19.92^2 \times 10^{-2}}{35 \times 4} = 83.028 \text{ kgf}$$

c) Cálculo del Momento actuante:

$$M_p = \frac{F_p \times d_{\text{apoy.}}}{8} = \frac{83.028 \times 215}{8 \times 4} = 557.846 \text{ kg} - \text{cm}$$

d) Esfuerzo máximo de flexión en la fibra extrema para la barra.

$$\sigma_p = \frac{M}{J/C} = \frac{557.846}{0.5/0.5} = 557.846 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

En el caso de sistemas de doble barra o barras colectoras múltiples, existen esfuerzos debido a corrientes en los conductores parciales que deben ser tomados en cuenta.

e) Cálculo de la fuerza total distribuida entre apoyos en kgf.

$$F_s = \frac{13.265}{2 \times 3^2} \left(\frac{l_1}{d_1} \right) \left(\frac{I_{cc}}{N} \right)^2 \times 10^{-2}$$

Donde:

F_s = fuerza entre conductores parciales

N = número de conductores

d_1 = distancia entre barras parciales

l_1 = distancia entre separadores

$$F_s = \frac{13.265 \times 53.75 \times 19.92^2 \times 10^{-2}}{2 \times 3^2} = 157.178 \text{ kgf}$$

f) El momento actuante estará dado por:

$$M_s = \frac{F_s \times l_1}{8} = \frac{157.178 \times 53.75}{8} = 1056.039 \text{ kg} - \text{cm}$$

g) El esfuerzo de flexión máximo de la fibra extrema será:

$$\sigma_s = \frac{M_s}{\frac{J_1}{C_1}} = \frac{1056.039}{\frac{2 \times 1 \times 6^3}{12 \times 0.5}} = 528.0195 \text{ kg/cm}^2$$

En este caso por tratarse de un sistema de doble barras de 60x10 mm, la suma de los esfuerzos entre barras principales y entre barras parciales debe ser menor al máximo esfuerzo admisible por el material, es decir:

$$\sigma_m > \sigma_p + \sigma_s = 528.019 + 557.846 \rightarrow 1100 > 1085.865 \text{ kgf/cm}^2$$

El máximo esfuerzo admisible del cobre es 1100 kg/cm², por lo tanto la barra rectangular 60x10 mm, es la solución en posición vertical con doble barra.

Efectos térmicos debido a la corriente de corto circuito.

$$\theta = 35 + \frac{0.0058}{6^2} \times 19.92^2 \times (3 + 0.6) \times 10^2 = 58.01^\circ\text{C}$$

La máxima temperatura admisible para el cobre es de 200 °C.

Resonancia:

Nota: Cuando la frecuencia natural (fn) con la que vibran las barras se encuentra muy cerca ($\pm 10\%$) a la frecuencia eléctrica (fe) o a su doble, se puede producir el fenómeno de resonancia.

Es por eso que es necesario calcular la frecuencia natural y verificar que se cumpla:

$$f_n > 1.1 f_e$$

$$\text{ó } f_n < 0.9 f_e$$

$$\text{ó } f_n > 1.1 (2f_e)$$

$$\text{ó } f_n < 0.9 (2f_e)$$

La frecuencia natural se calcula mediante la siguiente formula:

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{ExJ}{Gxl_{barra}}} \text{ c / seg}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del cobre, $1.25 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

G = Peso de la barra, $5.28 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}$

J = Momento de inercia en cm^4

l_{barra} = Longitud de la barra en cm

$$\rightarrow f_n = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 0.5}{5.28 \times 10^{-3} \times 53.75^4}} = 421.78 \text{ c / seg}$$

$$f_n > 1.1 \times (2f_e)$$

$$f_n > 1.1 \times (2 \times 60)$$

$$f_n > 132 \rightarrow 421.78 > 132$$

Por lo tanto llegamos a la solución adecuada por resonancia.

Flecha:

$$F = \frac{5xGxl_{barra}^4}{384xExJ} = \frac{5 \times 5.28 \times 10^{-3} \times 53.75^4}{384 \times 1.25 \times 10^6 \times 0.5} = 0.000918$$

Valor muy pequeño y por tanto es aceptable.

Por consiguiente llegamos a la conclusión que el sistema de doble barra y la disposición vertical seleccionada es aceptable y no sufriría ningún efecto térmico producido por la I_{cc} , efecto de resonancia ni flexión por la distancia entre apoyos.

3.2.3.2 Cálculo de Barras Rígidas 22.9 kV (Tramo en soporte de barras del TR-2).

Características eléctricas y mecánicas:

Potencia de cortocircuito	545.1 MVA
Tensión nominal	22.9 kV
Distancia entre apoyos	80 cm
Distancia entre fases	35 cm
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	630 A
Tiempo de cortocircuito	3 seg.
Temperatura de barra	35 °C

Cálculos preliminares

a) Determinación del tipo de barra:

Revisando las tablas de corrientes nominales, escogemos una barra de Cu rectangular 8 x 1 cm.

b) Cálculo de la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{545.1}{\sqrt{3} \times 22.9} = 13.74 \text{ kA}$$

Cálculo mecánico:

c) Cálculo de los momentos de inercia: $J = \frac{bh^3}{12}$, barras rectangular de

b=8 y h=1 cm.

Considerando disposición vertical de las barras:

$$J = \frac{8}{12} = 0.666 \text{ cm}^4$$

Fibras neutras: $C = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ cm}$

d) Cálculo de la fuerza entre fases:

$$F = \frac{13.625 \times 80 \times 13.74^2 \times 10^{-2}}{35} = 58.794 \text{ kgf}$$

e) Cálculo del Momento actuante:

$$M = \frac{F \times d_{\text{apoy.}}}{8} = \frac{58.794 \times 80}{8} = 587.94 \text{ kg} - \text{cm}$$

f) Esfuerzo máximo de flexión en la fibra extrema para la barra.

$$\sigma_p = \frac{M}{\frac{J}{C}} = \frac{587.94}{\frac{0.666}{0.5}} = 441.396 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

El máximo esfuerzo admisible por el cobre es de 1100 kg/cm², por lo tanto la barra rectangular 8x1 cm, es solución en su posición vertical.

Efectos térmicos debido a la corriente de corto circuito

$$\theta = 35 + \frac{0.0058}{8^2} \times 13.74^2 \times (3 + 0.6) \times 10^2 = 41.16^\circ\text{C}$$

La máxima temperatura admisible para el cobre es de 200 °C.

Resonancia

Nota: Cuando la frecuencia natural (f_n) con la que vibran las barras se encuentra muy cerca ($\pm 10\%$) a la frecuencia eléctrica (f_e) o a su doble, se puede producir el fenómeno de resonancia.

Es por eso que es necesario calcular la frecuencia natural y verificar que se cumpla:

$$f_n > 1.1 f_e$$

$$\text{ó } f_n < 0.9 f_e$$

$$\text{ó } f_n > 1.1 (2f_e)$$

$$\text{ó } f_n < 0.9 (2f_e)$$

La frecuencia natural se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{ExJ}{Gxl_{barra}}} \text{ c / seg}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del cobre, $1.25 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

G = Peso de la barra, $7.11 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}$

J = Momento de inercia en cm^4

l_{barra} = Longitud de la barra en cm

$$\rightarrow f_n = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 0.666}{7.11 \times 10^{-3} \times 80^4}} = 189.363 \text{ c / seg}$$

$$f_n > 1.1 \times (2f_e)$$

$$f_n > 1.1 \times (2 \times 60)$$

$$f_n > 132 \rightarrow 189.363 > 132$$

Por lo tanto llegamos a la solución adecuada por resonancia.

Flecha

$$F = \frac{5xGxl_{barra}^4}{384xExJ} = \frac{5x7.11x10^{-3}x80^4}{384x1.25x10^6x0.666} = 0.00455$$

Valor muy pequeño y por tanto es aceptable.

Por consiguiente llegamos a la conclusión que las barras y la disposición vertical seleccionada es aceptable y no sufriría ningún efecto térmico producido por la I_{cc} , efecto de resonancia ni flexión por la distancia entre apoyos.

3.2.3.3 Cálculo de Barras Rígidas 22.9 kV (Tramo en Soporte de cables).- Características eléctricas y mecánicas:

Potencia de cortocircuito	545.1 MVA
Tensión nominal	22.9 kV
Distancia entre apoyos	215 cm
Distancia entre fases	35 cm
Frecuencia	60 Hz
Corriente nominal	630 A
Tiempo de cortocircuito	3 seg.
Temperatura de barra	35 °C

Cálculos preliminares

a) Determinación del tipo de barra:

Revisando las tablas de corrientes nominales, escogemos una barra de cobre rectangular 8 x 1 cm.

b) Cálculo de la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{545.1}{\sqrt{3} \times 22.9} = 13.74 \text{ kA}$$

Cálculo mecánico

a) Cálculo de los momentos de inercia: $J = \frac{bh^3}{12}$, barras rectangular de

b=8 y h=1 cm.

b) Disposición vertical de las barras:

$$J_v = \frac{8}{12} = 0.666 \text{ cm}^4$$

$$\text{Fibras neutras: } C_v = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ cm}$$

Disposición horizontal de las barras:

$$J_h = \frac{8^3}{12} = 42.66 \text{ cm}^4$$

$$\text{Fibras neutras: } C_h = \frac{8}{2} = 4 \text{ cm}$$

c) Cálculo de la fuerza entre fases:

$$F = \frac{13.625 \times 215 \times 13.74^2 \times 10^{-2}}{35} = 158.01 \text{ kgf}$$

d) Cálculo del Momento actuante:

$$M = \frac{F \times d_{\text{apoy.}}}{8} = \frac{158.01 \times 215}{8} = 4246.51 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

e) Esfuerzo máximo de flexión en la fibra extrema para la barra.

$$\sigma_{pv} = \frac{M}{J/C} = \frac{4246.51}{\frac{0.666}{0.5}} = 3188.04 \text{ kg/cm}^2$$

El máximo esfuerzo admisible por el cobre es de 1100 kg/cm^2 , por lo tanto la barra rectangular $8 \times 1 \text{ cm}$, no es solución en su posición vertical.

Calculo en posición horizontal:

$$\sigma_{ph} = \frac{M}{J/C} = \frac{4246.51}{\frac{42.66}{4}} = 398.17 \text{ kg/cm}^2$$

Efectos térmicos debido a la corriente de corto circuito

$$\theta = 35 + \frac{0.0058}{8^2} \times 13.74^2 \times (3 + 0.6) \times 10^2 = 41.16^\circ \text{C}$$

La máxima temperatura admisible para el cobre es de 200°C .

Resonancia

Nota: Cuando la frecuencia natural (f_n) con la que vibran las barras se encuentra muy cerca ($\pm 10\%$) a la frecuencia eléctrica (f_e) o a su doble, se puede producir el fenómeno de resonancia.

Es por eso que es necesario calcular la frecuencia natural y verificar que se cumpla:

$$f_n > 1.1 f_e$$

$$\text{ó } f_n < 0.9 f_e$$

$$\text{ó } f_n > 1.1 (2f_e)$$

$$\text{ó } f_n < 0.9 (2f_e)$$

La frecuencia natural se calcula mediante la siguiente formula:

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{ExJ}{Gxl_{barra}}} \text{ c / seg}$$

Donde:

E = Módulo de elasticidad del cobre, $1.25 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

G = Peso de la barra, $7.11 \times 10^{-3} \text{ kg/cm}$

J = Momento de inercia en cm^4

l_{barra} = Longitud de la barra en cm

$$\rightarrow f_n = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 42.66}{7.11 \times 10^{-3} \times 215^4}} = 209.832 \text{ c / seg}$$

$$f_n > 1.1 \times (2f_e)$$

$$f_n > 1.1 \times (2 \times 60)$$

$$f_n > 132 \rightarrow 209.832 > 132$$

Por lo tanto llegamos a la solución adecuada por resonancia.

Flecha

$$F = \frac{5 \times G \times l_{barra}^4}{384 \times E \times J} = \frac{5 \times 7.11 \times 10^{-3} \times 215^4}{384 \times 1.25 \times 10^6 \times 42.66} = 0.0609 \text{ cm}$$

Valor muy pequeño y por tanto es aceptable.

Por consiguiente llegamos a la conclusión que las barras y la disposición horizontal seleccionada es aceptable y no sufriría ningún efecto térmico producido por la Icc, efecto de resonancia ni flexión por la distancia entre apoyos.

3.2.4 Terminales para cables de energía en 10 kV y 22.9 kV

Las cajas terminales se adecuan a los cables suministrados (cable seco) y para los calibres respectivos. Estarán instalados tanto al exterior (lado transformador de potencia) como al interior (lado celda 10 kV y 22.9 kV).

Características de terminaciones para 10 kV uso interior y exterior:

Fabricante	Raychem Corporation USA
Numero de catálogo	HVT-253-S-GP
Calibre	500 mm ²
Tensión nominal	10 kV
Máxima tensión de servicio	15 kV
Nivel de aislamiento:	
Tensión de resistencia a la onda de impulso (BIL)	95 kV, pico uso interior 110 kV, pico uso exterior
Tensión de resistencia a frecuencia industrial	38 kV

Características de terminaciones para 22.9kV de uso interior y exterior:

Fabricante	Raychem Corporation USA
Numero de catálogo	HVT-254-S-GP
Calibre	500 mm ²
Tensión nominal	22.9kV
Máxima tensión de servicio	25 kV
Nivel de aislamiento:	
Tensión de resistencia a la onda de impulso	125 kV, pico uso interior 150 kV, pico uso exterior
Tensión de resistencia a frecuencia industrial	50 kV

3.2.5 Celda en 10 kV

La celda en 10 kV, esta instalada en la zona de las celdas existentes correspondientes al transformador de potencia de 17.2 MVA, esta remplazó a la celda antigua, y esta constituida por un interruptor de potencia tipo extraíble con una capacidad de 2500 A y conectada al transformador TR-2 el cual se encuentra equipado con los siguientes equipos:

Equipos en Media Tensión:

Interruptor de Potencia 10 kV: (01 Unidad)

Características:

Fabricante	Merlín Gerín con carro extraíble
Tipo	FG2
Medio de extinción de arco	Gas SF6 (Hexafluoruro de azufre)
Tensión nominal	12 kV
Corriente nominal	2500 A
Frecuencia	60 Hz
Nivel de aislamiento a frecuencia industrial	28 kV
Tensión al impulso de onda	75 kV
Corriente de ruptura simétrica	25 kA
Tiempo de soporte del corto circuito	3 seg.
Ciclo de operación	0-3mCO-3m-CO
Tiempo de cierre	60 ms
Tiempo de apertura	< 45 ms
Tiempo de arco	< 15 ms
Tiempo total de apertura	< 60 ms
Tensión de mandos	120 Vcc
Tensión motor	120 Vcc
Distancia entre polos	180 mm
Altura de instalación	1000 m.s.n.m.

Transformadores de corriente 10 kV: (03 Unidades)

Características:

Fabricante	BBC
Tipo	NCPFTT 12N4, pasamuros
Tensión nominal	12 kV
Factor de sobrecorriente	1.2 In
Frecuencia	60 Hz
Relación	1500/5-5 A 1S1-1S2 / 2S1-2S2
Carga	60 VA 1S1-1S2, 45VA 2S1-2S2
Clase de precisión	0.5, 5P20
Altura de instalación	1000 m.s.n.m.
Norma	IEC
Peso	44 kg
Aislamiento	Resina
I térmica	
I dinámica	
Año de fabricación	

Transformadores de tensión 10 kV: (03 unidades)

Características:

Fabricante	Arteche
Tipo	VH-15
Tensión nominal	12 kV
Frecuencia	60 Hz
Relación	10 : 0.11 kV a-b
Carga	140 VA
Altura de instalación	1000 m.s.n.m.
Norma	IEC
Aislamiento	Aceite
Año de fabricación	

3.2.6 Celdas Metal Clad 22.9 kV

Las celdas de distribución del tipo 8BK20 equipadas con interruptores extraíbles con cámara de extinción del arco en vacío son diseñadas para tensiones de servicio hasta de 24 kV. Este tipo de celdas corresponde a la ejecución "metal clad" con compartimentación total.

Las celdas son en ejecución tropicalizada, para instalación bajo techo, del tipo autoportante, y su construcción es de un solo frente de maniobra.

Las celdas 8BK20 se construyen una a una, estructuralmente independientes, con una técnica totalmente modular, que permite en el futuro el acople de celdas adicionales.

3.2.6.1 Normas de Fabricación

La celda está construida de acuerdo con las siguientes normas en sus partes aplicables:

IEC 60 694, IEC 60 298, IEC 60 298 apéndice AA, IEC 60 129, IEC 60 265-1, IEC 60 420, IEC 60 056, IEC 61 243-5, IEC 60 529 y IEC 60 071

3.2.6.2 Características Generales

El grado de protección estándar de la celda es IP4X/IP3XD. Grados de protección más exigentes se logran bajo pedido con un grado de protección máximo de IP51. Todos los elementos menores, tales como tornillos, tuercas y arandelas de acero, así como todas las piezas que conforman mecanismos de accionamiento móviles, son bicromatizados como protección contra la corrosión.

La celda esta compuesta por compartimentos separados entre sí para:

- Barrajes
- Interruptor y equipos de media tensión
- Equipos de medida, indicación y control (caja de baja tensión)

Correspondiendo su diseño a una celda tipo METAL-CLAD.

Normalmente se deja la provisión y espacios para permitir la entrada de los cables por la parte inferior de las celdas, se pueden realizar ejecuciones especiales de conexión tales como salida superior de los cables o salida por conexión a ducto de barras.

Cada tablero de maniobra lleva un barraje trifásico de cobre electrolítico apropiado para la corriente nominal especificada, localizado en un compartimento completamente independiente y soportado sobre aisladores de resina fundida. El barraje corre a todo lo largo del tablero sobre la parte posterior-superior.

El barraje para corrientes de hasta 3150 A está constituido por barras de cobre de sección rectangular, para corrientes de 4000 A el barraje esta constituido por barras de cobre de sección circular.

Según los requerimientos el barraje se suministrará:

- () No recubierto (aislado en su compartimento independiente de barras).
- (X)** Recubierto con una funda de propiedades dieléctricas y cajas aislantes en los empalmes, aislado en su compartimento completamente independiente de barras.
- (X)** Plateado en las puntas.

Adicionalmente a todo lo largo del tablero, en la parte inferior, cada celda lleva una barra de cobre de sección rectangular de 30 x 5 mm. directamente atornillada a la estructura que sirve como barra de tierra, con una capacidad de corriente de 400 A. Estas permiten que en un futuro se puedan acoplar tanto mecánica como eléctricamente otras celdas.

Para la conexión de los equipos de las celdas se utilizará cable de cobre flexible, con aislamiento para 600 V. En el cableado de control se utilizará cable calibre 16 AWG, en el cableado de corriente se utilizará cable calibre 12 AWG, en el cableado de tensión 14 AWG y en caso de requerirse el cableado de alarmas se utilizará cable calibre 20 AWG.

Los cables serán identificados en sus extremos con marquillas de identificación tipo anillo, en las cuales se indicará claramente el punto en donde se conectará el cable.

Para evitar la condensación, cada celda es suministrada con un sistema de calefacción de una potencia máxima de 75 W debidamente protegido.

Mayores detalles de esta celda tipo 8BK20 ver el Anexo 1.

Características Mecánicas.- Los materiales utilizados en la fabricación de la celda son nuevos y de óptima calidad, las celdas están fabricadas en lámina Cold Rolled utilizando los siguientes calibres:

- Perfiles calibre 12 (2,5 mm)
- Tapas laterales calibre 12 (2,5 mm)
- Puertas calibre 12 (2,5 mm) y calibre 14 (2,0 mm)

Su utilización está de acuerdo con el diseño de la casa matriz en Siemens, de conformidad con las normas pertinentes en lo que respecta a los efectos de los arcos de defecto eventuales bajo los siguientes aspectos:

- Protección hacia el exterior como seguridad para el personal de servicio.
- Resistencia interna del compartimento de las barras colectoras y entre las celdas a los efectos de los arcos de defecto.

No obstante, para cumplir con este diseño, existen piezas con calibres desde 1mm. (20 msg), por ejemplo en el techo para alivio de presión en caso de falla, o hasta 4 mm. (7 msg) en algunas piezas que demandan exigencias especiales.

La estructura es totalmente desarmable y se consigue atomillando rígidamente perfiles de acero. Para su unión se utilizan esquinas troqueladas bicromatizadas, todas las chapas de acero de revestimiento y de separación de compartimentos se atomillan a los perfiles citados. A la derecha e izquierda del panel de maniobra están montadas las guías que sostienen el interruptor extraíble.

Para la pintura de las celdas se realiza primero un proceso químico mediante el cual se aplica un acondicionador que permite desoxidar, desengrasar y fosfatar la pieza en una sola operación. Este acondicionador se aplica diluido en agua en forma de vapor a una temperatura entre 90 °C y 100 °C.

El acondicionador usado es totalmente biodegradable, se disuelve en el agua y no causa ningún perjuicio al medio ambiente. Una vez finalizada la operación anterior las piezas son enjuagadas con agua limpia y secadas con aire caliente a presión. Con este proceso garantizamos el acondicionamiento final de la pieza con una capa de fosfato de zinc, lo que nos garantiza una protección contra la oxidación y un excelente agarre de la pintura. Luego de finalizado el proceso anterior y ya con las piezas limpias, fosfatadas y secas se conducen a la cabina de pintura donde se aplica por medio electrostático la pintura en polvo uniformemente sobre la pieza. Las características de la pintura se indican a la Tabla 3.2.6.1

Tabla 3.2.6.1 Características de pintura

USO	TIPO DE PINTURA	TONO	ESPESOR	ACABADO
Interior	Epxi-Poliéster	Gris RAL 7032	60 Micras +/- 15	Gofrado Semibrillante
Intemperie	Poliéster	Gris RAL 7032	60 Micras +/- 15	Gofrado Semibrillante

Una vez la pieza ha sido pintada se somete a un proceso de curado por 12 minutos a una temperatura de 180° C

3.2.6.3 Compartimientos de Alta y Baja Tensión

Estas celdas son apropiadas para llevar interruptores extraíbles, movilizables fuera del tablero por medio de un carro transportador-elevador. Las celdas son totalmente cerradas, la puerta de la celda no requiere ser abierta, para pasar el interruptor de la posición de servicio, a la posición de seccionamiento (prueba) o viceversa. Entre las celdas contiguas hay paredes separadoras en lámina metálica, con una apertura

para el paso del barraje y cableado de control. Cada celda en sí misma está dividida en una sección de alta tensión y una sección de baja tensión, a su vez, la sección de alta tensión está conformada por tres (3) compartimentos con separación metálica y completamente independientes, así:

- Compartimento de barraje ó barras colectoras, (parte posterior-superior).
- Compartimento de conexión para llegada ó salida de cables, donde van localizados los transformadores de corriente y seccionador de tierra (en caso requerido) (parte posterior-inferior).
- Compartimento de interruptor (parte frontal)

Los recintos compartimentados están protegidos entre sí mediante tabiques, contra el contacto y la entrada de pequeños animales. La separación total de compartimentos se conserva, incluso cuando el interruptor extraíble se encuentra en la posición de servicio. Cuando se pasa el módulo extraíble de la posición de servicio a la posición de prueba o viceversa, dos trampillas metálicas o barreras de protección, cierran o abren cubriendo o descubriendo respectivamente los pasamuros superiores e inferiores al ser desplazados mediante un accionamiento de tijera, montado a la izquierda de la celda, no quedando elementos energizados expuestos al sacar el interruptor.

Para realizar un control visual de los contra contactos, las trampillas mencionadas pueden desbloquearse y abrirse manualmente, mediante un dispositivo adicional (no incluido normalmente en el suministro), cuando el módulo extraíble está desmontado también están adecuadas para bloquearse estando cerradas mediante un candado (no incluido en el suministro). El tabique superior, para acceso a la barra colectora y el tabique inferior para acceso al compartimento de conexión, pueden desatornillarse independientemente estando las trampillas metálicas cerradas, de este modo se posibilitan los trabajos de revisión en el compartimento de barras colectoras, con el de conexión completamente cerrado y viceversa.

En la sección de baja tensión, localizada en la parte frontal-superior de la celda, se instalan los equipos de protección, control y medición. En este compartimiento están alojados las borneras utilizadas en la fabricación de los tableros los cuales son de la marca Siemens y/o Phoenix para 600 V.

Las salidas y entradas de señales de control y protección se conectarán a bornes terminales de mínimo 34A - 600V, debidamente marcados de acuerdo con la nomenclatura en los planos. Se instalan puentes metálicos entre bornes donde se requiere interconexión entre bornes siguientes

3.2.6.4 Transformadores de Medida

En estas celdas para efectos de las protecciones y las mediciones se instalan transformadores de corriente y tensión los cuales se detallan a continuación:

- a) Transformador de Corriente.- Los transformadores de corriente instalados en la celda son del tipo soporte para uso interior, encapsulados en resina para medida y/o protección acordes con la norma IEC 185, fabricados para una tensión de servicio de hasta 24 kV y con relaciones de transformación, clase y cargabilidades acordes a los requerimientos.
- b) Transformadores de Tensión.- Los transformadores de tensión instalados en la celda son del tipo soporte para uso interior, encapsulados en resina para medida y/o protección acordes con la norma IEC 186, fabricados para una tensión de servicio de hasta 24 kV y con relaciones de transformación, clase y cargabilidades acordes a los requerimientos. Los transformadores se pueden ubicar en posición fija o en ejecución extraíble. Para la ejecución extraíble se utilizan fusibles de protección en el primario. Los transformadores de tensión en ejecución extraíble se pueden ubicar en una celda de medida independiente o en un módulo extraíble ubicado en la parte inferior del interruptor.

3.2.6.5 Interruptor de Potencia

Con el objeto de lograr una mínima interrupción del servicio, una de las principales características de los interruptores extraíbles, es la intercambiabilidad inmediata de un interruptor por otro que sea de las mismas características técnicas. El interruptor de potencia extraíble está montado sobre guías para su introducción y extracción. Para cada sitio de instalación se suministra un carro elevador de transporte para

movilización del interruptor extraíble fuera del tablero. Los contactos para enchufar el interruptor y los contactos fijos localizados en la parte estacionaria de la celda son de cobre con la superficie plateada en el área de contacto.

a) Accionamiento del Interruptor.- El accionamiento del interruptor es:

() Manual, accionado mediante una manivela que al girarse carga un sistema de resortes.

(X) Eléctrico, accionado con un motor universal, el cual carga el sistema de acumulación de energía. Adicionalmente, el accionamiento eléctrico puede ser operado manualmente en condiciones de emergencia mediante una manivela.

b) Posiciones del Módulo Extraíble.- Esta dispone de mecanismos de enclavamiento de alta seguridad, para la protección del personal y para mayor seguridad en el servicio, mecanismos que impiden:

- Conectar el interruptor de potencia cuando no se encuentre claramente en una posición determinada (prueba o servicio).
- Que estando el interruptor conectado o estando la puerta abierta, pueda pasarse de la posición de servicio a la posición de prueba o viceversa.
- Abrir la puerta, si el interruptor se encuentra en la posición de servicio o cualquier posición intermedia. Para poder abrir la puerta, el módulo extraíble debe estar enclavado en la posición de seccionamiento, esto implica que no puede desconectarse el enchufe de control de baja tensión en tales circunstancias.

- Que, cuando la puerta esté abierta y esté desconectado el enchufe de control baja tensión, el módulo extraíble pueda pasarse de la posición de seccionamiento a la posición de servicio.
- Sí dentro del suministro existen seccionadores de tierra, estos sólo puedan conectarse si el módulo extraíble está exactamente en la posición de prueba o en la de seccionamiento, o que, si el seccionador está conectado no se pueda pasar el módulo extraíble de la posición de prueba a la de servicio.

Con lo anterior, se asegura la no operación por maniobras erróneas.

Es de anotar que todos los enclavamientos son enclavamientos con respuesta, lo cual quiere decir, que las palancas de accionamiento solamente se pueden insertar si están cumplidos todos los requisitos del enclavamiento, por lo tanto no se pueden presentar esfuerzos inadmisibles en las piezas mecánicas. El mecanismo extraíble del interruptor permite tener dos posiciones definidas así:

Servicio.- Posición en la cual están enchufados tanto los contactos de fuerza al barraje como los contactos de los circuitos de control.

Prueba o seccionamiento.-Posición en la cual se encuentra extraídos los contactos de fuerza del barraje y enchufados los contactos de los circuitos de control (prueba), en este estado se puede probar la operación del interruptor sin carga. En la posición de seccionamiento, la conexión de baja tensión puede estar enchufada o suelta.

El movimiento del módulo del interruptor a cualquiera de las posiciones anteriores puede llevarse a cabo manual o eléctricamente (si se solicita bajo pedido especial), pero necesariamente debe hacerse con la puerta completamente cerrada, por lo cual se garantiza en todo momento alta seguridad en la maniobra. Es de anotar que el accionamiento del interruptor, es completamente independiente del accionamiento motorizado del módulo enchufable (en caso de ser motorizado). Los interruptores tripolares de potencia marca Siemens tipo 3AH tienen las siguientes características:

Medio de extinción del arco	Vacío
Tensión nominal	Hasta 24 kV
Corriente nominal	Hasta 3150 A
Frecuencia	50/60 Hz
Capacidad de interrupción de la corriente de corto circuito simétrica	Desde 16 hasta 50 kA
Mecanismo de operación	Energía acumulada en resortes
Mecanismo de operación	Eléctrico y manual
Contador de operaciones	Si
Relé antibombeo	Si

En la Tabla adjunta se detallan algunas características técnicas y dimensiones de las Celdas Metal Clad.

Medio de aislamiento	Aire
Tensión nominal	Hasta 24 kV
Corriente nominal del barraje	Hasta 4000 A
Frecuencia	50/60 Hz
Capacidad de interrupción de la corriente de corto circuito simétrica	Desde 16 hasta 50 kA
Ancho	800/1000 mm
Profundidad	1650/2150 mm
Altura	2050/2250 mm
Peso	800/1200 kg.

3.2.6.6 Pruebas y Planos

Las celdas son suministradas completas con todas las conexiones y alambrado interno tanto de fuerza como de control y probado en fábrica, de acuerdo con el protocolo de pruebas Siemens, que comprende:

- Inspección visual y de componentes
- Resistencia de aislamiento.
- Tensión nominal aplicada a 60Hz sobre los componentes de fuerza y control.
- Continuidad del alambrado tanto de fuerza como de control.
- Prueba de funcionamiento general en condiciones simuladas de servicio.

Al concluir ensayos, el campo de pruebas expedirá su protocolo con los resultados, copia del cual es remitido al cliente. Estos se anexan en el Anexo 1.

Con el suministro se adjuntan los siguientes documentos:

- Planos de disposición mecánica de las celdas.
- Planos dimensionales generales y de fundamento del tablero.
- Diagrama unifilar y de control del tablero.
- Catálogos de los equipos incorporados

3.2.6.7 Características Técnicas de las Celdas del Proyecto

Las características técnicas del contenido de cada celda con mayores detalles se encuentran en el Anexo 1, aquí sólo describiremos algunas de ellas.

Celda de Transformador (TR-2)

Celda 8BK tipo interior, grado de protección IP51

Interruptor de Potencia con dos bobinas de apertura y una de cierre.

Marca: Siemens

Tipo: 3AH1263-4NZ99-0ZK7-ZK1D+L1D+M1D+P1D+ F20+F30

Tensión Motor: 125 Vcc

Contactos auxiliares 12NA y 12 NC

Tensión Nominal $U_n = 24\text{kV}$

$I_n = 2000\text{ A}$

$I_{kA} = 20\text{ kA}$

$BIL = 125\text{ kV}$

Transformador de Corriente marca ISOLET

Relación 1200-600/5-5 A, Clase 0.5, 15 VA / 5P20, 15 VA

Medidor Multifunción ION/7650, con display, mide las siguientes variables: KiloVar, kilowattioshora, fdp, etc.

Celda de Salidas (L21 y L22)

Interruptor de Potencia con dos bobinas de apertura y una de cierre.

Marca Siemens

Tipo: 3AH1263-2NZ99-0ZK7-ZK1D+L1D+M1D+P1D+ F20+F30

Tensión Motor: 125 Vcc

Contactos auxiliares 12NA y 12 NC

Tensión Nominal $U_n = 24\text{kV}$

$I_n = 1250\text{ A}$

$I_{kA} = 20\text{ kA}$

BIL = 125 kV

Transformador de Corriente marca ISOLET

Relación 300 /5-5 A, Clase 0.5, 15 VA / 5P20, 15 VA

Medidor Multifunción ION/6200, con display, mide las siguientes variables: KiloVar, kilowattioshora, fdp, etc.

Relé de Protección Multifunción marca Siemens tipo 7SJ6426-5EB99-3HH2, $I_n = 5\text{ A}$, $U_{aux.} = 110 - 250\text{ Vdc}$ con protocolo DNP3.0 en puerto de F.O.

Celda de Medición (TT)

Transformador de tensión marca ISOLET 22900/1,73V: 110/1,73 V

CL. 0,5, 15VA

Seccionador de Puesta a Tierra para montaje en celda 8BK20

$U_n = 24\text{ kV}$, $I_{kA} = 20\text{ kA}$

Contactos auxiliares 4 NA y 4 NC con bobinas de enclavamiento mecánico.

Unidad de Control de Bahía, BI=11, BO= 8, $V_{aux.} = 110-250\text{ Vdc}$

Protocolo IEC 61850 en puerto F.O.

La distribución en 220 V corriente alterna y 120 V corriente continua,

llega mediante cables auxiliares desde el Panel de Servicios Auxiliares.

Cada Celda dispone de lo siguiente:

Ordenes de maniobra cerrar-abrir las cuales tienen cuatro etapas bien definidas.

Nivel 0 ó local desde el equipo de patio o sala de celdas.

Nivel 1 ó local controlador, desde el pupitre del Telemando.

Nivel 2 remoto IHM desde la subestación.

Nivel 3 remoto desde el centro de control LDS

3.2.7 Iluminación

Se planteó por el grado de importancia que tendrán las diversas salas de la instalación en el nuevo edificio como son la Sala de Celdas (10 y 22,9 kV), Control, Comunicaciones, Rectificadores, Baterías y los servicios higiénicos correspondientes al nuevo edificio, proporcionar a estas diferentes zonas, los niveles de alumbrado más altos posibles, para obtener adecuados niveles de seguridad, comodidad y calidez, por el hecho de tener zonas de alto riesgo eléctrico. Así mismo el diseño de esta iluminación proporcionará un fácil reconocimiento de las instalaciones, aún en casos de falta de corriente alterna.

Se recomendó tener los siguientes sistemas de iluminación:

- Iluminación Normal : Interior y Exterior
- Iluminación de Emergencia : Interior y Exterior

Se proporcionará alumbrado de emergencia de 11 lux en las vías de salida desde todas las áreas de las estaciones atendidas. Se debe tener en cuenta el tipo de servicio que se va a prestar, si es de un corto período de tiempo o de larga duración. La duración mínima será 1 1/2 h. Se recomienda que la conexión del

circuito de emergencia sea mantenida independiente de todo el resto de conexiones y equipos.

En el Manual de Alumbrado de Philips se muestran en la Tabla N° 3.2.7.1 los siguientes niveles de pueden ser tomados como referencia.

Área	Nivel de alumbrado (Lux)
Zona de circulación, de edificios	100
Zona de escaleras móviles, en edificios	150
Auditorios de escuelas	300
Vestíbulos de cine	150
Vestíbulos de teatro	200
Cuarto de estar en hogares	100
Escaleras en hogares	100
Vestíbulos en hoteles	300

Tabla N° 3.2.7.1

Niveles de Iluminación.- Los valores de iluminación que se recomiendan para distintas áreas de una subestación se muestran en el Tabla N° 3.2.7.2.

Área	Normal (Lux)	Emergencia (Lux)
Sala de Celdas	300-500	200
Sala de Control	300-500	100
Sala de Baterías	270	100
Sala de Rectificadores	270	100
Sala de Comunicaciones	300	100
Servicios Higiénicos	200	100
Patio de llaves		
* Interior	200	50
* Exterior	50	20
Parte posterior de los Tableros	100	50

Tabla N° 3.2.7.2 CNE Suministro 2001

Para efectos de cálculo se empleo el método de Lúmenes para la aplicación en alumbrado de interiores. Este método de fácil aplicación proporciona la iluminación media de un local, este método se emplea para las áreas más amplias en que la iluminación es sensiblemente uniforme. Esta basado en la determinación del flujo luminoso necesario para obtener una iluminación media deseada en el plano de trabajo.

3.2.7.1 Desarrollo del cálculo del alumbrado en la Sala de Celdas Metal Clad.

Consiste resumidamente, en la determinación del flujo luminoso en Lux a

través de la ecuación: $\Phi = \frac{ExS}{\eta \times \delta}$, donde:

Φ : Flujo total emitido por el total de las lámparas en lúmenes

E: Iluminación media requerida por el ambiente a iluminar en Lux

S: Área del local en m²

η : Factor de utilización del local

δ : Factor de depreciación (por el fabricante)

a). Cálculo del flujo luminoso (Φ):

- Iluminación requerida (E):

E = 500 Lux (dato obtenido de la tabla N° 3.2.7.2)

- Superficie de la sala: $S = axb = 8,10 \times 9,0 = 72,9$

h = altura = 3,30 m; a = ancho = 8,10; b = largo = 9,00

- Factor de depreciación (δ):

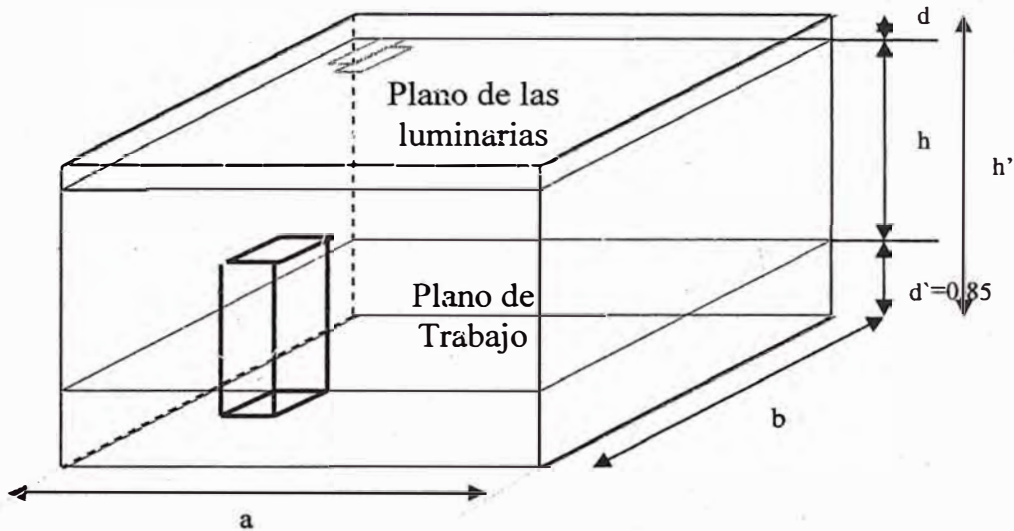
Tabla 3.3.7.3 Factores de depreciación.

AMBIENTE	PERIODO DE MANTENIMIENTO		
	2500 Hrs.	5000 Hrs.	7500 Hrs.
Limpio	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sucio	0,80	0,68	0,57

De la Tabla 3.3.7.3 consideramos para un ambiente normal con un período de mantenimiento de 7 meses igual a 5000 hrs., un factor de depreciación igual a 0,85

- Índice del local(K): El índice del local K depende de las dimensiones del recinto a ser iluminado y puede ser determinado a través de la

ecuación:
$$K = \frac{axb}{hx(a+b)}$$



h : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h' : altura del local

d : altura del plano de las luminarias y el techo, empotrado = 0

d' : altura entre el plano de trabajo y las luminarias

Reemplazando datos en K tenemos:

$$K = \frac{8,10 \times 9,00}{2,45 \times (8,10 + 9,00)} = 1,74$$

Con $K=1,74$ y las reflectancias $\rho(7 \ 5 \ 1)$ halladas en la tabla 3.3.7.4 buscamos el factor de utilización en la tabla 3.3.7.5 de la luminaria TBS 912-C5 (2xTLDRL 32 W), observamos que K esta entre los valores de $K=1,50$ y $K=2,00$ por lo que interpolando obtenemos:

$$\frac{1,74 - 1,50}{2,00 - 1,50} = \frac{\eta - 0,52}{0,56 - 0,52} \Rightarrow \eta = 0,5392$$

$$\text{Luego el valor de } \Phi = \frac{ExS}{\eta \times \delta} = \frac{500 \times 72,9}{0,5392 \times 0,85} = 79.529,586 \text{ Lúmenes}$$

$$\text{Potencia instalada} = 45 \times 40 = 1800 \text{ W}$$

Tabla N° 3.3.7.4 Factores de reflexión de techo, pared y piso

SUPERFICIE	COLOR	FACTOR DE REFLEXION (ρ)
Techo	Blanco	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1
Piso	Claro	0,3
	Oscuro	0,1

Tabla N° 3.3.7.5 Factor de utilización TBS 912C5-2xTLDR L 32 W

Curva Polar

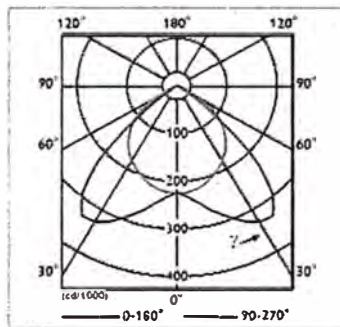


Tabla de Factor de Utilización TBS 912C5-2xTLDR L 32W

Factor de Área K	80		70				50		30		0
	50	30	50	50	30	10	30	10	30	10	0
0,60	0,35	0,34	0,35	0,34	0,33	0,29	0,29	0,27	0,29	0,26	0,25
0,80	0,43	0,40	0,42	0,41	0,40	0,36	0,36	0,33	0,35	0,33	0,32
1,00	0,49	0,45	0,48	0,46	0,45	0,41	0,41	0,38	0,40	0,38	0,37
1,25	0,54	0,50	0,53	0,51	0,49	0,46	0,46	0,43	0,45	0,43	0,42
1,50	0,58	0,53	0,57	0,54	0,52	0,49	0,49	0,47	0,48	0,47	0,45
2,00	0,64	0,57	0,62	0,59	0,56	0,54	0,53	0,52	0,53	0,51	0,50
2,50	0,67	0,59	0,65	0,62	0,59	0,57	0,56	0,54	0,55	0,54	0,52
3,00	0,69	0,61	0,67	0,64	0,60	0,58	0,58	0,56	0,57	0,56	0,54
4,00	0,72	0,62	0,70	0,65	0,62	0,60	0,59	0,60	0,58	0,57	0,56
5,00	0,73	0,63	0,71	0,67	0,62	0,61	0,60	0,59	0,59	0,58	0,57

b). Cálculo del número de luminarias (N):

$$N = \frac{\Phi}{n \times \Phi_1} \quad \text{Donde: } N: \text{Numero de luminarias}$$

Φ : Flujo total requerido

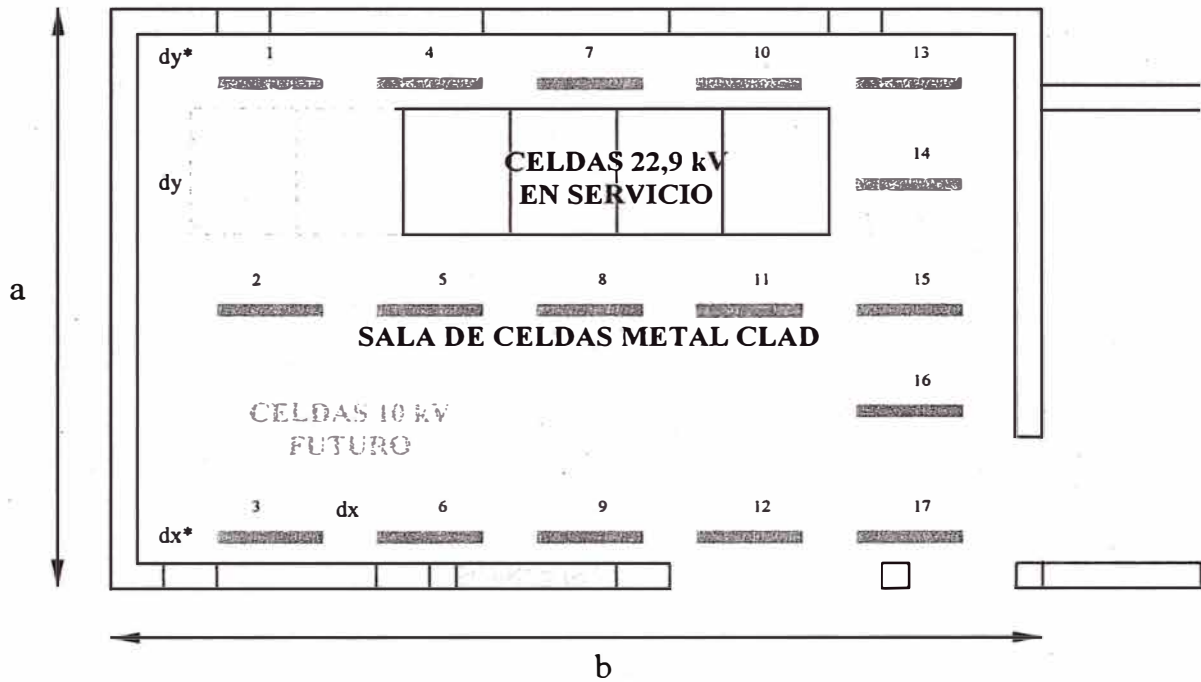
n: Número de lámparas por luminaria

Φ_1 : Flujo luminoso emitido por una lámpara, se obtiene del fabricante.

$$N = \frac{79.529,586}{2 \times 2350} = 16,9 \text{ Luminarias.}$$

El número de luminarias redondeando por exceso para mantener la simetría de la superficie a iluminar es de 17 luminarias, los cuales se instalarán en la Sala de Control.

c). Disposición final de las luminarias en la Sala de Celdas.



La distribución de luminarias viene dado la siguiente formulación:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{total}}{l \arg o} \times ancho} = \sqrt{\frac{17}{9,00} \times 8,10} = 3,911m \cong 4m$$

$$N_{l \arg o} = N_{ancho} \times \left(\frac{l \arg o}{ancho}\right) = 3,911 \times \left(\frac{9,00}{8,10}\right) = 4,35m \cong 5m$$

$$dx = \frac{9,00}{5,00} = 1,8m \cong 2,0m \quad dx^* = \frac{1,80}{2,00} = 0,90m \cong 1,0m$$

$$dy = \frac{8,10}{4,00} = 2,025m \cong 2,0m \quad dy^* = \frac{2,025}{2,00} = 1,0125m \cong 1,0m$$

En la zona exterior de las instalaciones de la subestación es usual utilizar reflectores, cuando se requiera una iluminación puntual de áreas importantes.

3.3 IMPLEMENTACIÓN

La implementación del proyecto definen las principales actividades que se ejecutaron durante el montaje electromecánico de los equipos y tienen por objeto definir las exigencias y características del trabajo a efectuar y los procedimientos a seguir, así mismo este trabajo incluyo las pruebas para la puesta en servicio para los sectores en 10 kV y 22.9 kV. En estas actividades de implementación se clasificaron dos actividades, las Electromecánicas y las Civiles las cuales se detallan en los acápite siguientes.

3.3.1 Obras Electromecánicas

3.3.1.1 Sistema de Puesta a Tierra (SPAT).-

En subestaciones eléctricas de alta tensión la presencia de corrientes de falla de decenas de kilo amperios, no son raras, por lo que el diseño del sistema de puesta a tierra de la subestación debe hacerse con máximo cuidado.

El SPAT no solo debe proveer un punto para poner a tierra los diferentes sistemas asociados a la subestación, sino que debe cumplir los requerimientos adicionales que a continuación se indican:

- a. La resistencia de la malla de tierra a una “tierra remota”, debe ser lo suficientemente baja del orden de 3Ω como para asegurar el funcionamiento satisfactorio de los relés, cuando se presenta una falla a tierra en la subestación o a lo largo de las líneas de transmisión conectadas a esta.
- b. La gradiente de potencial dentro y cerca de la subestación deberá ser tal que ante la ocurrencia de una falla a tierra, tanto la “tensión de

paso” como la “tensión de toque” se limiten a valores seguros. El concepto de tensión de paso y tensión de toque se muestra en el Anexo 2.

- c. El SPAT de la subestación será aislado de las tuberías de agua y servicios en general, que pudieran entrar en la subestación, de tal manera que cualquier elevación de potencial de la tierra de la subestación, no sea transferido al exterior.
- d. El SPAT se diseñará de tal manera que las partes no conductoras de los equipos eléctricos (armaduras y vainas de cables de baja tensión y de control) no sean sometidas a fuertes corrientes de falla.
- e. El SPAT deberá ser capaz de transportar la corriente máxima de falla a tierra, sin que se produzca sobrecalentamiento, daño mecánico o un excesivo secado del suelo alrededor de conductores o electrodos enterrados.

De todo lo que antecede se desprende que el problema de poner a tierra una subestación puede dividirse en dos partes claramente definidas, a saber:

Asegurar que el SPAT sea adecuado para las tierras remotas

Asegurarse que una malla de PAT de características adecuadas, se instale en toda la subestación, e tal manera que las tensiones producidas en la malla de la subestación debido al flujo de la corriente de falla no produzca diferencias de potencial que violen las condiciones indicadas en el punto b y d indicadas anteriormente.

Se transcribe la Tabla 3.3.1.1 del subtítulo 3.2-Niveles de Corto Circuito (kA) de la Subestación Lurin, configuración de Etapa Final; Cálculos según Estándar IEC-Tensión de Pre-Falla 1.1 p.u.

Tabla 3.3.1.1.- Corrientes de Falla Prevista en la Subestación Lurin

Tensión Nominal (KV)	Falla Trifásica, 3F-T		Falla Monofásica, 1F-T	
	$I_{K''}$ (KA)	$S_{K''}$ (MVA)	$I_{KA''} = 3 I_0$ (KA)	$S_{KA''}$ (MVA)
60.0	8.3	860.8	10.8	372.5
22.9	13.7	545.1	18.0	237.5
10.0	19.9	345.2	-	-

Para el diseño, se especificaron las siguientes corrientes máximas de falla a tierra:

- Etapa A : Corriente de falla $I_F = 10,4$ kA
- Etapa A+B : Corriente de falla $I_F = 25$ kA
- Etapa A+B+C : Corriente de falla $I_F = 25$ kA
- Etapa A+B+C+D : Corriente de falla $I_F = 25$ kA

De las cuales aquellas de 25 kA son teóricas, dado que el Planeamiento estima que en el largo plazo la máxima corriente de falla corresponderá al lado de 22.9 kV y será de 18 kA.

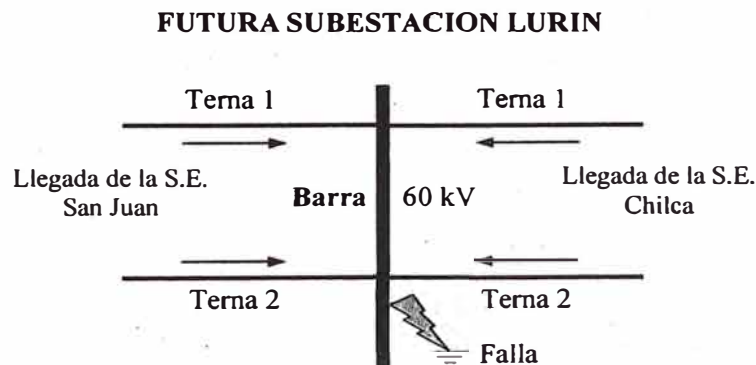


Fig. 2. Contribución de Corrientes de Falla, Barra de 60 kV en SE Lurin

Así mismo la magnitud de la contribución de los componentes a futuro en la corriente de falla en la Subestación Lurin, serán provenientes de los circuitos externos, en el lado de 60 kV, según la (Fig. 2).

- Terna N° 1 proveniente de la S.E. SAN JUAN 3.60 kA
- Terna N° 2 proveniente de la S.E. SAN JUAN 3.08 kA
- Terna N° 1 proveniente de la S.E. CHILCA 1.12 kA
- Terna N° 2 proveniente de la S.E. CHILCA 1.07 kA

Los tiempos máximos previsibles de la Coordinación de la Protección con aclaramiento de falla que pueden avizorarse para cada nivel de Tensión 60/22.9/10 kV; dichos datos estimados para cada nivel de Tensión de Transformación son:

- Nivel de 60 kV 0.5 seg
- Nivel de 22,9 kV 1.2 seg
- Nivel de 10 kV 1.2 seg

El edificio de Celdas MT, Sala de Control y sala de Baterías que inicialmente permanecería al nivel del suelo, será de todos modos dotado de un nivel bajo que alcanza 1.2 m, debido a la presencia de napas freáticas. La operación de la Subestación será de Control Automatizado

La modalidad de lavado de los equipos de patio en 60 kV en la subestación será bajo tensión y con camión cisterna que en el futuro circundará el patio sobre una losa de concreto.

El piso superficial final previsto será de concreto para las losas, pista interior para el paso del camión lavador y grava para el resto de la

superficie. El valor de la medición de la resistencia de PAT de la Subestación es de 0,346 Ohm.

3.3.1.1.1 Normas Técnicas Aplicadas.- Las Normas reglamentarias tal como el Código Nacional de Electricidad (CNE) u otras que emite el Ministerio de Energía y Minas Sector Electricidad, son de carácter obligatorio en nuestro país, y así mismo los Estándares Internacionales tal como la IEEE, IEC, ASTM, VDE, CE, etc., constituyen en si recomendaciones de la buena practica profesional, dado que en nuestro país no existen normas especificas para el diseño de los SPAT.

a) Medida de los parámetros eléctricos del suelo.- La recomendación (Estándar) más utilizada y aceptada internacionalmente para la medida indirecta de la Resistividad del Suelo, así como la medida de la impedancia y los potenciales de Toque y Paso de una Red de PAT es el denominado IEEE Std 81 cuya versión vigente corresponde al año 1983. Se utilizó además la Norma Americana ASTM G57-1978 para las aplicaciones de las medidas WENNER destinada a la determinación de las Resistividades del Suelo para el diseño de la Puesta a Tierra.

b) Estándares para el Cálculo de los Parámetros de la Red de PAT.- Se utilizó el Estándar IEEE 80 versión año 2000, por el procedimiento práctico y sencillo de cálculo que emplea simplificando una gran cantidad de consideraciones de matemática pura sin sacrificar los beneficios de una gran aproximación y

eficacia del diseño, lo cual preserva el cumplimiento de las exigencias de seguridad requeridas por la Red de Puesta a Tierra resultante del diseño; además se debe indicar que se trata de una recomendación de Ingeniería muy reconocida en nuestro medio y en general en el contexto de la ingeniería eléctrica, debido a que el método de cálculo que se aplica ha sido refrendado y ajustado a través de los años por ediciones sucesivas del mismo, a la luz de los resultados prácticos obtenidos en diversas partes del mundo.

3.3.1.1.2 Descripción de la Red de Puesta a Tierra antes de la

ampliación.- La Red de PAT actual (Fig. 3) tiene una configuración simple; se trata de un electrodo de forma cuadrada desde el cual parten ramales de conexión hacia las bajadas de Puesta a Tierra del Sistema de Barras, del Transformador de Potencia del Sistema de Canaletas y de las Celdas tanto en 10 kV como en 22,9 kV así como también se orientan hacia la Sala de Control y demás Servicios Auxiliares; el valor de resistencia de PAT es de 0,346 Ohm, lo cual es concordante con la alta humedad del Suelo limoso y arcilloso que tiene dicha ubicación; no obstante, la configuración simple del Sistema de Puesta a Tierra ya descrito permite inferir que probablemente los Potenciales de Toque y de Paso. Podrían en algún momento superar también al interior del patio los límites permisibles por el cuerpo humano, especialmente cuando la Potencia de Cortocircuito se incremente como parte del crecimiento natural de la Demanda, lo cual está

siendo encarado con un nuevo diseño de dichas instalaciones, de las cuales forma parte importante la Red de Puesta a Tierra.

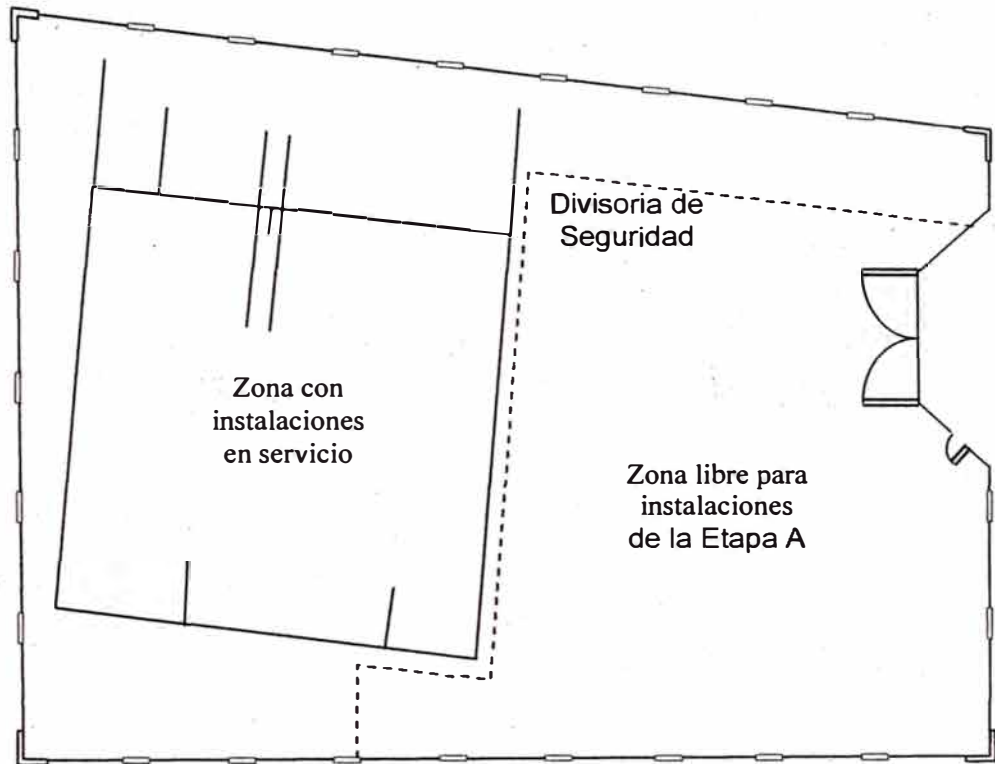


Fig 3. Patio de la Subestación Lurin y Sistema de Puesta a Tierra existente antes del desarrollo del proyecto.

3.3.1.1.3 Etapas del diseño de la Red de Puesta a Tierra.-

El Estudio comprendió el diseño de Ingeniería de la nueva Red de Puesta a Tierra de la Subestación Lurin, que será implementada al proyecto de ampliación, considerando la instalación de nuevos equipos que demandarán obras civiles y electromecánicas adicionales distribuidos en diferentes etapas de inversión (Fig. 4), las mismas que también representan etapas progresivas de instalación de la Red de Puesta a Tierra.

La secuencia de Etapas de implementación y los alcances de la cobertura de la nueva Red de Puesta a Tierra, obedecerán

estrictamente a los requerimientos de progresión de las obras sin compromiso del servicio eléctrico, manteniendo paralelamente las facilidades para renovación y retiro de los equipos e instalaciones antiguas y asegurando la seguridad de las personas en caso de fallas, todo lo cual permite prever los siguientes alcances de cobertura de la nueva Red de Puesta a Tierra por etapas.

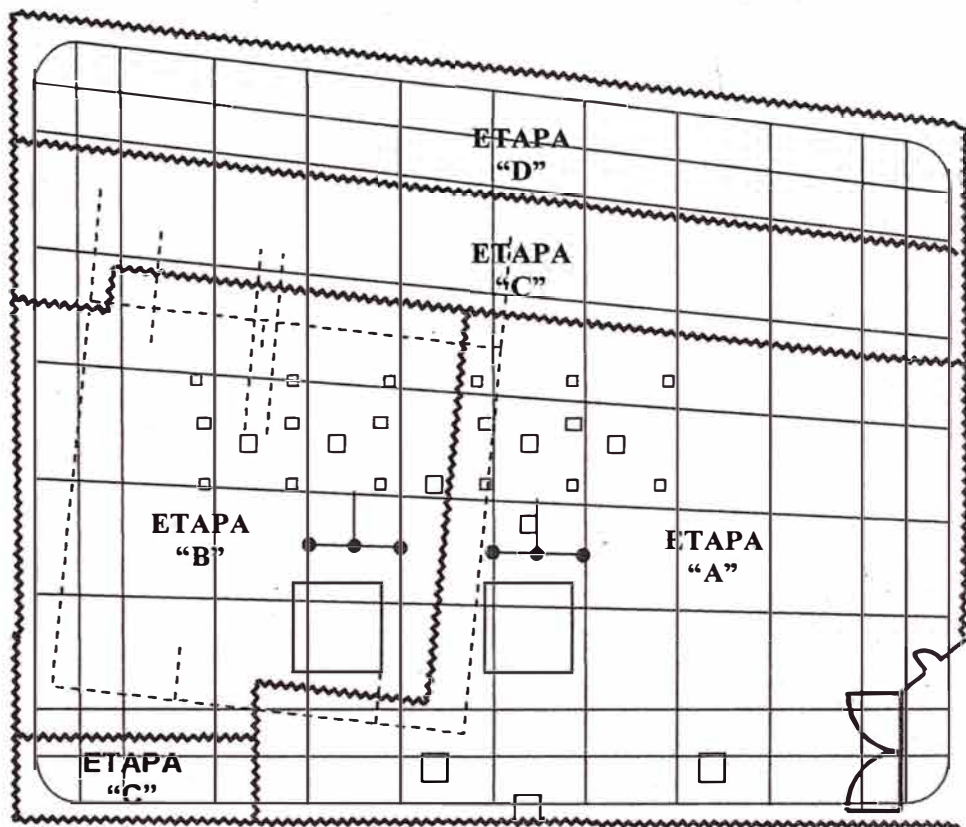


Fig. 4.- Etapas de Instalación de la Nueva Red de Puesta a Tierra

a. Etapa A.- Inicio del tendido de la Red de PAT en el área actualmente libre del patio, considerando la permanencia de las celdas de 22.9 y 10 kV, de la caseta de vigilancia y una pequeña demolición de la parte inicial de la plataforma de rodamiento del transformador de potencia actualmente en servicio y del cubo

de jalado de cables; mientras que las instalaciones existentes continuarán todavía funcionando en tanto se inicia la construcción de las cimentaciones y el tendido de la Red de Puesta a Tierra para el nuevo Transformador TR-2 y sus periféricos; así mismo se controlará la nueva puerta para el ingreso del Transformador de Potencia TR-2 de la Etapa A.

b. Etapa B.- A ser tendida inmediatamente después, para ser conectada con la Etapa A ya instalada y en servicio con el TR-2 de 25 MVA, considerando que en este caso se deben demoler las actuales instalaciones que habrán salido del servicio, junto con el resto de la plataforma de ingreso del Transformador de Potencia antiguo de 17.2 MVA que será removido previamente; no obstante, se dejarán todavía en funcionamiento la antigua sala de control, las celdas de 22,9 kV, la sala de baterías, la estructura con antena, y la Subestación de Distribución que eleva de 10/22,9 kV.

c. Etapa C.- Será tendida e inmediatamente conectada a la nueva Red (Etapas A+B), debiendo efectuarse previamente la demolición de las actuales celdas de 10 kV (esquina inferior lateral izquierda), así como la demolición de las actuales celdas de 22,9 kV y 10 kV (grupo paralelo a la pared Este), así mismo se reubicarán la antigua sala de control y la sala de baterías para lo cual se demolerá la caseta de vigilancia y la puerta de acceso; también se deberá llevar a cabo el traslado de acero de la antena de comunicaciones a la esquina superior derecha del patio.

d. Etapa D.- Dicha instalación consiste en la ampliación de la Red de Puesta a Tierra hacia la franja de terreno paralela a la Autopista, la condición para su tendido e inmediata conexión a la nueva Red de Puesta a Tierra (Etapas A+B+C), es la demolición de la pared Este del cerco perimétrico; bajo esta configuración final se estipula que la Red de Puesta a Tierra completa deberá estar en condiciones de dispersar 25 kA asegurando la seguridad de las personas y la operación de los equipos de la Subestación Lurin.

3.3.1.1.4 Toma de Información.-

Para la recolección de datos e información relacionados a los parámetros de diseño de la PAT se desarrollaron las siguientes actividades:

- a) Medidas en Sitio.- Se realizaron medidas en campo obteniendo los siguientes:
- Medición de la Resistencia de dispersión con Telurómetro portátil obteniéndose un valor menor a 0,3 ohm, cabe mencionar que mediciones por debajo de 0,5 Ohm con estos equipos ya no son precisas, dado que el parámetro predominante es la impedancia.
 - Evaluación de muestreo de la Actividad Iónica en torno al electrodo de Puesta a Tierra actualmente enterrado, así como medidas de Potenciales Naturales del mismo, y Potenciales Naturales de los pernos de anclaje embutidos en los

pedestales; en el primer caso no se halló actividad de corrosión, en el segundo caso la corrosión es casi inexistente.

- Medida de los parámetros ambientales y de temperatura del suelo, se obtuvieron temperaturas próximas a 25 °C en diferentes profundidades y a diferentes horas.

b) Observaciones y muestreos.- se realizaron las siguientes observaciones y muestreos en sitio:

- Excavación de calicata de 1,6 m para observar la conformación del suelo y mediante un análisis de muestras determinar la agresividad de este sobre el electrodo de cobre actualmente enterrado.
- En la toma de muestras a 0,8m, 1,2m y 1,6m se encontraron manchas marrón oscuras y negruzcas concluyéndose que no se trataba de derrames de aceite sino de turbas en proceso de formación.
- Hasta un nivel de 1,6 m no se encontró napa freática, pero sin embargo existe alta presencia de humedad de la tierra a dicha profundidad.
- Durante las excavaciones se encontró a 1,2 m de profundidad el conductor de tierra existente de 180 mm² y no de 120 mm² como indico en su oportunidad el cliente.

- Mencionamos que el conductor de tierra existente a la actualidad tiene más de 30 años de servicio y solo presenta formación de sulfato de cobre.

3.3.1.1.5 Elaboración del cálculo.-

El método de cálculo aplicado al diseño de la nueva Red de Puesta a Tierra de la Subestación, fue el de la recomendación IEEE Std 80, ultima versión del año 2000; dicho método de amplio uso a nivel internacional, fue mecanizado adecuando el cálculo numérico a las exigencias de mayor aproximación en el diseño de la red de PAT.

3.3.1.1.6 Criterios de diseño y cálculos justificativos

Para el máximo aprovechamiento de las posibilidades que brindan los parámetros eléctricos del Suelo en relación a los parámetros de la operación bajo contingencias de Falla y considerando una máxima corriente de 25 kA para la Etapa Final, se elaboró un logicel ceñido al Estándar IEEE-80-2000, el cual fue aplicado a cada una de las cuatro (04) Etapas (A, B, C y D) de ampliación fijadas, en tal sentido los cálculos asistidos desarrollados consideraron la siguiente base de datos suministrada como se muestra en diagrama de flujo (Fig. 1)

3.3.1.1.7 Consolidación de los datos e Información de Base.-

- Corriente Futura de Falla en la SET (AT, MT), $I_F = 25 \text{ kA}$
- Tiempo de Aclaramiento de Falla Máximo, $t_{\max} = 0.5 \text{ s}$
- Factor de División de Corriente, $F_D = 1$

- Resistencia de PAT Objetivo, $R_{PAT} = 1\Omega$
- Área Total disponible, $A_{S.E.T} = 1983 \text{ m}^2$

Relacionados a los requerimientos de la Red de PAT

- Profundidad media de enterramiento de la Red, $H = 1\text{ m}$
(0.8 m Red Interior, 1.2 m, 2 hileras perimétricas)
- Espesor del piso de Grava, $h_S = 0.15 \text{ m}$
- Resistividad de la Grava, $\rho_S = 4000 \Omega\cdot\text{m}$

Basados en Medidas Wenner de Resistividad Aparente

- Resistividad del Primer Estrato, $\rho_1 = 8 \Omega\cdot\text{m}$
- Resistividad del Segundo Estrato, $\rho_2 = 28 \Omega\cdot\text{m}$
- Espesor del Primer Estrato, $h_1 = 4.8 \text{ m}$

Según la configuración del plan de ampliación

Tabla 3.3.1.2- Datos Geométricos de la Red de Puesta a Tierra

Concepto	Etapa A Inicial	Etapa B Integrada	Etapa C Integrada	Etapa D Integrada
Área de Cobertura (A_{disp})	800 m ²	1302 m ²	1681 m ²	1983 m ²
Largo Máximo en el eje (L_x)	39.7 m	52.3 m	52.5 m	52.3 m
Ancho Máximo en el eje (L_y)	26.5 m	27.5 m	34.5 m	40.5 m
Longitud perimétrica (L_p)	128.5 m	153.75 m	168.5 m	177 m
Diagonal Máxima de la Red (D_m)	46 m	58.3 m	62.5 m	66.3 m
Funcionamiento	Etapa A + Red Actual	Etapa A + B + Red Actual	Etapa A + B + C + Red Actual	Etapa A + B + C + D + Red Actual

3.3.1.1.8 Procedimiento del Cálculo de la Red de PAT

- a. Resistividades de Diseño: Suelo Estratificado, TAGG (ρ_1 , ρ_2 , h_1)

Electrodos Horizontales:

Para conductor horizontal de Cobre Desnudo:

- Profundidad de Instalación: **H**
- Resistividad de Diseño: ρ_1

b. Coeficiente de Contacto con el Suelo

$$C_S = 1 - 0.09 \left[\frac{1 - \frac{\rho_1}{\rho_S}}{2h_S + 0.09} \right]$$

c. Potenciales de Toque y de Paso Tolerables

Personas de 70 kg:

$$V_{TA} = (1000 + 1.5C_S\rho_S)0.157 / \sqrt{t_S}$$

$$V_{PA} = (1000 + 6C_S\rho_S)0.157 / \sqrt{t_S}$$

Personas de 50 kg :

$$V_{TA} = (1000 + 1.5C_S\rho_S)0.116 / \sqrt{t_S}$$

$$V_{PA} = (1000 + 6C_S\rho_S)0.116 / \sqrt{t_S}$$

d. Sección del Conductor de la Red de PAT para Cobre

Recocido

$$S = I_F \sqrt{\frac{\frac{t_c \alpha_r \rho_r 10^4}{TCAP}}{\ln \left[1 + \left(\frac{T_m - T_a}{K_0 + T_a} \right) \right]}}$$

I Corriente RMS en kA

S Sección del Conductor en mm²

T_m Temperatura máxima permisible en °C

T_a Temperatura ambiente en °C

T_r Temperatura de referencia para constantes de material en °C

- α_0 Coeficiente Térmico de la Resistividad a 0°C en 1/C°
- α_r Coeficiente Térmico de la Resistividad a T_r en 1/C°
- ρ_r Resistividad del conductor de la Red de PAT_r en $\mu\Omega\text{-cm}$
- K_0 $1/\alpha_0$ ó $(1/\alpha_r) - T_r$ en °C
- t_c Duración de la Corriente (seg)
- TCAP Capacidad Térmica por unidad de volumen

e. Sección del Conductor de Cobre Recocido de las mechas de salida de la Red de PAT a equipos energizados.

$$S_{\text{Salidas}} = \frac{I * D_F * \sqrt{t}}{0.14356}$$

f. Determinación de la Corriente Máxima de Falla en la Red

$$I_{\text{Fcorr}} = I_F * D_F * F_D; \quad X/R = \frac{X_1 + X_2 + X_0}{R_1 + R_2 + R_0}$$

- Factor de Dispersión: F_d
- Relación X/R: X/R
- Factor de Corrección Temporal: D_F

g. Longitud Teórica del Contrapeso Enterrado

$$L_T > \frac{K_m K_i \rho \cdot I_F \sqrt{t_S}}{157 + 0.235 C_S \rho_S}; \text{ para personas de 70 kg}$$

$$L_T > \frac{K_m K_i \rho \cdot I_F \sqrt{t_S}}{116 + 0.174 C_S \rho_S}; \text{ para personas de 50 kg}$$

Número de hileras del área equivalente de la Red:

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

$$n_a = \frac{2L_C}{L_p} \quad n_b = \sqrt{\frac{L_p}{4\sqrt{A}}} \quad n_c = \left[\frac{L_x L_y}{A} \right]^{\frac{0.7A}{L_x L_y}} \quad n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

$n_b = 1$ para Redes Cuadradas

$n_c = 1$ para Redes Cuadradas y Rectangulares

$n_d = 1$ para Redes Cuadradas, Rectangulares y en Forma de L

L_C = Longitud total de conductor en la Red Horizontal

L_p = Longitud Periférica de la Red

Para el cálculo de la Longitud mínima de conductor que cumpla con los potenciales de Toque y Paso de la Red, se procedió a calcular la Longitud Total (L_T) asumiendo inicialmente un producto de los coeficientes de instalación (K_m) y el Coeficiente de irregularidad (K_i) igual a 1.25 e iterando hasta hallar el valor de la Longitud Total que presente el grado de convergencia requerido ($\Delta L > 1\%$)

h. Distancia máxima entre hileras (para “n” obtenido con

L_{min}):

$$D_{max} = \frac{\sqrt{A}}{n - 1}$$

En redes de forma trapezoidal, forma de L ó irregular, se dibujará el cuadrillado de la Red con una Distancia menor ó igual a la D_{max} hallada, tomando los valores resultantes de L_x , L_y , L_C , y L_p para el cálculo definitivo.

i. Cálculo del Potencial Máximo de Dispersión

$$V_{PMD} = I_{Fcorr} R_{PAT} < 5 \text{ kV}$$

j. Potenciales de Toque de la Red de PAT

Se verifican siempre para la separación entre hileras calculada

$$E_m = \frac{\rho \cdot I_{Fcorr} K_m K_i}{L_M}$$

Para Redes con pocos o ningún electrodo vertical de PAT

$$L_M = L_C + L_R$$

$$L_M = L_C + \left[1.55 + 1.22 \left(\frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right] L_R$$

Para Redes con Electrodo en las esquinas, perímetro o en la toda la Red

L_R : Longitud Total de todos los electrodos verticales

L_r : Longitud de cada Electrodo Vertical

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[\text{Ln} \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D+2h)^2}{8Dd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{K_{ii}}{K_h} \text{Ln} \left(\frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right]$$

$$K_{ii} = \frac{1}{(2n)^{2/n}}$$

Para Redes con pocos o ningún electrodo vertical de PAT

$$K_{ii} = 1$$

Para Redes con Electrodo en las esquinas, perímetro o en la toda la Red

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_o}}$$

$h_o = 1$ m (profundidad de referencia de la Red)

$$K_i = 0.644 + 0.148n$$

k. Potenciales de Paso de la Red de PAT

$$E_S = \frac{\rho \cdot I_{Fcorr} K_S K_i}{0.75L_C + 0.85L_R}$$

$$K_S = \frac{1}{\pi} \left[\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{n-2}) \right]$$

l. Cálculo de la Resistencia del Aterramiento

Resistencia del Reticulado

$$R_{11} = \frac{\rho}{\pi.L_C} \left[\text{Ln} \left(\frac{2L_C}{\sqrt{Hd}} \right) + \frac{K_1 L_C}{\sqrt{A}} - K_2 \right]$$

Resistencia de la Cama de Jabalinas

$$R_{22} = \frac{\rho_{eq}}{2\pi.n_R L_R} \left[\text{Ln} \left(\frac{8L_R}{d} \right) - 1 + \frac{2K_1 L_r}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right]$$

Resistencia Mutua entre Red - Cama de Jabalinas

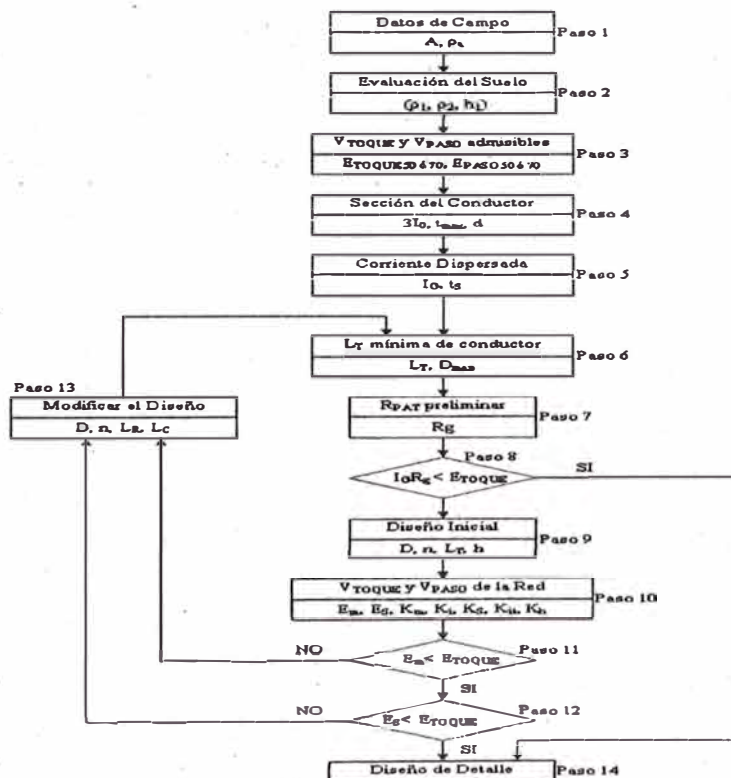
$$R_{12} = R_{21} = \frac{\rho_{eq}}{\pi.L_C} \left[\text{Ln} \left(\frac{2L_C}{L_r} \right) + \frac{K_1 L_C}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right]$$

Resistencia Total de dispersión del Electrodo Mixto

$$R_T = \frac{R_{11}R_{22} - R_{12}^2}{R_{11} + R_{22} - 2R_{12}}$$

Las Tablas 3.3.1.3 al 3.3.1.6 muestran los valores de los cálculos justificativos de la Red de PAT

Fig. 1. Diagrama de Flujo del Logicel de Cálculo



**DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA RED DE PUESTA
A TIERRA DE LA SET LURIN 60/22,9/10 kV
Tabla 3.3.1.3 Cálculo de la Red de PAT-Etapa A**

Datos de Entrada**Parámetros de Operación**

Corriente Futura de Falla (22,9 kV)	$I_F =$	25 kA
Corriente Máxima de Falla (AT, MT) d	$I_F =$	10.4 kA
Tiempo de Aclaramiento de Falla Máx	$t_{max} =$	0.5 s
Factor de División de Corriente	$F_0 =$	1
Resistividad de la Grava	$\rho_{GRAVA} =$	4000 Ω -m
Espesor del piso de Grava	$h_s =$	0.15 m
Profundidad de enterramiento de la Red (1.5 m Red Interior, 2.0 m tres hileras per	$H =$	1.7 m

Características Propias de la Red

Área Total disponible (largo x ancho)	$A_{OISP} =$	1983 m ²
Área de Cobertura de la PAT	$A =$	800 m ²
Largo Máximo de la Red	$L_x =$	39.7 m
Ancho Máximo de la Red	$L_y =$	26.5 m
Longitud perimétrica	$L_p =$	128.5 m
Diagonal Máxima Red Cuadrangular	$D_m =$	46 m
Distancia entre hileras	$D =$	6.1 m
Cantidad de Electrodo Verticales	$\# =$	0
Longitud de Electrodo Horizontal enterrado	$L =$	393.8 m

Características del Suelo en Modelo Estratificado

Resistividad del Primer Estrato	$\rho_1 =$	8 Ω -m
Resistividad del Segundo Estrato	$\rho_2 =$	28 Ω -m
Espesor del Primer Estrato	$h_1 =$	4.8 m

Resultados**Cálculo de la Sección del Conductor de la Red de PAT**

Relación X/R	$X/R =$	5
Sección de Conductor Enterrado	$S =$	180 mm ²

Potenciales de Toque y Paso Tolerables

Potencial de Toque Tolerable (50kg)	$V_{TA50kg} =$	921.65 V
Potencial de Paso Tolerable (50kg)	$V_{PA50kg} =$	3194.46 V
Potencial de Toque Tolerable al Exterior (50kg)	$V_{PA50kg\ ext} =$	171.92 V

Potenciales de Toque y Paso de la Red de PAT

Potencial de Toque en el Area de la Red	$V_{TR} =$	277.44 V
Potencial de Paso en el Area de la Red	$V_{PR} =$	91.05 V
Potencial de Paso al Exterior de la Red	$V_{PR} =$	91.05 V

Resistencia de Dispersión de la Red de PAT

Coficiente K_1 Formula de Schwarz	$K_1 =$	1.23
Coficiente K_2 Formula de Schwarz	$K_2 =$	4.88
Resistencia del Reticulado Schwarz	$R_{TOTAL} =$	0.134 Ω

**DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA RED DE PUESTA
A TIERRA DE LA SET LURIN 60/22,9/10 kV
Tabla 3.3.1.4 Cálculo de la Red de PAT- Etapa A + B**

Datos de Entrada**Parámetros de Operación**

Corriente Futura de Falla (22,9 kV)	$I_F =$	25 kA
Corriente Máxima de Falla (AT, MT) d	$I_F =$	25 kA
Tiempo de Aclaramiento de Falla Máx	$t_{max} =$	0.5 s
Factor de División de Corriente	$F_D =$	1
Resistividad de la Grava	$\rho_{GRAVA} =$	4000 Ω -m
Espesor del piso de Grava	$h_s =$	0.15 m
Profundidad de enterramiento de la Red (1.5 m Red Interior, 2.0 m tres hileras per	$H =$	1.7 m

Características Propias de la Red

Área Total disponible (largo x ancho)	$A_{OISP} =$	1983 m ²
Área de Cobertura de la PAT	$A =$	1302 m ²
Largo Máximo de la Red	$L_x =$	52.3 m
Ancho Máximo de la Red	$L_y =$	27.5 m
Longitud perimétrica	$L_p =$	153.75 m
Diagonal Máxima Red Cuadrangular	$D_m =$	58.3 m
Distancia entre hileras	$D =$	6.1 m
Cantidad de Electrodo Verticales	$\# =$	0
Longitud de Electrodo Horizontal enterrado	$L =$	606.8 m

Características del Suelo en Modelo Estratificado

Resistividad del Primer Estrato	$\rho_1 =$	8 Ω -m
Resistividad del Segundo Estrato	$\rho_2 =$	28 Ω -m
Espesor del Primer Estrato	$h_1 =$	4.8 m

Resultados**Cálculo de la Sección del Conductor de la Red de PAT**

Relación X/R	$X/R =$	5
Sección de Conductor Enterrado	$S =$	180 mm ²

Potenciales de Toque y Paso Tolerab

Potencial de Toque Tolerable (50kg)	$V_{TA 50kg} =$	921.65 V
Potencial de Paso Tolerable (50kg)	$V_{PA 50kg} =$	3194.46 V
Potencial de Toque Tolerable al Exterior (50kg)	$V_{PA 50kg ext} =$	171.92 V

Potenciales de Toque y Paso de la Red de PAT

Potencial de Toque en el Área de la Red	$V_{TR} =$	471.18 V
Potencial de Paso en el Área de la Red	$V_{PR} =$	158.32 V
Potencial de Paso al Exterior de la Red	$V_{PR} =$	158.32 V

Resistencia de Dispersión de la Red de PAT

Coefficiente K_1 Formula de Schwarz	$K_1 =$	1.24
Coefficiente K_2 Formula de Schwarz	$K_2 =$	4.93
Resistencia del Reticulado Schwarz	$R_{TOTAL} =$	0.104 Ω

**DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA RED DE PUESTA
A TIERRA DE LA SET LURIN 60/22,9/10 kV
Tabla 3.3.1.5 Cálculo de la Red de PAT- Etapa A + B + C**

Datos de Entrada**Parámetros de Operación**

Corriente Futura de Falla (22,9 kV)	$I_F =$	25 kA
Corriente Máxima de Falla (AT, MT) d	$I_F =$	25 kA
Tiempo de Aclaramiento de Falla Máx	$t_{max} =$	0.5 s
Factor de División de Corriente	$F_D =$	1
Resistividad de la Grava	$\rho_{GRAVA} =$	4000 $\Omega\cdot m$
Espesor del piso de Grava	$h_s =$	0.15 m
Profundidad de enterramiento de la Red (1.5 m Red Interior, 2.0 m tres hileras per	$H =$	1.7 m

Características Propias de la Red

Área Total disponible (largo x ancho)	$A_{DISP} =$	1983 m ²
Área de Cobertura de la PAT	$A =$	1681 m ²
Largo Máximo de la Red	$L_x =$	52.5 m
Ancho Máximo de la Red	$L_y =$	34.5 m
Longitud perimétrica	$L_p =$	168.5 m
Diagonal Máxima Red Cuadrangular	$D_m =$	62.5 m
Distancia entre hileras	$D =$	6.1 m
Cantidad de Electrodo Verticales	$\# =$	0
Longitud de Electrodo Horizontal enterrado	$L =$	785.3 m

Características del Suelo en Modelo Estratificado

Resistividad del Primer Estrato	$\rho_1 =$	8 $\Omega\cdot m$
Resistividad del Segundo Estrato	$\rho_2 =$	28 $\Omega\cdot m$
Espesor del Primer Estrato	$h_1 =$	4.8 m

Resultados**Cálculo de la Sección del Conductor de la Red de PAT**

Relación X/R	$X/R =$	5
Sección de Conductor Enterrado	$S =$	180 mm ²

Potenciales de Toque y Paso Tolerables

Potencial de Toque Tolerable (50kg)	$V_{TA50kg} =$	921.65 V
Potencial de Paso Tolerable (50kg)	$V_{PA50kg} =$	3194.46 V
Potencial de Toque Tolerable al Exterior (50kg)	$V_{PA50kg\ ext} =$	171.92 V

Potenciales de Toque y Paso de la Red de PAT

Potencial de Toque en el Area de la Red	$V_{TR} =$	393.54 V
Potencial de Paso en el Area de la Red	$V_{PR} =$	134.94 V
Potencial de Paso al Exterior de la Red	$V_{PR} =$	134.94 V

Resistencia de Dispersión de la Red de PAT

Coeficiente K_1 Formula de Schwarz	$K_1 =$	1.27
Coeficiente K_2 Formula de Schwarz	$K_2 =$	5.00
Resistencia del Reticulado Schwarz	$R_{TOTAL} =$	0.092 Ω

**DISEÑO DE LA AMPLIACION DE LA RED DE PUESTA
A TIERRA DE LA SET LURIN 60/22.9/10 kV**

Tabla 3.3.1.6 Ampliación Etapa A + B + C + D

Datos de Entrada

Parámetros de Operación

Corriente Futura de Falla (22,9 kV)	$I_F =$	25 kA
Corriente Máxima de Falla (AT. MT) d	$I_F =$	25 kA
Tiempo de Aclaramiento de Falla Máx	$t_{max} =$	0.5 s
Factor de División de Corriente	$F_D =$	1
Resistividad de la Grava	$\rho_{GRAVA} =$	4000 Ω -m
Espesor del piso de Grava	$h_S =$	0.15 m
Profundidad de enterramiento de la Red (1.5 m Red Interior, 2.0 m tres hileras per	$H =$	1.7 m

Características Propias de la Red

Área Total disponible (largo x ancho)	$A_{DISP} =$	1983 m ²
Área de Cobertura de la PAT	$A =$	1983 m ²
Largo Máximo de la Red	$L_x =$	52.3 m
Ancho Máximo de la Red	$L_y =$	40.5 m
Longitud perimétrica	$L_p =$	177 m
Diagonal Máxima Red Cuadrangular	$D_m =$	66.3 m
Distancia entre hileras	$D =$	6.1 m
Cantidad de Electrodo Verticales	$\# =$	0
Longitud de Electrodo Horizontal enterrado	$L =$	1018 m

Características del Suelo en Modelo Estratificado

Resistividad del Primer Estrato	$\rho_1 =$	8 Ω -m
Resistividad del Segundo Estrato	$\rho_2 =$	28 Ω -m
Espesor del Primer Estrato	$h_1 =$	4.8 m

Resultados

Calculo de la Sección del Conductor de la Red de PAT

Relación X/R	$X/R =$	5
Sección de Conductor Enterrado	$S =$	180 mm ²

Potenciales de Toque y Paso Tolerables

Potencial de Toque Tolerable (50kg)	$V_{TA50kg} =$	921.65 V
Potencial de Paso Tolerable (50kg)	$V_{PA50kg} =$	3194.46 V
Potencial de Toque Tolerable al Exterior (50kg)	$V_{PA50kg\ ext} =$	171.92 V

Potenciales de Toque y Paso de la Red de PAT

Potencial de Toque en el Area de la Red	$V_{TR} =$	339.54 V
Potencial de Paso en el Area de la Red	$V_{PR} =$	119.82 V
Potencial de Paso al Exterior de la Red	$V_{PR} =$	119.82 V

Resistencia de Dispersión de la Red de PAT

Coefficiente K_1 Formula de Schwarz	$K_1 =$	1.29
Coefficiente K_2 Formula de Schwarz	$K_2 =$	5.05
Resistencia del Reticulado Schwarz	$R_{TOTAL} =$	0.085 Ω

3.3.1.2 Especificaciones Técnicas de Montaje.-

Estas Especificaciones técnicas definen las principales actividades que se ejecutaron durante el desarrollo del montaje electromecánico en la subestación siguiendo las normas aplicables para el cálculo, instalación y pruebas las cuales se detallan en cada equipo.

3.3.1.2.1 Montaje del transformador TR-2.-

Este proyecto contempló solo el montaje de las celdas tanto en 10 y 22.9 kV, pero se está considerando las especificaciones técnicas para su montaje del TR-2.

Se realizó una minuciosa inspección exterior para verificar la existencia de signos de daños externos, para esto al TR-2 se le instalaron registradores de impacto los cuales fueron retirados una vez que el equipo fue ubicado en su posición final y este libre de movimiento.

Antes de iniciar la revisión interna, se tomaron las precauciones para evitar riesgos de sofocación o contaminación por gas.

Para que objetos extraños caigan o queden dentro del transformador TR-2, las herramientas empleadas fueron correctamente aseguradas y así mismo al final de cada jornada se verificaban la existencia de las mismas con el fin de asegurar esta condición.

Las actividades más relevantes durante el montaje del TR-2 fueron las siguientes:

- a) Maniobras para su colocación en sitio, revisión de los registradores de impacto.
- b) Fijación del transformador sobre sus vías de rodamiento.
- c) Inspección visual de los aisladores pasatapas (bushing).
- d) Inspección visual de los elementos auxiliares de protección: termómetro, imagen térmica, nivel de aceite, ventiladores, conmutador de tomas, etc. y sus conexiones hacia sus tableros de control.
- e) Inspección de sus gabinetes de control.
- f) Conexiones en el lado de alta tensión en los lados de 60 kV, 22.9 kV y 10 kV.

La revisión más minuciosa fue realizada en el lado de media y baja tensión por utilizar barras de cobre hacia los terminales de cables en los soportes de barras respectivos y los cables de energía de 500 mm² de sección del tipo N2XSY, unipolar.

Para las pruebas y puesta en servicio se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Megger de 5000 VDC con escala de 100 GΩ
- Termómetro patrón con escala de 0-50 °C.
- Multitester digital FLUKE 179 RMS.
- Amperímetro patrón con escala 0-5 A.
- Equipo de prueba de aislamiento M4000 marca Doble
- Equipo de prueba de Resistencia de Contactos marca CPC-100 Omicrón-Austria.

- Herramientas comunes para montajes eléctricos.

Las principales pruebas de campo realizadas fueron las siguientes:

1. Pruebas de factor de potencia de los bujes de AT.
 2. Pruebas de aislamiento de cada uno de los devanados a tierra y entre devanados.
 3. Verificación de resistencia óhmica en todos los devanados, utilizando un puente doble de KELVIN.
 4. Prueba de excitación de los devanados de alta tensión (60 kV).
 5. Prueba de relación de transformación en todas las posiciones del conmutador bajo carga Alta-Media, Alta-Baja y Media-Baja.
 6. Verificación de alarmas y dispositivos de protección propios del transformador así como los circuitos de protección diferencial y de respaldo.
 7. Puesta en servicio durante seis horas de operación en vacío.
- Verificación de la señalización, alarmas y tele alarmas en los tableros de control respectivos.

3.3.1.2.2 Montaje de celda en 10 kV

Para el equipamiento de la celda en 10 kV se tuvieron en cuenta el ordenamiento de ubicación de los equipos de acuerdo a los planos de disposición, la verificación de las fundaciones y anclajes para la fijación de la estructura metálica así como la estructura soporte para los cables de energía en 10kV, ver plano E-06-2009.

Consideraciones del Montaje:

a) Montaje del interruptor de potencia 10 kV, para el montaje de este interruptor se realizó lo siguiente:

- Maniobras y traslado al sitio de montaje.
- Montaje nivelación de bancadas y bases.
- Montaje de aisladores y accesorios.
- Tratamiento y llenado de gas SF₆ con la utilización de equipos y accesorios especializados para tal efecto.
- Colocación y conexión de su gabinete de control así como el sistema de puesta a tierra.
- Retiro y limpieza del material sobrante producto del montaje.
- Pruebas necesarias para la verificación del correcto montaje y funcionamiento del equipo.

b) Montaje de los transformadores de corriente tipo pasamuros, para este montaje se tomó en consideración las revisiones internas y externas de los equipos antes de ser instalados. Una vez instalado se realizaron pruebas respectivas correspondientes a un transformador de corriente.

c) Montaje del transformador de tensión, este transformador de tensión sirve para las mediciones de tensión de referencia cuando el transformador de potencia TR-2 entra en servicio. Está instalado entre los transformadores de corriente y el interruptor en el lado de alta a las fases R y S. Después del montaje se realizaron las pruebas correspondientes a un transformador de tensión.

- d) Conexión de los cables de energía hacia el sistema de barras instalado en la estructura posterior a la celda 10 kV.
- e) Tablero de control en celda 10 kV (Cajuela), este tablero realizará el enlace para el control, protección y medida de la Celda 10 kV en relación con la sala de relés existente (tablero de mando y medición), así como con el tablero de control de bahía ubicado en el patio de llaves 60 kV. (TR-2).

3.3.1.2.3 Montaje de celdas metal clad de 22.9 kV.-

Estas Celdas de Media Tensión están constituidas por interruptores extraíbles tanto en alta tensión como en baja tensión por lo que para su instalación se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos técnicos:

- Ordenamiento de ubicación de las mismas de acuerdo a los planos de disposición, ver plano E-03-2009.
- Verificación de las fundaciones y anclajes para la fijación de celdas así como las entradas de los cables de energía en 22.9 kV y los cables de control.
- Ubicación de los soportes de nivelación.
- Colocación de las celdas y su respectiva nivelación.
- Equipamiento en media y baja tensión.
- Instalación de la chimenea para la evacuación de gases.
- Instalación de las bandejas de cables de control por el piso de las mismas hasta terminar en la sala de control.

- Conexionado de los circuitos y de los cables de control.

Pruebas en sitio necesarias de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Los detalles de instalación y mantenimiento de las celdas 8BK20 se muestran en los manuales, ver Anexo 1.

3.3.1.2.4 Montaje de cables de energía en 10 kV y 22.9 kV

Los cables de energía son los que comunicaran el transformador de potencia 60 / 22.9 / 10 kV. En este caso los 9 cables asignados tanto para 10kV como para 22,9 kV tendrán un recorrido aproximado de 85 m y 45 m respectivamente, por el patio de llaves así como por las vías de rodamiento de la subestación, ver plano E-02-2009

Se tiene entendido que para la realización de este montaje se necesitó remarcar dos actividades diferentes:

- 1.- Trabajos de Obras Civiles
- 2.- Tendido del Cable de energía.

1.- *Trabajos de obras civiles.*- La excavaciones de zanjas se efectuaron según los planos de recorrido de cables y la profundidad indicada para realizar el tendido de los mismos, estas excavaciones se hicieron alrededor del patio de llaves, y luego a través de un buzón de cables que se instalo hacia la nueva celda 10 kV.

Previamente antes de realizar las excavaciones para el tendido de cables de energía, durante la construcción de la nueva celda 10 kV se construyo también el buzón de cables con la tubería correspondiente de comunicación, la misma que esta constituida por tubos PVC-SAP de 6 pulgadas de diámetro cada uno según lo indicado en los planos correspondientes.

A la salida de la tubería del transformador de potencia lado 22.9 kV se instalo un cruce de cables de 10 y 22.9 kV respectivamente. Esta cruzada corresponde a la situación definitiva entre los cables de 10 y 22.9 kV respectivamente.

En las obras civiles se realizaron trabajos previos para la cruzada de tuberías según las indicaciones de los planos respectivos. En esta cruzada también se utilizaron tubos PVC-SAP de 6 pulgadas de diámetro cada uno. Luego de estas actividades indicadas se realizaron excavaciones en el ducto en el cual se instalaron los cables de energía correspondientes.

El fondo de la excavación deberá quedar limpio y nivelado. Sí por alguna casualidad se llegue al nivel del agua freática se procederá a informar a la Supervisión para coordinar y obtener la autorización del método a utilizar a fin de realizar una excavación bajo agua.

Rellenos Compactos.- El material de relleno preferentemente será el mismo que se ha obtenido de las excavaciones, previamente

tamizado. Este material estará exento de basura, material orgánico o cualquier otro material que se juzgue inadecuado.

Luego de los ensayos y/o pruebas de compactación se hará entrega de una muestra del material mezclado para el relleno a fin de obtener la certificación de los resultados. Dicho procedimiento se ceñirá a lo especificado en las normas ASTM.

Eliminación de Material Excedente.- El Ejecutor transportará fuera de la obra, a un lugar permitido y aprobado por la supervisión, el sobrante del material proveniente de las excavaciones que no halla sido utilizado en los rellenos.

Limpieza del Terreno.- Está actividad se realizará una vez realizado todos los trabajos referentes al tendido de los cables de energía.

2.- Tendido de los Cables de Energía.- Los cables de energía se instalaron a la medida de los avances de las excavaciones. A la salida del ducto del transformador, el tendido de los cables de energía avanza por un costado de la vía de rodamiento.

Al doblar la esquina en la que se dirige a la celda 10 kV, los conductores pasarán a ductos de concreto por estar dentro de la vía de rodamiento hasta llegar al buzón de cables que comunica con la nueva celda 10 kV.

Según parámetros establecidos por los fabricantes se tiene que para cables directamente enterrados o tendidos en ductos se tiene:

Temperatura del suelo	20 °C
Resistividad del terreno	100 °C x cm/W
Profundidad de tendido	1.2 m
Resistividad térmica del material del ducto	100 °C x cm/W

Y para cables tendidos directamente al aire libre, la temperatura del aire ambiente será de 30 ° C. Es decir se mantendrá una zanja del tendido abierta para el tendido de lo cables y la otra como tiene ductos de concreto podría ser compactada a fin de solucionar cualquier contingencia durante la realización del tendido.

Las herramientas principales para el tendido son las siguientes:

- Porta bobinas de 5 Tn
- Winche de 2.5 Tn.
- Freno de de 2.5 Tn.
- Polines rectos y curvos.
- Mediapuntera.
- Mantas plásticas.
- Protección del cable contra humedad.
- Placas para codificación de cables de energía.
- Arco de Sierra.

Para la realización del tendido del conductor en zanja abierta se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Una vez realizada la zanja, se deberá nivelar y deberá de estar exenta de piedras y cualquier material que dañe el cable.

- Se prepara material cernido o arena fina que luego será esparcida en un espesor de 5 cm como primera capa de descanso para el cable de energía.
- Tendido del cable de energía, considerando las Normas de Técnicas y de Seguridad requeridas para el tendido.

Finalmente para el ingreso de los cables hacia la nueva celda de 10kV, se utilizarán las tuberías PVC-SAP de ϕ 6" instaladas en dos niveles según indicado en el plano E-02-2009.

3.3.1.2.5 Montaje de tableros de control, medición y protección.-

Este Proyecto consideró la intervención de los tableros instalados en la actual sala de control. El tablero de control de Bahía del transformador TR-2, el tablero de control mando y regulación del TR-2 y los tableros de control, mando y protección de las Celdas 22.9 kV.

Los trabajos de modificación de acuerdo al nuevo Proyecto se realizaron en el tablero de la Sala de Relés existente, para lo cual se tuvo en cuenta lo siguiente:

1. Se tomó en cuenta antes de intervenir en los circuitos existentes el levantamiento de información y la revisión de los circuitos, con esta información se procedió a realizar la nueva ingeniería y el conexionado de los nuevos circuitos.

2. Se efectuaron modificaciones en los tableros mencionados y se instalaron nuevos equipos y borneras necesarias en el lugar asignado de acuerdo a los planos y esquemas de conexionado.

En el tablero de la celda de 10 kV, se controla el mando del interruptor, la medición y protección de los equipos de medida, en relación con el controlador de Bahía del Patio 60 kV. Así mismo en el controlador de Bahía del Patio 60 kV (TR-2), se tomaron en consideración solamente las conexiones implicadas en los circuitos de control y protección para las celdas 10 kV y 22.9 kV.

3.3.1.2.6 Montaje de tableros de servicios auxiliares 220 Vac y 125 Vcc, Rectificadores y Bancos de Baterías -

Los tableros de SS.AA. en 220 VAC y 125 VDC, se instalarán en la nueva sala de control, los mismos que se conectaron a los circuitos de los tableros de control de bahía, a los tableros de celdas 22.9 kV y TR-2 para el control de ventiladores y regulación de tensión.

Estos tableros se instalaron en el sitio indicado, según disposición de equipos de SS.AA., fijando los anclajes, así mismo efectuó las interconexiones entre los tableros correspondientes de acuerdo a las indicaciones de los planos y esquemas del proyecto, ver plano E-03-2009. Los rectificadores y bancos de baterías están instalados en un ambiente cerca de los tableros de SS.AA. Para las baterías se armó e instaló en su sitio los elementos que forman la

estructura para soportar el banco de baterías, una vez concluida el armado de esta estructura se procedió a instalar las respectivas unidades y se conectaron los terminales según la indicación de los planos. El Rectificador se monto sobre el piso a la altura de los tubos que se comunican con las baterías y los tableros de servicios auxiliares, ver plano E-03-2009.

3.3.1.2.7 Integración al sistema de protección y control de la celda de 10 kV.-

Las operaciones de control, referente al interruptor de potencia lado 10 kV, está referida en el circuito de mando actual junto a las llaves de mando 10 kV, se instalará una nueva llave de mando. También este circuito estará ligado a las órdenes de apertura desde el tablero de control de bahía ubicado en el patio 60 kV.

Los circuitos de medición y protección se definieron de la siguiente manera:

- *Circuitos de tensión 10 kV*

En la celda 10 kV del transformador se encuentra instalado un transformador de tensión de relación 10000/110 V, 140VA, CI 0.5. Este circuito sirve para medir la tensión de referencia apenas el transformador de potencia entre en servicio, la medición esta ubicada en el tablero de control existente en la sala de relés.

En la celda de 10 kV existente, están instalados tres transformadores de tensión para los circuitos de protección y

medición. De este circuito se esta tomando para alimentar la medición (medidor multifunción) y la tele medición.

- *Circuito de corriente 10 kV*

En la celda 10 kV del transformador se encuentra instalado los tres transformadores de corriente de relación 1500/5-5 A; 60 VA Cl. 0.5 y 45 VA, Cl 5P20.

El circuito de medida se conecta a la medición y telemedición.

El circuito de protección se conecta a la protección ubicada en el tablero de control de bahía (patio 60 kV).

3.3.1.2.8 Integración al sistema de protección y control de las celdas de 22.9 kV.-

Se tomó en consideración el equipamiento que Luz del Sur ya tiene comprometido para la protección y automatización de la Subestación Lurin, a ser provisto por Siemens.

El equipo a ser suministrado incluye todo lo requerido para la protección y control de las líneas de 60 kV así como del transformador de 3 devanados.

Para la integración de las nuevas celdas de 22.9 kV, se tomo en consideración el equipo a ser instalado así como también el equipamiento adquirido para la protección y control de las nuevas celdas tipo 8BK20 las cuales son de la marca Siemens, incluyendo todo lo necesario para su integración al mencionado sistema de control.

La celda que conecta el transformador de potencia con la barra de 22.9 kV será protegido por el equipo ya adquirido para el transformador y en este proyecto, se considero solamente el cableado necesario para integrar la celda mencionada al esquema de protección y control de Siemens.

Para optimizar los costos, solo se requirió la adquisición de los equipos de protección y control para cada celda de 22.9 kV, así como los respectivos cables de interconexión.

El esquema propuesto para la solución de integración de las nuevas celdas de 22.9 kV al esquema de protección y control de la Subestación consistió en ampliar la red de datos conectada al switch RS8000T, el cual en uno de sus puertos tiene conectados, de acuerdo a la propuesta de Siemens, a los tableros de campo de las líneas en 60 kV así como del transformador, mediante enlaces de fibra óptica. Esto consistió en incluir en esa línea de conexión que utiliza la fibra óptica, para integrar a los tableros de las líneas L622, L624 y de la conexión al transformador de la barra en 22,9 kV, a través de los equipos MA12, con lo que estas ultimas quedaran integradas al sistema de protección y control de la Subestación mediante el protocolo TCP/IP-IEC 61850, enlazadas con cables de fibra óptica multimodo 2x66.5/125 μm . Esta solución no alteró el número de puertos disponibles en el switch RS8000T.

Para una solución compatible y consistente, en caso de que no se hubiese adquirido los equipos de protección para la celda 22.9 kV, recomendamos que estos sean los mismos que se han adquirido para las otras celdas de la Subestación y dispuestos tal como se muestra en el plano E-10-2009. Para enlazar las celdas de 22.9 kV con los armarios de protección y control instalados en el Patio, así como alcanzar hasta la estación central del sistema de control, ubicada en el edificio, se requieren 70 m de cables de fibra óptica monomodo.

Los servicios complementarios para habilitar el control, se debe tener en cuenta la adición de los nuevos equipos para las celdas de los equipos de 22.9 kV de manera de integrarlos a la base de datos de los equipos centrales SICAM que tienen el software y la base de datos para el manejo integral de la subestación. La integración en la base de datos de los equipos del control central permitirá el control y la administración de los datos provenientes de las nuevas celdas. Los datos a ser manejados deberán ser los mismos que se han elegido para las celdas de línea de 60 kV, de manera de guardar uniformidad en los criterios de operación de la Subestación. Al ser similares los equipos destinados a la protección de las celdas de 60 y 22.9 kV, los datos almacenados también son similares. Además de lo mencionado, si no se desea manejar todos los datos de los relés destinados a las celdas de 22.9

kV, se puede seleccionar por software que datos se desean realmente manejar.

3.3.1.2.9 Plan de contingencia durante el tendido de los cables de energía de 10 kV.-

Teniendo en cuenta que en esta subestación los trabajos que se realizaron pudieron interferir en el reemplazo del Transformador de Potencia de 17.2 MVA, cuando este salga fuera de servicio durante los trabajos indicados. Para ello fue necesario tener en la parte exterior de la Subestación como contingencia para cubrir la zanja abierta dos volquetes con material de relleno y una minicargadora frontal para realizar el relleno y nivelación del terreno, con el fin de dar pase a la unidad para el cambio del Transformador. Así mismo se contó con personal de experiencia que participe en el apoyo del relleno de la zanja con el material a fin de realizar el compactado del mismo y cubrir así esta contingencia.

3.3.1.2.10 Circuitos de alimentación Servicios Auxiliares (SS.AA.).-

Alimentación 220 Vac:

Desde el tablero de servicios auxiliares de 220 Vac, se alimentará lo siguiente:

Transformador de Potencia (TR-2): tablero de control, arranque ventiladores, iluminación y calefacción.

Controlador de Bahía: circuitos de iluminación y calefacción.

Celda 10 y 22.9 kV: circuitos de iluminación y calefacción.

Alimentación en 125 Vcc:

Desde el tablero de servicios auxiliares en 125 Vcc, se alimentará lo siguiente:

Tablero de control: transformador de potencia, controlador de bahía en patio 60 kV,

Celdas de 10 kV y 22.kV: circuitos de mando y señalización,

Panel de control: alimentación al medidor multifunción.

Panel de mandos: circuitos de mando y señalización.

3.3.2 Obras Civiles

El proyecto contemplo la arquitectura, construcción e instalaciones eléctricas de la sala de celdas Metal Clad 22,9 kV; esta construcción del edificio de celdas se previo a dos niveles, para la instalación de las celdas de 22.9kV, en el nivel +1.00m., esta sala albergara las celdas Metal Clad de 10 kV las cuales serán instaladas a futuro, así mismo contará de un semisótano, para la colocación de los cables de energía, y el techo de esta edificación.

Se incluye las Obras Civiles de la edificación en la que están ubicadas: la sala de Comunicaciones, sala de Baterías, sala de Rectificadores y Servicios Higiénicos. Estas edificaciones se encuentran ubicadas a ambos lados y contiguos a la sala de control que se ha proyectado para la Subestación

60/22.9/10 kV y que forman parte integrante del Proyecto. Esta considerando la construcción del muro frontal de la subestación.

Así mismo se contemplo el desarrollo de los trabajos de modificación de la celda existente de 10kV para la llegada del transformador TR-2 de 25 MVA.

Las especificaciones técnicas norman y definen los procedimientos ejecutivos de programación, construcción, fiscalización, medición, pagos que deben ser aceptados y aplicados para la construcción de las obras civiles permanentes en la subestación. Se podrá introducir durante la construcción, modificaciones y/o agregados que esclarezcan y/o complementen estas especificaciones. Las mediciones y pagos se efectuaron de acuerdo a los metrados de las obras civiles. Los reglamentos y normas que se aplicaron para el desarrollo de este proyecto son:

- Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844
- Reglamento de Fiscalización de las Actividades Energéticas por Terceros. Decreto Supremo N° 029-97-EM.
- Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, aprobado por Decreto Supremo N° 029-94-EM.
- Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Sub Sector Electricidad, aprobado por Resolución Ministerial N° 263-2001-EM/VME.
- El Código Nacional de Electricidad, Suministro 2001 aprobado por Resolución Ministerial N° 366-2001-EM/VME
- Ley General de Residuos Sólidos N° 27314
- Ordenanza Municipal N° 295, que aprueba el Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos Sólidos

- Reglamentaciones Municipales y Estatales para las instalaciones eléctricas y telefónicas
- Normas y/o exigencias de OSINERG
- Reglamento Nacional de Construcciones.
- Norma Técnica Edificación NT – E060 (Concreto)
- Norma Técnica de Edificación NT-E030 (Sismo)
- Norma Técnica de Edificación NT-E050 (Suelos)
- Norma Técnica Edificación NT – E070 (Albañilería)
- American Standard of Testing Materials (ASTM)
- Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-95) and Commentary - ACI 318R-95

Para los casos no contemplados en los anteriores documentos se podrá aplicar recomendaciones de las Normas Técnicas Internacionales como la IEC, ANSI, IEEE, ASTM, AWG, etc. Así mismo, se deberá tomar en cuenta las especificaciones y/o recomendaciones de los fabricantes de algunos de los materiales de construcción, tales como aditivos, acelerante o retardadores de fragua.

3.3.2.1 Actividades Preliminares y de Mantenimiento.-

Comprende todas las construcciones de carácter temporal que deben ser ejecutados durante el desarrollo de la construcción:

- Almacenamiento de materiales.
- Guardianía
- Cercos y carteles de seguridad.
- Servicios higiénicos.

Dentro de las obras preliminares se deberá considerar el transporte al sitio de todos los equipos y herramientas necesarios para la construcción. Así mismo, comprenderá el desmontaje de los trabajos preliminares y volver a poner en orden las áreas empleadas.

Para el inicio de la obra es necesaria la ejecución de todas aquellas actividades previas, como son:

a) *Limpieza de terreno.*- Antes de iniciar los trabajos de nivelación y excavación se efectuará una limpieza del terreno, que comprende la demolición y remoción de estructuras existentes si las hubiera y la eliminación de basura y vegetación.

b) *Trazado, Nivelación y Replanteo.*- Comprende el replanteo de las medidas que figuran en los planos a ejecutarse en el terreno. Los principales ejes y niveles de referencia deben de ser ubicados mediante hitos fijados en el terreno. En esta etapa se deberá efectuar el levantamiento topográfico del área de trabajo para determinar los volúmenes de corte y relleno que sean necesarios realizar.

3.3.2.2 Movimiento de tierras y rellenos.-

Las Especificaciones contenidas en este numeral, serán aplicadas en la ejecución de todas las labores de excavación en superficie previstas en los planos y estas deberán de ser revisadas en su oportunidad por el Ing. Residente o Supervisor encargado de la obra.

Las excavaciones serán efectuadas según los ejes, rasantes y niveles indicados en los planos y éstas se llevarán a cabo con medios apropiados.

Las condiciones que se encuentren durante la excavación podrá requerir la variación de las líneas de excavación de diseño indicadas en los planos. El Supervisor podrá por lo tanto establecer niveles para la excavación que difieren de los indicados en los planos.

La excavación excesiva o la sobre-excavación efectuada y que haya sido ordenada por la Supervisión será reconocida para los respectivos pagos. Los cambios de los niveles o líneas de excavación indicados en los planos serán efectuados previa autorización de la Supervisión, estos trabajos adicionales serán reconocidos con los mismos precios unitarios.

Para los fines de medición, la excavación en superficie será clasificada según el tipo de material excavado.

Excavación en Material Suelto.- Consiste en el levantamiento de todos los materiales que pueden ser removidos a mano, excavadora o con equipos de movimientos de tierra sin escarificador.

Se deberá proceder a las excavaciones en material suelto, después de que se haya realizado la limpieza y el levantamiento de secciones transversales (cubicación).

Excavación en zanjas.- Este rubro comprende las excavaciones que se ejecuten para alojar cimientos de muros, zapatas de las columnas, vigas de cimentación, bases de escalera, bases de maquinarias, tuberías de instalaciones sanitarias, cableado de tierra profunda, etc.

Estas excavaciones se harán de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos evitando en lo posible, el uso de entibados. En forma general, los cimientos se apoyarán sobre terreno firme. En caso que para

conformar la plataforma del N.P.T. (nivel de piso terminado) se tenga que rebajar el terreno, la profundidad de la fundación se medirá a partir del terreno natural. En caso que se tenga que rellenar el terreno natural para obtener la plataforma del N.P.T. la profundidad de excavación para los cimientos se medirá tomando el nivel medio del terreno natural siendo en este caso los sobrecimientos de altura variable. El fondo de la zanja y/o zapata debe quedar en terreno firme.

Cada vez que encuentra roca suelta o roca fija en la excavación se dará aviso al supervisor encargado.

Si se dejará de avisar a la Supervisión sobre la presencia de roca en las excavaciones, ésta será medida y pagada como material suelto y así mismo clasificará y valorizará los metrados ejecutados.

Prescripciones para excavaciones en roca sin explosivos.- La excavación en las cercanías de estructuras de instalaciones existentes o donde sea expresamente requerido, serán ejecutadas sin empleo de explosivos.

Protección de las Excavaciones.- Durante las excavaciones y hasta el momento que sean rellenados y/o revestidos, se tomará todas las medidas técnicamente correctas y adecuadas para asegurar la estabilidad de las superficies, empleando donde sea necesario, apuntalamiento y armadura, en cantidades suficientes *para garantizar la seguridad del trabajo*. El Supervisor podrá ordenar el empleo de armaduras adicionales cuando juzgue que existen peligros para la seguridad de los trabajadores, o para la buena conservación de las obras permanentes. Las obras de protección de las excavaciones deberán dejar espacio suficiente para permitir el

desarrollo de las obras permanentes. Después de finalizada la obra, deberá ser removida toda protección o armadura de carácter provisional que haya quedado en el sitio.

Colocación del Material de Excavación a utilizar como Relleno.- El material de excavación será colocado generalmente fuera de la zona de la subestación, con el objeto de reducir en lo posible operaciones de transporte, cuando no sea posible este material será transportado a lugares aprobados. La colocación del material se hará de modo tal que no estorbe el desplazamiento de personal y ampliaciones futuras, drenajes y ubicándose de manera tal que no afecte la apariencia de la zona, ni el acceso u operación a las estructuras terminadas. Si fuera necesario estos depósitos serán nivelados y recortados a dimensiones razonables y en formas regulares para asegurar el drenaje e impedir la formación de aguas estancadas.

Derrumbes y Sobre-Excavaciones.- Los derrumbes de materiales que ocurran en las obras y los ocasionados fuera de las líneas fijadas para las excavaciones, serán removidas y los taludes serán regularizados llenando si es necesario los vacíos.

Se deberá devolver las Canteras o zonas utilizadas como material de préstamo para obra, en condiciones que no presenten peligro alguno. Cualquier sobre excavación en profundidad será rellenada con concreto cuya resistencia a la compresión sea 10MPa.

Cualquier sobre excavación lateral será rellenada y compactada con material propio de la excavación. Todo material procedente de la

excavación que no sea adecuado o no se requiera para los rellenos será eliminado de la obra. En caso que se encuentre terrenos con resistencia o carga admisible de trabajo menor que la especificada en los planos, se notificará por escrito al Supervisor para que tome las providencias que el caso requiera.

Medición y Pago.- Los materiales a excavar en superficie se medirán de común acuerdo entre la Supervisión y el Ejecutor, mediante procedimientos adecuados tomando secciones transversales del terreno antes y después de la excavación, y se calculará los volúmenes en metros cúbicos (m^3), entre las secciones y las líneas de excavación teórica indicada en los planos o ordenados por el Supervisor. La valorización por metros cúbicos (m^3) de excavación reconocida al precio unitario de acuerdo a la clasificación del material, estará a cargo del Supervisor.

Clasificación según el tipo de Excavación.- Se clasifican en:

- Excavación para plataforma.- Se entenderá por excavación para plataforma las partes de las excavaciones comprendidas entre las superficies de terreno natural o desmontado, según sea el caso, hasta el nivel del borde superior del prisma de la estructura; así como cualquier otro tipo de excavación que no sea definido específicamente como “excavación para estructura”. El material extraído de estas excavaciones será colocado en donde indique la Supervisión, hasta una distancia no mayor de 1000 m. Así mismo, este material podría ser utilizado para la ejecución de los rellenos en caso de que reúna las características requeridas a juicio del Supervisor.

- Excavación para estructuras.- Estos trabajos se refieren a la excavación que deberá realizarse para la cimentación de estructuras, hasta los niveles indicados en los planos. El método de excavación no deberá producir daños a los estratos previstos para cimentaciones, de forma tal que no se reduzca su capacidad portante, o su densidad. La profundidad y taludes de excavación se guiará por las indicaciones del diseño. Estos sin embargo, estarán sujetos a las características que se encuentren en el subsuelo, debiendo ser fijados y aprobados en última instancia por el Supervisor. El terreno de cimentación deberá estar limpio de todo material descompuesto y material suelto, raíces y todas las demás intrusiones que pudieran perjudicarla. En todo caso será responsabilidad del Ejecutor proteger los cimientos contra daños de toda índole. Se deberá tomar las precauciones para mantener las excavaciones libres de agua y asegurar la estabilidad de los taludes. Para la medición y pago se tendrá en cuenta la clasificación según el tipo de material excavado: material suelto, material roca descompuesta y material roca fija.

Disposiciones de los Materiales de Excavación.- Si el material extraído de la excavación de las cimentaciones, fuera apropiado para la construcción de otras obras, localizadas en diferentes sitios, el Supervisor ordenará su transporte a la zona de utilización, a medida que se vaya efectuando la excavación o si lo estima conveniente su apilamiento en un lugar adecuado. Se deberá disponer del material que a juicio del

Supervisor no sea conveniente utilizar para la construcción de los terraplenes, teniendo en cuenta las siguientes alternativas:

- Colocarlos sin compactar en zanjas, depresiones o cavidades que se encuentren fuera de los límites de influencia del área de las cimentaciones hasta una distancia de 1000 m. sin cobro de transporte adicional.
- No debe obstruir drenajes naturales ni los que sirven para formación de charcos.

Rellenos.- Los rellenos tendrán que ser construidos según el trazo, alineamientos y secciones transversales, indicadas en los planos o por el Supervisor, quien tendrá la facultad de aumentar o disminuir el ancho de la fundación, o los taludes y ordenar cualquier otro cambio en las secciones de los rellenos, si lo juzga necesario, para mejorar la estabilidad de las estructuras o por razones económicas. Se deberá quitar el material de relleno que hubiera sido colocado fuera de los perfiles prescritos, si así ordenase el Supervisor. Cualquier material que después de ser colocado en el relleno demuestre ser inadecuado a criterio del Supervisor, deberá ser removido y reemplazado por un material adecuado, requiriéndose previamente la aprobación del Supervisor.

Compactación de Superficie.- Una vez realizados los trabajos de "limpieza y desbroce", é inmediatamente antes de colocar el material de relleno, la superficie sobre la cual se apoya dicho material será previamente compactada y se preparará en función de la clase de material a utilizar como relleno. Si la superficie en la que se vierte el material

estuviere con concreto deberá escarificarse previamente y humedecerse. Si la superficie de cimentación fuera roca suelta o fija, esta se preparará regándola con agua, hasta 15 litros por m² de superficie.

Clasificación de rellenos según el origen del material compactado.- Se clasifican en:

- **Material Propio.-** Se denominará material propio al proveniente de las excavaciones de las cimentaciones.
- **Material de Préstamo.-** Este material se refiere a los provenientes de las áreas establecidas por el Supervisor previa eliminación del material con vegetación, o material extraño si es que fuera necesario.

Rellenos para Estructuras y Plataforma.- Los rellenos se harán necesarios en todos aquellos lugares donde se hubiera construido fundaciones, o cualquier otra estructura donde hayan quedado espacios vacíos que requieran ser rellenos hasta la altura indicada en los planos, o cuando las cotas de terreno son inferiores a aquellas que debe tener para la correcta ejecución de una estructura específica.

Colocación del Material y Compactación.- El material se colocará en capas uniformes de 15 cm. distribuyéndolo sobre la zona a ser rellena de acuerdo a los alineamientos y cotas establecidas. La superficie de los niveles será horizontal y uniforme. La compactación se efectuará con compactadores manuales y/o maquinaria pesada hasta alcanzar la densidad mínima de 95% del Proctor Modificado para materiales cohesivos; y la densidad relativa para materiales granulares no será inferior al 80%. La tolerancia en la humedad del material será de $\pm 2\%$

respecto al contenido de humedad óptima del ensayo de Proctor modificado. Los rellenos se harán necesarios en todos aquellos lugares donde se hubiera erigido fundaciones, muros de contención o cualquier otra estructura donde se tenga cimentaciones abiertas, siempre que estos terrenos hayan de ser rellenados hasta la altura indicada en los planos, o cuando las cotas de terreno son inferiores a aquellas que debe tener para la correcta ejecución de una estructura específica.

Material de relleno.- Estos rellenos se construirán con materiales obtenidos de las excavaciones realizadas o de áreas de préstamo adecuadas, siempre y cuando no contengan ramas de árboles, raíces de plantas, arbustos, basura, materia orgánica, etc.

Relleno de Grava Arenosa sin Compactar.- Será utilizado en lugares indicados en los planos de diseño y/o en aquellos lugares donde se necesita una protección contra la erosión del agua. La procedencia del material será de las canteras indicadas por la empresa distribuidora, en los planos de diseño y los aprobados.

Granulometría.- La curva de la granulometría debe quedar entre los siguientes límites mostrados en la tabla 3.3.2.1. El material será acomodado en los lugares y espesores indicados.

Número de malla ASTM	% que pasa
76,2 mm	100 a 90
38,1 mm	100 a 66
25,4 mm	88 a 50
19,05 mm	80 a 40
9,52 mm	68 a 22
N° 4	60 a 15
N° 10	56 a 60
N° 40	42 a 4
N° 200	Menos de 4

Tabla 3.3.2.1 Granulometría de material de relleno

3.3.2.3 Trabajos de concreto en superficie, mezcla y concreto líquido.-

Esta sección se refiere a las prescripciones técnicas requeridas para todas las construcciones de concreto indicadas en las obras, tal como se especifica en esta sección y como lo indican en los planos. Los trabajos incluyen el suministro de equipo, materiales y mano de obra necesarios para la dosificación, mezclado, transporte, colocación, acabado y curado del concreto, encofrados, suministro y colocación del acero de refuerzo y accesorios especificados. Los trabajos de concreto se ejecutarán de conformidad a las Especificaciones Técnicas, establecidas por los siguientes códigos y normas:

- Norma Técnica de Edificación NT- E 060
- Norma Técnica de Edificación NT-E 030
- Reglamento Nacional de Construcciones
- ACI 318-99 Building Code Requirements
- American Standard Testing Materials ASTM.

La calidad del concreto cumplirá con los requisitos de resistencia a la rotura (f_c) especificada y durabilidad establecidas en los planos. La resistencia especificada a la rotura a la compresión en MPa, se determinará por medio de ensayos de cilindros Standard de 15 x 30 cm., fabricados y ensayados de acuerdo con la norma ASTM C39, a los 7 y 28 días de edad. El número de muestras es fijado por el Supervisor.

Los materiales empleados son:

Cemento.- Tipo Portland para todo el concreto, mortero y grouting debe cumplir con los requisitos de las especificaciones ASTM-C-150 Tipo I o de otro tipo si la Supervisión lo considera para alguna estructura determinada. Se efectuarán pruebas de falsa fragua de acuerdo con las especificaciones ASTM-C-151. El cemento se muestreará según el intervalo que indique el Supervisor. Cada muestra probada se analizará por fineza, tiempo de fragua, pérdida de ignición, resistencia a la compresión, contenido de aire, falsa fragua, análisis químico, incluyendo álcalis y composición. El porcentaje total de los álcalis no será mayor de 0,6%. Cada lote de cemento en bolsa será almacenado para permitir el acceso necesario para su inspección o identificación y adecuadamente protegido de la humedad. El cemento estará libre de grumos o endurecimientos debido a un almacenaje prolongado. En caso que se encuentre que el cemento contiene grumos por haberse extendido el tiempo de almacenaje o contenga materiales extraños, el cemento será tamizado por una malla N° 100 Standard. Cualquier volumen de cemento mantenido en almacenaje por períodos superiores a los 90 días será

probado antes de su empleo y si se encuentra que no es satisfactorio, no se permitirá su uso en la obra y el costo del nuevo cemento será cubierto por el Ejecutor. El Supervisor puede solicitar los certificados en la fábrica en cualquier momento durante el progreso de la obra e indicar su conformidad sobre el acuerdo a lo que se está recibiendo; sin embargo, la aceptación del cemento en planta, no elimina el derecho del Supervisor, de probar el cemento en cualquier momento durante la ejecución de la obra.

Agregados Finos (Arena).- La arena para la mezcla del concreto y para sus usos como mortero será arena limpia, de origen natural. La arena será obtenida de depósitos naturales o procesada en el sitio de la obra a una combinación de ambos. La arena consistirá de fragmentos de rocas, duros, fuertes, densos y durables y deberá ser bien graduada. El porcentaje de material que pasa el tamiz N° 200 (designación ASTM-C- 117) no excederá del 3% en peso. El agregado fino cumplirá con la norma ASTM-C-33. El porcentaje total de sustancias deletéreas no excederá del 2,5% en peso. El Supervisor muestreará y hará las pruebas necesarias para el agregado fino según sea empleado en la obra.

Malla estándar ASTM	% que pasa
N° 4 (4,75 mm)	100
N° 8 (2,36 mm)	95 a 100
N° 16 (1,18 mm)	70 a 100
N° 30 (0,60 mm)	40 a 75
N° 50 (0,30 mm)	10 a 35
N° 100 (0,15 mm)	2 a 15
N° 200 (0,075 mm)	Menos de 2

Tabla N° 3.3.2.2 Granulometría de la arena gruesa.

Agregado Grueso.- El agregado para la mezcla del concreto consiste en tamaños de agregados comprendidos entre 40 mm y 10 mm de tamaño natural de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM-C-33. El agregado grueso para concreto será grava natural limpia o piedra triturada. Los agregados gruesos consistirán en fragmentos de roca ígnea duros, fuertes, densos y durables, sin estar cubiertos de otros materiales. El porcentaje total de sustancias deletéreas no excederá del 2,5% en peso. Los agregados gruesos deberán cumplir los requisitos de las pruebas siguientes, que pueden ser efectuadas por el Supervisor cuando lo considere necesario ASTM-C-33, C-131, ASTM-C-88, ASTM-C-127, C-289. Los tamaños nominales para el agregado grueso serán los siguientes según la tabla 3.3.2.3:

Tabla 3.3.2.3 Tamaños nominales de agrado grueso.

Tamiz ASTM	Tamaño nominal de agregados gruesos % que pasa por peso			
	40 mm	25 mm	19 mm	10 mm
38,00 mm (1-1/2")	95 - 100	-	-	-
31,80 mm (1-1/4")	-	100	-	-
25,00 mm	-	90 - 100	100	-
19,00 mm (3/4")	35 - 70	-	90 - 100	-
16,00 mm (5/8")	-	25 - 90	-	-
9,5 mm (3/8")	10 - 30	-	20 - 55	85 - 100
Nº 4	0,5	0 - 10	0 - 10	0 - 20
Nº 8	-	-	0 - 5	0 - 20

El Supervisor, muestreará y hará pruebas necesarias para el agregado grueso, según se emplee en obra. En la Tabla 3.3.2.3 de las presentes especificaciones se señalan las características que deberá cumplir el agregado grueso. De encontrar que los agregados gruesos provenientes de canteras ubicadas en la zona del Proyecto no cumplen con las

especificaciones aquí exigidas; pero que, pruebas especiales o la experiencia, indican que producen concreto de la resistencia y durabilidad adecuadas, pueden ser utilizados con la autorización del Supervisor.

Agua.- Para el curado del concreto el agua no deberá tener un pH más bajo de 5. El agua que se emplea para mezcla y curado del concreto estará limpia y libre de cantidades dañinas de sales, aceites, ácidos, álcalis, materia orgánica o mineral y otras impurezas que, en la opinión del Supervisor, puedan reducir la resistencia, durabilidad o calidad del concreto. El agua no contendrá más de 250 ppm. del ión cloro, ni más de 250 ppm. de sales de sulfato expresados como SO_4 . La mezcla no contendrá más de 500 mg. de ión cloro por litro de agua, incluyendo todos los componentes de la mezcla, ni más 500 mg de sulfatos expresados como SO_4 incluyendo todos los componentes de la mezcla, con excepción de los sulfatos del cemento. La cantidad total de sales solubles del agua no excederán de 1 500 ppm., las sales en suspensión no excederán de 1 000 ppm. y las sales de magnesio, expresadas como Mg, no excederán de 150 ppm.

Aditivo.- El uso de aditivos en el concreto, tales como acelerantes, endurecedores, productos para incorporación de aire, etc. pueden ser permitidos o requeridos por el Supervisor, cuando su empleo se justifique en la obra. En cada caso será necesario que el Supervisor indique por escrito la cantidad y tipo de aditivos que deben ser usados.

Se someterá las muestras de los aditivos propuestos para la aprobación del Supervisor, así mismo se solicitará pruebas de estas muestras en cualquier momento durante la ejecución de la obra.

Cuando se requiera o se permita los usos de aditivos, éstos cumplirán con las normas apropiadas, como por ejemplo:

- Aditivos incorporadores de aire ASTM- 260
- Aditivos aceleradores, retardadores o reductores de agua ASTM-494.

Los aditivos tendrán la misma composición y se emplearán con las proporciones señaladas en el diseño de mezclas. No se permitirá el empleo de aditivos que contengan Cloruro de Calcio en zonas en donde se embeban galvanizados o aluminio.

Diseño y proporción de mezclas.- Se diseñará las mezclas de concreto por peso o volumen para cumplir con lo requisitos de resistencia, durabilidad, impermeabilidad y buenas condiciones de todas las obras de concreto autorizadas. El concreto terminado deberá tener la resistencia mínima a la compresión a los 28 días de vaciado que se indica en la tabla 3.3.2.4.

Tabla 3.3.2.4 Resistencia mínima a la compresión

Resistencia f_c MPa	Dosaje mínimo de cemento kg/m ³	Tamaño máximo	Empleo
20,0	2,94	40,00	Estructuras
17,5	2,74	76,20	Estructuras
10,0	1,96	50,80	Solados y cimentos

Se suministrará las proporciones de las mezclas necesarias para cumplir con los requisitos de resistencia, durabilidad, impermeabilidad y buenas condiciones de todas las obras de concreto autorizadas. Las proporciones

de la mezcla no serán alteradas. Los materiales propuestos para la fabricación del concreto serán seleccionados y a su vez se entregará una muestra de los materiales propuestos al Supervisor con 10 días de anticipación al tiempo en que se emplearan en la preparación de la mezcla de concreto. Estas muestras serán en cantidad suficiente para permitir efectuar el número de pruebas que sea necesario para determinar conveniencia y proporciones de los materiales. La determinación de la resistencia a la compresión, en MPa se efectuará en cilindros de pruebas de 152,4 x 304,8 mm, de acuerdo con el "Método Standard de Pruebas para Resistencia a la Compresión de Cilindros Moldeados de Concreto", designación ASTM-C-39. Las pruebas y análisis de concreto serán hechas por el Supervisor a intervalos frecuentes y las mezclas empleadas serán cambiadas cuando, en la opinión del Supervisor, se requiera efectuar éstos cambios o sea necesario hacerlo para asegurar la economía, facilidad de trabajo, densidad, impermeabilidad, acabado de la superficie y resistencia. No se compensará en forma adicional debido a éstos casos. Se proporcionará facilidades para el muestreo del concreto. Se podrá utilizar proporciones de mezcla que produzcan concreto de la misma calidad, pero con menor economía que las proporciones determinadas por el Supervisor; siempre y cuando se cuente con el consentimiento escrito por él y que cualquier resultado del aumento de costo proveniente de estos cambios. Para un determinado contenido fijo de mortero, el contenido de agua de la mezcla será la mínima necesaria para producir concreto que tenga la consistencia deseada con mezcla eficiente.

Para el mezclado se elegirá el equipo o concretera para la adecuada dosificación y mezclado. El equipo de dosificación proporcionará las facilidades adecuadas para la medición exacta y control de cada uno de los materiales que componen la mezcla. De preferencia se emplearán mezcladoras que pesen los agregados que intervienen en la mezcla, así como el cemento y aditivos cuando sea necesario. El cemento será pesado con una precisión de 1% por peso, o por bolsa. En éste último caso, las bolsas serán de 0,42 kN netos y las tandas serán proporcionadas para contener un número entero de bolsas. Todos los agregados serán incluidos en la mezcla con una precisión de 2% de peso, haciendo la debida compensación para la humedad libre y absorbida que contienen los agregados. El agua será mezclada por peso o volumen con una precisión de 1%. Los aditivos serán incluidos en la mezcla según especifique el Supervisor. La relación agua-cemento, no deberá variar durante las operaciones de mezcla por más de $\pm 0,02$ de los valores indicados por el Supervisor. Antes de utilizar materiales de mezcla para el concreto, se realizarán las pruebas necesarias de los implementos de medición y pesado sobre toda la amplitud de medidas que involucran las operaciones de mezcla y efectuará pruebas periódicas de allí en adelante hasta la culminación de las obras civiles. Las pruebas serán efectuadas en presencia del Supervisor y serán suficientemente adecuadas para demostrar la precisión de los aditamentos de medida. A menos que se indique diferente, las pruebas del equipo en operación serán efectuadas una vez al mes. Se efectuarán los ajustes, reparaciones o reemplazos que

sean necesarios para cumplir con los requisitos especificados de precisión de medida. Cuando sea necesario cargar en la mezcla aditivos (incorporación de aire, químicos o cloruro de calcio), éstos serán cargados como solución y dispersados automáticamente o por algún aditamento de medida. Los aditivos en polvo serán pesados o medidos por volumen según la recomendación del fabricante. La precisión de medida de cualquier aditivo estará dentro del 3%. El tiempo de mezcla para cada tanda de concreto después de que todos los materiales, incluyendo el agua, se encuentren en el tambor, será no menor de 1 1/2 minutos para mezcladores de 1 1/2 yardas cúbicas de capacidad o menos, y no menor de 2 minutos para mezcladores de más de 1 1/2 yardas cúbicas. El tiempo de mezcla será aumentado en 15" para cada yarda cúbica adicional o fracción de yarda cúbica. El tiempo de mezcla será aumentado si la operación de carguío y mezcla deja de producir una tanda uniforme. La mezcladora girará a una velocidad uniforme por lo menos de doce revoluciones completas por minuto después de que todos los materiales, incluyendo el agua se encuentren en el tambor. Las mezcladoras no serán cargadas en exceso de su capacidad indicada. Cada tanda de concreto, será completamente vaciado de la mezcladora antes de volver a cargar ésta, y el interior del tambor será mantenido limpio y libre de acumulación de concreto endurecido o mortero. El tiempo de mezclado podrá prolongarse más allá del período mínimo especificado, siempre y cuando el concreto no se convierta en una sustancia muy rígida para su colocación efectiva y consolidación, o no adquiera un exceso de finos

debido a la acción moledora entre los materiales en la mezcladora. La variación de las mezclas con el aumento de agua adicional cemento, arena o una combinación de estos materiales estará prohibida. Cualquier mezcla que por haberse mantenido durante mucho tiempo en la mezcladora, se haya convertido en muy densa para su colocación efectiva y consolidación, será eliminada. Cada mezcladora estará equipada con un aditamento operado mecánicamente de tiempo y señalización que indicará y asegurará la terminación del período necesario de mezcla y además contará las tandas. Cuando se autorice el empleo de mezcladoras o camiones mezcladores de concreto, el equipo y los métodos a emplearse estarán sujetos a la aprobación del Supervisor. El concreto manufacturado de esta forma deberá cumplir en todo aspecto con las especificaciones. El equipo de mezclado deberá conformar los requisitos de las especificaciones y el uso del equipo para mezcla y transporte del concreto deberá cumplir con las partes aplicables en las especificaciones ASTM C-94 "Especificaciones para Concreto Pre-Mezclado".

El concreto será transportado de la mezcladora al lugar de la obra en la forma más rápida posible por métodos que impidan la separación o pérdidas de ingredientes y en una manera que asegure que se obtenga la calidad requerida para lo que esta diseñada. El equipo de transporte será de un tamaño y diseño tal, que asegure el flujo continuo de concreto en el punto de entrega que sea aprobado por el Supervisor. El equipo de conducción y las operaciones cumplirán con las siguientes especificaciones:

Antes de vaciar concreto, los encofrados y el acero de refuerzo deberán ser inspeccionados y aprobados por el Supervisor en cuanto a la posición, estabilidad y limpieza. El concreto endurecido y los materiales extraños deberán ser removidos de las superficies interiores de los equipos de transporte. El encofrado deberá estar terminado y haberse asegurado en sitio, los anclajes, material para juntas de dilatación y otros materiales empotrados deberá estar en su lugar; y la preparación completa para el vaciado deberá haber sido aprobada por el Supervisor. No se permitirá añadir agua a la mezcla de concreto, después de haber sido descargado de la mezcladora, o durante la carga de bomba, o a la salida desde la tubería de transporte de concreto. No deberá efectuarse ningún vaciado de concreto hasta que la aprobación del Supervisor haya sido obtenida. Todo el concreto deberá ser vaciado en la presencia del Supervisor. El mezclado será efectuado en forma continua hasta la terminación del vaciado o en capas de un espesor tal, que ningún concreto sea depositado sobre concreto que haya endurecido suficientemente como para causar la formación de vetas o planos de debilidad dentro de la sección. Si la sección no puede vaciarse en forma continua, se ubicarán juntas de construcción en las ubicaciones que indiquen los planos o las aprobadas por el Supervisor. El vaciado será llevado a cabo a un ritmo tal, que el concreto que está siendo integrado con el concreto fresco, sea todavía plástico. El Concreto que se haya endurecido parcialmente o haya sido contaminado por sustancias extrañas no será depositado. Los aditamentos en los encofrados serán retirados cuando el vaciado de concreto haya

llegado a una elevación que indique que su servicio ya no sea necesario. Podrán permanecer empotrados en el concreto sólo si son fabricados de metal o concreto y se haya obtenido la aprobación del Supervisor. El concreto será depositado tan cerca como sea posible de su posición final para evitar la segregación debido al manipuleo y flujo del concreto. Todos los vaciados de concreto serán plenamente compactados en su lugar por medio de vibradores de tipo inmersión, complementando la colocación los albañiles con herramientas a mano. La duración de la vibración estará limitada al mínimo necesario para producir la consolidación satisfactoria sin causar segregación. Los vibradores no serán empleados para lograr el desplazamiento horizontal del concreto dentro de los encofrados.

El propósito de la vibración es asegurar que el concreto esté bien trabajado alrededor de los refuerzos de acero, de los materiales empotrados y de las esquinas de los encofrados, eliminando todos los bolsillos de aire o piedra, que puedan causar vacíos "Cangrejas" o planos de debilidad. Los vibradores mecánicos tendrán una frecuencia mínima de 7000 RPM y serán operados por trabajadores competentes. La sobre vibración o el uso de vibradores para desplazar concreto dentro de los encofrados no estará permitido. Los vibradores serán insertados y retirados en varios puntos, a distancias variables de 45 cm. a 75 cm. En cada inmersión la duración será suficiente para consolidar el concreto, pero no tan larga que cause la segregación, generalmente la duración estará entre los 5 y 15 segundos de tiempo. Se mantendrá un vibrador de repuesto en la obra durante todas las operaciones de concreto. No se

podrá iniciar el vaciado de una nueva capa antes de que la capa inferior haya sido completamente vibrada. Se someterá periódicamente los vibradores a pruebas de control. Se requiere que después de la consolidación y colocación, todas las partes de las estructuras de concreto sean de calidad uniforme y buena, teniendo adecuada resistencia y durabilidad y con el mortero los agregados gruesos distribuidos uniformemente a través de la masa de concreto.

La Temperatura para el vaciado del concreto se deberá tener siempre más baja posible. Esto se logrará protegiendo cuidadosamente todos los materiales contra los rayos del sol, durante su transporte y almacenaje.

Todo concreto que vaya a estar sometido a congelamiento deberá añadirse un aditivo incorporador de aire. La protección del concreto debe comenzar inmediatamente después de su colocación a fin de evitar la congelación a edades tempranas. Los procedimientos para cubrir, encerrar, aislar, o calentar el concreto deben ser seleccionados antes de la colocación de éste. El sistema de protección elegido debe permitir alcanzar, en todas las secciones del concreto vaciado, la temperatura y condiciones de humedad óptimas recomendadas. Durante el período de clima frío, la temperatura del concreto recién colocado deberá ser mantenida tan cerca como sea posible a los valores indicados en la tabla 3.3.2.5 durante los períodos indicados en este acápite.

Tabla 3.3.2.5 Temperatura mínima de colocación y mantenimiento del concreto (°C)

Temperatura del aire	Mínima dimensión de la sección, mm			
	< 300	300 - 900	900 - 1800	> 1800
----	3	10	7	5

La longitud del periodo de protección podrá ser reducido por:

- Empleo de un aditivo acelerante,
- Empleo de 60 kg/m³ de cemento adicional al contenido elegido.

Los períodos de protección indicados en la Tabla 3.3.2.6, podrán ser reducidos si se comprueba que el concreto, incluyendo ángulos y esquinas, ha obtenido en obra una resistencia de por lo menos 3.5 MPa y no se espera que esté sometido a más de un ciclo de congelación y deshielo antes que sea cubierto. Para concretos masivos y concretos de bajo contenido de cemento se requiere períodos de protección mayores para alcanzar la resistencia indicada.

Tabla 3.3.2.6 Protección del concreto contra congelación a edades tempranas

Línea exposición	Mínima protección recomendada para temperaturas de colocación de la Tabla 3.3.2.5 (días)	
	Cemento Tipo I o II	Aditivo acelerante, o cemento adicional 60 kg/m ³
1 no expuesto	2	1
2 expuesto	3	2

El desencofrado se mantendrá en posición a los encofrados por lo menos el período de protección requerido; pudiendo ser retirados tan pronto como ello sea posible sin causar daños o peligros al concreto.

Las cuñas empleadas para separar el encofrado del concreto deberán ser de madera. Después del retiro del encofrado, el concreto deberá ser cubierto con material aislante o protegido por ambientes calientes durante el tiempo recomendado. Si se emplea calentamiento interno mediante el uso de conductores eléctricos embebidos, el concreto deberá ser cubierto

con un material impermeable y calentado continuamente por el tiempo recomendado.

Caída de temperatura después del retiro de la protección.- El concreto deberá ser enfriado gradualmente hacia la finalización del período de protección a fin de reducir las deformaciones diferenciales y las grietas que pudieran originarse por diferencias térmicas. La caída de temperatura de la superficie del concreto no deberá exceder de los valores indicados en la Tabla 3.3.2.7.

Tabla 3.3.2.7 – Máxima caída de temperatura permisible durante las primeras 24 horas después de finalizado el período de protección del concreto

Mínima dimensión de la sección (mm)	Caída máxima en la temperatura del concreto (°C)
< 30	28
30 a 90	22
90 a 180	17
> 180	11

Remoción de encofrados y soportes.- Es el momento en que los puntales y encofrados pueden ser retirados sin que ello signifique peligro para la estructura, está limitado por muchos factores, siendo los principales:

- La temperatura del concreto al ser colocado.
- La temperatura a la cual ha sido mantenido el concreto después de su colocación.
- El lapso durante el cual el concreto ha sido mantenido a una temperatura favorable después de su colocación.
- El tipo de cemento utilizado y la cantidad del mismo por unidad cúbica de concreto.

- El tipo y cantidad de aditivos acelerantes o de otro tipo, empleados.
- El volumen de las secciones de concreto.
- El procedimiento de curado empleado y la efectividad del mismo.

Ensayos de probetas curadas en obra.- A fin de verificar que se ha obtenido en obra la resistencia necesaria para retirar, reducir o cambiar los apoyos y soportes así como para suspender los procedimientos de curado y protección, se deberá moldear por lo menos seis muestras de ensayo tomadas de preferencia de los últimos 75 m³ de concreto y curadas bajo condiciones de obra. Así mismo, por lo menos tres muestras deberán ser preparadas cada dos horas del tiempo total del vaciado, o por cada 75 m³ de concreto, eligiendo de las dos alternativas aquella que proporcione el mayor número de muestras.

Las probetas deberán ser preparadas de acuerdo a lo indicado en la Norma ASTM C31, debiendo ser protegidas inmediatamente del clima frío hasta que puedan ser colocadas bajo las mismas condiciones de protección prevista para la parte de la estructura a la cual ellas representan. Las probetas deberán ser enrasadas y ensayadas de acuerdo a lo indicado en las Normas ASTM C31 y C39.

Protección y curado.- Durante el periodo de clima frío el concreto deberá ser curado y protegido del congelamiento en concordancia con ACI Committee 306 (1.3.2.4). A pesar que no es probable que el concreto expuesto en clima frío se reseque a una velocidad indeseable, debe darse particular atención al mantenimiento satisfactorio de la humedad en el concreto que es requerido por ACI 306. El concreto deberá ser protegido

de las mínimas heladas hasta que desarrolle un esfuerzo a la compresión de 3.4 MPa. En concretos sin aire incorporado nunca deberá permitirse estados de congelamiento y deshielo en condición saturada. En concretos con aire incorporado, no deberá permitirse estados de congelamiento y deshielo en condición saturada antes de desarrollar el esfuerzo de diseño.

Juntas de Construcción para Estructuras.- La ubicación de juntas de Construcción se indica en los planos o serán señalados por el Supervisor. Todo cambio en el tipo o ubicación de las juntas de construcción estará sujeto a la aprobación del Supervisor. Las juntas de construcción, tanto horizontales como verticales, serán limpiadas por medio de un arenado húmedo de todas las materias sueltas o extrañas para exponer partículas limpias de agregado grueso, las cuales serán lavadas con chorro de agua y aire inmediatamente antes de vaciar nuevas masas de concreto sobre éstas juntas. Si es solicitado, la superficie endurecida será limpiada con un chorro de mezcla de cemento con agua antes del vaciado del nuevo concreto. Las superficies de concreto sobre las cuales se deberá vaciar concreto y sobre las cuales deberá adherirse el nuevo concreto y que se conviertan tan rígidas que no se pueda incorporar integralmente al concreto anteriormente vaciado serán consideradas como juntas de construcción. El acero de refuerzo y/o malla soldada de alambre que refuerce la estructura será continuado a través de las juntas. Las llaves en el concreto y varillas de anclaje inclinadas serán construidas o colocadas según indique el Supervisor. Las llaves longitudinales tendrán por lo

menos 38,0 mm de espesor y se efectuarán en todas las juntas de muros y entre muros y losas o zapatas.

Acabado de la Superficie del Concreto.-Las superficies expuestas de concreto serán uniformes y libres de vacíos, aletas y defectos similares. Los defectos menores serán reparados rellenando con mortero y enrasando según indique el Supervisor. Los defectos más serios serán picados a la profundidad indicada, rellenos con concreto firme o mortero compactado y luego enrasado para formar superficie llana, según lo indique el Supervisor. Los defectos excesivos, que en la opinión del Supervisor, estén más allá de los límites de la práctica aceptada, serán causales de rechazo de la estructura. Las superficies que no estén expuestas al término de la obra serán niveladas y terminadas en forma que produzcan superficies uniformes con irregularidades que no excedan 9mm. Toda reparación en el concreto, reemplazo o eliminación de imperfecciones en la superficie deberán ser ejecutadas por el ejecutor por su propia cuenta y a satisfacción del Supervisor.

El Curado del concreto recién colocado deberá ser protegido de un secado prematuro y de temperaturas excesivamente calientes o frías, además deberá mantenerse con una pérdida mínima de humedad, a una temperatura relativamente constante, durante el período de tiempo necesario para hidratación del cemento y para el endurecimiento debido al concreto. El curado inicial deberá seguir inmediatamente a las operaciones de acabado. De autorizarse el empleo de puzolanas, el curado

se extenderá a 14 días. Uno de los materiales o métodos siguientes deberá ser empleado:

- Empozamiento de agua por medio de "arroceras" o rociado continuo de agua.
- Material absorbente que se mantenga continuamente húmedo.
- Arena u otro tipo de cobertura que se mantenga continuamente húmeda.
- Compuestos para curado de acuerdo a las especificaciones para membranas líquidas y compuestos para curado de concreto (ASTM-C-309).

Estos materiales serán aplicados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, no será utilizado en las superficies que dependen de la adhesión del concreto. Inmediatamente después del curado inicial y antes que el concreto se haya secado, se deberá continuar con un curado adicional por uno de los siguientes materiales o métodos:

- Continuación del método utilizado en el curado inicial.
- Papel impermeable que cumpla con las "Especificaciones para papel impermeable para curado de concreto" (ASTM-C-171).
- Otros tipos de cobertura que retengan la humedad, que sean aprobadas por el Supervisor.

El curado final deberá continuarse hasta que el número acumulado de días o fracciones de días, no necesariamente consecutivos, durante las cuales la temperatura del aire en contacto con el concreto esté por encima de los 10°C, haya totalizado 7 días. Si se ha empleado concreto que adquiera rápidamente alta resistencia, el curado final deberá continuarse

adicionalmente por tres días, deberá impedirse el secado rápido al terminar el período de curado. Los encofrados metálicos que puedan calentarse por el sol y todos los encofrados de madera en contacto con concreto durante el período final de curado deberán mantenerse húmedos. Si se requiere remover los encofrados durante el período de curado, deberá emplearse uno de los métodos de curado, o materiales indicados anteriormente, en forma inmediata, este tipo de método deberá continuarse por el resto del período de curado. Durante el período de curado, el concreto deberá protegerse de disturbios mecánicos, en especial esfuerzos por sobre cargas, impactos fuertes y vibraciones excesivas que puedan dañar el concreto. Todas las superficies terminadas de concreto deberán ser protegidas de cualquier daño causado por el equipo de construcción, materiales o métodos y por agua de lluvia o corrientes de agua. Las estructuras que son autos soportantes no deberán ser cargadas de manera tal que puedan producir esfuerzos excepcionales en el concreto.

Tolerancia para la Construcción de Concreto.- El concreto prefabricado in situ deberán tener las siguientes tolerancias en milímetros según la tabla 3.3.2.8.

Tabla 3.3.2.8 – Tolerancias para la construcción de concreto

Longitud	Corte transversal (en cada dirección)	Alineamiento o curvatura (desviación de la línea de diseño)
Hasta 3m ± 6	Hasta 0,5 m ± 6	Hasta 3m ± 6
> 3 m pero < 6m ± 9	> 0.5 m pero < 0.75m ± 9	> 3 m pero < 6m ± 9
6 m ± 12	0.75 m ± 12	6 m ± 12

Cuando se mide la cuadratura de una esquina, el más largo de los dos lados adyacentes deberá tomarse como línea de base. El lado más corto no deberá variar en su distancia de una perpendicular de modo que la diferencia en milímetros (mm) entre las dimensiones más grandes y más cortas exceda:

Longitud del lado corto, hasta 1.2 metros ± 6 ; más de 1.2 metros pero menos de 3 metros ± 9 ; 3 metros o más ± 12

Cualquier esquina no deberá ser más de la tolerancia establecida en mm del plano que contiene las otras tres esquinas:

Hasta 0.7 metros de ancho y hasta 6 metros de longitud ± 6

Sobre 0.7 metros de ancho y de cualquier longitud ± 9

El trabajo de concreto, que exceda los límites especificados en éstas tolerancias, estará sujeto a ser rechazado.

Pruebas.- El Supervisor efectuará las pruebas necesarias de los materiales y agregados, de los diseños propuestos de mezcla y del concreto resultante, para verificar el cumplimiento con los requisitos técnicos de las especificaciones de la obra. Las pruebas que requiera para su propia información y orientación serán realizadas por empresas certificadas. Las pruebas de cilindros curados en la obra, o las pruebas necesarias por cambios efectuados en los materiales o proporciones de más mezclas solicitadas, así como las pruebas adicionales de concreto o materiales ocasionados por el incumplimiento de las especificaciones, serán por cuenta del ejecutor y estas pruebas comprenderán lo siguiente:

- a) Pruebas de los materiales para verificar su cumplimiento con las especificaciones.
- b) Obtención de muestras de materiales en las plantas o en lugares de almacenamiento durante la obra y pruebas para ver su cumplimiento con las especificaciones.
- c) Pruebas de resistencia del concreto de acuerdo con los procedimientos siguientes:
 - Obtener muestras de concreto de acuerdo con las especificaciones STMC-172 "Método para el muestreo de concreto fresco".
 - Cada muestra para probar la resistencia del concreto será obtenida de una tanda diferente de concreto sobre la base de un muestreo en forma variable en la producción de éste.
 - Preparar tres testigos en base a la muestra obtenida, de acuerdo con las especificaciones ASTM-C-31 "Método para preparar y curar testigos de concreto para pruebas a la compresión y flexión en el campo" y curarlas bajo las condiciones normales de humedad y temperaturas de acuerdo al método indicado en el ASTM.
 - Probar tres testigos a los 28 días, de acuerdo con la especificación STMC-39, "Método para probar cilindros moldeados de concreto, para resistencia a compresión". El resultado de la prueba de 28 días será el promedio de la resistencia de los tres testigos a excepción de que si uno de los testigos en la prueba manifiesta que ha habido fallas en el muestreo, moldeo o pruebas, etc. podrá ser rechazado y promediarse los dos testigos remanentes. Si hubiese más de un testigo que evidencia

cualquiera de los defectos indicados, la pruebas total será descartada.

Cuando se requiera concreto que adquiera rápidamente alta resistencia, los testigos serán probados a los siete días.

d) Los resultados de las pruebas serán entregados al Supervisor el mismo día de su realización.

El Supervisor determinará además la frecuencia requerida para verificar lo siguiente:

- Control de las operaciones de mezclado de concreto.
- Revisión de los informes de fabricantes de cada remisión de cemento y acero de refuerzo y/o conducir a laboratorio o pruebas aisladas de éstos materiales, conforme sean recibidos.
- Moldear y probar cilindros de reserva a los 07 días conforme sea necesario.

El Ejecutor tendrá a su cargo las siguientes responsabilidades con la Supervisión:

- Obtener y entregar sin costo alguno, muestras representativas preliminares de los materiales que se propone emplear y que deberán ser aprobados.
- Presentar el diseño de mezcla de concreto que se propone emplear y hacer una solicitud escrita para su aprobación.
- Suministrar la mano de obra necesaria para obtener y manipular las muestras en la obra, o en las fuentes de abastecimiento de materiales.

- Indicar con suficiente anticipación las operaciones que va a efectuar para permitir la terminación de pruebas de calidad para la asignación del personal.
- Proveer y mantener facilidades adecuadas para el almacenamiento seguro y el curado correcto de los cilindros de prueba de concreto de la obra durante las primeras 24 horas, según las especificaciones ASTM-C-31.
- Suministrar copias de los informes de las pruebas de fábrica de todos los envíos de cemento si son solicitados.

Sí, el número de pruebas es inadecuado para evaluar la resistencia de concreto, se podrá solicitar un sistema diferente para obtener el número de testigos necesarios para una mejor evaluación de este. Por lo menos, se tomarán tres testigos representativos de cada miembro o área de concreto colocado que se considere potencialmente deficiente. La ubicación de los testigos será determinada por el Supervisor para interferir al mínimo en la resistencia de la estructura. Si antes de las pruebas uno o más de los testigos muestran evidencia de haber sido dañado después de, o durante su retiro de la estructura, éste deberá ser reemplazado. La resistencia de los testigos tomados de concreto del tipo esfuerzo del trabajo de cada estructura o áreas será considerado satisfactorio si su promedio es igual o mayor de 90% de la resistencia especificada. Los huecos dejados por la extracción de testigos serán rellenados en forma tal como se especifica. Si las pruebas de testigos no son concluyentes, o éstas no son suficientemente prácticas como para obtener un resultado definitivo

podrán ordenarse pruebas de evaluación de resistencia de acuerdo con la Norma ACI-318-95 Capítulo 20. Cualquier obra de concreto que se juzgue inadecuada por su análisis estructural o por los resultados de las pruebas de carga deberá ser reemplazada por cuenta del Ejecutor.

Se pagarán los costos que demande la realización de las pruebas adicionales que requiera éste Capítulo, sino se cumple con los requisitos de resistencia de la estructura.

El volumen de concreto a ser pagado será en número de metros cúbicos (m^3) de la clase estipulada, medido en sitio y aceptado por el Supervisor. La medición se efectuará sobre la base del concreto ubicado dentro de las líneas indicadas en los planos y las líneas de excavación de diseño cuando el concreto se aplique directamente a la fundación. Los pagos indicados constituirán la compensación total para todos los gastos de mano de obra, materiales, equipo, mezclado, transporte y otros gastos relacionados con el trabajo del concreto, como los de laboratorio. No se pagará en forma separada los gastos de suministrar é instalar materiales empotrados en el concreto. Para medir el concreto para el pago se deducirá el volumen de todas las aberturas cajuelas, ductos, tuberías empotradas, trabajo de material metálico, etc. que tengan un área de sección transversal mayor de 650 cm^2 . No se reconocerá pago alguno por concreto o materiales empleados en su elaboración, que hayan sido desperdiciados o rechazados por el Supervisor en las siguientes condiciones:

En operaciones de acabados no solicitados ni ordenados, reemplazo de concreto dañado o defectuoso; concreto adicional para sobre-

excavaciones o excavaciones innecesarias u otros usos innecesarios según sea determinado por el Supervisor.

Concreto líquido.-El grouting será usado en las bases de pórtico, transformador de potencia, interruptor, etc. Este concreto se vaciará sobre la superficie indicada en los planos; se usará un concreto líquido del tipo fino, el cual está constituido de: Cemento Portland tipo É, Arena y Agua.

El mezclado de los ingredientes debe efectuarse siempre a máquina, por un periodo no menor de 5 min., y en cualquier caso, por el tiempo suficiente para lograr homogeneidad. El método de medida de los materiales será por metro cúbico de concreto neto vaciado de acuerdo a las dimensiones indicadas en los planos.

Encofrados.- En este capítulo cubre el suministro de todos los materiales, herramientas, equipos, mano de obra y dirección técnica necesaria para la fabricación, transporte, encofrado y desencofrado para todas las estructuras del Proyecto indicado en los planos o según instrucciones del Supervisor. El material de encofrado, siendo generalmente de madera, deber ser de buena calidad, resistente, nueva o semi nueva de superficie uniforme.

Diseño.- Los encofrados serán diseñados y construidos de manera tal, que permitan soportar todos los esfuerzos que se le impongan y para permitir todas las operaciones de vaciado y compactación del concreto sin sufrir ninguna deformación, deflexión o daños que puedan afectar la calidad del trabajo de concreto. El encofrado será construido de tal manera que la superficie cumpla las tolerancias de las Especificaciones ACI 347

“Prácticas Recomendadas para encofrados de Concreto”. El encofrado deberá tener buena rigidez, para asegurar que las secciones y alineamientos del concreto terminado se mantengan dentro de las tolerancias admisibles. Las juntas deberán ser herméticas, de manera que no ocurra la filtración del mortero por dichas juntas, y se pueda conseguir una superficie normal. Deberán ser adecuadamente arriostradas contra deflexiones verticales y laterales. Los encofrados deben ser hechos de manera que los terminales puedan ser removidos sin causar astilladuras en las capas del concreto, después que las ligaduras hayan sido retiradas.

Desencofrado.- Los encofrados deberán retirarse cuando la estructura haya desarrollado una resistencia adecuada. Inmediatamente después de quitarse los encofrados, la superficie de concreto deberá ser examinada y cualquier irregularidad de la misma deberá ser tratada de acuerdo a Instrucciones del Supervisor.

La tabla 3.3.2.9 es una guía para los tiempos mínimos que deben transcurrir entre la culminación de las operaciones de llenado de concreto y el retiro del encofrado. No obstante, las tablas, ningún andamio deberá ser retirado sin la autorización del Supervisor y dicha autorización no exonerará al Ejecutor de sus responsabilidades por la seguridad de las obras permanentes. El período mínimo de retiro deberá ser como sigue a menos que la Supervisión apruebe lo contrario:

Tabla 3.3.2.9 – Tiempos mínimos para el vaciado del concreto y el retiro del encofrado.

Condiciones mínimas	Períodos
Lados verticales de las vigas, muros, columnas de altura no mayor a 1,2 m	24 horas
Lados verticales de las vigas y muros; altura mayor a 1,2 m	36 horas
Fondo de las losas y vigas principales (dejar puntales el tiempo indicado)	07 días
Retiro de los puntales de las vigas y losas principales y otro trabajo	14 días

Es responsabilidad del Ejecutor prevenir cualquier asentamiento y/o deflexión del concreto. Serán medidos para el pago de acuerdo al área en metros cuadrados de superficie de encofrados en contacto con el concreto, conforme a la forma que presenten las diferentes estructuras previstas en el proyecto y metrados en los planos, o aquellas obras adicionales ordenadas por el Supervisor.

3.3.2.4 Acero de refuerzo y encofrado

Se deberá suministrar, detallar, fabricar é instalar todas las varillas de acero de refuerzo necesarias para completar las estructuras de concreto armado. Todas las varillas de refuerzo se conformarán a los requisitos de las especificaciones ASTM 615 para varillas de acero grado 60 y con límite de fluencia de 420 MPa. Las varillas de acero de refuerzo serán habilitadas en taller o en el campo. El Ejecutor será el único responsable del detalle, suministro doblado y colocación de todo el acero de refuerzo. Antes de efectuar la colocación de las varillas, la superficie de estas y la superficie de cualquier soporte metálico serán limpiadas de todos los

óxidos, suciedad, grasa y cualquier otra sustancia ajena que en la opinión del Supervisor, sea rechazable. El óxido grueso en forma de escamas que pueda removerse con escobillado con crudos o cualquier tratamiento equivalente deberá removerse totalmente. Todos los detalles y habilitación serán efectuados de acuerdo a las especificaciones ACI-315 "Manual de Prácticas Normales para detallar estructuras de concreto". Todos los anclajes y traslapes de las varillas satisfacen los requisitos de la especificación ACI-318 "Requisitos del Código de Especificación para Concreto Armado". En caso de requerirse soldadura, deberá solicitarse la autorización del Supervisor y se utilizarán electrodos de bajo contenido de Hidrógeno del tipo EXX 16 ó EXX 18, debiendo los electrodos estar secos en el momento de su uso y la temperatura de pre-calentamiento y pase no deberá ser inferior a los 93°C. Los trabajos de soldadura deberán cumplir con todas las normas AWS D 1.0 "Code for Welding in Building Construction" y AWS D 12.1 "Recommended Practice for Welding Reinforcing Steel, Metal Insert and Connection in Reinforcing Construction" of American Welding Society.

El Supervisor tiene el derecho de solicitar al Ejecutor que se proporcione, corte, dobléz y colocación de una cantidad razonable de acero adicional y misceláneo, según encuentre necesario para completar las estructuras. Las varillas de refuerzo serán colocadas con precisión y firmemente aseguradas en su posición de modo que no sean desplazadas durante el vaciado del concreto.

Las tolerancias de fabricación para acero de refuerzo serán los siguientes:

a) Las varillas utilizadas para refuerzo de concreto cumplirán los siguientes requisitos para tolerancia de fabricación:

- Longitud de Corte $\pm 25,4\text{mm}$
- Estribo, espirales y soportes $\pm 12,7\text{mm}$
- Dobleces $\pm 12,7\text{ mm}$

b) Las varillas serán colocadas teniendo las siguientes tolerancias:

- Cobertura de concreto a la superficie $\pm 6,35\text{ mm}$
- Espaciamiento mínimo entre varillas $\pm 6,35\text{ mm}$
- Miembros de 203,3 mm de profundidad o menos $\pm 6,35\text{ mm}$
- Miembros de más de 203,2 mm pero inferiores a 609,6 mm de profundidad $\pm 12,7\text{ mm}$
- Miembros de más de 609,6 mm de profundidad $\pm 25,4\text{ mm}$

c) Las varillas pueden moverse según sea necesario, para evitar la interferencia con otras varillas de refuerzo de acero, conductores, o materiales empotrados.

Si las varillas se mueven más de un diámetro o lo suficiente para exceder éstas tolerancias, el resultado de la ubicación de las varillas estará sujeto a aprobación por el Supervisor.

La medición para el pago de refuerzo de varillas de acero, será la cantidad de kilos de refuerzos colocados según se muestra en los planos o según lo indique el Supervisor. La cantidad de refuerzo a ser pagado será computado en base al peso nominal de los diversos tamaños colocados

según se muestra en la listas aprobadas de varillas o según lo indique el Supervisor. La longitud utilizada para calcular los pesos incluirá los traslapes en las listas de doblado de varillas o según sea indicado por el Supervisor. El peso de los anclajes, soportes, espaciadores, así como el refuerzo colocado y los traslapes hechos para la conveniencia del Ejecutor, no serán medidos para el pago. El pago del acero de refuerzo será efectuado según el precio unitario por kilogramo de acero de refuerzo colocado tal como lo indica la propuesta económica, será la compensación total por mano de obra, herramientas, equipos, transporte e imprevistos necesarios para ejecutar el trabajo de acuerdo a lo especificado en los planos, incluyendo provisión de acero, doblado, colocación y todo lo necesario para su correcto uso.

3.3.2.5 Carpintería metálica y pinturas

Los planos del proyecto indican las formas de los diferentes conjuntos considerados en este capítulo, y se deberá satisfacer los siguientes requisitos:

- El acero a utilizarse es de tipo A36.
- Se detallarán los diversos perfiles laminados a considerar, sus dimensiones y/o secciones, detalles de colocación y funcionamiento.
- Todos los elementos deben responder a las exigencias que garanticen una consistencia suficiente y no presenten deformación alguna.

- Igualmente responderán a prescripciones y normas vigentes en el Perú, sin que por ello, el Ejecutor quede excepto de responsabilidad por una mala ejecución.

Las puertas metálicas consideradas bajo estas especificaciones son puertas a base de tubos de acero galvanizado de diámetro según lo indicado en los planos, en los tubos ira soldado un ángulo y que a su vez sostendrá una malla galvanizada con cocada de 50,8 x 50,8 mm y fabricada con alambre N° 8 que también está soldada; el acero usado deberá cumplir con la norma ASTM A615. Los elementos de sostén, así como la unión de los diferentes elementos metálicos, se harán mediante soldadura eléctrica con electrodos E60XX o E70XX.

Para efectos de pago, se considerará, elemento colocado y aprobado por la Supervisión, se pagará por metro cuadrado (m²). Están incluidos entre otros el costo de todos los elementos de seguridad y cierre; así como los anclajes para empotrar y/o soldar.

Las especificaciones de las pinturas están relacionadas con la obra civil de las subestaciones. Las pinturas se aplicarán únicamente sobre superficies perfectamente limpias y preparadas de acuerdo con lo requerido y lo especificado por el fabricante de la pintura. Se protegerá de salpicaduras todos los pisos, techos y otras áreas adyacentes, cubriéndolos con lonas, material plástico o similar. Las eventuales salpicaduras de pintura serán removidas lo antes posible. En general, los trabajos de pintura sobre superficies de concreto o de revoque se efectuarán al final de la obra. No obstante, la Supervisión podrá pedir que se efectúe la pintura de ciertos

ambientes y de superficies parciales antes de iniciar los montajes electromecánicos.

Tendrán en cuenta todas las prescripciones y normas vigentes en el país; además de la presente. Así mismo, deberá tener en cuenta las prescripciones sobre seguridad de los trabajadores. El Ejecutor es el único responsable del control exacto de los materiales suministrados por los fabricantes, así mismo deberá tener en el sitio de la obra suficiente material y mano de obra para cumplir sus obligaciones contractuales y especialmente con el programa de los trabajos a ejecutar. Los materiales deberán ser de primera calidad y deberán indicar el tipo y la procedencia de las pinturas. Las piezas de carpintería de fierro se revisarán para detectar protuberancias, las cuales serán eliminadas mediante esmerilado. Se lijarán cuidadosamente para eliminar la capa de óxido.

La base anticorrosivas será en imprimante cromatizado rojo, que deberá poseer en su formulación una combinación de pigmentos seleccionados para inhibir la oxidación. La capa de acabado será un esmalte fabricado a base de resinas epóxicas, y los colores aprobados por el Supervisor. Se aplicará una mano de anticorrosivo y dos manos de esmalte de acabado. En caso de que se quiera retocar el acabado de estructuras galvanizadas, se usará pinturas anticorrosivas epóxicas a base de zinc, debidamente aprobadas por el Supervisor. El pago se realizará por metro cuadrado

3.3.2.6 Pavimentos

Este acápite considera los trabajos relativos a la ejecución de las vías de circulación interna y externa de la Subestación.

La excavación a nivel de Subrasante, corresponde al corte y extracción en toda el área indicada. El corte se efectuará hasta una cota ligeramente mayor que el nivel de subrasante, de tal manera que al preparar y compactar esta capa, se llegue al nivel de subrasante. Se tendrá cuidado de no dañar ninguna instalación existente. El material proveniente de los cortes deberá ser eliminado o usado como relleno.

Se denomina subrasante al nivel terminado de la estructura del pavimento ubicado inmediatamente debajo de la capa de base. Este nivel es paralelo al nivel de rasante y se logrará conformando el terreno natural mediante cortes y rellenos. Se denomina capa de subrasante a la de 30 cm de espesor que queda bajo el nivel de subrasante y que está constituido por el suelo natural resultante del corte, o por suelos transportados en el caso de rellenos. Estará libre de raíces, desmontes o material suelto de inferior calidad que el suelo natural. Esta capa debidamente preparada formará parte de la estructura del pavimento. Una vez concluidas las obras de movimiento de tierras se procederá a la escarificación mediante motoniveladora, en profundidades de 15 cm. debiéndose eliminar las partículas de tamaño mayor de 7.5 cm. Luego de la escarificación se procederá al riego y batido de la capa de 15 cm. de espesor, con el empleo repetido y alternado de camiones cisternas provistos de dispositivos de riego uniforme y motoniveladoras. La operación será continua hasta

lograr un material homogéneo, de humedad uniforme, lo más cercana a la óptima, definida por el ensayo de compactación Próctor Modificado que se obtenga en el laboratorio para una muestra representativa del suelo de la capa de subrasante. Luego se procederá a la explanación de este material hasta conformar una superficie uniforme que una vez perfilada y compactada alcance el nivel de subrasante. La compactación se efectuará con rodillos cuyas características de peso y operación serán aprobadas por la Supervisor.

En general, para suelos cohesivos se utilizarán rodillos pata de cabra y neumáticos con ruedas oscilantes. Para suelos granulares no cohesivos se utilizarán rodillos de cilindros lisos y vibratorios. La compactación se empezará de los bordes hacia el centro, y se efectuará hasta alcanzar el 90% de la máxima densidad seca del ensayo Próctor Modificado (AASHTO T-180, método D) en suelos cohesivos; y en suelos granulares hasta alcanzar el 90% de la máxima densidad del mismo ensayo. Para el caso de áreas de difícil acceso, se compactará con plancha vibratoria hasta alcanzar los niveles de densidad arriba indicados. Para verificar la compactación se utilizará la norma densidad de campo ASTM 1556. Se tomará una muestra cada 200 m² de pavimento.

Se denomina base a la capa intermedia de la estructura del pavimento ubicada entre la subrasante y la capa de rodadura. Es un elemento que cumple las siguientes funciones:

- Ser resistente y distribuir adecuadamente las presiones solicitantes.

- Servir de dren para eliminar rápidamente el agua proveniente de la capa de rodadura e interrumpir el ascenso capilar del agua proveniente del subsuelo.
- Absorber las deformaciones de la subrasante debido a cambios volumétricos.

Los materiales que se usarán como base serán selectos, con la suficiente cantidad de vacíos para garantizar su resistencia, estabilidad y capacidad de drenaje. Serán suelos granulares del tipo A-1-a ó A-1-b del sistema de clasificación AASHTO, es decir gravas o gravas arenosas, compuestas por partículas duras, durables y de aristas vivas. Podrán provenir de depósitos naturales, del chancado de rocas, o de una combinación de agregado zarandeado y chancado, con un tamaño máximo de 38,1 mm. El material para la capa de base estará libre de materias orgánicas y terrones.

Otras condiciones físicas y mecánicas por satisfacer serán:

- C.B.R. 80% mínimo
- Límite Líquido 25% máximo
- Índice de Plasticidad N_p
- Equivalencia de arena 50 mínimos
- Desgaste de abrasión 50% máximo

El material de base será colocado y extendido sobre la subrasante aprobada, en un espesor adecuado para que una vez compactado alcance el espesor indicado en los planos. El extendido se efectuará con motoniveladora o a mano en sitios de difícil acceso. Una vez que el material ha sido extendido se procederá a su riego y batido utilizando

camiones cisterna y motoniveladoras. La operación será continua hasta lograr una mezcla homogénea de humedad uniforme, lo más cercana posible a la óptima, tal como queda definido por el ensayo de compactación Próctor Modificado obtenido en el laboratorio para una muestra representativa del material de base. Inmediatamente se procederá al extendido y explanación del material, hasta conformar una superficie que una vez compactada alcance el espesor y niveles indicado en los planos.

La compactación se efectuará con rodillos cuyas características sean aprobadas por el Supervisor. Para el caso de áreas de difícil acceso al rodillo, la compactación se efectuará con plancha compactadora hasta alcanzar los niveles de densidad requeridos. Esta capa se compactará hasta alcanzar el 95% de la máxima seca del ensayo Próctor Modificado. Para verificar la compactación se utilizará la norma de densidad de campo ASTM D1556. Este ensayo se realizará cada 200 m² de superficie compactada. El pavimento se medirá por área cubierta. Las partidas de perfilado y compactado de subrasante así como el afirmado se medirán de la misma forma, es decir por área cubierta.

3.4 CALIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

La calificación estará determinado de acuerdo a los siguientes criterios: (Puntaje máximo 100 puntos), los rubros que estarán afectos a esta calificación serán los siguientes:

Rubro N° 1: Calificación Técnica de los Bienes (máximo 45 puntos)

Los postores deberán presentar los Datos Técnicos Garantizados de todos los materiales propuestos que cumplan con lo solicitado en las Especificaciones Técnicas con la información llenada en la columna “Garantizado”, de lo contrario no serán consideradas en la evaluación. Así mismo, el no cumplimiento de las características solicitadas será motivo de descalificación. Se verificará la información llenada contrastándola con la documentación entregada por el postor (catálogos, video del proceso constructivo, pruebas protocolares, método de fabricación, materiales, manuales de uso y mantenimiento y otros) donde se señalan las ventajas de cada equipo propuesto y la tecnología utilizada. La calificación será otorgada según.

Rubro N° 2: Experiencia del Fabricante (máximo 20 puntos)

Se asignará el puntaje en función a las cantidades de ventas acumuladas, la experiencia del fabricante se refiere a ventas de equipos iguales o similares a los solicitados, adjuntando para ello contratos, actas de recepción, liquidación y/o facturas para la suma de las cantidades vendidas en los últimos diez años según se indica en la tabla inferior. El puntaje máximo de Experiencia será asignado a las ventas realizadas por el fabricante (por bien procedente de la misma fábrica que el bien ofertado) que acredite la cantidad solicitada de los equipos iguales vendidos en los últimos 10 años (según tabla abajo indicada), para lo cual debe adjuntar

información que lo acredite: tipo de equipo, nivel de tensión (de ser aplicable), número de equipos, fecha, país del fabricante, nombre del cliente indicando teléfono y fax. Al resto de las propuestas se les asignará puntaje en forma proporcional al número de equipos vendidos. El fabricante deberá acreditar la venta, como mínimo, de las cantidades siguientes:

Cantidades mínimas y máximas por ítem				Puntaje por N° equipos Vendidos (x)
Celdas Metal Clad de 10 kV o superior	Transformadores de medida de 10 kV o superior	Interruptores 10 kV o superior	Seccionadores 10 kV o superior	
200	250	200	100	Cant. Mayor de 75% ($x > 75\%$): 100% puntaje
60	100	100	50	Cant. mayor o igual que 50% pero menor o igual que 75% ($50\% < x \leq 75\%$): 75% puntaje
Descalificado	Descalificado	Descalificado	Descalificado	Cant. menor que 50% ($x < 50\%$): Eliminado

El puntaje para el equipamiento de menor nivel de tensión que el arriba especificado será el obtenido en este rubro. En caso de no acreditar la experiencia en ventas de la cantidad mínima equipos será descalificado. En el caso de presentar facturas donde se consignen diversos tipos de productos vendidos por el postor, resaltar los ítems que se están ofertando, para efectos del cálculo de las cantidades vendidas. En caso se traten de proyectos se asignará el máximo puntaje en caso se refiera a equipamiento completo de dos o más bahías de subestaciones correspondientes a dos o más proyectos.

Rubro N° 03: Plazo de entrega (Máximo 17 puntos)

El postor que oferte el menor plazo de entrega (expresado en días naturales) obtendrá el puntaje máximo, el resto de postores obtendrá el puntaje en forma inversamente proporcional a los plazos ofertados.

Rubro N° 04: Garantía del bien (máximo 18 puntos)

Según propuesta de acuerdo al tiempo de garantía adicional ofertado.

El postor que oferte el mayor período de garantía adicional al solicitado de 12 meses, obtendrá el puntaje máximo, el resto de postores obtendrá el puntaje en forma proporcional al período de garantía adicional ofertado. Para ser evaluado, el plazo mínimo de garantía mínima adicional para que obtenga puntaje deberá ser de 6 meses. El puntaje máximo por ítem se otorgará de la siguiente manera:

Puntaje del Ítem	Total
Calificación técnica de los bienes	45
Experiencia del fabricante	20
Plazo de entrega	18
Garantía del bien	17
Subtotal	100

El puntaje mínimo para acceder a la evaluación económica es de 70 puntos.

Tabla 3.4.2 Evaluación Técnico - Celdas Metal Clad

SOLICITUD N° 13101343					
ITEM 1. Celdas Metal Clad, Interruptores en Vacío 24 kV					
PUNTAJE MÍNIMO REQUERIDO : 70 PUNTOS					
TOTAL GENERAL : 100 PUNTOS					
CALIFICACIÓN : Por ÍTEM					
RUBRO 1 CALIFICACIÓN TÉCNICA DE LOS BIENES (Máximo 45 puntos)					
Cumplan las Especificaciones Técnicas Solicitadas					Max. 45
No cumple con los datos requeridos					Descalificado
POSTORES	AEG	ABB	ALSTOM	SCHNEIDER	SIEMENS
PUNTAJE	45	45	45	45	45
RUBRO 2 EXPERIENCIA DEL POSTOR (Máximo 20 puntos)					
POSTORES	AEG	ABB	ALSTOM	SCHNEIDER	SIEMENS
PUNTAJE	20	20	20	20	20
RUBRO 3 PLAZO DE ENTREGA DE LOS BIENES (Máximo 17 puntos)					
POSTORES	AEG	ABB	ALSTOM	SCHNEIDER	SIEMENS
Periodo de entrega en (días)	180	180	150	180	120
PUNTAJE	11	11	14	11	17
RUBRO 4 GARANTIA DEL BIEN OFERTADO (Máximo 18 puntos)					
POSTORES	AEG	ABB	ALSTOM	SCHNEIDER	SIEMENS
Periodo de garantía Adicional (meses)	12	12	12	12	24
PUNTAJE	9	9	9	9	18
RESUMEN DE CALIFICACION					
POSTORES	AEG	ABB	ALSTOM	SCHNEIDER	SIEMENS
PUNTAJE	85.33	85.33	87.60	85.33	100.00
CALIFICADO POR:					

3.5 REGLAMENTOS Y NORMAS APLICADAS AL PROYECTO

Para la elaboración de diseños y metodología de selección de equipos se considera la utilización de Normas y Reglamentos establecida por la compañía dueña de la instalación. Dentro de las Recomendaciones de la IEC, las siguientes son las más importantes en el área de subestaciones.

- Ley de Concesiones Eléctricas, Decreto Ley N° 25844.
- Reglamento de Fiscalización de las Actividades Energéticas por Terceros. Decreto Supremo N° 029-97-EM.
- Reglamento de Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas, aprobado por Decreto Supremo N° 029-94-EM.
- Reglamento de Seguridad e Higiene Ocupacional del Subsector Electricidad, aprobado por Resolución Ministerial N° 263-2001-EM/VME.
- Reglamento Nacional de Construcciones.
- El Código Nacional de Electricidad, Suministro 2001 aprobado por Resolución Ministerial N° 366-2001-EM/VME.
- Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.
- Ordenanza Municipal N° 295.
- Reglamentaciones Municipales y Estatales para las instalaciones eléctricas y telefónicas
- Normas y/o exigencias de OSINERG.

Para los casos no contemplados en los anteriores documentos se aplicaron las siguientes recomendaciones de las Normas técnicas internacionales como IEC, ANSI, IEEE y ASTM, los cuales se muestran en la relación siguiente:

Diseño y Construcción:

Puesta a Tierra:

Para el estudio y diseño del sistema de puesta a tierra se emplearon las siguientes normas:

- IEEE STD 81-1983 Guide for Measuring Earth Resistivity Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground Systems.
- IEEE_Std_80-2000_Guide for Safety in AC substation grounding.
- ASTM G57-1978 Standard Test Method for Field Measurement of Soil Resistivity Using the Wenner Four-Electrode Method.
- ASTM G57-1978 Medición en Campo de Resistividad de Suelo Empleando el Método Wenner de Cuatro Electrodo.

Transformador de Potencia:

Para el diseño, fabricación y pruebas del transformador de potencia se emplearon las siguientes normas:

- IEC 60044-1 Current transformers.
- IEC 60060 High – voltage test techniques
- IEC 60076 Power transformers
- IEC 60137 Insulating bushing for alternating voltage above 1000 V
- IEC 60214 On load tap changer

- IEC 60296 Specification for unused mineral insulating oils
switchgear
- IEC 60354 Loading guide for oil immersed power transform
- IEC 60422 Supervision and maintenance guide for mine
electrical equipment.
- IEC 60475 Method of sampling liquid dielectrics
- IEC 60542 Application guide for on-load tap changers
- NEMA PUB.TR1 Transformers, Regulators and Reactors
- ASTM Designation D3487 Standard Specification for
Used in Electrical Apparatus
- ASTM A 27 Especificaciones para fundiciones de acer
mediana resistencia
- ASTM A 238 Especificaciones para placas de acero al c
e intermedia de calidad estructural
- ASTM A 36 Especificaciones para el acero estructural
- ASTM A 285 Especificaciones para láminas de tanque

costura y su almacenamiento. Aleación de cobre N° 715

- ASTM B 16.5 Bridas de tubos de acero y accesorios embridados
- ASTM D 1305 Papel y cartón para aislamiento eléctrico

Para las soldaduras de partes sometidas a esfuerzos principales, las calificaciones de los procesos de soldadura, los equipos y los operativos estarán de acuerdo con las normas equivalentes a los requisitos de “ASME Boiler and Pressure Vessel Code” o “AWS Standard Qualification Procedure” u otra norma aprobada por la Supervisión.

Celdas Metal Clad

Para el diseño, fabricación y pruebas de las Celdas Metal Clad se emplearon las siguientes normas:

- IEC 62271-200 AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltajes above 1 kV and up to and including 52 kV
- IEC 60694 Estipulaciones comunes para las normas de aparamenta de alta tensión
- IEC 60298 Aparamenta bajo envolvente metálica para corriente alterna de tensiones asignadas superiores a 1kV e inferiores o iguales a 52 kV.
- IEC 60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)
- IEC 62271-100 High-voltage switchgear and controlgear - Part 100: High-voltage alternating-current circuit-breakers
- IEC 60427 Ensayos sintéticos de interruptores automáticos para corriente alterna de alta tensión
- IEC 60137 Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1000 V

- IEC 62271-102 High-voltage switchgear and controlgear-Part 102; Alternating current disconnectors and earthing switches.
- IEC 60044-1 Transformadores de medida. Parte 1: Transformadores de intensidad Transformador de corriente.
- IEC 60044-2 Transformadores de medida. Parte 2: Transformadores de tensión inductivos.
- IEC 60255 Electrical Relays
- IEC 61000 Electromagnetic compatibility (EMC)
- IEC 60297 Mechanical structures for Electronic equipment
- ENV 50204 Immunity to Radiated Electromagnetic Energy

Cables de Energía, Control y Terminaciones

Para el diseño, fabricación y pruebas de los Cables de energía y terminaciones se emplearon las siguientes normas

- IEC 60502-1 (2004) Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)
- IEC 60502-2 (2009) Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones nominales desde 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) hasta 30 kV ($U_m = 36$ kV). Parte 2: Cables para tensiones nominales de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) hasta 30 kV ($U_m = 36$ kV)
- NTP 370.255-1 (2004) Cables de energía con aislamiento extruido y sus accesorios para tensiones nominales desde 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) hasta 30 kV (U_m

= 36 kV). Parte 1: Cables para tensiones nominales de 1kV ($U_m = 1,2$ kV) y 3 kV ($U_m = 3,6$ kV).

- NTP 370.255-2 (2004) Cables de energía con aislamiento extruído y sus accesorios para tensiones nominales desde 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) hasta 30 kV ($U_m = 36$ kV). Parte 2: Cables para tensiones nominales de 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) hasta 30 kV ($U_m = 36$ kV).
- ASTM B3 - 01(2007) Standard Specification for Soft or Annealed Copper Wire
- ASTM B8 - 04 Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Copper Conductors, Hard, Medium-Hard, or Soft.
- ITINTEC 370.050
- IEEE 48 Standard Test Procedures and Requirements for Alternating-Current Cable Terminations 2.5 kV Through 765 kV
- IEC 60028 (2001) International Standard of Resistance of Copper

Iluminación:

Para el diseño, fabricación y pruebas de los equipos que conforman la parte de alumbrado se emplearon las siguientes normas:

- IEC 60598 Luminaries - Part 1: General requirements and tests
- IEC 60598-2-1 Ed. 1.0 b: 1979 Luminaries. Part 2: Particular requirements. Section One: Fixed general purpose luminaries.
- IEC 60922 Ballast for discharge – General
- IEC 60923 Ballast for discharge lamps – Performance
- IEC 60927 Starting devices

CAPÍTULO IV

COSTO DEL PROYECTO

4.1 COSTO DE MANO DE OBRA

La elaboración de los costos se desarrollo de acuerdo a los planos adjuntos en el informe, donde se muestra la disposición de la subestación antes de su ampliación y la disposición final de esta, así mismo se detallan los planos en Autocad con dimensiones reales y disposición final de la sala de celdas de 22,9 kV, ver plano E-07-2009.

Los costos del desarrollo del proyecto se dividió en dos: Costo de Montaje Electromecánico y Costo de Obra Civil.

Así mismo se presentan los cronogramas de actividades para las obras electromecánicas y obras civiles.

4.1.1 Costo Montaje Electromecánico

Los costos de las actividades electromecánicas se detallan en los cuadros adjuntos.

Cuadro N° 4.1.1 Presupuestos de Ejecución Separada, Etapas y Presupuesto General de Obras de Instalación de la Red de Puesta a Tierra.

Concepto	Etapa A	Etapa B	Etapa C	Etapa D	A+B+C+D
Costo Directo (CCD)	67975.61	58601.33	46649.01	35910.96	209136.90
Gastos Generales	13595.12	11720.27	9329.80	7182.19	41827.38
Utilidades(10% CCD)	6797.56	5860.13	4664.90	3591.10	20913.69
Sub-Total	88368.29	76181.72	60643.71	46684.25	271877.98
IGV (19%)	16789.98	14474.53	11522.30	8870.01	51656.82
Total (Nuevos Soles)	105.158,27	90.656,25	72.166,02	55554.26	323534.79
Funcionamiento	Etapa A + Red Actual	Etapa A + B + Red Actual	Etapa A + B + C + Red Actual	Etapa A + B + C + D + Red Actual	Costo Total Red PAT Nueva

Cuadro N° 4.1.2 Cronograma de Instalación de la Red de PAT.

Labores de Construcción Civil y Montaje Electromecánico	Semanas de Instalación				
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta
A. Labores de Construcción Civil					
A.1. Remoción y Recuperación de la grava	■				
A.2. Demolición de Instalaciones Obsoletas		■			
A.3. Excavación de Zanjas		■			
A.4. Relleno de Zanjas y renivelado			■		
A.5. Vaciado de Losas					■
A.6. Aplicación de la grava					■
A.7. Disposición de recuperos y escombros				■	
B. Labores Construcción Electromecánica					
B.1. Presentación y Corte de Conductores		■			
B.2. Conexiones Exotérmicas de Subida		■			
B.3. Tendido de Conductores en Zanja			■		
B.4. Conexiones Exotérmicas de la Re de PAT			■		
B.5. Orientación de las mechas de salida			■		
B.6. Medidas Verificatorias de la PAT				■	
B.7. Fijación y Conexión de las Subidas				■	
B.8. Cajas de Registro y Conexión Ampliación					■
B.9. Aplicación de Pintura a las bajadas visibles					■

Cuadro N° 4.1.3 Costo de Interconexión de gabinetes de control.

MONTAJE DE LOS GABINETES DE LA SALA DE CONTROL Y LA INTERCONEXION CON EL PATIO DE 60 KV

Item	Partida	Descripción	Metrados		Costos		
			Und.	Cantidad	Unitario	Parcial	Subtotal
001		MONTAJE DE LA SALA DE CONTROL E INTERCONEXION CON					26.808,89
1.1	0001015	MONTAJE DE FALSO PISO	GLB	1,0000	979,94	979,94	
1.10	0001025	COLOCACION DEL MUEBLE PARA MONITOR DEL SISTEMA DE CONTROL	GLB	1,0000	313,99	313,99	
1.2	0001018	FABRICACIÓN DE SOPORTES PARA PANELES	GLB	3,0000	499,90	1.499,70	
1.3	0001018	MONTAJE DE PANELES	UN	3,0000	293,14	879,42	
1.4	0001019	SISTEMA DE PUESTA A TIERRA SUPERFICIAL	GLB	1,0000	1.495,66	1.495,66	
1.5	0001020	TENDIDO DE CABLE DE CONTROL	GLB	1,0000	2.163,23	2.163,23	
1.6	0001021	REVISION Y CONEXIONADO DE PANELES DE SSAA	UN	2,0000	3.816,05	7.632,10	
1.7	0001022	CONEXIONADO DE GABINTE DE CONTROL SICAM	GLB	1,0000	3.362,91	3.352,91	
1.8	0001023	PRUEBAS Y RECEPCION DE GABINETES	UN	3,0000	988,31	2.964,93	
1.9	0001024	TENDIDO DE LA FIBRA OPTICA	GLB	1,0000	5.526,81	5.526,81	

Costo Directo	Si.	26.808,89
Gastos Generales 10.00%	Si.	2.680,89
Utilidades 10.00%	Si.	2.680,89
Sub-Total	Si.	32.170,67

Cuadro N° 4.1.4 Costo de Automatización de la Celda de 22,9 kV

AUTOMATIZACION

Item	Partida	Descripción	Metrados		Costos		
			Und.	Cantidad	Unitario	Parcial	Subtotal
1.0.0		OBRAS PRELIMINARES					1.958,94
1.1.0	0001553	SEÑALIZACION	GLB	1,0000	818,94	818,94	
1.2.0	0001554	AGUA PARA EL PERSONAL	GLB	1,0000	540,00	540,00	
1.3.0	0001055	CASETA DE CONTRATISTA	GLB	1,0000	600,00	600,00	
2.0.0		TRABAJO EN LA SALA DE 22.9 KV					6.406,40
2.1.0	0001555	IMPLEMENTACION DE LA AUTOMATIZACION EN CELDAS 22.9 KV	GLB	1,0000	3.727,78	3.727,78	
2.2.0	0001556	SUMINISTRO Y MONTAJE DE BORNES, RELES Y TENDIDO DE TUBERIA FLEXIBLE	GLB	1,0000	2.678,62	2.678,62	
3.0.0		TRABAJO EN LA SALA DE TRANSFORMADOR DE POTENCIA					3.727,78
3.1.0	0001557	IMPLEMENTACION DE LA AUTOMATIZACION EN EL TRANSFORMADOR	GLB	1,0000	3.727,78	3.727,78	
4.0.0		TRABAJO EN LA ZONA DE 60 KV					3.727,78
4.1.0	0001557	IMPLEMENTACION DE LA AUTOMATIZACION EN EL TRANSFORMADOR	GLB	1,0000	3.727,78	3.727,78	
5.0.0		PRUEBAS Y CONTROL FINALES					2.427,50
5.1.0	0001558	PRUEBAS Y CONTROLES DE MONTAJE	GLB	1,0000	2.427,50	2.427,50	
6.0.0		SUMINISTRO E INSTALACION DE FILTROS					1.204,92
6.1.0	0001559	SUMINISTRO E INSTALACION DE FILTROS EN VENTANAS	GLB	1,0000	1.204,92	1.204,92	
7.0.0		INGENIERO RESIDENTE					5.988,65
7.1.0	0001548	INGENIERO RESIDENTE	UN	1,0000	5.988,65	5.988,65	

Costo Directo	Si.	25.441,97
Gastos Generales 10.00%	Si.	2.544,20
Utilidades 10.00%	Si.	2.544,20
Sub-Total	Si.	30.530,37

Cuadro N° 4.1.5 Costo de Instalación de Celdas Celda Metal Clad de 22,9 kV.

MONTAJE DE CELDAS DE 23 KV

Item	Partida	Descripción	Metrados		Costos		
			Und.	Cantidad	Unitario	Parcial	Subtotal
1.0.0		OBRAS PRELIMINARES					4.943,00
1.1.0	0001378	BAÑO PORTATIL	GLB	1,0000	309,86	309,86	
1.2.0	0001377	TRASALDO DE EQUIPOS Y MATERIALES DESDE LOS ALMACENES A LURIN	GLB	1,0000	4.633,34	4.633,34	
2.0.0		TRABAJOS EN LA SALA DE 22.9 KV					21.760,66
2.1.0	0001378	SUMINISTRO Y MONTAJE DE LOS COMINCO DE ANCLAJE DE LAS CELDAS DE 23 KV	GLB	1,0000	2.229,35	2.229,35	
2.2.0	0001379	MONTAJE DE 4 CELDAS METALCLAD	GLB	1,0000	3.588,15	3.588,15	
2.3.0	0001380	MONTAJE DE LAS CHIMENEAS DE LAS CELDAS	GLB	1,0000	1.870,30	1.870,30	
2.4.0	0001381	SUMINISTRO Y MONTAJE DE LAS CANALETAS DE CABLE DE CONTROL	GLB	1,0000	2.347,07	2.347,07	
2.5.0	0001382	SUMINISTRO Y MONTAJE DE TAPAS PARA DUCTOS DE CABLES DE 22.9 KV EN EL PRIMER PISO	GLB	1,0000	688,58	688,58	
2.6.0	0001383	SUMINISTRO Y MONTAJE DE SOPORTES DE CABLES EN EL SOTANO	GLB	3,0000	1.113,15	3.339,45	
2.7.0	0001384	SUMINISTRO Y MONTAJE DE TAPAS PARA EL DUCTO DE CABLES DE 22.9 KV EN EL SOTANO	GLB	1,0000	5.508,45	5.508,45	
2.8.0	0001385	COLOCACIÓN DE SELLOS DE DUCTOS DE CABLES DE 22.9 KV Y 10 KV	UN	18,0000	9,24	166,32	
2.9.0	0001386	SUMINISTRO Y SOPORTE DE CANALETAS DE CABLES DE ENERGIA DE 22.9 KV	GLB	1,0000	2.023,19	2.023,19	
3.0.0		TRABAJOS EN LA ZONA DEL TRANSFORMADOR					1.488,30
3.1.0	0000862	EJECUCION DE TERMINALES DE 10 KV EN EL LADO DEL TRANSFORMADOR	UN	15,0000	99,22	1.488,30	
4.0.0		MONTAJE DE CABLE DE ENERGIA					5.199,53
4.1.0	0000359	EXCAVACION MANUAL	M3	15,0000	22,51	337,65	
4.2.0	0000881	TENDIDO DE CABLE DE ENERGIA MEDIA TENSION	M	420,0000	5,05	2.121,00	
4.3.0	0000883	COLOCACION DE LADRILLO	UN	225,0000	0,25	56,25	
4.4.0	0000885	COLOCACION DE CINTA SEÑALIZADORA	M	45,0000	0,24	10,80	
4.5.0	0000364	RELLENO CON MATERIAL PROPIO	M3	8,7000	28,02	243,77	
4.6.0	0000358	ACARRIO DE MATERIAL DE EXCAVACION	M3	3,0000	8,70	26,10	
4.7.0	0000886	PRUEBAS DE COMPACTACION	GLB	1,0000	380,00	380,00	
4.8.0	0000513	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	5,0000	19,14	95,70	
4.9.0	0000880	NIVELACION DE FONDO DE ZANJA	M2	10,0000	4,18	41,80	
4.10.0	0000359	SOLADO DE CONCRETO	M3	10,0000	174,91	1.749,10	
4.11.0	0000360	CAMA DE ARENA	M3	4,0000	34,34	137,36	
5.0.0		INSTALACIONES AUXILIARES DE CONTROL					5.458,60
5.1.0	0001389	REVISION Y CONEXIONADO DE BORNES DE LAS CELDAS A LA SALA DE CONTROL Y EL PATIO DE 60 KV	GLB	1,0000	1.816,78	1.816,78	
5.2.0	0001390	REVISION Y CONEXIONADO DE PANELES DE SSSA	GLB	1,0000	2.094,04	2.094,04	
5.3.0	0001391	TENDIDO DE CABLES DE CONTROL CELDAS 22.9 KV	GLB	1,0000	1.547,78	1.547,78	
6.0.0		INSTALACIONES GENERALES					5.158,44
6.1.0	0001392	RED Y CONEXION DE PUESTA A TIERRA	GLB	1,0000	2.984,86	2.984,86	
6.2.0	0001393	SEÑALIZACIÓN EN GENERAL	GLB	1,0000	2.173,58	2.173,58	
7.0.0		TRABAJOS DE PINTURA EN GENERAL					3.421,26
7.1.0	0001394	SOPORTE DE EQUIPOS DE AT	GLB	1,0000	2.550,92	2.550,92	
7.2.0	0001395	PIEZAS Y ELEMENTOS DE CU	GLB	1,0000	437,84	437,84	
7.3.0	0001396	VARIOS	GLB	1,0000	432,50	432,50	
8.0.0		PRUEBAS Y CONTROLES FINALES					880,37
8.1.0	0001397	PRUEBAS Y CONTROLES FINALES	GLB	1,0000	880,37	880,37	
9.0.0		PLANOS					493,62
9.1.0	0001398	PLANOS REPLANTEADOS	GLB	0,5000	987,24	493,62	
10.0.0		FILTROS					1.311,28
10.1.0	0001399	SUMINISTRO E INSTALACION DE FILTROS	GLB	1,0000	1.311,28	1.311,28	

Costo Directo	SI.	50.115,26
Gastos Generales 10.00%	SI.	5.011,53
Utilidades 10.00%	SI.	5.011,53
Sub-Total	SI.	60.138,32

Cuadro N° 4.1.6 Costo de Instalación de Celdas de 10 kV

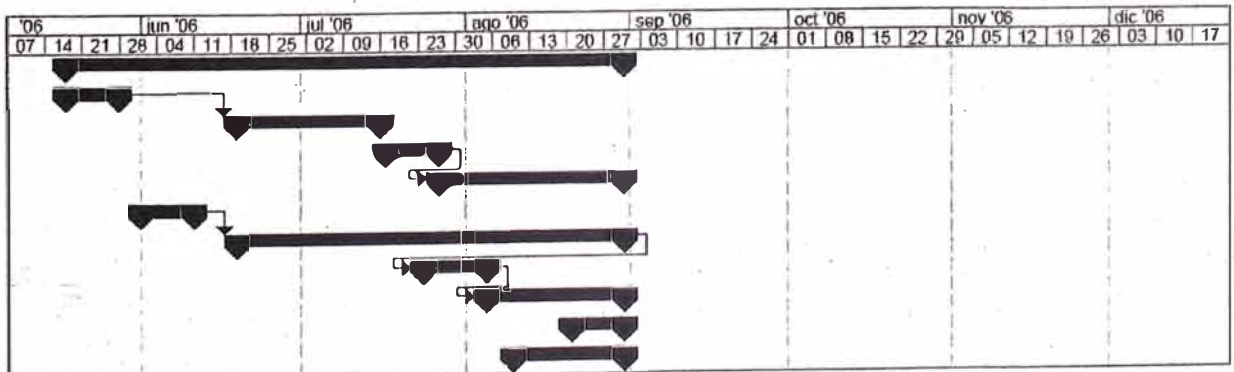
CELDA EN 10 kV

Item	Partida	Descripción	Metrados		Costos		
			Unid.	Cantidad	Unitario	Parcial	Subtotal
1.0.0		OBRAS PRELIMINARES					200,00
1.1.0	0000913	AGUA PARA LA CONSTRUCCIÓN	GLB	1,0000	200,00	200,00	
2.0.0		ADECUACIONES EN LAS CELDAS DE 10 KV					3.834,71
2.1.0	0001535	FABRICACION, SUMINISTRO Y MONTAJE DE SOPORTES DE CABLES	GLB	1,0000	481,88	481,88	
2.2.0	0001536	FABRICACION, SUMINISTRO Y MONTAJE DE SOPORTES DE BARRAS	GLB	1,0000	698,76	698,76	
2.3.0	0001537	FABRICACION Y MONTAJE DE BARRAS	GLB	1,0000	418,35	418,35	
2.4.0	0001538	INGRESO CABLE DE ENERGIA	GLB	1,0000	307,10	307,10	
2.5.0	0001539	TENDIDO DE CABLE DE CONTROL	GLB	1,0000	665,32	665,32	
2.6.0	0001540	CONEXIONADO DE CABLE DE CONTROL	GLB	1,0000	1.263,30	1.263,30	
3.0.0		OBRAS CIVILES					1.963,59
3.1.0	0001544	COLOCACION DE PIEDRA CHANCADA	M3	37,0000	53,07	1.963,59	
4.0.0		INSTALACIONES EN GENERAL					1.328,38
4.1.0	0001545	RED Y CONEXIONES DE PUESTA A TIERRA	GLB	1,0000	616,08	616,08	
4.2.0	0001546	SEÑALIZACION GENERAL	GLB	1,0000	712,30	712,30	
5.0.0		TRABAJO VARIOS					8.829,08
5.1.0	0001547	VARIOS	GLB	1,0000	983,16	983,16	
5.2.0	0001548	INGENIERO RESIDENTE	UN	0,5000	5.988,65	2.994,33	
5.3.0	0001549	TRABAJO SABADO Y DOMINGO	GLB	1,5000	2.782,83	4.174,25	
5.4.0	0001550	SUMINISTRO Y SOPORTES ADICIONALES DE CANALETAS PARA CABLE DE ENER	GLB	1,0000	677,34	677,34	
6.0.0		PRUEBAS Y CONTROLES FINALES DE MONTAJE					2.016,19
6.1.0	0001551	PRUEBAS DE PUESTA EN SERVICIO	GLB	1,0000	1.305,83	1.305,83	
6.2.0	0001552	PLANOS REPLANTEADOS	GLB	1,0000	710,36	710,36	

Costo Directo	S/.	18.171,95
Gastos Generales 10.00%	S/.	1.817,20
Utilidades 10.00%	S/.	1.817,20
Sub-Total	S/.	21.806,35

Cuadro N° 4.1.7 Cronograma de Actividades y Diagrama de Gantt

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	MONTAJE ELECTROMECHANICO DE LA SET LURIN	88 días	jue 18/08/06	mié 30/08/06
2	PLANEAMIENTO DE MONTAJE ELECTROMECHANICO (ELECTRICO DE 60 KV)	9 días	jue 18/08/06	sáb 27/08/06
12	MONTAJE ELECTROMECHANICO DE LA SET LURIN (ELECTRICO DE 60 KV Y CELDA DE 10 KV)	24 días	lun 18/08/06	sáb 15/07/06
37	PLANEAMIENTO DE MONTAJE ELECTROMECHANICO (MECANICO ELECTRICO DE 23 KV)	9 días	lun 17/07/06	mié 26/07/06
47	MONTAJE ELECTROMECHANICO DE LA SET LURIN (MECANICO ELECTRICO DE 23 KV)	28 días	jue 27/07/06	mié 30/08/06
91	PLANEAMIENTO DE MONTAJE ELECTROMECHANICO (AUTOMATIZACIÓN)	9 días	jue 01/08/06	sáb 10/08/06
101	MONTAJE ELECTROMECHANICO DE LA SET LURIN (AUTOMATIZACIÓN)	61 días	lun 18/08/06	mié 30/08/06
109	PLANEAMIENTO DE MONTAJE ELECTROMECHANICO (MOVIMIENTO DE LINEAS)	9 días	lun 24/07/06	vie 04/08/06
119	MONTAJE ELECTROMECHANICO DE LA SET LURIN (MOVIMIENTO DE LINEAS)	22 días	sáb 05/08/06	mié 30/08/06
123	CELDA DE 10 KV	9 días	lun 21/08/06	mié 30/08/06
127	PUESTA EN SERVICIO	18 días	jue 10/08/06	mié 30/08/06



4.1.2 Mano de Obra Civil

Los costos de las actividades de obras civiles se detallan en el cuadro 4.1.8 adjunto:

Cuadro N° 4.1.8 Costo de Actividades Obras Civiles Celda Construcción de Edificio Nuevo

OBRA: EDIFICIOS PARA CELDAS DE 10 Y 22,9 KV
 PROP.: LUZ DEL SUR S.A.A.
 CONTR.:
 UBIC.: SET LURIN

Medrado Base

Item	Descripción	Medidas		Costos en Nuevos Soles		
		Und.	Cant.	Unitario	Parcial	Subtotal
A.- OBRAS PRELIMINARES						
1,07	Traslado de equipos y herramientas					
	Durante ejecución de obra	gtb	1,00	6.332,35	6.332,35	
1,02	Traslado de personal					
	a) Durante ejecución de obra (base (GT) - Lurin - base (GT))	semana	6,00	360,00	2.160,00	
	b) Durante ejecución de obra (hospedaje - Obra - hospedaje)	día	30,00	65,00	1.950,00	
1,03	Provisión de agua para la construcción.	gtb	1,00	1.000,00	1.000,00	
1,04	Electricidad para la obra.	gtb	1,00	800,00	800,00	
1,05	Trazo y replanteo durante la obra	gtb	1,00	1.046,59	1.046,59	
1,06	Oficina de ingenieros.	m2	20,00	30,00	600,00	
1,07	Equipo para oficina	gtb	1,00	600,00	600,00	
1,08	Almacen de materiales.	m2	20,00	20,00	400,00	
1,09	Servicios higiénicos para la obra.	mes	1,00	1.095,00	1.095,00	
1,10	Comunicaciones y movilidad para personal tecnico	gtb	1,00	5.900,00	5.900,00	
1,11	Señalización y elementos de seguridad.	gtb	1,00	1.326,36	1.326,36	
1,12	Equipos de seguridad para trabajos en altura	gtb	1,00	2.670,00	2.670,00	
1,13	Charla de inducción	gtb	1,00	1.285,44	1.285,44	
1,14	Agua para el personal	gtb	1,00	1.398,00	1.398,00	
1,15	Hospedaje y alimentación	mes	1,00	15.000,00	15.000,00	43.563,74
B.- CONSTRUCCION DE EDIFICIO						
1,00 MOVIMIENTO DE TIERRAS						
1,02	Excavación manual	m3	20,00	34,28	685,60	
1,03	Relleno con material propio (incluye clasificación)	m3	50,00	37,36	1.867,88	
1,07	Eliminación del desmonte con 30% de esponjamiento	m3	50,00	19,14	958,88	3.512,36
3,00 CONCRETO ARMADO						
3,01	Sobrecimentado					
	a) Concreto f'c=210 kg/cm2, con acelerante	m3	2,25	335,03	753,81	
	b) Encostrado	m2	18,00	29,32	527,88	
3,02	Columnas					
	a) Concreto f'c=210 kg/cm2, con acelerante	m3	15,00	357,92	5.368,73	
	b) Encostrado y desencofrado	m2	195,00	35,21	6.867,07	
	c) Fierro f'y=4.200 kg/cm2	kg	500,00	3,86	1.928,28	
3,03	Vigas					
	a) Concreto f'c=210 kg/cm2 promezclado, con acelerante a 24 horas	m3	13,00	391,26	5.086,41	
	b) Encostrado y desencofrado	m2	108,10	40,01	4.324,75	
	c) Fierro f'y=4.200 kg/cm2	Kg	1.164,00	3,86	4.491,35	
3,04	Losa Aligerada (h = 0,2m)					
	a) Concreto f'c=210 kg/cm2 promezclado, con acelerante a 24 horas	m3	6,30	391,26	2.464,95	
	b) Encostrado y desencofrado	m2	71,00	34,97	2.482,58	
	c) Fierro f'y=4.200 kg/cm2	Kg	300,00	3,86	1.157,57	
	d) Ladrillo 15x30x30	Und.	592,00	1,62	958,47	
3,09	Deckes de lazo en alce					
	a) Concreto f'c = 210 Kg/cm2	m3	0,50	357,92	178,98	
	b) Encostrado	m2	4,00	35,21	140,83	
	c) Fierro f'y=4.200 kg/cm2	Kg	100,00	3,86	386,88	34.424,72
4,00 Mampostería						
4,01	Muro de ladrillo k.k. cabeza, aserrado con mezcla 1:5	m2	100,00	66,81	6.680,57	6.680,57
5,00 Revoques						
5,01	En muro interior	m2	205,00	34,45	7.062,10	
5,02	En muro exterior	m2	116,65	34,45	4.018,57	
5,03	Enlucido de cielo raso	m2	136,00	34,45	4.685,10	
5,04	En columnas	m2	40,00	38,33	1.533,17	
5,05	En vigas	m2	48,00	38,33	1.839,74	
5,06	Fondo de escalera	m2	6,00	34,45	207,37	79.384,83

6,00	Contrazocalo						
6,01	Contrazocalo (cemento pulido 1:5) h = 0.15m	ml	60,00	6,05	363,17		
6,02	Contrazocalo (cemento pulido 1:5) h = 0.30m	ml	40,00	7,83	313,11		
6,03	Contrazocalo (loseta veneciana 40x40) h = 0,1m	ml	35,00		0,00	676,28	
7,00	Pisos						
7,01	Falso piso concreto con mezcla c:h 1:6 de 6"	m2	75,00	45,60	3.420,09		
7,02	Contrapiso de 4cm mezcla 1:5	m2	75,00	24,32	1.824,03		
7,03	Acabado pulido 1:2 e = 1cm	m2	75,00	9,63	722,14		
7,04	Piso (loseta veneciana 30x30)	m2	66,00	71,06	4.689,81		
7,05	Vereda exterior espesor 15 cms acabado protachado fino concreto f'c = 175 kg/cm2	m2	24,00	59,95	1.438,69		12.094,76
8,00	Coberturas						
8,01	Impermeabilización del techo	m2	70,00	16,31	1.141,70		
8,02	Cobertura de ladrillo pastifero asentado con mezcla 1:5	m2	70,00	23,82	1.667,37		2.809,07
9,00	Pintura						
9,01	Pintura Supermate vencedor 2 manos, previo lijado y empujado						
	a) En muros interiores	m2	225,00	13,33	2.999,14		
	b) En muros exteriores	m2	190,00	13,33	2.532,61		
	c) En cielo rasos	m2	145,00	13,33	1.932,78		
10,00	Carpintería						
10,01	Puertas metálicas ejecutadas con planchas dobladas de 2 mm. marco de 4" x 2" con plancha de 3/32", Hojas de 43 mm de espesor incluye base y acabado con pintura epóxica						
	a) De 2.00 x 2.70	Und.	1,00	6.250,00	6.250,00		
	b) De 1.00 x 2.70	Und.	1,00	3.960,00	3.960,00		
10.01.01	Barra antipánico para pta de 2.00x2.70	gib	1,00	1.005,00	1.005,00		
10.01.02	Barra antipánico para pta de 2.00x2.70	gib	1,00	2.065,00	2.065,00		
10,02	Ventanas ejecutadas con ángulos de 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 y tee de 1 1/2 x 1/2 x 3/16 ancladas al muro, incluye vidrio doble transparente						
	a) De 2,30 x 0,60	Und.	1,00	1.450,00	1.450,00		
	b) De 1.30 x 0.60	Und.	1,00	1.100,00	1.100,00		
	c) De 0.60 x 0.60	Und.	2,00	700,00	1.400,00		
10,03	Ventanas ejecutadas con ángulos de 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 y tee de 1 1/2 x 1/2 x 3/16 incluye malla electrosoldada ejecutada con alambre # 12 y cocada de 1/2", adicionalmente llevará vidrio doble transparente fijado con silicona						
	a) De 0,60 x 0,60	Und.	1,00	830,00	830,00		
10,04	Perfil angular de 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 y platina de 1/2 x 3/16 anclada en borde de canal incluye pintura epóxica similar a el resto de la carpintería metálica	ml	14,00		0,00		
10,05	Rejillas en sumideros en sótano, ejecutadas con platina de 3/4 x 1/8						
	a) de 0,30 x 1,50	Und.	1,00		0,00		
	b) de 0,30 x 0,55	Und.	2,00		0,00		
10,06	Escalera de escape, ejecutada con tubo de 1 1/2", electrosoldada, anclada a la estructura acabado con pintura epóxica similar al resto de la carpintería metálica	Und.	1,00	1.100,00	1.100,00		
10,07	Soportes para tapas de canales en sótano ejecutados con tubo cuadrado de 2" pesado y Tee de 3 x 3 x 1/4 y platina de 1/2 x 1/8 acaba- do con pintura epóxica	Und.	16,00		0,00		
10,08	Baranda metálica ejecutada con tubos de 1 1/2" electrosoldada, en escalera de escape y escalera de concreto, acabada con pintura epóxica similar al resto de la carpintería	gib	1,00	2.400,00	2.400,00	21.580,00	
12,00	Instalaciones sanitarias.						
12,01	Red de desagüe para drenaje del sótano						
	a) salida PVC SAL 2"	Pto.	3,00	47,69	143,06		
	d) tubería de desagüe de PVC SAL 2"	Mt.	13,00	13,51	175,60		
12,02	Sumideros 3"	Und.	3,00	27,73	83,20		
12,03	Zona de drenaje adjunta al edificio, de 2.00 x 0.60 con piedra partida de 1/2"	gib	1,00	60,83	60,83	-462,69	

13,00	Instalaciones eléctricas.				
13,01	Salida de techo				
	a) Salida con tubería PVC-SAP de 15mmØ, Conductor TW 2.5mm², caja octogonal pesada.	Pto.	19,00	61,70	1.172,30
13,02	Salida de pared				
	a) Salida con tubería PVC-SAP de 15 mmØ, conductor TW 2.5mm², caja octogonal pesada.	Pto.	7,00	66,50	465,50
13,03	Salida para luz				
	a) Salida para interruptor, con tubería PVC-SAP de 15 mmØ, conductor TW 2.5 mm², caja rectangular pesada, interruptor bipolar de un golpe	Pto.	1,00	56,00	56,00
	b) Salida para interruptor, con tubería PVC-SAP de 20 mmØ, con conductor TW-2.5 mm², ca- ja rectangular pesada, interruptor bipolar de dos golpes	Pto.	1,00	56,00	56,00
	c) Salida para conmutación, con tubería PVC- SAP de 20 mmØ, conductor TW 2.5mm², caja rectangular pesada e interruptor de con- mutación de un golpe.	Pto.	2,00	56,00	116,00
13,04	Salida para tomacorriente				
	a) Salida bipolar doble, tubería PVC-SAP de 25mmØ, conductor TW 4 mm², caja rectan- gular pesada, tomacorriente bipolar doble con toma a tierra.	Pto.	9,00	88,44	795,93
	b) Salida trifásica con tubería PVC-SAP de 25 mmØ, 20 m. De conductor 3x10 mm², con línea tierra de 6mm², caja cuadrada pe- sada, tomacorriente trifásico con toma a tierra.	Pto.	2,00	8,30	16,60
13,05	Salida de fuerza				
	a) Salida para fuerza, incluye caja cuadrada pe- sada, interruptor bipolar con fusible de 2 x 20 Amperios.	Pto.	6,00	275,00	1.650,00
13,06	Alimentadores				
	a) Alimentador a equipos de ventilación incluye 20 m tubería PVC-SAP de 20 mØ, con conductor 2-1X4 TW mm. + 4 mm²	Cpto.	6,00	72,00	432,00
	b) Alimentador a tablero TN, incluye 12 m. De tubería PVC-SAP 50 mm. con conductor NYY 3-1 x 35 mm²	Cpto.	1,00	85,00	85,00
	c) Alimentador a tablero TC, incluye 12 m. De tubería PVC-SAP 25 mmØ, con conductor 2-1 x 6 mm² NYY	Cpto.	1,00	65,00	65,00
13,07	Artículos de alumbrado				
	a) Luminaria para empotrar tipo TBS160 Philips para 2 lámparas fluorescentes TLD de 36 w o similar	Und.	35,00	180,00	6.300,00
	b) Luminaria para adosar tipo TBS160 Philips para 2 lámparas fluorescentes TLD de 36 w o similar	Und.	20,00	175,00	3.500,00
	c) Artículo tipo braquete exterior Ahorrador/VMA-MBM de mecil o similar con lámp. ahorradoras de 18 w	Und.	7,00	45,00	315,00
	d) Artículo tipo Fanal policarbonato redondo E-27 con lámpara incandescente de 50 W (Para luz de emergencia)	Und.	8,00		0,00
13,08	Alimentadores (Cables)				
	a) Alimentador para tablero TN Cable NYY, 3-1 x 35 mm².	ml	65,00	12,75	828,75
	b) Alimentador para tablero TC Cable NYY, 2-1 x 6 mm².	ml	65,00	3,75	243,75
13,09	Zanja				
	a) Apertura y cierre de zanja de 0.5 x 1.00 m. de profundidad, incluye 2 m. De cinta señalizadora.	ml	60,00	3,75	225,00

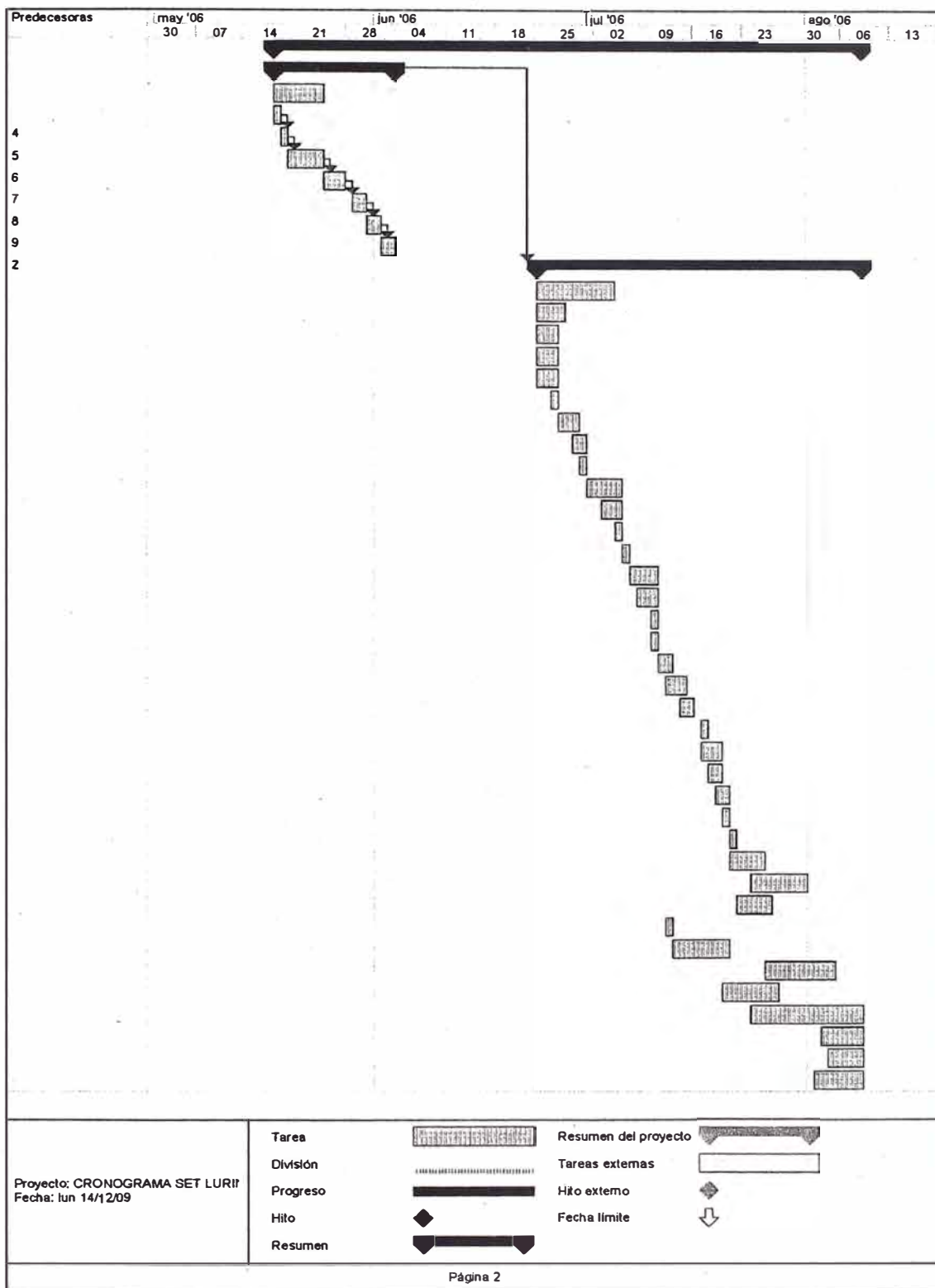
Cuadro N° 4.1.9 Cronograma de Actividades detalladas Obras Civiles

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1	MONTAJE ELECTROMECANICO DE LA SET LURIN	69 días	jue 18/05/06	mar 08/08/06
2	PLANEAMIENTO DE OBRAS CIVILES PRIMERA ETAPA	15 días	jue 18/05/06	sáb 03/06/06
3	RECEPCION Y REVISION DEL PROYECTO	6 días	jue 18/05/06	mié 24/05/06
4	ENTREGA DEL EXPEDIENTE AL CONTRATISTA	1 día	jue 18/05/06	jue 18/05/06
5	VISITA AL TERRENO CON EL CONTRATISTA	1 día	vie 19/05/06	vie 19/05/06
6	RECEPCION DE OBSERVACIONES DEL CONTRATISTA	4 días	sáb 20/05/06	mié 24/05/06
7	RESPUESTA A LAS OBSERVACIONES DEL CONTRATISTA	3 días	jue 25/05/06	sáb 27/05/06
8	RECEPCION DEL PRESUPUESTO Y EXPEDIENTE DE INICIO DE OBRA DEL CONTR	2 días	lun 29/05/06	mar 30/05/06
9	APROBACION DEL PRESUPUESTO Y EXPEDIENTE DEL CONTRATISTA	2 días	mié 31/05/06	jue 01/06/06
10	INGRESO DEL PRESUPUESTO AL SPO	2 días	vie 02/06/06	sáb 03/06/06
11	EJECUCION DE OBRAS CIVILES PRIMERA ETAPA	37 días	sáb 24/06/06	mar 08/08/06
12	Movilización de equipos y herramientas	9 días	sáb 24/06/06	mar 04/07/06
13	Trazo y replanteo	3 días	sáb 24/06/06	mar 27/06/06
14	Excavación masiva con equipo	2 días	sáb 24/06/06	lun 28/06/06
15	Eliminación de material excedente	2 días	sáb 24/06/06	lun 28/06/06
16	Malla de tierra	2 días	sáb 24/06/06	lun 28/06/06
17	Solado e=5 cm.	1 día	lun 28/06/06	lun 28/06/06
18	Instalación de acero en Platea de cimentación	3 días	mar 27/06/06	jue 29/06/06
19	Encofrado	2 días	jue 29/06/06	vie 30/06/06
20	Concreto fc=210 kg/cm2 en platea de cimentación	1 día	vie 30/06/06	vie 30/06/06
21	Instalación de acero en muros y columnas en sotano	4 días	sáb 01/07/06	mié 05/07/06
22	Encofrado de muros y columnas en sotano	3 días	lun 03/07/06	mié 05/07/06
23	Concreto fc=210 kg/cm2 en muros y columnas	1 día	mié 05/07/06	mié 05/07/06
24	Desencofrado de muros y columnas en sotano	1 día	jue 06/07/06	jue 06/07/06
25	Encofrado de losa maciza	3 días	vie 07/07/06	lun 10/07/06
26	Acero en losa maciza	2 días	sáb 08/07/06	lun 10/07/06
27	Instalación Eléctricas	1 día	lun 10/07/06	lun 10/07/06
28	Concreto fc=210 kg/cm2 en losa maciza con acel. A 24 hras	1 día	lun 10/07/06	lun 10/07/06
29	Acero en columnas y placas	2 días	mar 11/07/06	mié 12/07/06
30	Muros de ladrillo cabeza	3 días	mié 12/07/06	vie 14/07/06
31	Encofrado de columnas y placas 1er piso	2 días	vie 14/07/06	sáb 15/07/06
32	Concreto fc=210 kg/cm2 en columnas y placas	1 día	lun 17/07/06	lun 17/07/06
33	Encofrado de techo, vigas y escalera	3 días	lun 17/07/06	mié 19/07/06
34	Acero en vigas y techo	2 días	mar 18/07/06	mié 19/07/06
35	Instalación Eléctricas	2 días	mié 19/07/06	jue 20/07/06
36	Concreto fc=210 kg/cm2 en losa aligerada, escalera y vigas con acelerante a	1 día	jue 20/07/06	jue 20/07/06
37	Desencofrado de losa aligerada	1 día	vie 21/07/06	vie 21/07/06
38	Tarrajeo de muros exteriores	4 días	vie 21/07/06	mar 25/07/06
39	Impermeabilización y Cobertura con ladrillo pastelero	5 días	lun 24/07/06	lun 31/07/06
40	Tarrajeo de cieloraso y muros interiores 1er piso	4 días	sáb 22/07/06	mié 28/07/06
41	Desencofrado de losa maciza en sotano	1 día	mié 12/07/06	mié 12/07/06
42	Tarrajeo de cieloraso, muros y columnas interiores en sotano	7 días	jue 13/07/06	jue 20/07/06
43	Piso de loseta y contrazocalos 1er piso	7 días	mié 28/07/06	vie 04/08/06
44	Piso de cemento pulido y canaletas en sotano	7 días	jue 20/07/06	jue 27/07/06
45	Secado de tarrajes para pintura	12 días	lun 24/07/06	mar 08/08/06
46	Pintura latex en interior y exterior (sotano y 1er piso)	5 días	jue 03/08/06	mar 08/08/06
47	Instalación carpintería metálica y ventanas	4 días	vie 04/08/06	mar 08/08/06
48	Cableado e Instalación de artefactos de alumbrado	6 días	mié 02/08/06	mar 08/08/06

Proyecto: CRONOGRAMA SET LURIN Fecha: lun 14/12/09	Tarea		Resumen del proyecto	
	División		Tareas externas	
	Progreso		Hito externo	
	Hito		Fecha límite	
	Resumen			

Página 1

Cuadro N° 4.1.10 Cronograma de Actividades Obras Civiles – Diagrama de Gantt



4.2 COSTO DE EQUIPOS Y MATERIALES

Los costos de los equipos y materiales que forman parte de la subestación a la actualidad se muestra en el cuadro N° 4.1.11.

Cuadro N° 4.1.11 Costos de Equipos y Materiales

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (US\$)
1.0	Transformador de Potencia de 60/22,9/10 kV - 25/25/25 MVA, marca SIEMENS (incluye la supervisión del montaje)	global		356.182,00
2.0	Celda Tipo Metal Clad aislado en aire marca SIEMENS modelo 8BK20 apto para instalación interior, 24 kV, 60 Hz con interruptor en vacío de acuerdo a las Especificaciones Técnicas Particular N° 1.B	global		157.386,00
3.0	Sistema de Control para la SET Lurín, Reles de protección marca SIEMENS, Elaboración de la ingeniería de detalle y suministro de tableros de control de bahía 60 kV.	global		201.259,00
4.0	Tableros de Servicios Auxiliares 220Vac y 125 Vcc - Marca Manufacturas Electricas	global		25.050,00
5.0	Baterías y Rectificador 125 Vcc	global		26.210,32
6.0	Equipos para Celda 10 kV	global		13.810,00
7.0	Cables de Control	global		65.208,60
8.0	Cables de Energía	global		42.262,00
9.0	Terminales Indoor / Outdoor	global		12.217,02
10.0	Barras de Cobre	global		7.618,80

TOTAL (US\$) 907.203,74

4.3 COSTO TOTAL

Con los costos mostrados llegamos a la conclusión que el costo de inversión del proyecto asciende a US\$ 1.342,740.50. Debemos considerar que en este Proyecto no se esta considerando el costo del Patio de 60 kV, donde se instalaron equipos híbridos del Tipo PASSMOO de la marca ABB.

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO TOTAL (US\$)
1.0	Obras Electromecánicas	global		156.925,29
2.0	Obras Civiles	global		106.242,77
3.0	Equipos y Materiales	global		1.079.572,45

TOTAL (US\$) 1.342.740,50

CONCLUSIONES

1. Los avances tecnológicos nos permiten reducir espacios físicos con la fabricación de celdas metal clad en comparación con celdas convencionales.
2. Nos brinda confiabilidad, rapidez y seguridad ante una falla ocasionada en el sistema.
3. Por ser celdas con compartimientos individuales de protección mecánica, es que brinda seguridad a los operadores ante un defecto producido por un arco voltaico ocasionado por una falla.
4. Reducción de costos en obras civiles al reducir espacios.
5. Las especificaciones de fabricación y cálculos realizados están basados en Normas de nuestro país como son el CNE, NTCSE, NTP y las recomendaciones internacionales como la IEC, IEEE, ASTM, VDE, etc., esto debido a que la empresa Luz del Sur se encuentra certificado con la ISO 14001:2004: Sistema de Gestión Ambiental.

RECOMENDACIONES

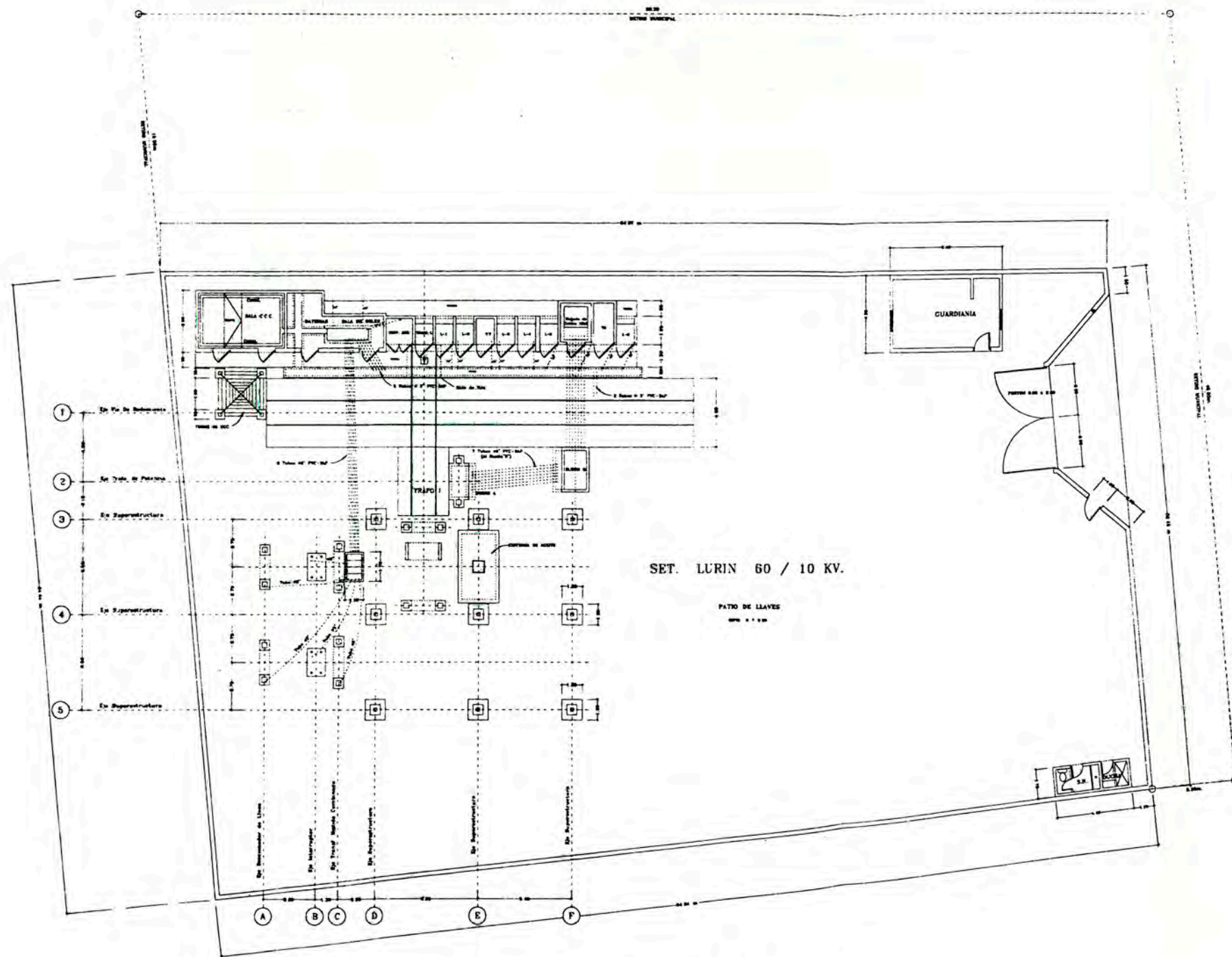
1. Seguir los procedimientos descritos en el manual de operación del fabricante de las Celdas Metal Clad con la finalidad de prevenir accidentes por mala operación.
2. Implementar la nueva Sala de Servicios Auxiliares del nuevo edificio.
3. Modernizar las celdas convencionales existentes en 10 kV, por celdas Metal Clad.
4. Realizar procedimientos para la ejecución de pruebas de las Celdas Metal Clad, de acuerdo al manual de mantenimiento del fabricante.

BIBLIOGRAFIA

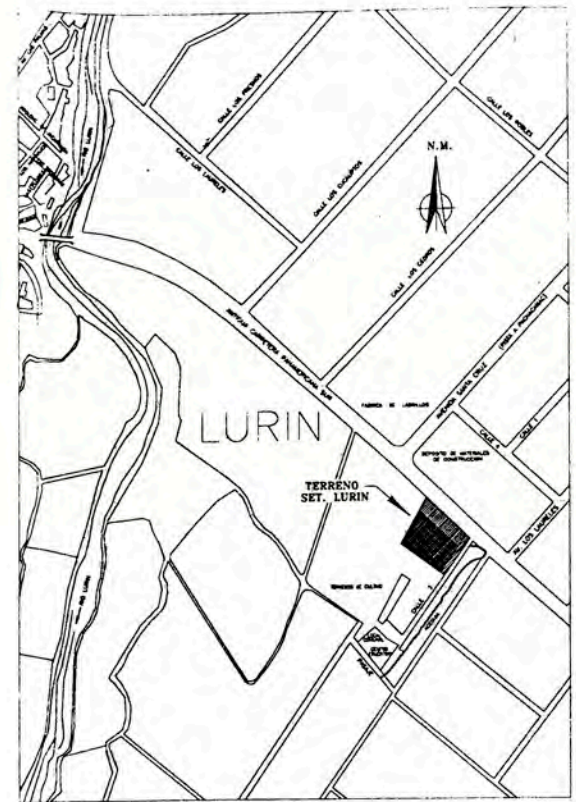
- | | |
|--------------------------|--|
| Jorge Linares Olgúin | Diseño de Subestaciones Eléctricas de Alta Tensión |
| 1984 Primera Edición | Asociación Electrotécnica Peruana |
| Carlos f. Ramírez | Subestaciones de Alta y Extra Alta Tensión |
| 2003 Segunda Edición | Mejía Villegas S.A. |
| IEEE Std 80-2000 | Guide for Safety in AC Substation Grounding |
| Approved 30 January 2000 | IEEE Power Engineering Society |
| Justo Yanque M | Diseño de la Ampliación de la Red de Puesta a Tierra |
| 2005 Informe Final | de la Subestación Lurin 60/22,9/10 kV |
| INDALUX 2002 | Lighting Handbook INDAL Guide English. |
| Lighting Engineering | Chapter 10 – Indoor and Industrial Lighting |

PLANOS

- E-01-2009 Disposición de Planta
- E-02-2009 Recorrido de cables de energía
- E-03-2009 Edificio nuevo vista de Planta
- E-04-2009 Diagrama Unifilar antes del proyecto
- E-05-2009 Diagrama Unifilar actual
- E-06-2009 Disposición de nueva celda de 10 kV
- E-07-2009 Planos de Arquitectura y Obras Civiles
- E-08-2009 Planos de Obras Civiles Montaje Final
- E-09-2009 Plano Disposición de Planta Final



DISPOSICION DE PLANTA GENERAL



PLANO DE LOCALIZACION

CUADRO DE AREAS

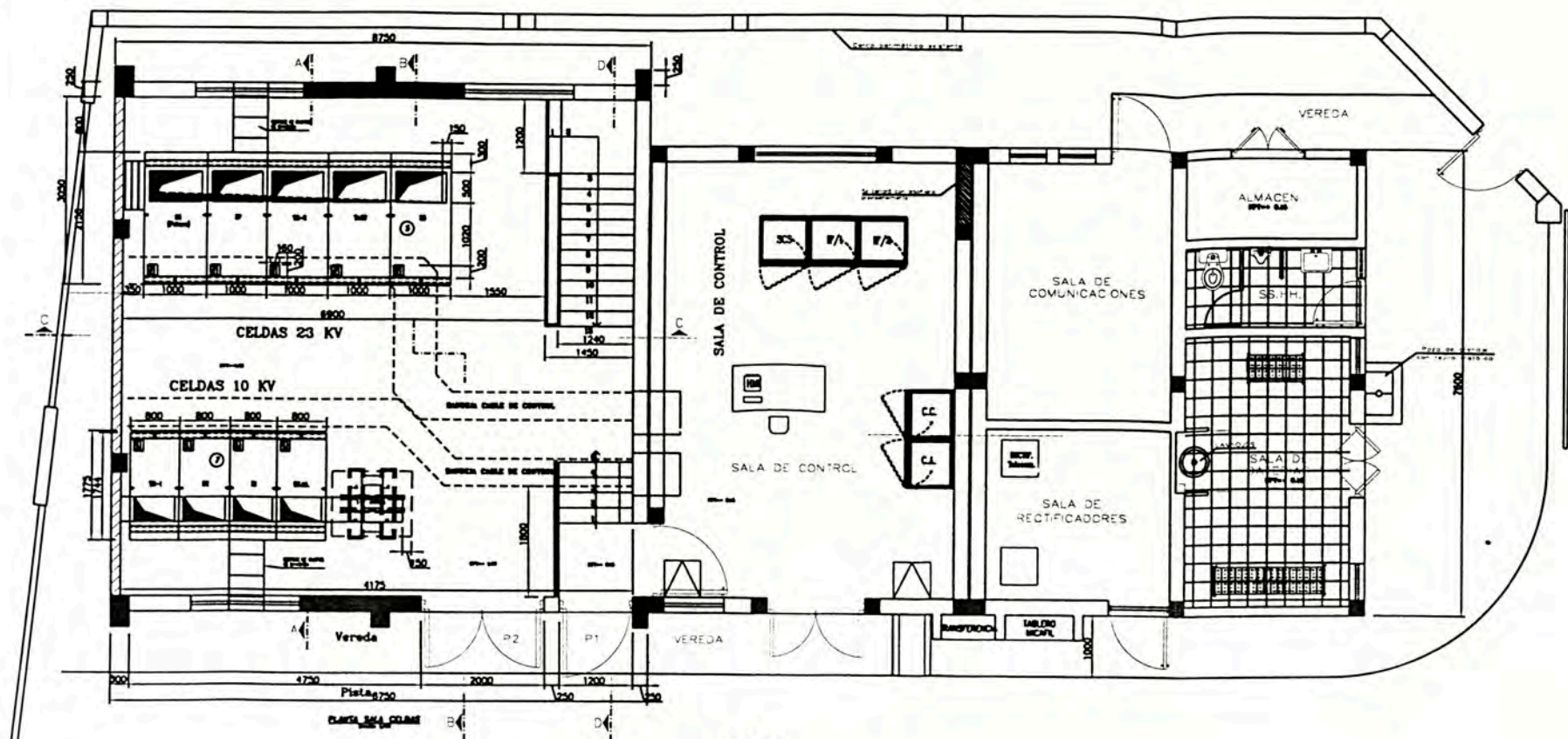
AREA TOTAL DEL TERRENO	2862.14 m ²
AREA TOTAL EXTERIOR	1050.33 m ²
AREA TOTAL SET	1811.81 m ²
AREA TECHADA: -SERV. AUXILIARES	67.32 m ²
-SERV. HIGIENICOS	7.48 m ²
-GUARDIANA	28.80 m ²
-TOTAL:	103.50 m ²
AREA LIBRE SET	1708.29 m ²

LOTE UBICADO EN LA ANTIGUA CARRETERA PANAMERICANA SUR - Km.34.225
 FUNDO: SANTA ROSA
 DISTRITO: LURIN
 PROVINCIA: LIMA
 DEPARTAMENTO: LIMA

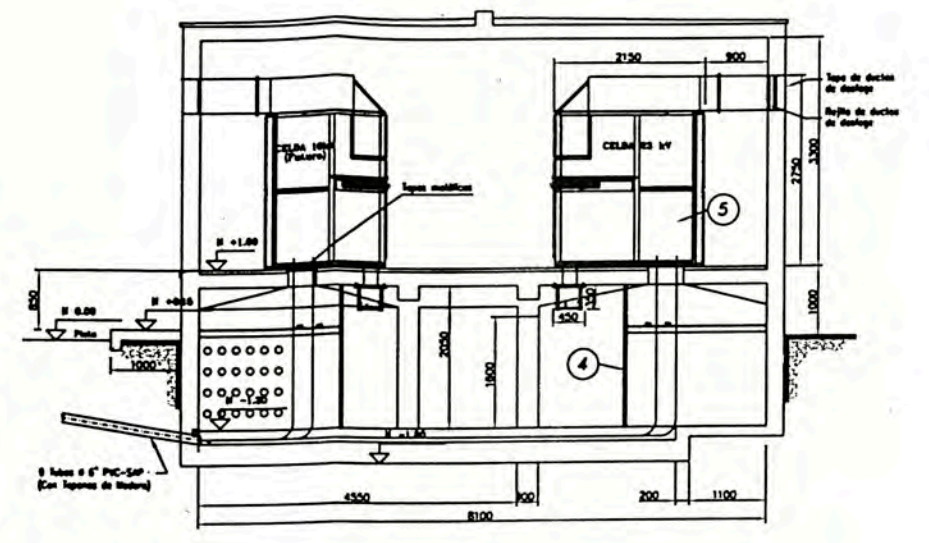


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
 PROYECTO ELECTROMECANICO PARA LA INSTALACION DE
 CELDAS METAL CLAD DE 22.9 kV Y CELDA EN 10 kV

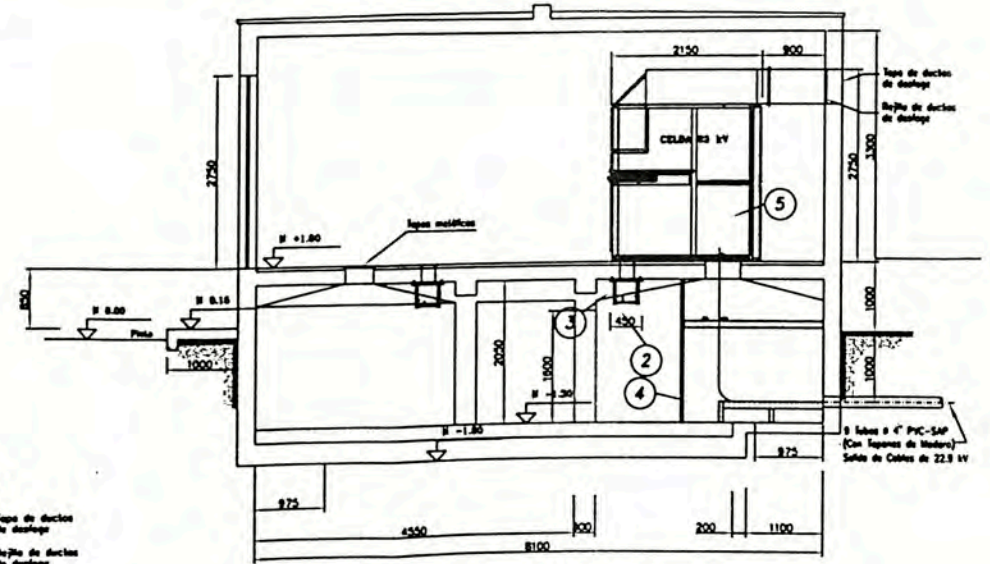
● LUZ DEL SUR S.A.A.	E-01-2009
SET LURIN	DS = H.O.C.
SUBSTACION DE TRANSFORMACION 60/22.9/10kV.	DB = D.O.M.C.
Cables de energía 22.9 y 10 kV	REV = 1.2 v
Disposición de Planta	VR = D.A.
	Año 2004 ESC 1/100



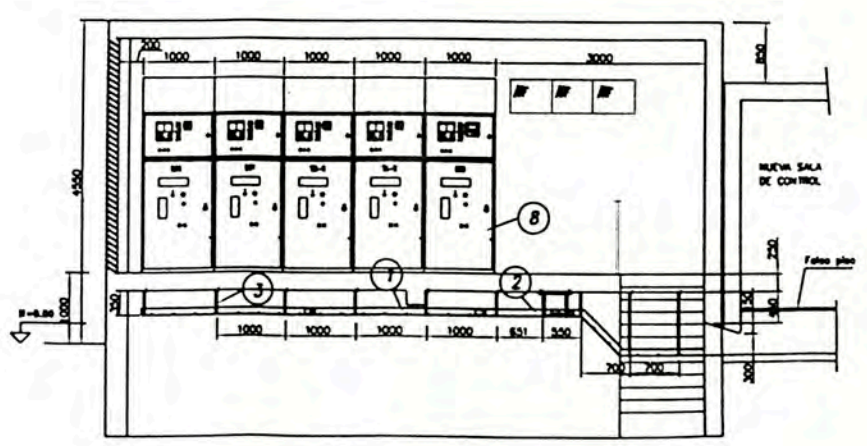
PLANTA
Escala: 1/50



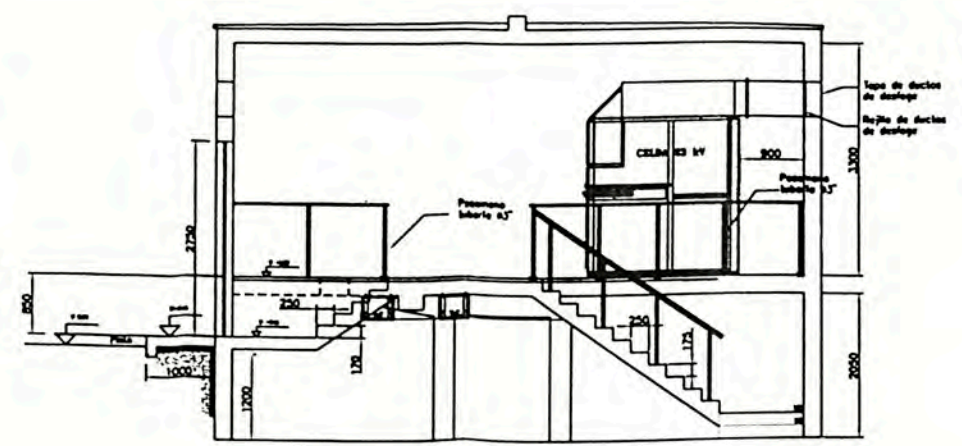
CORTE A-A
Escala: 1/50



CORTE B-B
Escala: 1/50



CORTE C-C
Escala: 1/50




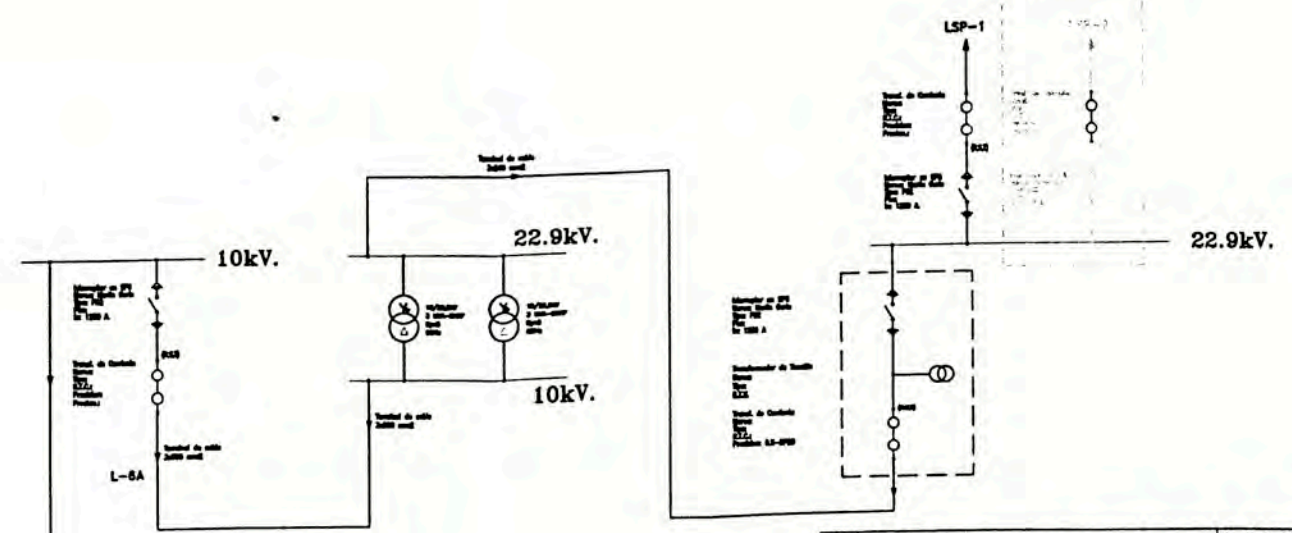
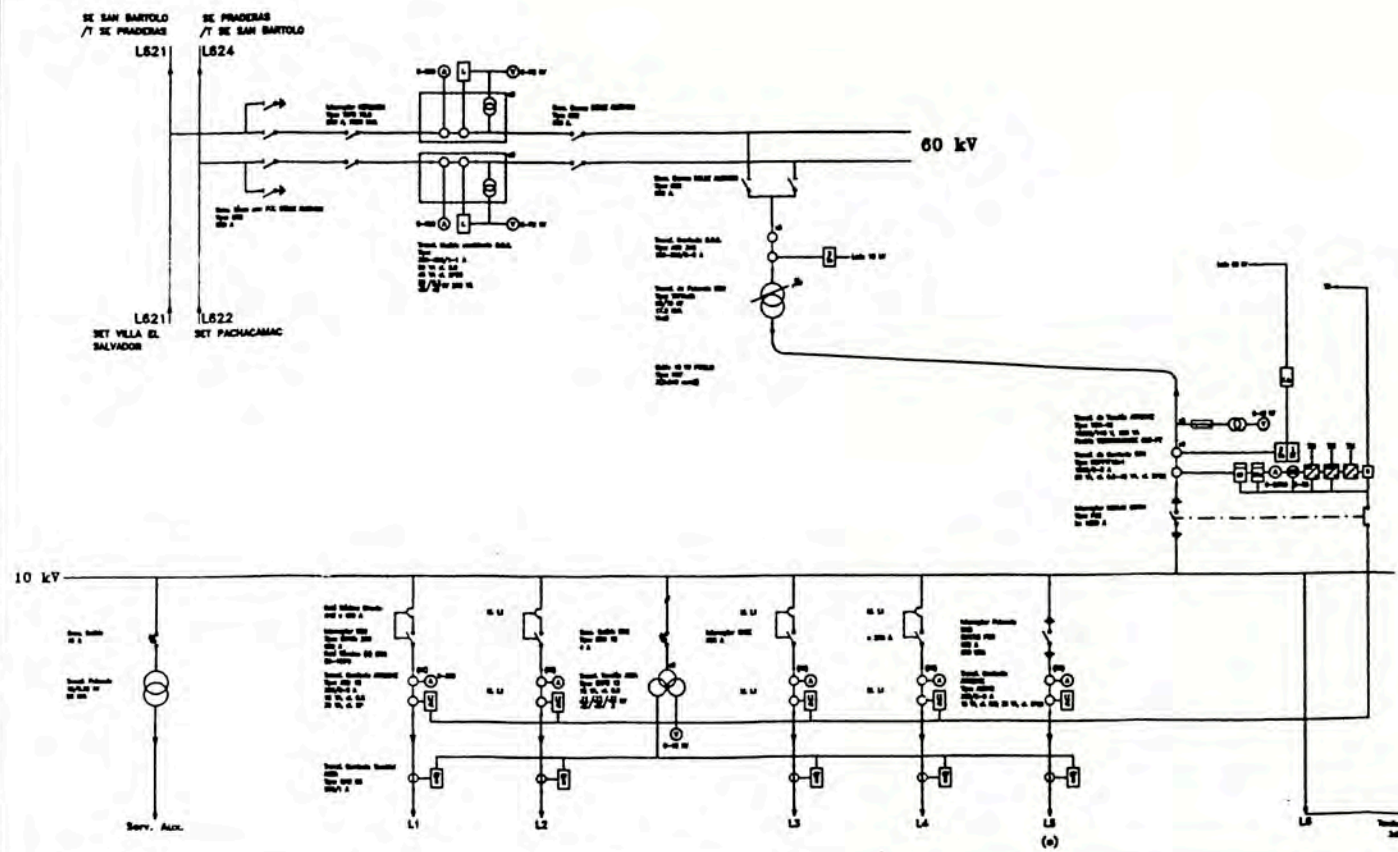
CORTE D-D
Escala: 1/50

Pos.	ConL.	Descripción	Características	Mat.	Observaciones
1	(*)	Bandeja de cables de control	PL 3/16", 1540x100x35mm		
2	(*)	Cables de Medida Tensión 23kV.	Marca: SIEMENS		
3	(*)	Soporte cable energía	4"x5.4k.	FaCo	
4	(*)	Soporte de bandeja cable de control	L 1 1/2" x 1/2" x 1/8"	FaCo	
5	(*)	Bandeja de cable de control	PL 3/16", 2100x100x450mm	FaCo	
6	(*)	Bandeja de cable de control	PL 3/16", 2400x100x450mm	FaCo	

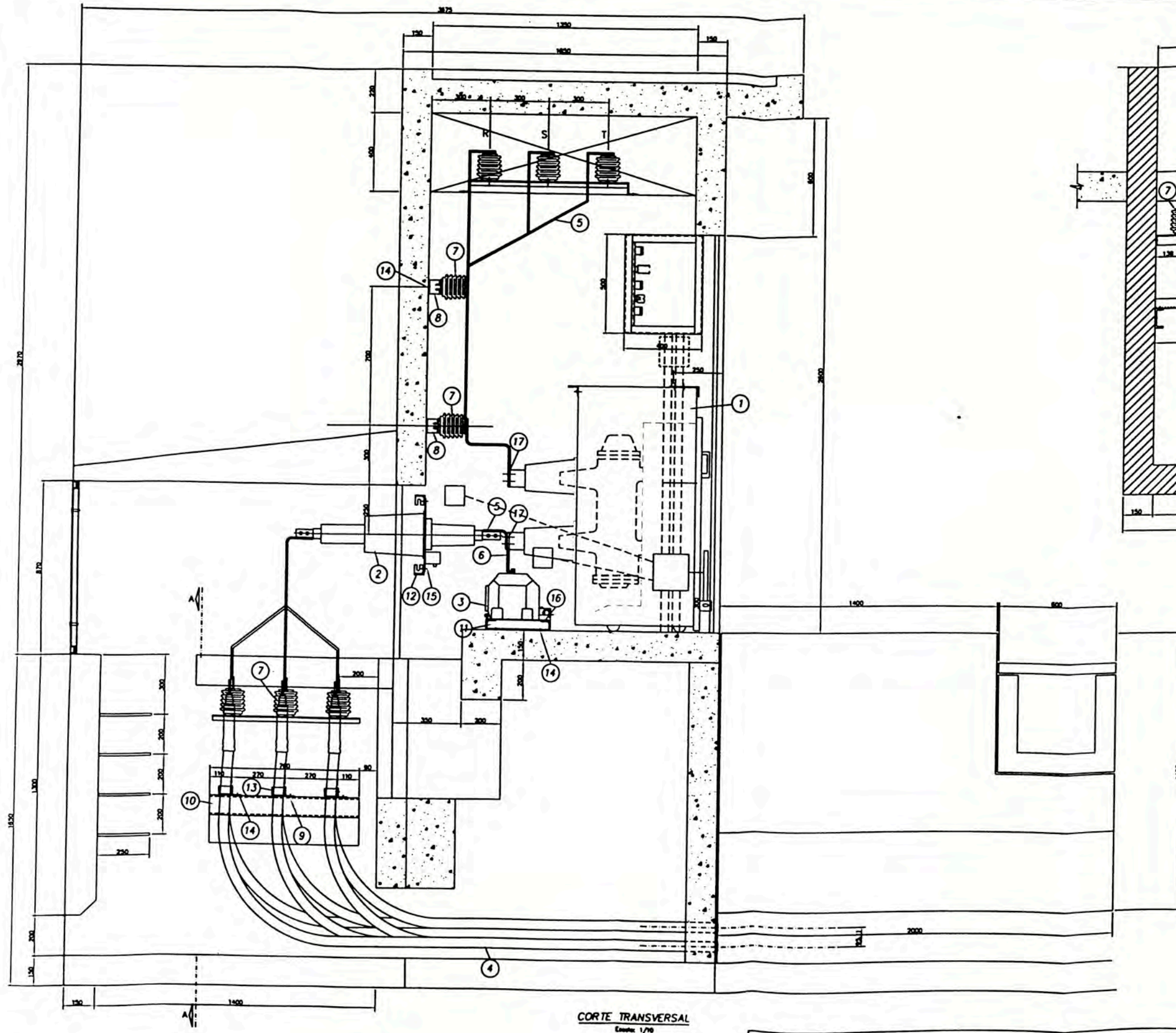
mod.	descripción	fecha	firma
b	Modificación de arquitectura y bandeja de cables	Junio 2006	ROR/216
0	Revisión de acuerdo a las coordinaciones con Obras Chiles LDS	28/04/05	IN70SA/LDS

LUZ DEL SUR S.A.A.		E-03-2009	
DES. E.D.C.		DES. E.D.C.	
REV. R.C.R.		REV. R.C.R.	
V.E. F.P.M.		V.E. F.P.M.	
Apr 2006	ESD MICHADA	Apr 2006	ESD MICHADA


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
PROYECTO ELECTROMECHANICO PARA LA INSTALACION DE
CELDAS METAL CLAD DE 22.9 kV Y CELDA EN 10 kV



f	Se incluye Sección LS	06-06-1992	A. Aguilar S.
e	Según Montaje.	27-02-1991	A. Aguilar S.
d	Protección a distancia y estudio en salidas 10 KV.	03-02-1990	A. Aguilar S.
c	Instalación Transformador 17.2 MVA. por Transformador 6-7.2 MVA.	10-03-1988	A. Aguilar S.
b	Reemplazamiento de equipo de protección.	23-05-1988	A. Aguilar S.
a	Retiro de equipos AT por simplificación alimentación Transformador de Potencia.	06-05-1988	A. Aguilar S.
mod.	descripción	fecha	firma
LUZ DEL SUR S.A.S.		E-04-2009	
STT LURIN		DES. SAA/E.G.E.	
SUBSTACION DE TRANSFORMACION 60/10kV.		DES. E.G.E.	
Esquema de Principio		REV. R.C.A.	
Unifilar antes de ampliación		Y.B. F.P.K.	
E.G.E. 17.03.04		Marzo 2004	
		END DE	



CORTE TRANSVERSAL
Escala: 1/10

CORTE A-A
Escala: 1/10

Pos.	ConL.	Descripción	Características	Mol.	Observaciones
17	8	Pernos con arandela plana	43/8" x 1 1/2"	FeCo	
16	12	Pernos var en obra		FeCo	
15	12	Pernos var en obra		FeCo	
14	13	Pernos M.L.B	1/2" x 4" 2	FeCo	
13	9	Alfileres	1/8" x 2"	Fe	
12	2	Separador Transformador de Corriente	L 2" x 2" x 1/4"	Fe	
11	1	Separador Transformador de tensión	L 2" x 2" x 3/16"	Fe	
10	2	Separador cables 10kV.	U 4" x 3/8" x 3/16"	Fe	
9	18	Pernos c./arandela plana y presión	3/8"x1"	Fe	
8	2	Separador alfileres	L 1" x 1" x 3/16", PL 3/16"	Fe	
7	12	Alfileres parte barra	10kV.		Interior
6	1m.	Barra de cobre	40x3mm	Cu	
5	12m.	Barra de cobre	80x10mm	Cu	
4	4	Cables de energía 10 kV.	500 mm ² R25KV seco		
3	2	Transformador de tensión ARICHO	10/0,15kV		Tipe
2	3	Transformador de corriente BSC	1500/5-5 A		Tipe Posomuro
1	1	Interrupción de 10kV. m/Abrañ Carb	Tipe FCL 2500 A		Instalado



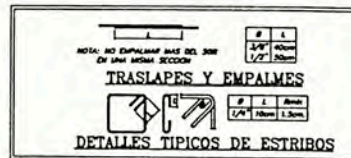
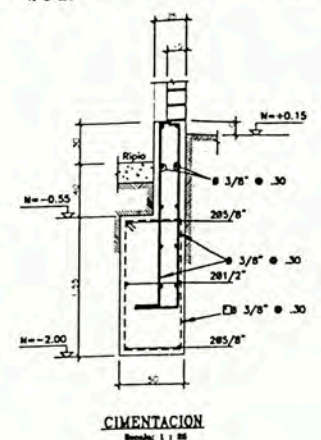
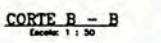
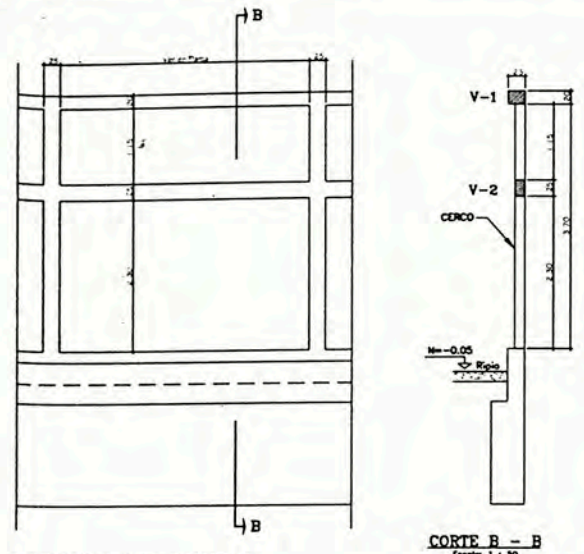
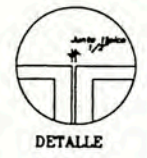
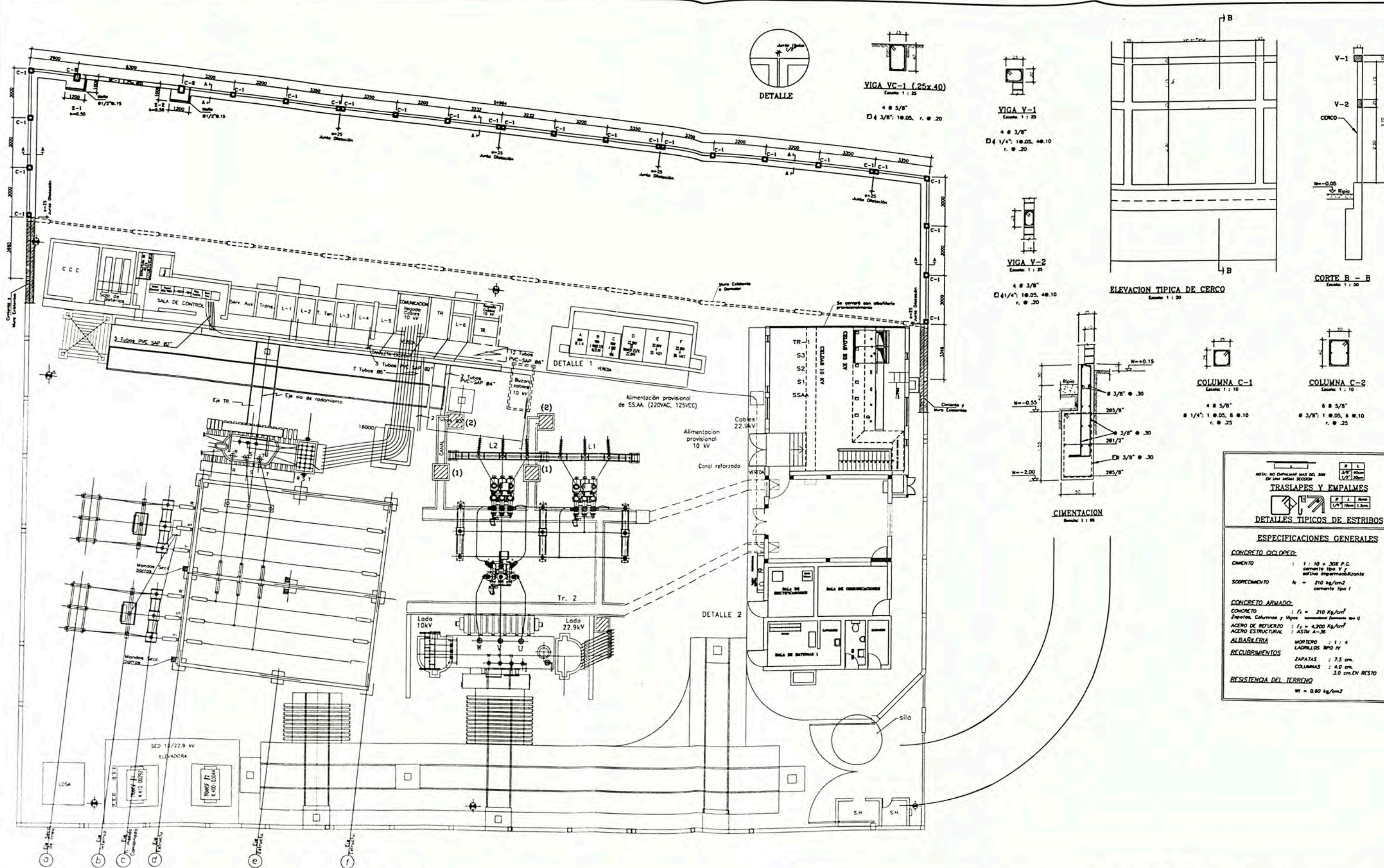
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
PROYECTO ELECTROMECANICO PARA LA INSTALACION DE
CELDAS METAL CLAD DE 22.9 kV Y CELDA EN 10 kV

mod. descripción fecha firma

LUZ DEL SUR S.A.A. E-06-2009

SET LURIN
SUBSTACION DE TRANSMISION 60/22.9/10kV.
Celda de Llegada TR-2 (Lado 10 kV)
Corte Transversal y corte A-A

DS. S.A.B./E.E.	
DR. C.O.E.	
NCV. R.C.A.	
V.B. I.P.W.	
Apr 2008	EDD Instituto



ESPECIFICACIONES GENERALES

CONCRETO CICLOPEO:
 CEMENTO : 1 : 10 + 30% P.C. cemento tipo V y aditivo impermeabilizante
 SOBRECIMENTO : k = 210 kg/cm² cemento tipo I

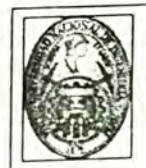
CONCRETO ARMADO:
 CONCRETO : f_c = 210 kg/cm²
 Zapatas, Columnas y Vigas : cemento (norma tipo II)
 ACERO DE REFUERZO : f_y = 4,200 Kg/cm²
 ACERO ESTRUCTURAL : ASTM A-36

ALBAÑERIA
 MORTERO : 1 : 4
 LADRILLOS NPO IV

RECURRIMIENTOS
 ZAPATAS : 7.5 cm
 COLUMNAS : 4.0 cm
 3.0 cm EN RESTO

RESISTENCIA DEL TERRENO
 W = 0.60 kg/cm²

PLANTA
ESC. 1/100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
 PROYECTO ELECTROMECHANICO PARA LA INSTALACION DE
 CELDAS METAL CIAD DE 22.9 kV Y CELDA EN 10 kV

● LUZ DEL SUR S.A.A.		E-08-2009	
SET LURIN		DISEÑO: A.A.M. (OP 13213)	
SUBSTACION DE TRANSFORMACION 60/22.9/10kV.		DIBUJO: E.M.B.	
Edificio - Estructura		REVISIÓN: R.C.R.	
Ampliación Cerco Perimétrico		VERIFICACIÓN: V.B. F.P.R.	
ABR 2006		ESC. INDICADA	

A TORRE N° 75A

VERTICE V-3

L-621

L-622

ANTIGUA PANAMERICANA SUR

VERTICE V-5

L-621

L-624

A TORRE N° 91

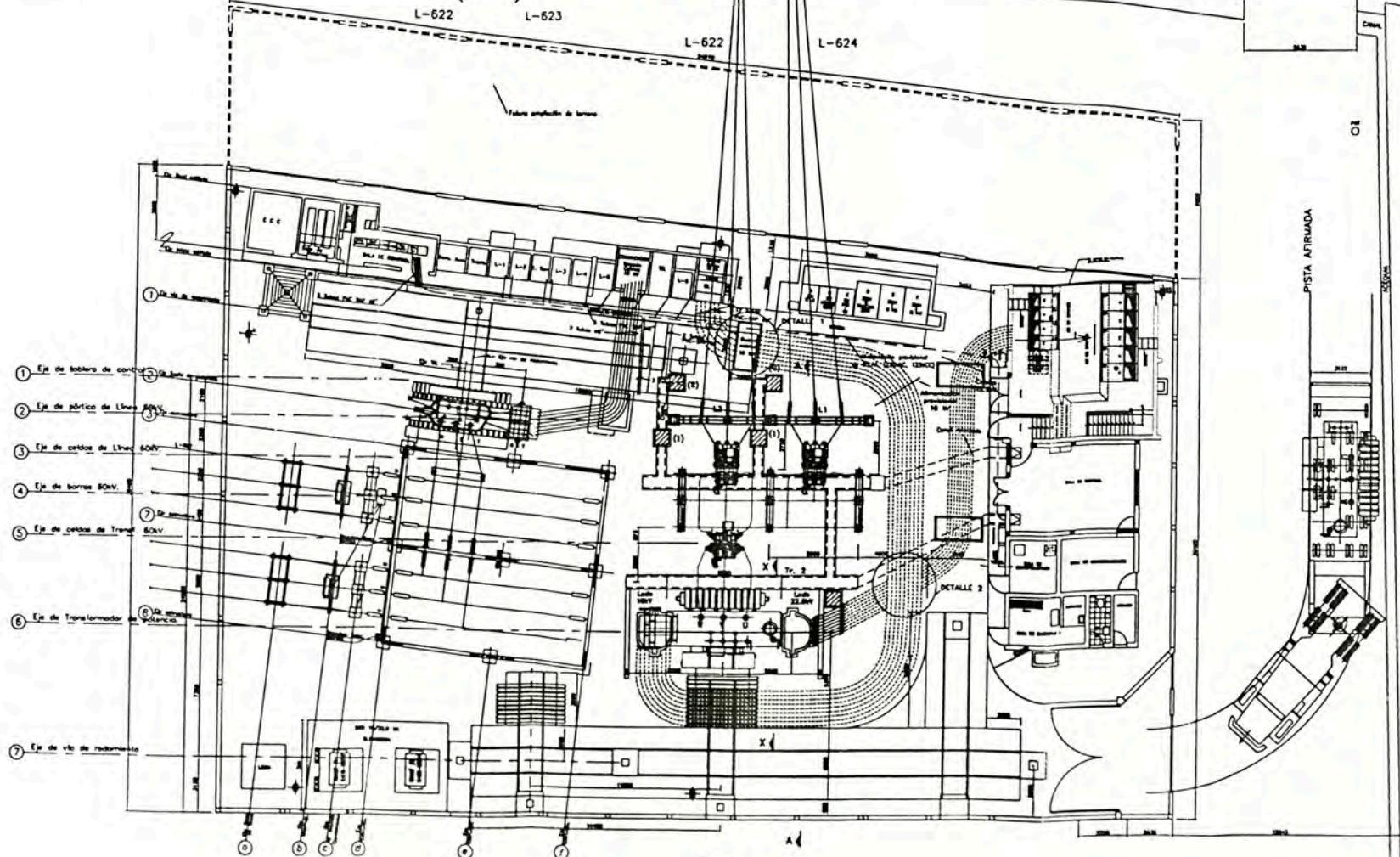
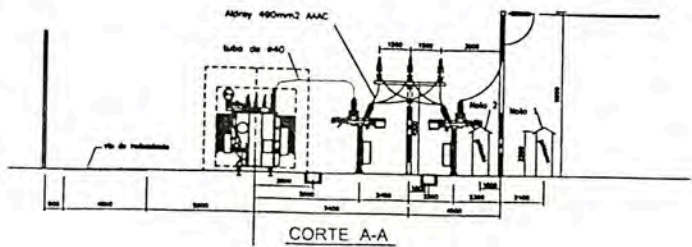
VERTICE V-4

L-622

L-623

L-622

L-624



- 1 Eje de bobina de control
- 2 Eje de pórtico de línea 80kV
- 3 Eje de celdas de línea 80kV
- 4 Eje de bornes 80kV
- 5 Eje de celdas de Transformador 80kV
- 6 Eje de Transformador
- 7 Eje de vía de mantenimiento

- NOTAS
- TPC: Tablero de protección y control
 - (1): Instalación provisional de TPC
 - (2): Instalación definitiva de TPC
- Instalación existente
 - Instalaciones de 1^{er} Etapa-Año 2005
 - Instalaciones de 2^{da} Etapa-Año 2005
 - Instalaciones a corto plazo
 - Instalaciones a demorar
 - Tablero de protección y control de celdas 80 kV.

PLANTA
E.C. 1/100



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
PROYECTO ELECTROMECANICO PARA LA INSTALACION DE
CELDA METAL CLAD DE 22.9 kV Y CELDA EN 10 kV

LUX DEL SUR S.A.A.		E-09-2009
SET LUXION	ELABORACION DE TRANSFORMACION 80/22.9/10KV	DR. RAFAEL
Representación General	Planta y corte	DR. LUIS
		DR. CARLOS
		DR. JUAN

ANEXOS

Anexo 1.- Relación de Manuales Celdas Metal Clad Tipo 8BK20 Siemens

- Características Técnicas de las Celdas del Proyecto
- Catálogo de Celda 8BK20
- Procedimientos de Pruebas Tableros de Media Tensión 8BK20 Siemens
- Pruebas sísmicas

Anexo 2.- Concepto de Tensión de Paso y Tensión de Toque.

ANEXOS

ANEXO 1

RELACIÓN DE MANUALES CELDAS METAL CLAD

TIPO 8BK20 SIEMENS

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS CELDAS DEL
PROYECTO**

Lista de equipo tablero

Compañía: Transmission and Distribution
 Departamento: PTD-M
 Empresa Luz del Sur S.A.A.

Subestación Lurin
 Celda de Transformador TR-2
 8BK20, 24 kV

DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS				TOTAL	MONTAJE*	SUMINISTRO*
				+J03 -J201 ENTRADA						
Celda 8BK tipo interior, grado de protección IP51.	SIEMENS 8BK20			1				1		W
Controlador de temperatura con contacto conmutable (0-60 °C)	SIEMENS 8MR2170-1A		-B23	1				1	+E	I
Luminaria + lámpara incandescente 220 V 60 W	LEUCHTEN+PHILIPS		-E06	1				1	+B	W
Resistencia de calefacción Un=220 VAC, 300 W con soporte	ER ELEKTRIK PAZARLAMA ER 282		-E23	1				1	+F	W
Contactos auxiliares para mini-interruptor Tipo 5SX2, 5SX4, 5SX5, 2 NC	SIEMENS 5SX9102		-F	13				13	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 16 A, Un: 230 V AC, Ik: 6 kA	SIEMENS 5SX2216-7		-F200	1				1	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 10 A, Un: 250 V DC, Ik: 4,5 kA	SIEMENS 5SX5210-7		-F000	1				1	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 2 A, Un: 250 V DC, Ik: 4,5 kA	SIEMENS 5SX5202-7		-F001 -F011 -F021	5				5	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 2A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2202-7		-F002	1				1	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 10 A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2210-7		-F102	1				1	+B	I
Interruptor automático tripolar In: 3 A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2303-7		-F012 -F042	1				1	+B	I
Interruptor automático tripolar In: 0,5 A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2305-7		-F012 -F022	2				2	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 4 A, Un: 250 V DC, Ik: 4,5 kA	SIEMENS 5SX5204-7		-F031	1				1	+B	I
Rele de protección. Protection Relay. 46,49,50,50N,51,51N,67/67N, 86, 27, 59. 67Ns A, V In: 5A 20 BI, 8 BO Vaux:110-250 Vdc Protocolo DNP3.0 en puerto F.O	SIEMENS 7SJ6426-5EB99-3HH2 9=L0H 9=M2A		-F003	1				1	+T	I
Fusible para transformador de potencial en carro del interruptor 3A	SIEMENS		-F032	2				2	+L	I
Indicadores Capacitivos con su conector y probador En transformadores de corriente.	SIEMENS		-HL1 -HL2 -HL3	3				3	+T	I
Base para rele 7PA	SIEMENS 7XP9013-0		-K	1				1	+B	I
Rele auxiliar biestable Un = 125 Vdc, 4 conmutables	SIEMENS 7PA2351-0		-K01	1				1	+B	I
Monitor de arco interno, para detección de arco interno por fibra óptica con sensores de corriente	BOHERDI MAI2-CC-TR		-MAI2-CC	1				1	+B	I
Captor óptico de destello, para detección de arco interno por fibra óptica.	BOHERDI			4				4	+F	I

Lista de equipo tablero

Compañía: Luz del Sur S.A.A.
 Departamento: PTD-M

Subestación Lurin
 Celda de Transformador TR-2
 8BK20, 24 kV

DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS				TOTAL	MONTAJE*	SUMINISTRO*
				+J03 -J201 ENTRADA						
5 Medidor Multifuncional ION 7650 con display, medida de las siguientes variables: KVAR, KWH, F.P., I1, I2, I3, I PROM, VL1, VL2, VL3, Hz, KVAR,	ION 7650-A0-E-0-B-6-M1-A-0-A		-P06	1				1	+T	I
0 Interruptor de potencia con 1 bobina de cierre, 2 de apertura a 125 Vdc motorizado a 125 Vdc, 12 NA + 12 NC. Un= 24 KV, In= 2000 A, Ika= 20 KA, Voperación: 24kV, BIL = 125 KV	SIEMENS 3AH1263-4NZ99-0ZK7-Z K1D+L1D+M1D+P1D+ F20+F30		-Q0	1				1	+E	I
10 Seccionador de puesta a tierra, Para montaje en celda 8BK20. Un = 24 KV, Ika = 20 KA 4NA + 4NC Con bobinas de enclavamientos electromecánico	SIEMENS		-Q8	1				1	+E	I
15 Resistencia de supervisión 33 Kohms	SIEMENS		-R010 -R020	2				2	+B	I
15 Selector de pruebas para protección.	SIEMENS 7XV7501-0CA00		-S83	1				1	+T	I
70 Interruptor fin de carrera no encapsulado con carrera normal 1NA + 1NC	SIEMENS 3SE3020-1A		-S06	1				1	+W	I
80 Transformador de corriente 1200-600/5A/5A CL 0,5, 15VA / 5P20, 15VA	ISOLET		-T1	3				3	+F	I
95 Transformador de tensión 22900/110V CL 0,5, 15VA	ISOLET		-T5	1				1	+F	I
100 Conector enchufable de seis puntos para borne UPCV3K	PHOENIX PCC 4-7,62		-X....	6				6	+B	W
105 Accesorio para conector PCC 4-7,62	PHOENIX STG-MTN 1,5-2,5		-X....	36				36	+B	W
110 Placa final borne VBST4	PHOENIX D/TP-VBS		-X....	2				2	+B	W
115 Soporte final bornera UPCV3K / VBST4 / UDK4	PHOENIX E/UK		-X....	5				5	+B	W
120 Letrero en blanco para marcación de borneras (1xbornera)	SIEMENS 8WA1 806		-X....	8				8	+B	W
125 Placa final bornera (1xbornera)	SIEMENS 8WA1 808		-X....	8				8	+B	W
130 Puente conmutable dos polos (3xbornera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH01		-X....	6				6	+B	W
135 Puente de 10 polos (recortar) (1xbornera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH10		-X....	4				4	+B	W
140 Puente tipo peñilla de dos polos (1xbornera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH22		-X....	2				2	+B	W
145 Pieza de separación(para puentes) (2xbornera)	SIEMENS 8WA1 825		-X	4				4	+B	W

S

Lista de equipo tablero

Power, Transmission and Distribution
 Departamento: PTD-M
 Empresa Luz del Sur S.A.A.

Subestación Lurin
 Celda de Transformador TR-2
 8BK20, 24 kV

POSICION	DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS				TOTAL	MONTAJE *	SUMINISTRO *
					+J03 =JZ01 ENTRADA						
250	Borne universal (Puesta a tierra)	PHOENIX UDK4-PE		-PEN	1				1	+B	W
255	Borne(sin terminal de prueba,para circuitos de corriente),44A,500VAC (3xbomera)	SIEMENS 8WA1 011 - 1MH10		-X1	6				6	+B	W
260	Borne con puente de separación (con terminal de prueba,para circuitos de corriente),44A,500VAC (4xbomera)	SIEMENS 8WA1 011 - 1MH15		-X1 X2	39				39	+B	W
265	Borne de paso para circuito de control ,32A,800VAC	SIEMENS 8WA1 011 - 1DG11		-X3	143				143	+B	W
270	Borne universal (control y proteccion) 5 Puntos de conexión	PHOENIX VBST4-FS		-X5	80				80	+B	W
275	Borne universal (Distribución de tensión) 3 puntos de conexión	PHOENIX UPCV3K		-X9	12				12	+B	W
280	Toma corriente doble AC, 220VAC, 10A	LEVITON		-X100	1				1	+B	W

MUY IMPORTANTE

Clave para la columna Montaje:

- +B: Lámina de Montaje
- +T: Puerta de la celda
- +P: Piso de la celda
- +W: Techo de la celda
- +D: Compartimiento seccionador
- +F: Compartimiento de alta tensión
- +E: Compartimiento del interruptor
- +L: Interruptor de potencia

Clave para la columna Suministro:

- W: Fábrica de tableros
- I: Importación
- N: Compra nacional
- C: Cliente
- S: Servicio técnico
- O: otros. Aclarar

Lista de equipo tablero

Power, Transmission and Distribution
 Departamento: PTD-M
 Empresa Luz del Sur S.A.A.

Subestación Lurin
 Celdas de Salida L21 y L22
 8BK20, 24 kV

CANTIDAD	DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS				TOTAL	MONTAJE *	SUMINISTRO *
					+J01 =J202 SALIDA 1	+J02 =J202 SALIDA 2					
5	Celda 8BK tipo interior, grado de protección IP51.	SIEMENS 8BK20			1	1			2		W
0	Controlador de temperatura con contacto conmutable (0-60 °C)	SIEMENS 8MR2170-1A		-B23	1	1			2	+E	I
10	Luminaria + lámpara incandescente 220 V 60 W	LEUCHTEN+PHILIPS		-E06	1	1			2	+B	W
15	Resistencia de calefacción Un=220 VAC, 300 W con soporte	ER ELEKTRIK PAZARLAMA ER 282		-E23	1	1			2	+F	W
10	Contactos auxiliares para mini-interruptor Tipo 5SX2, 5SX4, 5SX5, 2 NC	SIEMENS 5SX9102		-F	12	12			24	+B	I
35	Interruptor automático bipolar In: 16 A, Un: 230 V AC, Ik: 6 kA	SIEMENS 5SX2216-7		-F200	1	1			2	+B	I
40	Interruptor automático bipolar In: 10 A, Un: 250 V DC, Ik: 4,5 kA	SIEMENS 5SX5210-7		-F000	1	1			2	+B	I
45	Interruptor automático bipolar In: 2 A, Un: 250 V DC, Ik: 4,5 kA	SIEMENS 5SX5202-7		-F001 -F011 -F021 -F041	5	5			10	+B	I
50	Interruptor automático bipolar In: 2A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2202-7		-F002	1	1			2	+B	I
55	Interruptor automático bipolar In: 10 A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2210-7		-F102	1	1			2	+B	I
65	Interruptor automático tripolar In: 0,5 A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2305-7		-F012 -F022	2	2			4	+B	I
70	Interruptor automático bipolar In: 4 A, Un: 250 V DC, Ik: 4,5 kA	SIEMENS 5SX5204-7		-F031	1	1			2	+B	I
75	Rele de protección. Protection Relay. 46,49,50,50N,51,51N,67/67N, 86, 27, 59. 67Ns A, V In: 5A 20 Bl. 8 BO Vaux: 110-250 Vdc Protocolo DNP3.0 en puerto F.O	SIEMENS 7SJ6426-5EB99-3HH2 9=LOH 9=M2A		-F003	1	1			2	+T	I
91	Rele indicador de presencia de Tensión, para aislador ARC 8-125	ARTECHE VU3		-F008	1	1			2	+T	I
92	Aislador capacitivo de tension Vmin: 8kV con Señal min: 190uA Vmax. 24kV con Señal min: 370uA	ARTECHE ARC 8-125			3	3			6	+F	I
95	Base para rele 7PA	SIEMENS 7XP9013-0		-K	1	1			2	+B	I
100	Rele auxiliar biestable Un = 125 Vdc, 4 conmutables	SIEMENS 7PA2351-0		-K01	1	1			2	+B	I
115	Mezclador óptico, para detección de arco interno por fibra óptica.	BOHERDI MO2		-MO	1	1			2	+B	I
120	Captor óptico de destello, para detección de arco interno por fibra óptica.	BOHERDI			3	3			6	+F	I
130	Medidor Multifuncional ION 6200 con display, medida mide las siguientes variables: KVAR , KWH, F.P. , I1, I2, I3, I PROM, VL1, VL2, VL3, Hz, KVAR	ION 6200-A0-A-0-B-0-A0-B-0-R		-P06	1	1			2	+T	I

ta de equipo tablero

ower, Transmission and Distribution
 apartamento: PTD-M
 mpresa Luz del Sur S.A.A.

Subestación Lurin
 Celdas de Salida L21 y L22
 8BK20, 24 kV

DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS				TOTAL	MONTAJE *	SUMINISTRO *
				+J01 =JZ02 SALIDA 1	+J02 =JZ02 SALIDA 2					
15 Interruptor de potencia con 1 bobina de cierre, 2 de apertura a 125 Vdc motorizado a 125 Vdc, 12 NA + 12 NC. Un= 24 KV, In= 1250 A , Ika= 20 KA , Voperador: 24kV, BIL = 125 KV	SIEMENS 3AH1263-2NZ99-0ZK7-Z K1D+L1D+M1D+P1D+ F20+F30		-Q0	1	1			2	+E	I
50 Seccionador de puesta a tierra, Para montaje en celda 8BK20. Un = 24 KV, Ika = 20 KA 4NA + 4NC Con bobinas de enclavamientos electromecánico	SIEMENS		-Q8	1	1			2	+E	I
55 Resistencia de supervisión 33 Kohms	SIEMENS		-R010 -R020	2	2			4	+B	I
60 Selector de pruebas para protección.	SIEMENS 7XV7503-0CA00		-S83	1	1			2	+T	I
70 Interruptor fin de carrera no encapsulado con carrera normal 1NA + 1NC	SIEMENS 3SE3020-1A		-S06	1	1			2	+W	I
185 Transformador de corriente 300/5A/5A CL 0,5 , 15VA / 5P20 , 15VA	ISOLET		-T1	3	3			6	+F	I
200 Conector enchufable de seis puntos para borne UPCV3K	PHOENIX PCC 4-7,62		-X....	6	6			12	+B	W
205 Accesorio para conector PCC 4-7,62	PHOENIX STG-MTN 1,5-2,5		-X....	36	36			72	+B	W
210 Placa final borne VBST4	PHOENIX D/TP-VBS		-X....	2	2			4	+B	W
215 Soporte final bomera UPCV3K / VBST4 / UDK4	PHOENIX E/UK		-X....	5	5			10	+B	W
220 Letrero en blanco para marcación de bomeras (1xbomera)	SIEMENS 8WA1 806		-X....	8	8			16	+B	W
225 Placa final bomera (1xbomera)	SIEMENS 8WA1 808		-X....	8	8			16	+B	W
230 Puente conmutale dos polos (3xbomera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH01		-X....	6	6			12	+B	W
235 Puente de 10 polos (recortar) (1xbomera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH10		-X....	4	4			8	+B	W
240 Puente tipo peinilla de dos polos (1xbomera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH22		-X....	2	2			4	+B	W
245 Pieza de separación(para puentes) (2xbomera)	SIEMENS 8WA1 825		-X	4	4			8	+B	W
250 Borne universal (Puesta a tierra)	PHOENIX UDK4-PE		-PEN	1	1			2	+B	W
255 Borne(sin terminal de prueba,para circuitos de corriente),44A,500VAC (3xbomera)	SIEMENS 8WA1 011 - 1MH10		-X1	6	6			12	+B	W

Lista de equipo tablero

Compañía: Luz del Sur S.A.A.
 Departamento: PTD-M
 Proyecto: Transmission and Distribution

Subestación Lurin
 Celdas de Salida L21 y L22
 8BK20, 24 kV

DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS				TOTAL	MONTAJE *	SUMINISTRO *
				+J01 =JZ02 SALIDA 1	+J02 =JZ02 SALIDA 2					
Borne con puente de separación (con terminal de prueba, para circuitos de corriente), 44A, 500VAC (4xbornera)	SIEMENS 8WA1 011 - 1MH15		-X1 X2	16	16			32	+B	W
Borne de paso para circuito de control, 32A, 800VAC	SIEMENS 8WA1 011 - 1DG11		-X3	121	121			242	+B	W
Borne universal (control y protección) 5 Puntos de conexión	PHOENIX VBST4-FS		-X5	80	80			160	+B	W
Borne universal (Distribución de tensión) 3 puntos de conexión	PHOENIX UPCV3K		-X9	12	12			24	+B	W
Toma corriente doble AC, 220VAC, 10A	LEVITON		-X100	1	1			2	+B	W

MUY IMPORTANTE

Clave para la columna Montaje:

- +B: Lámina de Montaje
- +T: Puerta de la celda
- +P: Piso de la celda
- +W: Techo de la celda
- +D: Compartimiento seccionador
- +F: Compartimiento de alta tensión
- +E: Compartimiento del interruptor
- +L: Interruptor de potencia

Clave para la columna Suministro:

- W: Fábrica de tableros
- I: Importación
- N: Compra nacional
- C: Cliente
- S: Servicio técnico
- O: otros. Aclarar

la de equipo tablero

er, Transmission and Distribution
artamento: PTD-M
del Sur S.A.A.

Subestación Lurin
Celda de Medición
8BK20, 24 kV

DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS				TOTAL	MONTAJE*	SUMINISTRO*
				+J04 =J203 MEDIDA						
Celda 8BK tipo interior, grado de protección IP51.	SIEMENS 8BK20			1				1		W
Controlador de temperatura con contacto conmutable (0-60 °C)	SIEMENS 8MR2170-1A		-B23	1				1	+E	I
Unidad de Control de Bahía, BI=11, BO= 8 Vaux.= 110-250 Vdc Protocolo IEC 61850 en puerto F.O	SIEMENS 6MD6315-5EB90 - 0AA0		-D01	1				1	+T	I
Luminaria + lámpara incandescente 220 V 60 W	LEUCHTEN+PHILIPS		-E06	1				1	+B	W
Resistencia de calefacción Un=220 VAC, 300 W con soporte	ER ELEKTRIK PAZARLAMA ER 282		-E23	1				1	+F	W
Contactos auxiliares para mini-interruptor Tipo 5SX2, 5SX4, 5SX5, 2 NC	SIEMENS 5SX9102		-F	8				8	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 16 A, Un: 230 V AC, Ik: 6 kA	SIEMENS 5SX2216-7		-F200	1				1	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 10 A, Un: 250 V DC, Ik: 4,5 kA	SIEMENS 5SX5210-7		-F000	1				1	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 2 A, Un: 250 V DC, Ik: 4,5 kA	SIEMENS 5SX5202-7		-F001 -F011 -F021	2				2	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 2A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2202-7		-F002	1				1	+B	I
Interruptor automático bipolar In: 10 A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2210-7		-F102	1				1	+B	I
Interruptor automático tripolar In: 3 A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2303-7		-F012 -F042	1				1	+B	I
Interruptor automático tripolar In: 0,5 A, Un: 230 V AC, Ik: 6,0 kA	SIEMENS 5SX2305-7		-F012 -F022	1				1	+B	I
Fusible para transformador de potencial en celda de medida. 3A	SIEMENS		-F032	3				3	+F	I
Base para rele 7PA	SIEMENS 7XP9013-0		-K	1				1	+B	I
Rele auxiliar Un = 125 Vdc, 4 conmutables	SIEMENS 7PA2730-0		-KQ8	1				1	+B	I
Monitor de arco interno, para detección de arco interno por fibra óptica sin sensores de corriente	BOHERDI MAI2-SC-TR		-MAI2-SC	1				1	+B	I
Mezclador óptico, para detección de arco interno por fibra óptica.	BOHERDI MO2		-MO	1				1	+B	I
Captor óptico de destello, para detección de arco interno por fibra óptica.	BOHERDI			3				3	+F	I
Seccionador de puesta a tierra, Para montaje en celda 8BK20. Un = 24 KV, IkA = 20 KA 4NA + 4NC Con bobinas de enclavamientos electromecánico	SIEMENS		-Q8	1				1	+E	I
Interruptor fin de carrera no encapsulado con carrera normal 1NA + 1NC	SIEMENS 3SE3020-1A		-S06	1				1	+W	I
Transformador de tensión 22900/1,73V : 110/1,73V CL. 0,5 , 15VA	ISOLET		-T5	3				3	+F	I

Lista de equipo tablero

Compañía: Transmission and Distribution
 Departamento: PTD-M
 Empresa: del Sur S.A.A.

Subestación Lurin
 Celda de Medición
 8BK20, 24 kV

DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS				TOTAL	MONTAJE*	SUMINISTRO*
				+J04 = IZ03 MEDIDA						
0 Conector enchufable de seis puntos para borne UPCV3K	PHOENIX PCC 4-7,62		-X....	6				6	+B	W
5 Accesorio para conector PCC 4-7,62	PHOENIX STG-MTN 1,5-2,5		-X....	36				36	+B	W
0 Placa final borne VBST4	PHOENIX D/TP-VBS		-X....	2				2	+B	W
5 Soporte final bornera UPCV3K / VBST4 / UDK4	PHOENIX E/UK		-X....	5				5	+B	W
20 Letrero en blanco para marcación de borneras (1xbornera)	SIEMENS 8WA1 806		-X....	8				8	+B	W
25 Placa final bornera (1xbornera)	SIEMENS 8WA1 808		-X....	8				8	+B	W
30 Puente conmutale dos polos (3xbornera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH01		-X....	6				6	+B	W
35 Puente de 10 polos (recortar) (1xbornera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH10		-X....	4				4	+B	W
40 Puente tipo peinilla de dos polos (1xbornera)	SIEMENS 8WA1 822 - 7VH22		-X....	2				2	+B	W
45 Pieza de separación(para puentes) (2xbornera)	SIEMENS 8WA1 825		-X	4				4	+B	W
250 Borne universal (Puesta a tierra)	PHOENIX UDK4-PE		-PEN	1				1	+B	W
255 Borne(sin terminal de prueba,para circuitos de corriente),44A,500VAC (3xbornera)	SIEMENS 8WA1 011 - 1MH10		-X1	9				9	+B	W
260 Borne con puente de separación (con terminal de prueba,para circuitos de corriente),44A,500VAC (4xbornera)	SIEMENS 8WA1 011 - 1MH15		-X1 X2	24				24	+B	W
265 Borne de paso para circuito de control ,32A,800VAC	SIEMENS 8WA1 011 - 1DG11		-X3	30				30	+B	W
270 Borne universal (control y proteccion) 5 Puntos de conexión	PHOENIX VBST4-FS		-X5	85				85	+B	W
275 Borne universal (Distribución de tensión) 3 puntos de conexión	PHOENIX UPCV3K		-X9	12				12	+B	W
280 Toma corriente doble AC, 220VAC, 10A	LEVITON		-X100	1				1	+B	W

MUY IMPORTANTE

Lista de equipo tablero

Compañía: Power, Transmission and Distribution
 Departamento: PTD-M
 Empresa: Luz del Sur S.A.A.

Subestación Lurin
 Celda de Medición
 8BK20, 24 kV

DESCRIPCION DATOS TECNICOS	FABRICANTE No. DE PEDIDO (MLFB)	GRUPO FUNCIONAL	GRUPO FUNCIONAL	DESIGNACION DE CELDAS			TOTAL	MONTAJE *	SUMINISTRO *
				+J04 =JZ03 MEDIDA					

Clave para la columna Montaje:

- +B: Lámina de Montaje
- +T: Puerta de la celda
- +P: Piso de la celda
- +W: Techo de la celda
- +D Compartimiento seccionador
- +F: Compartimiento de alta tensión
- +E: Compartimiento del interruptor
- +L: Interruptor de potencia

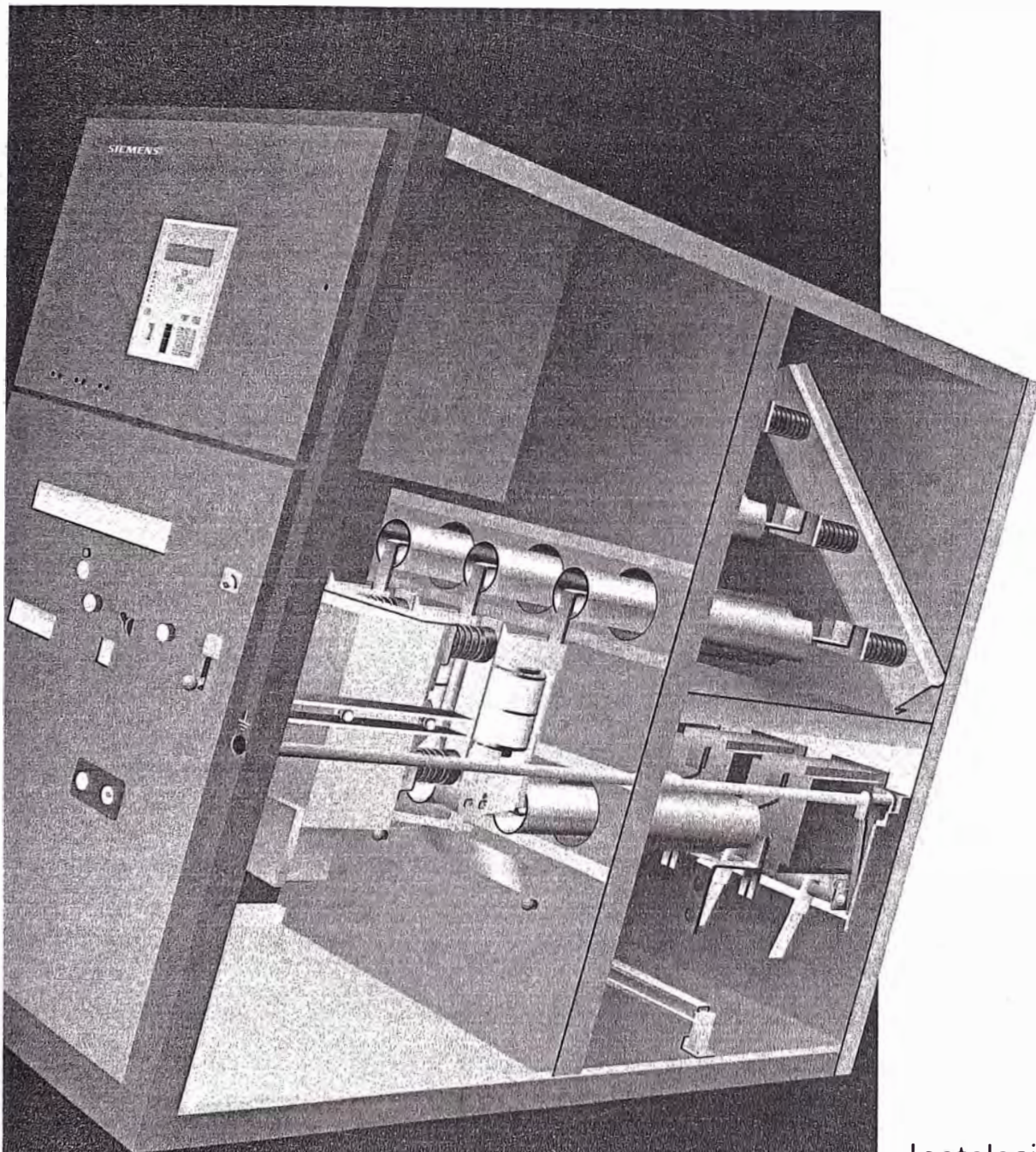
Clave para la columna Suministro:

- W: Fábrica de tableros
- I: Importación
- N: Compra nacional
- C: Cliente
- S: Servicio técnico
- O: otros. Aclarar

CATÁLOGO DE CELDA 8BK20

SIEMENS

Instalaciones de hasta 24 kV
para módulos extraíbles con
interruptores de potencia, tipo 8BK20



Instalaciones de
media tensión

Catálogo
HA 25.21 · 1999

Instalaciones de hasta 24 kV para módulos extraíbles con interruptores de potencia, tipo 8BK20

Aisladas por aire,
con blindaje metálico, barras colectoras
simples/dobles con compartimentación
metálica



Instalaciones de media tensión
Catálogo HA 25.21 · 1999

Contenido

Campo de aplicación, características		
Utilización	2	1
Seguridad para las personas, Seguridad de servicio, manejo	2 a 4	
Datos técnicos		
Datos eléctricos, dimensiones	5 y 6	2
Datos constructivos	6 y 7	
Datos de transporte	8	
Programa de suministro		
Celdas con barras colectoras simples	9 a 11	3
Celdas con barras colectoras dobles	12	
Construcción eléctrica		
Construcción básica de la celda	13	4
Construcción mecánica		
Parte de alta tensión	14 a 18	5
Parte de baja tensión	19	
Normas		
Prescripciones, disposiciones, directrices	20 a 22	6
Anexo		
Índice de catálogos	23	A
Condiciones de venta y suministro	24	
Prescripciones de exportación		
Marcas de fábrica Dimensiones		

Las instalaciones 8BK20 para módulos extraíbles con interruptor de potencia para montaje en locales interiores son apropiadas para:

Tensiones nominales de 7,2 kV a 24 kV

Intensidad nominal de corte en cortocircuito de 31,5 kA a 50 kA

Intensidad nominal de servicio de las barras colectoras hasta 4000 A

Intensidad nominal de servicio de las derivaciones hasta 4000 A

Utilización

Centrales térmicas, estaciones de transformación y centros de distribución de las compañías eléctricas.

Industria del cemento

Industria del automóvil

Plantas siderúrgicas

Trenes de laminación

Minería

Industrias de fibras y de productos alimenticios

Industria química

Industrias de aceites minerales

Instalaciones de oleoductos

Plataformas offshore

Electroquímica

Petroquímica

Alimentaciones ferroviarias

Industria naval

Centrales dieseléctricas

Plantas de emergencia

Seguridad para personas

Maniobras con la puerta cerrada

Aumento de la protección para personas mediante:

- Cierre y apertura del aparato de maniobra
 - en posición de seccionamiento o de servicio
 - mecánica o eléctricamente
 - con la puerta cerrada
- Obtención del tramo de seccionamiento por desplazamiento del módulo extraíble, con accionamiento manual o por motor, con la puerta cerrada
- Verificación de la ausencia de tensión. Según VDE 0105 Parte 1, se ofrecen 3 posibilidades:
 - cierre de un interruptor rápido de puesta a tierra con la puerta cerrada
 - verificación de los polos con indicador de tensión capacitivo con la puerta cerrada

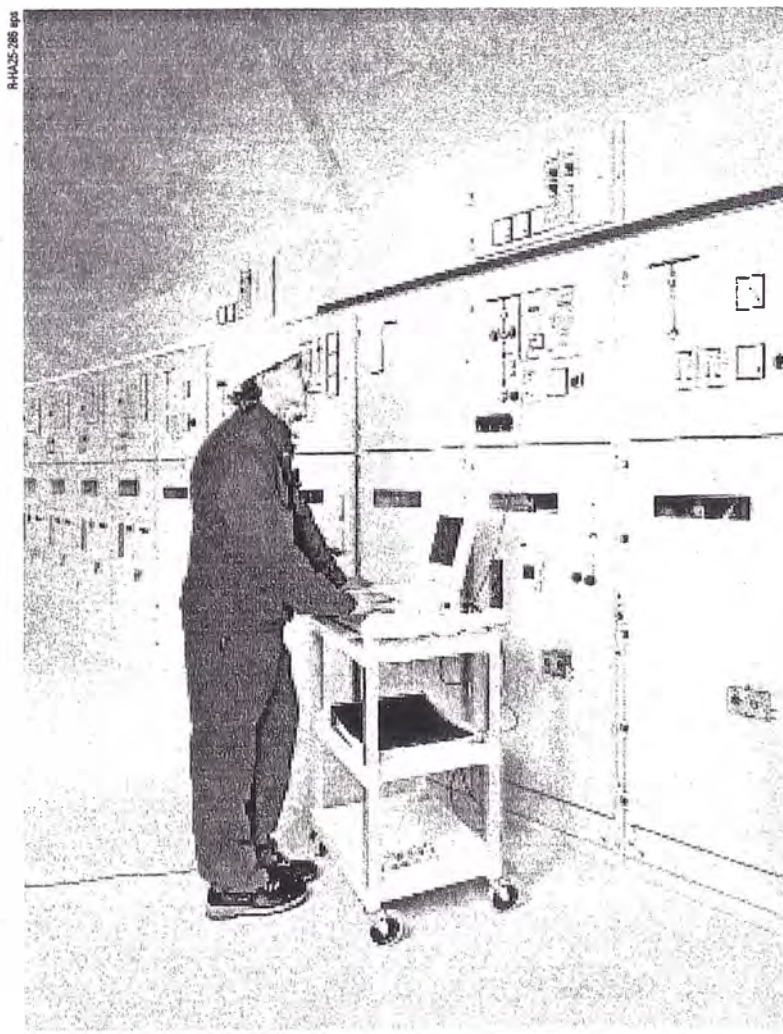
- verificación con comprobador usual de tensión según VDE 0681 Parte 4, pero con la puerta abierta

- Cierre y apertura del interruptor rápido de puesta a tierra con la puerta cerrada
- en la derivación y en la barra colectora:
accionamiento manual

Enclavamiento puerta/módulo extraíble

La puerta está integrada como sigue en el concepto de enclavamiento:

- La apertura sólo es posible con el módulo extraíble en posición de seccionamiento enclavada
- El desplazamiento del módulo extraíble desde la posición de seccionamiento a la posición de servicio sólo es posible con la puerta cerrada.



Seguridad para personas

Protección contra contactos directos y contra la penetración de cuerpos extraños

Las instalaciones 8BK20 garantizan tanto protección exterior como también interior.

- La protección exterior está garantizada mediante
 - blindaje completo de las celdas en todos los estados de servicio
- La protección interior está garantizada mediante
 - la compartimentación metálica interior con obturadores de acción forzada; blindaje del compartimiento de barras colectoras resistente a arcos internos a elección
 - las paredes de separación de celda a celda, a elección, resistente a arcos internos
- Grado de protección ejecución estándar IP4X /IP3XD.

Los grados de protección más elevadas como, por ejemplo, IP31D, IP50 e IP51 se pueden alcanzar mediante medidas aditivas.

Blindaje en chapa de acero resp. compartimentación de chapa de acero a prueba de arcos internos

Las instalaciones 8BK20 están probadas respecto a las repercusiones de un arco interno que pueda surgir, de acuerdo con las normas en vigor, para

- Protección hacia el exterior como seguridad para el personal de servicio
- A elección, resistencia interna contra arcos internos (superando las normas), es decir, las repercusiones de un arco interno se limitan como sigue:
 - no transmisión de la presión hacia las celdas contiguas
 - no transmisión de la presión desde el compartimiento del módulo extraíble o de conexión hacia el compartimiento de las barras colectoras (sólo vale para intensidades nominales de hasta 2500 A)
 - no transmisión de la presión desde el compartimiento de las barras colectoras hacia el compartimiento del módulo extraíble o de conexión (sólo vale para intensidades nominales de hasta 2500 A)

- Presostato
 - limitación de la duración del arco interno a un máximo de 100 ms
 - limitación de los daños y de las repercusiones de un arco interno a un mínimo
 - empleo recomendado con tiempos de escalonamiento > 0,5 s
 - es posible la comprobación del funcionamiento del presostato sin interrupción del servicio
 - disparo del interruptor de alimentación cuando actúa el presostato

Seguridad de servicio

Protección contra maniobras erróneas

Todos los enclavamientos están ejecutados como enclavamiento interrogatorio, es decir:

- La palanca de maniobra sólo se puede encajar, cuando se cumplen las condiciones del enclavamiento
- Por ello, no hay esfuerzos excesivos sobre las piezas mecánicas del enclavamiento

Resistencia a la tensión

La resistencia a la tensión de las celdas 8BK20 se asegura con las siguientes medidas:

- Distancias de aire suficientemente grandes entre los conductores y a tierra
- Formas favorables de los electrodos

Con esto se puede renunciar a cualquier aislamiento de los conductores.

Máxima independencia del medio ambiente

Se consigue una máxima independencia del medio ambiente mediante:

- Empleo de aisladores nervados de resina colada con elevada resistencia a capas extrañas
- Blindaje cerrado en todos los estados de servicio

Mantenimiento

El reducido gasto en mantenimiento se consigue gracias a:

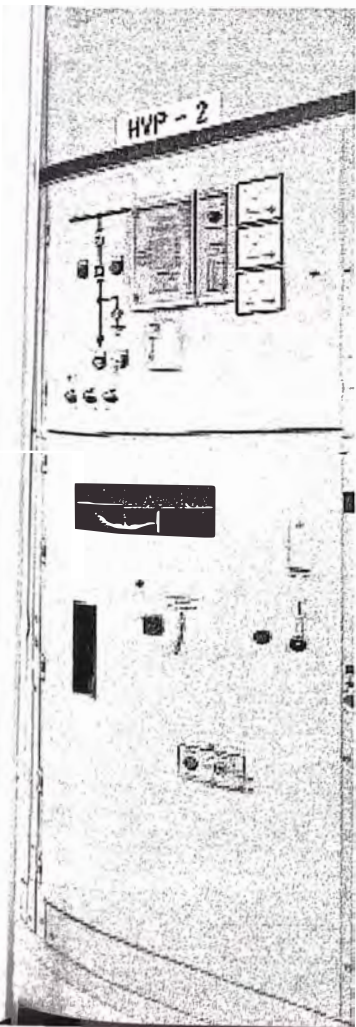
- Blindaje cerrado en todos los estados de servicio
- Empleo de acreditados aparatos de maniobra al vacío, exentos de mantenimiento

Disponibilidad

Adquisición sencilla de piezas para ampliaciones y reparaciones debido al empleo de:

- Aisladores normalizados
- Transformadores normalizados
- Aparatos al vacío de serie
- Perfiles de cobre usuales en el comercio
- Armario de baja tensión desmontable de hasta 15 kV con sistema de conexión enchufable

1



Instalación para módulos extraíbles con interruptor de potencia, tipo 8BK20

Manejo

Desplazamiento del módulo extraíble dentro de la celda

El módulo extraíble se puede desplazar con poca fuerza mediante accionamiento manual o por motor dentro de la celda con ayuda de:

- Accionamiento por husillo
- Rodillos con rodamientos de bolas

Desplazamiento del módulo extraíble fuera de la celda

El módulo extraíble se puede desplazar fuera de la celda fácilmente y sin problemas:

- Con carro central (véanse las figuras adjuntas)
- Con una persona
- Sin herramientas
- Independiente de la calidad del suelo

Pasos para el desplazamiento del módulo extraíble

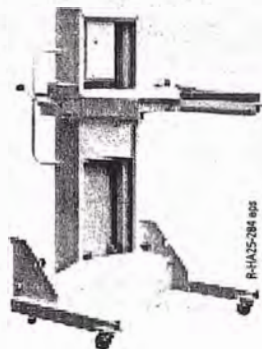
- Llevar el módulo extraíble a la posición de seccionamiento
- Abrir la puerta
- Soltar la conexión de baja tensión enchufada
- Desenclavar el módulo extraíble (la extracción involuntaria del módulo está bloqueada con un enclavamiento adicional)
- Acercar el carro central y enclavarlo a la celda (el enclavamiento adicional se anula forzosamente)
- Sacar el módulo extraíble sobre el carro central hasta el tope (el módulo se asegura contra la caída)
- Soltar el carro central con el módulo extraíble de la celda

Posibilidad de telemando

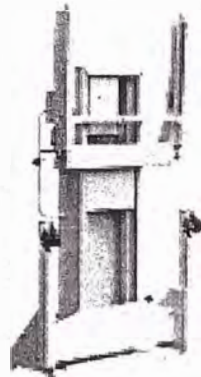
Se pueden controlar a distancia eléctricamente las siguientes funciones, por ejemplo, desde una sala de control:

- Desplazamiento del módulo extraíble con accionamiento por motor a la posición de seccionamiento o a la de servicio
- Cierre y apertura del aparato de maniobra

En este caso siempre está asegurado un mando manual local.



En estado de posicionamiento

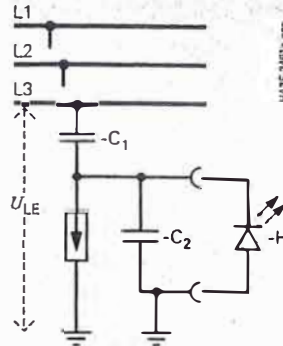


Plegado

Carro central

Carro central para el desplazamiento del módulo extraíble

- El módulo extraíble se puede depositar
- Estacionado plegable que ahorra espacio
- El módulo extraíble se enclava automáticamente sobre el carro central
- Los brazos portantes son regulables con una manivela hasta una altura máxima de
 - 1200 mm en instalaciones de 7,2/12/15 kV
 - 1430 mm en instalaciones de 17,5/24 kV
- Ruedas grandes, orientables
- Aplicable para todos los módulos extraíbles.



Legenda de la figura

-C₁
 Capacidad integrada en el transformador de intensidad o en el aislador

-C₂
 Capacidad de los cables de conexión y del indicador de tensión respecto a tierra

-H
 Indicador de tensión, enchufable

U_{LE}
 Tensión entre conductor y tierra

Verificación de la ausencia de tensión

Verificación de la ausencia de tensión

Con indicador de tensión según el sistema LRM (Low Resistance Modified), según E VDE 0682 Parte 415:

- Verificación de la ausencia de tensión por fases
- Aparato indicador apropiado para servicio continuo
- Seguro contra contactos directos
- Comprobado uno a uno en fábrica
- Sistema de medición e indicador de tensión verificables
- El indicador de tensión parpadea si hay alta tensión

Condiciones de enclavamiento

Se pueden ejecutar las siguientes operaciones tan pronto como se cumplan las condiciones de enclavamiento estándar indicadas a continuación:

- Desplazamiento del módulo extraíble desde la posición de seccionamiento a la posición de servicio:
 - conexión de baja tensión enchufada
 - puerta de alta tensión cerrada 1)
 - interruptor de potencia en posición DES
 - interruptor rápido de puesta a tierra en posición DES 1)
- Desplazamiento del módulo extraíble desde la posición de servicio a la posición de seccionamiento:
 - interruptor de potencia en posición DES
 - interruptor rápido de puesta a tierra en posición DES 1)
- Maniobra del interruptor de potencia: módulo extraíble en posición final enclavada
- Maniobra del interruptor rápido de puesta a tierra:
 - módulo extraíble en posición de seccionamiento enclavada 1)
- Apertura de la puerta de alta tensión:
 - módulo extraíble en posición de seccionamiento enclavada 1)

1)

Enclavamientos adicionales que superan los de VDE 0670 Parte 6 o los de IEC 60298.

Datos eléctricos

Celda con módulo extraíble con interruptor de potencia al vacío

Celda con módulo extraíble de seccionador

Acoplamiento longitudinal

Celda con conexión de barras colectoras tipo I y tipo II

Tensión nominal		kV	7,2	12	15 ¹⁾	17,5	24
Ancho		mm	800	800	800	1000	1000
Tensión nominal alterna de breve duración		kV	20	28	36	38	50
Tensión nominal de choque por rayo		kV	60	75	95	95	125
Intensidad nominal de corte en cortocircuito		máx. kA	50	50	50	25	25
Intensidad nominal de breve duración	1 s	máx. kA	50	50	50	25	25
	3 s	máx. kA	40	40	40	25	25
Intensidad nominal de cierre en cortocircuito/ Intensidad nominal de choque		máx. kA	125	125	125	63	63
Intensidad nominal de servicio de barras colectoras		máx. A	4000	4000	4000	2500	2500
Intensidad nominal de servicio de las derivaciones		máx. A	4000	4000	4000	2000	2000

Celda con módulo extraíble con interruptor de carga al vacío

Tensión nominal		kV	7,2	12	15 ¹⁾	17,5	24
Ancho		mm	800	800	800	1000	1000
Tensión nominal alterna de breve duración		kV	20	28	36	38	50
Tensión nominal de choque por rayo		kV	60	75	95	95	125
Intensidad nominal de breve duración	1 s	máx. kA	50/20 ²⁾	50/20 ²⁾	50/20 ²⁾	25/16 ²⁾	25/16 ²⁾
	3 s	máx. kA	40/20 ²⁾	40/20 ²⁾	40/20 ²⁾	25/16 ²⁾	25/16 ²⁾
Intensidad nominal de cierre en cortocircuito/ Intensidad nominal de choque		máx. kA	25/50 ²⁾	125/50 ²⁾	125/50 ²⁾	63/40 ²⁾	63/40 ²⁾
Intensidad nominal de servicio de barras colectoras		máx. A	4000	4000	4000	2500	2500
Intensidad nominal de servicio de las derivaciones		máx. A	630	630	630	630	630
Dimensiones de los fusibles HH		mm	292	292	292	442	442

Celda de medición

Tensión nominal		kV	7,2	12	15 ¹⁾	17,5	24
Ancho		mm	800	800	800	1000	1000
Tensión nominal alterna de breve duración		kV	20	28	36	38	50
Tensión nominal de choque por rayo		kV	60	75	95	95	125
Intensidad nominal de breve duración	1 s	máx. kA	50	50	50	25	25
	3 s	máx. kA	40	40	40	25	25
Intensidad nominal de choque		máx. kA	125	125	125	63	63
Intensidad nominal de servicio de barras colectoras		máx. A	4000	4000	4000	2500	2500

Celda con transformador de puesta a tierra

Tensión nominal		kV	7,2	12			
Ancho		mm	800	800			
Tensión nominal alterna de breve duración		kV	20	28			
Tensión nominal de choque por rayo		kV	60	75			
Intensidad nominal de breve duración	1 s	máx. kA	50	50			
	3 s	máx. kA	40	40			
Intensidad nominal de cierre en cortocircuito/ Intensidad nominal de choque		máx. kA	125	125			
Intensidad nominal de servicio de barras colectoras		máx. A	4000	4000			

1) Sobre demanda 17,5 kV con la correspondiente capacidad de aislamiento. 2) En empleo sin fusibles HH.

Datos técnicos

Dimensiones

Dimensiones de las celdas

Tensión nominal		kV	7,2	12	15 ¹⁾	17,5	24	
Ancho (anchura)		mm	800	800	800	1000	1000	
Altura (estándar)		mm	2050	2050	2050	2250	2250	
con armario superior adicional de baja tensión		mm	2450	2450	2450	2650	2650	
con conexión del cable a la barra colectora		mm	2550	2550	2550	2750	2750	
en caso de montaje de chapas deflectoras para el cumplimiento de los criterios 1 a 6, con duración del arco interno 1 s		20 kA	mm	2050	2050	2050	2530	2530
		≥ 25 kA	mm	2450	2450	2450	2530	2530
Pro- fun- di- dad	Celda de barras colectoras simples	Conexión frontal, montaje en pared ²⁾	mm	1650	1650	1650	2025	2025
		Conexión frontal, montaje aislado ²⁾	mm	1775	1775	1775	2150	2150
		Conexión posterior, montaje aislado ²⁾	mm	1775	1775	1775	2150	2150
	Celda de barras colectoras dobles	Con montaje espalda a espalda	mm	3560 ³⁾	3560 ³⁾	3560 ³⁾	4310	4310

Dimensiones de montaje útiles del armario de baja tensión

Tensión nominal		kV	7,2	12	15 ¹⁾	17,5	24
Ancho		mm	800	800	800	1000	1000
Armario estándar	Anchura	mm	680	680	680	880	880
	Altura	mm	680	680	680	680	680
	Profundidad	mm	450	450	450	450	450
Armario superior adicional	Anchura	mm	680	680	680	880	880
	Altura	mm	380	380	380	380	380
	Profundidad	mm	420	420	420	420	420

Alturas de montaje útiles para cable de alta tensión

Dimensión interior de montaje entre el agujero en la lengüeta de conexión y la sujeción en el portacables.

Tensión nominal		kV	7,2	12	15 ¹⁾	17,5	24
Ancho		mm	800	800	800	1000	1000
Ejecución estándar	Conexión frontal	aprox. mm	425	425	425	520	520
	Conexión posterior	aprox. mm	600	600	600	650	650
Ejecución estándar con cubeta de suelo ahondada	Conexión frontal	aprox. mm	625	625	625	720	720
	Conexión posterior	aprox. mm	800	800	800	850	850

- 1) Sobre demanda 17,5 kV con la correspondiente capacidad de aislamiento.
- 2) Véanse también la sección "Conexión de la celda", página 19.
- 3) Profundidad 3960 mm con intensidad nominal de corte en cortocircuito 50 kA.

Datos constructivos

Planificación del local

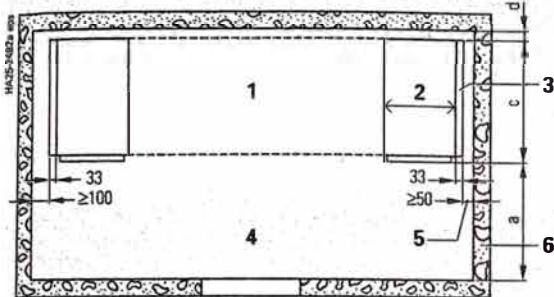
Para la planificación del local de la instalación, hay que tener en cuenta las indicaciones dadas en las figuras y tablas contiguas.

Leyenda de las figuras

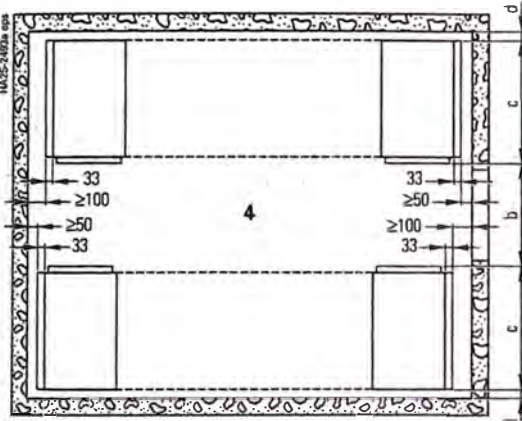
- 1 Instalación 8BK20
- 2 Ancho de la celda
- 3 Terminación de la instalación
- 4 Pasillo de servicio en el lado frontal
- 5 Distancia a la pared
- 6 Pared del edificio

Datos constructivos

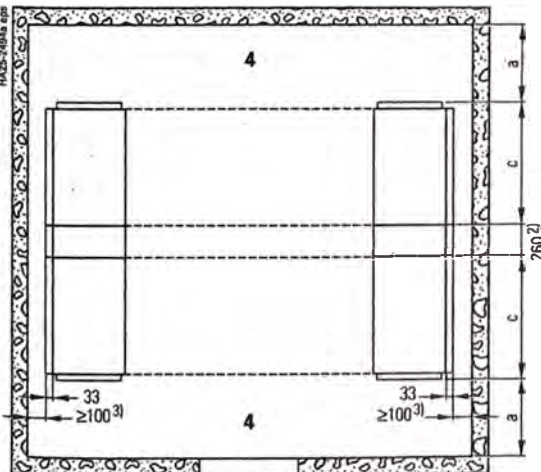
Dimensiones del local (altura mínima del local 2800 mm ¹⁾)
(véanse también las tablas contiguas)



Montaje en una fila (vista de planta)
para instalaciones de barras colectoras simples



Montaje frente a frente (vista de planta)
para instalaciones de barras colectoras simples y dobles



Montaje espalda a espalda (vista de planta)
para instalaciones de barras colectoras dobles

Montaje en una fila y montaje frente a frente

Posición de la conexión	Descarga de presión del compartimiento de conexión	Canal de descarga de presión en el lado posterior	Montaje	Dimensión			
				a	b	c	d

con tensión nominal 7,2/12/15 kV

lado anterior	hacia abajo	sin	pared	≥1100	≥1300	1650	50
	hacia atrás	sin	pared	≥1100	≥1300	1650	150
	hacia arriba	con	pared/libre	≥1100	≥1300	1775	≥50 ⁴⁾
lado posterior	hacia arriba	con	libre	≥1100	≥1300	1775	≥500

con tensión nominal 17,5/24 kV

lado anterior	hacia abajo	sin	pared	≥1400	≥1500	2025	50
	hacia atrás	sin	pared	≥1400	≥1500	2025	150
	hacia arriba	con	pared/libre	≥1400	≥1500	2150	≥50
lado posterior	hacia arriba	con	libre	≥1400	≥1500	2150	≥500

Montaje espalda a espalda

Posición de la conexión	Descarga de presión del compartimiento de conexión	Canal de descarga de presión en el lado posterior	Montaje	Dimensión	
				a	c

con tensión nominal 7,2/12/15 kV

lado anterior	hacia arriba	con	libre	≥1100	1650
---------------	--------------	-----	-------	-------	------

con tensión nominal 17,5/24 kV

lado anterior	hacia arriba	con	libre	≥1400	2025
---------------	--------------	-----	-------	-------	------

Carga del techo

Celdas de barras colectoras simples o celdas de barras colectoras dobles en montaje frente a frente
Peso de cada celda individual

Celdas de barras colectoras dobles en montaje espalda a espalda, equipadas con dos interruptores de potencia
Peso

con tensión nominal 7,2/12/15 kV

700 hasta 1200 kg	1400 hasta 2000 kg
-------------------	--------------------

con tensión nominal 17,5/24 kV

800 hasta 1000 kg	1600 hasta 2000 kg
-------------------	--------------------

Fijación

La instalación se puede sujetar por:

- Atornillado a los perfiles de fundación
- Soldadura a los perfiles de fundación

Posición de los perfiles de fundación

La posición de los perfiles de fundación está determinada por puntos de sujeción en el bastidor base de las celdas de conexiones. Sobre demanda indicaciones más detalladas.

1) Con alturas bajas del local es necesario consultar.
2) Para instalaciones de 8BK20 hasta 15 kV e intensidad nominal de corte en cortocircuito de 50 kA, es necesario consultar.
3) En un lado es necesario un pasillo de servicio de 1200 mm de ancho para el desplazamiento del módulo extraíble.

4) En instalaciones para intensidad nominal de corte en cortocircuito de 50 kA con 7,2/12/15 kV, la conexión sólo es realizable desde delante y con canal en el lado posterior. La distancia a la pared en el lado posterior debe ascender como mínimo a 500 mm. Por parte del constructor se deben prever paredes de cierre laterales para esta distancia a la pared.

Datos técnicos

Datos de transporte

Grupos de transporte

Para poder definir los grupos de transporte hay que considerar lo siguiente:

- Posibilidades de transporte en la obra
- Dimensiones y pesos de transporte
- Tamaño de las aberturas de las puertas en el edificio

Grupo de transporte	Tensión nominal, ancho (anchura)	
	7,2/12/15 kV 800 mm	17,5/24 kV 1000 mm
Celdas de barras colectoras simples o celdas individuales de una instalación de barras colectoras dobles para montaje frente a frente	máx. 3 celdas	máx. 3 celdas
Celdas de barras colectoras dobles con montaje espalda a espalda	máx. 2 celdas dobles	máx. 2 celdas dobles

Embalaje

Lugar de destino	Medio de transporte	Clase de embalaje
Alemania o país europeo	Ferrocarril y camión	Celdas sobre paletas y embalaje abierto, con lámina protectora de PE que se estira sobre las celdas
Ultramar	Barco	Celdas sobre paletas en caja cerrada con lámina protectora de PE soldada por las partes superior e inferior, con bolsas de agente desecante, con piso de madera cerrado estanco; tiempo máximo de almacenamiento 6 meses

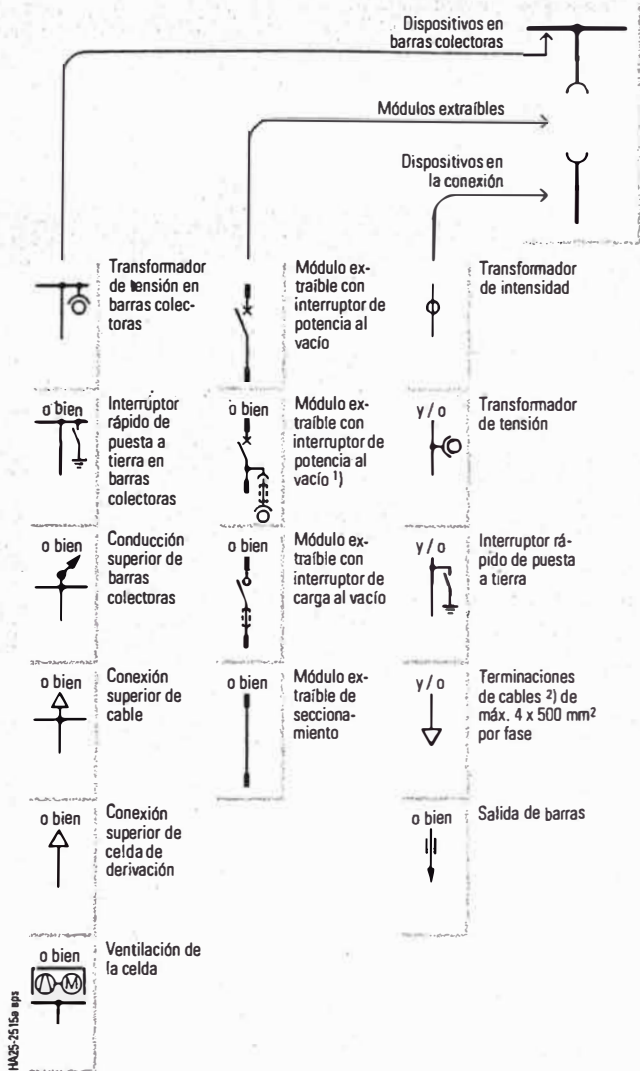
Dimensiones y pesos de transporte

Lugar de destino	Tensión nominal	Cantidad de celdas por cada grupo de transporte	Dimensiones, volúmenes, pesos				
			Anchura m	Profundidad m	Altura m	Volumen m ³	Peso bruto aprox.
Alemania o país europeo	Conexión frontal, sin canal de descarga de presión en el lado posterior						
	7,2/12/15 kV	1 celda	1,06	1,90	2,25	4,53	770
		2 celdas	1,90	1,90	2,25	8,12	1540
		3 celdas	2,66	1,90	2,25	11,37	2300
	17,5/24 kV	1 celda	1,26	2,27	2,45	7,00	1100
		2 celdas	2,27	2,27	2,45	12,63	2200
		3 celdas	3,26	2,27	2,45	18,13	3250
	Conexión frontal o posterior, con canal de descarga de presión posterior						
	7,2/12/15 kV	1 celda	1,06	2,08	2,25	4,96	770
		2 celdas	1,90	2,08	2,25	8,90	1530
		3 celdas	2,66	2,08	2,25	12,48	2300
	17,5/24 kV	1 celda	1,26	2,44	2,45	7,53	1100
2 celdas		2,27	2,44	2,45	13,57	2200	
3 celdas		3,26	2,44	2,45	19,50	3250	
Montaje espalda a espalda¹⁾							
7,2/12/15 kV	1 celda doble	1,06	4,00	2,30	9,75	1390	
	2 celdas dobles	1,90	4,00	2,30	17,48	2780	
	17,5/24 kV	1 celda doble	1,26	4,70	2,55	15,10	2050
	2 celdas dobles	2,27	4,70	2,55	27,10	4100	
Ultramar	Conexión frontal, sin canal de descarga de presión posterior						
	7,2/12/15 kV	1 celda	1,06	1,90	2,41	4,85	1050
		2 celdas	1,90	1,90	2,41	8,65	1880
		3 celdas	2,66	1,90	2,41	12,15	2730
	17,5/24 kV	1 celda	1,26	2,27	2,61	7,65	1450
		2 celdas	2,27	2,27	2,61	13,44	2650
		3 celdas	3,26	2,27	2,61	19,31	3860
	Conexión frontal o posterior, con canal de descarga de presión posterior						
	7,2/12/15 kV	1 celda	1,06	2,08	2,41	5,31	1080
		2 celdas	1,90	2,08	2,41	9,47	1930
		3 celdas	2,66	2,08	2,41	13,30	2770
	17,5/24 kV	1 celda	1,26	2,44	2,61	8,03	1500
2 celdas		2,27	2,44	2,61	14,44	2700	
3 celdas		3,26	2,44	2,61	20,74	3900	
Montaje espalda a espalda¹⁾							
7,2/12/15 kV	1 celda doble	1,06	4,00	2,46	10,43	1950	
	2 celdas dobles	1,90	4,00	2,46	18,70	3460	
	17,5/24 kV	1 celda doble	1,26	4,70	2,70	16,00	2750
	2 celdas dobles	2,27	4,70	2,70	28,81	5000	

1) En el caso de equipamiento con 2 módulos extraibles con interruptores de potencia, aumentan los pesos brutos en 180 kg cada vez. En instalaciones para intensidad nominal de corte en cortocircuito de 50 kA con 7,2/12/15 kV, aumenta la profundidad en 0,4 m. El volumen se modifica proporcionalmente.

Celdas con barras colectoras simples

Celda con módulo extraíble



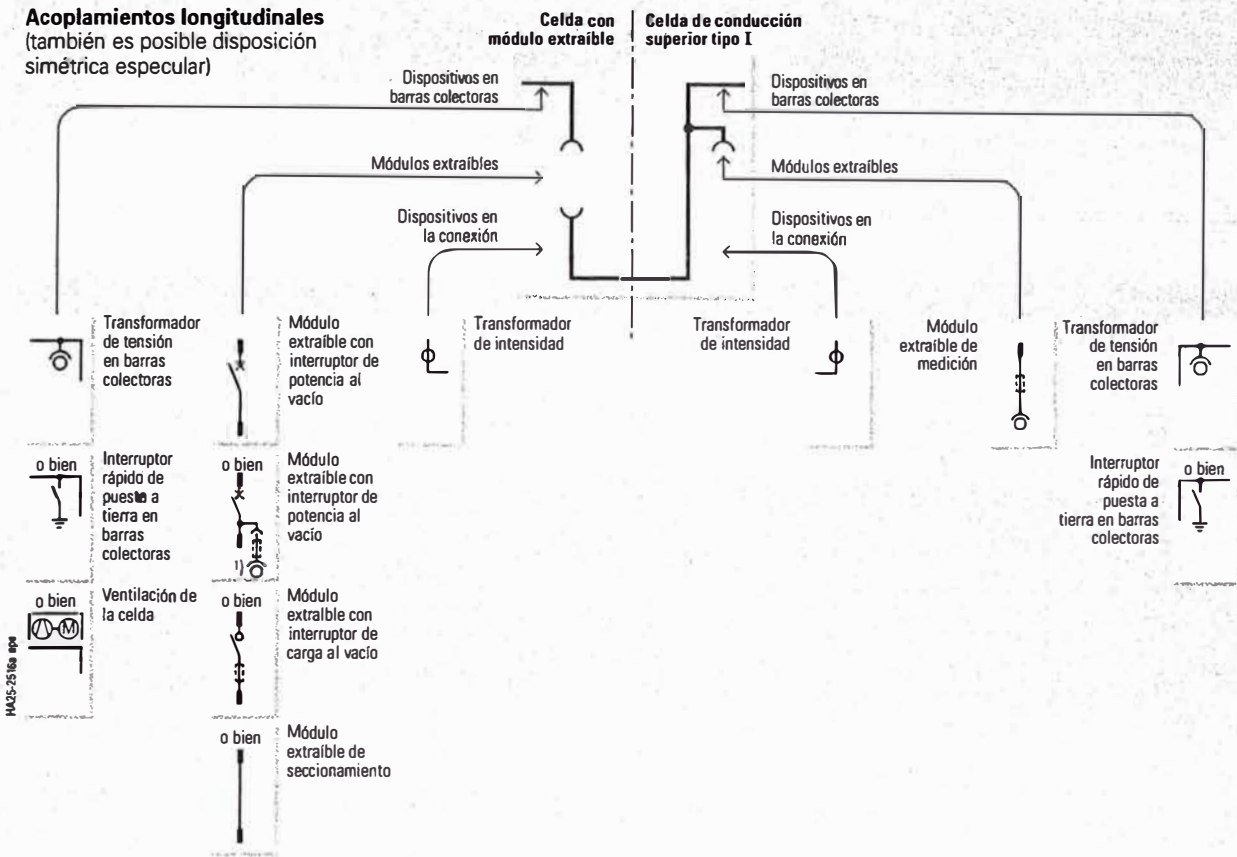
3

1) Para la medición de la tensión en la conexión de la celda, véanse también la página 19.

2) Las indicaciones se refieren a terminaciones de cables monofásicas Siemens convencionales para cable VPE o producto de otro fabricante de dimensiones similares.

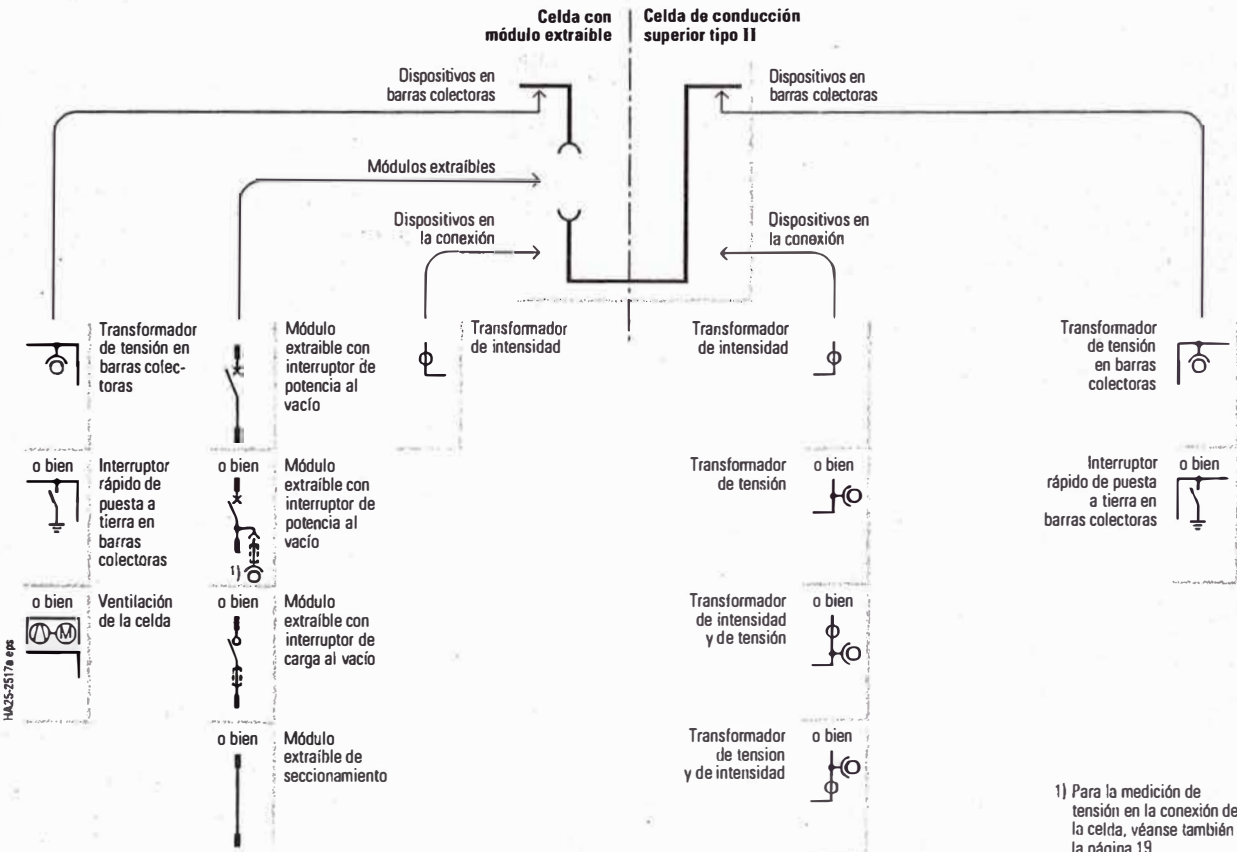
Celdas con barras colectoras simples

Acoplamiento longitudinal
 (también es posible disposición
 simétrica especular)



3

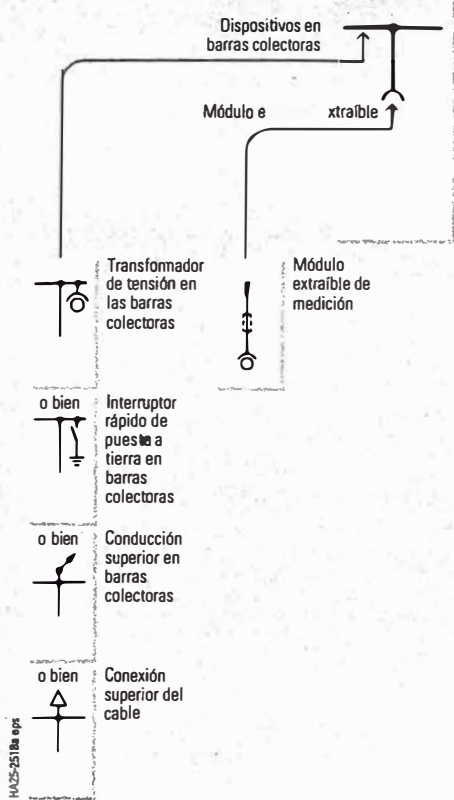
Celda con módulo extraíble | **Celda de conducción superior tipo II**



1) Para la medición de tensión en la conexión de la celda, véanse también la página 19.

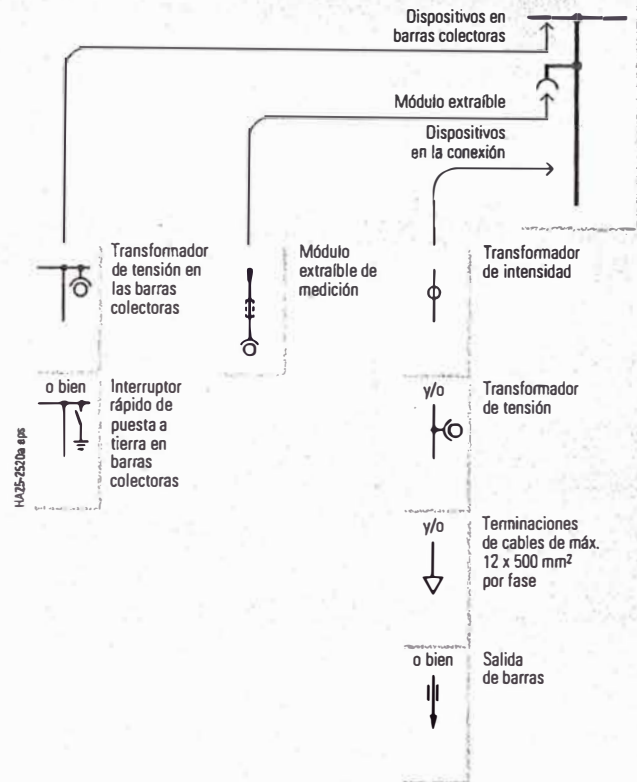
Celdas con barras colectoras simples

Celda de medición con módulo extraíble de medición



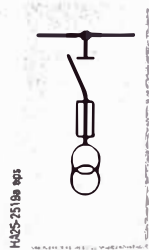
Celdas de barras colectoras

Tipo I

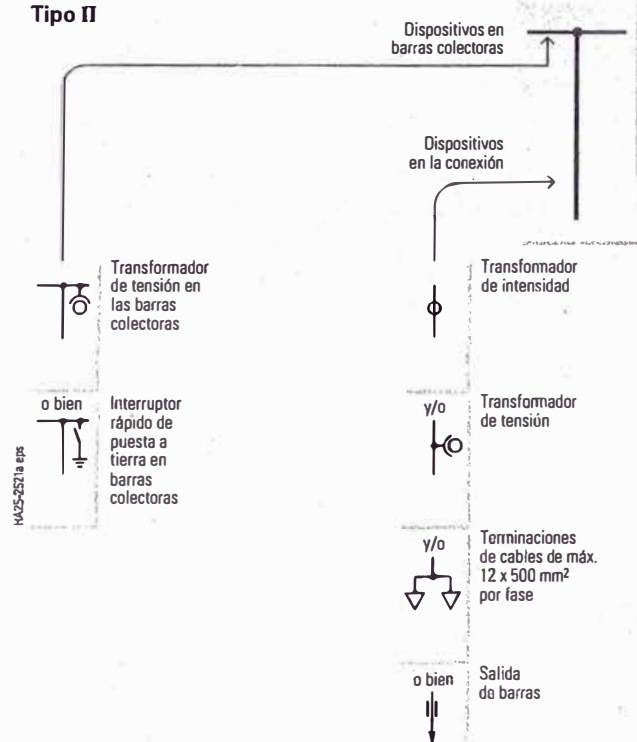


3

Celda con transformador de puesta a tierra



Tipo II



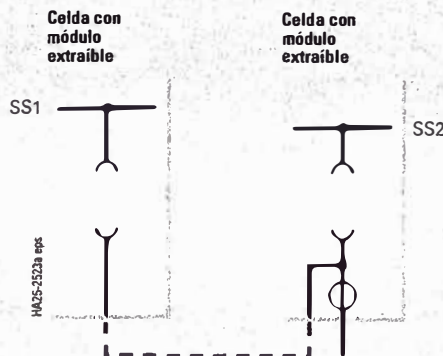
Celdas con barras colectoras dobles

Las instalaciones de maniobra con barras colectoras dobles 8BK20 se componen de las celdas con barras colectoras simples del programa. Estas celdas se pueden realizar en

- Montaje frente a frente
- Montaje espalda a espalda

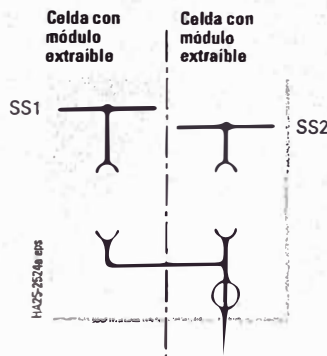
Montaje frente a frente

- Celdas del programa de suministro de instalaciones con barras colectoras simples
- Conexión de las dos filas de instalaciones con cables o barras por debajo de las celdas
- Acoplamiento transversal compuesto de
 - celda con módulo extraíble
 - celda con conexión a barras colectoras



Montaje espalda a espalda

- Celdas del programa de suministro de instalaciones con barras colectoras simples
- Conexión de las dos filas de instalaciones con barras dentro de las celdas
- Acoplamiento transversal compuesto de
 - celda con módulo extraíble, pero sólo con transformadores de intensidad y con una celda especial de conducción superior para acoplamiento transversal
 - dispositivos en la barra colectoras como en el acoplamiento longitudinal de una instalación de barras colectoras simples



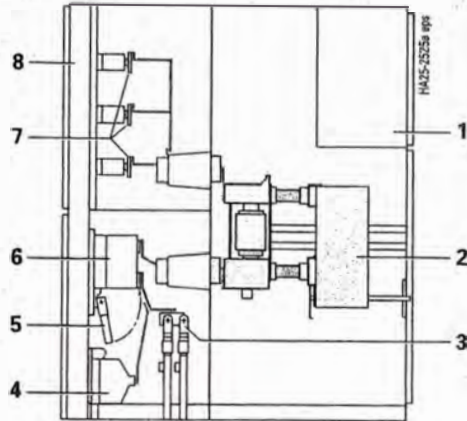
SS1 = Sistema de barras colectoras 1
 SS2 = Sistema de barras colectoras 2

Construcción básica de la celda

Celda de barras colectoras simple

Montaje en una fila

- 1 Armario de baja tensión
- 2 Módulo extraíble con interruptor de potencia al vacío
- 3 Conexión del cable
- 4 Transformador de tensión
- 5 Interruptor rápido de puesta a tierra
- 6 Transformador de intensidad
- 7 Barras colectoras
- 8 Canal para descarga de la presión en el lado posterior (opción)



Montaje en una fila

Celdas de barras colectoras dobles

Montaje frente a frente

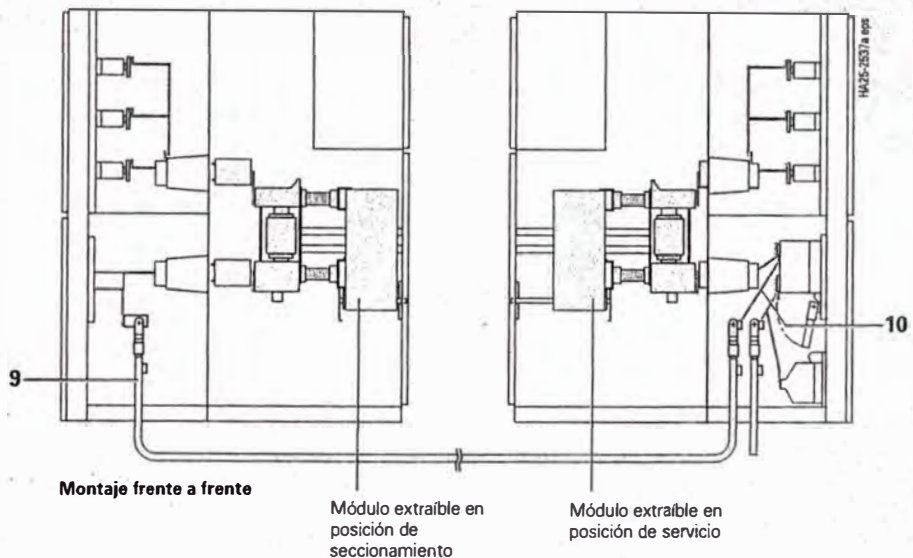
Para 1 hasta 8 véanse arriba

- 9 Conexión por cable o por barra de las dos celdas por debajo de la instalación (en el sótano de cables)
- 10 Lengüeta de conexión especial

Montaje espalda a espalda

Para 1 hasta 8 véanse arriba

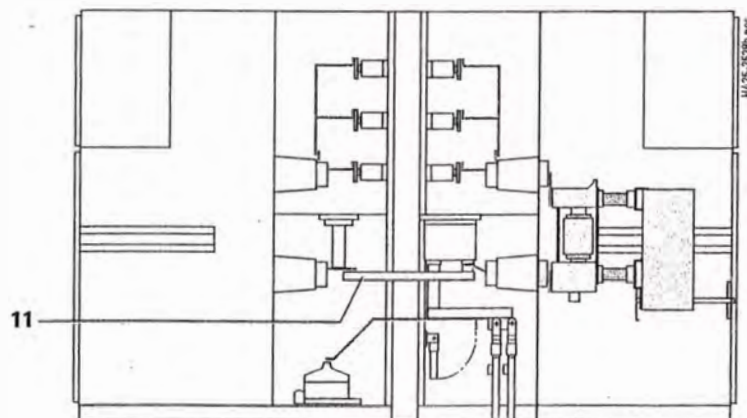
- 11 Unión por barras de las dos celdas dentro de los blindajes



Montaje frente a frente

Módulo extraíble en posición de seccionamiento

Módulo extraíble en posición de servicio



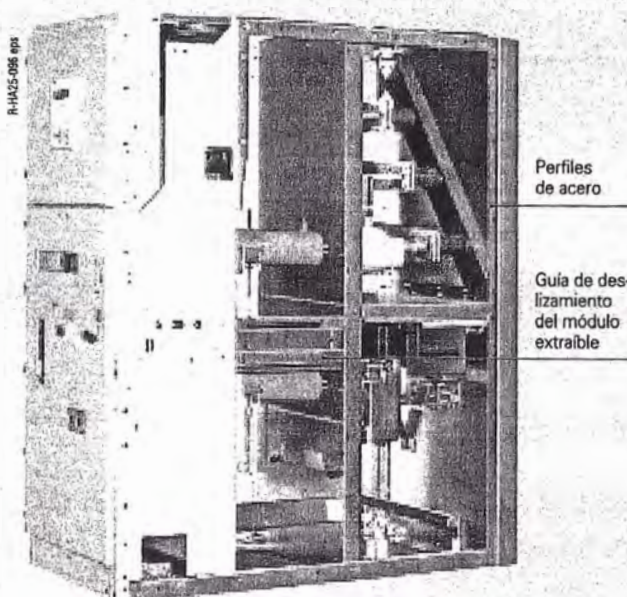
E Montaje espalda a espalda

Parte de alta tensión

Bastidor

Construcción

- Perfiles y chapas de acero atornillados
- Guías para recibir el módulo extraíble
- Cubierta inferior suministrable a elección
- Tratamiento superficial
 - perfiles y chapas de acero galvanizados
 - puertas y marcos frontales con recubrimiento de pintura en polvo, color gris (RAL 7032)
 - paredes laterales de cierre de las celdas con recubrimiento de pintura en polvo, color gris (RAL 7032)



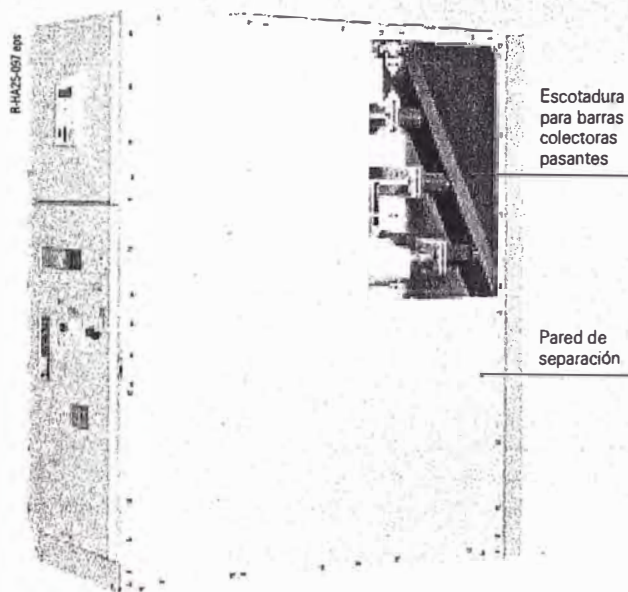
Celda con pared de separación desmontada

Paredes de separación

Las paredes de separación separan las celdas contiguas.

Construcción

- Chapa de acero galvanizada
- Con escotadura para barras colectoras pasantes
- Placa de paso con pasatapas de resina colada como compartimentación transversal de las barras colectoras suministrable a elección
- Grado de protección respecto a las celdas contiguas: IP4X/IP3XD
- Opcionalmente en ejecución resistente a los arcos internos



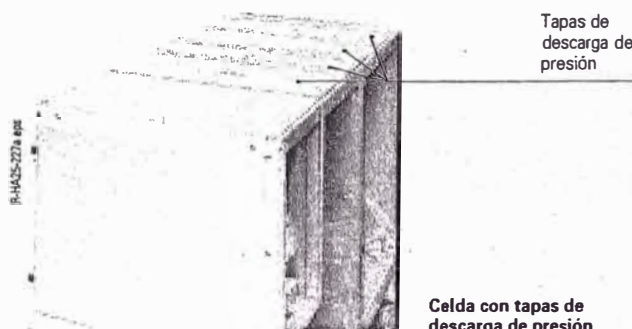
Celda con pared de separación

Descarga de presión

Mediante la apertura de las tapas de descarga de presión se reduce la sobrepresión en la celda en caso de que se presente un arco interno.

Construcción

- Chapa de acero galvanizada
- Asegurada contra una apertura involuntaria desde el exterior
- Tapas de descarga de presión separadas para los compartimientos de barras colectoras, del módulo extraíble y de conexión



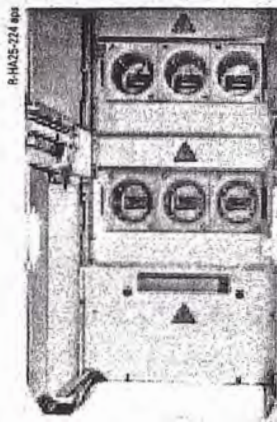
Celda con tapas de descarga de presión

Parte de alta tensión

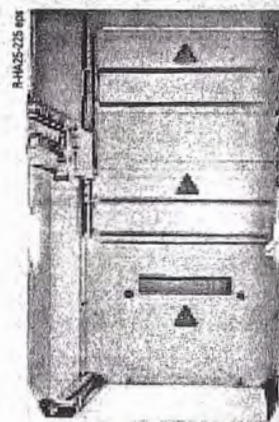
Compartimentación

Construcción

- Chapas de acero atornilladas en ejecución galvanizada subdividen la celda en
 - compartimiento de barras colectoras
 - compartimiento del módulo extraíble
 - compartimiento de conexión
- Grado de protección entre los diferentes compartimientos: IP4X/IP3XD
- Compartimentación completa también con módulo extraíble en posición de servicio gracias a pasatapas de vaso incorporados
- Contracontactos superiores e inferiores sujetos en los pasatapas de vaso
- Obturadores metálicos de maniobra forzosa para la apertura o cierre de los pasatapas de vaso al desplazar el módulo extraíble
- Obturadores metálicos que se pueden bloquear cuando el módulo extraíble está sacado
- Tabique superior (acceso a las barras colectoras) e inferior (acceso a los cables), desatornillables independientes entre sí
- Opcionalmente, compartimiento de barras colectoras resistente a arcos internos



Obturadores metálicos abiertos (ningún estado de servicio)

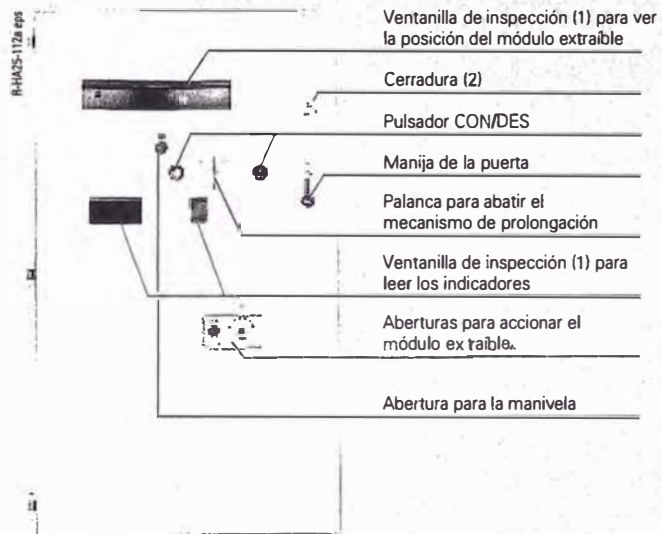


Obturadores metálicos cerrados

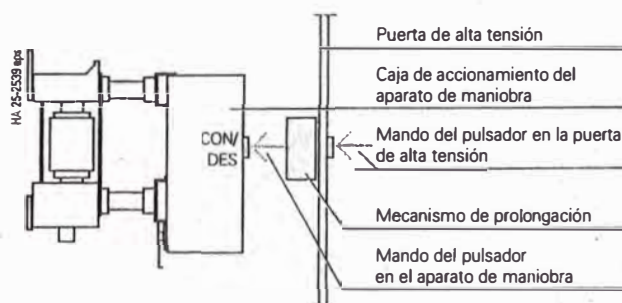
Compartimiento del módulo extraíble

Puerta de alta tensión

- Ventanilla de inspección (1)
 - resistente a la presión
 - para el reconocimiento de la posición del módulo extraíble
 - para leer el indicador de posición CON/DES del aparato de maniobra, del contador del número de maniobras y de la indicación "resorte de cierre tensado"
- Cerradura (2)
 - para el bloqueo o desbloqueo de la puerta de alta tensión (bajo consideración de las condiciones de enclavamiento) con llave de enclavamiento
- Abertura para la manivela
 - manivela para el tensado de los resortes de accionamiento del aparato de maniobra
 - la abertura se cierra automáticamente
- Manija de la puerta
 - al subirla, se abre la puerta después de desenclavar la cerradura; al bajarla, se cierra (teniendo en cuenta las condiciones de enclavamiento)
- Pulsador CON/DES del aparato de maniobra
 - maniobra CON/DES con el módulo extraíble en posición de servicio: con la puerta cerrada, mecánicamente con pulsadores y mecanismo de prolongación plegable para accionar los pulsadores
 - maniobra CON/DES con el módulo extraíble en posición de seccionamiento: con la puerta cerrada, mecánicamente con pulsadores (acción directa)
- Palanca para abatir el mecanismo de prolongación (véanse en la figura contigua el modo de acción)
- Aberturas para el accionamiento del módulo extraíble
 - para la manivela de desplazamiento del módulo extraíble (teniendo en cuenta las condiciones de enclavamiento)
 - para la llave de enclavamiento del módulo extraíble (la misma llave que para la puerta de alta tensión).



Puerta de alta tensión (por ejemplo, para celda con interruptor de potencia al vacío 3AH)



Mecanismo de prolongación abatible para mando del pulsador

Parte de alta tensión

Barras colectoras (pletina de cobre, comercial)

Sujeción de las barras colectoras

- Sobre aisladores nervados de resina colada, comerciales
- Barras colectoras atornilladas, longitud de las barras colectoras de acuerdo con el ancho de la celda

Compartimentación

- Tabiques de metal a los compartimientos de módulo extraíble y de conexión con grado de protección IP4X/IP3XD
- Compartimiento de barras colectoras pasante a lo largo de toda la instalación; son posibles tabiques transversales respecto a las celdas contiguas
- Opcionalmente, compartimiento de barras colectoras resistente a arcos internos posible

Aislamiento

- No es necesario aislamiento de las barras colectoras, pues la resistencia a la tensión también está garantizada sin aislamiento
- Opcionalmente, el aislamiento de las barras colectoras hasta los contracontactos superiores posible

Dispositivos en barras colectoras (opciones)

A elección, se pueden suministrar los siguientes dispositivos en las barras colectoras – al lado está representado un ejemplo de celda con módulo extraíble y con interruptor de potencia al vacío – sin afectar a la descarga de presión:

Transformador de tensión 4MR

- Aislado con resina colada
- Máx. 3 unidades unipolares o 2 unidades bipolares

Interruptor rápido de puesta a tierra

- Con accionamiento manual
- A elección, bloqueable o enclavable electro-magnéticamente

Conducción superior de las barras colectoras

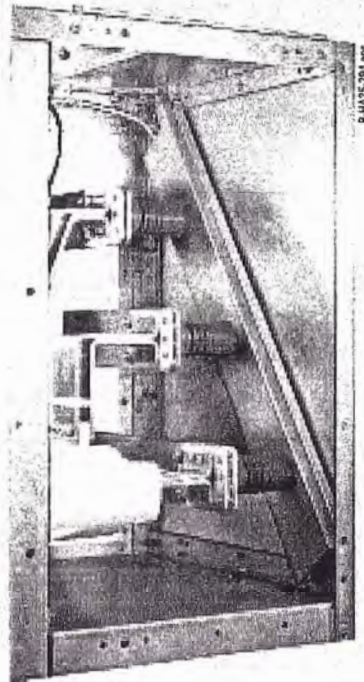
- Intensidad nominal de servicio de acuerdo con la intensidad nominal de servicio máxima de las barras colectoras
- Barras de conexión sujetas en 3 aisladores
- Se puede adaptar el canal necesario para las barras

Conexión superior del cable

- Cable VPE unifilar de $2 \times 500 \text{ mm}^2$ como máximo por fase ¹⁾
- Con cajas de conexión de cables y portacables

Conexión superior de la celda ramal

- Cable VPE unifilar de $2 \times 500 \text{ mm}^2$ como máximo por cada conductor ¹⁾
- Conexión del cable dentro de la celda, con portacables



Compartimiento de
barras colectoras

¹⁾ Las indicaciones se refieren a terminaciones de cables Siemens convencionales o a productos de otros fabricantes con dimensiones similares.

Parte de alta tensión

Conexión de la celda

- Conexión de cables o barras a transformadores de intensidad o a aisladores
- Variantes de conexión y disposición, de acuerdo con las figuras
- Puesta a tierra y cortocircuitado por medio del interruptor de puesta a tierra directamente en el punto de conexión
- Transformadores de tensión montados fijos en la zona de protección de transformadores de intensidad

Dispositivos en la conexión de la celda (opciones)

Opcionalmente, se pueden suministrar los siguientes dispositivos en la conexión de la celda, según los correspondientes documentos de planificación:

Conexión

- Conexión de cables VPE unifilar de 4 x 500 mm² como máximo por cada conductor con terminaciones de cables Siemens o productos con dimensiones similares
- O conexión para terminaciones enchufables a prueba de contacto, inclusive cubierta inferior
- O conexión de barras: pletina de cobre con pasatapas, opcionalmente con cubierta inferior o barras totalmente aisladas inclusive cubierta inferior

Transformador de intensidad de apoyo 4MA

- Aislado con resina colada
- Forma constructiva estrecha según DIN 42600
- Máx. 3 unidades

Transformador de tensión 4MR

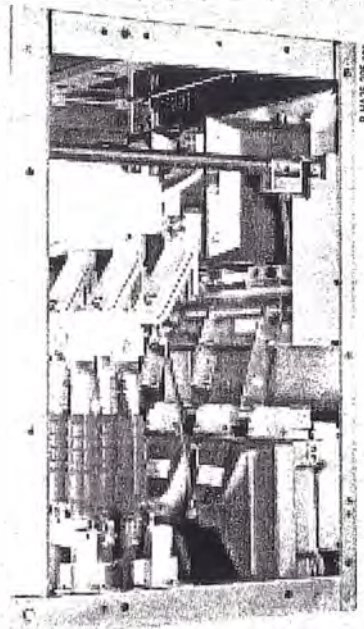
- Aislado con resina colada
- Máx. 3 unidades unipolares o 2 unidades bipolares
- Montado fijo, sin fusibles en el primario
- Extraíble, opcionalmente con fusibles primarios toma de tensión en el interruptor de potencia, puesta a tierra automática de las conexiones primarias o desconexión de las conexiones secundarias en caso de acceso a los transformadores de tensión

Interruptor rápido de puesta a tierra

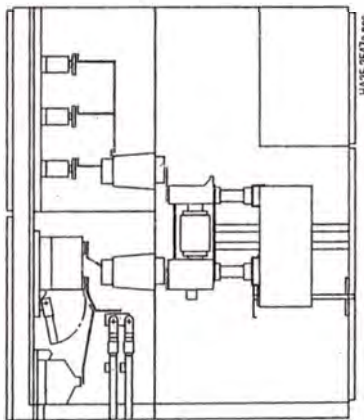
- Con accionamiento manual
- Aditivo al enclavamiento estándar interruptor de puesta a tierra / módulo extraíble, opcionalmente se puede bloquear mecánicamente o enclavar electro-magnéticamente

Descargador o limitador de sobretensión

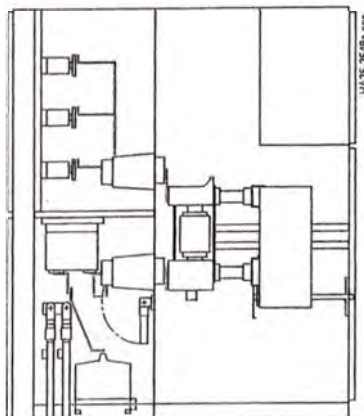
- Descargador para la protección de la instalación contra sobretensiones externas
- Limitador para la protección de los consumidores contra sobretensiones de maniobra
- Máximo 3 unidades



Compartimiento de conexión



Conexión frontal

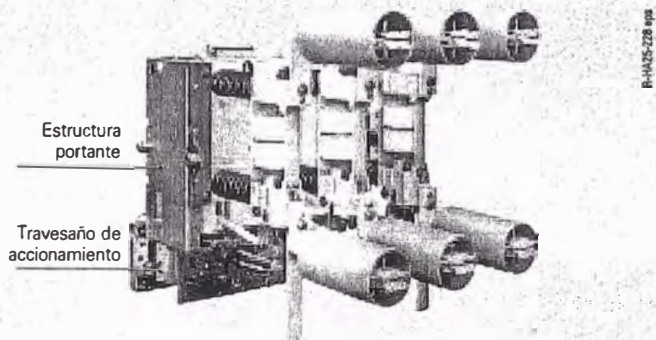


Conexión posterior

Parte de alta tensión

Módulo extraíble con interruptor de potencia al vacío
 (véanse los datos técnicos en la página 5)

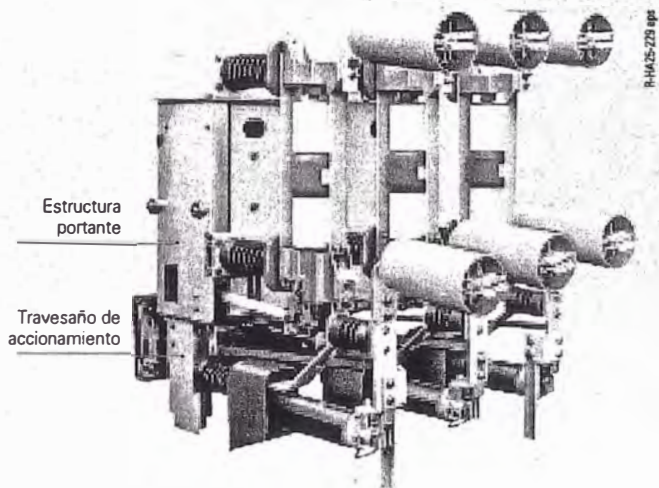
- Equipado con interruptor de potencia al vacío con accionamiento de acumulación de energía por resorte



R-HA25-228 40A

Módulo extraíble con interruptor de carga al vacío
 (véanse los datos técnicos en la página 5)

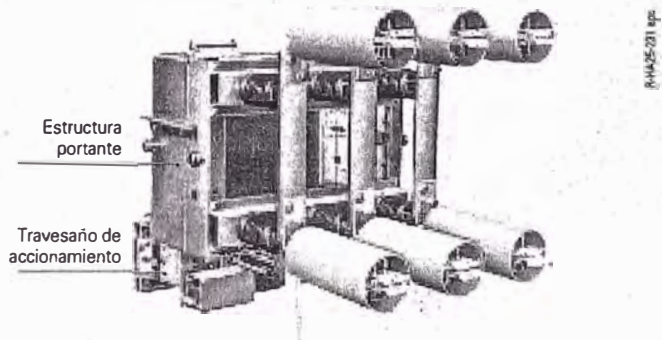
- Equipado con interruptor de potencia al vacío con accionamiento de acumulación de energía por resorte
- Opcionalmente, con fusibles HH adicionales



R-HA25-229 40A

Módulo extraíble de seccionamiento
 (véanse los datos técnicos en la página 5)

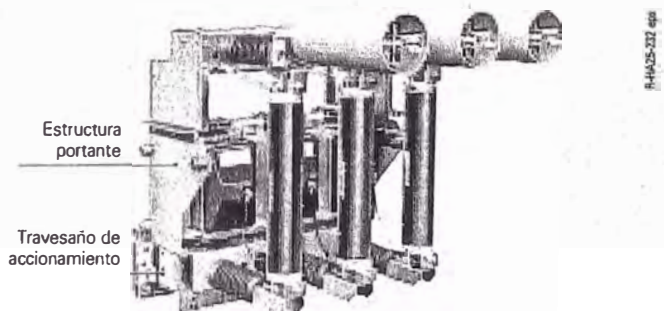
- Función de seccionador (desconectador)
- Equipado con barras de cobre
- Enclavamiento preferente con candado



R-HA25-231 40A

Módulo extraíble de medición
 (véanse los datos técnicos en la página 5)

- Equipado con transformadores de tensión 4MR, aislados con resina colada, máx. 3 unidades unipolares o 2 unidades bipolares
- Opcionalmente, con fusibles primarios de 6,3 A adicionales



R-HA25-232 40A

Parte de baja tensión

Armario de baja tensión

- Para el alojamiento de aparatos de protección, mando, medición y contaje, por ejemplo, controlador de celda SIPROTEC 4 tipo 7SJ62
- Separado a prueba de contacto, de la parte de alta tensión de la celda
- Separado a prueba de presión, de la parte de alta tensión de la celda
- Armario de baja tensión desmontable (sólo es posible para instalaciones de hasta 15 kV) gracias a cables de anillo y de mando enchufables
- Opcionalmente, puerta con ventana de inspección
- Armario de baja tensión superior adicional posible
- Para las dimensiones útiles de montaje véanse la página 6

Cables de baja tensión

- Cables de mando del módulo extraíble a través de conector de 64 polos; cables flexibles en una manguera metálica
- Cables de mando de la celda flexibles y con cubierta metálica
- Conexión de los cableados del módulo extraíble y de la celda con el armario de baja tensión por medio de conectores modulares de 10 polos
- Cables de anillo de celda a celda enchufables para instalaciones de hasta 15 kV

Interfaz hombre-máquina electrónica

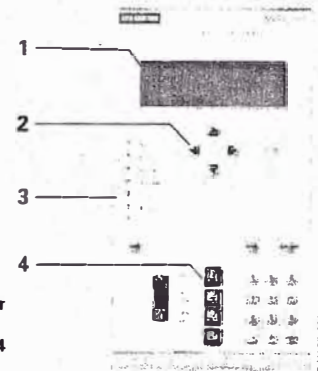
Controlador de celda SIPROTEC 4 tipo 7SJ62 para control y protección

Características

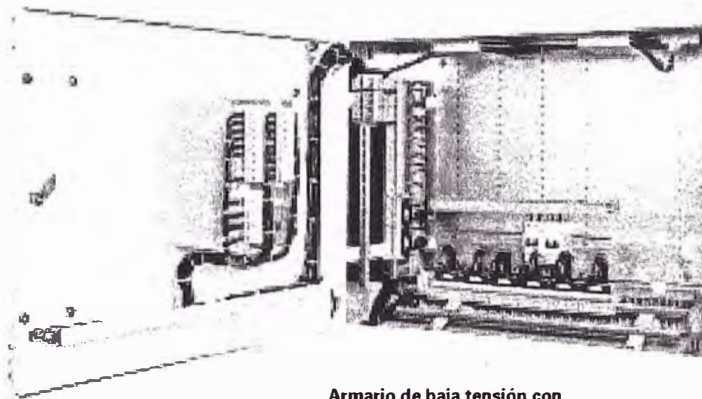
- 1 Display LCD para informaciones del proceso y de los aparatos, por ejemplo, para
 - valores de medición y de contaje
 - informaciones binarias sobre el estado de la celda y del aparato
 - informaciones de protección
 - mensajes generales
 - alarma
- 2 Pulsadores para la navegación en menús y para la introducción de valores
- 3 Siete LEDs de libre programación, rotulables específicamente por el usuario, para indicación de informaciones del proceso y de aparatos a discreción
- 4 Cuatro teclas de función de libre programación para acciones a ejecutar con frecuencia



Puerta del armario de baja tensión



Controlador de celda SIPROTEC 4 tipo 7SJ62



Armario de baja tensión con dispositivos (ejemplo)

Prescripciones, disposiciones, directrices

Normas

Las instalaciones de maniobra 8BK20 para montaje en locales interiores cumplen las siguientes normas válidas:

Norma CEI	Norma VDE
CEI 60694	VDE 0670 Parte 1000
CEI 60298	VDE 0670 Parte 6
CEI 60298 Apéndice AA	VDE 0670 Parte 6, Anexo AA
CEI 60129	VDE 0670 Parte 2
CEI 60265-1	VDE 0670 Parte 301
CEI 60420	VDE 0670 Parte 303
CEI 60056	VDE 0670 Partes 101 hasta 107
CEI 61243-5	E VDE 0682 Parte 415 y EN 61243-5 (E)
CEI 60529	VDE 0470 Parte 1
CEI 60071	VDE 0111

De conformidad con el Acuerdo de armonización de los países de la Comunidad Europea, las prescripciones nacionales de los países miembros concuerdan con la publicación CEI 60298.

Clase de locales de servicio

Las instalaciones de maniobra 8BK20 pueden emplearse como instalaciones para espacios internos según VDE 0101

- Fuera de recintos industriales eléctricos cerrados, en lugares no accesibles al público. Los blindajes de las instalaciones sólo se pueden retirar utilizando herramientas.
- En recintos industriales eléctricos cerrados. Los recintos industriales eléctricos cerrados, son locales o lugares empleados exclusivamente para el servicio de instalaciones eléctricas que se mantienen bajo llave y a los que sólo se da acceso a personal electrotécnico y a personas instruidas en electrotécnica, sin que otras personas puedan entrar en ellos a no ser que estén acompañadas de personal experto.

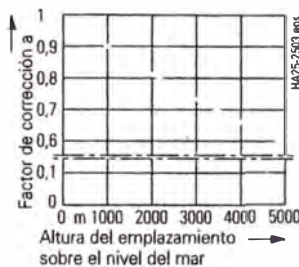
Conceptos

Los "interruptores rápidos de puesta a tierra" son interruptores de puesta a tierra con capacidad de cierre en cortocircuito (VDE 0670 Parte 2).

Capacidad de aislamiento

- La capacidad de aislamiento se comprueba mediante ensayo de la instalación de maniobra con valores nominales de la tensión alterna de breve duración y tensión de choque nominal de acuerdo con VDE 0670 Parte 1000, o CEI 60 694 (véanse la tabla contigua):
- Los valores nominales se refieren al nivel del mar y a condiciones del aire normales (1013 h Pa, 20 °C, 11 g/m³ de contenido de agua, de acuerdo con VDE 0111 e CEI 60 071).
- A medida que aumenta la altitud disminuye la capacidad de aislamiento en el aire, sin embargo, hasta 1000 m de altura del emplazamiento no se considera esta disminución en las directrices.

Tensión nominal (valor efectivo)	Tensión alterna nominal de breve duración (valor efectivo)		Tensión de choque nominal (valor de cresta)	
	sobre tramos de secionamiento	entre fases y a tierra	sobre tramos de secionamiento	entre fases y a tierra
kV	kV	kV	kV	kV
7,2	23	20	70	60
12	32	28	85	75
15	39	36	105	95
17,5	45	38	110	95
24	60	50	145	125



Para alturas del emplazamiento superiores a 1000 m, se recomienda emplear el factor de corrección "a" dependiente de la altura del emplazamiento por encima del nivel del mar.

$$\begin{aligned} \text{Tensión nominal alterna de breve duración a elegir} &\geq \frac{\text{Tensión nominal alterna de breve duración (VDE 0670 Parte 1000/CEI 60 694)}}{1,1 \cdot a} \\ \text{Tensión nominal de choque a elegir} &\geq \frac{\text{Tensión nominal de choque a elegir (VDE 0670 Parte 1000/CEI 60 694)}}{1,1 \cdot a} \end{aligned}$$

Ejemplo:

Altura del emplazamiento sobre el nivel del mar _____ 3000 m
Tensión nominal de la instalación de maniobra _____ 12 kV
Tensión nominal de choque (VDE 0670 Parte 1000/CEI 60 694) _____ 75 kV

$$\text{Tensión nominal de choque a elegir} = \frac{75 \text{ kV}}{1,1 \cdot 0,73} = \underline{93 \text{ kV}}$$

Resultado:
Según la tabla de arriba hay que elegir una instalación para una tensión nominal de 17,5 kV

Resistencia a los arcos internos

- Las pruebas para la comprobación de la resistencia a arcos internos deben asegurar la protección del personal de servicio.
- Las pruebas de arcos internos según VDE 0670 Parte 6 o según CEI 60 298, se pueden acordar entre el usuario y el fabricante.
- Realización de las pruebas de arcos internos según VDE 0670 Parte 6 Anexo AA o según CEI 60 298, Apéndice AA.
- Las instalaciones de maniobra 8BK20 cumplen los criterios de las prescripciones de arriba
 - en la ejecución base criterios del 1 al 3 y 6.
 - con medidas adicionales criterios del 1 al 6.

- Definición de los criterios:
 - **criterio 1**
Las puertas, paneles, etc., cerrados debidamente, no se deben abrir.
 - **criterio 2**
Las piezas de la instalación de maniobra blindada que puedan poner en peligro a las personas, no deben salir despedidas.
 - **criterio 3**
En las paredes de cierre exteriores de acceso libre, no se deben originar agujeros por quemadura o desgarro.
 - **criterio 4**
Los indicadores de producto dispuestos verticalmente no se deben inflamar.
 - **criterio 5**
Los indicadores de producto dispuestos horizontalmente no se deben inflamar.
 - **criterio 6**
La eficacia de la conexión a tierra no debe quedar afectada.

- Si se desea se puede ejecutar una resistencia a los arcos internos que supere lo especificado en las normas citadas anteriormente.

Prescripciones, disposiciones, directrices

Intensidad máxima admisible

- Las intensidades máximas admisibles según VDE 0670 Parte 6 o Parte 1000, CEI 60 298 o CEI 60 694 están referidas a las siguientes temperaturas ambiente:
 - valor máximo de la media durante 24 horas + 35 °C
 - valor máximo + 40 °C
- La intensidad máxima admisible de las celdas y de las barras colectoras es dependiente de la temperatura ambiente fuera del blindaje.

- En las celdas blindadas se reduce parcialmente la intensidad máxima admisible a causa de la ventilación disminuida. Se puede aumentar mediante:
 - empleo de un interruptor de potencia de intensidad nominal más elevada
 - ventilación por corriente de aire, es decir, ranuras de ventilación en la puerta de alta tensión y en la chapa del techo en las que no se pueda hurgar
 - ventilación forzada, es decir, ranuras de ventilación en las que no se pueda hurgar en la puerta de alta tensión y empleo de un ventilador en la chapa del techo.

Posiciones del módulo extraíble

Un módulo extraíble de la instalación de maniobra 8BK20, según VDE 0670 Parte 6 o según CEI 60 298, se puede encontrar en las siguientes posiciones:

- Posición de servicio
 - se establece la conexión normal de servicio de las barras colectoras, a la conexión de la celda pasando por el aparato de maniobra.
 - está enchufada la conexión de baja tensión.

- Posición de seccionamiento
 - se asegura el seccionamiento por tabique, es decir, las descargas eléctricas sólo son posibles a tierra.
 - la conexión de baja tensión puede estar enchufada o desenchufada.
- Posición de prueba
 - la conexión de baja tensión está enchufada.

Clima e influencias medioambientales

Las instalaciones de maniobra 8BK20, eventualmente tomando medidas adicionales, se pueden emplear bajo las siguientes influencias medioambientales y bajo las siguientes clases de clima:

- Influencias medioambientales
 - contaminantes naturales
 - sustancias nocivas activas químicamente
 - animales pequeños
- clases de clima I1, I2, I3
Las clases de clima están definidas basadas en CEI 60 721-3-3 e CEI 60 721-3-4, como sigue:

- clase de clima I1

Local interno en edificios con buen aislamiento térmico o elevada capacidad térmica, calentado o refrigerado; normalmente sólo se comprueba la temperatura, por ejemplo, habitaciones de viviendas normales, oficinas, tiendas, locales de transmisión y telecomunicación, locales de almacenes para productos sensibles.

- clase de clima I2

Local interno en edificios con poco aislamiento térmico o poca capacidad térmica, calentado o refrigerado, sin comprobación de la temperatura; la calefacción o la refrigeración puede fallar durante varios días, por ejemplo, estaciones relé, de amplificación y de transformación sin personal, establos, talleres para vehículos, naves de fabricación para trabajos bastos, hangares.

- clase de clima I3

Local interno en edificios sin especial aislamiento térmico y con poca capacidad térmica, ni calentado ni refrigerado, por ejemplo, cabinas telefónicas, entradas de edificios, graneros, silos, locales de almacenamiento sin calefacción, cobertizos, garajes.

Condiciones en el local de la instalación de maniobra

Clima del local 1)	Temperatura que actúa sobre la instalación	Temperatura ambiente	Humedad relativa del aire	Condensación	Condiciones especiales del medio ambiente	Medidas adicionales necesarias
Clase de clima I1	+ 5 hasta + 40 °C	5 hasta 85 %	ninguna	ninguna	ninguna	-
Clase de clima I2	- 25 hasta + 55 °C	10 hasta 100 %	ocasional, una vez al mes durante 2 horas	ninguna	arena en el aire, polvo, animales pequeños	si
Clase de clima I3	- 25 hasta + 70 °C	10 hasta 100 %	frecuente, una vez al día durante 2 horas	ninguna	arena en el aire, polvo, animales pequeños agua de goteo como consecuencia de agua condensada en el techo (no perjudicial) según VDE 0470 Parte 1 o CEI 60 529	si
Zonas con emisión química					Dióxido de azufre (SO ₂) ≥ 2 ppm Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S) ≥ 1 ppm Cloruro de hidrógeno (HCl) ≥ 3 ppm Amoníaco (NH ₃) ≥ 15 ppm Óxido de nitrógeno (NO ₂) ≥ 2 ppm Recubrimiento de cloruro (Cl ⁻) (niebla salina) ≥ 2 mg/dm ³	si si si si si si

1) De acuerdo con IEC 60 721-3-3 e IEC 60 721-3-4.

Prescripciones, disposiciones, directrices

Enclavamientos

- Según VDE 0670 Parte 6 e CEI 60 298, están prescritos los siguientes enclavamientos:
 - la extracción o introducción de un interruptor de potencia, interruptor de carga o contactor, sólo debe ser posible cuando este aparato de maniobra esté desconectado.
 - el accionamiento de un interruptor de potencia, interruptor de carga o contactor, sólo debe ser posible cuando este aparato de maniobra se encuentre en la posición de servicio, de seccionamiento, exterior, de prueba o de puesta a tierra.
 - no debe ser posible cerrar un interruptor de potencia o interruptor de carga, sin que este aparato de maniobra esté conectado al circuito de corriente auxiliar, a no ser que un aparato de esta clase a causa de su diseño abra automáticamente sin empleo de un circuito auxiliar.
 - la inclusión de enclavamientos adicionales u otros enclavamientos debe acordarse entre el fabricante y el usuario.
 - el fabricante ha de seguir todas las indicaciones necesarias sobre la clase y función de los enclavamientos.
 - se recomienda enclavar con los correspondientes seccionadores los interruptores de puesta a tierra que tengan una capacidad de cierre en cortocircuito inferior a la intensidad de choque nominal del circuito eléctrico.
 - se proveerán con posibilidades de bloqueo (por ejemplos, candados) los aparatos montados en los circuitos eléctricos principales, cuya maniobra errónea puede causar daños o los que se emplean para conservar los tramos de seccionamiento durante los trabajos de mantenimiento.
 - en tanto sea posible se deben preferir enclavamientos mecánicos.
- Las instalaciones de maniobra 8BK20 cumplen además de las condiciones de enclavamiento arriba citadas, otras condiciones de enclavamiento; véanse la página 4.

Protección contra la penetración de cuerpos extraños, contra contactos directos y contra la penetración de agua

Las instalaciones con módulos extraíbles con interruptor de potencia 8BK20, según

- VDE 0470 Parte 1
- CEI 60 298 y 60 529
- VDE 0670 Parte 6,

cumplen los siguientes grados de protección:

- para celdas sin ranuras de ventilación:

	Grado de protección	
	normal	opcional
Blindaje	IP4X/ IP3XD	IP31D, IP50, IP51

- para celdas con ranuras de ventilación en las que no se pueda hurgar:

	Grado de protección	
	normal	opcional
Blindaje	IP4X/ IP3XD	IP31D
Compartimentación	IP4X/ IP3XD	-

Para aclaraciones, véanse la tabla contigua

Norma Grado de protección Grado de protección

VDE 0670
 Parte 6 e
 CEI 60 298

IP 4 X
 ▲ ▲

Protección contra contactos directos

Protegido contra aproximación a partes activas que están bajo tensión y contra contacto con partes que se mueven, con alambres o bandas con un espesor mayor de 1 mm.

Protección contra el agua

Ninguna consigna.

VDE 0470
 Parte 1 e
 CEI 60 529

IP 3 X D
 ▲ ▲ ▲

Protección contra cuerpos extraños

Protegido contra la penetración de cuerpos extraños sólidos, diámetro $\geq 2,5$ mm.

Protección contra el agua

Ninguna consigna.

Protección contra contactos directos

Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre (la sonda de prueba de diámetro 1 mm, longitud 100 mm, debe tener distancia suficiente a partes peligrosas).

IP 3 1 D
 ▲ ▲ ▲

Protección contra cuerpos extraños

Protegido contra la penetración de cuerpos extraños sólidos, diámetro $\geq 2,5$ mm.

Protección contra el agua

Protegido contra la penetración de gotas de agua que caigan verticalmente.

Protección contra contactos directos

Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre (la sonda de prueba de diámetro 1 mm, longitud 100 mm, debe tener distancia suficiente a partes peligrosas).

IP 5 0
 ▲ ▲

Protección contra cuerpos extraños

Protegido contra la penetración de cuerpos extraños, protegido contra el polvo.

Protección contra contactos directos

Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre (la sonda de prueba de diámetro 1 mm, longitud 100 mm, debe tener distancia suficiente a partes peligrosas).

Protección contra el agua

No protegido

IP 5 1
 ▲ ▲

Protección contra cuerpos extraños

Protegido contra la penetración de cuerpos extraños, protegido contra el polvo.

Protección contra contactos directos

Protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre (la sonda de prueba de diámetro 1 mm, longitud 100 mm, debe tener distancia suficiente a partes peligrosas).

Protección contra el agua

Protegido contra la penetración de gotas de agua que caigan verticalmente.

Indice de catálogos del grupo Transporte y Distribución de Energía

Título	Catálogo	Nº de pedido
Instalaciones de media tensión Instalaciones de hasta 24 kV para módulos extraíbles con interruptores de potencia, tipo 8BK20	Catálogo HA 25.21 · 1999	E50001-K1425-A411-A4-7800
Instalaciones de media tensión Instalaciones de hasta 24 kV para módulos extraíbles con interruptores de potencia, tipo 8BJ50	Catálogo HA 25.61 · 1994	E50001-K1425-A711-A1-7800
Instalaciones de media tensión Instalaciones fijas con interruptores de potencia de hasta 36 kV, aislante: SF ₆ , tipos 8DA10 y 8DB10	Catálogo HA 35.11 · 1997	E50001-K1435-A101-A6-7800
Instalaciones de media tensión Instalaciones fijas con interruptores de potencia de hasta 24 kV, aislante: SF ₆ , tipo 8DC11	Catálogo HA 35.41 · 1997	E50001-K1435-A401-A3-7800
Instalaciones de media tensión Instalaciones fijas con interruptores de potencia de hasta 36 kV, aislante: SF ₆ , tipo NX PLUS	Catálogo HA 35.51 · 1998	E50001-K1435-A511-A1-7800
Instalaciones de media tensión Unidad fija con interruptor-seccionador bajo carga de hasta 24 kV, aislante: SF ₆ , adosable tipo 8DH10	Catálogo HA 41.11 · 1994	E50001-K1441-A101-A2-7800
Instalaciones de media tensión Unidad fija con seccionador bajo carga 8DJ10 de hasta 24 kV, aislante: SF ₆	Catálogo HA 45.11 · 1992	E50001-K1445-A111-A5-7800
Interruptores de potencia al vacío 3AH	Catálogo HG 11.11 · 1997	E50001-K1511-A111-A3-7800
Aparatos de protección contra sobretensiones	Catálogo HG 21 · 1981	E86010-K1521-A101-A1-7800
Equipo eléctrico industrial Cables y conductores	Catálogo I1, Sección 8 · 1989	J86010-K8101-A281-A5-7800
SIPROTEC 7SJ600 Protección digital de sobrecorriente de tiempo y protección de sobrecarga	Catálogo LSA 2.1.15 · 1996	E50001-K5712-A251-A1-7800
Protección por comparación de fases 7SD511/512 (versión V3) para líneas y cables	Catálogo LSA 2.2.3 · 1996	E50001-K5722-A131-A2-7800
Protección diferencial 7UT512/513 (versión V3) para transformadores, generadores, motores y líneas cortas	Catálogo LSA 2.2.4 · 1996	E50001-K5722-A141-A2-7800
POWER QUALITY Programa de sistema OSCOP P	Catálogo SR 10. 1. 3 · 1998	E50001-K4013-A101-A1-7800
Contadores electrónicos multifunción 7E.62/63	Catálogo Z 9.1.2 · 1996	E50001-K8991-A111-A1-7800

A

Condiciones de venta y suministro

Rigen las

Condiciones generales de suministro

para productos y servicios de la industria eléctrica y electrónica, así como todas las demás condiciones acordadas con los destinatarios del presente catálogo.

■
A no ser que se haya indicado algo en contrario en las páginas de este catálogo, queda reservado el derecho de introducir modificaciones, especialmente en los datos técnicos, dimensiones y pesos.

Las ilustraciones y grabados son sin compromiso. Nos reservamos el derecho de modificar los precios. Al efectuar el suministro facturaremos los precios válidos correspondientes.

Prescripciones de exportación

Los productos relacionados en este catálogo no precisan permiso de exportación de acuerdo al estado actual de la Lista de control de exportaciones alemana y la US-Commerce Control List.

No obstante, para determinados países puede ser necesario un permiso de exportación debido a la finalidad de aplicación de los productos.

A este respecto son decisivas las indicaciones que figuran en la nota de entrega y en la factura.

Sujeto a cambios sin previo aviso. Nos reservamos todos los derechos.

Marcas de fábrica

Todas las designaciones utilizadas en el presente catálogo para los productos son marcas de fábrica o nombres de producto propiedad de Siemens AG u otras compañías.

Dimensiones

Todas las dimensiones indicadas en este catálogo se han dado en mm.

Responsable del:

Contenido técnico:

Dieter Jahn,
Siemens AG, Depto. EV MS1 VM,
Erlangen

Redacción:

Claudia Kühn-Sutiono,
Siemens AG, Depto. EV BK T,
Erlangen

Bereich
Energieübertragung und -verteilung
Geschäftsgebiet Mittelspannung
Postfach 32 20
D-91050 Erlangen
<http://www.ev.siemens.de>
Siemens Aktiengesellschaft

Power
to the Point

Nº. de pedido: E50001-K1425-A311-A4-7800

PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS CELDA 8BK20

PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS

TABLEROS DE MEDIA TENSIÓN 8BK20 24KV

Modificación	Pág./item	Reemplaza a:	
		Documento	De Fecha:

SIEMENS		Power, Transmission and Distribution PTD-W	Fecha emisión: 15.06.05
Elaboró	A. SANDOVAL PTD/WQ1	LUZ DEL SUR PERU PRUEBAS FAT PROTECCIONES	Código Documento: (4)G63004-S1001-482
Revisó	J. FONSECA PTD/M		
Aprobó	Y. ROJAS PTD/M		
Código REP: 2330-V/GT-061-01-93.482			

TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETO	3
2.	ALCANCE	3
3.	DEFINICIONES	3
4.	CONTENIDO	3
5.	PRUEBAS GENERALES	4
6.	RESPONSABILIDAD	5
7.	PRUEBAS CON CLIENTE	5
8.	DOCUMENTOS APLICABLES	6
9.	REGISTROS	6

1. OBJETO

Presentar la metodología que se aplica en el desarrollo de las pruebas de los tableros 8BK20 24kV realizadas en la fabrica de tableros con el fin de asegurar que se cumpla con los requerimientos acordados con el cliente antes de su despacho.

2. ALCANCE

Este procedimiento es aplicable a la prueba en fábrica de los tableros 8BK20 24kV objeto del suministro del contrato para LUZ DEL SUR Perú.

3. DEFINICIONES

- ◇ **IED:** Aparato electrónico inteligente
- ◇ **7SJ64:** IED de protección de sobrecorriente.
- ◇ **ION:** Medidor Multifuncional
- ◇ **CELDA:** División lógica de la subestación, correspondiente a una salida definida.
- ◇ **SECCIÓN:** División lógica de una barra.
- ◇ **TABLERO:** Cubículo en el que se instalan los diferentes equipos de protección y control.
- ◇ **ELAN IP** Directrices de pruebas dadas por casa matriz para los tableros.
- ◇

4. CONTENIDO

4.1. Entradas

Cada celda es entregada al campo de pruebas, previa inspección y aprobación de los supervisores mecánicos y eléctricos quienes garantizan que todos los aspectos bajo su responsabilidad se encuentran completamente terminados y verificados.

4.2. Recursos

Los recursos con los que se cuenta para la realización de las pruebas son los siguientes:

- ◇ Salidas de tomas AC variables de 220 Vac, 440 Vac, 480 Vac.
- ◇ 1 Banco de Baterías con 10 baterías de 12 Vdc hasta 120 Vdc.
- ◇ 3 Multímetros Fluke.
- ◇ 1 Equipo para prueba de relés marca Omicron CMC 256-6.
- ◇ 1 Computador portátil para comunicación con relés y equipo de pruebas Omicron.
- ◇ Equipo de pruebas para A.T marca Phenix hasta 130 KV 46 mA.
- ◇ Megger BM25 hasta 5 KV.
- ◇ 1 Equipo de Inyección de Corriente hasta 1200 A marca Multiamp
- ◇ 1 Multímetro análogo marca Siemens

Mediante un seguimiento periódico se mantiene control sobre la calibración de los equipos, de acuerdo a los procedimientos V7617401.3 y V7617402.3.

5. PRUEBAS GENERALES

5.1. Inspección visual de los tableros.

Las pruebas se inician con la inspección visual de cada uno de los tableros fabricados dentro de los cuales se han cableado y montado los equipos respectivos. Se verifican los aspectos más relevantes del tablero tales como pintura, disposición de equipos, funcionamiento de puertas, tipo de cableado, lista de equipos entre otros. Los resultados de esta inspección se registran en el formato interno F8217425.3 "Pruebas – Celdas de Media Tensión".

La prueba de cableado interno de los tableros es una actividad previa a las pruebas en fábrica y como resultado se presentan los esquemas de cableado amarillados (seguimiento de todos los puntos de conexión por inyección de tensión alterna o continua según se requiera y medida de continuidad, amarillando con resaltador el punto medido) en su totalidad.

Las pruebas de aislamiento y relación de transformación de TP's y TC's serán realizadas siguiendo los instructivos I8217401.301, I8217402.301, I8217403.301, I8217404.301, I8217405.301.

Posteriormente se realizan las pruebas individuales de los equipos de protección multifuncional. Las pruebas correspondientes se inician con la inspección visual de cada uno de los relés. Se verifican aspectos tales como referencia (de acuerdo a lista de materiales), aspecto exterior, alimentación auxiliar (que cumpla con los requerimientos del cliente) y comunicación con el PC por medio del software.

5.2. Prueba de relés de protección.

La prueba de los relés es parte fundamental de la prueba de las celdas de media tensión y junto con ella se verifican los puntos de cableado referentes a entradas digitales, salidas de disparo, salida de recierre y continuidad del cableado principalmente.

Los relés son verificados simulando cuando sea requerida las posiciones de equipos con los que no se cuente en ese momento.

Para la verificación se cuenta con un equipo para prueba de relés con 6 salidas de corriente y 4 de tensión con módulos de prueba predeterminados por tipo de protección; a continuación se nombran algunos de estos módulos:

- 1- Modulo de prueba para relés de Distancia con la opción de importar archivos RIO para una adecuada simulación.
- 2- Modulo de prueba para relés Diferenciales con la opción de construir la característica de estabilización.

- 3- Modulo de prueba para relés de sobrecorriente con la opción de seleccionar curvas IEC, ANSI o construirla de acuerdo a los requerimientos.
- 4- Modulo estático y dinámico para realizar otras pruebas y con la opción de tener rampas de cualquier variable.
- 5- Modulo de Transitorios para generar cualquier señal con un amplio contenido de armónicos y con la opción de importar archivos COMTRADE.

5.2.1. Valores Medidos

Para la verificación de valores medidos se utiliza el módulo el módulo Quick CMC para la inyección de valores nominales de corriente y/o tensión y el software correspondiente para la visualización de lecturas de los relés de protección. Se inyecta corriente nominal y tensión nominal con un ángulo 45° y en el menú del relé "Measurement", se verifica que correspondan las medidas de acuerdo con la RTC y RTP ajustadas, así como medidas de potencia activa, reactiva y F.P en el donde aplique, de acuerdo con el protocolo de pruebas de cada relé.

5.2.2. Prueba de relés 7SJ64

La prueba del relé 7SJ64 se realizará con ayuda del diagrama unifilar probando las funciones de protección que son requeridas según el diseño, estas funciones se activaran a medida que se vaya requiriendo para no tener disparos por otras funciones diferentes a aquella que se esta probando.

Los módulos de Omicron utilizados para dicho relé son los módulos de Sobrecorriente y Estático. Los resultados serán registrados en el informe del Omicron y serán entregados en medio magnético.

5.3. Prueba de medidor ION

La prueba del medidor ION se realiza inyectando con el modulo de Omicron Quick CMC con ángulo de 45° entre la tensión y la corriente verificando de acuerdo a la RTC y a la RTP las medidas correspondientes.

6. RESPONSABILIDAD

Las pruebas serán ejecutadas por ingenieros de protecciones y auxiliares de cableado.

7. PRUEBAS CON CLIENTE

Las pruebas con cliente se realizaran una vez terminadas las pruebas internas. Se probaran los típicos y se revisaran los protocolos de las pruebas internas. El tiempo estimado para dichas pruebas es 1 día por típico.

8. DOCUMENTOS APLICABLES

Código	Nombre del Documento
V7617401.3	Control de Estado de Calibración
V7517402.3	Verificación de Estado de Calibración Planos eléctricos Planos mecánicos
I8217401.3	Prueba de Aislamiento
I8217402.3	Relación de Transformación- Transformadores de Corriente
I8217403.3	Relación de Transformación- Transformadores de Potencial
I8217404.3	Polaridad transformadores de Corriente
I8217405.3	Polaridad transformadores de Potencial

9. REGISTROS

Código	Nombre del Documento
F8217425.3	Prueba Celdas de Media Tensión
F8217412.3	Prueba de relación de transformadores de corriente
F8217413.3	Prueba de relación de transformadores de potencial
F8217415.3	Pruebas de aislamiento

PRUEBA SÍSMICA CELDA 8BK20

Report-No. TA13-97/0280/4E

Date of test: 24.06.1997
IABG Order No.: 340 0280 01
Customer: Siemens KWU

contents
with
total

20 pages report
71 pages App.
91 pages

6 Originals

Vibration Test
Simulation of earthquake loads

Test specimen : MV Switchgear
Type : 8 BK20
Ident-No. : ---
Manufacturer : Siemens AG, Portugal

Test standard used:

DIN IEC 68 (part 2-6, Feb. 84)

DIN IEC 68-3-3 Feb. 91)

DD 7080.7 + amendment for NEHUENCO

Tests performed:

Resonance search using single-axial sine sweep, 0,1 g; 1-35-1 Hz; 1 oct/min, successively in X-, Y- and Z-directions.

Simulation of earthquake loads using biaxial time-history (X/Z and Y/Z) so that the test response spectra (TRS) should cover the required response spectrum (RRS, see **App. A26**) for 5% damping. Duration was about 30 seconds.


Resonance check using single-axial sine sweep, 0,1 g; 1-35-1 Hz; 1 oct/min, successively in X-, Y- and Z-directions.

Test result:


The test specimen withstood the loads without detectable damage or changes.

Ottobrunn, 16.07.1997

Test engineer's signature:



(Cronenberg)



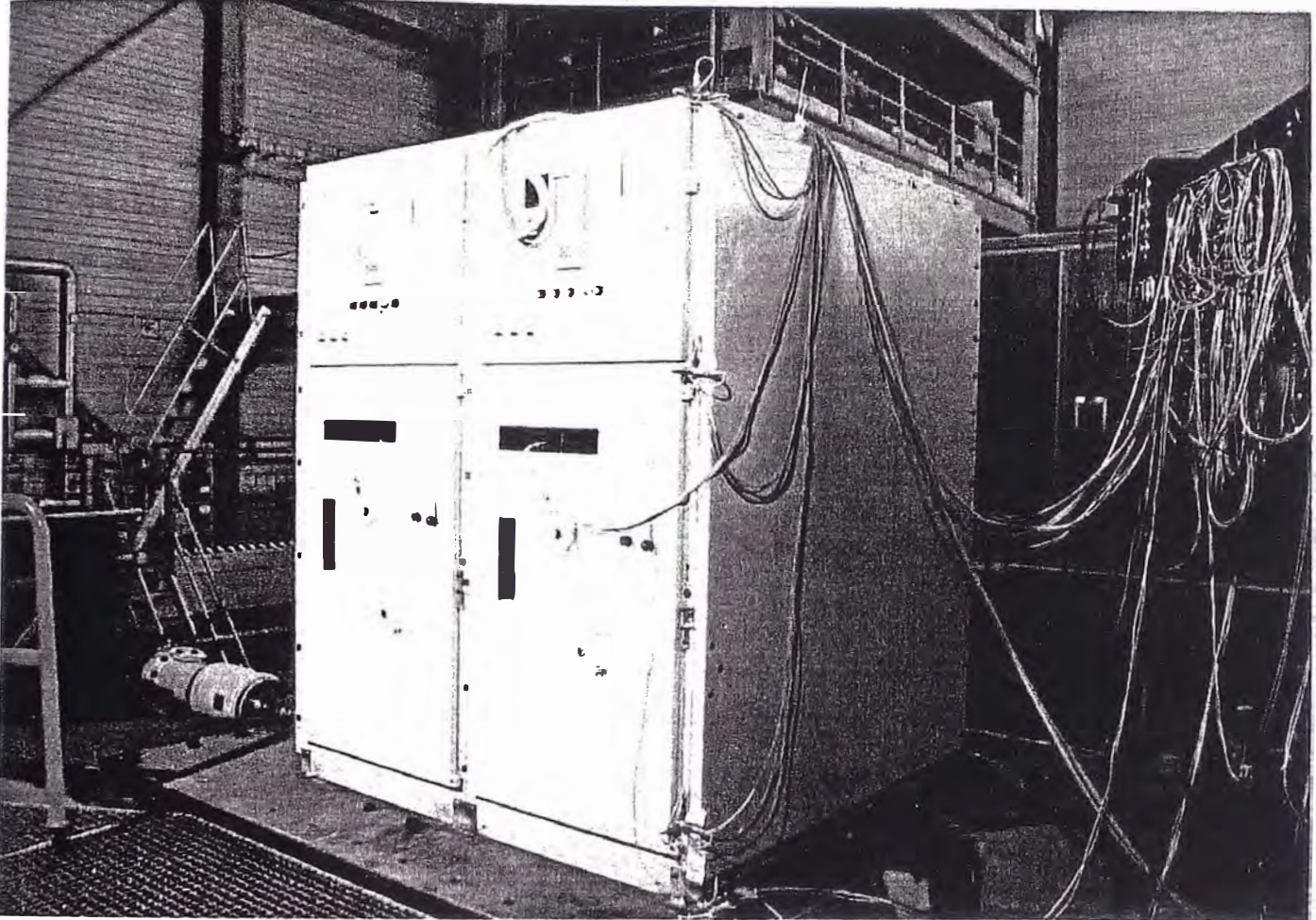


Fig.: 1: Sight of the test equipment

Table of contents

1. Test equipment	4
1.1 Instrumentation and control equipment	4
1.2 Measuring points for test procedure.....	4
2. Description of the test sample.....	6
3. Mounting of the test sample	6
4. Measuring points on the specimen	7
4.1 Vibration measuring points.....	7
4.2 Further measuring points.....	10
5. Tests carried out.....	12
5.1 Investigation of vibration characteristics	12
5.2 Further loads	12
6. Test report.....	13
7. Test results.....	14
7.1 Measurement results	14
7.1.1 Vibration tests	14
7.1.2 Determination of damping values according to KTA 2201.4.....	14
7.1.3 Strain control.....	17
7.2 Result of performance test	18
7.3 Result of visual inspection.....	18
8. Data on instrumentation and control equipment.....	19
9. Appendices relating to the Test Report.....	20

1. Test equipment

Computer-controlled servo-hydraulic vibration test facility designed to simulate dynamic loads in three axes:

characteristics:

- vibrator table 4 m x 3 m, 7 load cylinders
- longitudinal power output : 250 kN, stroke 250 mm
- lateral power output : 200 kN, stroke 250 mm
- vertical power output : 400 kN, stroke 100 mm.

1.1 Instrumentation and control equipment

Section 8 of this report contains a list of the measuring, recording and control equipment frequently used during the tests, together with the most important characteristic data. This equipment is required on one hand to operate the test facility and on the other hand to collect the vibration characteristics of the test sample.

The use of the above-mentioned equipment depends on the particular test to be carried out; if necessary, other equipment shall also be used.

1.2 Measuring points for test procedure

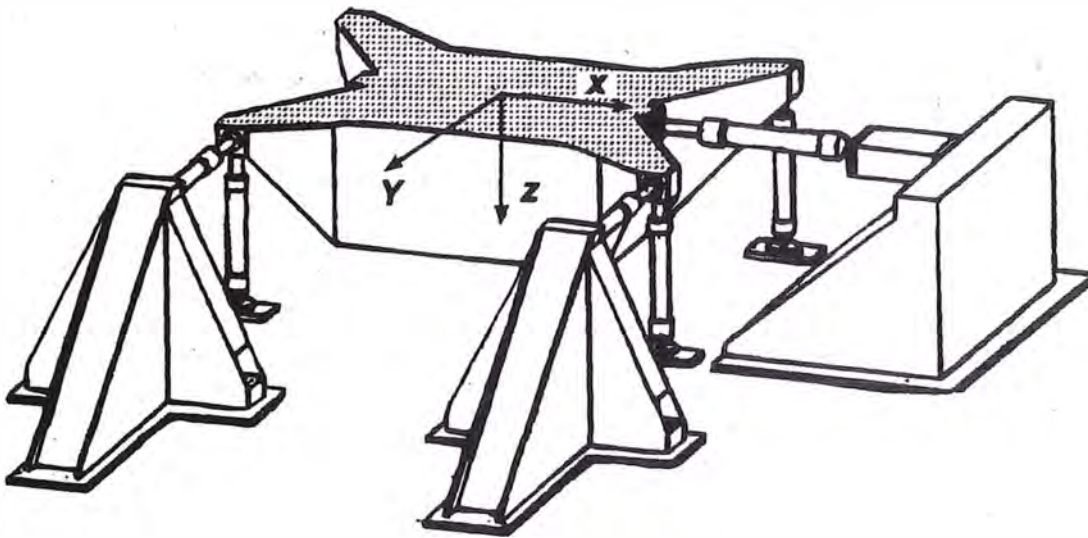
Following axial directions are specified for the excitation and measurement of vibration (see Fig. 2).

X-direction: horizontal, in the longitudinal direction of the vibrator table

Y-direction: horizontal, in the transverse direction of the vibrator table

Z-direction: vertical

Fig. 2: Sketch of the test rig



The movement of the vibrator table in three dimensions is detected by displacement pickups, integrated into the hydraulic cylinders.

The reliability of all measuring pickups are guaranteed by the quality management system of IABG as governed by DIN ISO 10 012.

In addition to this, the accelerometers are calibrated statically for each individual test.

For details of the measuring pickups please refer to **Section 8:**

2. Description of the test sample

A MV-Switchgear was tested.

Data:

Rated Voltage: 7,2 kV

Rated Current: 1500 A

Frequency : 50 Hz

Short Circuit : 25 kA/3 sec

Dimensions : B x D x H = 800 mm x 1775 mm x 2200 mm

3. Mounting of the test sample

The test sample was welded to an intermediate plate. This plate was fixed to the baseplate of the test table (see Fig. 1).

4. Measuring points on the specimen

4.1 Vibration measuring points

Acceleration values were measured at the following measuring points:

B (channels 10, 11, 12)

C (channels 13, 14, 15)

D (channels 16, 17, 18)

Excitation acceleration values were set at the table measuring point **table** (channels 7, 8, 9).

Channel loading at the individual measuring points:

- horizontal, X-direction: C7, C10, C13, C16

- horizontal, Y-direction: C8, C11, C14, C17

- vertical, Z-direction: C9, C12, C15, C18

Fig. 3 shows a general view of the pickups. Single measuring points B, C and D can be seen in **Fig. 4** to **6**.

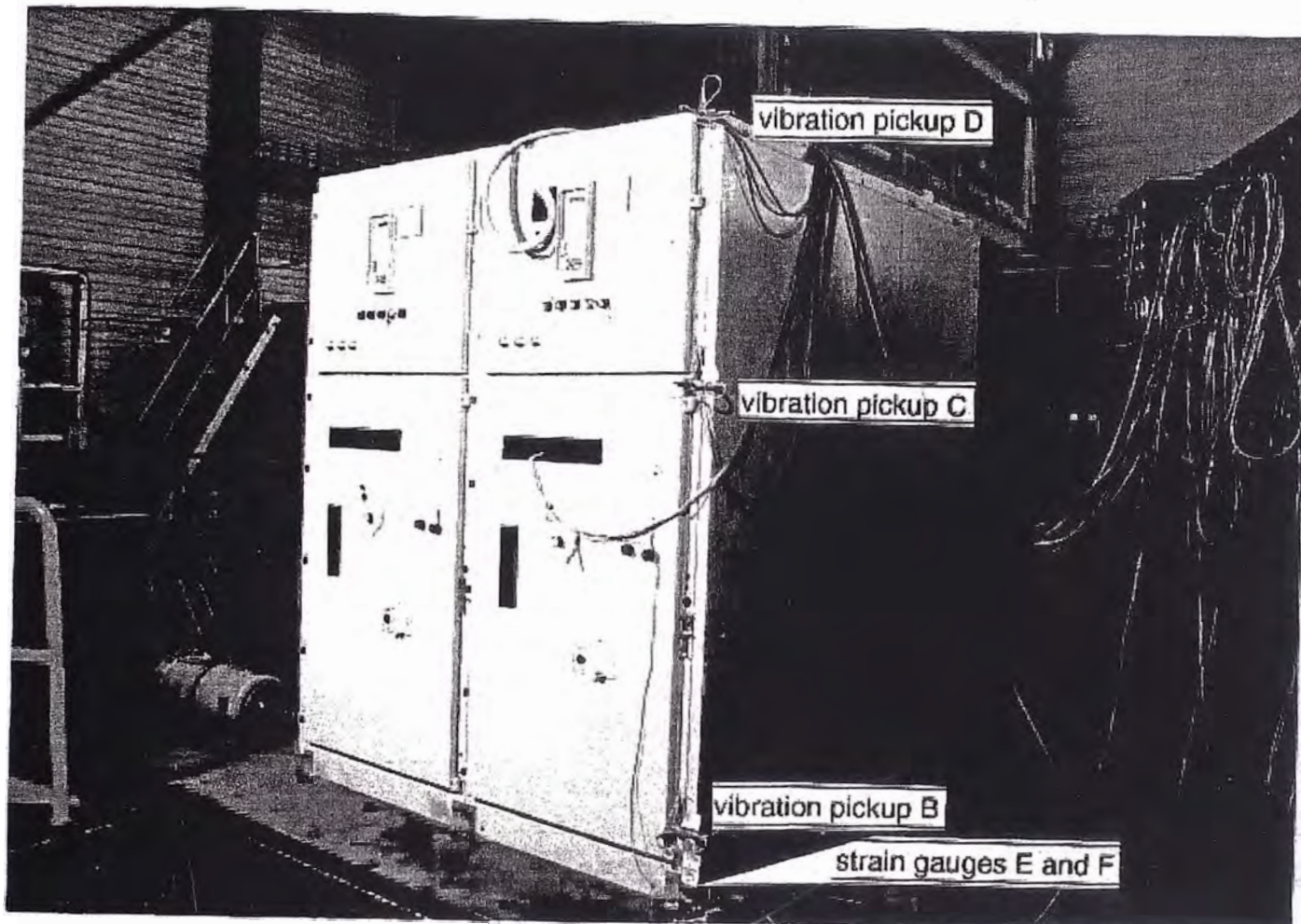


Fig. 3: General view of the pickups

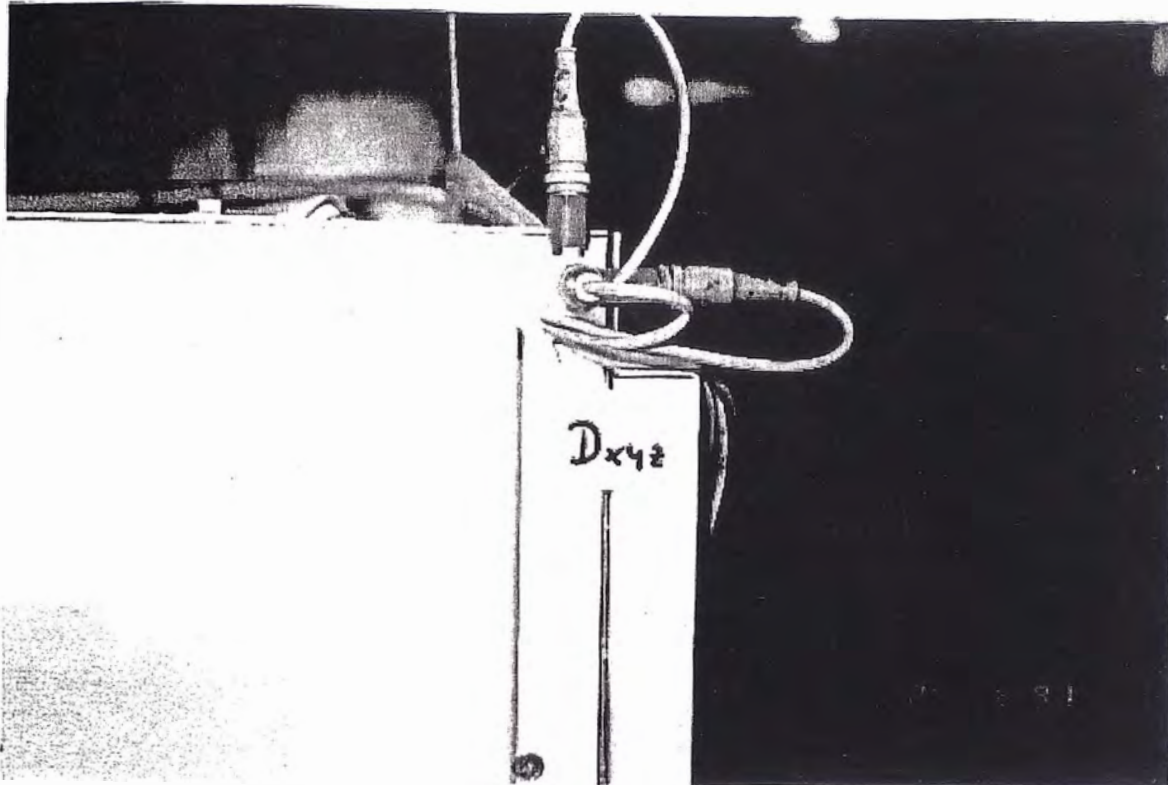


Fig. 6: Pickup D (outside, on the righthand side of the frame at the top)

4.2 Further measuring points

A strain control was carried out by strain gauges. The strain gauges were applied on the test frame at the bottom of the steel profiles.

Fig. 7 shows the measurement points **A** and **B** (measurement points **E** and **F**, refer **Fig. 4**).

Strain gauges (DMS) **A** and **E** show the stresses in X-direction and strain gauges (DMS) **B** and **F** show the stresses in Y-direction.

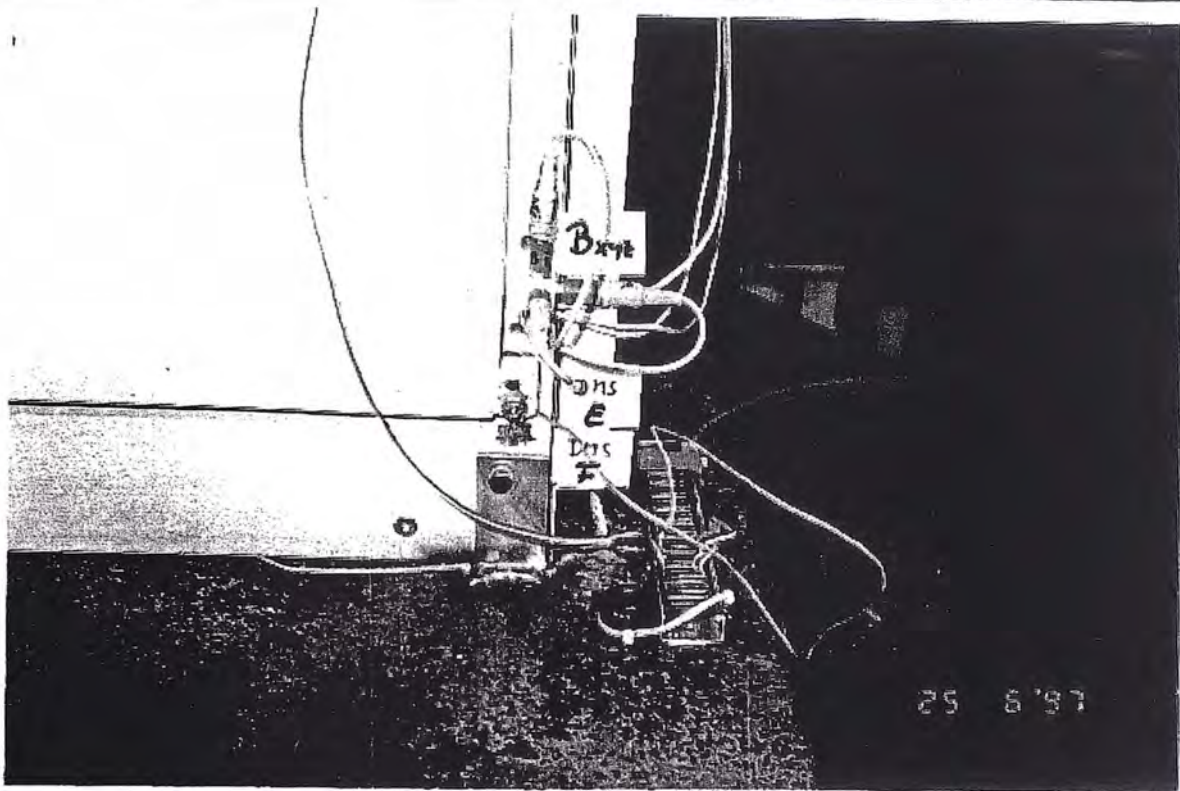


Fig. 4: Pickup B (outside, on the righthand side of the frame at the bottom) and strain gauge measurement points E and F

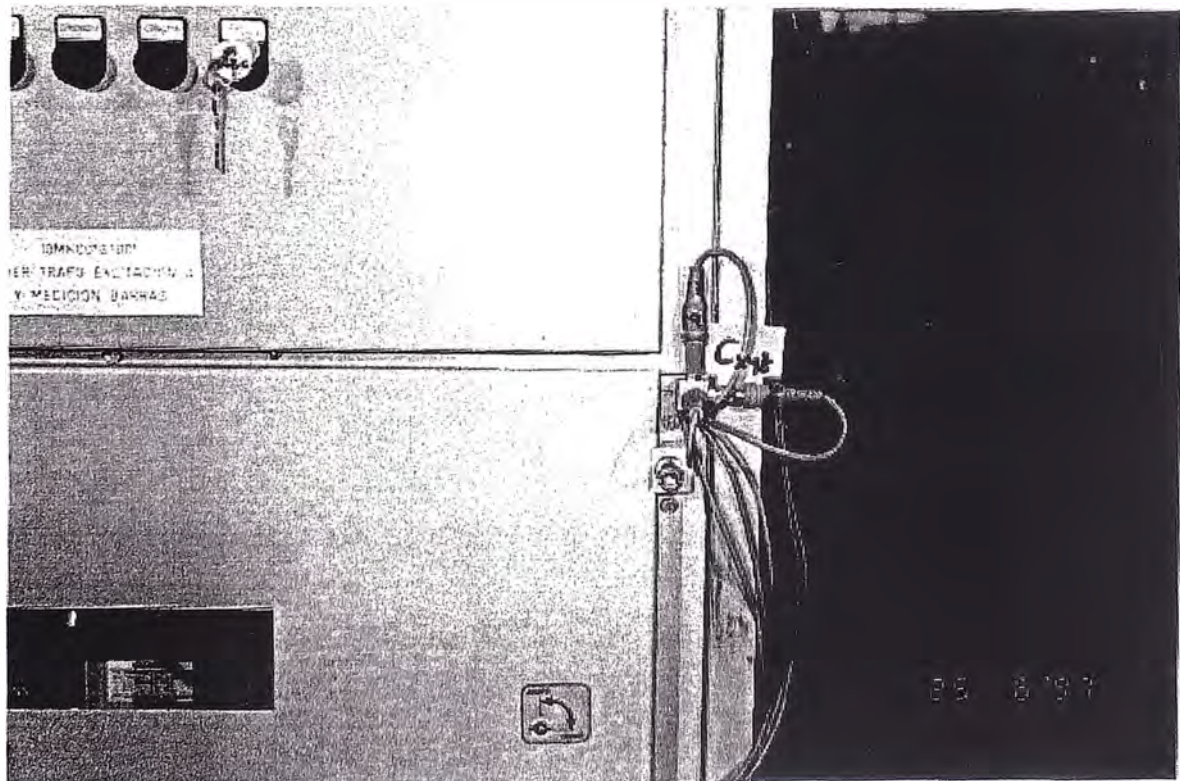


Fig. 5: Pickup C (outside, on the righthand side of the frame in the middle)

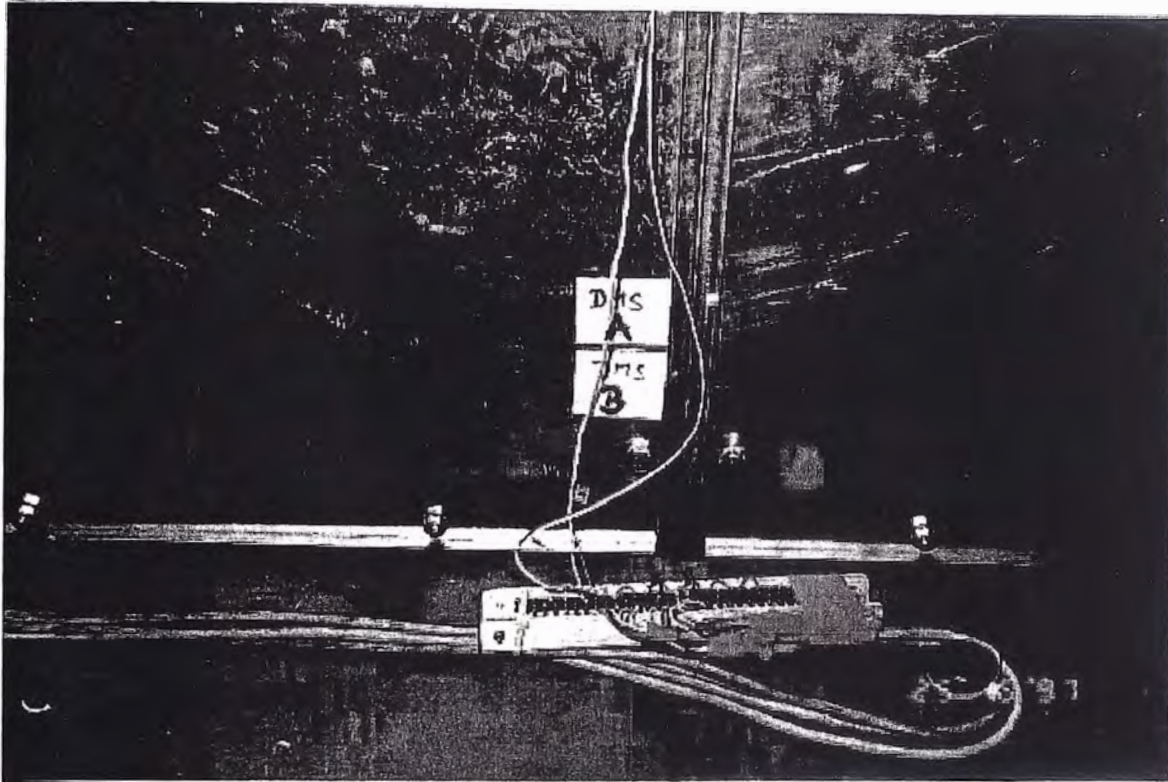


Fig. 7: Strain gauges (DMS) A and B (inside, on the frame)

5. Tests carried out

The basis of the investigations is the „Seismic Test Specification“, given by the customer, see App. A25 and A26.

5.1 Investigation of vibration characteristics

Sine sweep excitation to determine characteristic frequencies (vibration resonance) in line with DIN IEC 68.

sweep rate	[octave/min]	:	1
frequency range	[Hz]	:	1- 35-1
excitation level	[g]	:	0,1 (amplitude)

Resonance search at the beginning of the tests and resonance check after the loading tests were carried out in one axis, successively for three dimensions X, Y and Z.

5.2 Further loads

Simulation of earthquake loads were carried out using biaxial time-history so that the test response spectra (TRS) should cover the required response spectra (RRS). Therefore an qualified test signal was generated (IABG-signal code **KWUxx.s**). Duration was about 30 seconds. The samples were tested one time.

6. Test Report		Date of test: <u>24.06.97</u>			Test sample des.: <u>MV SWITCHGEAR</u>				IABG-Test Report No.:				
Simulation of load caused by					Type: <u>A083F 03 104</u>				TA13- <u>9710280 14E</u>				
earthquake/plane crash/gas cloud expl.					Ident-No.:				Page: <u>13</u>				
Client: <u>KWh</u>									Magnetic Tape No.: <u>248 & 14</u>				
Test No.	Tape counter	Sub-test or excitation proc. SW=sine sweep CS=const. sine SB=Sinus-Beat TH=time history	Excitation direction and peak level in g			In phase (+) reverse phase (-)	No. of test runs	Frequency or frequency range in Hz	Test run, sec. or sweep rate, oct./min	Qualification-test	Cross-refer. see App.	Remarks	status of the test sample
			X	Y	Z								
1-28											* SEE 27A-VALUE IN APP. C		
											other tests		
29	3160	SW	0,1			1	1-25-1	1		B1	} resonance section	0.6	
30	3538	"		0,1		1	"	1		B1		"	
31	0	"			0,1	1	"	1		B1	"	"	
32	400	TH	*		*	1	kWh 70.5		X	C1	} localisation tests	"	
33	432	"		*	*	1	-			-		"	"
34	466	"		*	*	1	kWh 70.5		X	C2	"	"	
35	487	SW	0,1			1	1-25-1	1		B1	} resonance check	"	
36	806	"		0,1		1	"	1		B1		"	"
37	1307	"			0,1	1	"	1		B1	"	"	
end	1707												

14
14



7. Test results

7.1 Measurement results

7.1.1 Vibration tests

Measurement results obtained during the resonance searches are summarized as transfer functions (gain) in **Appendix B**.

App. B1: resonance search

App. B2: resonance check

In **Appendix C**, the results of the earthquake loading tests are shown as acceleration time histories and the test response spectra (TRS) are calculated from these time histories.

App. C1: Loading test in X/Z-direction

App. C2: Loading tests in Y/Z-direction

All magnetic-tape recordings made during the tests described here will be stored at IABG until 1st August 1999.

7.1.2 Determination of damping values according to KTA 2201.4

In **Appendix B** the acceleration ratio of the pickups B, C and D and the reference pickups on the shaker table (A_x , A_y and A_z) are plotted versus the frequency, while for the frequency a linear scale is used and the acceleration ratio is plotted in a logarithmic scale

$$Q = 20 \times \log\left(\frac{a}{a_0}\right) \cdot [dB]$$

The following **Table 1** (resonance search) and **Table 2** (resonance check) contain important resonance frequencies and the peak-value a of the acceleration.

The quotion from a_0 and $2a$ can be regarded as the measurement of the damping.

a_0 = excitation acceleration

a = response acceleration

Table 1: Result of determination of the damping values (resonance search)

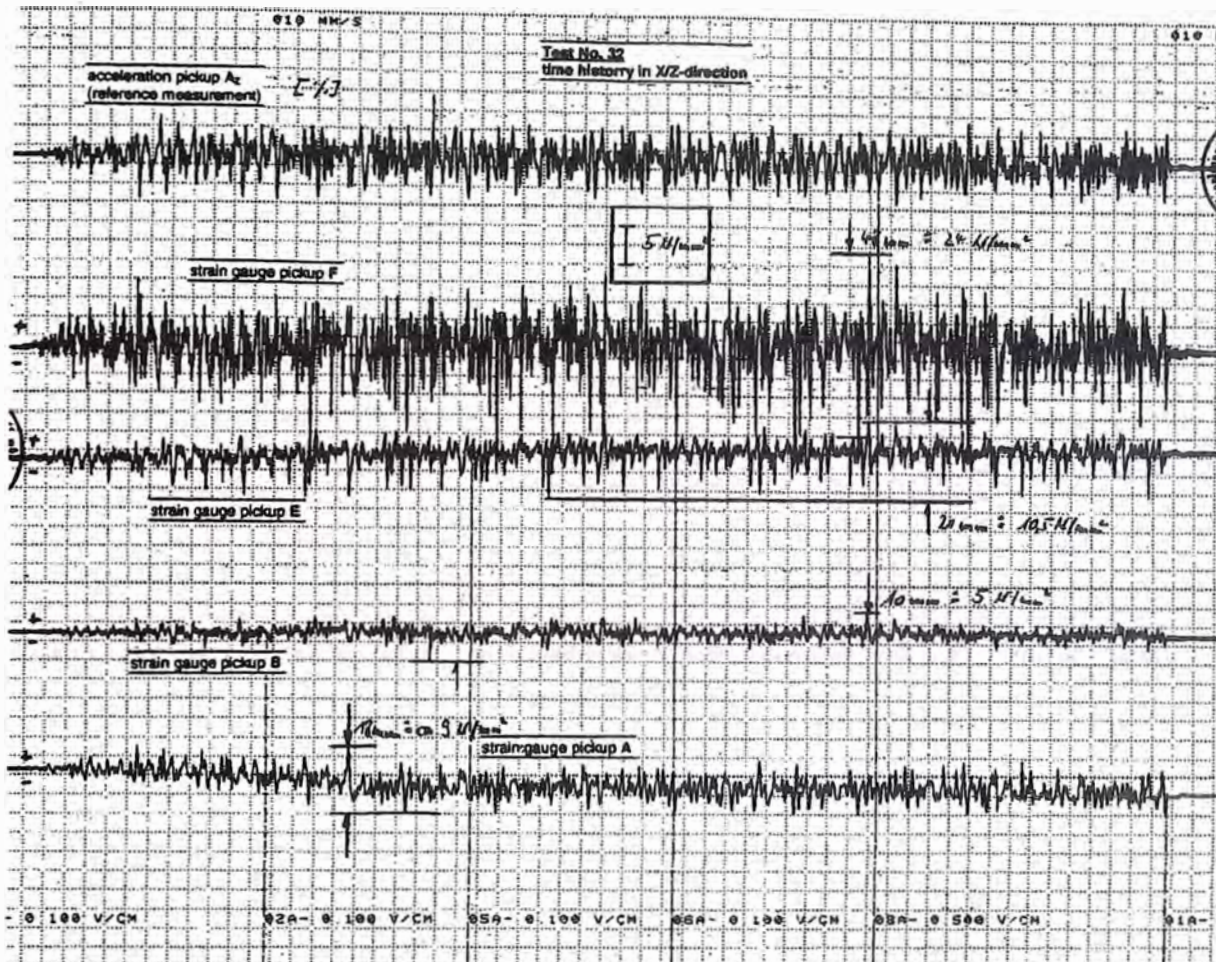
Test No.	Pickup	excitation level [g]	resonance point at [Hz]	magnification Q [dB]	response acceleration [g]	degree of damping [%]	remarks
29	BX	0,1	----	----	---	----	no resonance
29	CX	0,1	16,4	11,9	0,39	13	
29	CX	0,1	26,8	7,4	0,23	21	
29	CX	0,1	31,2	10,3	0,33	15	
29	DX	0,1	16,4	12,4	0,42	12	
29	DX	0,1	26,8	9,7	0,31	16	
29	DX	0,1	30,8	12,3	0,41	12	
30	BY	0,1	----	----	---	----	no resonance
30	CY	0,1	----	----	---	----	no resonance
30	DY	0,1	----	----	---	----	no resonance
31	BZ	0,1	----	----	---	----	no resonance
31	CZ	0,1	----	----	---	----	no resonance
31	DZ	0,1	----	----	---	----	no resonance

Table 2: Result of determination of the damping values (resonance check)

Test No.	Pickup	excitation level [g]	resonance point at [Hz]	magnification Q [dB]	response acceleration [g]	degree of damping [%]	remarks
35	BX	0,1	----	----	----	----	no resonance
35	CX	0,1	16,4	11,8	0,39	13	
35	CX	0,1	26,8	7,7	0,24	21	
35	CX	0,1	30,8	10,4	0,33	15	
35	DX	0,1	16,4	12,6	0,43	12	
35	DX	0,1	26,8	9,3	0,29	17	
35	DX	0,1	30,8	11,8	0,39	13	
36	BY	0,1	----	----	----	----	no resonance
36	CY	0,1	----	----	----	----	no resonance
36	DY	0,1	----	----	----	----	no resonance
37	BZ	0,1	----	----	----	----	no resonance
37	CZ	0,1	----	----	----	----	no resonance
37	DZ	0,1	----	----	----	----	no resonance

7.1.3 Strain control

The following Fig. 8 and 9 show the results of the strain control.

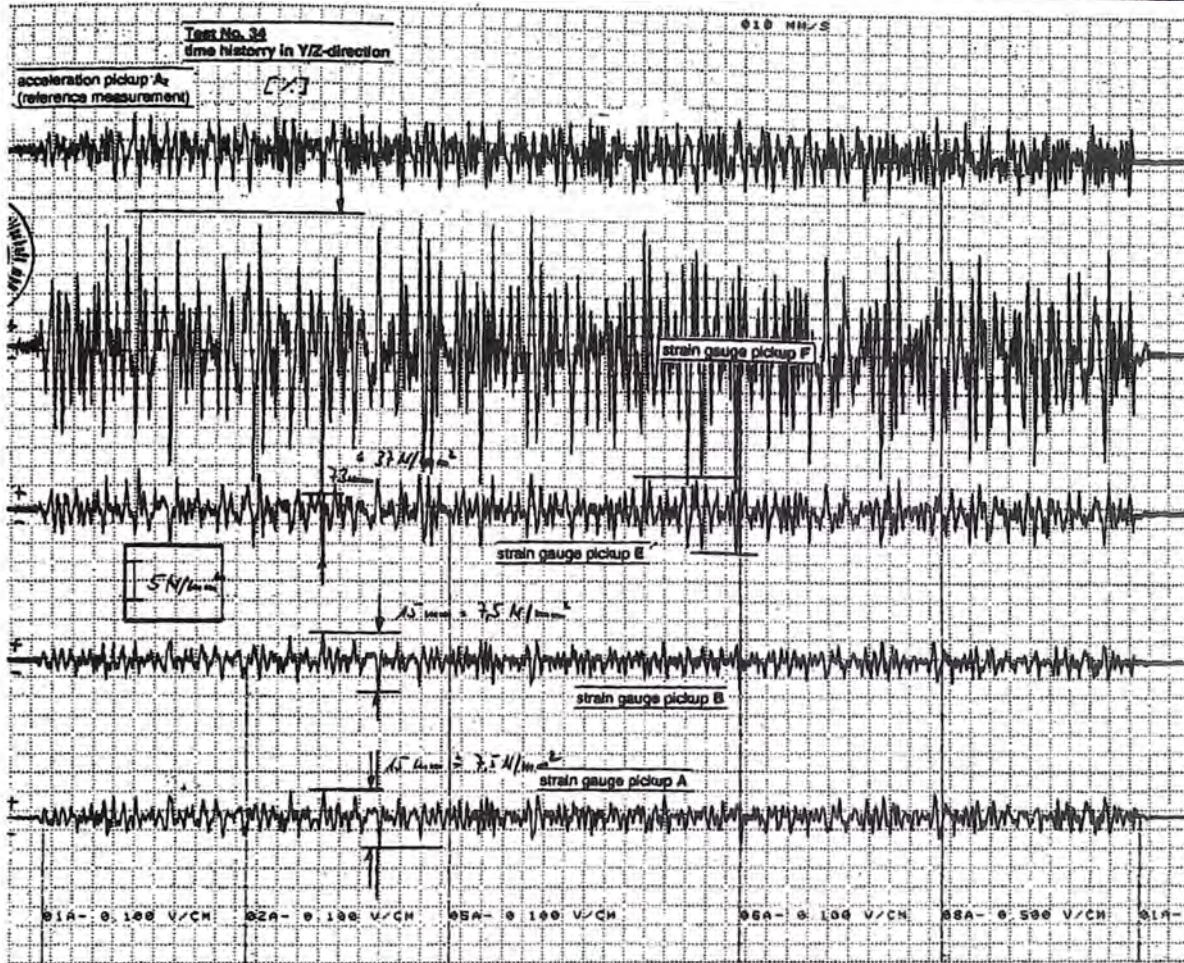


Max. tensile stress in X-direction: approx. 5 N/mm² measured at strain gauges A and E.

(Max. tensile stress in Y-direction: approx. 12 N/mm² measured at strain gauges F)

Strain gauges (DMS) A and E show the stresses in X-direction.

Fig. 8: Strain control during loading tests in X/Z-direction (time history)



Max. tensile stress in Y-direction: 17 N/mm², measured at strain gauge F.
Strain gauges (DMS) B and F show the stresses in Y-direction.

Fig. 9: Strain control during loading tests in Y/Z-direction (time history)

7.2 Result of performance test

Performance test was carried out by the customer. Results see **App. A1 - A24**.

7.3 Result of visual inspection

The test sample withstood the loads without detectable damage or changes.

8. Data on instrumentation and control equipment

	Designation	Manufacturer	Type	Ranges	Accuracy	Remarks
1	Motion pickup	Hottinger Baldwin Meßtechnik	W10, W20, W50, W100, W200	±10mm.. ±200mm 0...1,3 kHz	lin. ≤± 1%	/.
2	Acceleration pickup	Hottinger Baldwin Meßtechnik	B12/200, B12/500	±20g/0...100Hz ±50g/0...250Hz	Ampl. linearity error ≤0.05%	/.
3	Measuring amplifier	Hottinger Baldwin Meßtechnik	KWS carrier frequency amplifier 3073	±0.05...±50mV/V 0...1000Hz (-1dB)	Linearity deviation ≤0.05%	/.
4	Effective- and peak value meter	Brüel&Kjær	2607	2Hz...200kHz	±0.5dB	/.
5	Electrostatic recorder	Gould	E 100	0...1kHz	±2%	8 channels
6	Magnetic tape recorder	Honeywell	101	as per IRIG- Standard	Lin. rec./replay. ±0.5% of measuring range	No. of channels: 14, +1 speech track
7	Control Generator	Brüel&Kjær	1047 Mod. 5224	1Hz...2kHz Control range: 80dB	±0.5Hz over 8 digits	Control rate 30dB/s
8	Control computer	DEC	730	/.	/.	/.
9	Signal compressor	Brüel&Kjær	1405	Frequency range: 20Hz...200kHz Control range: 80dB	±1dB Distortion 1%	Control range 10dB/s
10	Filter	Krohn-Hite	3343	24dB/oct Frequency range: 0.001Hz...99.9kHz	±2% from 0.05Hz...10kHz	/.
11	Analyzer	Hewlett Packard	3582A	1Hz...25kHz, 80dB	0.04Hz...100Hz	2 channels
12	Limit value switch	IABG	/.	variable (transl./rotat.)	±1%	/.
13	Process computer	Caesar Datensysteme	/.	variable (transl./rotat.)	±1%	/.

ANEXO 2

CONCEPTO DE TENSIÓN DE PASO Y TENSIÓN DE TOQUE

MEDICIONES DE TENSIONES DE TOQUE Y PASO

Resumen:

El siguiente artículo presenta el procedimiento propuesto por la norma IEEE Std 81.2-1991. IEEE Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems, para realizar las mediciones de tensión de toque y paso.

Estas mediciones deben realizarse antes de la puesta en servicio de subestaciones. Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001

1 DEFINICIONES

Las definiciones de Tensiones de Toque y Paso de acuerdo al Código Nacional de Electricidad Tomo I Prescripciones Generales son las siguientes:

Tensión de Paso:

Diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre dos puntos de la superficie del terreno, separados por una distancia de un paso (un metro).

Tensión de Toque:

Parte de la tensión del electrodo de puesta a tierra, que puede ser puenteadada por una persona y donde la vía de corriente pasa de un pie al otro.

Otra definición es la diferencia de potencial que durante una falla se presenta entre una estructura metálica puesta a tierra y un punto de la superficie del terreno a una distancia de un metro.

Esta distancia horizontal es equivalente a la máxima que se puede alcanzar al extender un brazo.

El CNE – Suministro 2001 con respecto a las tensiones de Toque y Paso:

En el Código Nacional de Electricidad – Suministro 2001, en la Sección 3, 21, 22 y 44 se indican los requerimientos del sistema de puesta a tierra y la importancia de limitar las tensiones de toque y paso.

Además exige que se realicen mediciones en terreno para determinar las tensiones de toque y paso del SPT construido. (Numeral 036B).

Sección 3, Página 43:

La puesta a tierra con un solo electrodo deberá, tener una resistencia a tierra que no exceda 25 Ω . Si la resistencia con un solo electrodo excede 25 Ω , deberá utilizarse dos electrodos conectados en paralelo.

NOTA: Pueden presentarse casos especiales donde los valores de resistencia eléctrica del sistema de puesta a tierra cumplan con lo indicado en este código, pero el sentido práctico y la experiencia para esta especial situación obligue a disponer de una menor resistencia, por lo que –indistintamente se

cumpla- lo que siempre deberá asegurarse del sistema es que ante una falla no se presenten tensiones de toque o de paso peligrosas.

Medición de tensiones de toque y paso.

Las tensiones de toque y paso calculadas deben comprobarse antes de la puesta en servicio de subestaciones de media tensión y alta tensión para verificar que estén dentro de los límites admitidos. Deben seguirse los siguientes criterios adoptados de la IEEE-81.2. Esta medición no se requiere para los apoyos o estructuras de las líneas de transmisión asociadas a las subestaciones, a excepción de las dos primeras estructuras de cada línea.

Las mediciones se harán preferiblemente en la periferia de la instalación de la puesta a tierra. Se emplearán fuentes de alimentación de potencia adecuada para simular la falla, de forma que la corriente inyectada sea suficientemente alta, a fin de evitar que las medidas queden falseadas como consecuencia de corrientes espurias o parásitas circulantes por el terreno.

Los electrodos de medida para simulación de los pies deberán tener una superficie de 200 cm² cada uno y deberán ejercer sobre el suelo una fuerza de 250 N cada uno.

Consecuentemente, y a menos que se emplee un método de ensayo que elimine el efecto de dichas corrientes, por ejemplo, método de inversión de la polaridad, se procurará que la corriente inyectada sea del 1% de la corriente para la cual ha sido dimensionada la instalación y preferiblemente no inferior a 50 amperios para centrales y subestaciones de alta tensión y 5 amperios para subestaciones de media tensión.

Los cálculos se harán suponiendo que existe proporcionalidad para determinar las tensiones máximas posibles.

Se podrán aceptar otros métodos de medición siempre y cuando estén avalados por normas técnicas internacionales, NTC, regionales o de reconocimiento internacional; en tales casos, quien utilice dicho método dejará constancia de la norma aplicada.

2 METODOLOGÍA GENERAL

Para la medición de tensiones de toque y paso en subestaciones de media, alta y extra alta tensión, se emplean los principios de medición planteados en el documento Std IEEE 81.2 Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems.

La metodología está basada en la aplicación de corriente primaria a la frecuencia de servicio (60Hz) entre un punto de la tierra remota y la malla de la subestación.

La corriente aplicada eleva el potencial de la malla y permite realizar mediciones de potenciales de toque y paso en la subestación y en la periferia, sitios donde estarán expuestas las personas en las subestaciones a riesgos de electrocución por estos potenciales.

Los valores de tensión obtenidos se extrapolan con base en el nivel de cortocircuito de la subestación y de esta manera se obtienen los valores reales de tensiones de toque y paso del SPT construido.

Estos valores obtenidos se comparan contra las tensiones máximas admitidas por el CNE Suministro 2001 y se determina si el SPT es seguro.

El principio de inversión de polaridad se aplica para reducir el error que se presenta por los potenciales asociados a corrientes circulantes por la malla.

3 EQUIPOS DE PRUEBAS

Los equipos de prueba se alimentan directamente de la red. Deben estar contruidos con transformadores de dos devanados para aislar las corrientes de prueba de la referencia de la malla de tierra local y realizar la inversión de polaridad de la corriente aplicada.

Los equipos deben aplicar suficiente tensión para permitir la circulación mínima de corriente requerida. Se debe tener en cuenta que la resistencia total del bucle de corriente corresponde a la sumatoria de la resistencia de puesta a tierra de la malla y del arreglo de electrodos de prueba.

Si la tensión máxima de salida es baja, se requiere instalar un arreglo de electrodos de prueba bastante robusto.

Tensiones típicas de los equipos de pruebas son 400 – 600 V para mediciones de mallas de subestaciones de media tensión, donde se requiere un mínimo de 5A de corriente de prueba y 600 – 1000 V para mediciones en alta y extra alta tensión, donde se requiere un mínimo de 50A.

4 ALCANCE

Las mediciones incluyen las siguientes actividades:

1. Inspección del estado físico del sistema de puesta a tierra visible. Incluye registro fotográfico. No incluye excavaciones.
2. Medición de resistencia de puesta a tierra (Opcional). Método de la caída de potencial.
3. Medición de tensiones de toque y paso. Metodología de inversión de polaridad. IEEE Std 81.2.
4. Cálculos de tensiones de toque y paso referidos al nivel de cortocircuito de la subestación.
5. Análisis Técnico.
6. Recomendaciones e Informe final.

4.1 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LAS MEDICIONES

4.2 ELECTRODOS DE PRUEBA

Se debe instalar un arreglo de electrodos de prueba a una distancia superior a 6.5 veces el diámetro de la malla de tierra a probar. Esta distancia representa desde 30 hasta 100 metros de separación con la malla de tierra de la subestación asociada en sistemas de media tensión y hasta 2000 m o más en subestaciones de alta y extra alta tensión.

El electrodo de prueba debe tener una baja resistencia de puesta a tierra con el propósito de no limitar la corriente de inyección del equipo. Para reducir la resistencia del electrodo de prueba, el terreno puede ser humedecido previamente con agua y sales.

Se puede requerir la instalación de varios electrodos de prueba interconectados. Los electrodos de prueba se pueden construir con varillas de acero de construcción, teniendo la precaución de retirarlas o enterrarlas de manera segura después de finalizada la prueba.

El retiro de los electrodos de prueba puede ser difícil dependiendo del tipo de suelo.

Para subestaciones de media tensión el CNE recomienda una resistencia de puesta a tierra inferior a 25 Ohm. Aplicando una tensión de 600 V, la máxima impedancia del bucle de corriente debe ser inferior a 120 Ohm para una corriente aplicada de 5A. Por lo tanto, la resistencia de puesta a tierra del arreglo de electrodos, no debe ser mayor a 80 – 90 Ohm, teniendo en cuenta la caída de tensión en condiciones nominales.

Para subestaciones de alta y extra alta tensión el valor de referencia es de 1 Ohm. Aplicando una tensión de 1000 V, la máxima impedancia del bucle de corriente debe ser inferior a 20 Ohm para una corriente aplicada de 50A. La resistencia de puesta a tierra del arreglo de electrodos, no debe ser mayor a 12 – 15 Ohm.

Dependiendo de las condiciones del terreno, puede requerirse la instalación de una malla de tierra de pruebas de considerable tamaño. Es conveniente verificar previamente las condiciones del terreno antes de definir el punto de aplicación de corriente.

4.3 CABLES DE PRUEBA

Se tiende un cable de prueba desde el equipo hasta el electrodo de prueba. El otro terminal para la aplicación de la corriente de prueba se conecta a la malla de tierra.

Se tiene la precaución de observar que en el trayecto desde el electrodo de prueba hasta la malla de tierra no haya personas o animales que puedan afectarse por las tensiones aplicadas al suelo.

Por ese motivo, siempre debe existir contacto visible desde el equipo hasta el electrodo de pruebas.

4.4 ALIMENTACIÓN DEL EQUIPO DE PRUEBA

La alimentación del equipo para pruebas en alta tensión debe tener una potencia al menos de 50 kVA, monofásica.

Es posible que se requiera la instalación temporal de un transformador monofásico para no afectar la operación de circuitos de servicios auxiliares.

Debido a que se aplican tensiones sobre el terreno, es recomendable que el equipo y el personal de pruebas tenga un adecuado aislamiento con respecto al suelo.

4.5 AJUSTE DE LA CORRIENTE DE SALIDA

Instalado el electrodo de pruebas y el cable, se procede aplicar corriente de manera incremental hasta lograr la corriente mínima de prueba.

Si es posible, se puede aplicar mayor corriente para obtener lecturas de tensión de toque y paso mayores, lo que reduce el error del procedimiento.

La tensión de prueba depende directamente de la resistencia de lazo del bucle de prueba Electrodo – Terreno – Malla.

4.6 MEDICIÓN DE TENSIONES DE PASO

En el terreno donde se realizan las tensiones de paso, se colocan pesas de 25 kg separadas una distancia de 1 metro. Esta medición se debe realizar en diferentes puntos cercanos a la periferia de la malla de tierra y cerca de cerramiento de la subestación.

Se sigue el siguiente procedimiento:

1. Instalación de una resistencia de 1000 Ohm entre las dos pesas como se muestra en la Figura No 1.
2. Se aplica la corriente mínima de prueba en el primer sentido de polaridad-P1, entre el electrodo de prueba y la malla de tierra.
3. Se registra el valor de tensión entre las pesas. Este registro se denominará V_1
4. Se suspende la aplicación de corriente y se registra nuevamente la tensión entre las pesas. Este registro se denominará V_0
5. Se invierte la polaridad de la tensión de salida – P2 y se registra el valor de tensión nuevamente. Este registro se denominará V_2
6. Se continúa con los puntos de prueba siguientes siguiendo el mismo procedimiento. No es necesario ajustar nuevamente la corriente de prueba. El equipo conserva el nivel de tensión aplicado.

En cualquier momento de la prueba se puede aumentar o reducir la tensión de salida y por lo tanto corregir, si es necesario, el valor de salida de la corriente aplicada.

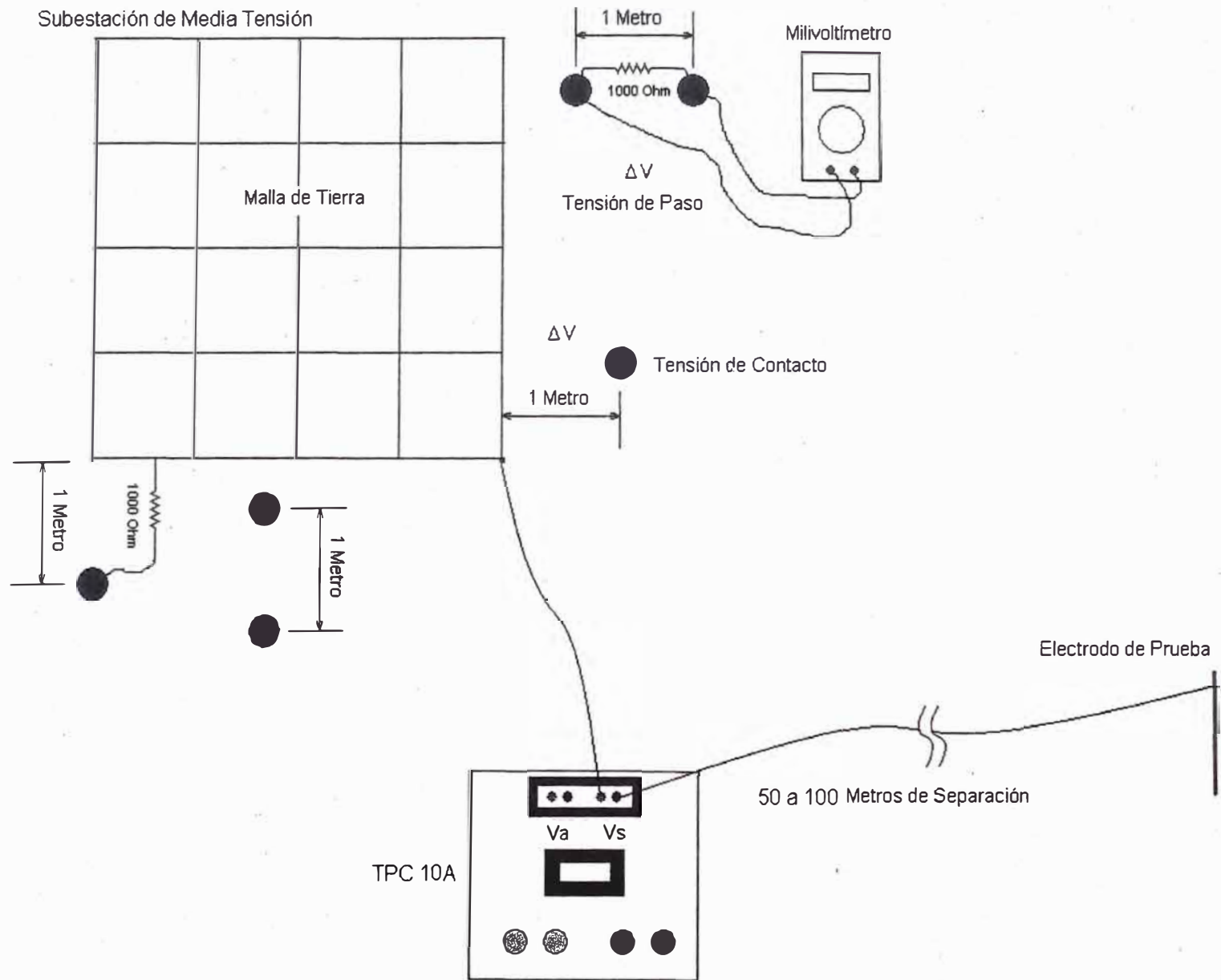


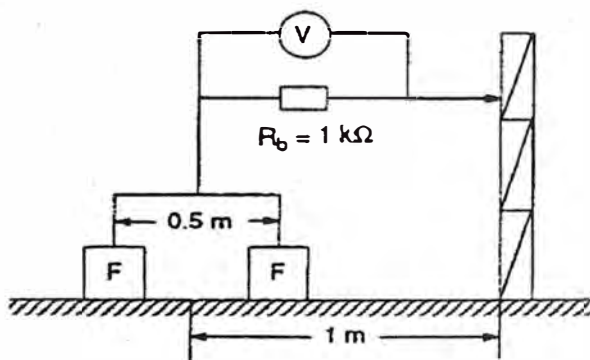
Figura No 1. Esquema General de Conexiones de Campo – Subestaciones de Media Tensión

4.7 MEDICIÓN DE TENSIONES DE TOQUE

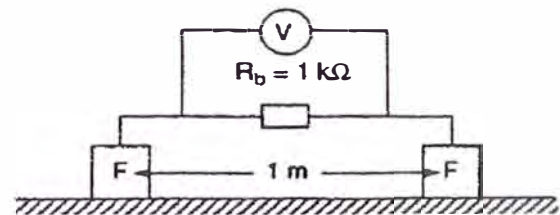
Las mediciones de tensiones de toque se realizan entre el suelo y todas las superficies metálicas de la subestación y la malla de cerramiento perimetral.

Se sigue el siguiente procedimiento:

1. Se coloca una pesa de 25 kg a un metro de distancia de la superficie metálica donde va a medir la tensión de toque.
2. Se instala una resistencia de 1000 W entre la superficie metálica y el electrodo pesa de prueba como se muestra en la Figura No 1.
3. Se aplica la corriente de prueba de prueba con las dos polaridades y sin aplicación de corriente, como se indicó en el anterior procedimiento.
4. Se continúa con los puntos de prueba siguientes siguiendo el mismo procedimiento.



(a) Touch



(b) Step

F= FOOTPRINT ELECTRODE WITH 20 kg WEIGHT

FP: "Footprint Electrode" Electrodo Pesa que simula el pie de una persona

Tomado de la IEEE Std 81.2 – 1991

5 CÁLCULOS

Se deben realizar dos cálculos para obtener los valores de tensiones de toque y paso.

Primero se deben "filtrar" (ajustar) los valores de tensión medidos en campo con el propósito de eliminar el efecto de corriente de servicio circulantes por la malla de tierra.

Posteriormente, se deben extrapolar las tensiones de toque y paso medidas a las reales, con base en el nivel de cortocircuito monofásico de la subestación.

Para obtener los valores reales de tensión de paso, se debe aplicar una ecuación que se indicará más adelante.

5.1 AJUSTE DE LECTURAS

Las lecturas registradas de tensión de toque y paso se deben ajustar de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_K = \sqrt{\frac{(V_1 0^\circ)^2 + (V_2 180^\circ)^2}{2}} - V_0^2$$

- V_K Tensión de Toque y Paso ajustado
- V_1 Tensión con Polaridad P1 0°
- V_2 Tensión con Polaridad P2 180°
- V_0 Tensión cuando no se aplica corriente (debida a corrientes circulantes en la malla)

5.2 VALORES REALES DE TENSIONES DE TENSION Y PASO

Para obtener los valores reales de tensiones de toque y paso se debe aplicar una proporcionalidad entre la corriente aplicada y la corriente máxima de cortocircuito monofásico.

$$V_B = V_K \frac{I_{CC1\phi}}{I_{PRUEBA}}$$

- V_B Tensión con toque y paso real a la que estará sometida una persona
- V_K Tensión entre los electrodos medido y ajustado en la prueba.
- $I_{CC1\phi}$ Nivel de cortocircuito monofásico en la subestación
- I_{PRUEBA} Corriente aplicada durante la prueba.

6 MEDICIONES COMPLEMENTARIAS

La medición de equipotencialidad es un complemento de vital importancia en el diagnóstico de un sistema de puesta a tierra. Equipos o secciones de la malla aislados, implican tensiones peligrosas en el momento de una falla o descarga atmosférica.

La norma IEEE Std 81, en el numeral 8.3, plantea el procedimiento para verificar la adecuada equipotencialidad entre diferentes puntos de una malla de tierra.

Indica que se debe aplicar una corriente de 5A DC entre los puntos a verificar y se registra la caída de tensión. Una adecuada equipotencialidad dentro de una malla de tierra debe tener una resistencia DC máxima de 0.1 Ohm.

7 BIBLIOGRAFIA

1. ANSI/IEEE Std 81 – 1983 – IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System.
2. ANSI/IEEE Std 81.2 - Guide for Measurement of Impedance and Safety Characteristics of Large, Extended or Interconnected Grounding Systems
3. Código Nacional de Electricidad (CNE) – Suministro 2001
4. Código Nacional de Electricidad (CNE) – Prescripciones Generales
5. Procedimientos internos IGT-Ingeniería Total Ltda: Mediciones de Tensiones de Toque y Paso. Andrés Felipe Jaramillo Salazar.